

# Alcoa Fjarðaál 2025 umhverfisvöktun



## **Alcoa Fjarðaál**

### **Umhverfisvöktun 2025**

Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og  
Matís fyrir Alcoa Fjarðaál

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                 |                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Náttúrustofa Austurlands                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                 | <br>matis |
| Skýrsla nr: NA-260285                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Dags (mánuður, ár): Apríl, 2026 | Dreifing: Opin                                                                              |
| Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):<br>Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2025                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                 | Síðufjöldi: 99<br>Fjöldi viðauka: 21                                                        |
| Höfundar: Erlín Emma Jóhannsdóttir, Egill Antonsson, Guðrún Óskarsdóttir, Leandro Pellegrini, Linda Ársælsdóttir og Margrét Gísladóttir                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                 |                                                                                             |
| Unnið fyrir: Alcoa Fjarðaál                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 |                                                                                             |
| Samvinnuaðilar: Matis ohf.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                 |                                                                                             |
| <p><b>Útdráttur:</b></p> <p>Síðan 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 2025 fór fram samkvæmt vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun. Vöktunin nær til loftgæða, gróðurs, yfirborðsvatns, jarðvegs, set- og botndýra og búfenaðar. <b>Gagnasöfnun:</b> Upplýsingum um loftgæði og veður var safnað frá fjórum loftgæðastöðvum innan og utan þynningarsvæðis. Mælipættir í lofti eru: svifryk, flúor og brennisteinsdíoxíð. Ryki var safnað á síur og mælt í því flúor og fjölhringa arómatísk vetniskolefni. Einnig var fylgst með sýrustigi, brennisteini og flúor í úrkomu. Sýnum af gróðri var safnað á föstum sýnatökustöðum, bæði innan og utan þynningarsvæðis. Grasi var safnað sex sinnum og rabarbara þrisvar sinnum yfir sumarið. Einnig voru tekin sýni af bláberjalyngi, fléttum, mosa, kartöflum, laufblöðum reynitríjáa, bláberjum og krækiberjum, heyi og furunálum. Styrkur flúors var mældur í öllum gróðursýnum og styrkur þungmálma var mældur einu sinni í rabarbara. Sjónrænt mat var lagt á ástand sjaldgæfra tegunda, gróðurs í gördum og mólendi til að kanna hvort plöntur bæru einhver merki sem líkst gætu skemmdum af völdum flúors. Fléttur og mosar á steinum og klöppum voru ljósmyndaðar. Gróðursamsetning í rannsóknareitum var könnuð og þekja metin. Sýnum af jarðvegi var safnað og flúor, klóríð og brennisteinn mælt í þeim. Vatni var safnað ársfjórðungslega og var sýrustig, flúor, basarármý, brennisteinn og leiðni mælt í sýnum. Einnig var styrkur fjölhringa arómatískra vetniskolefna mældur í sýnum teknum í október. Dýralæknir skoðaði lifandi sauðfé í Reyðarfirði til að leggja mat á möguleg áhrif flúormengunar á tennur og heilbrigði og styrkur flúors í kjálkum var mældur og sjónrænt mat lagt á mögulegar tannskemmdir í kjálkum. Sýnum af kræklingi og botnseti í sjó var safnað og styrkur þungmálma og PAH-16 efna mældur í þeim. <b>Helstu niðurstöður:</b> Styrkur flúors í lofti hækkaði á öllum stöðvum milli ára en er í líkingu við það sem verið hefur undanfarin ár. Aðrir mælipættir voru í meginráttum í meðallagi miðað við fyrri ár, þó sumir hafi hækkað og aðrir lækkað. Svifryk í lofti minnkaði, brennisteinsdíoxíð var stöðugt, og rykkennd PAH efni jukust. Sýrustig úrkomu var nærri meðaltali, en styrkur brennisteins og flúoríðs í úrkomu lækkaði. Styrkur flúors í gróðri 2025 mældist í öllum tilfellum hærri innan þynningarsvæðis en utan. Ársmeðaltal flúors í gróðri var almennt hærri eða svipað og árið 2024 og meðaltal árunna 2008–2024. Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnsum sumarið 2025 var undir viðmiðunarmörkum fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr bæði sunnan og norðan fjarðar en aðeins undir mörkum fyrir mjólkandi jörturdýr sunnan fjarðar. Meðalstyrkur flúors var undir viðmiðum sem sett eru fyrir hross. Styrkur flúors í rabarbarastilkum, kartöflum og berjum var lágur. Styrkur þungmálma (blýs og kadmíums) í stilkum og blöðum rabarbara var undir viðmiðunarmörkum í öllum sýnum. Sýnileg ummerki um mögulegar skemmdir af völdum flúors í gróðri í rannsóknareitum voru mest áberandi innan þynningarsvæðis og vestast í firðinum en minna var um skemmdir austan við álver. Sjaldgæfar plöntur og garðaplöntur/-tré voru almennt heilbrigð en flúorlíkar skemmdir var að finna á sumum tegundum. Almennt sáust litlar breytingar á fléttum og mosum á steinum og klöppum sl. fimm ár. Trjávöxtur hefur verið breytilegur milli ára, en ekki er hægt að greina augljósan mun innan og utan þynningarsvæðis. Gróðursamsetning sumarið 2025 var almennt svipuð og 2020, en þekja smárunna og lúpínu jókst umtalsvert milli ára á meðan þekja flétta minnkaði. Breytingar á gróðursamsetningu voru mismiklar milli reita en ekkert skýrt mynstur sást m.t.t. álvers. Litlar breytingar voru á niðurstöðum mælinga í ár- og neysluvatnssýnum samanborið við fyrri ár og öll mæligildi féllu innan viðmiðunargilda í reglugerð um neysluvatn. Styrkur flúors í jarðvegi hefur hækkað frá því álverið tók til starfa efna í jarðvegi hafa ýmist hækkað, lækkað eða staðið í stað milli athugunarára en gildin eru gjarnan breytileg milli sýnatökustaða. Líkt og árið 2020 var hægt að greina aukinn styrk flúors í jarðvegi miðað við bakgrunnsmælingar. Sauðfé var almennt heilbriggt en vægar breytingar á glerungi tanna voru skráðar hjá níu gripum. Það er fjölgun milli ára þar sem sex gripir voru skráðir með breytingar árið 2024 og fimm árið 2023. Mögulegt er að þessar breytingar séu vegna flúormengunar en ekki er hægt að fullyrða að svo sé. Styrkur flúors í kjálkum fullorðins fjár og lömbum 2025 var hærri en í kjálkabeinum í viðmiðunarsýnum. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba var hærri en 2024 en aftur á móti lægri hjá fullorðnu fé. Tannheilsa var metin góð hjá öllum lömbum en einhverjar kindur voru metnar með slæma tannheilsu en ekki var hægt að tengja það flúormagni í beinösku. Styrkur þungmálma og PAH efna í krækling var svipaður eða lægri en árið 2020. Í öllum tilvikum mældust gildi þungmálma og PAH efna undir íslenskum neysluviðmiðum. Styrkur PAH efna í botnseti í sjó var lágur og endurspeglar <i>mjög gott</i> ástand samkvæmt norskum viðmiðunarstöðlum.</p> |                                 |                                                                                             |
| <b>Lykilorð:</b> Alcoa Fjarðaál, álver, bláber, bláberjalyng, brennisteinn, brennisteinsdíoxíð, búfé, fléttur, flúoríð, flúor, gras, gróðurrannsóknir, jarðvegur, kartöflur, krækiber, loftgæði, mengun, mosi, PAH-efni, rabarbari, Reyðarfjörður, jarðveguur, reynitré, set- og botndýr, sjaldgæfar tegundir, sýrustig, trjávöxtur, vatn, þungmálmar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                 |                                                                                             |
| Yfirfarið: Guðmundur Sveinsson Kröyer<br>hjá Alcoa Fjarðaál                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                 | ISSN 2547-7447 (rafræn útgáfa)<br>ISBN 978-9935-543-35-6 (rafræn útgáfa)                    |

## 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 <sub>10</sub> Hi-vol) ..... | 15 |
| 2.3.3  | Brennisteinsdíoxíð í lofti.....                        | 17 |
| 2.3.4  | Flúor í lofti .....                                    | 19 |
| 2.3.5  | Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH) .....         | 22 |
| 2.3.6  | Efnainnihald í úrkomu .....                            | 24 |
| 3      | Efnamælingar í gróðri .....                            | 28 |
| 3.1    | Inngangur .....                                        | 28 |
| 3.1.1  | Flúor og gróður.....                                   | 28 |
| 3.1.2  | Viðmiðunarmörk flúors í fóðri fyrir búfé .....         | 29 |
| 3.2    | Aðferðir og sýnatökudagar .....                        | 30 |
| 3.2.1  | Sýnatökuaðferðir og framsetning niðurstaðna .....      | 30 |
| 3.2.2  | Töluleg úrvinnsla .....                                | 30 |
| 3.2.3  | Sýnasöfnun, sýnatökudagar og efnamælingar. ....        | 30 |
| 3.3    | Niðurstöður .....                                      | 31 |
| 3.3.1  | Gras .....                                             | 31 |
| 3.3.2  | Mosi.....                                              | 35 |
| 3.3.3  | Fléttur.....                                           | 37 |
| 3.3.4  | Bláberjalyng.....                                      | 39 |
| 3.3.5  | Reynilauf .....                                        | 40 |
| 3.3.6  | Barrnálar.....                                         | 41 |
| 3.3.7  | Rabarbari.....                                         | 42 |
| 3.3.8  | Kartöflur og grænmeti.....                             | 45 |
| 3.3.9  | Bláber og krækiber .....                               | 46 |
| 3.3.10 | Hey og fóðurkál .....                                  | 47 |
| 4      | Sjónræn skoðun á gróðri .....                          | 49 |
| 4.1    | Sjaldgæfar tegundir .....                              | 49 |
| 4.2    | Garðaplöntur og tré.....                               | 51 |
| 4.3    | Gróður í rannsóknarreitum .....                        | 53 |
| 4.4    | Fléttur og mosar á grjóti .....                        | 54 |
| 5      | Trjávöxtur .....                                       | 56 |
| 5.1    | Inngangur .....                                        | 56 |
| 5.2    | Niðurstöður .....                                      | 57 |
| 6      | Þekja og fjöldi tegunda í rannsóknarreitum .....       | 58 |
| 6.1    | Gagnasöfnun .....                                      | 58 |
| 6.2    | Úrvinnsla gagna .....                                  | 59 |
| 6.3    | Niðurstöður og umræður .....                           | 60 |
| 6.3.1  | Fjölbreytugreining æðplöntugagna.....                  | 60 |
| 6.3.2  | Fjöldi og fjölbreytni æðplöntutegunda .....            | 63 |
| 6.3.3  | Þekja gróðurs og ógróins yfirborðs .....               | 64 |
| 6.3.4  | Þekja tegundahópa æðplantna .....                      | 65 |
| 6.3.5  | Þekja ríkjandi æðplöntutegunda .....                   | 66 |
| 7      | Yfirborðsvatn .....                                    | 68 |
| 7.1    | Inngangur .....                                        | 68 |
| 7.2    | Niðurstöður .....                                      | 69 |
| 7.2.1  | Flúor .....                                            | 69 |
| 7.2.2  | Sýrustig (pH) .....                                    | 70 |
| 7.2.3  | Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH efni) .....    | 71 |

|        |                                                              |    |
|--------|--------------------------------------------------------------|----|
| 7.2.4  | Brennisteinn .....                                           | 72 |
| 7.2.5  | Basarýmd (e. alkalinity) .....                               | 72 |
| 7.2.6  | Leiðni .....                                                 | 72 |
| 8      | Jarðvegur .....                                              | 73 |
| 8.1    | Inngangur .....                                              | 73 |
| 8.2    | Aðferðir .....                                               | 73 |
| 8.3    | Niðurstöður .....                                            | 73 |
| 8.3.1  | Flúor .....                                                  | 73 |
| 8.3.2  | Flúor í lausn .....                                          | 74 |
| 8.3.3  | Klóríð í lausn .....                                         | 75 |
| 8.3.4  | Brennisteinn í lausn .....                                   | 76 |
| 9      | Búfænaður .....                                              | 76 |
| 9.1    | Inngangur .....                                              | 76 |
| 9.2    | Niðurstöður .....                                            | 77 |
| 9.2.1  | Sjónræn skoðun á lifandi búfænaði .....                      | 77 |
| 9.2.2  | Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis ..... | 78 |
| 10     | Botndýr og kræklingur .....                                  | 83 |
| 10.1   | Inngangur .....                                              | 83 |
| 10.2   | Aðferðir .....                                               | 83 |
| 10.2.1 | Sýnataka og meðferð sýna .....                               | 83 |
| 10.2.2 | Túlkun á styrk efna .....                                    | 84 |
| 10.2.1 | Töluleg úrvinnsla .....                                      | 85 |
| 10.3   | Niðurstöður og umræður .....                                 | 86 |
| 10.3.1 | Pungmálmar .....                                             | 87 |
| 10.3.1 | Fjölhvinga arómatísk vetniskolefni (PAH efni) .....          | 89 |
| 11     | Samantekt og lokaorð .....                                   | 91 |
| 12     | Heimildir .....                                              | 93 |

## Myndaskrá

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. mynd. Staðsetningar allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2024; 2022). .....                                                                                                                                                                                                                 | 11 |
| 2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2025, allar mælingar (10 mín). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 14 |
| 3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2025 (10 mín). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 14 |
| 4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2025 (10 mín). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 15 |
| 5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2025 (10 mín). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 15 |
| 6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 16 |
| 7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2005–2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 16 |
| 8. mynd. Brennisteinsdíoxíð, allar stöðvar 2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 17 |
| 9. mynd. Brennisteinsdíoxíð, ársmeðaltöl 2006–2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 18 |
| 10. mynd. Brennisteinsdíoxíð SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ), sem fall af vindátt 2025, allar stöðvar nema stöð 4 sem hefur verið óvirk frá árinu 2021. ....                                                                                                                                                                                                                 | 18 |
| 11. mynd. Brennisteinsdíoxíð SO <sub>2</sub> (magnuppruni í %), sem fall af vindátt 2025, allar stöðvar nema stöð 4 sem hefur verið óvirk frá árinu 2021. ....                                                                                                                                                                                                                    | 19 |
| 12. mynd. Gaskennur flúor í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2025 (mælingar á síur). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 20 |
| 13. mynd. Rykkendur flúor í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2025 (mælingar á síur). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 20 |
| 14. mynd. Heildar flúor í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2025 (mælingar á síur). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 21 |
| 15. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 21 |
| 16. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 22 |
| 17. mynd. PAH16 alls í svifryki, allar stöðvar 2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 23 |
| 18. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 23 |
| 19. mynd. Úrkoma í mánuði (mm, alls), allar stöðvar 2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 24 |
| 20. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 25 |
| 21. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 25 |
| 22. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 26 |
| 23. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 26 |
| 24. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 27 |
| 25. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 27 |
| 26. mynd. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í grasi í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022). Athugið að 18. júní voru ekki tekin sýni á G4 og G21 vegna yfirstandandi framkvæmda við slóðann sem liggur að þeim sýnatökustöðum og meðaltöl þar byggja því á fimm gildum. ....          | 32 |
| 27. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2025. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=7) og utan (n=28). ....                                                                                                                                                 | 32 |
| 28. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005 (bakgrunnsgildi) og 2007–2025. Heildarfjöldi sýnatökustaða: 2004–2005 og 2007–2012 (n=30), 2013 (n=41), 2014–2016 (n=34) og 2017–2025 (n=35), 26. mynd sýnir staðsetningu þeirra. ....                                                                | 33 |
| 29. mynd. Skipting sýnatökustaða grass upp í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022). ....                                                                                                                                                                                                                                                       | 34 |
| 30. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í grasi (með staðalskekkju) eftir söfnunardögum sumarið 2025, skipt upp eftir svæðum. Viðmiðunarmörk eru einnig sýnd fyrir flúor í heilfóðri (reglugerð nr. 340/2001 með síðari breytingum nr. 74/2015), umreiknuð m.v. 0% rakainnihald. Fjöldi sýnatökustaða á hverju svæði er gefinn upp í sviga og 29. mynd sýnir svæðisskiptinguna. .... | 34 |
| 31. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2025 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022). ....                                                                                                                                                                                                                      | 35 |
| 32. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í mosa í júlí 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022). ....                                                                                                                                                                                                                              | 36 |
| 33. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í mosa (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2021–2025. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn upp í sviga (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna). ....                                                                                              | 36 |
| 34. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2025. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis (n=10) og utan (n=20). ....                                                                                                                                                 | 37 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 35. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í fléttum í júlí 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).                                                                                                                                                                                                                      | 37 |
| 36. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í fléttum (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2021–2025. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn upp í sviga (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna, en athugið að magn flétta var sums staðar ekki nægilegt til sýnasöfnunar). | 38 |
| 37. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2025. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis ( $n=10$ ) og utan ( $n=20$ ), en aðeins mismunandi er milli ára hversu mörg sýni nást (35. mynd sýnir sýni ársins 2025).                           | 38 |
| 38. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í bláberjalyngi í júlí 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).                                                                                                                                                                                                   | 39 |
| 39. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2021–2025. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn í sviga (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna).                                                                  | 39 |
| 40. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2025. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis ( $n=10$ ) og utan ( $n=20$ ).                                                                                                         | 40 |
| 41. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010).                                                                                                                                                                                                             | 40 |
| 42. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í laufum reynitjáa (með staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2008–2024 í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004, 2015 og 2017 ( $n=10$ ), önnur ár ( $n=9$ ).                                                                                                                                             | 41 |
| 43. mynd. Sýnatökustaðir barnnála (hringir) í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barnnállum (CN) og barnnállum frá fyrra ári (CP) í október 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010).                                                                                                                                                              | 42 |
| 44. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í barnnállum (með staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2025 í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2009 ( $n=10$ ) og 2010–2025 ( $n=9$ ). Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.                                                                                                             | 42 |
| 45. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði (hringir) og meðalstyrkur flúors í laufum og stilkum í þremur sýnatökuferðum frá júní til ágúst sumarið 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010). Athugið að 18. júní voru ekki tekin sýni á V12 og meðaltöl þar byggja því á tveimur gildum.                                                        | 43 |
| 46. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í rabarbara árin 2004–2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2025 í Reyðarfirði. Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökuferð, en sex árin 2007–2013 og þrjár árin 2014–2025. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 og 2025 ( $n=5$ ), 2005 og 2007–2016 ( $n=8$ ), 2017–2019 og 2024 ( $n=7$ ), 2020–2023 ( $n=6$ ).                     | 44 |
| 47. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og kartöflugrasa (V1, V2 og V7) í Reyðarfirði og styrkur flúors í sýnum sumarið 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010).                                                                                                                                                                                           | 46 |
| 48. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í kartöflum og kartöflugrösum (með staðalskekkju) á tveimur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 (bakgrunnsgildi) og 2008–2024.                                                                                                                                                                                        | 46 |
| 49. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2024. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).                                                                                                                                                                    | 47 |
| 50. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í bláberjum og krækiberjum (með staðalskekkju) á fimm sýnatökustöðum árin 2006 og 2014–2025 í Reyðarfirði. Árið 2006 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum $5 \mu\text{g/g}$ .                                                                                                                          | 47 |
| 51. mynd. Styrkur flúors í heysýnum og fóðurkáli sem tekin voru í júlí og ágúst 2025, m.v. 0% rakainnihald. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2020a–b).                                                                                                                                                                         | 48 |
| 52. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í heyi (með staðalskekkju) árin 2012–2025 í Reyðarfirði og viðmiðunarmörk flúors í heilfóðri fyrir búfénað. Fjöldi sýnatökustaða: 2012–2013 og 2016 ( $n=17$ ), 2014 og 2021 ( $n=22$ ), 2015 og 2019 ( $n=14$ ), 2017–2018 ( $n=15$ ), 2020 ( $n=20$ ), 2022 ( $n=11$ ), 2023–2024 ( $n=21$ ), 2025 ( $n=25$ ).        | 48 |
| 53. mynd. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í lok júlí 2025 í Reyðarfirði. Myndir: EEJ.                                                                                                                                                                                                                                                                             | 50 |
| 54. mynd. Þyrnirós í Reyðarfirði í júlí 2025. Mynd: EEJ.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 50 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 55. mynd. Aronsvöndur (t.v.) og stóriburkni með skorpna blaðenda (t.h.) í lok júlí 2025 í Reyðarfirði.<br>Myndir: EEJ. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 51 |
| 56. mynd. Birki með brúna rekla (uppi t.v.), skemmdir á laufum reynis sem erfitt er að meta m.t.t.<br>flúoreinkenna (uppi t.h.) og flúorlíkar skemmdir á laufum víðis (niðri t.v.) og nálum furu (niðri t.h.)<br>í Reyðarfirði í ágúst 2025. Myndir: EEJ. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 52 |
| 57. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sáust í<br>15 stöðvum, engar skemmdir í 11 stöðvum og ekki var hægt að meta skemmdir í fjórum stöðvum<br>sumarið 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 53 |
| 58. mynd. Samanburður LQ6 (efri) og LQ27 (neðri) reita milli árána 2020 (t.v.) og 2025 (t.h.).<br>Breytingar í smárömmum eru auðkenndar með rauðum lit.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 54 |
| 59. mynd. Staðsetning klappareita og fjöldi sýnilegra breytinga á smárömmum (Landmælingar<br>Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 55 |
| 60. mynd. Samanburður LQ25 (efri) og LQ30 (neðri) reita milli árána 2020 (t.v.) og 2025 (t.h.).<br>Breytingar má sjá í öllum smárömmum.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 56 |
| 61. mynd. Trjáælireitir í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu frá október 2024 til október 2025<br>(Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 57 |
| 62. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (grænt) í níu trjáælireitum og bergfuru (rautt) með<br>staðalskekkju meðaltalanna í trjáælireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003–2025.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 57 |
| 63. mynd. Vöxtur stafafuru á hverri staðsetningu (TG) árið 2025 ásamt fjölda trjáa (n) sem mæld<br>voru.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 58 |
| 64. mynd. Staðsetning 30 vistfræðistöðva í Reyðarfirði. Skipting í svæði m.t.t. átta og fjarlægða frá<br>strompi álvers er einnig sýnd (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 58 |
| 65. mynd. Niðurstöður NMDS hnitunargreiningar þar sem staðsetningar stöðva eftir 1. og 2. ási<br>hnitunar eru sýndar með punktum. Litur punkta táknar átt og fjarlægð stöðvar frá álveri, líkt og á<br>64. mynd. Strik tengja sömu stöðvar milli ára og er hvert árabil táknad með misljós- eða<br>dökkgráum lit. ....                                                                                                                                                                                                                                                     | 62 |
| 66. mynd. Niðurstöður NMDS hnitunargreiningar sem sýnir staðsetningu 20 algengustu<br>æðplöntutegundanna eftir 1. og 2. ási hnitunar (grænir punktar). Staðsetningin var margfölduð<br>með þremur til að dreifa þeim betur frá miðju og auka þannig læsileika. Staðsetning stöðva (65.<br>mynd) er sýnd með ljósgráum punktum til viðmiðunar. Tengsl helstu umhverfis- og gróðurbreyta<br>við niðurstöður hnitunar ( $p < 0,05$ ) eru sýnd með örvum, lengd þeirra segir til um styrkleika tengsla<br>og áttin gefur vísbendingar um í hverju breytingar eru fólgnar. .... | 62 |
| 67. mynd. Meðalfjöldi æðplöntutegunda (t.v.) og meðalgildi Shannon fjölbreytnistuðuls (t.h.) á<br>mismunandi rannsóknarsvæðum árin 2005, 2009, 2015, 2020 og 2025. Staðalskekkja meðaltala er<br>sýnd fyrir öll svæði nema S < 2 km, sem hafði aðeins eina stöð. Gögn vantar fyrir stöðvar 10, 25 og<br>26 á svæði V 2–5 km og stöðvar 4 og 27 á svæði V 0–2 km. Y-ás er mismunandi milli grafa. ....                                                                                                                                                                      | 63 |
| 68. mynd. Meðalþekja (%) allra æðplöntutegunda (uppi t.v.), mosa (uppi t.h.), flétta (niðri t.v.) og<br>ógróins yfirborðs og steina (niðri t.h.) árin 2005, 2009, 2015, 2020 og 2025. Staðalskekkja<br>meðaltala er sýnd fyrir öll svæði nema S < 2 km, sem hafði aðeins eina stöð. Gögn vantar fyrir<br>stöðvar 10, 25 og 26 á svæði V 2–5 km og stöðvar 4 og 27 á svæði V 0–2 km. Y-ás er mismunandi<br>milli grafa. ....                                                                                                                                                | 64 |
| 69. mynd. Meðalþekja (%) allra tegunda blómjurta (uppi t.v.), grasa (uppi t.h.), hálfgrasa (miðja t.v.),<br>smárunna (miðja t.h.), runna (niðri t.v.) og byrkninga (niðri t.h.) árin 2005, 2009, 2015, 2020 og<br>2025. Staðalskekkja meðaltala er sýnd fyrir öll svæði nema S < 2 km, sem hafði aðeins eina stöð.<br>Gögn vantar fyrir stöðvar 10, 25 og 26 á svæði V 2–5 km og stöðvar 4 og 27 á svæði V 0–2 km. Y-<br>ás er mismunandi milli grafa. ....                                                                                                                | 66 |
| 70. mynd. Meðalþekja (%) krækilyngs (uppi t.v.), bláberjalyngs (uppi t.h.), fjalldrapa (niðri t.v.) og<br>beitilyngs (niðri t.h.) árin 2005, 2009, 2015, 2020 og 2025. Staðalskekkja meðaltala er sýnd fyrir<br>öll svæði nema S < 2 km, sem hafði aðeins eina stöð. Gögn vantar fyrir stöðvar 10, 25 og 26 á<br>svæði V 2–5 km og stöðvar 4 og 27 á svæði V 0–2 km. Y-ás er mismunandi milli grafa. ....                                                                                                                                                                  | 67 |
| 71. mynd. Meðalþekja (%) lúpínu á öllum 29 stöðvum sem voru mældar (t.v.) og á þeim 25 stöðvum<br>sem notaðar voru við tölfræðilega úrvinnslu (t.h.) árin 2005, 2009, 2015, 2020 og 2025.<br>Staðalskekkja meðaltala er sýnd fyrir öll svæði nema S < 2 km, sem hafði aðeins eina stöð. Auk<br>þess er gildi hvernar stöðvar hvert ár sýnt með hálfgegnsæjum punktum. ....                                                                                                                                                                                                 | 68 |
| 72. mynd. Sýnatökustaðir vatnssýna 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun,<br>2020; 2022). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 69 |
| 73. mynd. Ársmeðalstyrkur flúors í árvatni (W1–W4) og Grænavatni (W10) 2006 og 2015–2025. ..                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 69 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 74. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni árið 2006 og 2015–2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 70 |
| 75. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í árvatni (W1–W4) og Grænavatni (W10) 2006 og 2015–2025.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 70 |
| 76. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í neysluvatni árin 2006 og 2015–2025. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 71 |
| 77. mynd. Styrkur flúors í jarðvegi á níu sýnatökustöðum í Reyðarfirði í september 2025. Tekin voru fimm hlutsýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                | 74 |
| 78. mynd. Styrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í jarðvegi árin 2006, 2010, 2015, 2020 og 2025 í Reyðarfirði. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Línur út frá kassa sýna 5% og 95% öryggismörk. Fylltir svartir hringir tákna útlaga og fylltir gráir hringir eru meðaltöl fyrir ár. ....                                                                                                                                                              | 74 |
| 79. mynd Styrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í lausn úr skoluðum jarðvegi árin 2010, 2015, 2020 og 2025 í Reyðarfirði. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Línur út frá kassa sýna 5% og 95% öryggismörk. Fylltir svartir hringir tákna útlaga og fylltir gráir hringir eru meðaltöl fyrir ár. ....                                                                                                                                                   | 75 |
| 80. mynd. Styrkur klórs ( $\mu\text{g/g}$ ) í lausn úr skoluðum jarðvegi árin 2006, 2010, 2015, 2020 og 2025. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Línur út frá kassa sýna 5% og 95% öryggismörk. Fylltir svartir hringir tákna útlaga og fylltir gráir hringir eru meðaltöl fyrir ár. ....                                                                                                                                                           | 75 |
| 81. mynd. Styrkur brennisteins ( $\mu\text{g/g}$ ) í lausn úr skoluðum jarðvegi árið 2006, 2010, 2015, 2020 og 2025. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Línur út frá kassa sýna 5% og 95% öryggismörk. Fylltir svartir hringir tákna útlaga og fylltir gráir hringir eru meðaltöl fyrir ár. ....                                                                                  | 76 |
| 82. mynd. Staðsetning fjögurra bæja sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði. Flúormagn var mælt og tannheilsa metin í fé frá þessum bæjum árið 2025. Staðsetning viðmiðunarbæja er ekki sýnd á korti (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022). ....                                                                                                                                                                                                              | 79 |
| 83. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði (t.v.) og tveimur viðmiðunarbæjum (t.h.) árið 2025. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2026). ....                                                                                                                                                                   | 79 |
| 84. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði (t.v.) og tveimur viðmiðunarbæjum (t.h.) (slátrun 2025). Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2026). ....                                                                                                                                      | 80 |
| 85. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2025 og ársmeðalstyrkur flúors í grasi sömu ár. Fjöldi beinöskusýna er gefinn upp í sviga. Lína sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2025), $n=98$ . Mynd er unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur (2012, 2014–2015) og Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2016–2026). ....                   | 81 |
| 86. mynd. Ársmeðaltal flúorstyrks ( $\mu\text{g/g}$ ) í grasi og í kjálkabeinum lamba sem gekk í Reyðarfirði, sýnt með ártölum 2012–2025. Aðhvarfslína (með staðalskekkju) línulegs líkans sýnir samband milli meðalstyrks flúors í beinösku og grasi. ....                                                                                                                                                                                                                        | 81 |
| 87. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2025). Fjöldi beinöskusýna er gefinn upp í sviga. Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2024), $n=88$ . Mynd er unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur (2012, 2014–2015) og Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2016–2026). .... | 82 |
| 88. mynd. Styrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í kjálkabeinum fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði, skipt eftir aldri (slátrun 2012–2025). Aðhvarfslína (með staðalskekkju) blandaðs Gamma líkans sýnir samband milli styrks flúors og aldurs. ....                                                                                                                                                                                                                                | 83 |
| 89. mynd. Staðsetning sýnatökustaða kræklinga úr fjöru (K1– K14) og burstorma (B16) úr botnseti í Reyðarfirði árið 2025 (Landmælingar Íslands, 2013, 2019 og 2021). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 84 |
| 90. mynd. Lengd (mm), þyngd holds (gr) og heildarþyngd (gr) kræklinga af 13 stöðum í Reyðarfirði árið 2025. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Línur út frá kassa sýna 5% og 95% öryggismörk. Fylltir bláir hringir eru meðaltöl fyrir stöð. ....                                                                                                                                                                                                   | 86 |
| 91. mynd. Þungmálmur í kræklingasýnum í Reyðarfirði á blautvigtargrunni árin 2010–2025. Violin- og boxplott sýna dreifingu, punktar sýna meðaltöl. Strikalínur sýna reglugerðarviðmið. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 87 |
| 92. Styrkur þungmálma (As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn og Cr) í kræklingasýnum í Reyðarfirði á þurrvigtargrunni árin 2010, 2015, 2020 og 2025. Gögn eru sýnd sem kassarit sem sýnir miðgildi og fjórðungsbil og hring sem táknar meðaltal. Y-ás er á $\log_{10}$ -skala. Litaskipting sýna norsk viðmiðunargildi fyrir hvern þungmálm samkvæmt Molvær o.fl. (2004). ....                                                                                                                | 88 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 93. mynd. Styrkur arsens (efri mynd) og kadmíum (neðri mynd) á þurrvigtagrunni (mg/kg) í krækling í Reyðarfirði árið 2025.....                                                                                                                                                                                                                                           | 89 |
| 94. mynd. Meðalstyrkur B(a)P, ΣKPAH, ΣPAH (með og án naftalen) í kræklingi í Reyðarfirði árin 2000, 2010, 2015, 2020 og 2025 (µg/g, blautvigti). Punktar sýna meðaltal fyrir hvert ár. Strikalína táknar neðri viðmiðunarmörk fyrir flokk I (mjög gott ástand) samkvæmt norskum ástandsviðmiðum. Fjöldi sýna var 14 árin 2000, 2010 og 2015 en 13 árin 2020 og 2025..... | 90 |

## Töfluskrá

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2025 aftur til ársins 2006. ....                                                                                                                                                                                                                                                                | 13 |
| 2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013–2025. <LOD merkir að styrkur hefur mælst undir greiningarmörkum. Þrjár sýnatökuferðar voru farnar hvert ár. Fjöldi sýnatökustaða: $n=8$ (2015–2016), $n=7$ (2014, 2017–2019, 2024), $n=6$ (2013, 2020–2021, 2023) og $n=5$ (2022, 2025). ....  | 45 |
| 3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$ blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013–2025. <LOD merkir að styrkur hefur mælst undir greiningarmörkum. Þrjár sýnatökuferðar voru farnar hvert ár. Fjöldi sýnatökustaða: $n=8$ (2015–2016), $n=7$ (2014, 2017–2019, 2024), $n=6$ (2013, 2020–2021, 2023) og $n=5$ (2022, 2025). .... | 45 |
| 4. tafla. Breyttur Hult-Sernander kvarði sem var notaður við þekjumælingar. ....                                                                                                                                                                                                                                                         | 59 |
| 5. tafla. Samanlagður styrkur benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren í vatnssýnum árið 2006 og 2015–2025. ....                                                                                                                                                                              | 71 |
| 6. tafla. Meðalársstyrkur brennisteins ( $\text{mg/L}$ ) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015–2025. ..                                                                                                                                                                                                                            | 72 |
| 7. tafla. Ársmeðaltöl basarýmdar ( $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ ) í neysluvatni, árvatni og í Grænavatni árin 2015–2025. ....                                                                                                                                                                                                             | 72 |
| 8. tafla. Meðalársleiðni ( $\mu\text{S/cm}$ ) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015–2025. ....                                                                                                                                                                                                                                     | 73 |
| 9. tafla. Áhrif uppsafnaðs flúors í kjálkum/tönnum sauðfjár eftir aldri dýra og áhrif á tannheilsu, byggt á norskum rannsóknum (tafla endurgerð upp úr Vikøren, 2021). ....                                                                                                                                                              | 77 |
| Tafla 11. Ástandsviðmið byggð á flokkunarkerfi Norðmanna fyrir styrk þungmálma í kræklingi, gefið upp á þurrvigtargrunni. Tafla endurgerð úr Molvær o.fl. (2004). ....                                                                                                                                                                   | 85 |
| Tafla 12. Ástandsviðmið byggð á flokkunarkerfi Norðmanna fyrir styrk á fjölhringa arómatískum vetniskolefnum ( $\Sigma$ PAH án naftalens) og summu krabbameinsvaldandi efna ( $\Sigma$ KPAH) í seti, gefið upp á blautvigtargrunni. Tafla endurgerð úr Molvær o.fl. (2004). ....                                                         | 85 |

## Viðaukaskrá

- Viðauki 1. Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í loftgæðastöðvum 2025.
- Viðauki 2. Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2025.
- Viðauki 3. Niðurstöður mælinga á PAH-16 í svifrykssíum árið 2025.
- Viðauki 4. Niðurstöður efnagreininga í úrkomu árið 2025.
- Viðauki 5. Samantekt hágilda á flúor, brennisteinsdíoxíðs og svifryki í lofti árið 2025.
- Viðauki 6. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í grasi fyrir árið 2025.
- Viðauki 7. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í mosa, fléttum og bláberjalyngslaufum fyrir árið 2025.
- Viðauki 8. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í laufum reyniviðar árið 2025.
- Viðauki 9. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í barrnálum árið 2025.
- Viðauki 10. Niðurstöður mælinga á styrk flúors og þungmálma í rabarbara árið 2025.
- Viðauki 11. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í bláberjum, krækiberjum, kartöflum og fódurkáli árið 2025.
- Viðauki 12. Niðurstöður mælinga á styrk flúors í heysýnum árið 2025.
- Viðauki 13. Skrá yfir allar ljósmyndir teknar í Reyðarfirði vegna vöktunar ytra umhverfis álvers Alcoa Fjarðaáls árið 2025.
- Viðauki 14. Samanburður ljósmynda af fléttureitum árin 2020 og 2025.
- Viðauki 15. Niðurstöður mælinga á ársvexti furu í Reyðarfirði 2025 ásamt samantekt fyrri ára.
- Viðauki 16. Niðurstöður þekjumats og tegundaskráningar í rannsóknarreitum í júlí árið 2025 í Reyðarfirði.
- Viðauki 17. Niðurstöður efnamælinga í vatnssýnum árið 2025.
- Viðauki 18. Niðurstöður mælinga á flúor, klór og brennisteini í jarðvegi árið 2025.
- Viðauki 19. Sjónræn skoðun á búfénaði í Reyðarfirði 2025. Skýrsla dýralæknis og myndaskrá.
- Viðauki 20. Niðurstöður efnagreininga á flúor í kjálkum og sjónræn skoðun tanna og beina í sláturfé sem gekk í Reyðarfirði. Skýrsla dýralæknis 2025.
- Viðauki 21. Niðurstöður efnagreininga á þungmálmum í kræklingi PAH-efnum í kræklingi og botndýrum árið 2025.

# 1 Inngangur

Samkvæmt starfsleyfi Alcoa Fjarðaáls fer reglubundin umhverfisvöktun fram í grennd við álverið í samræmi við vöktunaráætlun sem samþykkt er af Umhverfisstofnun, nú Umhverfis- og orkustofnun (Umhverfisstofnun, 2024; 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.

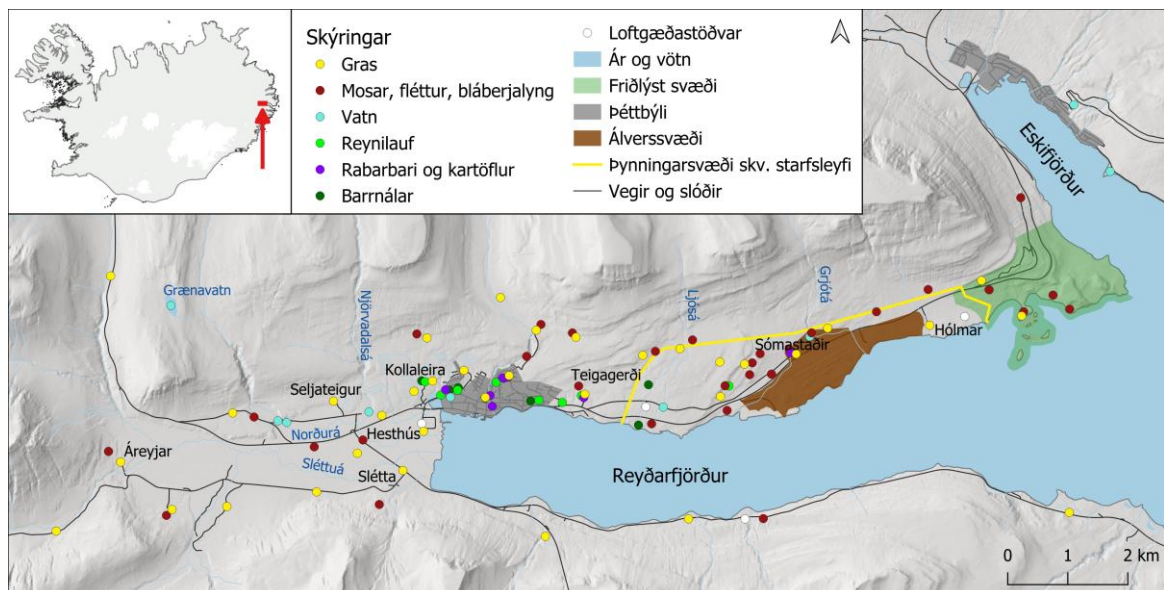
Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi álversins veldur (Umhverfisstofnun, 2024).

Umhverfisvöktuninni árið 2025 var 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 sauðfé auk efnagreininga og sjónræns mats á kjálkum sauðfjár
- Þekja og tegundasamsetning gróðurs
- Sýnataka og efnamælingar á jarðvegi
- Sýnataka og efnamælingar á krækling og burstormum

Árið 2025 sá Náttúrustofa Austurlands um vöktun og sýnatöku á gróðri, yfirborðsvatni, kjálkum af sláturfé, jarðvegi, krækling og burstormum en Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og Matís ohf., önnuðust efnagreiningar á gróðri, yfirborðsvatni, kjálkum af sláturfé, jarðvegi, krækling og burstormum, auk mælinga á loftgæðum og veðurfari. Mælingar á fjölhringa aromatískum vetniskolefnum (PAH) í vatni og mjúkvef kræklinga voru framkvæmdar hjá ALS Scandinavia í Svíþjóð. Yfirlit yfir alla fasta vöktunarstaði umhverfisvöktunarinnar árið 2025 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 2025. Samanburður er gerður á niðurstöðum ársins 2025 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, jarðvegi, búfénaði og kræklingi. Að lokum eru helstu niðurstöður dregnar saman. Starfsmenn Matís ohf. skrifuðu kafla tvö og sjö en starfsmenn Náttúrustofu Austurlands skrifuðu aðra kafla. Kafli níu byggir á skýrslum dýralækna. Skýrslunni fylgir 21 viðauki sem eru í sérstakri skýrslu. Þar má finna ítarlegri upplýsingar um umhverfisvöktunina.



1. mynd. Staðsetningar allra fastra sýnatökustaða í Reyðarfirði og Eskifirði árið 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022; 2024).

## 2 Loftgæði

### 2.1 Inngangur

#### 2.1.1 Loftgæðamælingar í Reyðarfirði

Fjallað er um niðurstöður loftgæðamælinga fyrir árið 2025. Mælingar þessar eru hluti af umhverfisskránni vegna iðjuvers Alcoa Fjarðaáls í Reyðarfirði. Mælingarnar eru unnar af Hafrannsóknastofnun og Mátis, fyrir Alcoa Fjarðaál hf.

#### 2.1.2 Mælistöðvar og mælipættir

Mælt var á fjórum mælistöðvum, eins og hefur verið gert frá október 2006, þegar stöðvum fjölgaði úr þremur í fjórar. Mælistöðvarnar (1–4) eru sem hér segir: Stöð 1 er á Hjallaleiru sunnan og vestan við Búðareyri gegnt gámastöð, stöð 2 er á gamla urðunarstaðnum milli Hellulækjar og Ljósár á mörkum Teigagerðis og Sómastaða, stöð 3 er á Hólum um 0,6 km austan við bæjarhúsin og stöð 4 er á Miðstrandareyri sunnan fjarðarins (1. mynd).

Mælipættir í lofti eru: Svifryk, flúoríð, brennisteinsdíoxíð og PAH sambönd. Brennisteinsdíoxíð-mælar eru sjálfvirkir og frá þeim er skráð meðaltal á tíu mínútna fresti. Flúor er safnað á síur, einn og fimm daga í senn. Svifryki er safnað á sex 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 að mestu vel á árinu. Brennisteinsdíoxíð ( $\text{SO}_2$ ) mælitæki hefur verið óvirkt á stöð 4 síðan 2021. Á árinu 2025 vantaði  $\text{SO}_2$  gögn að hluta frá stöð 1 vegna bilunar í búnaði.

Flúorsöfnunartæki voru í gangi allt árið og fór sýnasöfnun að mestu fram samkvæmt áætlun. Nokkrar sýnatökur misfórust vegna tæknilegra örðugleika, aðallega á stöð 3. Söfnun veðurgagna gekk að mestu vel á árinu, en þó voru styttri tímabil þar sem gagna-söfnun átti sér ekki stað vegna tímabundinna tæknilegra örðugleika. Þetta átti við úrkomusöfnun á stöð 3 og mælingu á loftraka á stöð 1. Hitastigsmælir á stöð 1 var í gangi allt árið, en hann sýndi kerfisbundið lægri mæligildi en hitastigsmælir á hinum stöðvunum.

## 2.2 Mælingar og mæliaðferðir

Varðandi mæliaðferð á svifryki og mælingar á flúor og brennisteinsdíoxíði er vísað í handbækur með mælitækjum sem notuð eru og kvörðunarskýrslur. Mælingar eru gerðar í sérhæfðum mælibúnaði sem ætlaður er til þessara nota og uppfyllir skilyrði reglugerðar nr. 920/2016, 10.gr., um mat á styrk brennisteinsdíoxíðs, og svifryks (PM<sub>10</sub>).

### Skilgreiningar

|                                 |                                                                                                  |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Svifryk PM<sub>10</sub></b>  | Svifryk í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , agnir sem eru minni en 10 $\mu\text{m}$ í þvermál.  |
| <b>Svifryk PM<sub>2,5</sub></b> | Svifryk í lofti í $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , agnir sem eru minni en 2,5 $\mu\text{m}$ í þvermál. |

Flúor í náttúrulegu ástandi er yfirleitt á formi flúoríðs, getur verið sem gastegundin vetnisflúoríð, HF, eða sem rykkennd sölt eða steindir, s.s. CaF<sub>2</sub>. Í skýrslunni er flúor mældur og gefinn upp sem flúorhlutinn eingöngu, nema þar sem starfsleyfi krefst samanburðar og umreiknings til gaskennds vetnisflúoríðs (HF).

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Flúor rykkendur</b>  | Flúor sem mælist sem rykkendur eða bundinn ryki.                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Flúor gaskenndur</b> | Flúor sem mælist gaskenndur og óbundinn ryki.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Flúor alls</b>       | Summa rykkennds og gaskennds flúors.                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Vetnisflúoríð</b>    | HF, gaskennt vetnisflúoríð. (Notað sem viðmið í starfsleyfi, þar sem umreikna skal mælt gaskennt flúoríð F sem vetnisflúoríð HF.)                                                                                                                                                             |
| <b>SO<sub>2</sub></b>   | Brennisteinsdíoxíð.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>PAH</b>              | Fjölhringa vetniskolefni (polyaromatic hydrocarbons).                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Umhverfismörk</b>    | Leyfileg hámarksgildi mengunar sett í því skyni að draga úr eða koma í veg fyrir skaðleg áhrif á heilsu manna og dýra. Umhverfismörk geta átt við umhverfið í heild eða tiltekna þætti þess (s.s. heilsuverndarmörk, gróðurverndarmörk) og tiltekin tímabil (s.s. sólarhring, árstíð eða ár). |

### Rafræn gögn

Nýtt var gagnasafn af vefsíðu Vista og 10 mínútna grunnmælingar frá sjálfvirkum mælibúnaði eins og þær liggja fyrir á vefsíðunni notaðar sem grunnur fyrir frekari úrvinnslu. Farið er yfir gögnin og vinsað burtu það sem ekki tilheyrir eðlilegri mælingu, svo sem

toppar vegna kvarðana, frávik vegna bilana eða prófunar á tækjabúnaði. Neikvæð gildi sem koma fram vegna óvissuflökts í mælingu eru látin standa, enda eðlilegur hluti mælingar. Ef þörf krefur eru gerðar lítilsháttar leiðréttingar á núllstöðu mælinga SO<sub>2</sub> og þær færðar til samræmis yfir árið. Þessar leiðréttingar eru oft innan skammtíma-greiningarmarka 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 SO<sub>2</sub> árið 2025.

## 2.3 Niðurstöður

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

### 2.3.1 Veðurgögn og veðurfar ársins

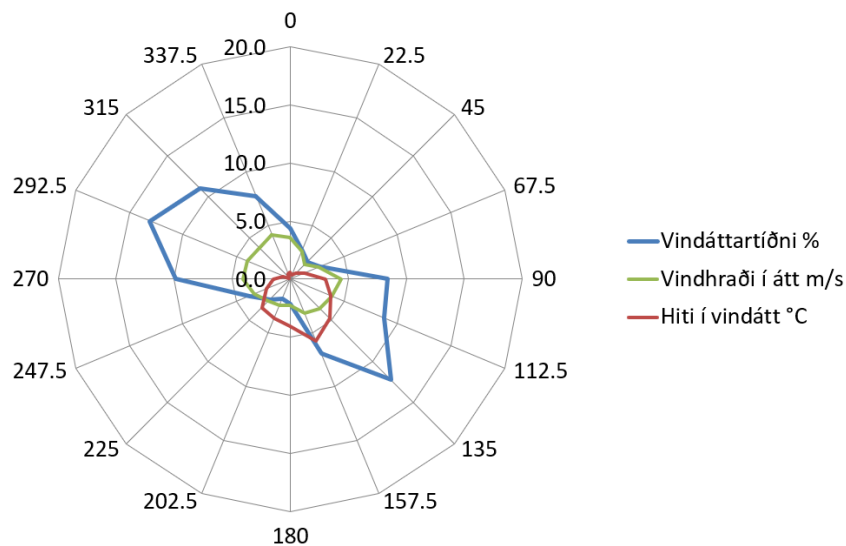
Meðalhiti á stöðvum á Reyðarfirði árið 2025 mældist 4,5°C og meðalvindhraði 3,8 m/s (1. tafla). Meðalhiti árið 2025 mældist hærri en undanfarin ár en meðalvindhraði var lágur miðað við undanfarin ár. Úrkoma ársins var breytileg eftir árstíðum. Mest úrkoma var síðsumars og um haustið en aðrir sumarmánuðir voru þurrari.

1. tafla. Veðurgögn, meðaltöl fyrir árin 2025 aftur til ársins 2006.

| Tafla 1 Veðurgögn meðaltöl     |      |                 |                            |      |                 |                            |
|--------------------------------|------|-----------------|----------------------------|------|-----------------|----------------------------|
|                                | Ár   | Meðalhiti<br>°C | Meðal-<br>vindhraði<br>m/s | Ár   | Meðalhiti<br>°C | Meðal-<br>vindhraði<br>m/s |
| Reyðarfjörður<br>allar stöðvar | 2025 | 4,5             | 3,8                        |      |                 |                            |
|                                | 2024 | 3,4             | 4,2                        |      |                 |                            |
|                                | 2023 | 3,6             | 4,1                        | 2014 | 5,3             | 4,0                        |
|                                | 2022 | 3,9             | 4,2                        | 2013 | 4,3             | 4,2                        |
|                                | 2021 | 4,4             | 3,9                        | 2012 | 4,2             | 4,4                        |
|                                | 2020 | 4,1             | 4,5                        | 2011 | 4,5             | 4,6                        |
|                                | 2019 | 4,1             | 4,2                        | 2010 | 4,1             | 4,0                        |
|                                | 2018 | 4,7             | 4,0                        | 2009 | 4,6             | 4,1                        |
|                                | 2017 | 4,7             | 4,1                        | 2008 | 4,3             | 4,2                        |
|                                | 2016 | 4,8             | 4,0                        | 2007 | 4,4             | 5,2                        |
|                                | 2015 | 4,0             | 4,6                        | 2006 | 4,7             | 4,3                        |

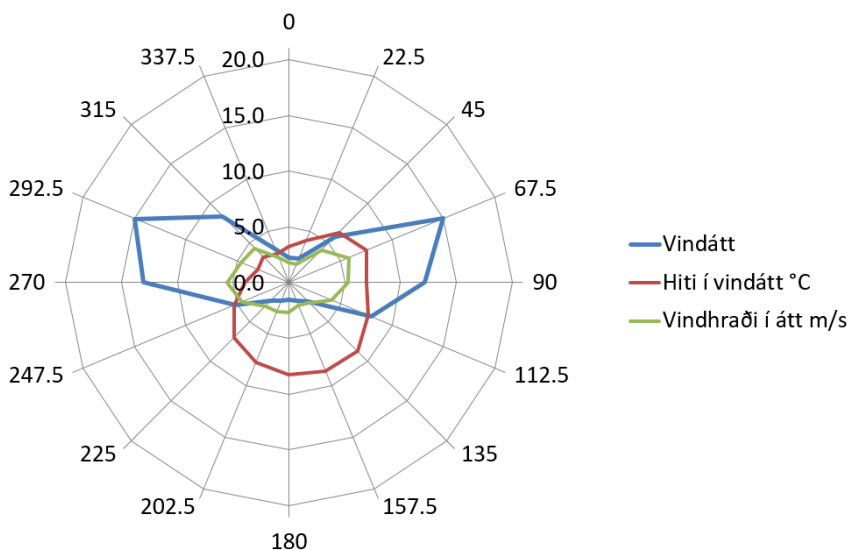
Árið 2025 var hlýtt á landsvísu miðað við tíðarfar á yfirstandandi öld. Hitastig var yfir meðaltali áranna 1991–2020 og var árið með þeim hlýrri á undanförnum áratugum, sérstaklega um vorið og sumarið. Úrkoma var breytileg milli landshluta, en á mörgum svæðum var snjólétt og sumarmánuðir tiltölulega þurrir. Óveður voru fá árið 2025. Loftþrýstingur og vindhraði voru nálægt meðaltali undanfarinna ára á landsvísu (Veðurstofa Íslands, 2026).

Vindrósir í Reyðarfirði eru einkennandi fyrir innlögn og útlögn í firðinum, austan- og vestanáttir eru langalgengastar og ráðandi um 85% af tímanum. Sjá má vindrósir frá mælistöðvunum fjórum á myndum 2.–5. hér undir.

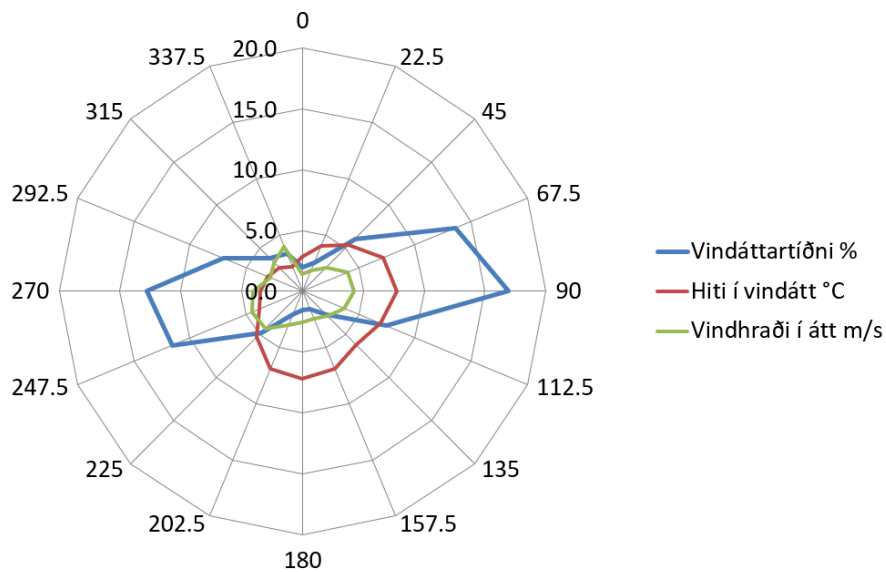


2. mynd. Vindrós mælistöð 1 Reyðarfirði, 2025, allar mælingar (10 mín).

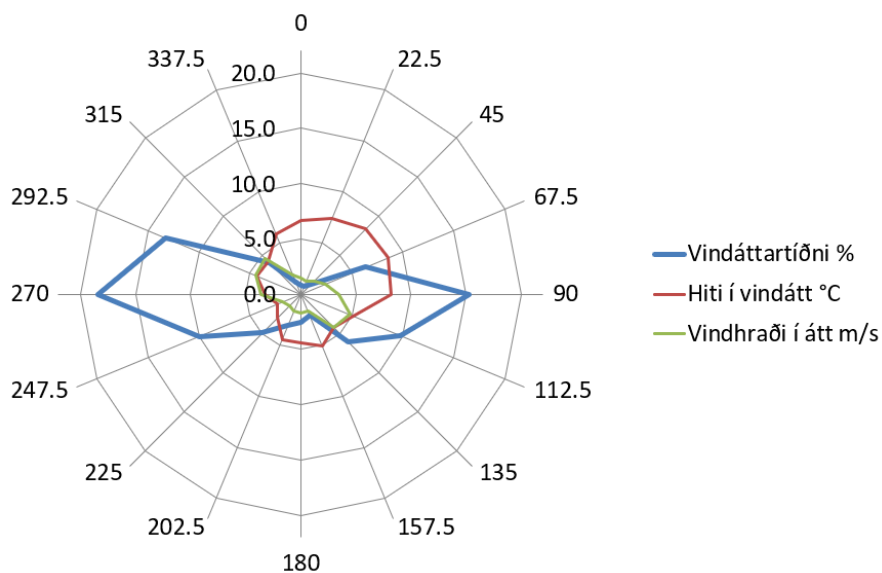
Sjá má að megindrættir eru svipaðir á öllum stöðvum þó vindáttir fylgi landslagi á hverjum stað. Að jafnan er hlýjast í suðaustanáttinni og álíka hvasst er í innlögn sem útlögn í firðinum. Svalast er að jafnaði við fjarðarbotninn á stöð 1 við Hjallanes en hlýjast á stöð 3 í landi Hólma. Úrkoma mælist mest á stöð 4 sunnan megin fjarðar og þar er lygnast en hvassast er við stöð 3.



3. mynd. Vindrós mælistöð 2 Reyðarfirði, allar mælingar 2025 (10 mín).



4. mynd. Vindrós mælistöð 3 Reyðarfirði, allar mælingar 2025 (10 mín).

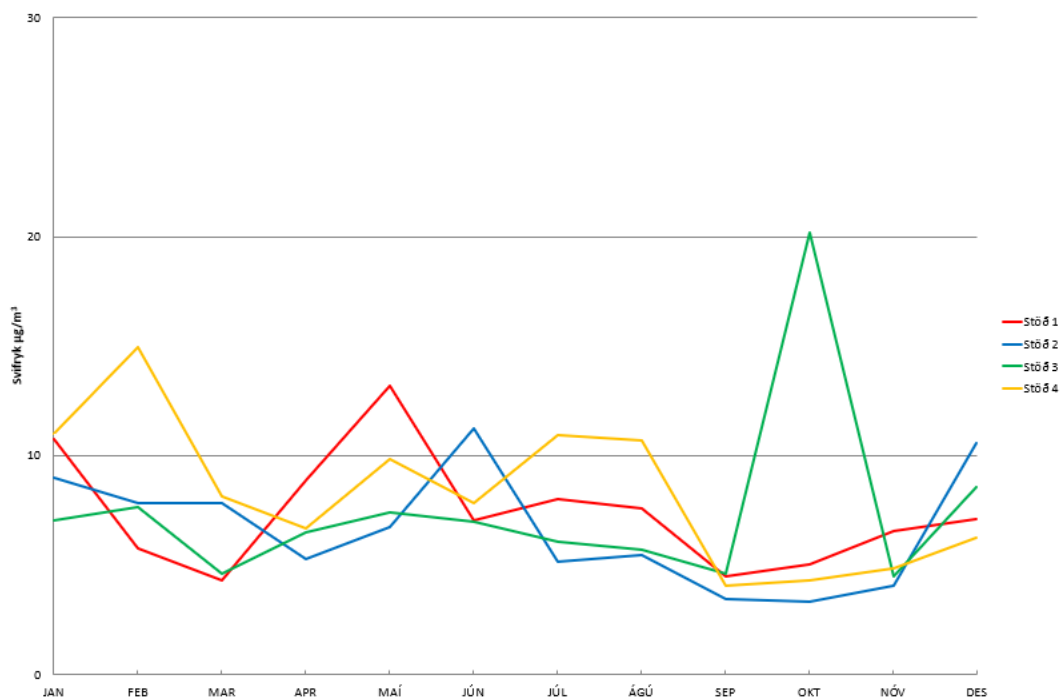


5. mynd. Vindrós mælistöð 4 Reyðarfirði, allar mælingar 2025 (10 mín).

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

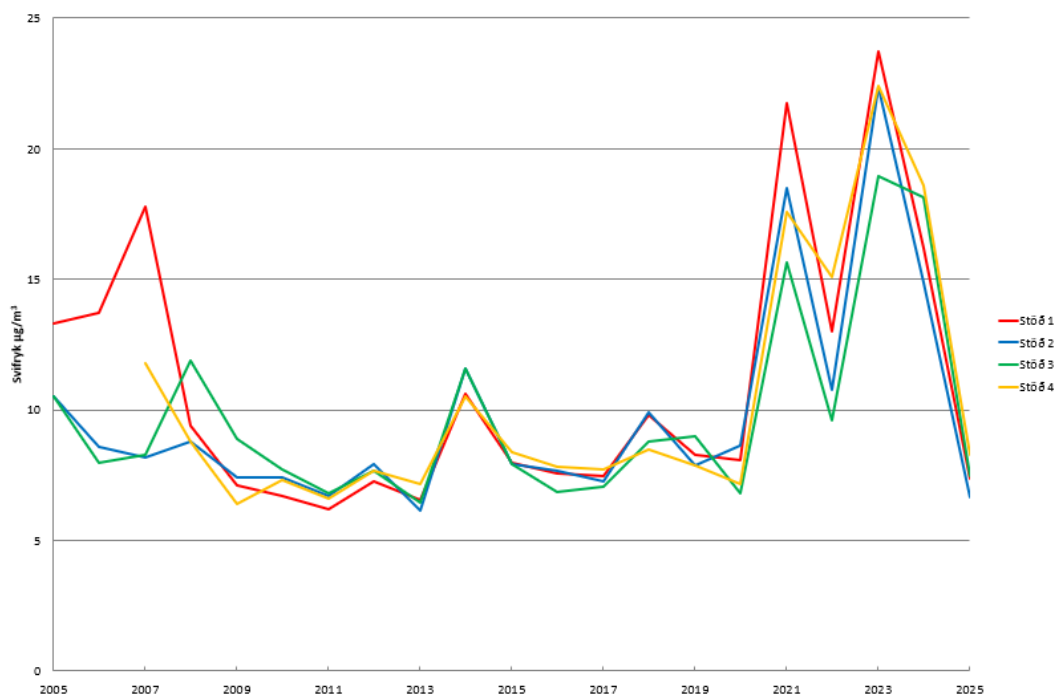
Heildarmeðaltal svifryks mældist  $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og er það lækkun frá 2024. Styrkur svifryks árið 2025 var nálægt meðaltali árána 2009–2020 en lægra en árin 2021–2024. Þau fjögur ár var styrkur svifryks óvenjuhár.

Svifryksmengun var nokkuð misjöfn yfir árið en að meðaltali voru mæligildi hæst um vorið en lægri um sumarið (6. mynd). Nokkur munur kom fram á ársmeðaltali á stöðvunum en hæst mældist það á stöð 4 og lægst á stöð 2. 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.



6. mynd. Svifryk, mánaðarmeðaltöl, allar stöðvar 2025.

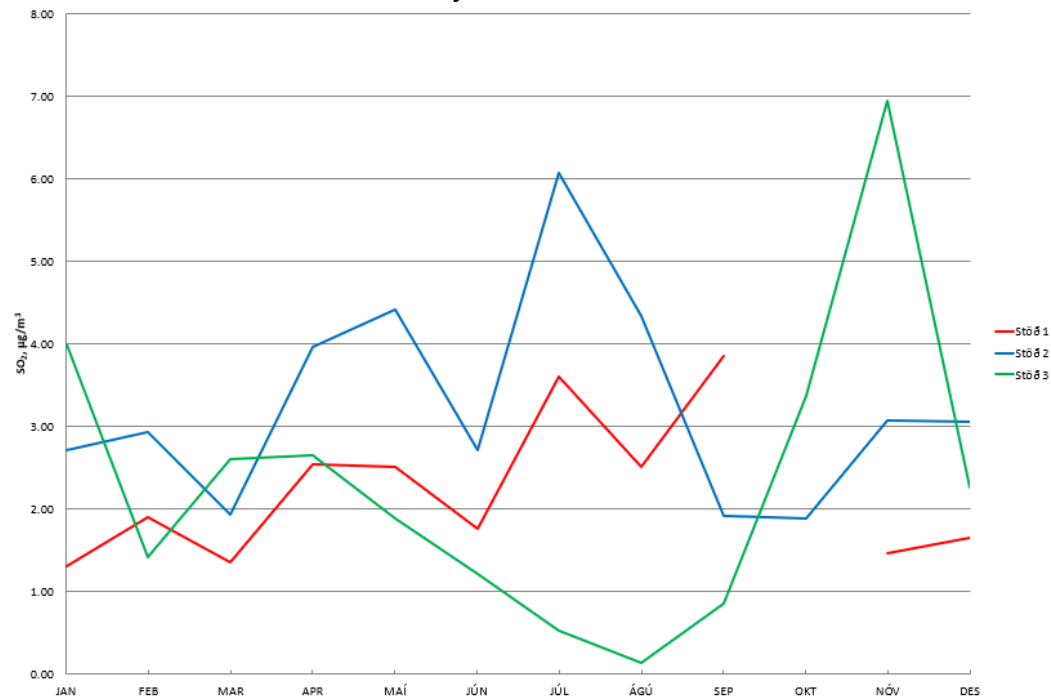
Þrjár meginástæður hafa verið fyrir hærra svifryki í Reyðarfirði: þurrviðri, framkvæmdir svo sem við vegagerð og byggingar og svo öskufall frá eldgosum. Þá kann svifryk af hálendinu að leggja til svifryks í Reyðarfirði. Fyrstu árin sem mælt var (2005–2008) mældist svifryk allhótt í Reyðarfirði vegna framkvæmda. Árið 2014 gætti öskuryks frá eldgosi í Holuhrauni. Árið 2021 og svo aftur árið 2023 mældist svifryk það hæsta frá upphafi en bæði árin voru hægviðrasöm og þurr (7. mynd).



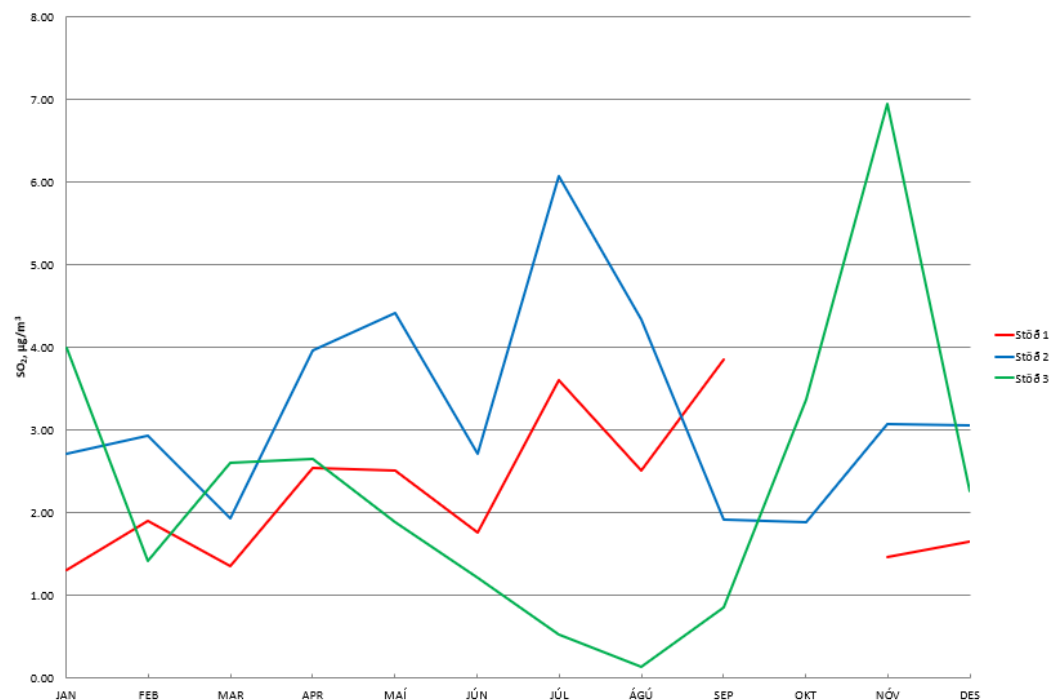
7. mynd. Svifryk, ársmeðaltöl 2005–2025.

### 2.3.3 Brennisteinsdíoxíð í lofti

Mánaðarmeðaltöl á SO<sub>2</sub> í lofti má sjá á



8. mynd hér undir.



8. mynd. Brennisteinsdíoxíð, allar stöðvar 2025.

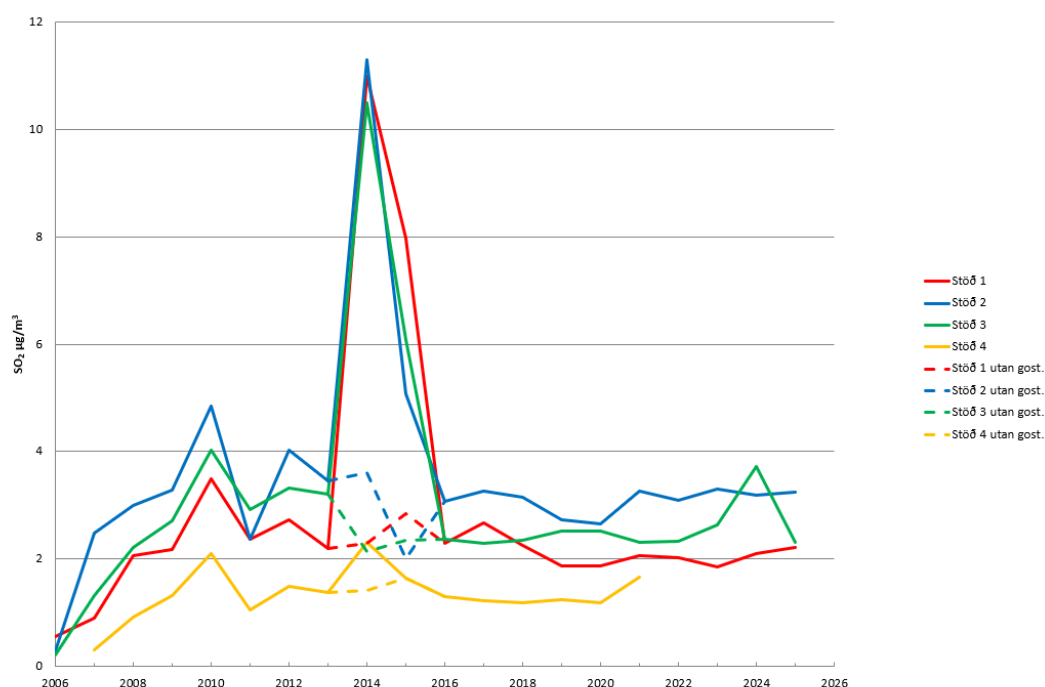
Rekstur mælitækja fyrir SO<sub>2</sub> gekk að mestu vel árið 2025, en þó vantar gögn að hluta frá stöð 1 vegna bilunar.

Mánaðarmeðaltöl brennisteinsdíoxíðs fylgja nokkuð hefðbundnu sniði, meginveiflur fylgjast nokkuð að á stöðvunum. Á stöð 2 mældist hæsta ársmeðaltal styrks brennisteinsdíoxíðs árið 2025. Stöð 4 hefur verið óvirk síðan 2021 en sú stöð hefur alltaf mælst

lægst. 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.

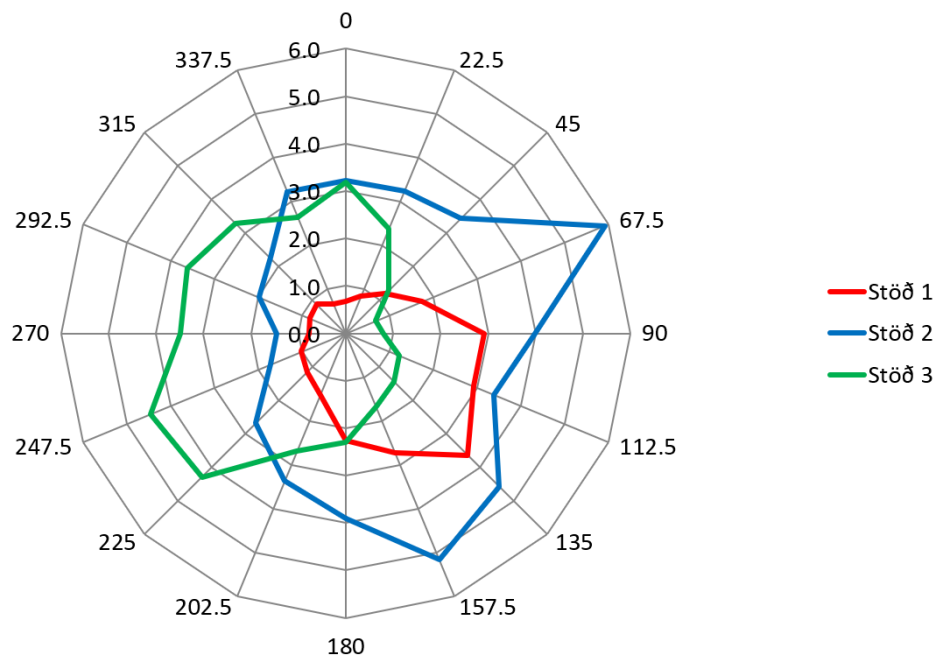
Meðaltöl brennisteinsdíoxíðs á árinu 2025 reyndust áþekkt og mörg undanfarin ár eða alveg frá árinu 2011 ef gostímabilið á árunum 2014 og 2015 (þegar mengunar frá gosinu í Holuhrauni gætti) er undanskilið. Meðaltölin hækkuðu nokkuð á milli ára á stöð 1 og 3 en lækkaði lítillega á stöð 2. Á mynd 9. má sjá ársmeðaltöl á stöðvunum frá árinu 2006. Brotnar línur sýna meðaltölin ef gostímabilið er undanskilið.

Enginn dagur fór yfir gróðurverndarmörk ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) á árinu. Hæsta dagsgildi mældist  $45,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 3 í nóvember. Öll gildi ársins eru undir heilsuverndarmörk sólarhringsmeðaltals ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Hæsta sólarhringsmeðaltal mældist  $335,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  á stöð 3 þann 12. nóvember kl. 13.

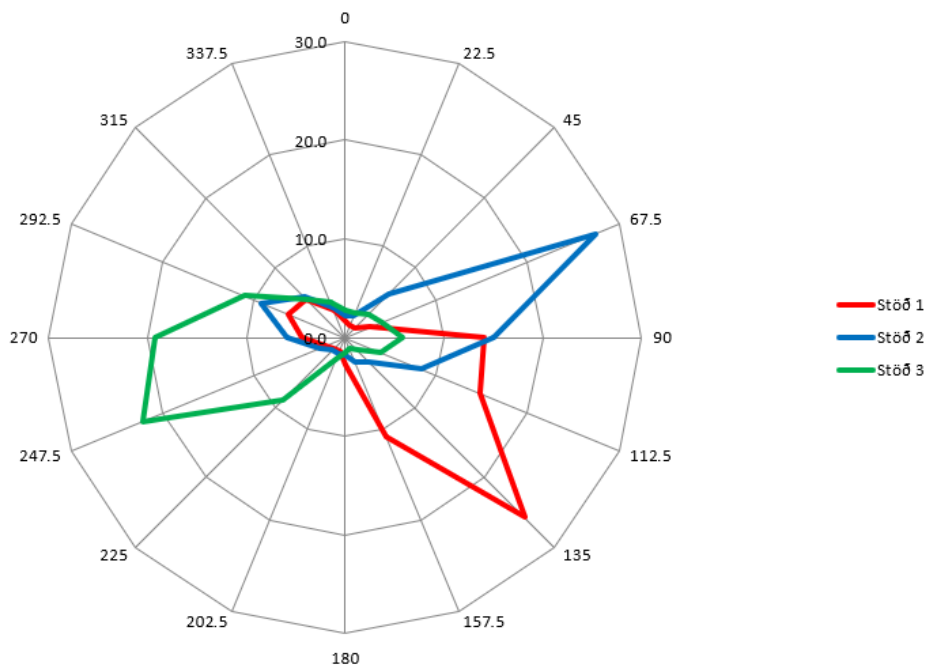


9. mynd. Brennisteinsdíoxíð, ársmeðaltöl 2006–2025.

Á mynd 10. má sjá meðalmæligildi brennisteinsdíoxíðs á stöðvum 1–3 sem fall af vindátt. Iðjuverið er eina uppspretta  $\text{SO}_2$  og hæstu gildi brennisteinsdíoxíðs mælast í austlægum áttum á stöð 2 og í suðvestanátt á stöð 3. Á mynd 11. má sjá hlutfallslegan magnuppruna sem mælist á stöðvunum. Stór hluti  $\text{SO}_2$  sem mælist á stöð 2 er upprunninn í austurátt, en í vesturátt á stöð 3, sem svarar til afstöðu iðjuversins til þessara stöðva. Á stöð 1 er  $\text{SO}_2$  að jafnaði upprunnið að miklu úr austanátt.



10. mynd. Brennisteinsdíoxíð  $SO_2$  ( $\mu g/m^3$ ), sem fall af vindátt 2025, allar stöðvar nema stöð 4 sem hefur verið óvirk frá árinu 2021.



11. mynd. Brennisteinsdíoxíð  $SO_2$  (magnuppruni í %), sem fall af vindátt 2025, allar stöðvar nema stöð 4 sem hefur verið óvirk frá árinu 2021.

Niðurstöður sjálfvirkra mælinga í stöðvum árið 2025 má sjá í viðauka 1.

### 2.3.4 Flúor í lofti

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

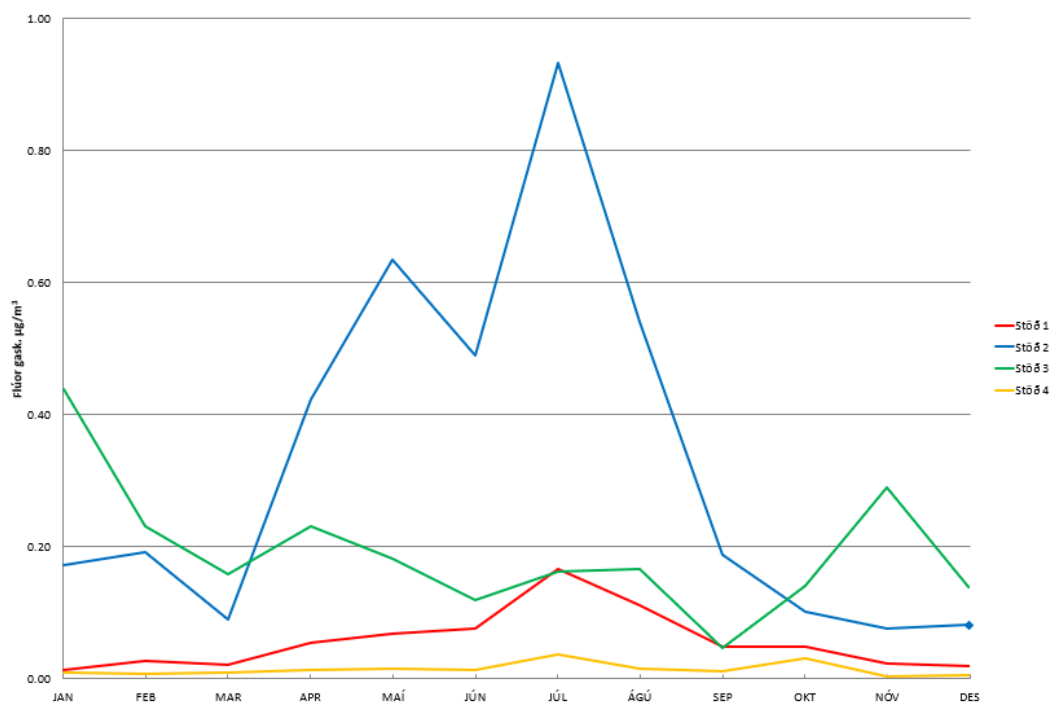
- i) Gaskenndum flúor og flúor í ryki í lofti er safnað með sýnatöku á 37 mm síur og eru tekin 1 dags (24 klst. samfelld) og 5 daga sýni (12 mín. á hverri klst.) til skiptis, alls um 110 sýni frá hverri stöð árlega.

- ii) Flúor í ryki í lofti er mældur í stórum svifrykssíum (200 x 250 mm) og er safnað á hverja síu í 24 klst. á sex daga fresti; í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð er mælt flúoríð í ryki, alls 12 sýni frá hverri stöð eða 48 mælingar alls árlega.

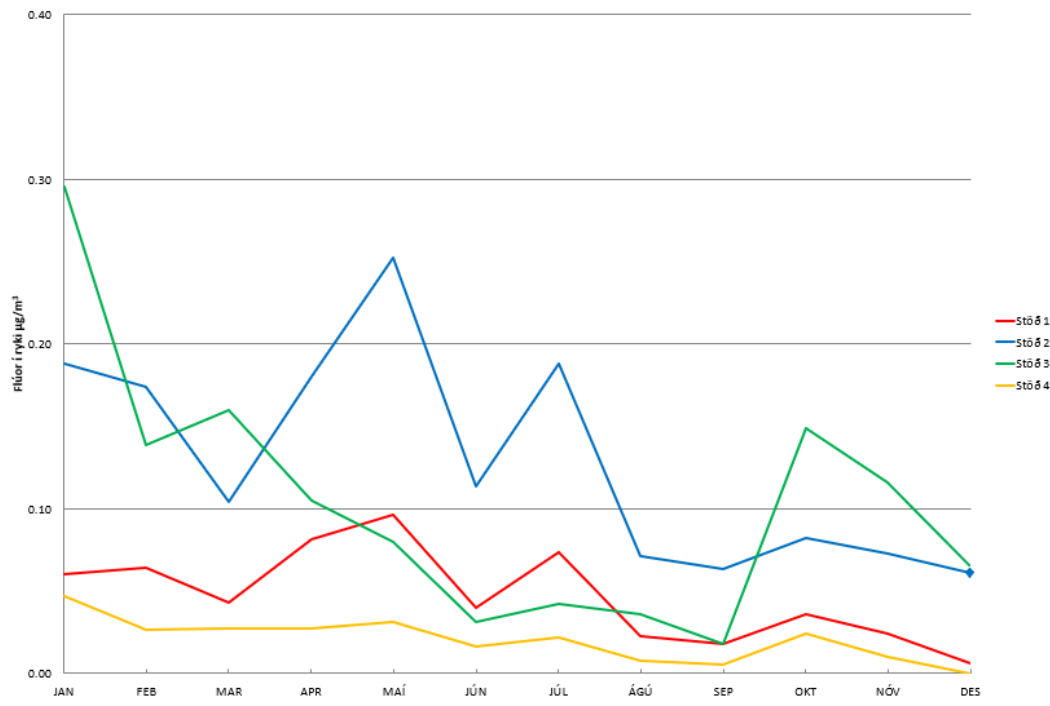
i) *Flúor í lofti, safnað á 37 mm síur*

Flúorsöfnunartæki voru í gangi allt árið og gekk sýnasöfnun á síur að mestu samkvæmt áætlun. Nokkur síusýni á stöð 2 náðust ekki vegna tæknilegra örðugleika.

Meðaltal alls flúors í lofti mældist  $0,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og þar af var gaskenndur flúor  $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Niðurstöður voru svipaðar og undanfarin ár. Mánaðarmeðaltöl gaskennds flúors má sjá á 12. mynd. Styrkur gaskennds flúors er breytilegur milli stöðva, en þó oft hæstur á stöð 2, sérstaklega yfir sumarið en þá er innlögn algeng í Reyðarfirði. Um vetur eru mæligildi hæst á stöð 3, en á þeim árstíma er útlögn algengari. Hæsta dagsgildi fyrir gaskennt flúoríð mældist  $1,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$  þann 17. maí á stöð 2. Hæsta dagsgildi fyrir flúor alls mældist einnig 17. maí á stöð 2 ( $2,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Hæst ársmeðaltal styrks gaskennds flúors mældist á stöð 2. Meðalgildið á stöð 2 var hæst eða  $0,37 \mu\text{g HF}/\text{m}^3$  (13. mynd).

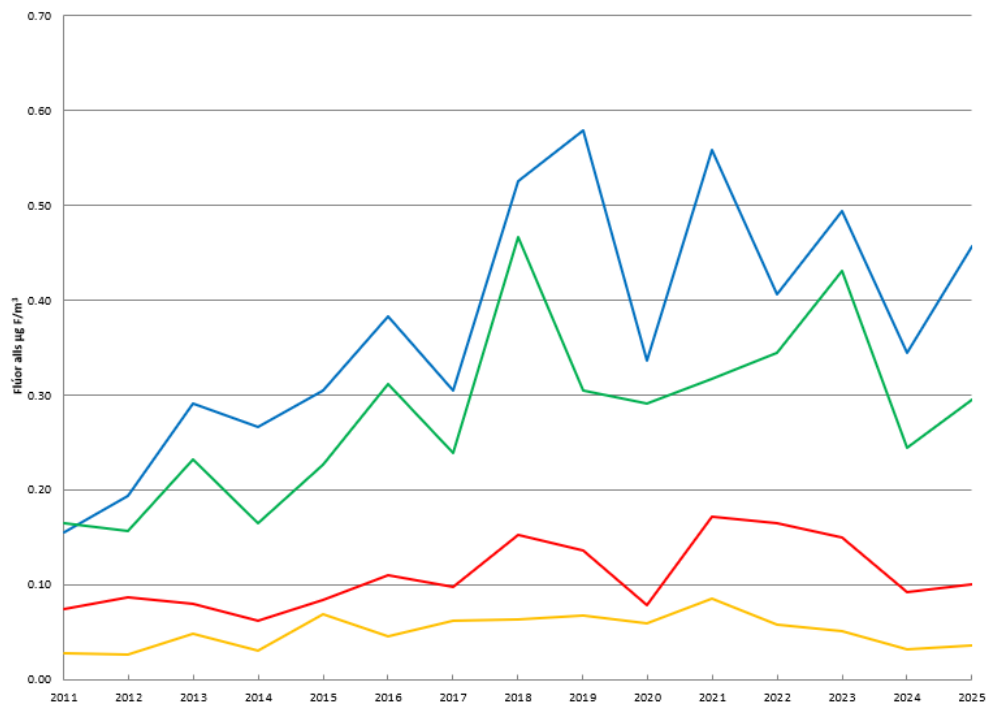


12. mynd. Gaskenndur flúor í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2025 (mælingar á síur).



13. mynd. Rykkendur flúor í lofti, allar stöðvar, mánaðarmeðaltöl 2025 (mælingar á síur).

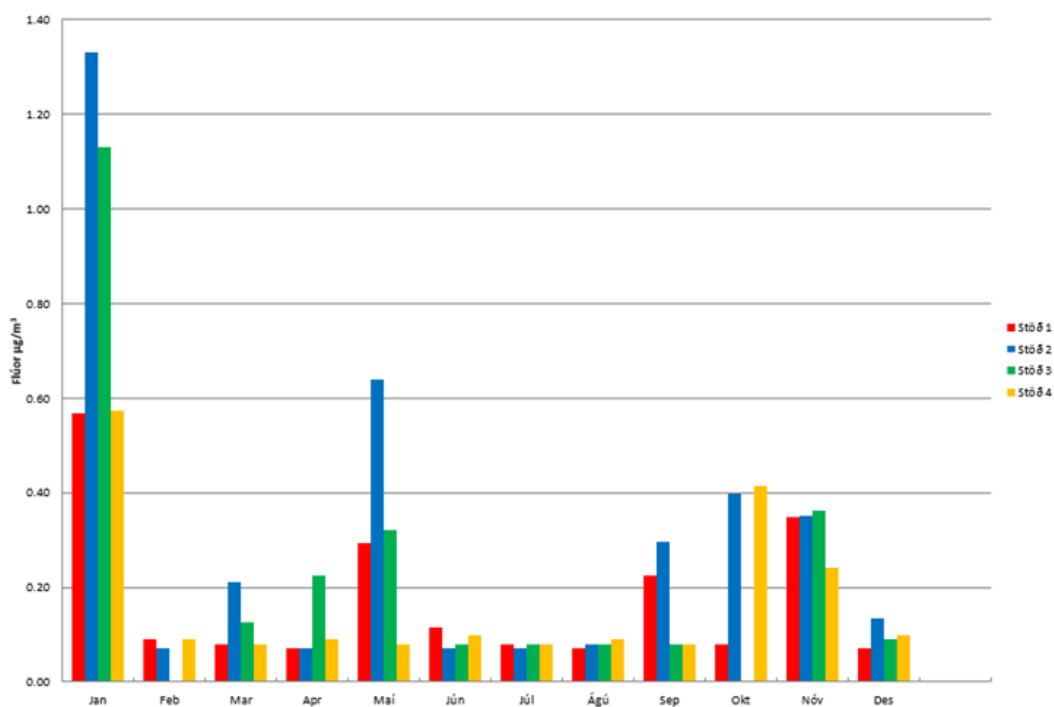
Heildarflúor mældist nálægt meðaltali árið 2024 og hækkaði nokkuð miðað við árið 2024 á öllum stöðvum. Aukning miðað við 2024 mældist mest á stöðvum 2 og 3, en á þeim stöðvum mælist almennt hæstur styrkur flúors enda eru þær stöðvar næst álverinu (14. mynd).



14. mynd. Heildar flúor í lofti, allar stöðvar, ársmeðaltöl 2011–2025 (mælingar á síur).

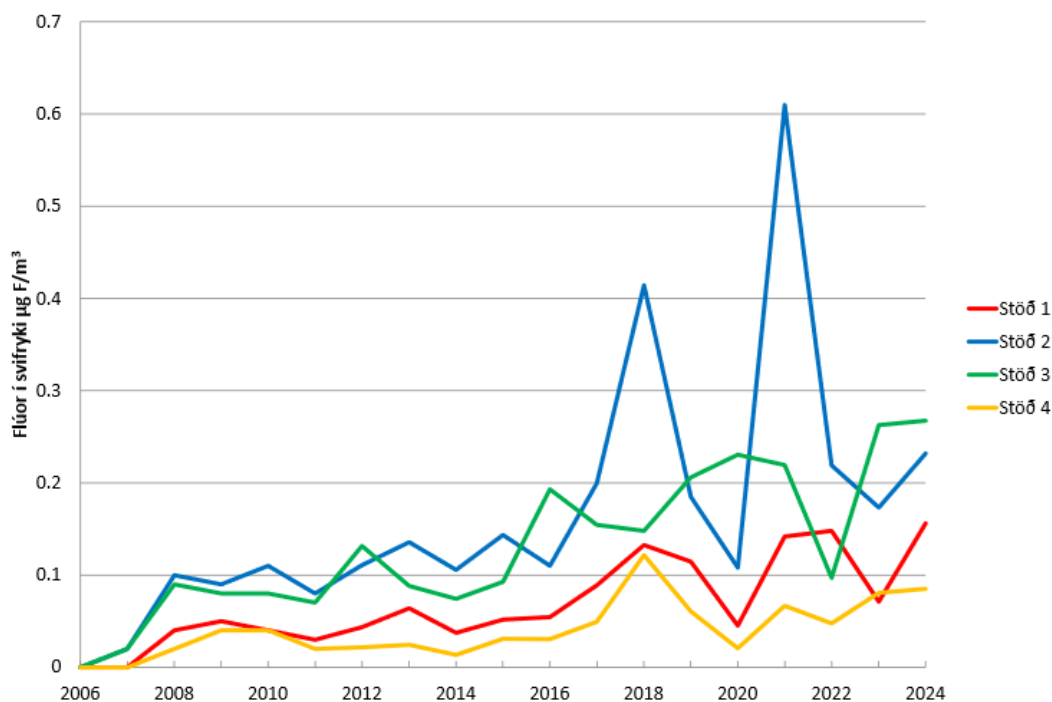
## ii) Flúor í svifryki

Heildarmeðaltal ársins fyrir flúor í svifryki var  $0,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Niðurstöður þessara mælinga má sjá á mynd 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 mældur flúor í ryki, alls 48 mælingar árlega. Mikill breytileiki getur verið í þessum mælingum, enda einungis um að ræða 1 dag í hverjum mánuði frá hverri stöð.



15. mynd. Flúor í svifryki, allar stöðvar, stakar síur mánaðarlega 2025.

Flúor í svifryki mældist hæstur í janúar. Sum gildi vantar vegna tæknilegra örðugleika. Meðaltal ársins var  $0,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fyrir árið 2025 sem er hækkun frá  $0,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fyrir árið 2024 (16. mynd). Þrátt fyrir mikinn breytileika á milli ára hafa meðaltöl flúors í svifryki farið hækkandi á undanförunum árum rétt eins og meðaltöl flúors sem safnað er á 37 mm síur.



16. mynd. Flúor í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2025.

Niðurstöður mælinga á flúor í lofti árið 2025 má sjá í viðauka 2.

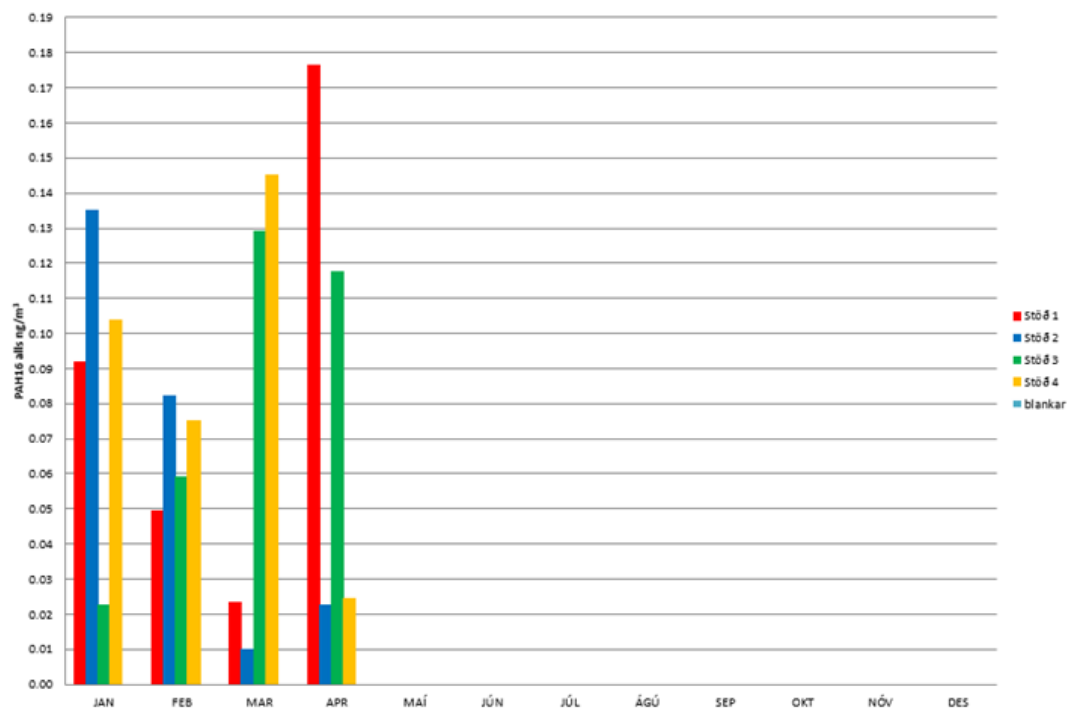
### 2.3.5 Fjölhringa aromatísk vetniskolefni (PAH)

Fjölhringja aromatísk kolefni í lofti eru mæld í svifrykssýnum með svipuðu fyrirkomulagi og rykkenndur flúor, þ.e. í svifrykssýnum sem safnað er á sex daga fresti í 24 klst. á hverja síu. Í einni slíkri síu í hverjum mánuði frá hverri stöð eru mæld PAH í ryki, 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 2013–2025. Munur á þessu tvennu er óverulegur í mati á heildarmeðaltali.

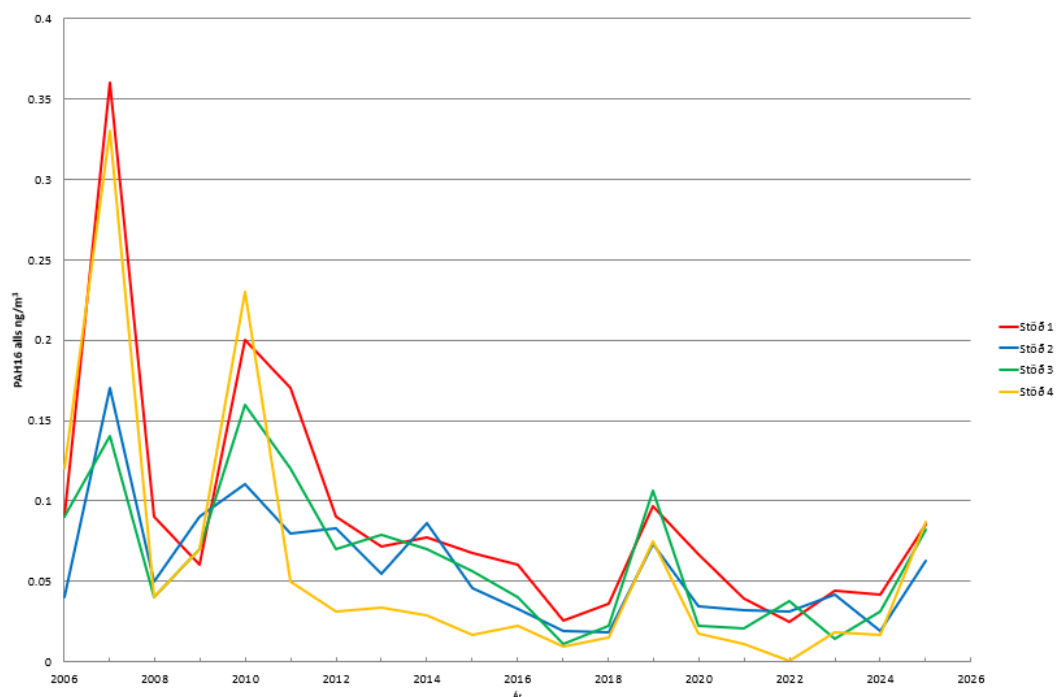
Niðurstaða ársins er í meðallagi ef miðað er við niðurstöður frá og með árinu 2012. Þessi efni greinast í litlum mæli og mældust um  $0,079 \text{ ng/m}^3$  umfram magngreiningarmörk á árinu 2025 að heildarmeðaltali. Heildarsumma magngreiningarmarkanna PAH16 árið 2025 er oftast innan við  $0,1 \text{ ng/m}^3$  ef sýnatökurúmmál er eðlilegt og er svolítið breytileg ( $<0,1$ – $0,05 \text{ ng/m}^3$ ) 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. Hæst mældust PAH-efni í mars á stöð 1,  $0,176 \text{ ng/m}^3$ .

Umhverfismörk fyrir bensó[a]pýren (BaP) eru  $1 \text{ ng/m}^3$  skv. reglugerð nr. 410/2008. Mæld BaP gildi árið 2024 voru vel undir þeim mörkum. BaP greindist í 2 síum af 48 og var hæst í apríl á stöð 1 eða  $0,005 \text{ ng/m}^3$ . Önnur PAH efni sem tilgreind eru í reglugerðinni eru bensó[a]antrasen, bensó[b]flúoranten, bensó[j]flúoranten, bensó[k]flúoranten, indenó[1,2,3-cd]pýren og díbenz[a,h]antrasen. Heildarsumma þessa sex efna mældist hæst í apríl á stöð 1,  $0,052 \text{ ng/m}^3$ . Summa þeirra mældist yfirleitt undir  $0,020 \text{ ng/m}^3$ , en aðeins 10 síur mældust hærri.



17. mynd. PAH16 alls í svifryki, allar stöðvar 2025.



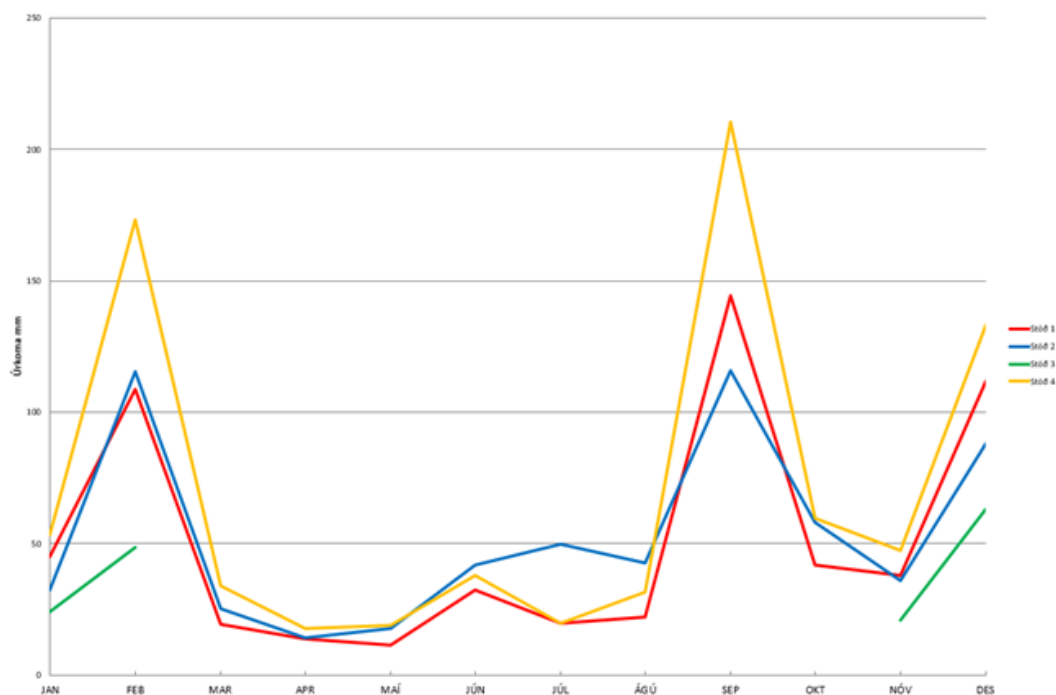
18. mynd. PAH16 í svifryki, ársmeðaltöl 2006–2025.

Niðurstöður mælinga á PAH16 í svifrykssíum árið 2025 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 getur engu að síður verið töluvert. Og svo öfugt, í lítilli úrkomu mælast stundum háir

styrkir mengunarefna en áfall þeirra kann að vera lítið. Úrkoma árið 2025 mældist að meðaltali 497 mm. Hún var breytileg innan árs, en mest úrkoma var í ágúst þar sem meðaltal stöðva var 91 mm. Sjá má úrkomu eftir mánuðum á 19. mynd.

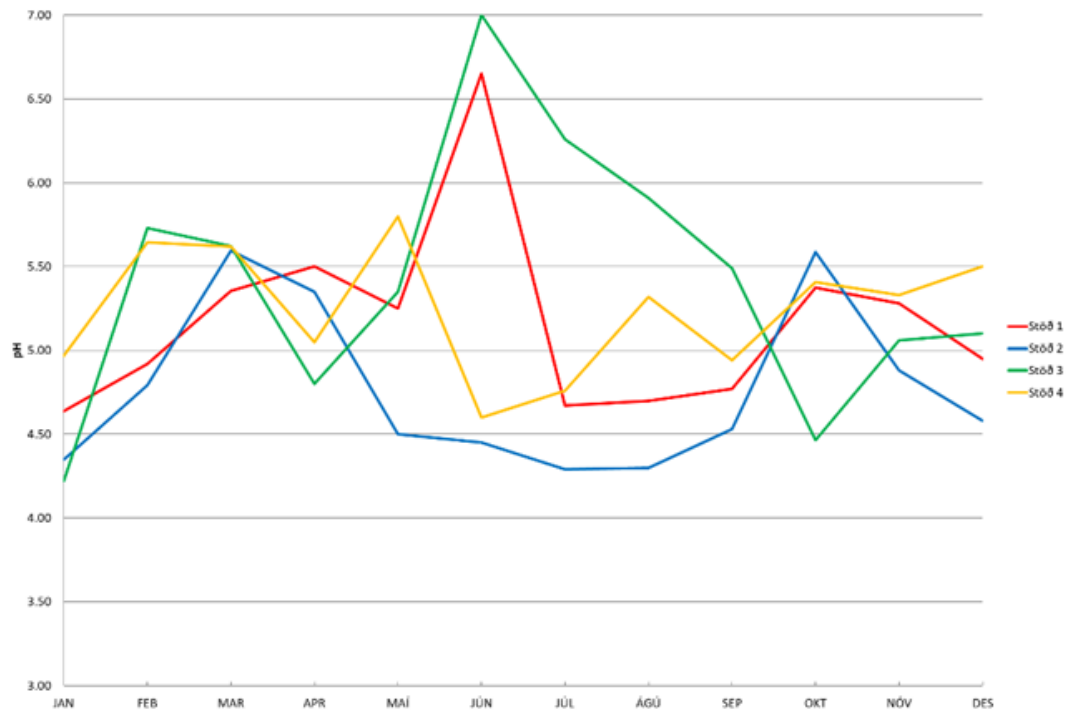


19. mynd. Úrkoma í mánuði (mm, alls), allar stöðvar 2025.

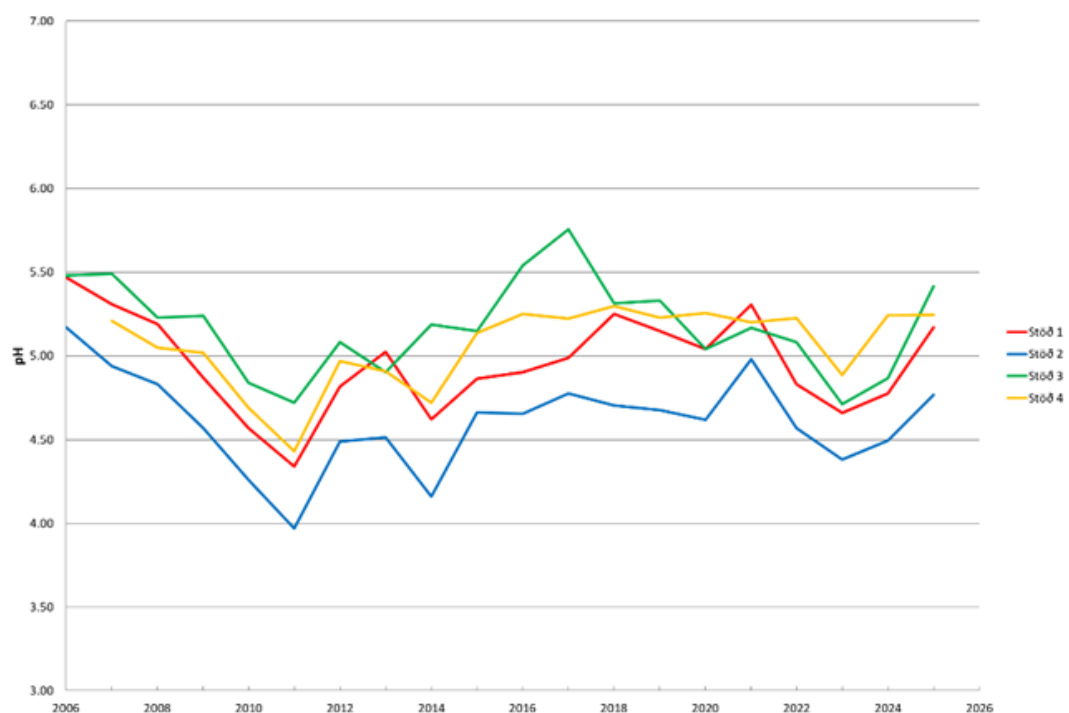
#### Sýrustig (pH) í úrkomu

Niðurstöður ársins 2025 fyrir sýrustig (pH) í úrkomu má sjá á 20. mynd. Myndin sýnir mánaðarmeðaltöl sýrustigs í úrkomusýnum ársins, en úrkomu er safnað að jafnaði í hverri viku frá öllum stöðvum. Útlit er nokkuð einkennandi með hærra sýrustig mælt á stöð 3 yfir sumartímann, þegar innlögn er áberandi.

Sýrustig í úrkomu mældist hærra en árið áður á öllum stöðvum (21. mynd). Hæsta sýrustig mældist á stöð 1 (pH=5,37) en það lægsta á stöð 2 (pH=4,77). Úrkoma í Reyðarfirði er algengust í austlægum vindáttum og gæti það útskýrt að áhrifa hugsanlegrar mengunar á sýrustig úrkomu gæti mest í gögnum frá stöð 2. Í heild eru niðurstöður stöðugar með náttúrulegum breytileika frá árinu 2012.



20. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, mánaðarmeðaltöl allar stöðvar 2025.

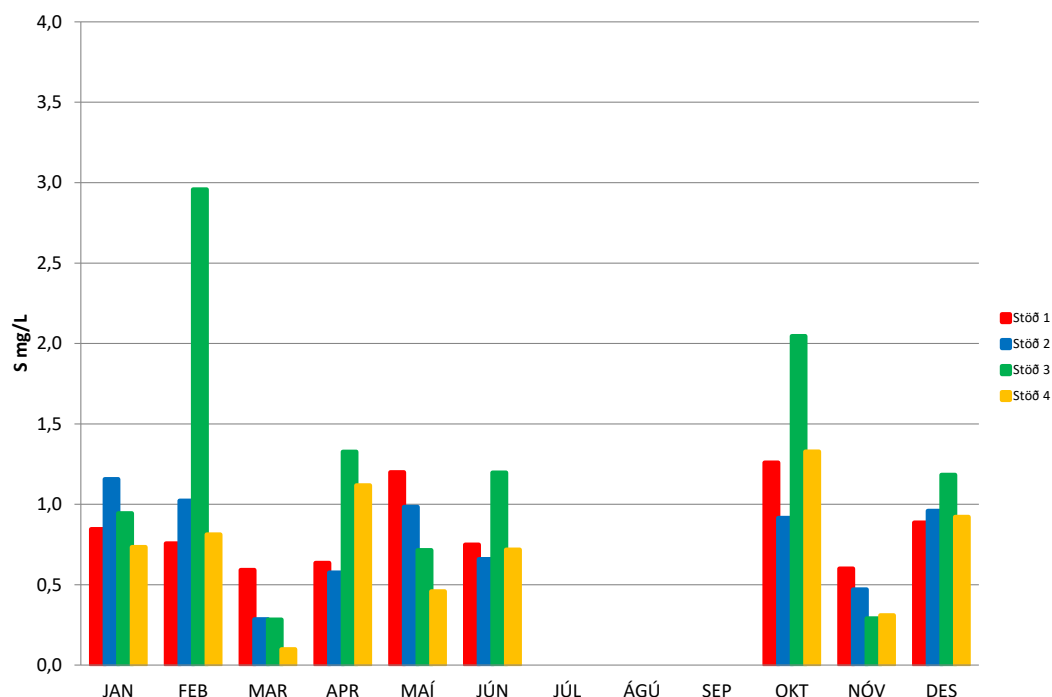


21. mynd. Sýrustig (pH) í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2025.

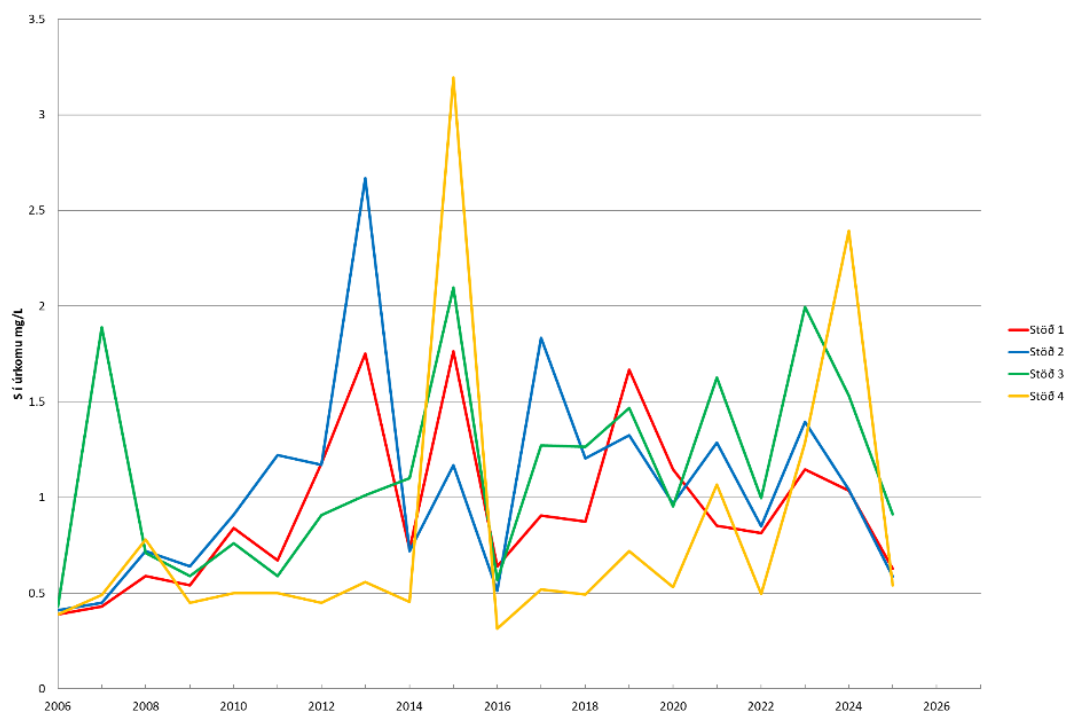
### Brennisteinn í úrkomu

Meðalstyrkur brennisteins í úrkomu hefur verið mjög breytilegur á milli ára og mældist nálægt meðallagi árið 2025. Meðalstyrkur brennisteins í úrkomu mældist 0,84 mg S/L, og lækkaði á flestum stöðvum á milli ára. Hæsta ársmeðaltal brennisteins í úrkomu mældist á stöð 3 (0,98 mg S/L) en lægsta meðaltalið mældist á stöð 4 (0,64 mg S/L) (22. mynd).

Uppruni brennisteins í úrkomu er ýmiss konar, sem svo úr sjó, af mannavöldum og frá eldgosum. Áhrif eldgosa voru mjög mikil árið 2015 (23. mynd).



22. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar 2025.

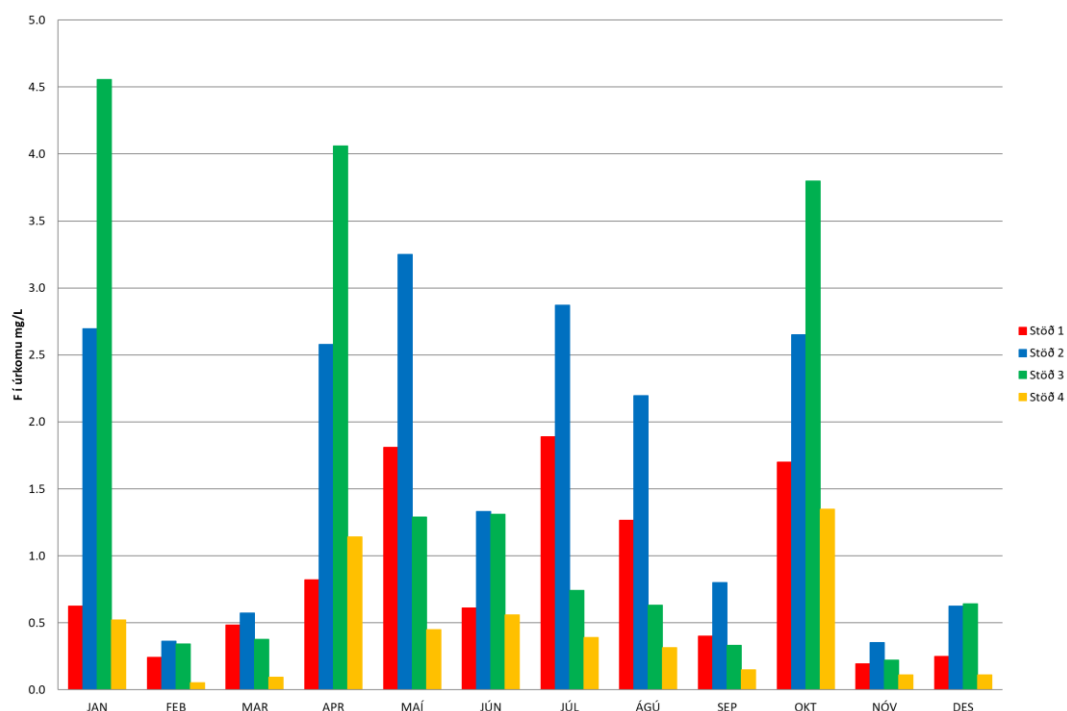


23. mynd. Brennisteinn í úrkomu, allar stöðvar meðaltöl 2006–2025.

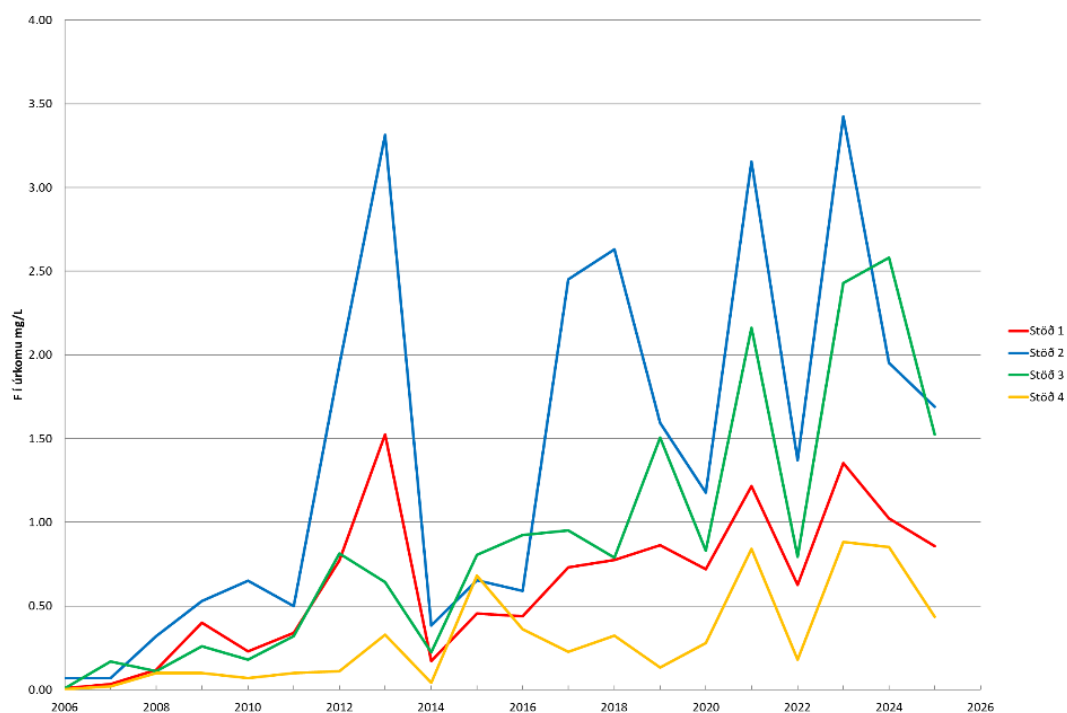
### Flúor í úrkomu

Flúorgildi í úrkomu árið 2025 voru lægri en undanfarin tvö ár. Meðalstyrkur flúors í úrkomu árið 2025 var 0,75 mg F/L (24. mynd). Flúor í úrkomu hefur verið mjög

breytilegur undanfarin ár og stundum er mikill munur milli stöðva, en heilt yfir hefur meðalstyrkur flúors í úrkomu farið hækkandi undanfarin 10 ár (25. mynd).



24. mynd. Flúor í úrkomu, allar stöðvar 2025.



25. mynd. Flúor í úrkomu, ársmeðaltöl 2006–2025.

Niðurstöður efnagreininga í úrkomu árið 2025 má sjá í viðauka 4. Hágildi flúors, brennisteinsdíoxíðs og svífrýks í lofti má sjá í viðauka 5.

## 3 Efnamælingar í gróðri

### 3.1 Inngangur

#### 3.1.1 Flúor og gróður

Flúor er almennt talinn vera eitt skaðlegasta efnið fyrir gróður og búfénað sem berst frá álverum (Weinstein, 1983). Það berst út í umhverfið á gasformi sem vetnisflúoríð ( $\text{HF}_{(g)}$ ) og bundið rykögnum (flúor rykkendur í lofti) (Weinstein & Davison, 2003). Flúor, gas- og rykkendur, sest á yfirborð gróðurs í umhverfinu. Dreifing og þynning gaskennds flúors er háð veðurfari og landslagi hverju sinni og hvass vindur getur aukið þynningu flúors hratt á meðan sólrikir og lygnir dagar geta valdið því að plöntur verða fyrir staðbundnum mengunaráhrifum í skamman tíma (Weinstein & Davison, 2004). Ríkjandi vindátt hefur þannig 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 einnig misjöfn eftir því hvort um flatlendi, dali eða firði er að ræða. Vegna hreyfingar lofts við daglegar hitabreytingar í dölum og fjörðum getur gaskenndur flúor borist lengra en ef um flatlendi er að ræða (Ongstad o.fl., 1994). Styrkur flúors í gróðri vegna upptöku frá jarðvegi og ryki í ómenguðu umhverfi er minni en  $5 \mu\text{g/g}$  þurrvigt fyrir flestar tegundir en einhverjar tegundir, hlutfallslega fáar þó, mælast með bakgrunnsgildi allt að  $20 \mu\text{g/g}$  flúor í þurrvigt (Weinstein & Davison, 2004; Guðrún Á. Jónsdóttir o.fl., 2005).

Í bók Weinstein og Davison (2004) er upptöku flúors og áhrifum hans á plöntur lýst. Þar kemur fram að flúor veldur alla jafna ekki eituráhrifum í plöntum fyrr en hann berst til innri vefja plöntunnar, sem hann gerir í gegnum loftaugu á laufblöðum sem stjórna loftskiptum. Inn í plöntunni leysist flúorinn í vatni og ferðast með því að jöðrum laufblaðanna og safnast þar fyrir, sem veldur breytileika í styrk flúors innan hvers laufblaðs og skýrir sýnileg einkenni flúorskemmda í gróðri. Upptaka flúors er því 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 og veðurfar getur því haft mikil áhrif á hversu mikið magn flúors berst inn í plöntur. Ólíkar tegundir geta þannig vaxið á sama stað og ein tegund getur sýnt mikil einkenni flúorskemmda á meðan önnur sýnir engin einkenni. Þá virðist styrkur flúors í blöðum 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. Upptaka flúors úr jarðvegi er hins vegar almennt lítil, en nokkrar tegundir eru þó þekktar fyrir að geta tekið mikið magn flúors upp úr jarðvegi jafnvel þó styrkurinn sé lágur. Af þeim er te líklega sú best þekkt, en algengar tegundir tes innihalda frá  $70\text{--}350 \mu\text{g F/g}$  þurrvigt (Weinstein & Davison, 2004). Íslenskur rabarbari virðist líka taka upp flúor úr jarðvegi og safnast hann fyrir í blöðum (Davison & Weinstein, 2006; Vike, 2005).

Í bók Weinstein og Davison (2004) kemur einnig fram að plöntutegundir séu misnæmar fyrir flúori og til dæmis sé þekkt erlendis að ýmsar furutegundir séu sérstaklega viðkvæmar. Þá getur viðkvæmni einstakra tegunda einnig verið breytileg eftir svæðum, en ekki er nógu vel þekkt hvaða tegundir séu viðkvæmar við íslenskar aðstæður. Almennt má þó áætla að um 5% þeirra tegunda sem vaxa á tilteknu svæði séu viðkvæmar fyrir flúor. Þess má einnig geta að 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 (Vike, 1999). Þannig minnkaði t.d. frostþol plantna á menguðum svæðum

vegna breytinga í vaxtaferli sem leiddi til gróðurskemmda á birki og reyni við uppsöfnun  $\geq 100 \mu\text{g/g}$  af flúor í laufblöðum. Áhrif flúormengunar á gróður geta því verið margslungin og breytileg bæði milli og innan tegunda, í bæði tíma og rúmi. Hins vegar virðist nokkuð algilt að flúor flytjist ekki milli plöntuhluta að neinu marki og þó styrkur flúors í andrúmslofti og í blöðum plantna sé hár þá er hann almennt mun lægri í ávöxtum, fræjum og rótum (Weinstein & Davison, 2004). Niðurstöður rannsókna í Reyðarfirði undanfarin ár hafa sýnt að þó styrkur flúors í bláberjalyngi og laufum rabarbara hafi mælst hár miðað við bakgrunnsgildi er styrkur flúors í berjum og stilkum rabarbara alla jafna minni en  $5 \mu\text{g/g}$  (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2025).

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., 2025).

### **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, á.á.; 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  $50 \mu\text{g/g}$  en  $30 \mu\text{g/g}$  ef dýrin eru mjólkandi. Ekki er minnst sérstaklega á hross í þessari reglugerð og falla þau undir flokk dýra sem eru talin þola  $150 \mu\text{g/g}$ . 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:  $56,8 \mu\text{g/g}$  fyrir jórturdýr þ.e. kýr, ær og geitfé en  $34,1 \mu\text{g/g}$  ef dýrin eru mjólkandi og  $170,5 \mu\text{g/g}$  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  $40 \mu\text{g/g}$
- Meðaltal flúors fyrir 2 mánaða tímabil má ekki fara yfir  $60 \mu\text{g/g}$
- Meðaltal flúors fyrir 1 mánaða tímabil má ekki fara yfir  $80 \mu\text{g/g}$

## 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 mælinga á flúor í gróðri eru gefnar upp á þurrvigtagrunni en þar sem hámarksgildi þungmálma í reglugerð nr. 265/2010 eru gefin upp í blautvigti voru gildi sem sýnd eru í niðurstöðum hér umreiknuð miðað við blautvigti.

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

Öll gagnaúrvinnsla fór fram í R útgáfu 4.4.2. (R Core Team, 2024). Pakkinn *tidyverse* (Wickham o.fl., 2019) var notaður við útreikninga og teiknun grafa. *Parað t-próf* (e. *paired t-test*) var notað til þess að greina hvort marktækur munur væri á styrk flúors í gróðri milli áranna 2025 og 2024 annars vegar og 2025 og meðalgildi áranna 2008–2024 hins vegar. Í þeim tilvikum sem gögnin uppfylltu ekki skilyrði um normaldreifingu var *Wilcoxon Rank* próf notað.

### 3.2.3 Sýnasöfnun, sýnatökudagar og efnamælingar.

Grasi var safnað hálfsmánaðarlega á 35 sýnatökustöðum frá júní til ágúst sumarið 2025. Alls var 208 sýnum safnað í sex söfnunarferðum (þau hafa verið 210 en í annarri sýnatöku sumarsins voru ekki tekin sýni á G4 og G21). Sýnataka fór fram dagana 2., 4., 16., 18. og 30. júní, 1., 15.–16. og 29.–30. júlí og 12.–13. ágúst 2025. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

**Mosa** (*Racomitrium* spp.), **fléttum** (*Cladonia* spp.) og **blöðum bláberjalyngs** (*Vaccinium uliginosum*) var safnað einu sinni á 30 sýnatökustöðum í Reyðarfirði dagana 8–11. og 14.–17. júlí 2025. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Ekki var unnt að safna fléttu-sýnum á samtals níu sýnatökustöðum (L1, L4, L17, L19, L20, L22, L25, L26 og L28). Fyrir nokkrum árum síðan var orðið að mestu ófært á sýnatökustað 25 vegna þétts gróðurs og því var sýni tekið í um 20 m fjarlægð frá sýnatökustaðnum, hinum megin við ána, líkt og fyrri ár.

Sýnum af **blöðum reynitrjáa** (*Sorbus aucuparia*) var safnað á níu sýnatökustöðum 22. ágúst 2025. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

Tvenns konar sýnum af **barrnálum** var safnað á níu söfnunarstöðum þann 15. október 2025. Annars vegar var safnað nýjum nálum (frá 2025, táknað CN) og hins vegar nálum sem uxu árið áður (frá 2024, táknað CP). Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

**Stilkum og laufum rabarbara** var safnað einu sinni í mánuði frá júní til ágúst, á fjórum sýnatökustöðum í júní og á fimm sýnatökustöðum í júlí og ágúst. Alls var 28 sýnum safnað dagana 18. júní, 16. júlí og 13. ágúst 2025. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum. Pungmálmarnir kopar (Cu), sink (Zn), arsen (As), kadmíum (Cd), blý (Pb), króm (Cr), nikkell (Ni) og kvikasílfur (Hg) voru mældir einu sinni í síðustu sýnatöku sumarsins í rabarbarablöðum og -stilkum.

**Kartöflugrösum og kartöflum** var safnað einu sinni á þremur sýnatökustöðum þann 22. ágúst 2025, alls sex sýnum. Í öllum sýnum var mældur styrkur flúors.

**Bláberjum og krækiberjum** var safnað einu sinni á fimm sýnatökustöðum 22. ágúst 2025. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

**Heysýnum** var safnað 15. júlí og 22. ágúst 2025. Alls var 24 sýnum safnað frá 21 túni í Reyðarfirði. 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 sýnum af **fóðurkáli** safnað 22. ágúst 2025 á tveimur sýnatökustöðum. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

**Vetrarhey.** Auk þess að safna sýnum beint úr heyrúllum eða heyböggum hafa sýni 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. Fimm heysýnum úr rúllum sem settar voru út fyrir hross var safnað 28. janúar 2026. Sýnunum var safnað við Sléttu, Seljateig, Seljateigshjáleigu, hús Vegagerðarinnar við Njörvadalssá og á Áreyjum. Styrkur flúors var mældur í öllum sýnum.

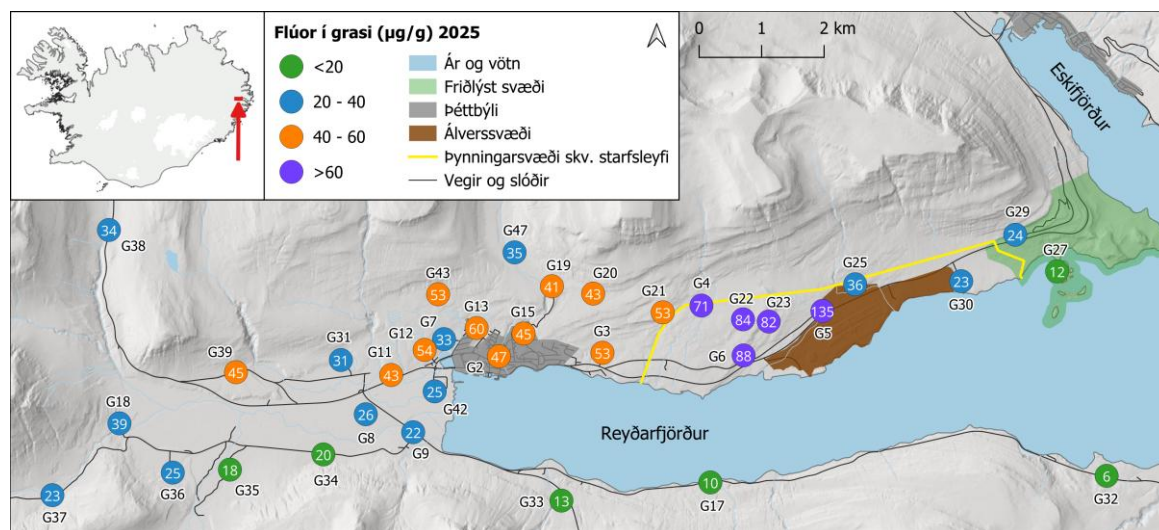
### 3.3 Niðurstöður

#### 3.3.1 Gras

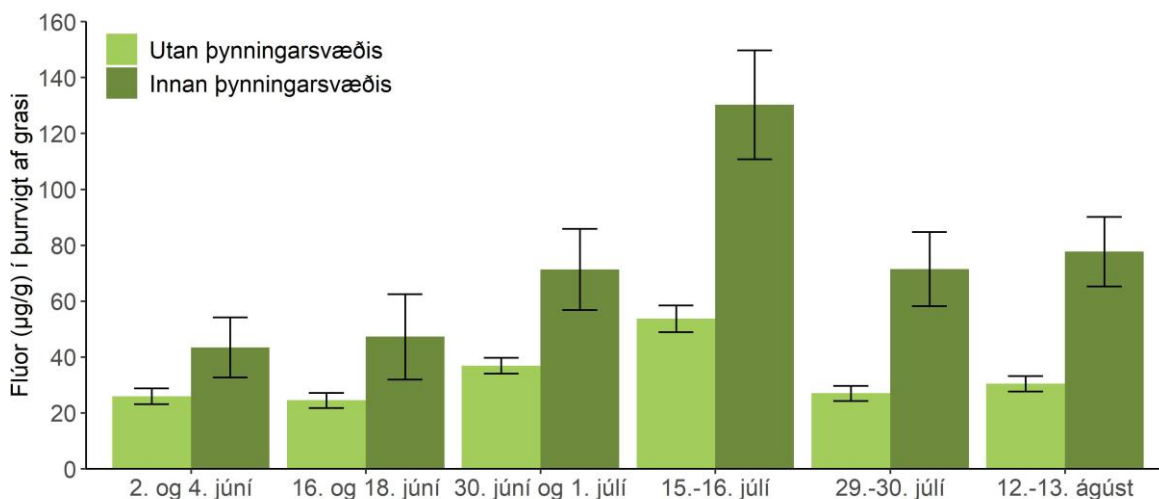
Meðalstyrkur flúors í grassýnum sumarið 2025 utan þynningarsvæðis álversins í Reyðarfirði mældist á bilinu 6–60 µg/g og 23–135 µg/g innan þynningarsvæðis í sex sýnatökuferðum (26. mynd). Hæsti meðalstyrkur flúors sumarið 2025 var á sýnatökustað G5, á Sómastöðum rétt ofan við álverið (26. mynd). Meðalstyrkurinn mældist hærri innan þynningarsvæðis en utan þess í öllum sýnatökuferðum sumarsins 2025 (27. mynd). Í sýnatöku 18. júní voru ekki tekin sýni á G4 (innan þynningarsvæðis) og G21 (utan þess)

vegna yfirstandandi framkvæmda við slóðann sem liggur að þeim sýnatökustöðum og meðalstyrkur þar byggir því á fimm gildum í stað sex annars staðar.

Meðalstyrkur flúors í grasi sumarið 2025 utan þynningarsvæðis (33  $\mu\text{g/g}$ ) var undir viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir hámarksgildi flúors í heilfóðri fyrir jórturdýr (56,8  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald) og einnig undir viðmiðunarmörkum fyrir mjólkandi jórturdýr (34,1  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald). Meðalstyrkurinn var þó yfir hámarksgildum fyrir mjólkandi jórturdýr á 13 sýnatökustöðum utan þynningarsvæðis og á einum þeirra var styrkurinn einnig yfir hámarksgildum fyrir önnur jórturdýr (26. mynd).



26. mynd. Sýnatökustaðir grass í Reyðarfirði og meðalstyrkur flúors í grasi í sex sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022). Athugið að 18. júní voru ekki tekin sýni á G4 og G21 vegna yfirstandandi framkvæmda við slóðann sem liggur að þeim sýnatökustöðum og meðaltöl þar byggja því á fimm gildum.

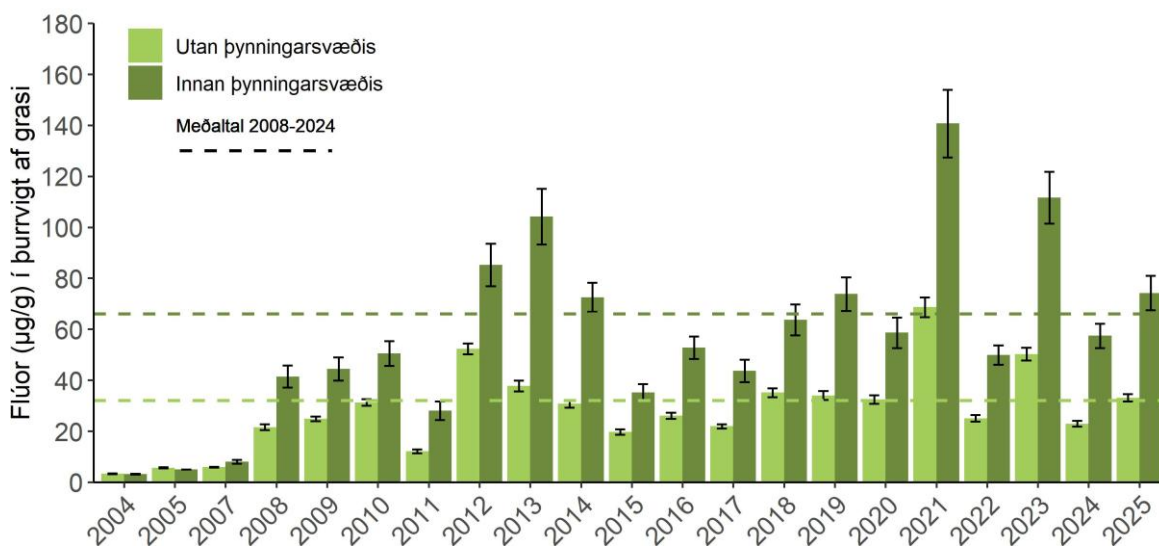


27. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði eftir sýnatökuferðum frá júní til ágúst 2025. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis ( $n=7$ ) og utan ( $n=28$ ).

Meðalstyrkur flúors í grasi utan þynningarsvæðis var ekki marktækt mismunandi milli ára 2025 og 2024 ( $V=394$ ;  $p<0,001$ ) og styrkurinn árið 2025 var heldur ekki marktækt frábrugðinn meðalgildi árána 2008–2024 ( $t=0,80$ ;  $df=27$ ;  $p=0,43$ ). Innan þynningarsvæðis var meðalstyrkur flúors árið 2025 heldur ekki marktækt frábrugðinn styrknum

árið 2024 ( $V=22$ ;  $p=0,22$ ), né heldur meðalgildum árána 2008–2024 ( $V=5$ ;  $p=0,16$ ). Flúor í grasi hefur hækkað frá því áður en álverið hóf rekstur (samanburður grunnilda við meðaltöl árána 2008–2025;  $V=0$ ;  $p<0,001$ ) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (28. mynd). Frá árinu 2015 hefur einu grassýni verið safnað í hverri sýnatöku í Norðfirði og meðalgildi flúors á þeim árum hefur mælst á bilinu 2–7  $\mu\text{g/g}$ .

Gerðar voru breytingar á sýnatökustöðum sumrin 2013 og 2014 og grunnildi frá 2004–2005 eru því ekki fullkomlega samanburðarhæf við sl. ár. Árin 2014–2016 eru þó samanburðarhæf og að mestu einnig árin 2017–2025 en þó var einum sýnatökustað utan þynningarsvæðis bætt við sumarið 2017.



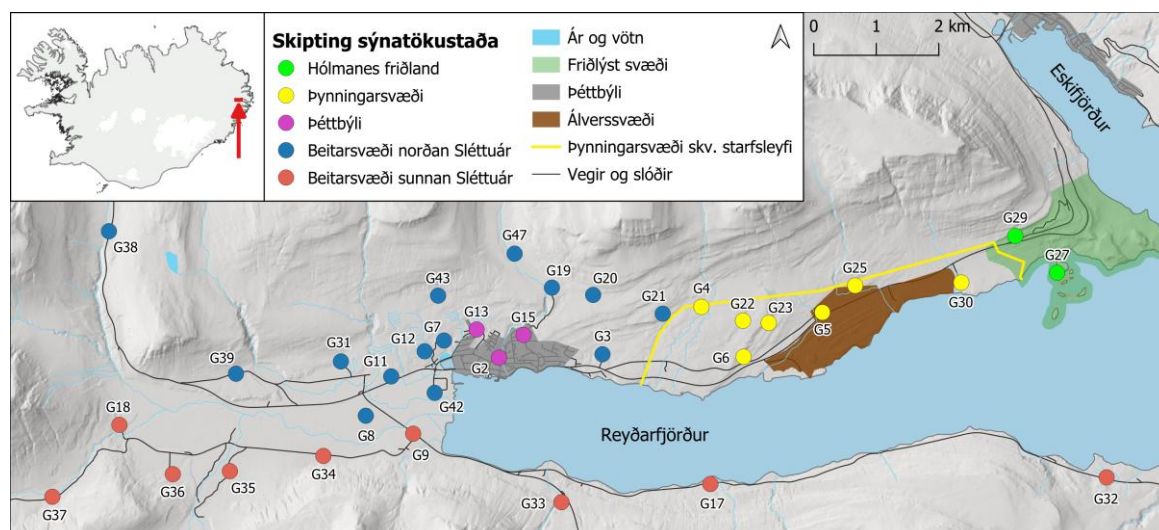
28. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í grasi (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árin 2004–2005 (bakgrunnsgildi) og 2007–2025. Heildarfjöldi sýnatökustaða: 2004–2005 og 2007–2012 ( $n=30$ ), 2013 ( $n=41$ ), 2014–2016 ( $n=34$ ) og 2017–2025 ( $n=35$ ), 26. mynd sýnir staðsetningu þeirra.

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 þrír 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.

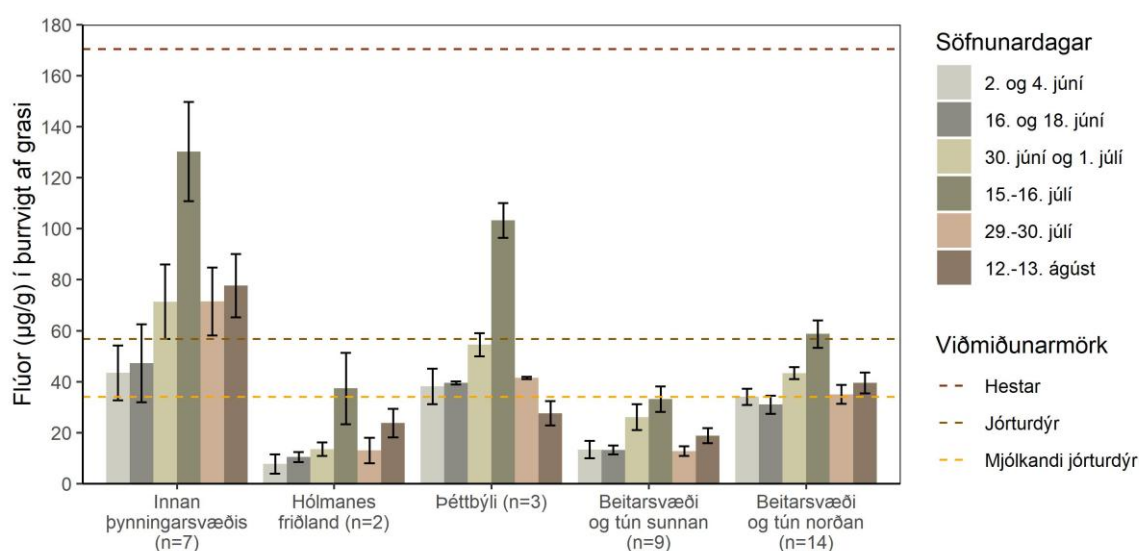
Dreifingarmynstur styrks flúors í grasi var svipað og undanfarin ár. Hæstu gildin yfir sumarið mældust næst álverinu, innan þynningarsvæðis (74  $\mu\text{g/g}$ ) og næsthæst innan þéttbýlisins í Reyðarfirði (51  $\mu\text{g/g}$ ; 30. mynd). Lægstu gildin mældust austan og sunnan megin við álverið, á Hólmanesi (18  $\mu\text{g/g}$ ) og á beitarsvæðum og túnunum sunnan fjarðar (20  $\mu\text{g/g}$ ; 30. mynd) sem má rekja til þess að loftborinn flúor berst að miklu leyti með ríkjandi vindátt til vesturs frá álverinu. Á beitarsvæðum og túnunum norðan fjarðar mældist styrkurinn að meðaltali 40  $\mu\text{g/g}$  yfir sumarið (30. mynd). Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnunum sunnan og norðan fjarðar sumarið 2025 var undir viðmiðunar-

mörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jórturdýr (mörkin eru 56,8 µg/g m.v. 0% rakainnihald) en aðeins sunnan fjarðar fyrir mjólkandi jórturdýr (mörkin eru 34,1 µg/g m.v. 0% rakainnihald).



29. mynd. Skipting sýnatökustaða grass upp í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).

Sauðfé sem gengur norðan megin í Reyðarfirði er frá bæjum í Skriðdal og er alla jafna ekki á beit í Reyðarfirði árið um kring. Það fær auk þess hey sem heyjað er utan Reyðarfjarðar. Sauðfé frá bænum Sléttu í Reyðarfirði gengur sunnan megin í Reyðarfirði og inn í dölunum í botni fjarðarins þar sem styrkur flúors í grasi var alla jafna  $\leq 20$  µg/g. Auk þess var meðalstyrkur flúors í heyi frá bænum Sléttu að meðaltali 20 µg/g sem er undir viðmiðum sem sett eru fyrir jórturdýr og mjólkandi jórturdýr (nánar má sjá umfjöllun um flúor í heyi og fóðurkáli í kafla 3.3.10). Meðalstyrkur flúors í grasi í Reyðarfirði var undir viðmiðum sem sett eru fyrir hross (170,5 µg/g m.v. 0% rakainnihald).



30. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í grasi (með staðalskekkju) eftir söfnunardögum sumarið 2025, skipt upp eftir svæðum. Viðmiðunarmörk eru einnig sýnd fyrir flúor í heilfóðri (reglugerð nr. 340/2001 með síðari breytingum nr. 74/2015), umreiknuð m.v. 0% rakainnihald. Fjöldi sýnatökustaða á hverju svæði er gefinn upp í sviga og 29. mynd sýnir svæðisskiptinguna.

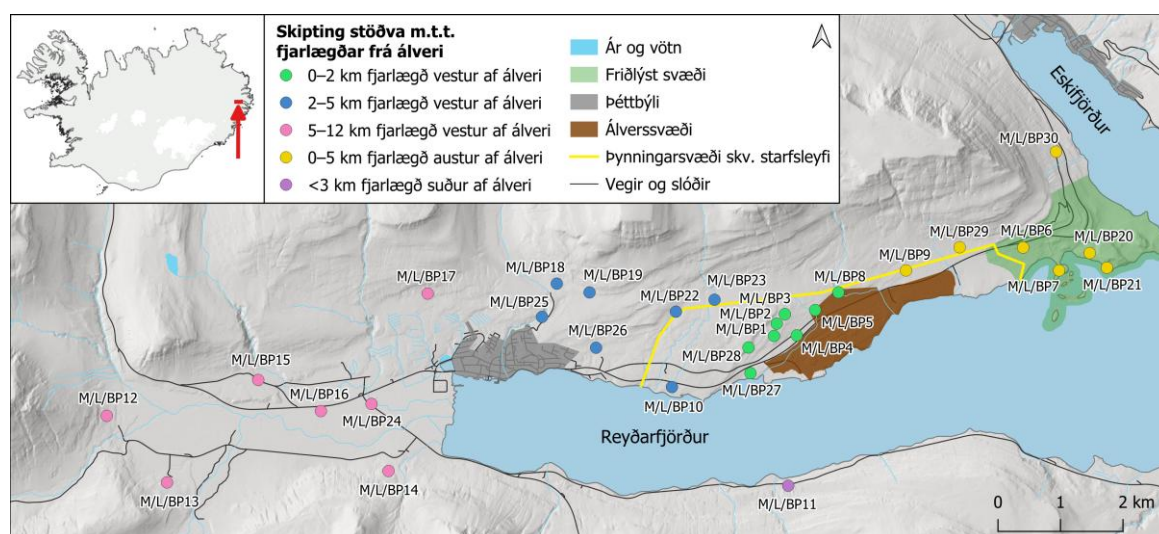
Niðurstöður mælinga á styrk flúors í grasi fyrir árið 2025 er að finna í viðauka 6.

### 3.3.2 Mosi

Til þess að fá gleggri mynd af því hvernig styrkur flúors dreifist í Reyðarfirði var sýnatökustöðum á mosa, fléttum og bláberjalyngi skipt í fimm svæði (31. mynd).

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

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

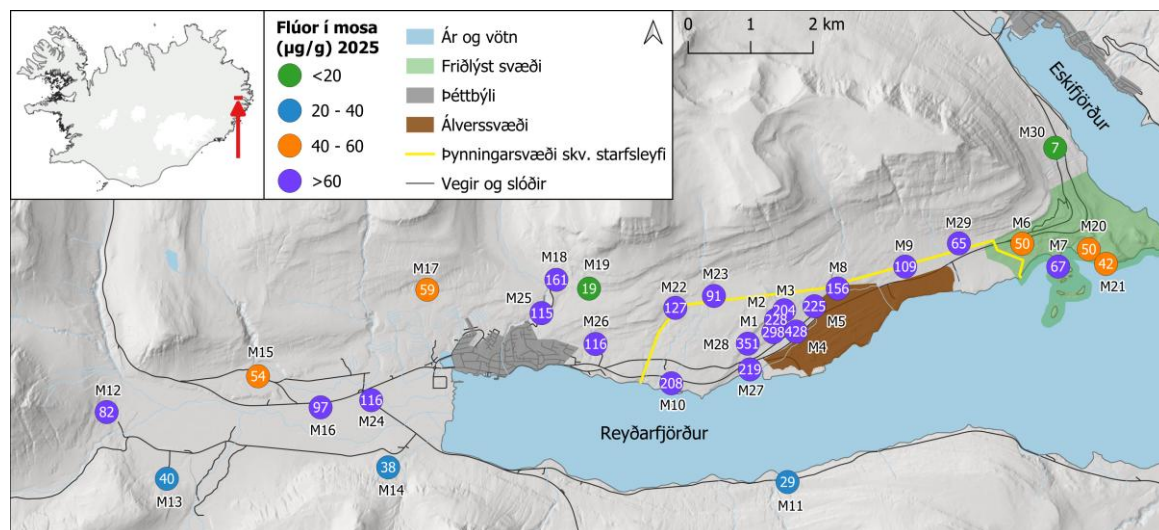


31. mynd. Skipting sýnatökustaða mosa, flétta og bláberjalyngs sumarið 2025 í fimm svæði (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).

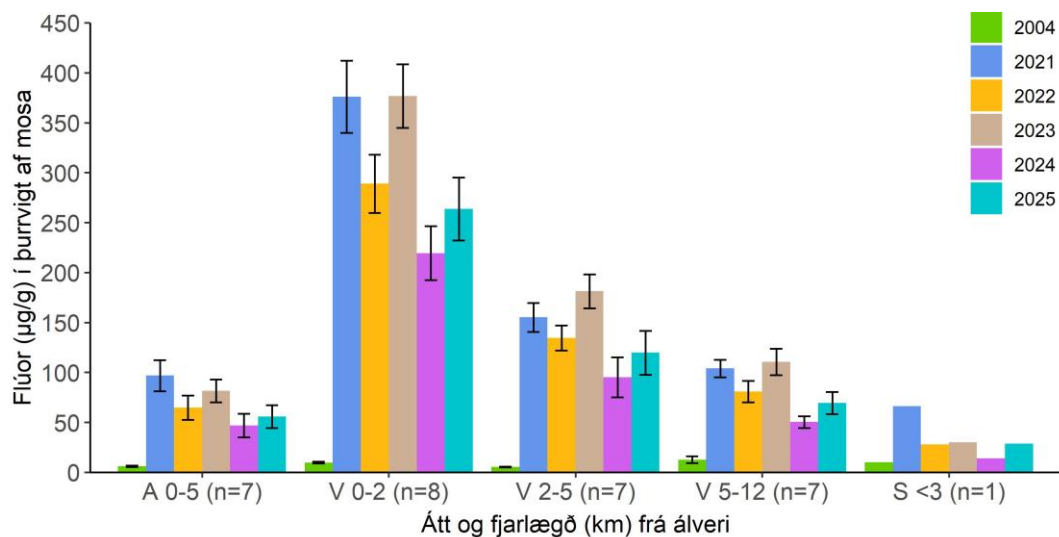
Styrkur flúors í mosa árið 2025 mældist frá 7–428  $\mu\text{g/g}$  og var dreifingarmynstrið með svipuðum hætti og fyrri ár. Hæstu gildin mældust í 0–2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða að meðaltali 264  $\mu\text{g/g}$  en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældist flúor í sýnum í 2–5 km fjarlægð frá álveri að meðaltali 120  $\mu\text{g/g}$  og í 5–12 km fjarlægð 69  $\mu\text{g/g}$  (32. mynd). Lægri gildi mældust sunnan og austan álversins en vestan þess eða 29  $\mu\text{g/g}$  sunnan og að meðaltali 56  $\mu\text{g/g}$  austan við álverið (32. og 33. mynd).

Ársmeðalgildi flúors í mosa utan þýningarsvæðis árið 2025 voru ekki marktækt frábrugðin gildum ársins 2024 (t-próf;  $p=0,31$ ) og einnig samanborið við meðaltalsgildi árána 2008–2024 (Wilcoxon;  $p=0,70$ ; 34. mynd). Ársmeðalgildi flúors innan þýningarsvæðis árið 2025 voru marktækt hærri en árið 2024 (t-próf;  $p=0,018$ ) en ekki marktækt frábrugðin meðaltalsgildi árána 2008–2024 (t-próf;  $p=0,73$ ). Styrkur flúors í mosa hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf starfsemi (samanburður grunngilda við meðalgildi árána 2008–2025; Wilcoxon;  $p<0,001$ ) en er talsvert breytilegur milli ára (34. mynd).

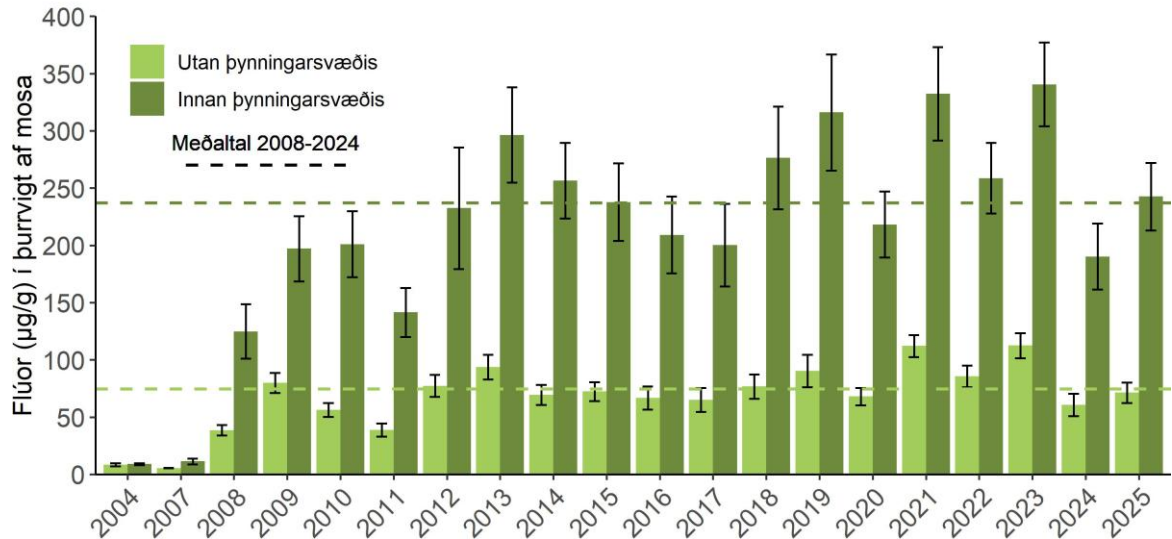
Mosar eru frábrugðnir æðplöntum á þann hátt að hlutfall yfirborðs miðað við þyngd þeirra er mun hærri en hjá æðplöntum sem skýrir hærri styrk flúors í sömu þyngd af mosa en t.d. grasi (Weinstein & Davison, 2003).



32. mynd. Sýnatökustaðir mosa í Reyðarfirði og styrkur flúors í mosa í júlí 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).



33. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í mosa (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2021–2025. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn upp í sviga (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

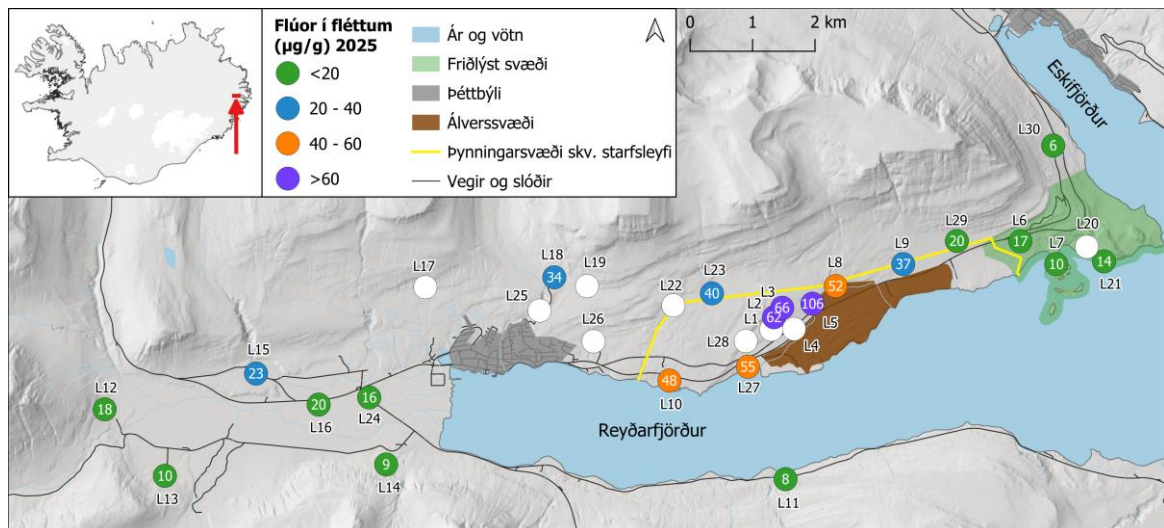


34. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í mosa (með staðalskekkju) innan og utan þynningar-svæðis í Reyðarfirði árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2025. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis ( $n=10$ ) og utan ( $n=20$ ).

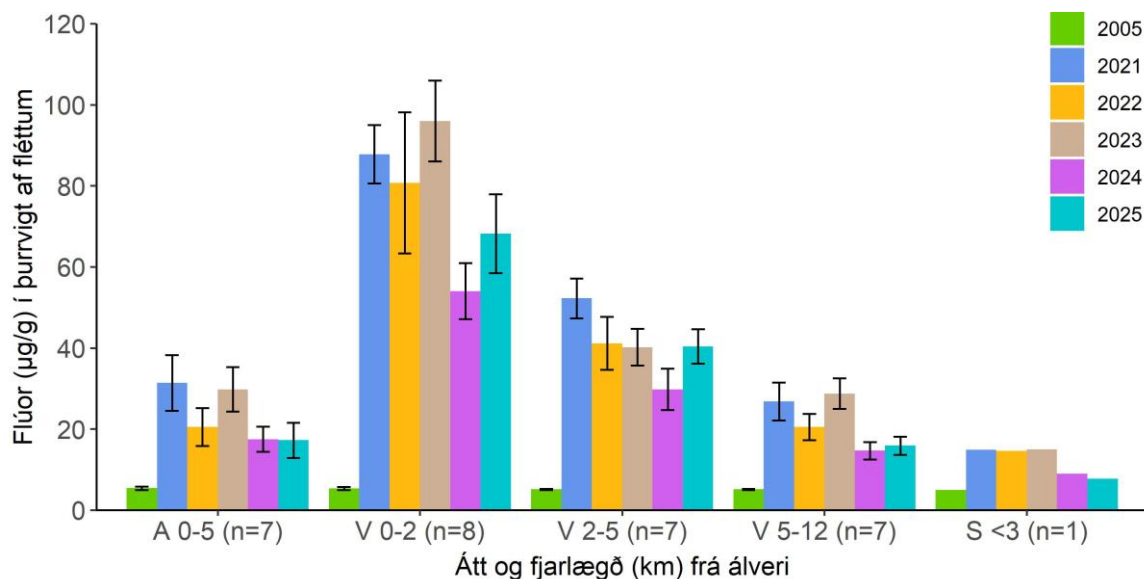
Niðurstöður mælinga á styrk flúors í mosa fyrir árið 2025 er að finna í viðauka 7.

### 3.3.3 Fléttur

Styrkur flúors í fléttum mældist frá 6–106  $\mu\text{g/g}$  og var dreifingarmynstur með svipuðum hætti og fyrri ár og sambærilegt við dreifingarmynstur flúors í öðrum gróðri. Hæstu gildin mældust í 0–2 km fjarlægð í vestur frá álverinu eða að meðaltali 69  $\mu\text{g/g}$  en styrkurinn féll þegar vestar dró og mældust sýni í 2–5 km fjarlægð frá álveri að meðaltali 40  $\mu\text{g/g}$  og í 5–12 km fjarlægð 16  $\mu\text{g/g}$  (35. og 36. mynd).

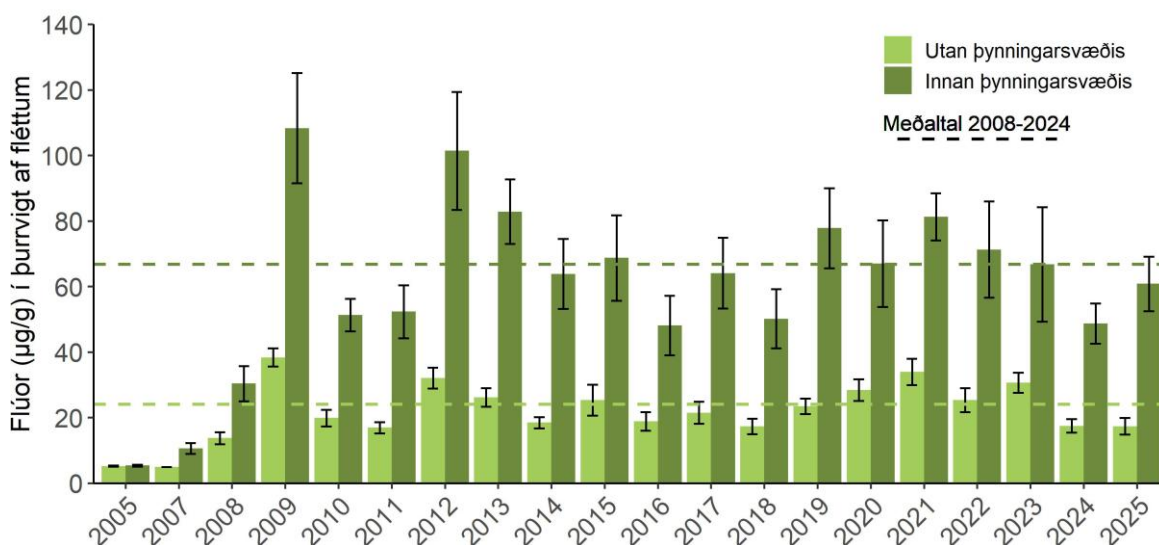


35. mynd. Sýnatökustaðir flétta í Reyðarfirði og styrkur flúors í fléttum í júlí 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).



36. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í fléttum (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2021–2025. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reyk-háfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn upp í sviga (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna, en athugið að magn flétta var sums staðar ekki nægilegt til sýnasöfnunar).

Ársmeðalgildi flúors í fléttum utan þynningarsvæðis árið 2025 voru ekki marktækt frábrugðin gildum árið 2024 (Wilcoxon;  $p=0,502$ ) en voru marktækt frábrugðin meðaltalsgildi árána 2008–2024 á þeim 14 sýnatökustöðum sem borin voru saman (t-próf;  $p=0,022$ ). Innan þynningarsvæðis var ekki marktækur munur á styrk flúors milli árána 2024 og 2025 (Wilcoxon;  $p=0,109$ ) og gildi ársins 2025 voru ekki marktækt en frábrugðin meðalgildi árin 2008–2024 (t-próf;  $p=0,424$ ) á þeim 7 sýnatökustöðum sem mældir voru 2025. Styrkur flúors í fléttum hefur, líkt og styrkur þess í mosa, hækkað frá bakgrunnsgildum (samanburður grunnilda við meðaltöl árána 2008–2025;  $p<0,001$ ).

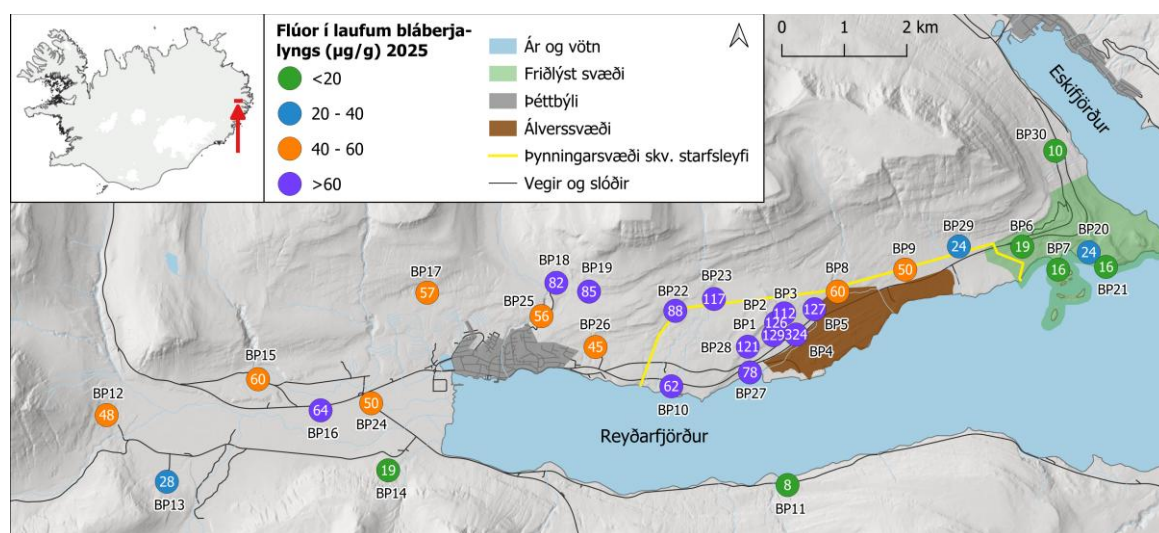


37. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í fléttum (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2025. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis ( $n=10$ ) og utan ( $n=20$ ), en aðeins mismunandi er milli ára hversu mörg sýni nást (35. mynd sýnir sýni ársins 2025).

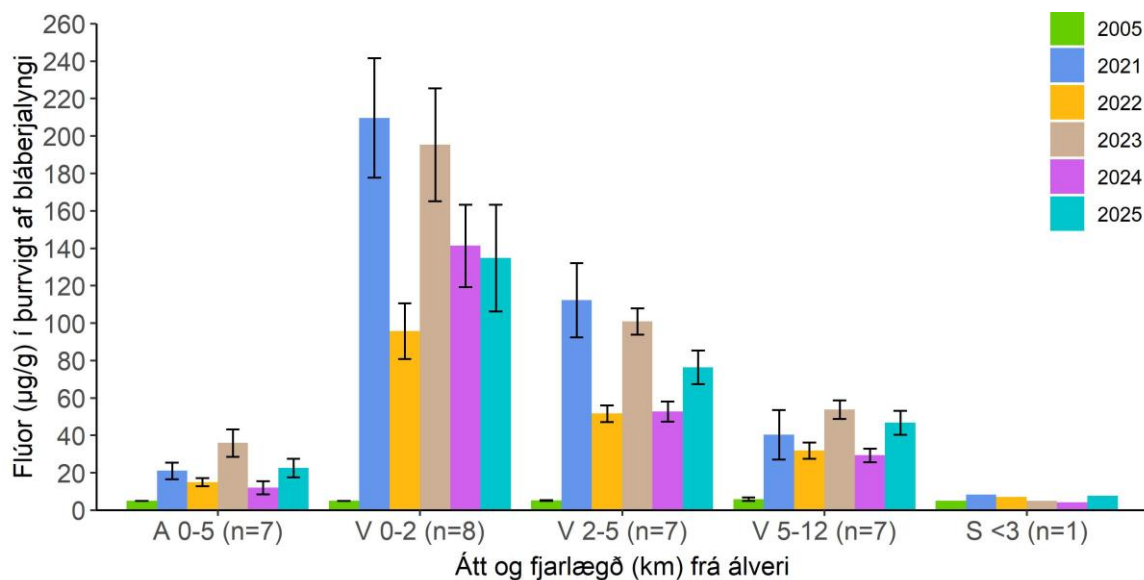
Niðurstöður mælinga á styrk flúors í fléttum fyrir árið 2025 er að finna í viðauka 7.

### 3.3.4 Bláberjalyng

Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs mældist frá 8–324  $\mu\text{g/g}$ . Dreifingarmynstur styrksins 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 (135  $\mu\text{g/g}$ ) en að meðaltali lægstur austur af álverinu (23  $\mu\text{g/g}$ ) og sunnan fjarðar (8  $\mu\text{g/g}$ ) (38. og 39. mynd).



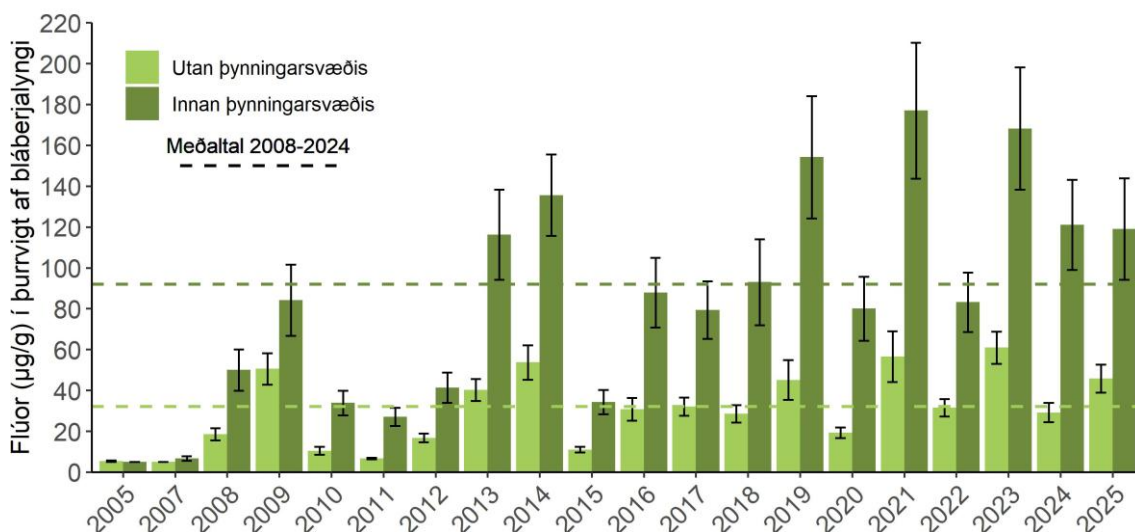
38. mynd. Sýnatökustaðir laufa bláberjalyngs í Reyðarfirði og styrkur flúors í bláberjalyngi í júlí 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).



39. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) eftir svæðum árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2021–2025. Áttir: A-austur, V-vestur og S-suður og fjarlægð frá reykháfi álvers. Fjöldi sýnatökustaða er gefinn í sviga (31. mynd sýnir svæðisskiptinguna).

Ársmeðalgildi flúors í laufum bláberjalyngs utan þynningarsvæðis árið 2025 voru hærri en árið 2024 (t-próf;  $p=0,002$ ) og hærri en meðalgildi áruna 2008–2024 (t-próf;  $p=0,003$ ). Mikill breytileiki er milli ára (40. mynd) og við samanburð nýjustu gilda við gildi ársins á undan hafa þau mælst marktækt hærri og lægri til skiptist síðan árið 2019 utan

þynningarsvæðis (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2025; 2024; 2023; 2022; 2021). Innan þynningarsvæðis var ekki marktækur munur á styrk flúors milli ára 2025 og 2024 (Wilcoxon;  $p = 0,92$ ) en hærri en meðalgildi árána 2008–2024 (Wilcoxon;  $p = 0,006$ ). Styrkur flúors í laufum bláberjalyngs hefur, líkt og styrkur þess í mosa og fléttum, hækkað frá bakgrunnsgildum (samanburður grunnilda við meðaltöl árána 2008–2025; Wilcoxon;  $p < 0,001$ ) (40. mynd).

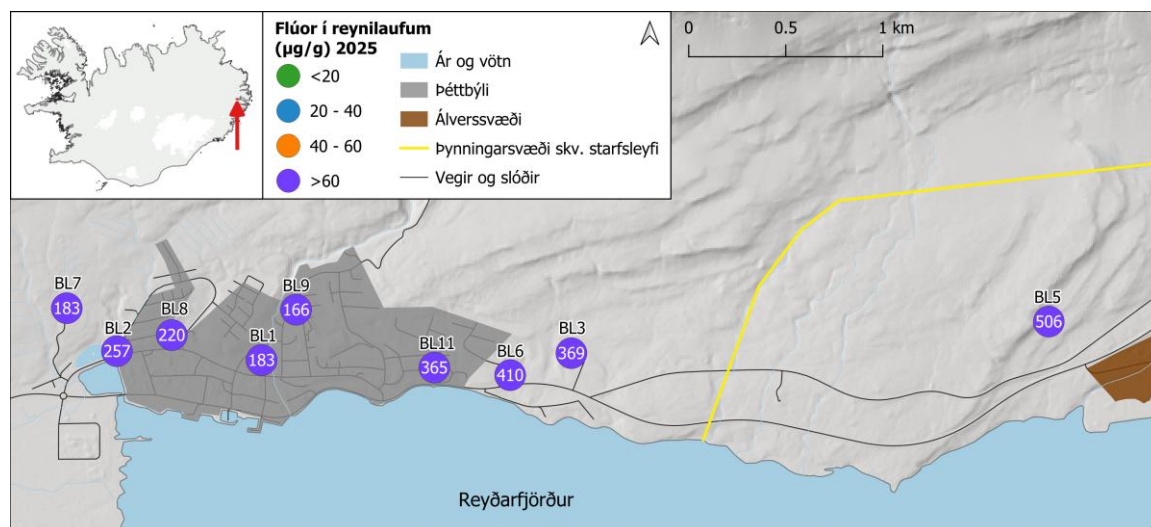


40. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í laufum bláberjalyngs (með staðalskekkju) innan og utan þynningarsvæðis í Reyðarfirði árið 2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2025. Fjöldi sýnatökustaða: innan þynningarsvæðis ( $n=10$ ) og utan ( $n=20$ ).

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í laufum bláberjalyngs árið 2025 er að finna í viðauka 7.

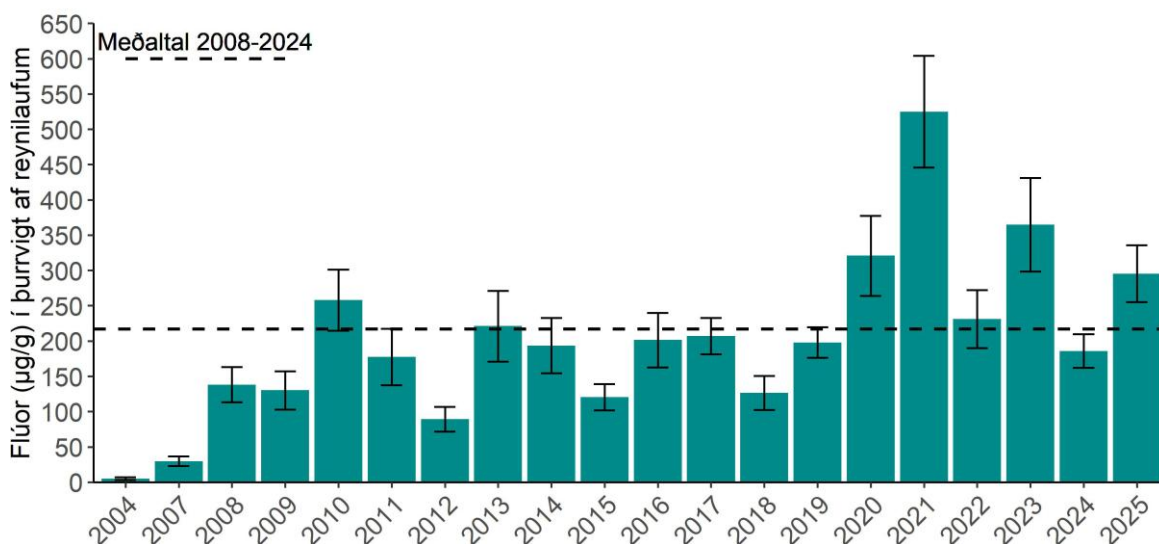
### 3.3.5 Reynilauf

Styrkur flúors í reynilaufum mældist frá 166–506  $\mu\text{g/g}$  og var hæsta gildið næst álverinu á sýnatökustað BL5, sem er staðsettur í skógræktarreit rétt ofan álversins. Lægsta gildið mældist í sýni BL1 en það sýni var tekið í þéttbýlinu í Reyðarfirði (41. mynd).



41. mynd. Sýnatökustaðir á laufblöðum reynitrjáa í Reyðarfirði og styrkur flúors í laufi í ágúst 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010).

Ársmeðaltal flúors í reynilaufum var 295  $\mu\text{g/g}$  árið 2025 og voru gildin marktækt hærri en árið 2024 (t-próf;  $p=0,008$ ) og líka marktækt hærri en meðalgildi áranna 2008–2024 (t-próf;  $p=0,008$ ). Meðalstyrkur flúors í reynilaufum hefur hækkað mikið frá því áður en álverið hóf rekstur (samanburður grunnilda við meðaltöl áranna 2008–2025; t-próf;  $p=0,004$ ) en hann er nokkuð breytilegur milli ára (42. mynd) og við samanburð nýjustu gilda við gildi ársins á undan hefur mælst marktækur munur síðan árið 2018 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2025; 2024; 2023; 2022; 2021; Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2020; 2019).



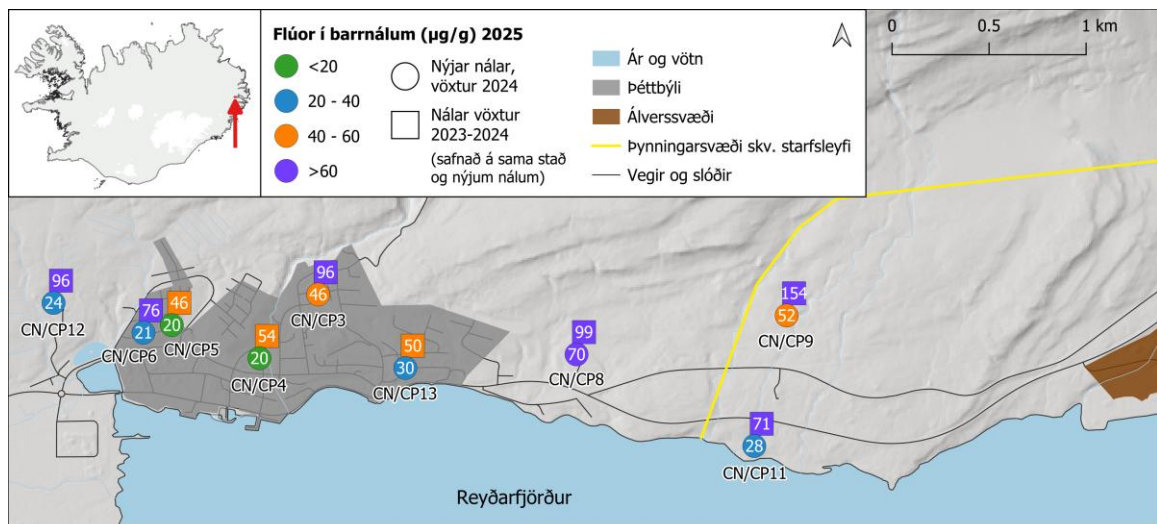
42. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í laufum reynitrjáa (með staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2008–2024 í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004, 2015 og 2017 ( $n=10$ ), önnur ár ( $n=9$ ).

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í laufum reynitrjáa fyrir árið 2025 er að finna í viðauka 8.

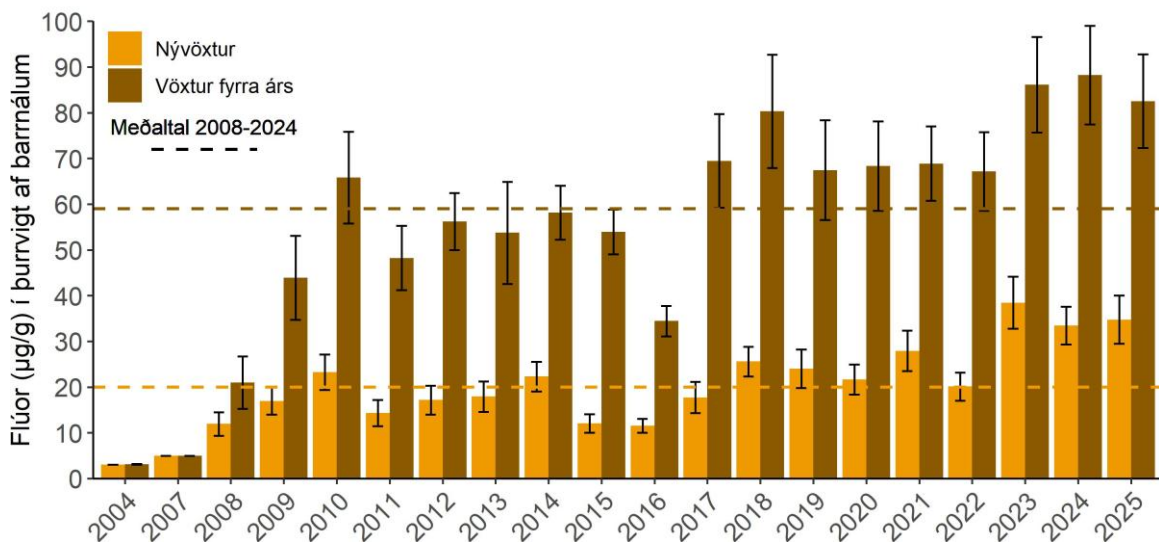
### 3.3.6 Barrnalar

Styrkur flúors í nýjum barrnálum mældist frá 20–70  $\mu\text{g/g}$  og í barrnálum fyrra árs mældist styrkurinn frá 46–154  $\mu\text{g/g}$  (43. og 44. mynd). Hæsta gildið í nýjum nálum mældist á sýnatökustaðnum CN8, á Teigagerði. Frá árinu 2009 hefur hæsta gildið í nývöxnum nálum nær alltaf mælst á CN8 eða CN9. Undantekning var árið 2024, þá mældist hæsta gildið í fyrsta skiptið á sýnatökustaðnum fjærst álverinu. Hæsta gildið í nálum fyrra árs mældust á sýnatökustað CP9, við Teigagerði. Lægstu gildin í nýjum nálum og nálum fyrra árs mældust á sýnatökustað CN/CP5 sem er innan þéttbýlis (43. mynd).

Ársmeðaltal flúors í nýjum barrnálum árið 2025 var 35  $\mu\text{g/g}$  og 83  $\mu\text{g/g}$  í barrnálum fyrra árs. Styrkur flúors í nývöxnum nálum árið 2025 var ekki marktækt frábrugðinn styrknum í þeim árið 2024 (Wilcoxon;  $p=0,82$ ) og styrkurinn í nálum fyrra árs ekki heldur (Wilcoxon;  $p=0,57$ ). Gildi ársins 2025 voru hærri en meðalgildi áranna 2008–2024 fyrir bæði nýjar nálar (t-próf;  $p=0,01$ ) og nálar fyrra árs (t-próf;  $p=0,01$ ). Styrkur flúors í barrnálum hefur hækkað mikið frá því áður en álverið tók til starfa og voru meðalgildi áranna 2008–2025 marktækt hærri en bakgrunnsgildi fyrir nýjar nálar (t-próf;  $p=0,001$ ) og nálar fyrra árs (t-próf;  $p < 0,001$ ; 44. mynd).



43. mynd. Sýnatökustaðir barnnála (hringir) í Reyðarfirði og styrkur flúors í nýjum barnnálum (CN) og barnnálum frá fyrra ári (CP) í október 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010).



44. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í barnnálum (með staðalskekkju) árið 2004 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2025 í Reyðarfirði. Fjöldi sýnatökustaða: 2004–2009 ( $n=10$ ) og 2010–2025 ( $n=9$ ). Ártalið á lárétta ásnum vísar í söfnunarár.

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

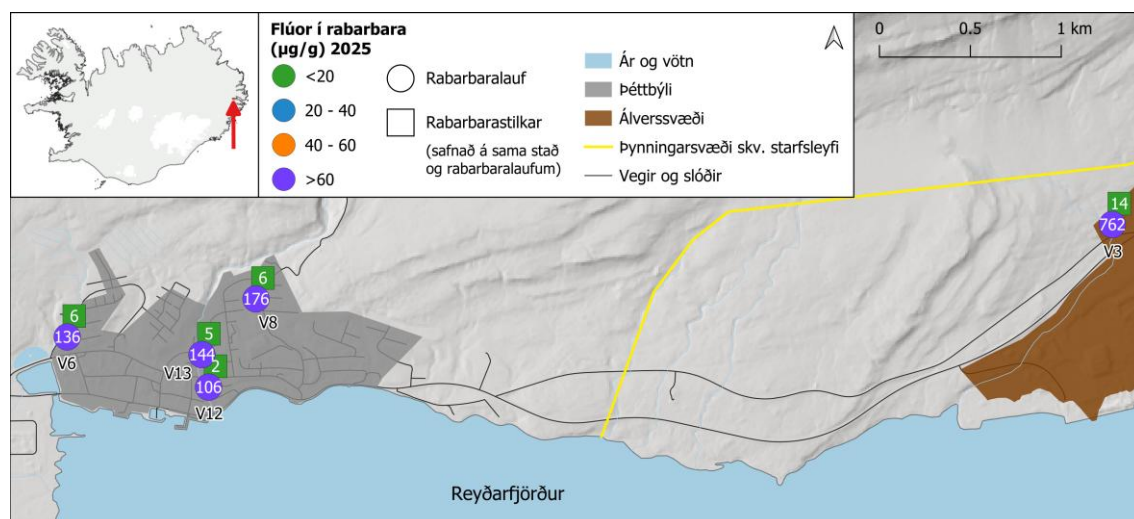
Niðurstöður mælinga á styrk flúors í barnnálum fyrir árið 2025 er að finna í viðauka 9.

### 3.3.7 Rabarbari

#### 3.3.7.1 Flúor

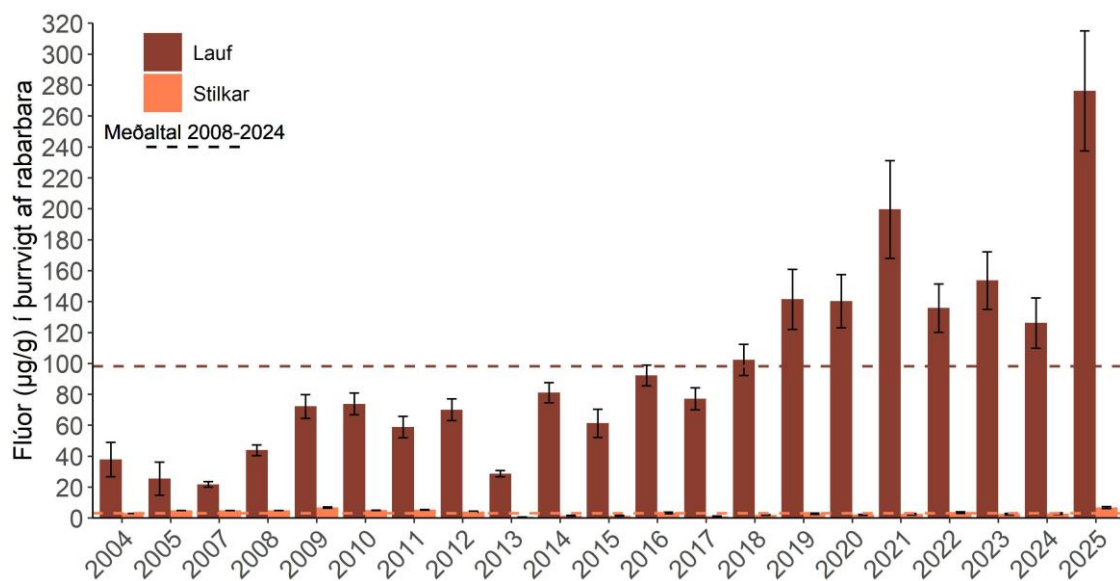
Meðalstyrkur flúors í laufblöðum rabarbara í þremur sýnatökuferðum mældist 212, 268 og 337  $\mu\text{g/g}$ . Hæsta einstaka gildi mældist í ágúst á sýnatökustað V3 (1.038  $\mu\text{g/g}$ ) sem er við Sómastaði, innan þynningarsvæðis, líkt og fyrri ár. Þetta var jafnframt hæsta gildi

flúors sem mælt hefur í nokkru gróðursýni frá upphafi vöktunar. Lægsta einstaka gildið (60  $\mu\text{g/g}$ ) mældist í júní á sýnatökustað V6 vestast í þéttbýlinu í Reyðarfirði. Í sýnatöku 18. júní voru ekki tekin sýni á V12 og meðalstyrkur þar byggir því á tveimur gildum í stað þremur annars staðar. Flúor í stilkum mældist frá 1,4–18  $\mu\text{g/g}$  sem undirstrikar þá staðreynd að þó há gildi mælist í blöðum rabarbara mælast lág gildi í stilkunum (45. mynd). Ekki eru til nein viðmið hér á landi um hámarksstyrk flúors í grænmeti sem ætlað er til manneldis.



45. mynd. Sýnatökustaðir rabarbara í Reyðarfirði (hringir) og meðalstyrkur flúors í laufum og stilkum í þremur sýnatökuferðum frá júní til ágúst sumarið 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010). Athugið að 18. júní voru ekki tekin sýni á V12 og meðaltöl þar byggja því á tveimur gildum.

Ársmeðaltal flúors í laufblöðum rabarbara var 265  $\mu\text{g/g}$ , að meðaltali meira en tvöfalt hærra en árið á undan (126  $\mu\text{g/g}$ ) og meðaltal áranna 2008–2024 (97  $\mu\text{g/g}$ ), en ekki var unt að gera tölfræðilegan samanburð vegna þess að sýnatökustaðir voru einungis fimm árið 2025. Flúor í laufum rabarbara hefur hækkað frá því áður en álverið hóf rekstur (samanburður grunngilda við meðaltöl áranna 2008–2025; Wilcoxon;  $p=0,02$ ) en styrkurinn er nokkuð breytilegur milli ára (46. mynd). Ársmeðaltal flúors í stilkum rabarbara árið 2025 var 7  $\mu\text{g/g}$  og hefur lítið breyst frá því áður en álverið var byggt (46. mynd).



46. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í rabarbara árin 2004–2005 (bakgrunnsgildi) og árin 2007–2025 í Reyðarfirði. Árin 2004–2005 var farin ein sýnatökuferð, en sex árin 2007–2013 og þrjár árin 2014–2025. Fjöldi sýnatökustaða: 2004 og 2025 ( $n=5$ ), 2005 og 2007–2016 ( $n=8$ ), 2017–2019 og 2024 ( $n=7$ ), 2020–2023 ( $n=6$ ).

### 3.3.7.2 Þungmálmar

Meðalstyrkur þungmálma í blöðum rabarbara var svipaður milli áranna 2025 og 2024 (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 og aðeins hærri í flestum tilvikum árið 2025 en 2024 (3. tafla). Gildi þungmálma í rabarbarastilkum hafa frá árinu 2013 haldist nokkuð svipuð milli ára eða verið undir greiningarmörkum.

Reglugerð um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum (nr. 265/2010 með síðari breytingum nr. 358/2015 og 1048/2016) skilgreinir hámarksgildi blýs (Pb) og kadmíums (Cd) í grænmeti. Hámarksgildi fyrir bæði kadmíum og blý í stöngul- og rótargrænmeti er 0,1 mg/kg ( $\mu\text{g/g}$ ) í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbarastilkum mældust yfir viðmiðum fyrir blý eða kadmíum árið 2025. Hámarksgildi fyrir kadmíum í blaðgrænmeti er 0,2  $\mu\text{g/g}$  í blautvigt og fyrir blý í blaðgrænmeti er hámarksgildið 0,3  $\mu\text{g/g}$  í blautvigt. Ekkert sýni af rabarbarablöðum mældist yfir hámarksgildum fyrir blý árið 2025 og ekkert sýni mældist yfir hámarksgildum fyrir kadmíum. Í reglugerðinni eru engin viðmið fyrir aðra þungmálma í grænmeti.

Niðurstöður mælinga á styrk flúors og þungmálma í rabarbarasýnum árið 2025 má sjá í viðauka 10.

2. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$  blautvigt) í rabarbarablöðum árin 2013–2025. <LOD merkir að styrkur hefur mælst undir greiningarmörkum. Þrjár sýnatökuferðar voru farnar hvert ár. Fjöldi sýnatökustaða:  $n=8$  (2015–2016),  $n=7$  (2014, 2017–2019, 2024),  $n=6$  (2013, 2020–2021, 2023) og  $n=5$  (2022, 2025).

|      | As     | Cd    | Cr    | Cu    | Hg     | Ni    | Pb     | Zn     |
|------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 2013 | <0,020 | 0,087 | 0,036 | 0,998 | <0,005 | 0,750 | <0,020 | 20,181 |
| 2014 | <0,090 | 0,054 | 0,032 | 0,854 | <0,010 | 0,627 | <0,040 | 20,057 |
| 2015 | <0,070 | 0,058 | 0,055 | 0,907 | <0,009 | 0,738 | <0,030 | 11,459 |
| 2016 | 0,009  | 0,065 | 0,081 | 0,813 | 0,002  | 0,599 | 0,010  | 12,822 |
| 2017 | 0,002  | 0,053 | 0,051 | 0,827 | 0,001  | 0,486 | 0,009  | 12,231 |
| 2018 | <0,004 | 0,043 | 0,047 | 0,695 | <0,004 | 0,466 | 0,009  | 10,295 |
| 2019 | 0,016  | 0,069 | 0,093 | 0,780 | 0,004  | 0,817 | 0,065  | 13,206 |
| 2020 | 0,015  | 0,058 | 0,083 | 0,977 | 0,010  | 0,613 | 0,019  | 13,233 |
| 2021 | 0,021  | 0,084 | 0,066 | 1,163 | <LOD   | 0,947 | 0,139  | 21,744 |
| 2022 | 0,022  | 0,092 | 0,046 | 0,612 | 0,003  | 0,934 | 0,025  | 21,750 |
| 2023 | 0,013  | 0,066 | 0,062 | 1,065 | 0,003  | 0,745 | 0,026  | 16,117 |
| 2024 | <LOD   | 0,065 | 0,041 | 0,799 | 0,006  | 0,679 | 0,022  | 13,927 |
| 2025 | <0,030 | 0,092 | 0,037 | 1,082 | 0,009  | 0,558 | 0,070  | 17,502 |

3. tafla. Meðalstyrkur þungmálma ( $\mu\text{g/g}$  blautvigt) í rabarbarastilkum árin 2013–2025. <LOD merkir að styrkur hefur mælst undir greiningarmörkum. Þrjár sýnatökuferðar voru farnar hvert ár. Fjöldi sýnatökustaða:  $n=8$  (2015–2016),  $n=7$  (2014, 2017–2019, 2024),  $n=6$  (2013, 2020–2021, 2023) og  $n=5$  (2022, 2025).

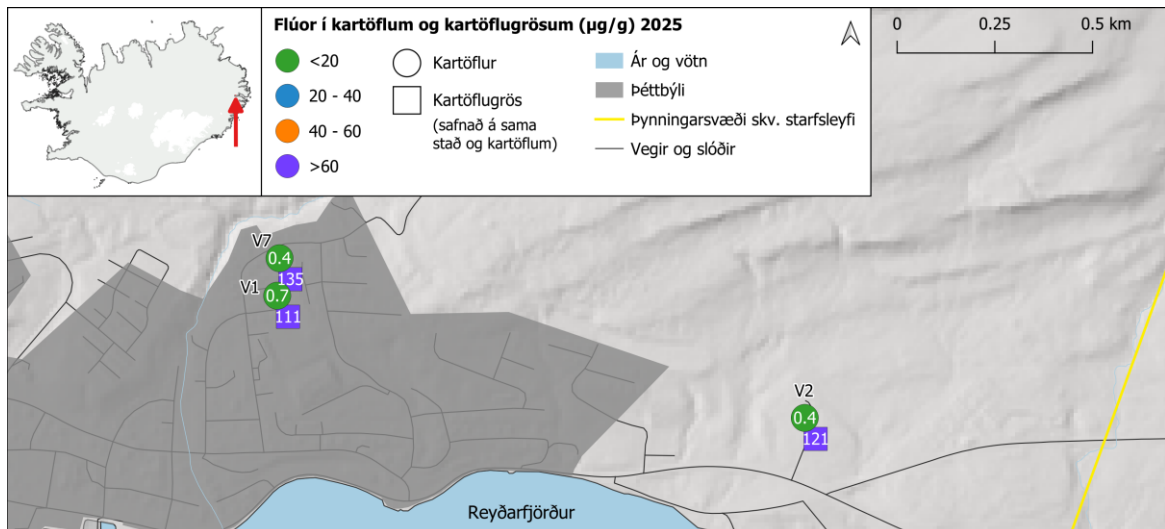
|      | As     | Cd    | Cr     | Cu    | Hg     | Ni    | Pb     | Zn    |
|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 2013 | <0,020 | 0,012 | 0,011  | 0,254 | 0,015  | 0,135 | 0,039  | 3,886 |
| 2014 | <0,090 | 0,016 | 0,012  | 0,294 | <0,010 | 0,176 | <0,040 | 4,159 |
| 2015 | <0,070 | 0,012 | <0,020 | 0,216 | <0,009 | 0,205 | <0,030 | 2,329 |
| 2016 | 0,001  | 0,011 | 0,013  | 0,188 | <LOD   | 0,135 | 0,004  | 2,535 |
| 2017 | 0,001  | 0,009 | 0,005  | 0,161 | <LOD   | 0,082 | 0,005  | 2,044 |
| 2018 | <LOD   | 0,010 | 0,010  | 0,139 | <LOD   | 0,070 | 0,004  | 2,036 |
| 2019 | <LOD   | 0,016 | <0,019 | 0,220 | 0,001  | 0,093 | <0,010 | 3,851 |
| 2020 | <LOD   | 0,011 | 0,005  | 0,200 | <LOD   | 0,110 | 0,005  | 2,850 |
| 2021 | <LOD   | 0,011 | 0,008  | 0,250 | <LOD   | 0,157 | 0,125  | 3,983 |
| 2022 | <LOD   | 0,013 | 0,008  | 0,228 | <LOD   | 0,129 | 0,011  | 4,528 |
| 2023 | <LOD   | 0,011 | 0,013  | 0,280 | <LOD   | 0,162 | 0,011  | 3,533 |
| 2024 | <LOD   | 0,013 | 0,010  | 0,237 | 0,003  | 0,131 | 0,013  | 3,191 |
| 2025 | <0,020 | 0,009 | 0,093  | 0,454 | 0,037  | 0,097 | 0,016  | 3,147 |

### 3.3.8 Kartöflur og grænmeti

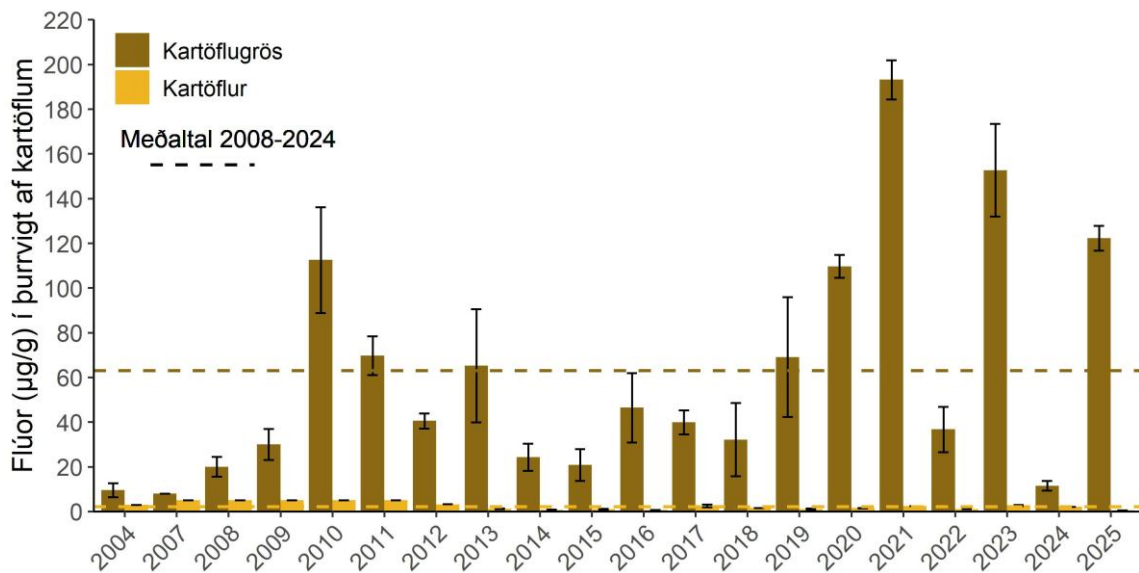
Styrkur flúors í kartöflugrösum mældist 111–135  $\mu\text{g/g}$  (47. mynd) á sýnatökustöðum V1, V2 og V7. Meðalstyrkur flúors í kartöflugrösum 2025 (122  $\mu\text{g/g}$ ) var mun hærri en árið 2024 (11  $\mu\text{g/g}$  að meðaltali á sýnatökustöðum V1 og V2), en aðeins lægri en árið 2023 (153  $\mu\text{g/g}$ ) (48. mynd). Meðalstyrkurinn 2025 var talvert hærri en meðalstyrkur áranna 2008–2024 (63  $\mu\text{g/g}$ ). Styrkur flúors í kartöflugrösum er breytilegur milli sýnatökustaða og milli ára.

Meðal styrkur flúors í þeim þremur sýnum af kartöflum sem tekin voru var lágur (0,5  $\mu\text{g/g}$ ) og lægri en styrkur áranna 2008–2024 (2,4  $\mu\text{g/g}$ ) (48. mynd). Líkt og með rabarbarann má sjá að þó að styrkur flúors geti mælst hár í kartöflugrösum er styrkurinn lágur í kartöflunum sjálfum.

Árið 2025 var salat og grænkál ekki til staðar á sýnatökustöðum og því engar niðurstöður fyrir flúor í grænmeti.



47. mynd. Sýnatökustaðir kartafla og kartöflugrása (V1, V2 og V7) í Reyðarfirði og styrkur flúors í sýnum sumarið 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010).

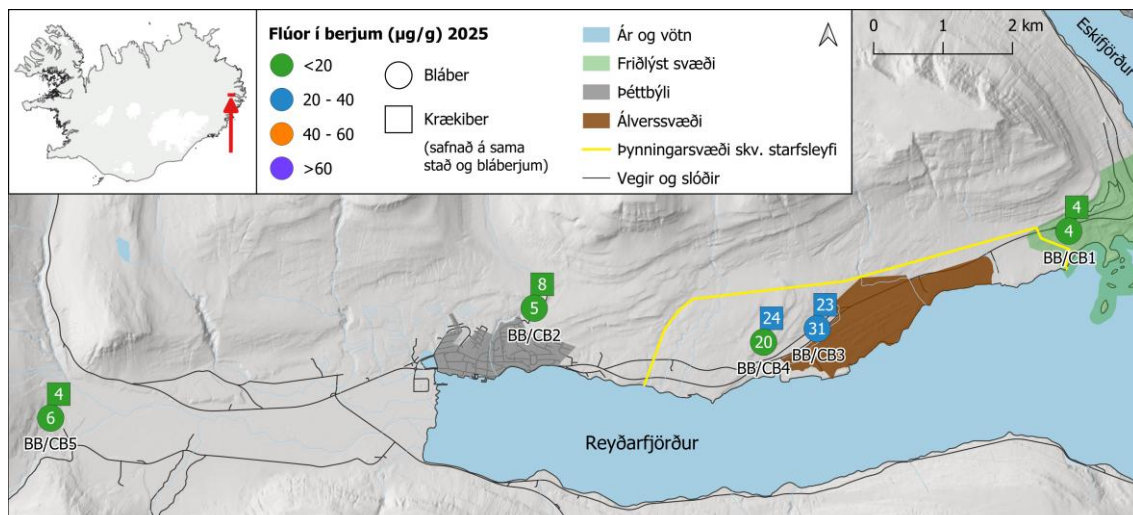


48. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í kartöflum og kartöflugrös (með staðalskekkju) á tveimur til fjórum sýnatökustöðum sumrin 2004 (bakgrunnsgildi) og 2008–2024.

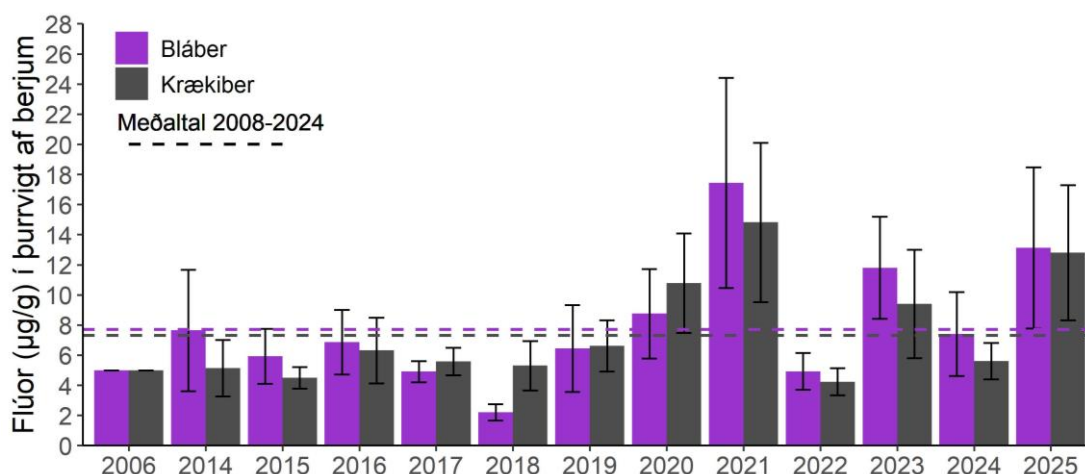
Niðurstöður mælinga á styrk flúors í kartöflum og grænmeti fyrir árið 2025 má sjá í viðauka 11.

### 3.3.9 Bláber og krækiber

Styrkur flúors í krækiberjum og bláberjum mældist frá 4–31 µg/g. Hæstu gildin í bæði bláberjum og krækiberjum mældust innan þynningarsvæðis á sýnatökustöðum BB/CB3 (49. mynd). Meðalstyrkur flúors í bláberjum og krækiberjum var 13 µg/g fyrir báðar tegundir og voru gildin hærri en árið 2024 (50. mynd).



49. mynd. Styrkur flúors í bláberjum og krækiberjum á fimm sýnatökustöðum í Reyðarfirði í ágúst 2024. Tekið var eitt sýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).



50. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í bláberjum og krækiberjum (með staðalskekkju) á fimm sýnatökustöðum árin 2006 og 2014–2025 í Reyðarfirði. Árið 2006 voru greiningarmörk fyrir flúor í blá- og krækiberjum 5 µg/g.

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 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2024; 2023; 2022; Weinstein & Davison, 2004).

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í bláberjum og krækiberjum fyrir árið 2025 er að finna í viðauka 11.

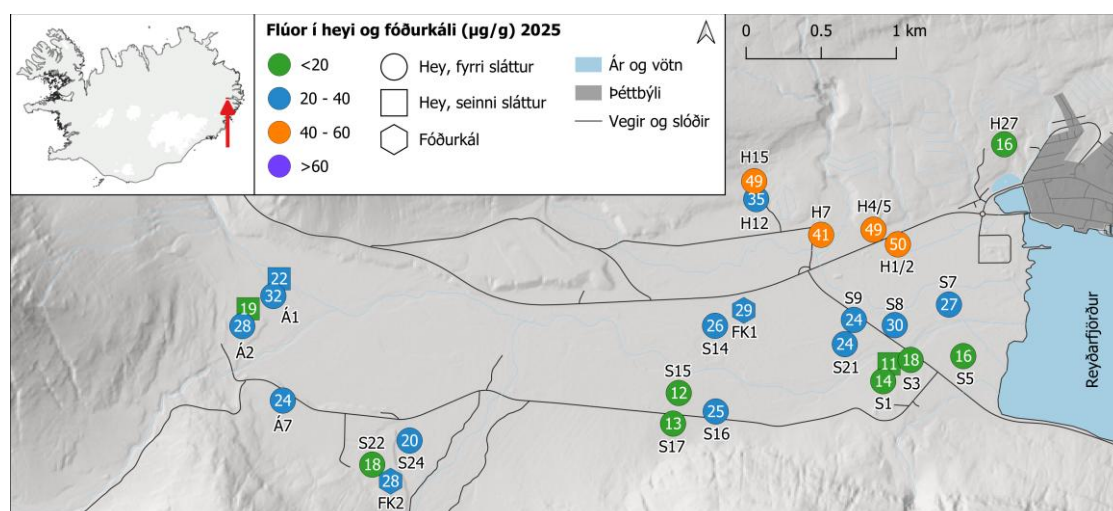
### 3.3.10 Hey og fóðurkál

Styrkur flúors í heysýnum sem tekin voru beint úr rúllum eða böggum í Reyðarfirði mældist frá 11–50 µg/g miðað við 0% rakainnihald (51. mynd). Meðalstyrkur flúors í heyi frá bænum Sléttu var 20 µg/g og Áreyjum 25 µg/g, sem er undir viðmiðunarmörkum sem í gildi eru á Íslandi fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr (56,8 µg/g m.v. 0% rakainnihald) sem og viðmiðunarmörkum sem sett eru fyrir mjólkandi jörturdýr (34,1 µg/g m.v. 0%

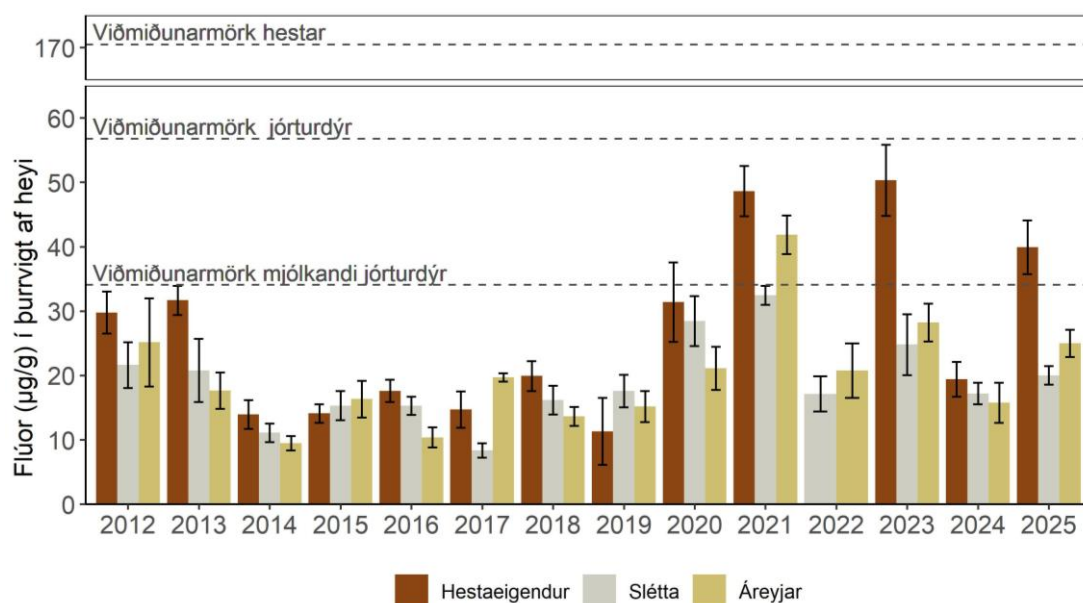
rakainnihald) en það hey er ætlað sauðféi. Hey sem ætlað er hestum var að meðaltali 40  $\mu\text{g/g}$  og undir viðmiðum sem gefin eru (170,5  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald) (52. mynd).

Styrkur flúors í vetrarhevi var 13  $\mu\text{g/g}$  og 5  $\mu\text{g/g}$  við Seljateig, 21  $\mu\text{g/g}$  við Selja-teigshjáleigu, 25  $\mu\text{g/g}$  við Áreyrar og 4  $\mu\text{g/g}$  við hús Vegagerðarinnar við Njörvadalsá. Voru gildin í öllum 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.

Flúor var mældur í tveimur sýnum af fóðurkáli árið 2025 (FK1 og FK2, 51. mynd). Styrkur flúors var 29  $\mu\text{g/g}$  í sýni FK1 og 28  $\mu\text{g/g}$  í sýni FK2 og er það undir viðmiðunarmörkum flúors í heilfóðri fyrir jörturdýr (56,8  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald) og mjólkandi jörturdýr (34,1  $\mu\text{g/g}$  m.v. 0% rakainnihald).



51. mynd. Styrkur flúors í heysýnum og fóðurkáli sem tekin voru í júlí og ágúst 2025, m.v. 0% rakainnihald. Staðsetningar sýnatöku vetrarheysýna eru ekki sýndar (Landmælingar Íslands, 2020a–b).



52. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í hevi (með staðalskekkju) árin 2012–2025 í Reyðarfirði og viðmiðunarmörk flúors í heilfóðri fyrir búfénað. Fjöldi sýnatökustaða: 2012–2013 og 2016 ( $n=17$ ), 2014 og 2021 ( $n=22$ ), 2015 og 2019 ( $n=14$ ), 2017–2018 ( $n=15$ ), 2020 ( $n=20$ ), 2022 ( $n=11$ ), 2023–2024 ( $n=21$ ), 2025 ( $n=25$ ).

Niðurstöður mælinga á styrk flúors í heysýnum fyrir árið 2025 er að finna í viðauka 12 og niðurstöður mælinga á styrk flúors í sýnum af fóðurkáli (og einu heysýni) er að finna í viðauka 11.

## 4 Sjónræn skoðun á gróðri

Eftirfarandi efnisgrein er unnin upp úr bók Weinstein & Davison (2004) um umhverfis-áhrif flúors (*Fluorides in the Environment*). 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. Ef styrkur flúors verður hár veldur það skemmdum á frumuhimnu plöntunnar og hún fer að leka. Vefurinn deyr og breytir um lit, verður ljósbrúnn, brúnn eða svartur (e. necrosis). Þetta gerist vanalega í útjaðri laufblaðsins eða á milli æða. Einnig getur myndast röð dökkra strika í laufblaðinu þegar styrkur flúors er hár yfir vaxtartímann. Svo getur farið að dauði vefurinn þorni og detti af laufblaðinu sem veldur því að lögun blaðsins verður einkennileg, einkum fremst. Almennt eru ung blöð í þroska mun viðkvæmari fyrir flúor en fullþroskuð blöð. Þannig getur sama plantan sýnt ólík einkenni, háð því á hvaða þroskastigi blöðin eru þegar þau verða fyrir flúormengun. 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. Þá getur flúor 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 og ástæður þess að flúor veldur gulnun er binding þess við magnesíum í plöntunni sem veldur magnesíumskorti í plöntunni.

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 (Vike, 1999). Tengsl voru á milli skemmda í laufblaði og styrk flúors en hins vegar var breytilegt eftir stöðum í Noregi hversu mikinn styrk flúors sömu tegundir þoldu áður en bera fór á skemmdum og hafði veðurfar og lega svæðis þar mikið að segja. Þá ber að hafa 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 2025.

### 4.1 Sjaldgæfar tegundir

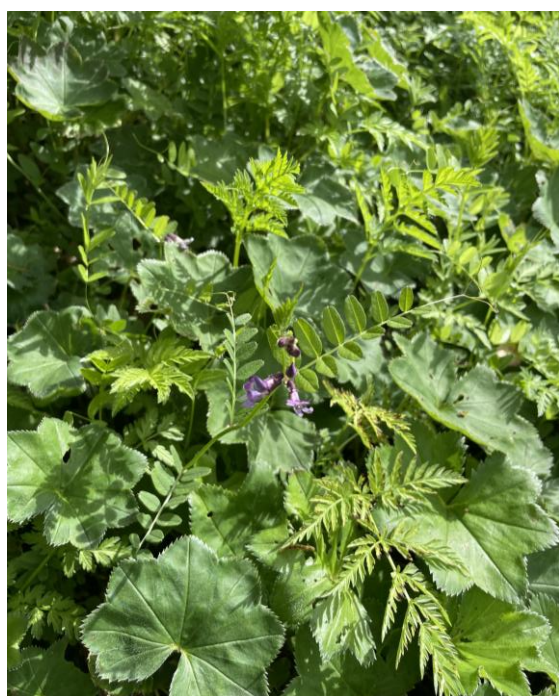
Sjónrænt mat á heilbrigði fimm sjaldgæfra plöntutegunda sem vaxa í Reyðarfirði var gert 28. júlí 2025. Plönturnar voru ljósmyndaðar og kannað hvort þær sýndu mögulega einkenni flúorskemmda eða hvort vaxtarstöðum þeirra væri á einhvern hátt ógnað. Þessar sjaldgæfu tegundir eru:

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

Tvær þessara tegunda, giljaflækja og þyrnirós, eru tilgreindar á válista æðplantna og eru taldar í nokkurri hættu (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2018). Báðar tegundir eru friðaðar (Auglýsing um friðun æðplantna, mosa og fléttna, 2021).

Giljaflækja og fuglaerta voru að mestu komnar úr blóma og engar flúorlíkar skemmdir á plöntunum (53. mynd). Vaxtarstað tegundanna tveggja hefur í allnokkur ár verið ógnað af útbreiðslu skógarkerfils, sem er ágeng tegund (Náttúrufræðistofnun Íslands og Landgræðsla ríkisins, 2010). Hins vegar virðast stórgerðar tegundir slæðinga hafa verið slegnar reglulega síðustu ár og útbreiðsla giljaflækju og fuglaerta hefur aukist verulega.

Engar flúorlíkar skemmdir fundust á plöntum þyrnirósar og þær voru heilbrigðar að sjá (54. mynd). Um tvo vaxtarstaði er að ræða, annars vegar rétt vestan við Kollaleirubæinn og hins vegar nokkuð ofan við bæinn, þar sem plöntur eru almennt minni en á neðri vaxtarstaðnum. Við neðri vaxtarstaðinn voru aspir farnar að ógna vaxtarstað þyrnirósar. Á báðum svæðunum voru plöntur komnar úr blóma.



53. mynd. Giljaflækja (t.v.) og fuglaertur (t.h.) í lok júlí 2025 í Reyðarfirði. Myndir: EEJ.



54. mynd. Þyrnirós í Reyðarfirði í júlí 2025. Mynd: EEJ.

Á vaxtarstað aronsvandar voru flestar plöntur komnar úr blóma og farnar að mynda fræ. Nokkuð var um ummerki skordýrabeitar á laufblöðum en flúorlíkar skemmdir var ekki að sjá (55. mynd). Stóriburkni leit nokkuð vel út en sl. þrjú ár hefur hann verið frekar lítill og væskilslegur. Nokkrir blaðendar voru skorpniir, en erfitt var að segja til um hvort um flúorlíkar skemmdir væri að ræða (55. mynd).



55. mynd. Aronsvöndur (t.v.) og stóriburkni með skorpna blaðenda (t.h.) í lok júlí 2025 í Reyðarfirði. Myndir: EEJ.

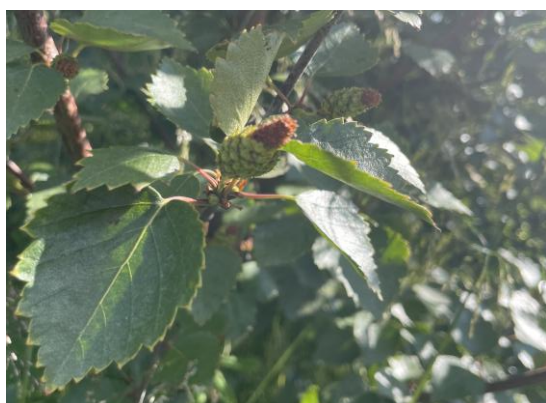
Lista yfir myndir teknar fyrir vöktun ársins 2025 er að finna í viðauka 13.

## 4.2 Garðaplöntur og tré

Garðagróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði og á trjáræktarsvæðum milli álversins og bæjarins var skoðaður þann 5. ágúst 2025. Gróður var ljósmyndaður og skoðaður m.t.t. mögulegra ummerkja um skemmdir á plöntuvef af völdum flúors á sex stöðum og eftirfarandi er samantekt athugunar á hverjum stað.

1. **Sómastaðir:** Öll tré kringum Sómastaði voru fjarlægð árið 2009 en sprotar af víði, reyni og alaskaösp hafa vaxið upp á ný. Á gulvíði og alaskaösp mátti greina flúorlíkar skemmdir á 1% laufblaða og laufblöð aspar voru eilítið kúpt. Á reynitrájum voru um 5% smáblaða með flúorlík einkenni og stönglar smáblaðanna sveigðir. Skemmdir sáust á flestum blöðum alaskavíðis.
2. **Ofan álvers:** Rétt vestan við Sómastaði, á milli gamla og nýja vegarins, vex birki í þyrpingu. Það hefur stækkað töluvert frá því byrjað var að fylgjast með því árið 2007. Trén voru almennt mjög heilbrigð að sjá. Greina mátti flúorlík einkenni á um 1% blaða á flestum trjám, einnig voru reklar brúnir en líklega eru það ekki flúorskemmdir heldur áhrif vegna annarra þátta líkt og veðurfars (56. mynd).

3. **Trjárækt:** Í ræktunarreit á neðsta hjallanum norðvestur af álverinu er samansafn af ýmsum trjátegundum, einkum birki og reyni. Flúorlíkar skemmdir voru sjáanlegar á laufblöðum birkis. Á reynitrjám var svolítið um sölnun og um 5–10% smáblaða með flúorlíkar skemmdir (56. mynd).
4. **Framnes:** Sumarið 2025 voru framkvæmdir við Framnes og gróður því ekki skoðaður.
5. **Teigagerði:** Við Teigagerði var reynir, lerki, víðir, ösp og rifs almennt heilbrigð. Greina mátti flúorlík einkenni á 1–2% blaða á þeim tegundum og þá helst á efstu greinunum og á nýjum blöðum. Greni leit almennt ekki vel út, en margar greinar voru nálalausar.
6. **Kirkjugarður:** Við kirkjugarðinn sem er staðsettur rétt utan þéttbýlisins á Reyðarfirði var víðir, reynir og lerki almennt heilbrigð, á víði og reyni voru undir 2% flúorlíkar skemmdir og voru þær helst á efstu greinum. Ástand birkis var lakara en á öðrum svæðum, óværa var meiri, reklar voru brúnir og komu skemmdir fram á nánast öllum laufum á plöntum með flúorlíkar skemmdir.
7. **Þéttbýli:** Gróður í þéttbýlinu á Reyðarfirði var almennt gróskumikill en þó mátti sjá einhverja óværu, einkum á birki og ösp. Flúorlíkar skemmdir sáust á víði eða um 1–5% laufblaða á þeim trjám sem voru með skemmdir. Ösp var almennt án athugasemda, en flúorlíkar skemmdir sáust á um 1% blaða á nýjum vaxtarsprotum sem spröttið höfðu upp af söguðum trjám. Allar stafafurur nema ein voru með flúorlíkar skemmdir á 2–5% yngri nálum (56. mynd). Íris hafði mestu flúorlíku skemmdirnar, eða á um 10% blaða og sýprus var sölnaður. Burkni var með skorpna og þurra blaðenda, sambærilega og sáust í Hólmanesi.

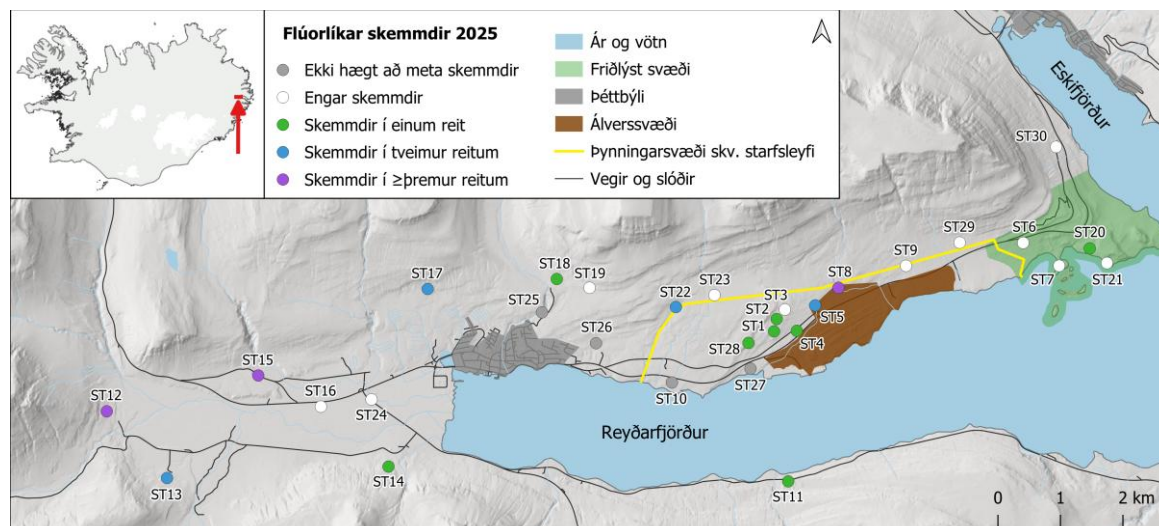


56. mynd. Birki með brúna rekla (uppi t.v.), skemmdir á laufum reynis sem erfitt er að meta m.t.t. flúoreinkenna (uppi t.h.) og flúorlíkar skemmdir á laufum víðis (niðri t.v.) og nálum furu (niðri t.h.) í Reyðarfirði í ágúst 2025. Myndir: EEJ.

Lista yfir myndir teknar fyrir vöktun ársins 2025 er að finna í viðauka 13.

### 4.3 Gróður í rannsóknarreitum

Villtur gróður í 145 rannsóknarreitum á 29 vistfræðistöðvum í Reyðarfirði var skoðaður dagana 7.–11. og 14. ágúst 2025 (57. mynd). Reitir voru ljósmyndaðir og ummerkja leitað um mögulegar skemmdir á plöntuvef af völdum flúors.



57. mynd. Rannsóknastöðvar í Reyðarfirði. Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors sást í 15 stöðvum, engar skemmdir í 11 stöðvum og ekki var hægt að meta skemmdir í fjórum stöðvum sumarið 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).

Einkenni sem líkjast skemmdum af völdum flúors fundust á 15 stöðvum, engar skemmdir voru á 11 stöðvum og á þremur stöðvum var ekki hægt að meta skemmdir vegna útbreiðslu lúpínu (57. mynd). Möguleg einkenni flúorskemmda árið 2025 sást aðallega á holtasóley (*Dryas octopetala*) og stinnastör (*Carex bigelowii*).

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 2025 var gróður skoðaður um miðjan júlí en um miðjan ágúst sumarið 2024. Óvenjuleg hlýindi voru í maí og mánaðarhitinn langt yfir meðallagi á Austurlandi, meðalhiti í júní var undir meðallagi og úrkoma talsverð og júlí var óvenju hlýr og úrkomulítill (Veðurstofa Íslands, 2026). Árið áður fundust flúorlík einkenni á 15 stöðvum og þar af fundust skemmdir í ≥3 reitum á 8 stöðvum (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2025), á meðan svo var á þrem stöðvum í ár (57. mynd). Áhrifum veðurfars á styrk flúors í gróðri er lýst í kafla 3.1.1.

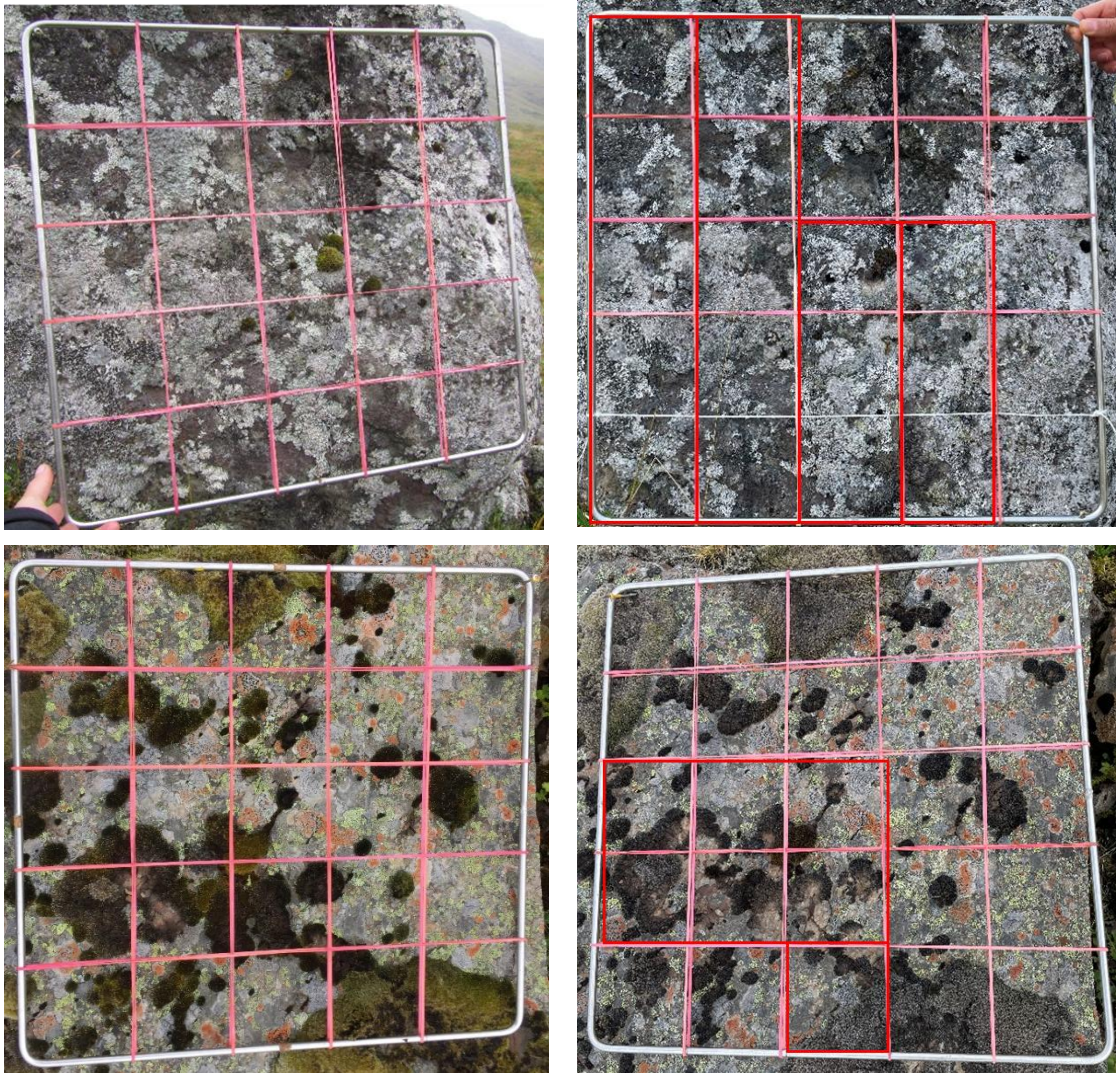
Líkt og fyrri ár sást ýmiskonar skemmdir á gróðri af völdum annarra þátta s.s. skordýra og sveppasýkinga. Árið 2025 voru algengustu skemmdirnar á gróðri dauðar greinar og rauð blöð, algengast á bláberjalyngi. Ásigkomulag gróðurs utan rannsóknareita hefur ekki verið skráð kerfisbundið. Samt sem áður er vert að benda á að víða um Reyðarfjörð hefur bláberjalyng verið áberandi rautt og blöðin oft lítil undanfarin ár. Að líkindum stafar þessi rauði litur einkum af kulda- eða frostáhrifum.

Lista yfir myndir teknar fyrir vöktun ársins 2025 er að finna í viðauka 13.

#### 4.4 Fléttur og mosar á grjóti

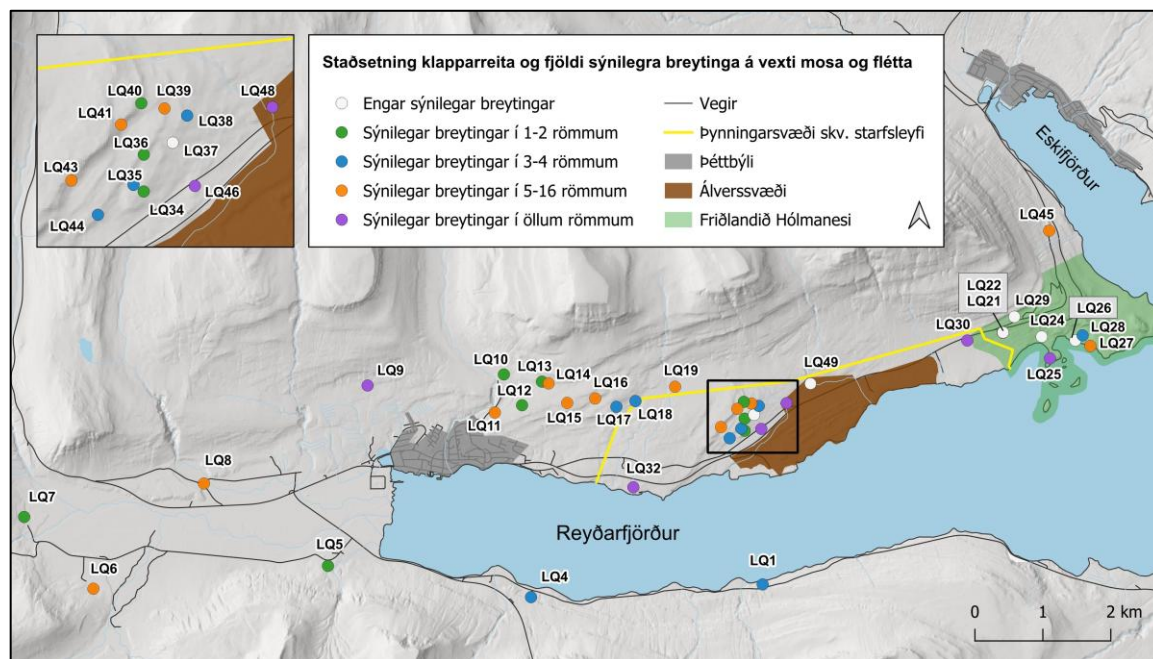
Frá árinu 2005 hefur verið fylgst með fléttum og mosum í föstum reitum á steinum og klöppum í Reyðarfirði. Reitirnir (50 x 50 cm) hafa verið ljósmyndaðir til að fylgjast með breytingum á þekju þeirra, á fimm ára fresti. Árið 2025 voru fléttureitir ljósmyndaðir dagana 16. og 18. júní, 30. júlí, 5., 12.–13. og 22. ágúst og 4. september. Hér eru ljósmyndir frá árinu 2025 bornar saman við myndir frá árinu 2020 til að fá betri mynd af breytingum til lengri tíma. Frá upphafi hafa fjórir steinar eða klappir ýmist verið fjarlægðir, ekki verið hægt að endurstaðsetja eða hafa hrunið (LQ3, LQ20, LQ33 og LQ50). Árið 2025 voru auk þeirra fimm reitir sem fundust ekki eða voru horfnir í lúpínu (LQ2, LQ23, LQ31, LQ42 og LQ47). Alls var 41 reitur myndaður árið 2025 og 46 reitir myndaðir árið 2020, því var hægt að bera saman 41 reit milli árána 2025 og 2020.

Reitunum var skipti í 25 smáramma (10 x 10 cm). Myndirnar voru bornar saman og smárammar skoðaðir með tilliti til breytinga á vexti mosa og flétta (58. mynd). Reynt var að meta hvort þekja flétta og mosa í reitunum jókst eða minnkaði á þessu fimm ára tímabili. Fléttur voru ekki greindar til tegunda.



58. mynd. Samanburður LQ6 (efri) og LQ27 (neðri) reita milli árána 2020 (t.v.) og 2025 (t.h.). Breytingar í smárammum eru auðkenndar með rauðum lit.

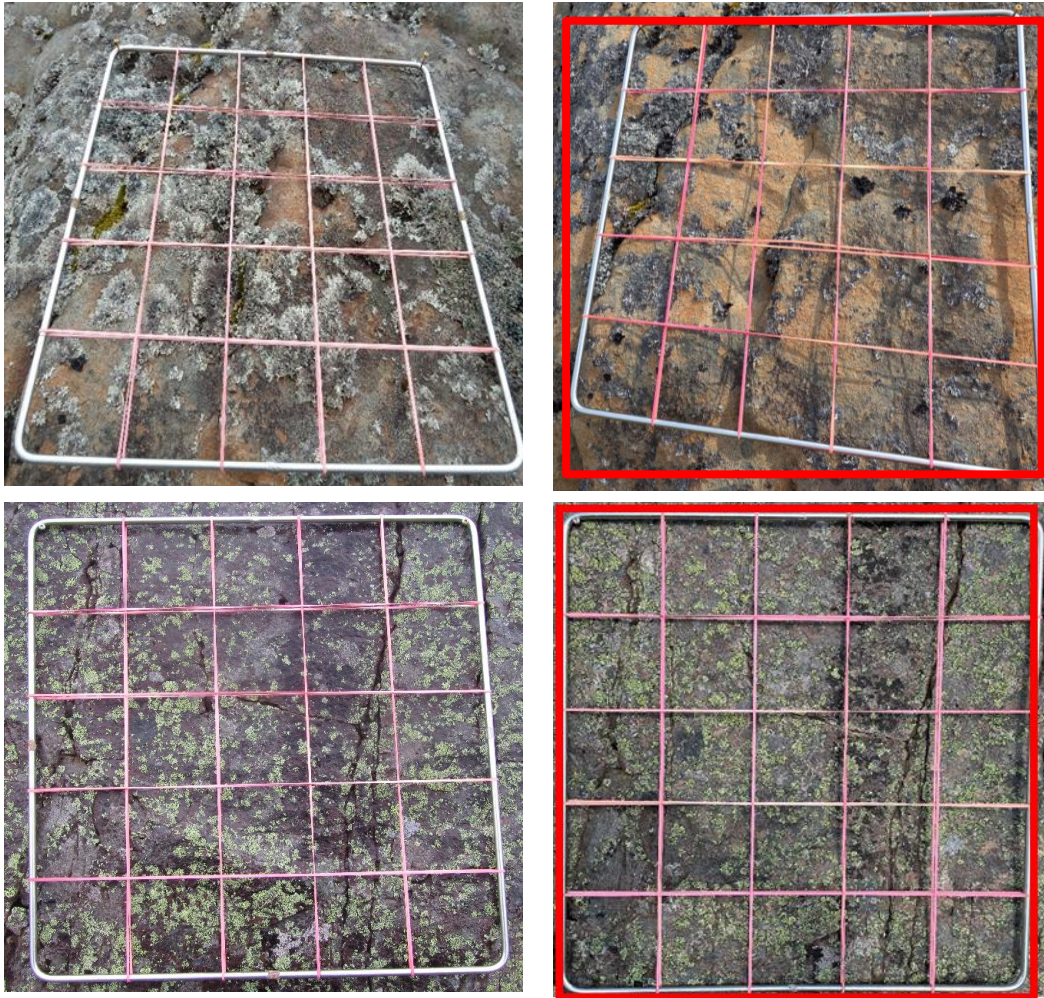
Af þeim 41 reit sem hægt var að bera saman voru 15 innan þynningarsvæðis og 26 utan þynningarsvæðis (59. mynd). Almennu voru litlar þekjubreytingar flétta á föstum reitum. Ekki fundust neinar sjáanlegar breytingar á mosum og fléttum í 17% reitanna. Í um fimmungi reitanna (19,5%) voru breytingar í einum til tveimur smárömmum og annar fimmtingur (19,5%) voru breytingar í þremur til fjórum smárömmum. Tólf reitir (29%) höfðu breytingar í fimm til sextán smárömmum, en sex reitir (15%) sýndu breytingar í öllum smárömmum reitsins. Breytingarnar fólust ýmist í aukinni eða minni þekju einstaklinga, en einnig komu fram breytingar í þekju þar sem tegundir stækkuðu á kostnað annarra.



59. mynd. Staðsetning klappareita og fjöldi sýnilegra breytinga á smárömmum (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).

Ekki sást marktækur munur á sýnilegum breytingum í römmum innan og utan þynningarsvæðis (Wilcoxon  $p=0,42$ ). Algengustu breytingarnar innan þynningarsvæðis voru breytingar í öllum smárömmum (26% reita), en utan þynningarsvæðis voru breytingar í 5–16 römmum algengastar (34% reita) (59. mynd). Mesta einstaka breytingin á þekju og hlutfalli tegunda, sem kom fram í öllum smárömmum reits, mældist í tveimur reitum utan þynningarsvæðis (LQ9 og LQ25) og fjórum reitum innan þynningarsvæðis (LQ30, LQ32, LQ46 og LQ48) (60. mynd). Engar sýnilegar breytingar voru á 13% reita innan þynningarsvæðis og 19% reita utan þynningarsvæðis.

Sjónrænn samanburður á breytingum á þekju mosa og flétta í 41 fléttureit árin 2020 og 2025 er í viðauka 14 og yfirlit yfir allar ljósmyndir er að finna í viðauka 13.



60. mynd. Samanburður LQ25 (efri) og LQ30 (neðri) reita milli árunna 2020 (t.v.) og 2025 (t.h.). Breytingar má sjá í öllum smárömmum.

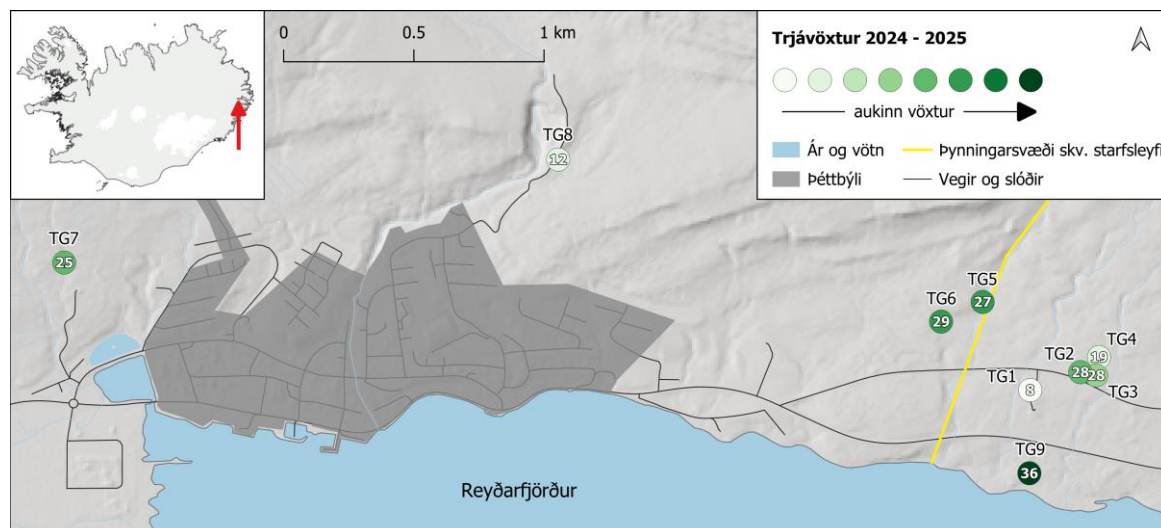
## 5 Trjávöxtur

### 5.1 Inngangur

Furutegundir 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 61. mynd. 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 endurteknar 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. Þó skal haft í huga að trén voru minni þá en í dag og mögulegur ársvöxtur því minni.

Árið 2025 voru mælingar framkvæmdar 14. og 15. október. Trjámælistika var notuð við mælingarnar líkt og undanfarin ár. Mælistikan var borin að stofni trjáanna og heildarhæð þeirra mæld. Að lokum var hæð fyrra árs dregin frá heildarhæð og toppvöxtur ársins 2025 þannig reiknaður út. Í reit 10 eru öll tré komin undir framkvæmdir og því var vöxtur ekki mældur þar, bergfurur voru innan þess reits og því ekki mældar síðustu ár.

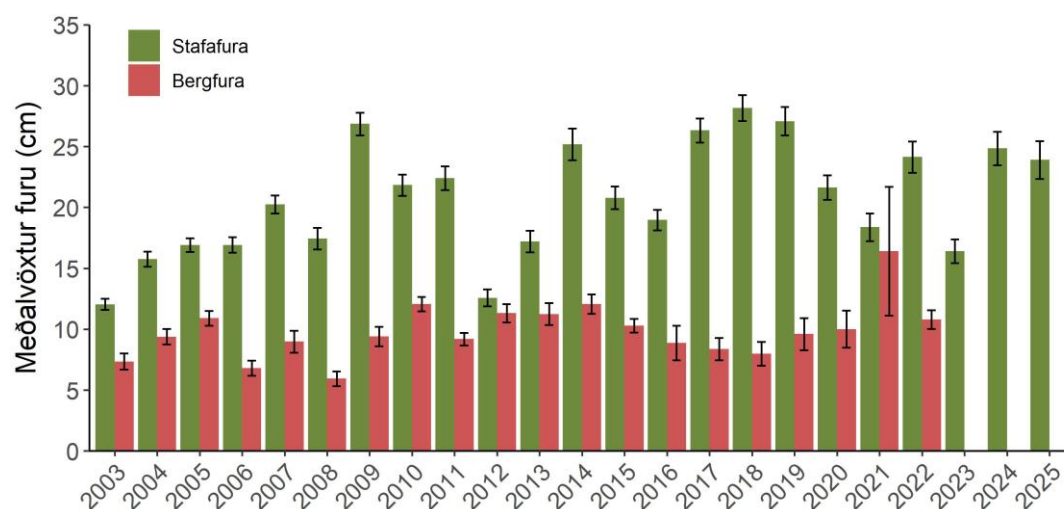


61. mynd. Trjámælireitir í Reyðarfirði og meðalvöxtur furu frá október 2024 til október 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010).

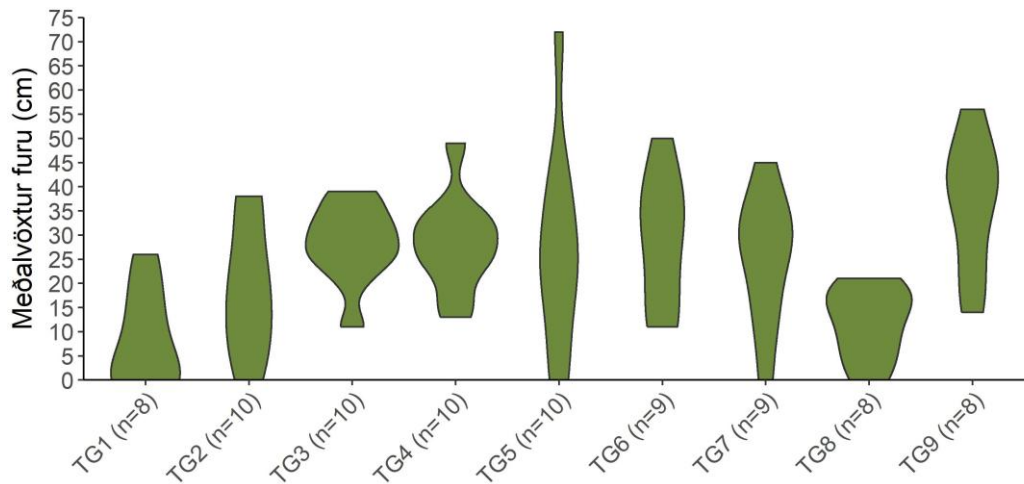
## 5.2 Niðurstöður

Meðalársvöxtur vaxtarsprota stafafuru á svæðum 1–9 árið 2025 var 24 cm (62. mynd). Vöxturinn var nokkuð breytilegur milli svæða eða frá 8–36 cm (61. mynd) og var mestur á svæði 9, líkt og hann hefur oftast verið, eða öll ár frá 2009 fyrir utan árin 2015 og 2020. Auk þess að vera breytilegur milli svæða var ársvöxtur stafafuru einnig nokkuð breytilegur innan svæða (63. mynd).

Vöxtur stafafuru árið 2025 var svipaður og árið 2024 en meðalársvöxturinn var 1 cm minni samanborið við árið á undan (62. mynd). Munur milli ársins í ár og í fyrra var mestur á svæði 9, eða 6 cm minni vöxtur en árið áður.



62. mynd. Meðalársvöxtur stafafuru (grænt) í níu trjámælireitum og bergfuru (rautt) með staðalskekkju meðaltalanna í trjámælireitum í Reyðarfirði tímabilið 2003–2025.



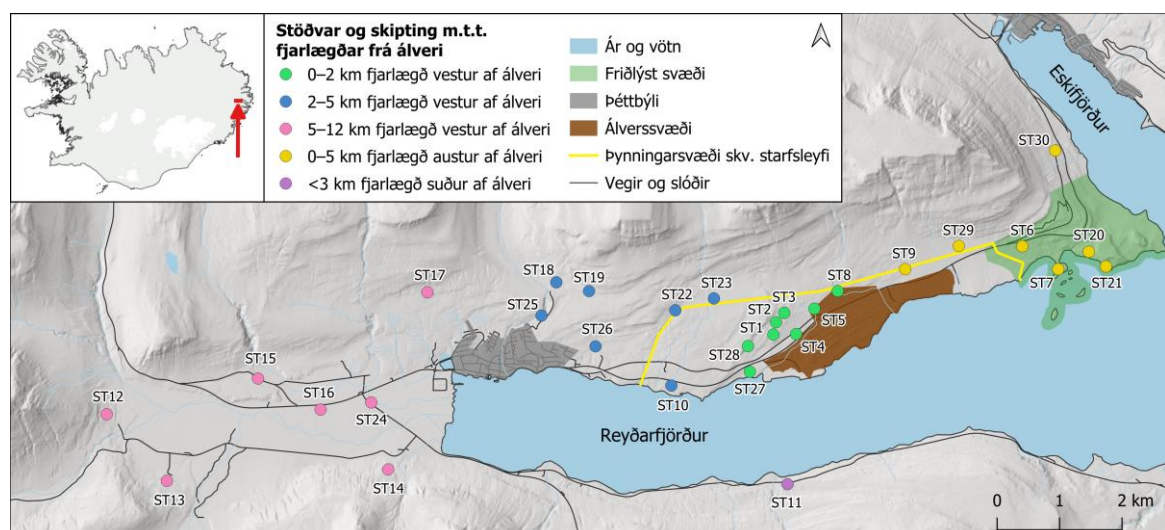
63. mynd. Vöxtur stafafuru á hverri staðsetningu (TG) árið 2025 ásamt fjölda trjáa (n) sem mæld voru.

Niðurstöður trjávaxtarmælinga árið 2025 má finna í viðauka 15.

## 6 Þekja og fjöldi tegunda í rannsóknarreitum

### 6.1 Gagnasöfnun

Af 30 vistfræðistöðvum (64. mynd) voru 29 þeirra heimsóttar dagana 7. til 17. júlí 2025. Rannsóknir á gróðurþekju og -samsetningu fóru fram á fimm 1 m<sup>2</sup> rannsóknarreitum innan hversrar stöðvar og til afmörkunar þeirra var notaður 1 x 1 m stálrammi. Ramminn var settur niður á tilviljanakenndum stöðum við fyrstu gróðurfarsrannsókn vöktunarinnar árið 2005, en þá voru þeir staðir merktir með flöggum og seinna tréhælum og ramminn alltaf lagður niður á sömu stöðum við seinni rannsóknir (árin 2009, 2015, 2020 og 2025). Samskonar aðferðir voru notaðar við rannsóknir á gróðurþekju og -samsetningu árið 2025 og árin á undan. Bláberjalyngs-, mosa- og fléttusýnum til flúormælinga var safnað á og við stöðvarnar (kaflar 3.3.2 til 3.3.4) og er skipting stöðva á 64. mynd í samræmi við þá kafla.



64. mynd. Staðsetning 30 vistfræðistöðva í Reyðarfirði. Skipting í svæði m.t.t. átta og fjarlægða frá strompi álvers er einnig sýnd (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010).

Hlutfallsleg þekja allra æðplöntutegunda af yfirborði lands innan ramma var metin sjónrænt. Þekja mosa og flétta var einnig metin en þær voru ekki greindar til tegunda. Þekja ógróins yfirborðs og grjóts var metin og ljósmynd tekin af hverjum ramma. Við þekjumatið var notaður kvarði með mismunandi þekjubílum (4. tafla). Kvarðinn er afbrigði af Hults-Sernander þekjukvarða (Sjörs, 1956) og þekjubílin eru misstór til þess að reyna að taka sem best tillit til breytileika í algengi og þekju mismunandi plöntutegunda.

4. tafla. Breyttur Hult-Sernander kvarði sem var notaður við þekjumælingar.

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

Vegna ómögulegs aðgengis voru ekki gerðar þekju- og tegundamælingar á vistfræðistöð 25. Þá hefur lúpína dreift sér yfir nokkrar stöðvar sl. ár og árið 2025 fannst aðeins einn af fimm smáreitum á stöðvum 10 og 26 þrátt fyrir mikla leit. Ekki var heldur mögulegt að greina hvaða smáreitir það voru sem fundust og því var þessum stöðvum sleppt við úrvinnslu gagna. Við skoðun gagna frá 2025 kom enn fremur í ljós að á stöðvum 4 og 27 var lúpína komin með það mikla þekju að illmögulegt væri að meta möguleg áhrif álvers á gróður þar og þeim var því einnig sleppt við úrvinnslu gagna. Aðeins ein stöð er sunnan við álver, stöð 11 og henni var því sleppt við tölfraðilega úrvinnslu, þó hún hafi verið höfð með á gröfum (sjá kafla 6.3).

Að vettvangsvinnu unnu Erlín E. Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir og Linda Ársælsdóttir. Þurrt og hlýtt veður var dagana sem vettvangsvinna fór fram.

## 6.2 Úrvinnsla gagna

Úrvinnsla gagna fór fram í R, útgáfu 4.4.2 (R Core Team, 2024). Meðalþekja plantna og ógróins yfirborðs í hverri stöð var reiknuð þannig að í hverjum ramma var þekjubílum skipt út fyrir miðgildi hvers bíls (4. tafla) og meðaltöl innan hversrar stöðvar síðan reiknuð. Hver mælieining náði því yfir alla ramma í hverri stöð eða 5 m<sup>2</sup>. Fyrir hverja stöð var heildarþekja og fjöldi æðplöntutegunda og Shannon fjölbreytnistuðull (byggður á náttúrulegum logra) reiknaður sem og samanlögð þekja allra tegunda í nokkrum tegundahópum, þ.e. blómjurta, grasa, hálfgrasa, smárunna, runna og byrkninga.

Við úrvinnslu gagna var kannað hvort sjá mætti einhverjar breytingar á gróðurfari stöðva milli athugunarára og hvort þær breytingar væru mismunandi m.t.t. áttar og fjarlægðar frá álveri. Í köflum 3.3.2–3.3.4 var stöðvum skipt niður á fimm rannsóknarsvæði eftir staðsetningu; austan við (A 0–5 km), vestan við (V 0–2 km, V 2–5 km og V 5–12 km) og sunnan við álver (S <2 km) (sjá 64. mynd). Til hægðarauka var sama skipting notuð á gröfum í kafla 6.3, en við tölfraðilega úrvinnslu var notuð samfelld breyta sem lýsti fjarlægð frá álveri í kílómetrum, auk flokkabreytu sem lýsti átt frá álveri (vestur/austur, reiturinn sunnan við álver var ekki notaður í tölfraðiúrvinnslu). Pakkinn *ggplot2* (Wickham, 2016) var notaður við gerð grafa.

Fyrir hverja svarbreytu voru sett upp blönduð línuleg líkön þar sem stöð var skilgreind sem slembibreyta, vegna endurtekinna mælinga. Pakkinn *lme4* (Bates o.fl., 2015) var notaður við gerð þeirra líkana. Fyrst voru einungis prófaðar breytingar í tíma og athugað hvort bæta þyrfti tímabreytunni inn sem slembihalla, með og án víxlhrifa með slembiskurðpunkti (stöð). Því næst var kannað hvort tímabreytingarnar væru ólínulegar ( $\text{ár} + \text{I}(\text{ár}^2)$ ). Þegar grunnlíkan hafði verið skilgreint var öðrum föstum breytum (fjarlægð og átt ásamt víxlhrifum) bætt við og líkön borin saman með AIC og líkindahlutfallsprófum. Leifar voru síðan skoðaðar með myndrænum greiningum til að meta normaldreifingu, dreifni og möguleg frávik. Til hægðarauka við mat líkana voru breytur ár og fjarlægð frá álveri miðjaðar (e. centered) og sú síðarnefnda einnig sköluð (e. scaled).

Í þeim tilvikum þar sem leifar Gaussian-líkana reyndust ekki ásættanlegar voru önnur dreifingarlíkön, þ.e. beta-, gamma- og/eða Tweedie-líkön, prófuð til að tryggja að dreifing svarbreytunnar væri meðhöndluð á viðeigandi hátt. Pakkinn *glmmTMB* (Brooks o.fl., 2017) var notaður við gerð þeirra líkana. Endanlegt líkan var valið út frá samanburði líkana og mati á leifum, sem voru kannaðar með pakkanum *DHARMA* (Hartig, 2024).

Auk hefðbundinna líkana var breytileiki í tegundasamsetningu milli stöðva og ára skoðaður með fjölbreytugreiningu, sem var gerð í pakkanum *vegan* (Oksanen o.fl., 2025). NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling) greining var gerð á öllum æðplöntugögnum sem voru umbreytt með Hellinger umbreytingu til að draga úr áhrifum ríkjandi tegunda. Notaðar voru 200 upphafsstillingar (trymax=200), Bray-Curtis fjarlægðarmæling og bæði tveggja vídda ( $k=2$ ) og þriggja vídda ( $k=3$ ) lausnir voru prófaðar. Við mat á greiningunum var stuðst við stress-gildi Kruskal, auk þess sem þær voru bornar saman með fylgniþrófi sem mat hversu vel tvívíða lausnin varðveitti byggingu þrívíðu lausnarinnar.

Í kjölfar greiningar var fylgni nokkurra umhverfis- og gróðurbreyta við breytileika í gróðurfari könnuð. Samfelldar umhverfisbreytur voru fjarlægð og stefna stöðvar frá álveri, hæð yfir sjávarmáli og jarðvegsdýpt (mæld árið 2005). Nafnbreytur voru staðsetning stöðvar í landslagi (uppi á hæð eða ofan í dæld) og með tilliti til hvernig þær snéru við álverinu (að eða frá álveri) og ár vettvangsathugana. Gróðurbreytur voru fjöldi æðplöntutegunda, Shannon-fjölbreytnistuðull, þekja mosa, flétta og samanlögð þekja nokkurra tegundahópa æðplantna (blómjurtir, grös, hálfgrös, smárunnar, runnar og byrkningar. Líkt og í annarri úrvinnslu voru stöðvar 4, 10, 25, 26 og 27 fjarlægðar úr gagnasafninu fyrir fjölbreytugreiningar, en stöð 11 var höfð með þar sem átt frá álveri var aðeins höfð með í fylgniútreikningum eftir fjölbreytugreininguna.

## 6.3 Niðurstöður og umræður

### 6.3.1 Fjölbreytugreining æðplöntugagna

Tvívítt NMDS hafði stress-gildið 0,207. Samkvæmt viðmiðum Kruskal telst slíkt gildi gefa viðunandi framsetningu gagna en þó einnig tilefni til varfærni í túlkun (Kruskal, 1964). Þrívítt NMDS hafði stress-gildið 0,143 sem telst góð framsetning. Við samanburð tví- og þrívíddar kom sterk samsvörun í ljós ( $r=0,847$ ;  $p=0,001$ ), sem benti til þess að þriðji ásin hafi ekki breytt meginbyggingu gagnanna sem hafi í meginráttum verið varðveitt svipað vel með aðeins tveimur ásum. Fyrst markmið greiningarinnar var fyrst og fremst sjónræn

skoðun mögulegra mynstra í gróðurfari var því ákveðið að nota tvívítt NMDS við framsetningu niðurstaðna.

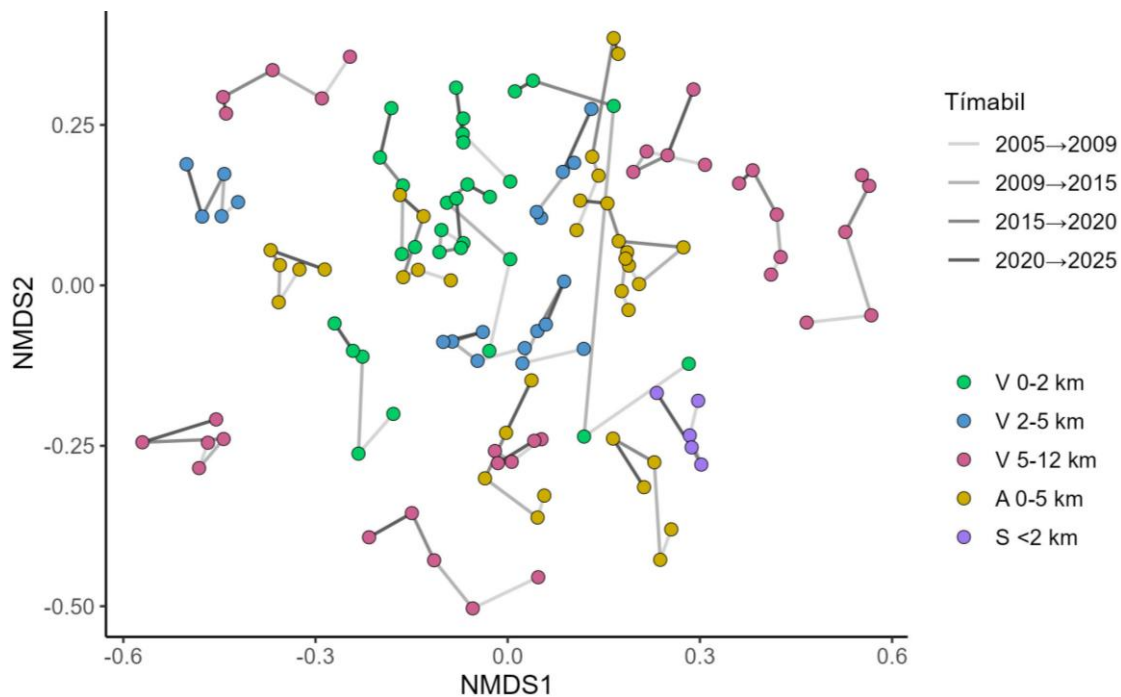
Í hnitun NMDS greiningarinnar mátti greina nokkurn breytileika í gróðurfari milli stöðva og breytingar í tíma (65. mynd). Til þess að átta sig á því í hverju breytileikinn felst má sjá tengsl þeirra umhverfis- og gróðurbreyta sem höfðu marktæka fylgni við ása hnitakerfisins á 66. mynd. Þar sést t.d. að fjölbreytni tegunda fór minnkandi nokkurn veginn eftir 1. ás og að þekja smárunna óx eftir 2. ás á meðan þekja hálfgrasa o.fl. minnkaði. Í takt við gróðurbreyturnar sem sýndar eru á 66. mynd röðuðust algengu runnategundirnar fjalldrapi og fjallavíðir, sem og grastegundin bugðupunktur, langt til vinstri á hnitunarmyndinni, á meðan t.d. smárunnategundin beitilyng raðaðist ofarlega.

Við samanburð hnitunarmyndanna má draga þá ályktun að stöðvar langt til hægri hafi almennt verið rýrari en stöðvar lengra til vinstri og fléttur þar áberandi í sverði, á meðan gróður á stöðvum langt til vinstri var gjarnan þéttur og lagskiptur, með runnum, grösum og fleiri æðplöntutegundum. Stöðvar mismunandi rannsóknarsvæða dreifast um hnitakerfið sem bendir til þess að breytileiki í gróðurfari sé meiri innan svæða en milli þeirra, enda voru allar stöðvar vöktunarinnar lagðar út í mólendi.

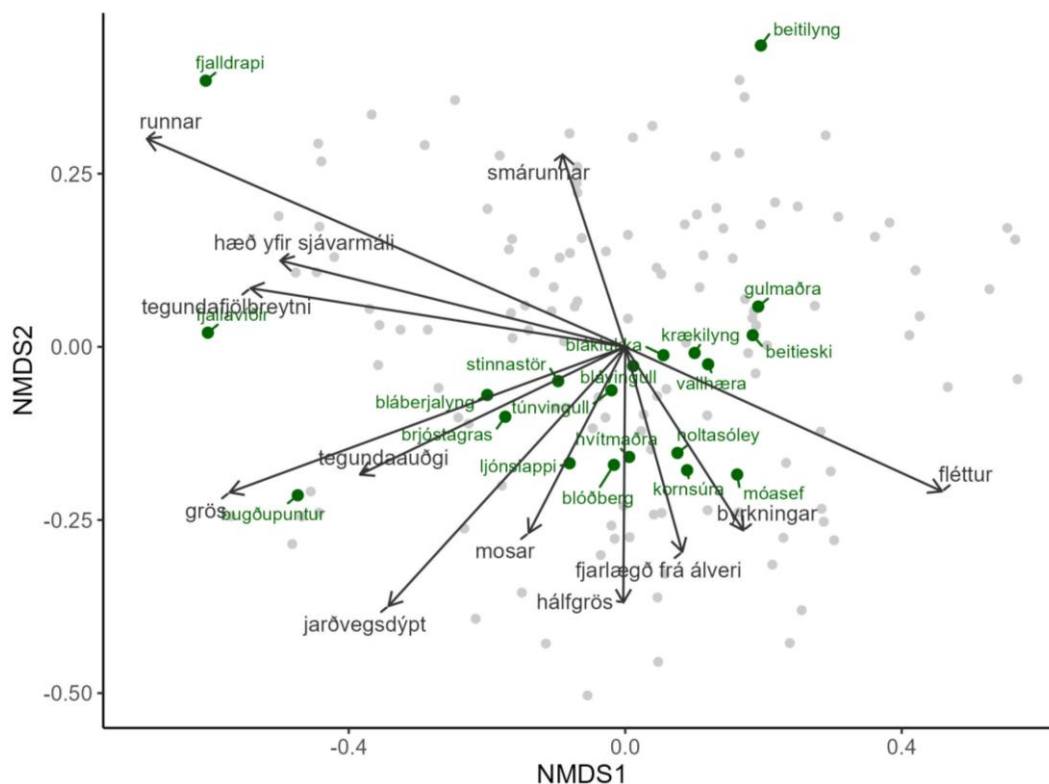
Út frá hnitunarmyndunum (65.–66. mynd) má einnig áætla í hverju helstu breytingar á gróðurfari stöðva milli ára eru fólgnar. Flestar stöðvar virðast færast upp og/eða til vinstri sem er í samræmi við vaxandi þekju runna og minni þekju flétta milli ára í viðkomandi stöðvum. Ein færsla er mest áberandi, þ.e. breyting á staðsetningu stöðvar 2 (í V 0–2 km) upp á við milli áranna 2009 og 2015 (65. mynd). Nánari skoðun gagna leiddi í ljós að þar fór þekja flétta úr 19% að meðaltali niður í <1%, auk þess sem þekja beitilyngs og birkis jókst og samanburður ljósmynda sýndi mikil ummerki eftir fléttubeit. Aukin ganga hreindýra í Reyðarfirði sl. ár er talin ein helsta orsök þess að fléttur hafa verið á undanhaldi þar. Aukin þekja runna og smárunna milli ára tengist líklegast breytttri landnýtingu og loftslagsbreytingum, en á norðlægum slóðum má vænta þess að með hlýnandi loftslagi aukist þekja og hæð runnagróðurs, á meðan lággróður hopar (Bjorkman o.fl., 2018).

Fjarlægð frá álveri hafði marktæka fylgni við ása hnitakerfisins á 66. mynd sem má líklegast rekja til þess að stöðvar 12, 13, 14 (V 5–12 km), 7 og 30 (A 0–5 km), sem raðast allar neðst á 65. mynd, áttu það sameiginlegt að hafa litla sem enga þekju beitilyngs og vera í talsverði fjarlægð frá álveri. Af því má draga þá ályktun að marktæk fylgni fjarlægðar við ásana sé undir áhrifum frá því að beitilyng, sem hefur mjög sterka jákvæða fylgni við 2. ás, hefur ekki verið til staðar á þessum stöðvum frekar en að um bein áhrif álvers á gróðurfari sé að ræða.

Umtalsverðar breytingar hafa orðið á gróðri í Reyðarfirði, sem og á landinu öllu sl. ár og áratugi, sem einna helst hafa komið til vegna breytinga á beitarálagi (Raynolds o.fl., 2015), í sambland við loftslagsbreytingar (Halldór Björnsson o.fl., 2023). Því er eðlilegt að erfitt sé að koma auga á mögulegar breytingar á gróðri af völdum álvers með fjölbreytugreiningu, en niðurstöður hennar veita engu að síður innsýn inn í það breytilega náttúrulega umhverfi sem álverið starfar í og gerir okkur kleift að taka tillit til þess við greiningu gagna. Auk þess skal taka fram að túlka ber niðurstöður tvívíðu greiningarinnar varlega þar sem hún náði aðeins viðunandi en ekki góðri framsetningu gagnanna.



65. mynd. Niðurstöður NMDS hnitunargreiningar þar sem staðsetningar stöðva eftir 1. og 2. ási hnitunar eru sýndar með punktum. Litur punkta táknar átt og fjarlægð stöðvar frá álveri, líkt og á 64. mynd. Strik tengja sömu stöðvar milli ára og er hvert árabíll táknnað með misljós- eða dökkgráum lit.



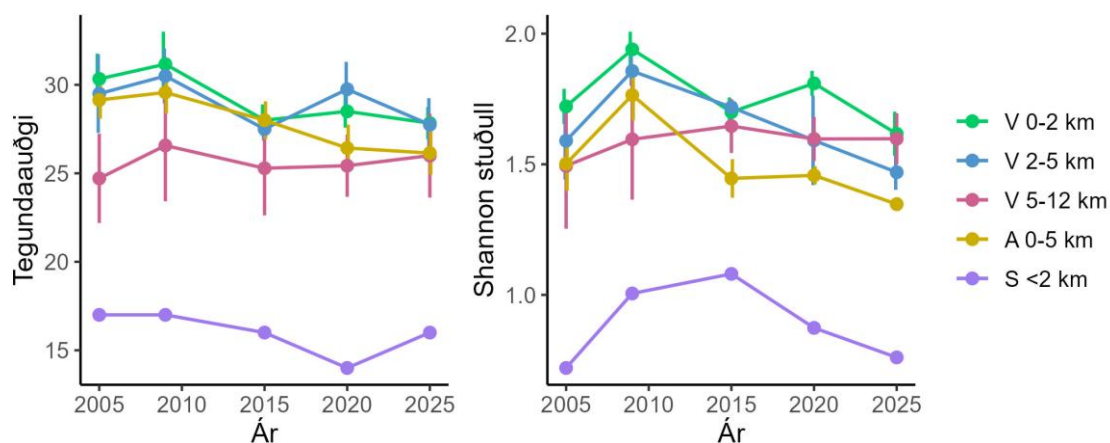
66. mynd. Niðurstöður NMDS hnitunargreiningar sem sýnir staðsetningu 20 algengustu æð-plöntutegundanna eftir 1. og 2. ási hnitunar (grænir punktar). Staðsetningin var margfölduð með þremur til að dreifa þeim betur frá miðju og auka þannig læsileika. Staðsetning stöðva (65. mynd) er sýnd með ljósgráum punktum til viðmiðunar. Tengsl helstu umhverfis- og gróður-breyta við niðurstöður hnitunar ( $p < 0,05$ ) eru sýnd með örvum, lengd þeirra segir til um styrkleika tengsla og áttin gefur vísbendingar um í hverju breytingar eru fólgnar.

### 6.3.2 Fjöldi og fjölbreytni æðplöntutegunda

Alls var skráð 71 tegund æðplantna árið 2025 í vistfræðistöðvunum í Reyðarfirði og er það svipaður fjöldi og í fyrri athugunum þar sem 70–80 tegundir hafa verið skráðar (70 í bakgrunnsathugun árið 2005). Tegundir sem voru einungis greindar til ættkvíslar voru ekki teknar með í þessum tölum ef aðrar tegundir sömu ættkvíslar fundust það ár. Af þessum tegundum voru krækilyng og bláberjalyng algengastar en þær hafa fundist í öllum stöðvum fyrri ár og fundust nú í öllum stöðvum nema stöðvum 10 og 27, sem eru meðal stöðvanna þar sem lúpína hefur gjörbreytt gróðurfari.

Fjöldi æðplöntutegunda minnkaði svolítið og marktækt milli ára (67. mynd;  $\beta = -0,099$ ,  $p = 0,003$ ) en breytingin var marktækt háð fjarlægð frá álveri (víxlhrif:  $p = 0,017$ ) og dró úr henni eftir því sem fjarlægð jókst, óháð átt frá álveri. Við túlkun þessara niðurstaða þarf að hafa í huga að svæðið austan við álver hefur frá upphafi rekstrar haft mun lægri styrk flúors í öllum gróðursýnum en svæðið vestan við það, vegna ríkjandi vindáttar (sjá kafla 3). Þessi svæði eiga það hins vegar bæði sameiginlegt að beitarálag hefur minnkað með tilkomu friðlýsingar Hólmaness og tilkomu álvers og samanburður gagna og ljósmynda milli ára hefur sýnt aukna þekju og grósku runna- og smárunnategunda, sem hafa í einhverjum tilvikum skyggt á lágvaxnari tegundir.

Shannon-fjölbreytnistuðull breyttist ekki marktækt milli ára (67. mynd;  $\beta = -0,006$ ,  $p = 0,128$ ) og hvorki fjarlægð frá álveri né víxlhrif hennar við tíma höfðu marktæk áhrif. Hins vegar var fjölbreytni almennt hærri vestan við álver en austan við það ( $\beta = 0,258$ ,  $p = 0,013$ ), en ekki greindust marktæk víxlhrif milli fjarlægðar og stefnu. Almennt virðist fjölbreytni hafa verið með mesta móti árið 2009 (67. mynd) sem gæti skýrst af aukinni þekju æðplantna almennt án þess að ríkjandi smárunnar og runnar hafi verið farnir að skyggja á lágvaxnari gróður (sjá umfjöllun í köflum 6.3.3 til 6.3.5), en hafa þarf í huga að ýmsir þættir, svo sem veðurfar, beitarálag og mögulega flúormengun, geta haft tímabundin áhrif á grósku gróðurs sem gæti komið fram í gögnunum.

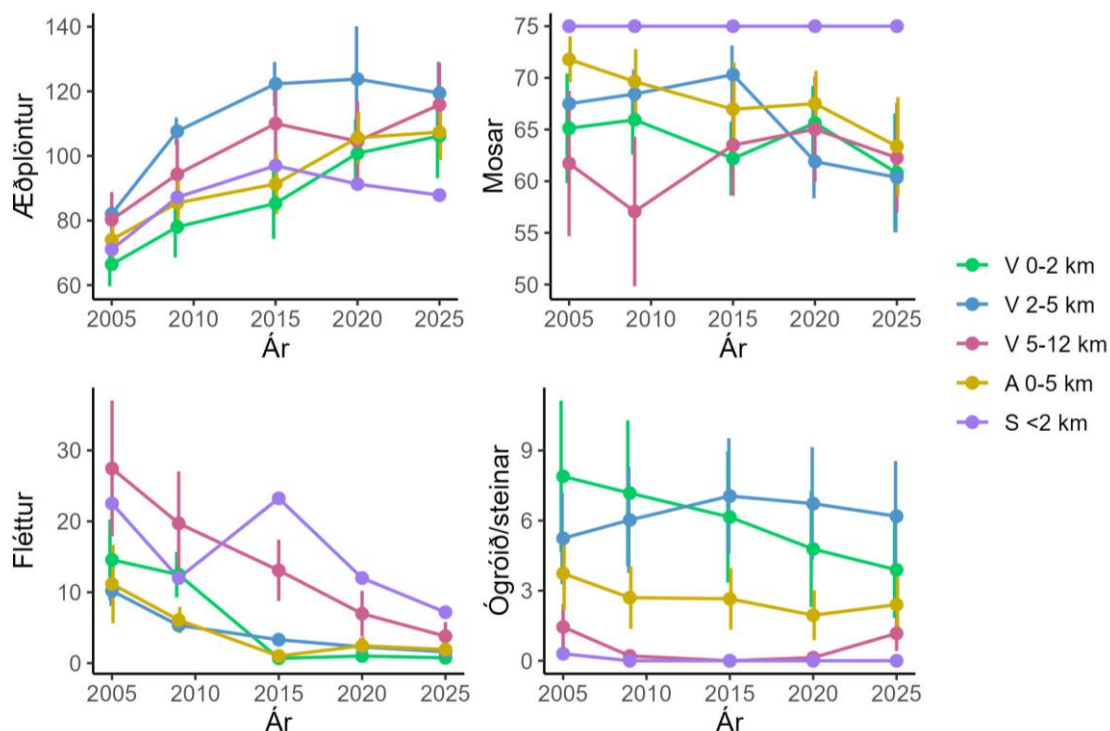


67.mynd. Meðalfjöldi æðplöntutegunda (t.v.) og meðalgildi Shannon fjölbreytnistuðuls (t.h.) á mismunandi rannsóknarsvæðum árin 2005, 2009, 2015, 2020 og 2025. Staðalskekkja meðaltala er sýnd fyrir öll svæði nema S < 2 km, sem hafði aðeins eina stöð. Gögn vantar fyrir stöðvar 10, 25 og 26 á svæði V 2–5 km og stöðvar 4 og 27 á svæði V 0–2 km. Y-ás er mismunandi milli grafa.

### 6.3.3 Þekja gróðurs og ógróins yfirborðs

Samanlögð æðplöntuþekja hefur almennt farið hækkandi frá upphafi vöktunar, þó víðast hvar hafi hægt á sl. ár (68. mynd) og var breytingin því ólínuleg og 2. gráðu margliða marktæk ( $\text{Ár: } \beta = -1,767; p < 0,001; I(\text{Ár}^2): \beta = -0,074; p = 0,001$ ). Æðplöntuþekja var hvorki undir marktækum áhrifum af fjarlægð frá álveri né stefnu. Á stöðinni fyrir sunnan álver virtist mynstrinu svipa til svæðanna vestan við það, í >2 km fjarlægð, þó æðplöntuþekja þar hafi ekki aukist eins mikið og hún gerði að meðaltali á hinum svæðunum (68. mynd).

Þekja mosa hefur almennt verið mikil í flestum stöðvum á rannsóknartímanum en þekja flétta hefur farið minnkandi (68. mynd). Mosi hefur verið skráður á öllum stöðvum öll árin og fléttur á öllum stöðvum nema einni árin 2005 og 2009, öllum nema tveimur árið 2015 og öllum nema þremur árin 2020 og 2025. Lífræn jarðvegsskán var skráð í sjö stöðvum árið 2025 og hafði víðast hvar mjög litla þekju en líkt og fyrri ár var hún talin með mosum við úrvinnslu gagna. Þekja mosa breyttist ekki marktækt milli ára og fjarlægð frá álveri og stefna höfðu ekki marktæk áhrif. Þekja flétta hefur hins vegar minnkað marktækt milli ára á öllu rannsóknarsvæðinu ( $\beta = -0,116$  á logit-kvarða, sem samsvarar um 0,4 prósentustiga lækkun á ári við meðalgildi gagna;  $p < 0,001$ ). Áhrif fjarlægðar og áttar frá álveri á fléttuþekju voru ekki marktæk, en talsverður breytileiki var milli stöðva, bæði í upphafsþekju og í þróun yfir tíma. Við samanburð ljósmynda mátti víða sjá allnokkur ummerki um beit hreindýra á fléttum í smáreitum.



68. mynd. Meðalþekja (%) allra æðplöntutegunda (uppi t.v.), mosa (uppi t.h.), flétta (niðri t.v.) og ógróins yfirborðs og steina (niðri t.h.) árin 2005, 2009, 2015, 2020 og 2025. Staðalskekkja meðaltala er sýnd fyrir öll svæði nema S <2 km, sem hafði aðeins eina stöð. Gögn vantar fyrir stöðvar 10, 25 og 26 á svæði V 2–5 km og stöðvar 4 og 27 á svæði V 0–2 km. Y-ás er mismunandi milli grafa.

Þekja ógróins yfirborðs var almennt lítil og breyttist ekki mikið á rannsóknartímanum (68. mynd). Við tölfræðiúrvinnslu kom í ljós marktækt víxlverkun milli tíma og fjarlægðar frá álveri ( $\beta = 0,037; p = 0,016$ ) en breytingin var óháð stefnu frá álveri. Það endurspeglar að

öllum líkindum breytinguna sem sést á V 0–2 km annars vegar og V 2–5 km hins vegar á 68. mynd niðri t.h., en samanburður ljósmynda gaf í skyn að hana mætti rekja til annars vegar göngustígs í einni stöðinni á V 2–5 km sem breikkaði milli ára og hins vegar tveggja stöðva á V 0–2 km þar sem smárunnar (og í tilviki eins smáreits, lúpína) breiddust yfir áður ógróna bletti.

#### **6.3.4 Þekja tegundahópa æðplantna**

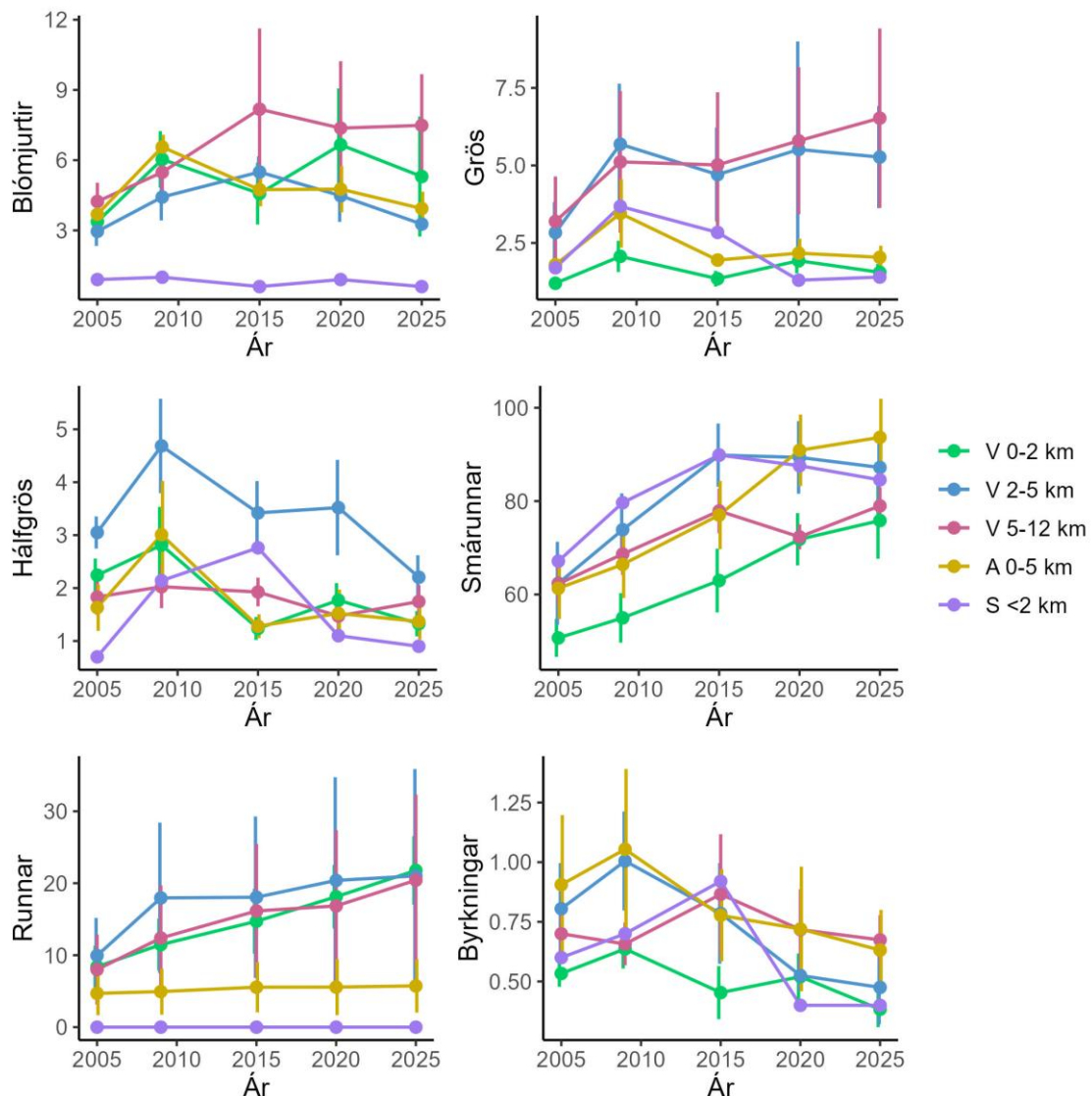
Þekja smárunna, runna og blómjurta jókst á rannsóknartímanum, en það eru einnig þeir tegundahópar sem höfðu hvað mesta þekju í upphafi vöktunar (69. mynd). Þekja grasa, hálfgrasa og byrkninga var almennt talsvert minni og breyttist lítið eða fór minnkandi á tímabilinu (sjá nánari umfjöllun hér neðar). Engar marktækar vísbendingar um áhrif fjarlægðar eða stefnu frá álveri á framvindu þessara tegundahópa fundust, heldur virðast helstu breytingar vera aukin þekja runna og smárunna, sem líklega má að mestu rekja til minna beitarálags á síðari tímum en áður, í samspili með loftslagsbreytingum (Raynolds o.fl., 2015; Bjorkman o.fl., 2018; Halldór Björnsson o.fl., 2023).

Þekja blómjurta (t.d. ljónslappi, kornsúra og bláklukka) var gjarnan á bilinu 3–6% (69. mynd). Breyting þekju með tíma fylgdi 2. gráðu margliðu (Ár:  $\beta=0,005$  á log-kvarða;  $p=0,567$ ;  $l(\text{Ár}^2)$ :  $\beta=-0,003$ ;  $p<0,001$ ) sem bendir til bogadreginnar þróunar, líkt og sést á 69. mynd, en áhrif fjarlægðar og stefnu frá álveri voru ekki marktæk.

Þekja grasa (t.d. bugðupunktur, túnvingull og ilmreyr) var í flestum tilvikum <5% (69. mynd) og breytingar á rannsóknartímanum voru ekki marktækar ( $\beta=0,009$  á log-kvarða,  $p=0,181$ ) né heldur áhrif fjarlægðar og stefnu frá álveri. Þekja hálfgrasa var einnig lítil (69. mynd) en hún hefur hins vegar minnkað marktækt á rannsóknartímanum ( $\beta=-0,019$  á log-kvarða;  $p<0,001$ ), óháð fjarlægð eða stefnu frá álveri.

Smárunnar (t.d. krækilyng, bláberjalyng og beitleyng) hafa alla jafna haft nokkuð mikla þekju og hún jókst umtalsvert á fyrri helmingi rannsóknartímans en hefur hægt nokkuð á eftir það (69. mynd). Línuleg aukning og 2. gráðu margliða voru marktækar (Ár:  $\beta=1,27$ ,  $p<0,001$ ;  $l(\text{Ár}^2)$ :  $\beta=-0,040$ ,  $p=0,016$ ), en þróunin var ekki marktækt háð fjarlægð eða stefnu frá álveri. Þekja runna (t.d. fjalldrapi, fjallavíðir og loðvíðir) jókst líka marktækt og breytingin samsvarar aukningu um 0,42 prósentustig á ári ( $\beta=0,424$ ,  $p=0,007$ ), eða u.þ.b. 8,5 prósentustigum frá 2005 til 2025, en áhrif fjarlægðar og stefnu frá álveri voru ekki marktæk. Runnar hafa hvað mesta þekju á rannsóknarsvæðum vestan álvers en minna austan og finnast ekki í stöðinni sunnan megin (69. mynd).

Þekja byrkninga (t.d. beitieski, klóelfting og tungljurt) var almennt lítil og fór minnkandi (69. mynd;  $\beta=-0,011$ ,  $p=0,001$ ). Víxlverkun tíma og fjarlægðar frá álveri var ekki marktæk ( $\beta=0,003$ ,  $p=0,416$ ) en víxlverkun fjarlægðar og áttar var það hins vegar ( $\beta=-1,052$ ,  $p=0,028$ ) sem lýsir breytileika í þekju byrkninga í rúmi, óháð tíma.



69. mynd. Meðalþekja (%) allra tegunda blómjurtar (uppi t.v.), grasa (uppi t.h.), hálfgrasa (miðja t.v.), smárunna (miðja t.h.), runna (niðri t.v.) og byrkninga (niðri t.h.) árin 2005, 2009, 2015, 2020 og 2025. Staðalskekkja meðaltala er sýnd fyrir öll svæði nema S <2 km, sem hafði aðeins eina stöð. Gögn vantar fyrir stöðvar 10, 25 og 26 á svæði V 2–5 km og stöðvar 4 og 27 á svæði V 0–2 km. Y-ás er mismunandi milli grafa.

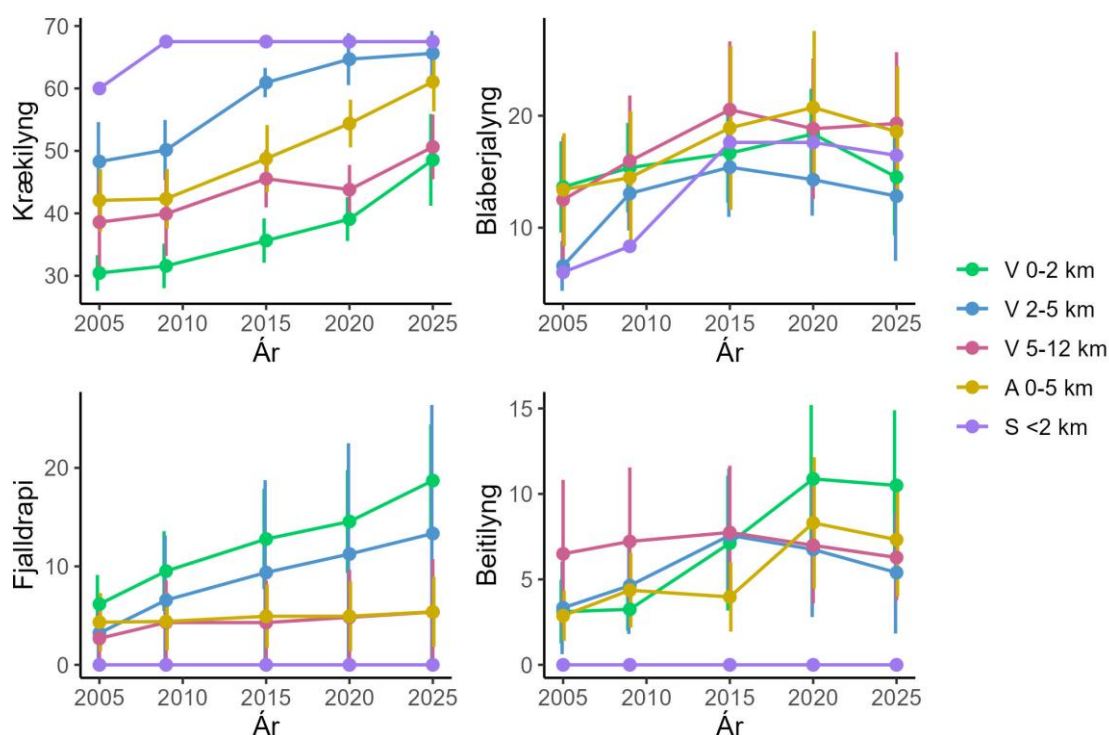
### 6.3.5 Þekja ríkjandi æðplöntutegunda

Þrjár af fjórum þekjumestu æðplöntutegundum svæðisins eru smárunnategundir (krækilyng, bláberjalyng og beitleyng) og ein flokkast til runna (fjalldrapi). Þekja þeirra allra jókst marktækt á rannsóknartímanum (70. mynd) og breytingarnar fylgja svipaðri þróun og hjá samsvarandi tegundahópum (69. mynd), sem samanstanda að miklu leyti af þessum ríkjandi tegundum. Engar marktækar vísbendingar um áhrif fjarlægðar eða stefnu frá álveri á framvindu þessara tegunda fundust (sjá nánari umfjöllun hér neðar).

Líkt og fyrri ár var krækilyng (*Empetrum nigrum*) algengast allra æðplöntutegunda árið 2025, með rúmlega 50% meðalþekju (70. mynd). Þekja þess hefur aukist marktækt á rannsóknartímanum ( $\beta=0,826$ ;  $p<0,001$ ), alls um 16,5 prósentustig að meðaltali á þessum 20 árum. Áhrif fjarlægðar frá álveri og stefnu reyndust ekki marktæk.

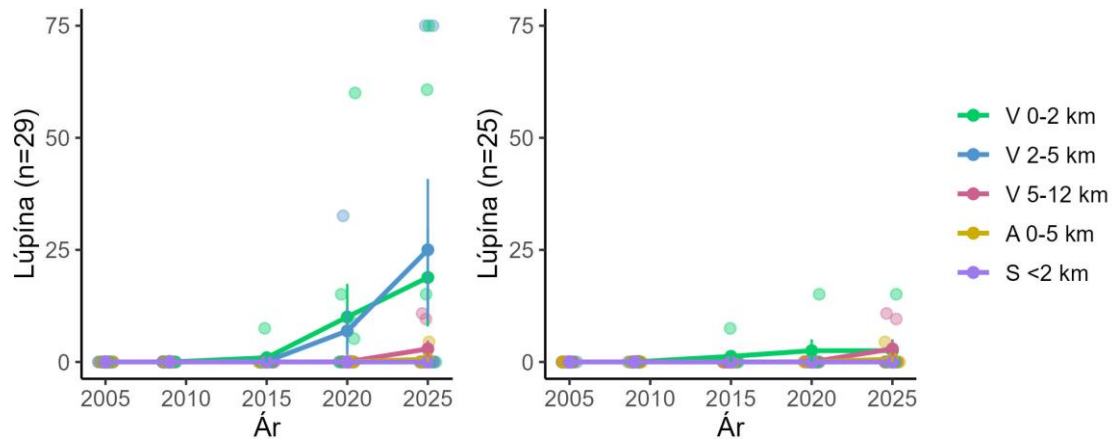
Næstmestu meðalþekjuna árið 2025 hafði bláberjalyng (*Vaccinium uliginosum*) (15%), rétt eins og fyrri athugunarár. Heildarþekja þess jókst hratt snemma á rannsóknartímabilinu en hefur hægt verulega á sl. ár og jafnvel dregist saman á einhverjum stöðvum frá úttekt árið 2020 (70. mynd). Heilt yfir var aukning á tímabilinu marktæk ( $\beta=0,266$ ;  $p<0,001$ ) en 2. gráðu margliða var neikvæð og einnig marktæk ( $\beta=-0,037$ ;  $p<0,001$ ) sem endurspeglar bogadregna þróun bláberjalyngs milli ára. Breytingar á þekju beitilyngs á rannsóknartímanum voru svipaðar og hjá bláberjalyngi (70. mynd) og aukin þekja þess marktæk ( $\beta=0,059$ ;  $p<0,001$ ), sem og 2. gráðu margliða ( $\beta=-0,004$ ;  $p<0,001$ ). Engin marktæk áhrif fjarlægðar frá álveri eða stefnu fundust fyrir þessar tvær tegundir.

Þekja fjalldrappa jókst marktækt milli ára ( $\beta=0,115$ ;  $p=0,002$ ) og var einna mest á stöðvum í undir 5 km fjarlægð vestur af álveri (70. mynd), sem endurspegladist í marktækum áhrifum fjarlægðar frá álveri ( $\beta=-7,98$ ;  $p=0,006$ ) og stefnu ( $\beta=5,41$ ;  $p=0,015$ ). Víxlverkanir breyta voru hins vegar ekki marktækar sem bendir til þess að breytingin yfir tímabilið hafi ekki verið undir marktækum áhrifum fjarlægðar frá álveri og að breytileiki í þekju með fjarlægð sé ekki mismunandi m.t.t. átta frá álveri.



70. mynd. Meðalþekja (%) krækilyngs (uppi t.v.), bláberjalyngs (uppi t.h.), fjalldrappa (niðri t.v.) og beitilyngs (niðri t.h.) árin 2005, 2009, 2015, 2020 og 2025. Staðalskekkja meðaltala er sýnd fyrir öll svæði nema S <2 km, sem hafði aðeins eina stöð. Gögn vantar fyrir stöðvar 10, 25 og 26 á svæði V 2–5 km og stöðvar 4 og 27 á svæði V 0–2 km. Y-ás er mismunandi milli grafa.

Ef allar stöðvar hefðu verið notaðar við samantekt gagna árið 2025, líka þær þar sem aðeins fannst einn smáreitir vegna útbreiðslu lúpínu, hefði meðalþekja lúpínu (11%) verið sú þriðja hæsta af öllum æðplöntutegundum það ár, á eftir krækilyngi (51%) og bláberjalyngi (15%). 71. mynd sýnir breytingu í þekju lúpínu milli ára fyrir allar 29 stöðvarnar (t.v.) og fyrir þær 25 sem notaðar voru við gerð grafa á 67.–70. mynd (t.h.).



71. mynd. Meðalþekja (%) lúpínu á öllum 29 stöðvum sem voru mældar (t.v.) og á þeim 25 stöðvum sem notaðar voru við tölfræðilega úrvinnslu (t.h.) árin 2005, 2009, 2015, 2020 og 2025. Staðalskekkja meðaltala er sýnd fyrir öll svæði nema S < 2 km, sem hafði aðeins eina stöð. Auk þess er gildi hvernar stöðvar hvert ár sýnt með hálfgegnsæjum punktum.

Niðurstöður tegundaskráningar og þekjumats á öllum stöðvum árið 2025 má sjá í viðauka 16. Tegundaheiti fylgja Pawel Wąsowicz (2020).

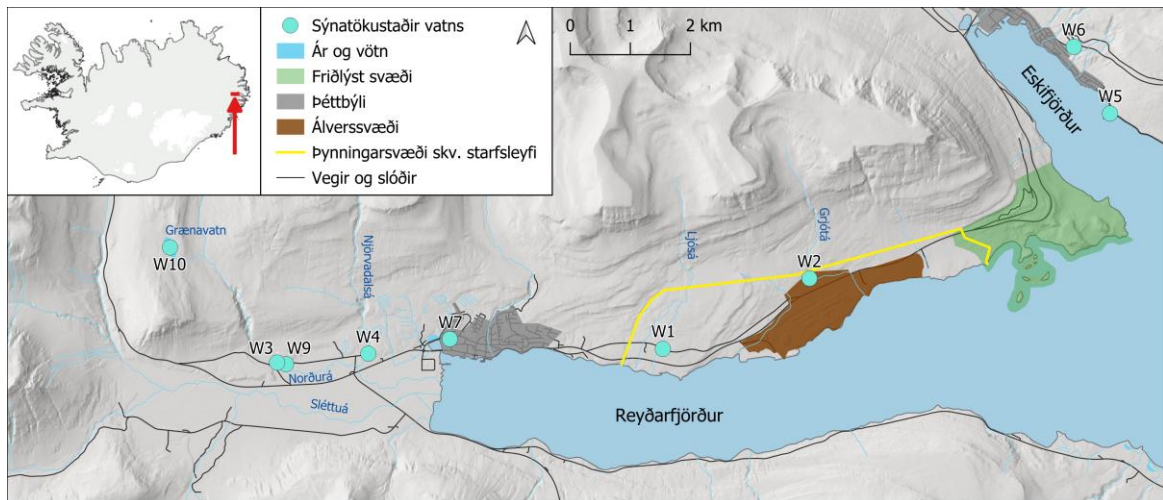
## 7 Yfirborðsvatn

### 7.1 Inngangur

Teknar eru saman niðurstöður mælinga á vatnssýnum frá Reyðarfirði og Eskifirði árið 2025. Sýnum var safnað á níu sýnatökustöðum árið 2025; úr fjórum ám (W1–W4), fjórum neysluvatnsstöðum (W5, W6, W7 og W9) og einu stöðuvatni (Grænavatn, W10) (72. mynd). Sýnatökustaður W8 (gamla dæluhúsið við Njörvadalsá) datt út í janúar 2021 (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2022). Sýnum var safnað fjórum sinnum yfir árið af árvatni og neysluvatni (W1–W9), þann 28. janúar, 9. apríl, 28. júlí og 28. október, en tvisvar úr Grænavatni (W10), 28. júlí og 28. október.

Í öllum sýnum var mælt sýrustig (pH), leiðni, basarýmd (e. alkalinity), flúorstyrkur og styrkur brennisteins. Mælingar á sýnum teknum í janúar og apríl voru í höndum Hafrannsóknastofnunar en Matís mældi sýni sem tekin voru í júlí og október. Auk þess var ákvarðaður styrkur fjölhringa arómatískra kolvetna (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH-16) í seinasta sýnaskammti ársins. PAH mælingar voru framkvæmdar hjá ALS Scandinavia í Svíþjóð.

Niðurstöður eru settar fram sem ársmeðaltöl fyrir hvern sýnatökustað og einnig eru tekin saman ársmeðaltöl fyrir árvatn annars vegar og neysluvatn hins vegar. Niðurstöðurnar eru bornar saman við niðurstöður tíu undangenginna ára. Niðurstöður ársins 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi.



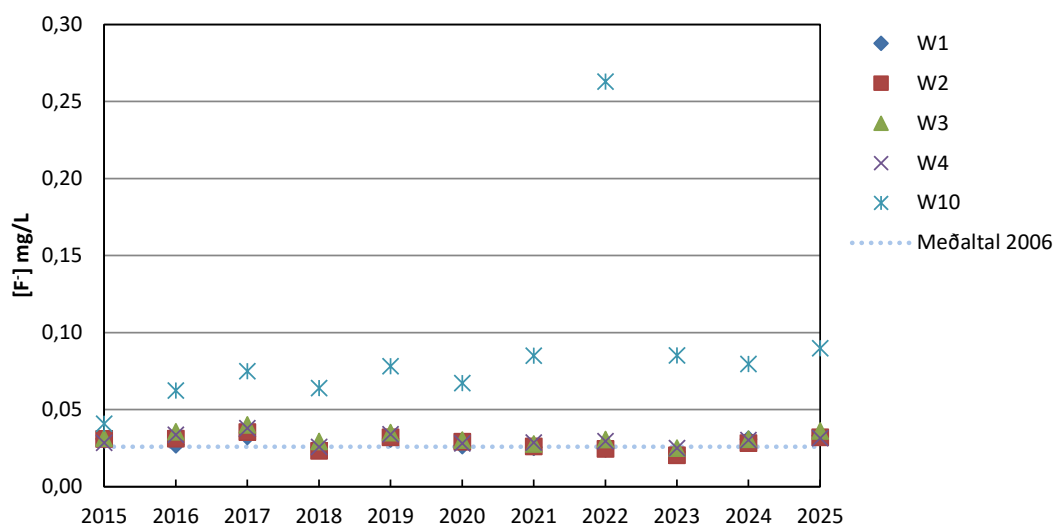
72. mynd. Sýnatökustaðir vatnssýna 2025 (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2020; 2022).

## 7.2 Niðurstöður

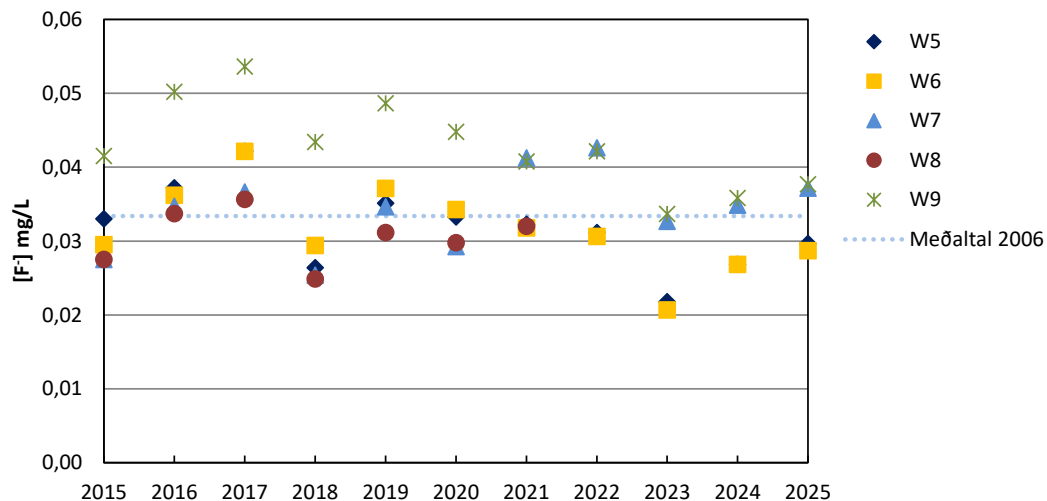
### 7.2.1 Flúor

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 frá öllum sýnatökustöðum árið 2025 var 0,04 mg/L sem er jafnt meðaltali ársins 2024. Þessi flúorstyrkur er alllangt undir hámarksgildi fyrir flúor í neysluvatni.

Ársmeðaltal fyrir árvatn (W1–W4) og neysluvatn (W5, W6, W7 og W9) var 0,03 mg/L sem er sambærilegt við undanfarin ár. Meðalstyrk flúors í vatni á tímabilinu 2015 til 2025 má sjá á 73. mynd (árvatn og Grænavatn) og 74. mynd (neysluvatn). Mælingar frá 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi fyrir svæðið og er meðalstyrkur flúors á viðkomandi sýnatökustöðum það árið sýndur sem blá punktalína. Flúorstyrkur í Grænavatni var mjög hár árið 2022 en hefur lækkað aftur og mælist sambærilegur og áður. Hugsanlega gæti þessi hækkun árið 2022 skrifast á mengun við sýnatöku eða við mælingar (Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2023). Flúorstyrkur allra sýna var vel innan marka hámarksgilda í neysluvatni skv. reglugerð um neysluvatn.



73. mynd. Ársmeðalstyrkur flúors í árvatni (W1–W4) og Grænavatni (W10) 2006 og 2015–2025.



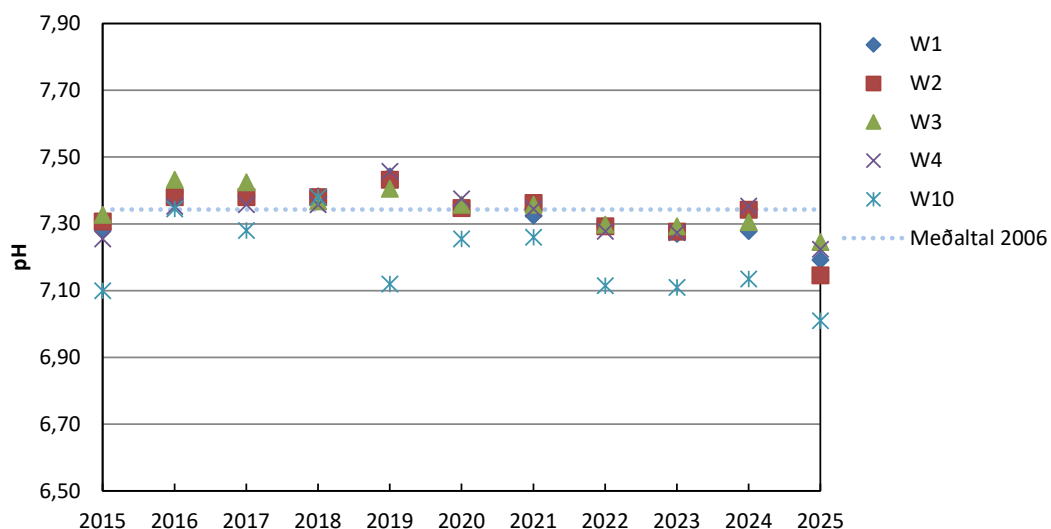
74. mynd. Ársmeðaltöl af styrk flúors í neysluvatni árið 2006 og 2015–2025.

### 7.2.2 Sýrustig (pH)

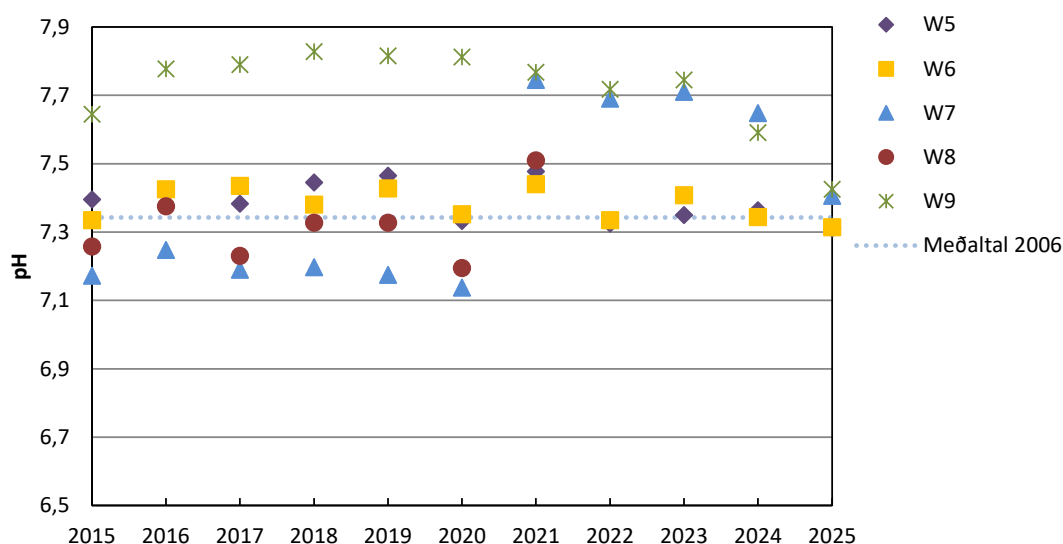
Samkvæmt reglugerð um neysluvatn (nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) er tekið fram að neysluvatn skuli hafa sýrustig á bilinu 6,5–9,5. Á 75. og 76. mynd má sjá meðaltal sýrustigs í ám og í neysluvatni á tímabilinu 2015–2025.

Mælingar frá 2006 eru notaðar sem bakgrunnsgildi fyrir svæðið og er meðalsýrustig á viðkomandi sýnatökustöðum það árið sýnt sem blá punktalína. Sýrustig allra einstakra sýna árið 2025 var innan leyfilegra marka reglugerðar um neysluvatn.

Ársmeðaltal sýrustigs vatns frá öllum sýnatökustöðum árið 2025 var 7,25. Í árvatni (W1–W4) var ársmeðaltal sýrustigs 7,20 og mældust öll sýni á bilinu 6,97–7,51. Í Grænavatni var ársmeðaltal sýrustigs 7,01. Þetta er sambærilegt við árið 2024 (75. mynd). Í neysluvatni (W5–W9) var ársmeðaltal sýrustigs 7,49. Hæst mældist sýrustigið 7,66 í sýni frá W7 í apríl og lægst 6,97 í sýni frá W2 í júlí. Af neysluvatnssýnatökustöðum virðist W7 sýna mestar breytingar í gegnum tíðina. Til og með ársins 2020 var W7 með lægsta sýrustigið en það virðist hafa aukist á árunum 2021–2024 (76. mynd). Á árinu 2025 var sýrustig í sýnum frá W7 hins vegar nær meðaltali ársins 2006.



75. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í árvatni (W1–W4) og Grænavatni (W10) 2006 og 2015–2025.



76. mynd. Ársmeðaltöl sýrustigs í neysluvatni árin 2006 og 2015–2025.

### 7.2.3 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 uppgæfið 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. Einnig er tiltekið hámarksgildið 0,010 µg/L fyrir benzo(a)pyren. PAH-16 var greint í októbersýnum á öllum sýnatökustöðum.

Öll sýni mældust undir magngreiningarmörkum PAH efnasambandanna fjögurra og því eru tölurnar gefnar upp sem <X (minna en) samanlögð magngreiningarmörk þeirra (5. tafla). Þetta er sambærilegt við niðurstöður frá og með árinu 2011. Benso(a)pyren mældist undir greiningarmörkum, <0,01 µg/L, í öllum sýnum.

5. tafla. Samanlagður styrkur benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren í vatnssýnum árið 2006 og 2015–2025.

|      | 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  |
| 2022 | < 0,016   | < 0,0173 | < 0,016  | < 0,016   | < 0,016  | < 0,016  | < 0,016  |          | < 0,016  | < 0,016  | < 0,016  |
| 2023 | < 0,016   | < 0,016  | < 0,016  | < 0,016   | < 0,016  | < 0,016  | < 0,016  |          | < 0,016  | < 0,016  | < 0,016  |
| 2024 | < 0,016   | < 0,016  | < 0,016  | < 0,016   | < 0,016  | < 0,016  | < 0,016  |          | < 0,016  | < 0,016  | < 0,016  |
| 2025 | < 0,04    | < 0,04   | < 0,04   | < 0,04    | < 0,04   | < 0,04   | < 0,04   |          | < 0,04   | < 0,04   | < 0,04   |

Niðurstöður á styrk allra PAH efna (PAH16) í vatnssýnum árið 2025 má finna í viðauka 17.

#### 7.2.4 Brennisteinn

Í reglugerð um neysluvatn (reglugerð nr. 536/2001 með síðari breytingum nr. 145/2008 og nr. 570/2018) eru gefin upp hámarksgildi súlfats í neysluvatni (250 mg SO<sub>4</sub>/L), sem jafngildir 83,3 mg/L af brennisteini 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 þekkt.

Styrkur brennisteins í árvatni og neysluvatni hefur almennt breyst lítið síðan mælingar hófust, sjá 6. töflu. Mæligildi fyrir einstök sýni voru öll vel undir þeim mörkum sem gefin eru upp í reglugerð og mældist brennisteinn hæstur 0,83 mg/L í Grænavatni í júlí.

6. tafla. Meðalársstyrkur brennisteins (mg/L) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015–2025.

| [S] mg/L   | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Árvatn     | 0,45 | 0,41 | 0,41 | 0,38 | 0,38 | 0,39 | 0,37 | 0,42 | 0,39 | 0,33 | 0,43 |
| Neysluvatn | 0,49 | 0,46 | 0,47 | 0,46 | 0,42 | 0,40 | 0,45 | 0,46 | 0,45 | 0,33 | 0,46 |
| Grænavatn  | 0,50 | 0,49 | 0,69 | 0,54 | 0,58 | 0,50 | 0,59 | 0,56 | 0,56 | 0,55 | 0,81 |

#### 7.2.5 Basarýmd (e. alkalinity)

Ársmeðaltöl basarýmdar frá árinu 2015 má sjá í 7. töflu. Basarýmd neysluvatns helst svipuð á milli ára og er að meðaltali 21,9 mg CaCO<sub>3</sub>/L árið 2025. Dreifing er lítil milli einstakra sýna og á milli staða, en hæst mælist basarýmdin 22,7 mg CaCO<sub>3</sub>/L í W6 í janúar, og lægst 20,7 mg CaCO<sub>3</sub>/L í W5 í apríl.

Meiri sveiflur eru í mæligildum fyrir árvatn. Basarýmd árvatns mælist lægst 8,5 mg CaCO<sub>3</sub>/L í W4 í október og hæst 20,2 mg CaCO<sub>3</sub>/L í W3 í júlí. Ársmeðaltal árvatnssýna er 15,2 mg CaCO<sub>3</sub>/L. Ársmeðaltal basarýmdar í Grænavatni er 14,8 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

7. tafla. Ársmeðaltöl basarýmdar (mg CaCO<sub>3</sub>/L) í neysluvatni, árvatni og í Grænavatni árin 2015–2025.

| mg CaCO <sub>3</sub> /L | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Árvatn                  | 13,5 | 15,5 | 15,1 | 13,9 | 14,2 | 15,7 | 14,5 | 14,2 | 14,3 | 15,5 | 15,2 |
| Neysluvatn              | 18,5 | 18,7 | 20,6 | 19,8 | 19,8 | 19,3 | 22,1 | 21,5 | 21,3 | 22,1 | 21,9 |
| Grænavatn               | 12,0 | 17,5 | 15,9 | 12,4 | 16,1 | 12,0 | 13,0 | 10,6 | 12,0 | 13,9 | 14,8 |

#### 7.2.6 Leiðni

Meðalleiðni lækkar á milli ára bæði í árvatni og neysluvatni (8. tafla) en leiðni vatns er háð ýmsum breytum, m.a. veðurfari og árstíðum og rúmast sveiflur innan árs og á milli ára innan náttúrulegs breytileika. Leiðnin er almennt frekar sveiflukennd, sérstaklega í árvatnssýnunum.

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 og voru öll sýni undir þeim mörkum.

8. tafla. Meðalársleiðni ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) í ám, neysluvatni og í Grænavatni árin 2015–2025.

| $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Árvatn                  | 43,2 | 43,9 | 50,1 | 41,2 | 42,4 | 49,2 | 42,8 | 48,6 | 43,8 | 50,0 | 46,5 |
| Neysluvatn              | 55,1 | 54,7 | 59,1 | 54,8 | 51,4 | 56,0 | 57,1 | 60,1 | 57,4 | 60,2 | 57,8 |
| Grænavatn               | 36,5 | 34,8 | 44,1 | 36,3 | 45,7 | 36,8 | 40,8 | 37,7 | 41,2 | 40,3 | 44,8 |

Niðurstöður allra efnamælinga í vatnssýnum fyrir árið 2025 má finna í viðauka 17.

## 8 Jarðvegur

### 8.1 Inngangur

Til að fylgjast með mögulegri uppsöfnun fosfórs (P), flúors (F), klórs (Cl) og súlfats ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) í jarðvegi hefur styrkur þessara efna verið mældur reglulega innan við tveggja kílómetra fjarlægð frá strompi álversins. Bakgrunnsmælingar fóru fram á árunum 2004–2006 áður en álverið hóf starfsemi á tíu stöðum en eftir 2010 á níu stöðum. Eftir að rekstur álversins hófst hefur vöktun farið fram á fimm ára fresti, árin 2010, 2015, 2020 og nú síðast árið 2025.

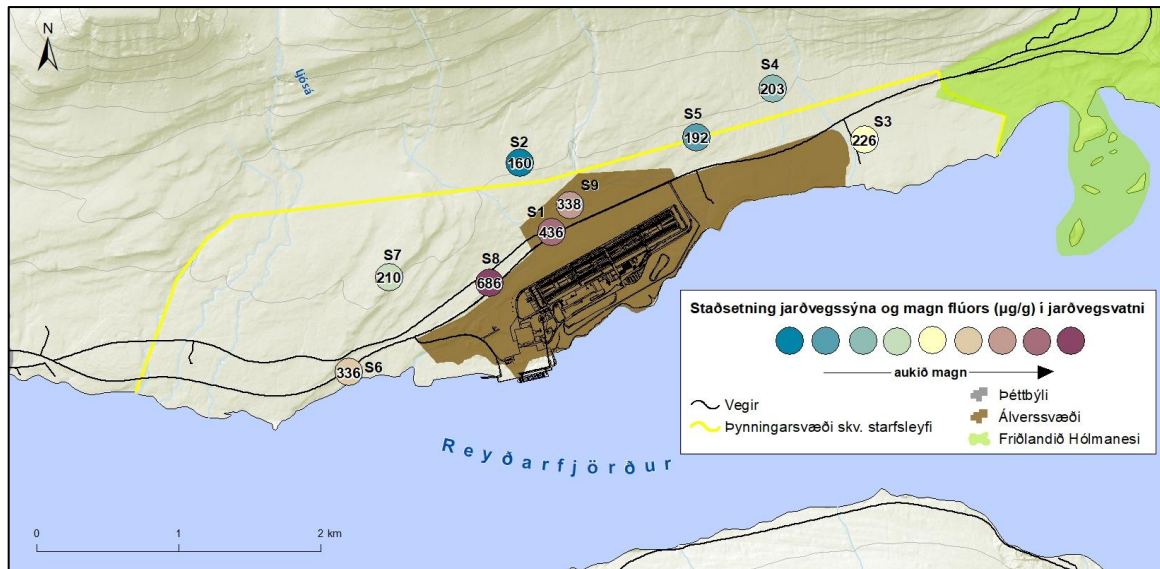
### 8.2 Aðferðir

Jarðvegssýni voru tekin 4. september 2025 á níu sýnatökustöðum í um 2 km ráðius frá álverinu í Reyðarfirði (77. mynd). Sýnatakan fór fram á sömu stöðum og með sama verklagi og fyrri sýnatökuár. Á hverjum sýnatökustað er jarðvegi safnað með kjarnabor sem var 6 cm í þvermál. Hvert sýni samanstóð af fimm hlutsýnum úr kjarnabornum. Hlutsýnin voru tekin innan 1 m rádiuss frá sýnatökustaðnum. Efsta lagið, þar sem finna mátti plöntuleifar og rætur, var fjarlægt og um 5 cm þykkt sýni tekið þar fyrir neðan úr hverju hlutsýni og blandað í eitt sýni. Í öllum sýnum var mældur heildarstyrkur flúors auk styrks flúors, klórs, brennisteins og fosfórs í lausn úr skoluðum jarðvegi hjá efna-rannsóknnum hjá Matís ohf.

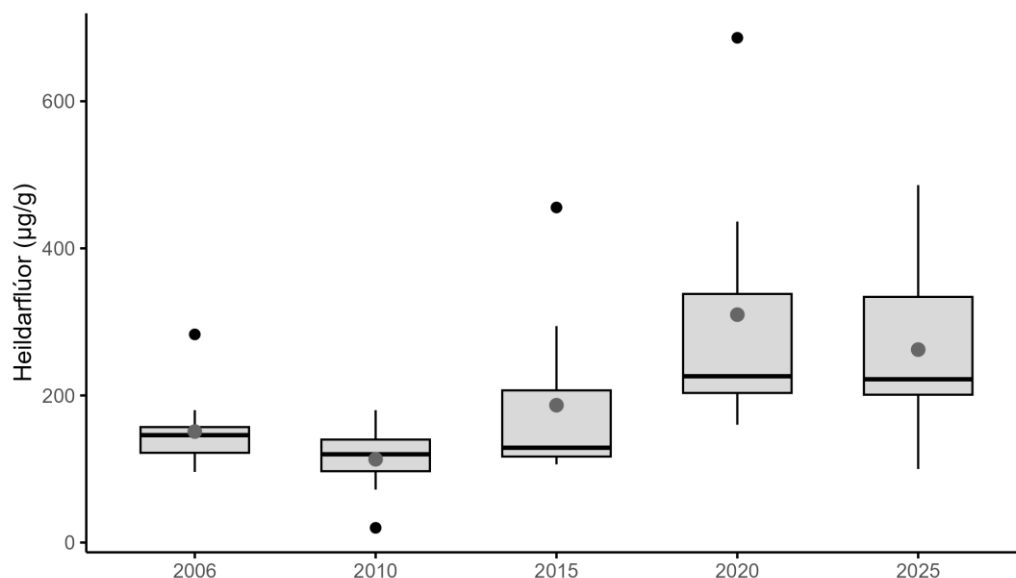
### 8.3 Niðurstöður

#### 8.3.1 Flúor

Styrkur heildarflúors í jarðvegi árið 2025 var að meðaltali 262  $\mu\text{g}/\text{g}$  (spönn 101–486  $\mu\text{g}/\text{g}$ ). Hæsti styrkur mældist á sýnatökustað S6 vestan við álverið, en lægsti styrkurinn á S5 uppi í hlíðinni norðaustan við álverið (77. mynd). Samanburður við fyrri mælingar sýnir að styrkur heildarflúors árið 2025 var marktækt hærri en við bakgrunnsmælingar árið 2006 ( $V = 40$ ;  $p = 0,044$ ). Einnig var styrkurinn marktækt hærri en árið 2010 ( $V = 44$ ;  $p = 0,013$ ). Styrkur heildarflúors árið 2025 var hins vegar ekki marktækt frábrugðinn gildum ársins 2015 ( $V = 33$ ;  $p = 0,236$ ) né heldur ársins 2020 ( $V = 14$ ;  $p = 0,343$ ) (78. mynd).



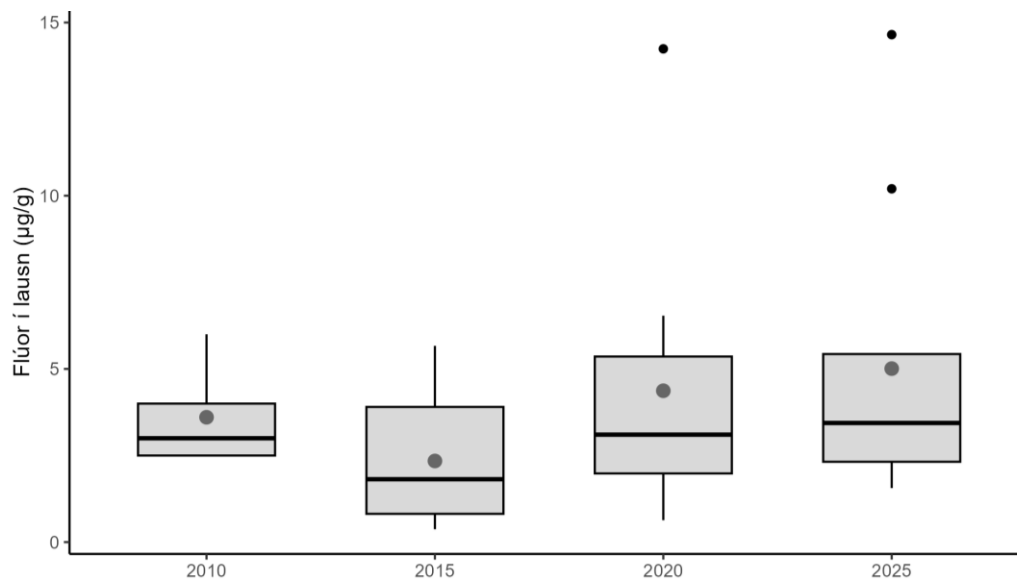
77. mynd. Styrkur flúors í jarðvegi á níu sýnatökustöðum í Reyðarfirði í september 2025. Tekin voru fimm hlutsýni á hverri stöð (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).



78. mynd. Styrkur flúors (µg/g) í jarðvegi árin 2006, 2010, 2015, 2020 og 2025 í Reyðarfirði. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Línur út frá kassa sýna 5% og 95% öryggismörk. Fylltir svartir hringir tákna útlaga og fylltir gráir hringir eru meðaltöl fyrir ár.

### 8.3.2 Flúor í lausn

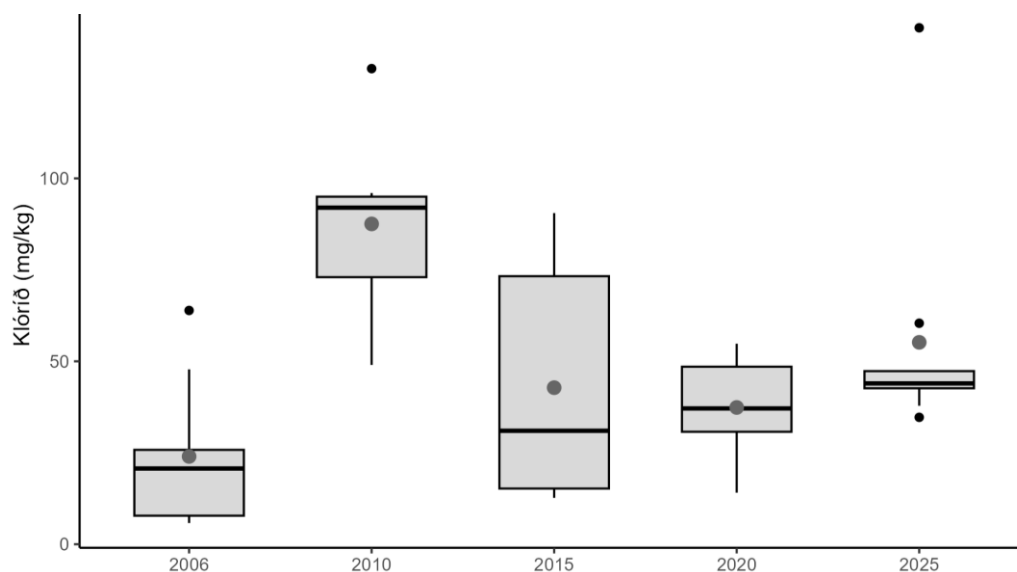
Árið 2025 var meðalstyrkur flúors í lausn 5,0 µg/g (spönn 1,6–14,7 µg/g). Hæsti styrkur mældist á sýnatökustað S8, sem er staðsettur vestan við álverið, en lægsti styrkurinn á S4 uppi í hlíðinni norðaustan við álverið. Styrkur flúors í lausn úr skoluðum jarðvegi hefur áður verið mældur árin 2004 og 2005 (bakgrunnsmælingar), sem og árin 2010, 2015 og 2020. Þar sem aðrar mæliaðferðir voru notaðar við mælingar árin 2004 og 2005 eru þær niðurstöður ekki samanburðarhæfar við mælingar síðari ára. Ekki mældist marktækt breyting á flúorstyrk milli áranna 2020 og 2025 ( $t = 0,6$ ;  $p = 0,581$ ). Hins vegar var styrkurinn árið 2025 marktækt hærri en árið 2015 ( $t = 2,4$ ;  $p = 0,04$ ), en ekki marktækt frábrugðinn gildum ársins 2010 ( $t = 0,8$ ;  $p = 0,431$ ) (79. mynd).



79. mynd Styrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í lausn úr skoluðum jarðvegi árin 2010, 2015, 2020 og 2025 í Reyðarfirði. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Línur út frá kassa sýna 5% og 95% öryggismörk. Fylltir svartir hringir tákna útlaga og fylltir gráir hringir eru meðaltöl fyrir ár.

### 8.3.3 Klóríð í lausn

Meðalstyrkur klóríðs í lausn úr skoluðum jarðvegi árið 2025 var  $55 \mu\text{g/g}$  (spönn 35–141  $\mu\text{g/g}$ ). Hæst var gildið á sýnatökustað S1 við Sómastaði rétt ofan álvers, en lægst á sýnatökustað S8 vestan álversins. Styrkur klóríðs hefur verið breytilegur milli ára og sýnatökustaða og var það hæst árið 2010 (**Error! Reference source not found..** mynd). Samanburður ársins 2025 við fyrri mælingar sýnir að styrkur klóríðs var marktækt hærri en árið 2006 (bakgrunnsathugun) ( $V=42$ ,  $p=0,024$ ). En ekki reyndist marktækur munur á styrk klóríðs árið 2025 og gildum árunna, 2010 ( $V=7$ ,  $p=0,07$ ), 2015 ( $V=26$ ,  $p=0,722$ ) eða 2020 ( $V=38$ ,  $p=0,076$ ) (**Error! Reference source not found..** mynd).

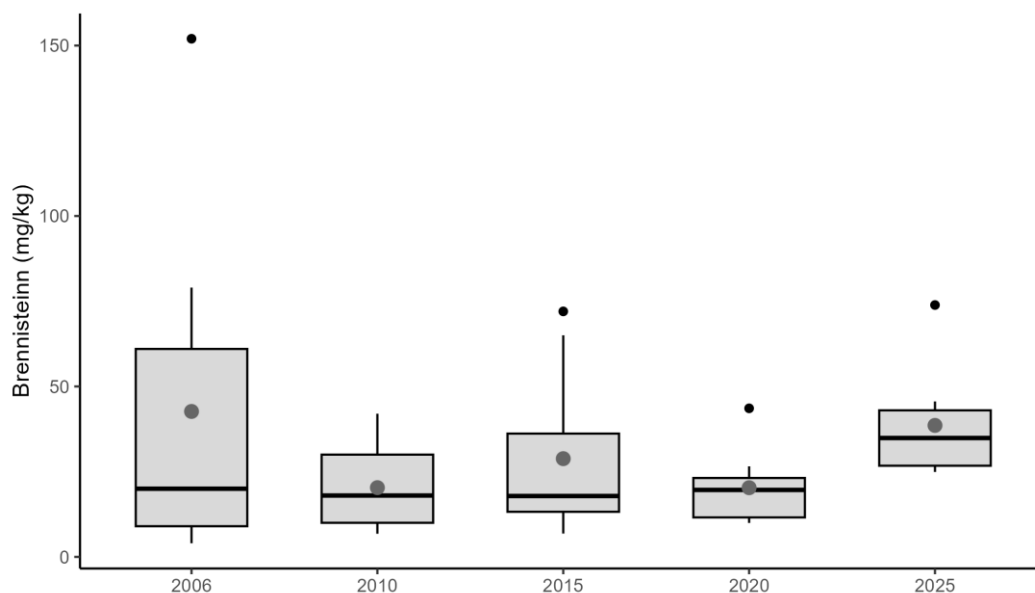


80. mynd. Styrkur klórs ( $\mu\text{g/g}$ ) í lausn úr skoluðum jarðvegi árin 2006, 2010, 2015, 2020 og 2025. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Línur út frá kassa sýna 5% og 95% öryggismörk. Fylltir svartir hringir tákna útlaga og fylltir gráir hringir eru meðaltöl fyrir ár.

### 8.3.4 Brennisteinn í lausn

Meðalstyrkur brennisteins í lausn úr skoluðum jarðvegi árið 2025 var 39  $\mu\text{g/g}$  (spönn 27–74  $\mu\text{g/g}$ ). Hæsti styrkurinn var á sýnatökustað S7 norðvestan álvers og lægsti styrkurinn var á S4 í hlíðinni norðaustur af álverinu. Styrkur brennisteins í lausn úr skoluðum jarðvegi hefur verið breytilegur milli ára og sýnatökustaða (81. mynd). Dreifing mælinga var mest í bakgrunnsstillingum og þá sérstaklega árið 2006, þar sem bæði fjórðungsbil og hæstu gildi voru meiri en á síðari árum og einstök há gildi komu fram. Á árunum eftir að rekstur álversins hófst var dreifing styrks almennt minni og gildin jafnari milli sýnatökustaða, sérstaklega árið 2020. Árið 2025 mældist þó hærra miðgildi og meiri dreifing en árið 2020, en dreifingin var engu að síður minni en í bakgrunnsstillingunum.

Samanburður við fyrri mælingar sýnir að styrkur brennisteins árið 2025 var marktækt lægri en við bakgrunnsstillingum (meðaltal áranna 2004–2006) ( $V = 0$ ,  $p = 0,02$ ). Hins vegar var styrkurinn árið 2025 marktækt hærri en árið 2010 ( $V = 43$ ;  $p = 0,018$ ) og einnig hærri en árið 2020 ( $V = 44$ ;  $p = 0,013$ ). Ekki reyndist marktækur munur á styrk milli áranna 2025 og 2015 ( $V = 29$ ;  $p = 0,477$ ).



81. mynd. Styrkur brennisteins ( $\mu\text{g/g}$ ) í lausn úr skoluðum jarðvegi árið 2006, 2010, 2015, 2020 og 2025. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Línur út frá kassa sýna 5% og 95% öryggismörk. Fylltir svartir hringir tákna útlaga og fylltir gráir hringir eru meðaltöl fyrir ár.

Niðurstöður mælinga á flúor, klór og brennisteini í jarðvegsvatni fyrir árið 2025 er að finna í viðauka 18.

## 9 Búfénaður

### 9.1 Inngangur

Grasbítar taka upp flúor með fóðri og vatni. Vegna flúorlosunar frá álverum er magn flúors í gróðri og vatni í námunda við álver að jafnaði meiri en þekkt utan áhrifasvæða álvera (Livesey & Payne, 2011). Vegna hás styrks flúors í grasi sumarið 2012 var ákveðið í samráði við Umhverfisstofnun og Matvælastofnun að kanna áhrif þess á búfénað í

Reyðarfirði. Rannsóknirnar felast í mælingu á styrk flúors í 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 búfánaði 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 (e. dental fluorosis) og uppsöfnun flúors í beinum, en slíkt getur valdið óeðlilegri beinmyndun og krónískum sjúkdóm (e. 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).

Í Noregi er stuðst við flokkunarkerfi við mat á skaðlegum áhrifum flúors á heilsu búfánaðar. Kerfið er þriggja þrepa, engin áhrif, væg áhrif og nokkur áhrif og miðar að aldri dýra og styrk flúors í kjálkum (mgF/kg beinaska) sláturdýra (9. tafla) (Aas Hansen, 1994; Vikøren, 2021). Sjónrænt mat á mögulegum einkennum flúors á lifandi búfánaði og kjálkum 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 2025. Samantektin er unnin upp úr skýrslum sérfræðinga sem finna má í viðaukum 19 (Eyrún Arnardóttir, 2026) og 20 (Þórunn Lára Þórarinsdóttir, 2026).

9. tafla. Áhrif uppsafnaðs flúors í kjálkum/tönnum sauðfjár eftir aldri dýra og áhrif á tannheilsu, byggt á norskum rannsóknum (tafla endurgerð upp úr Vikøren, 2021).

| Aldur          | Áhrif  |             |        |
|----------------|--------|-------------|--------|
|                | Engin  | Væg         | Nokkur |
| Upp að 2ja ára | <1,999 | 2,000-4,499 | >4,500 |
| 2-5 ára        | <3,499 | 3,500-5,999 | >6,000 |
| Eldri en 5 ára | <4,499 | 4,500-7,999 | >8,000 |

## 9.2 Niðurstöður

### 9.2.1 Sjónræn skoðun á lifandi búfánaði

Eftirfarandi samantekt er unnin upp úr skýrslu Eyrúnar Arnardóttur (2026), sjá viðauka 19. Dýralæknir skoðaði sauðfé á Sléttu í Reyðarfirði þann 21. nóvember 2025. Í heildina voru 23 kindur skoðaðar, fylgt var eftir kindum úr fyrri skoðunum. Engin kind var eftir í árgangi 2016, 2017 og 2019, tvær í árgangi 2018, þrjár í árgangi 2020, fjórar í árgangi 2021, fimm í árgangi 2022 og þrjár í árgangi 2023. Fimm kindum úr árgangi 2024 var bætt við vöktunina í ár og eins og áður var reynt að velja kindur sem vitað er að ganga á þeim stöðum sem flúormagn hefur mælst hvað hæst.

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. Kindurnar voru heilbrigðar, í góðum holdum og sýndu ekki holti eða stirðleika í hreyfingum. Al-

mennt voru tennur metnar heilbrigðar en vægar breytingar fundust í níu gripum, þar af var ein í árgangi 2023, tvær í árgangi 2022, þrjár í árgangi 2021, ein úr árgangi 2020 og tvær úr árgangi 2018. Sjá mátti tannlos og rýrnun tannholds í nokkrum gripum, slíkt hefur einnig sést í síðustu skoðunum þó það hafi ekki sérstaklega verið tekið fram fyrir.

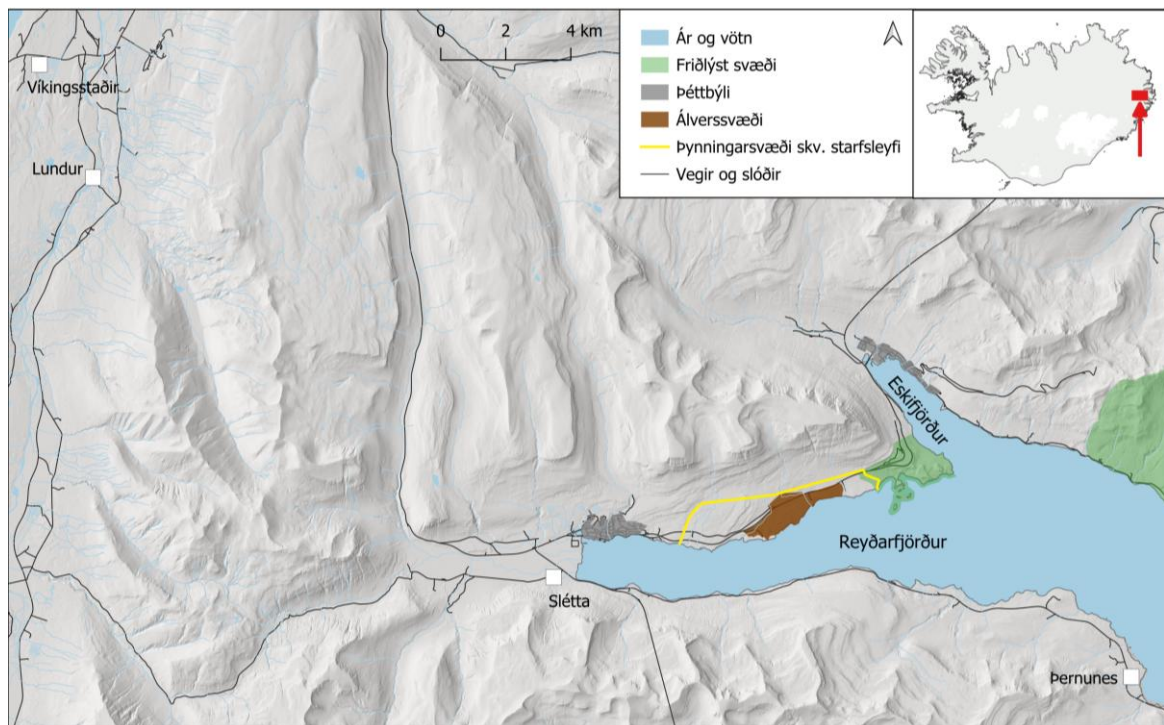
Niðurstöðurnar sýna fjölgun breytinga frá síðasta ári þegar sex kindur voru skráðar með breytingar og frá þarsíðasta ári þegar fimm kindur voru skráðar með breytingar (Eyrún Arnardóttir, 2025; 2024). Dýralæknir metur þó að án frekari rannsókna sé ekki hægt að fullyrða að um áhrif af völdum flúormengunar sé að ræða og að heilt yfir hafi skoðunin komið vel út, þar sem flestir gripir höfðu engar breytingar og þær breytingar sem sást á árinu voru allar vægar. Hins vegar mælir dýralæknir með því að flúorstyrkur í beinum verði mældur þegar að gripum úr þessu úrtaki verður lógað til þess að kanna hver fylgnin sé á milli flúormagns og glerungsskemda sem tannskoðun byggir á.

### **9.2.2 Flúor í kjálkum úr sláturfé og sjónrænt mat dýralæknis**

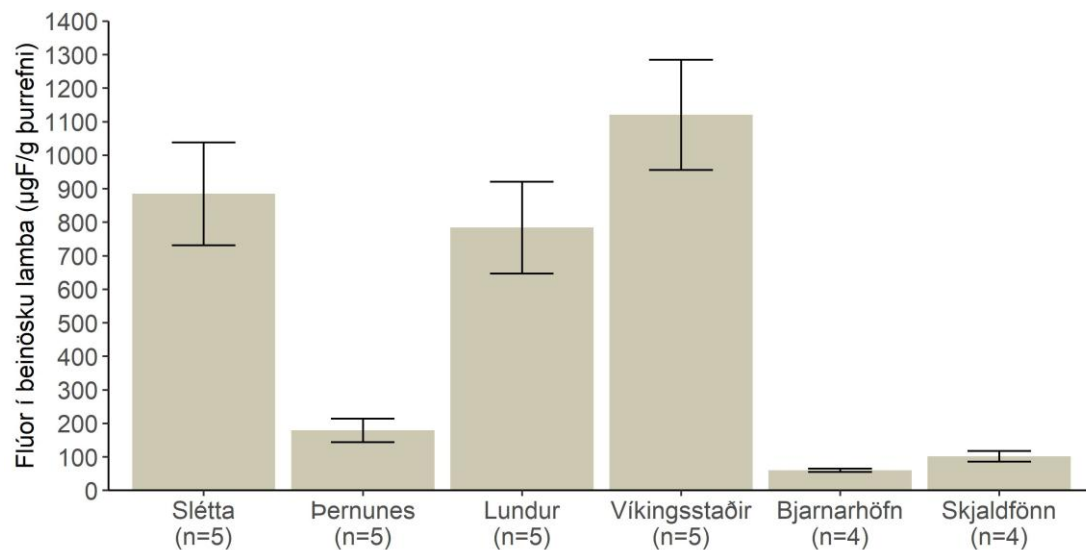
Eftirfarandi samantekt er unnin upp úr skýrslu Þórunnar Láru Þórarinsdóttur (2026), sjá viðauka 20. Hausum af sauðfé var safnað haustið 2025 frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði að sumarlagi, þ.e. Sléttu og Þernunesi í Reyðarfirði, Víkingsstöðum og Lundi í Skriðdal og gengur það sauðfé á Fagradal og norðanmegin í Reyðarfirði (82. mynd). 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 38 sýni skoðuð og efnagreind af fé sem gekk í Reyðarfirði. Í skoðun fólst skráning á ástandi glerungs, tannsliti, tannlosi, mislitun, tannbroddum, ástandi kjálkabeins og almennri tannheilsu. Sýni af fullorðnu fé fékkst af öllum bæjum (alls 20 sýni) og sýni af lömbum fékkst frá öllum bæjum (18 sýni). Til samanburðar voru 16 viðmiðunarsýni einnig mæld og skoðuð (8 lömb og 8 fullorðnar kindur). Þessi sýni komu frá tveimur bæjum utan Austurlands: Skjaldfönn í Ísafjarðardjúpi og frá Bjarnarhöfn á Snæfellsnesi. Alls voru 54 sýni skoðuð.

Flúorinnihald í kjálkabeinum var breytilegt eftir aldri dýra, bæjum og einnig var breytileiki meðal sýna frá sama bæ (83. 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 jörturdýrum sé á bilinu 1.000–1.500 µg/g (Livesey & Payne, 2011).

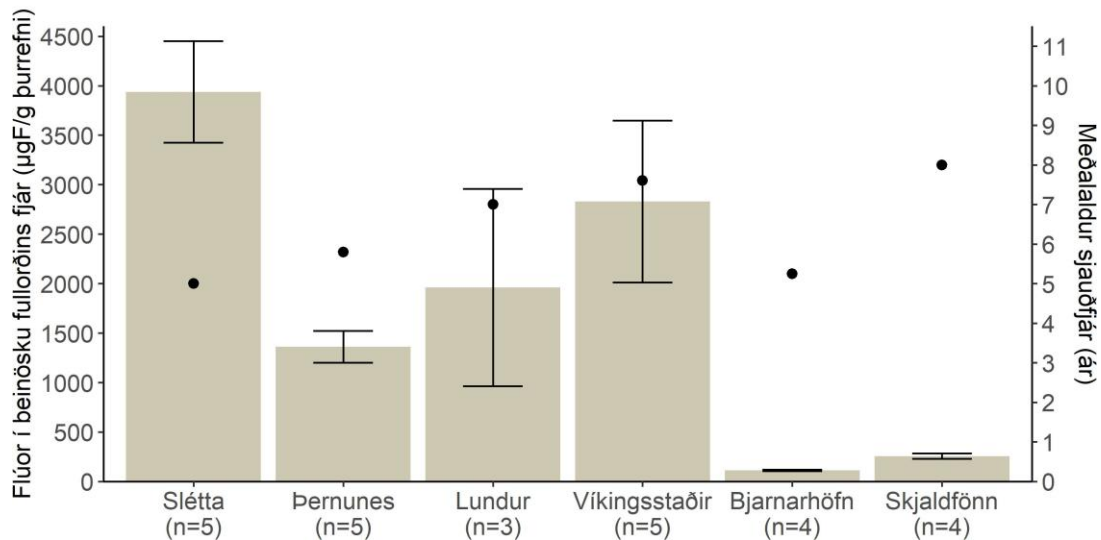
Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba sem gengu í Reyðarfirði mældist hæstur frá Víkingsstöðum (1.120 µg/g) en lægstur frá Þernunesi (179 µg/g) (83. mynd). Bæirnir Slétta og Þernunes voru með mesta og minnsta breytileikann í styrk flúors milli sýna (423–1.288 µg/g á Sléttu en 94–280 µg/g á Þernunesi). Meðalstyrkur flúors í fullorðnu fé sem gekk í Reyðarfirði mældist hæstur í kindum frá bænum Sléttu (3.937 µg/g) en lægstur á Þernunesi (1.362 µg/g) (84. mynd). Meðalaldur kinda á bæjunum var 5,0–7,6 ár. Hæsta einstaka mæligildið úr kind þetta árið mældist frá bænum Víkingsstöðum (5.568 µg/g), kindin var 8 ára. Á viðmiðunarbæjunum mældist hæsti styrkur flúors í kjálkabeinum lamba (122 µg/g) og fullorðinna kinda (314 µg/g) hjá fullorðnu fé er þetta lægri en lægsta gildi sem mældist á bæjunum í grennd við Fjarðaál (lömb=94 µg/g og fullorðið fé=796 µg/g) (83. og 84. mynd).



82. mynd. Staðsetning fjögurra bæja sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði. Flúormagn var mælt og tannheilsa metin í fé frá þessum bæjum árið 2025. Staðsetning viðmiðunarbæja er ekki sýnd á korti (Landmælingar Íslands, 2020a–b; Umhverfisstofnun, 2010; 2022).



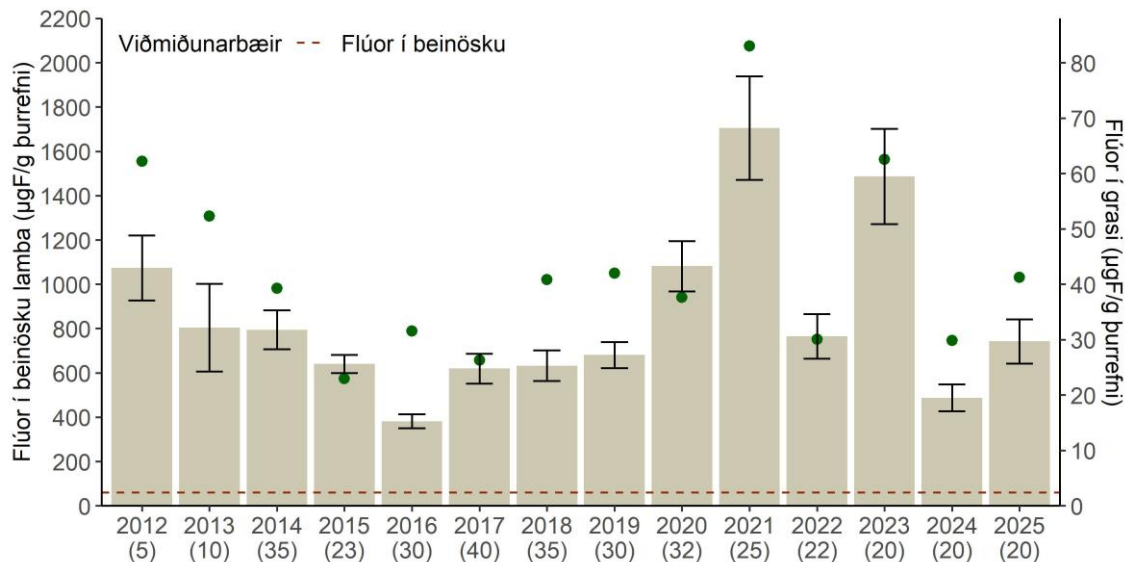
83. mynd. Meðalstyrkur flúors (µg/g) í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði (t.v.) og tveimur viðmiðunarbæjum (t.h.) árið 2025. Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2026).



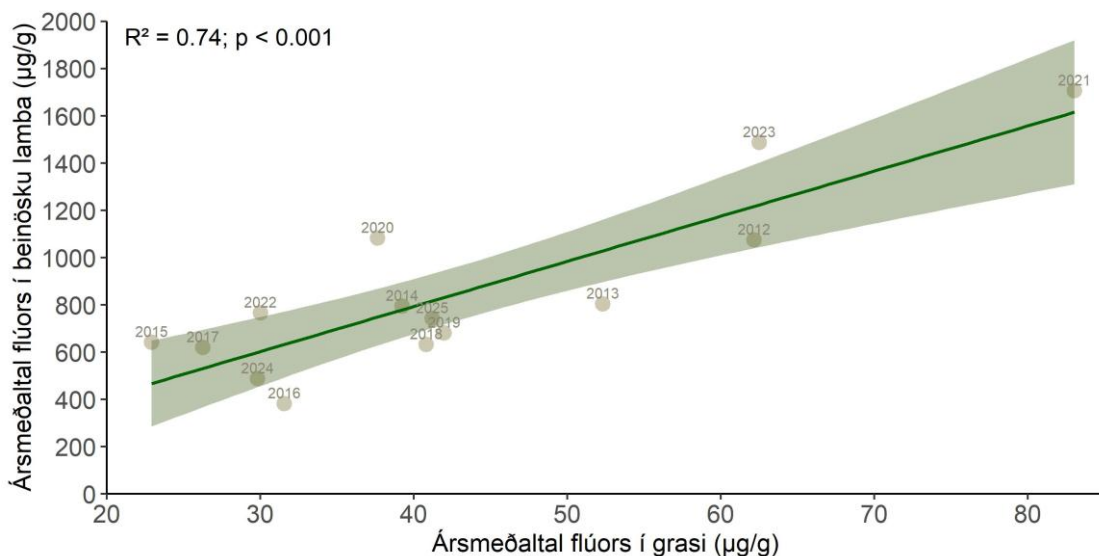
84. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur full-orðins fjár frá fjórum bæjum sem eiga fé sem gengur í Reyðarfirði (t.v.) og tveimur viðmiðunarbæjum (t.h.) (slátrun 2025). Fjöldi sýna er gefinn upp í sviga. Mynd er unnin upp úr gögnum frá Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2026).

Engar kindur né lömb sem gengu í Reyðarfirði og á viðmiðunarbæjum voru með breytingar í glerungi framtanna. Út frá þessu er ekki hægt að sjá samhengi milli magns flúors í beinum og breytingar á glerungi framtanna. Öll lömbin voru metin við góða tannheilsu. Hvað varðar eldra fé á bæjunum í grennd við Fjarðaál þá mat dýralæknir átta kindur við slæma tannheilsu (meðaltal flúorstyrks= $2.687 \mu\text{g/g}$ ), tvær kindur við sæmilega tannheilsu (meðaltal flúorstyrks= $1.355 \mu\text{g/g}$ ) og átta með góða tannheilsu (meðaltal flúorstyrks= $2.610 \mu\text{g/g}$ ). Á viðmiðunarbæjunum voru sjö kindur metnar við slæma tannheilsu (meðaltal flúorstyrks= $197 \mu\text{g/g}$ ) og ein við góða (flúorstyrkur= $94 \mu\text{g/g}$ ). Út frá þessu er ekki að finna nein tengsl á milli styrk flúors í beinvef og tannheilsu dýranna, hvorki á bæjum í grennd við Fjarðaál né á viðmiðunarbæjunum. Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2026) benti á að mögulega hafi sýnin af eldra fénu ekki verið valin handahólfsskennt heldur sé féð valið í slátruhús vegna slæmrar tannheilsu.

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 2025 var  $742 \mu\text{g/g}$ , sem er hærri styrkur en árið áður ( $487 \mu\text{g/g}$ ) (85. mynd). Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba fylgir nokkuð vel ársmeðalstyrk flúors í grasi í Reyðarfirði (85. mynd) og sýnir línuleg aðhvarfsgreining að sambandið er marktækt (86. mynd). Meðaltal flúors í beinösku lamba á viðmiðunarbæjunum, mælt frá árinu 2015 ( $62 \mu\text{g/g}$ ) er u.þ.b. þrettán sinnum lægra en meðaltal sýna frá Reyðarfirði á sama tímabili ( $815 \mu\text{g/g}$ ) (85. mynd).



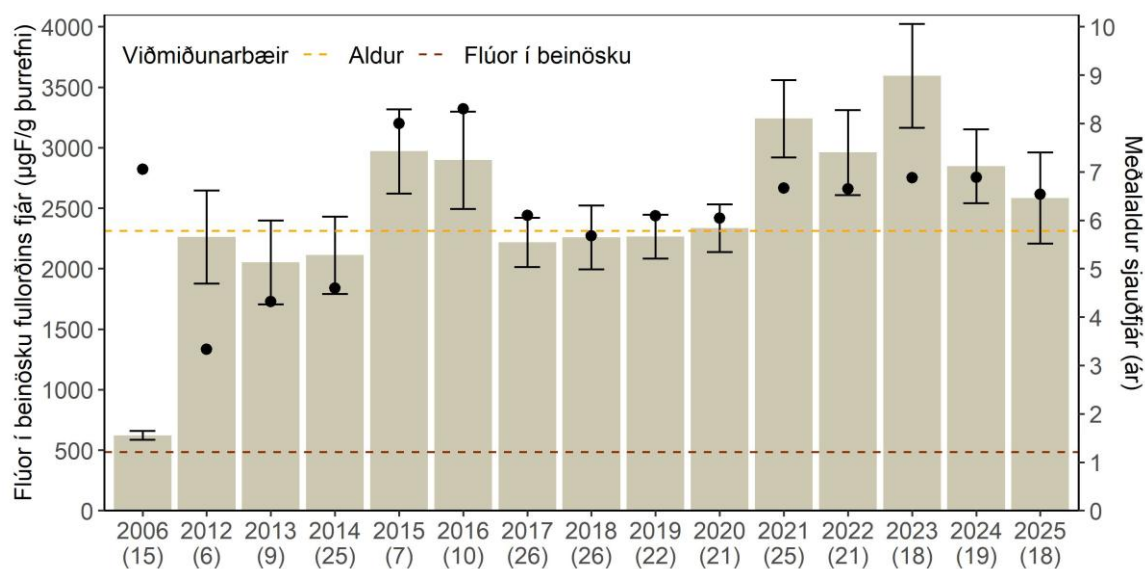
85. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í kjálkabeinum lamba (með staðalskekkju) sem gengu í Reyðarfirði árin 2012–2025 og ársmeðalstyrkur flúors í grasi sömu ár. Fjöldi beinöskusýna er gefinn upp í sviga. Lína sýnir meðalstyrk flúors í kjálkabeinum lamba frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2025),  $n=98$ . Mynd er unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur (2012, 2014–2015) og Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2016–2026).



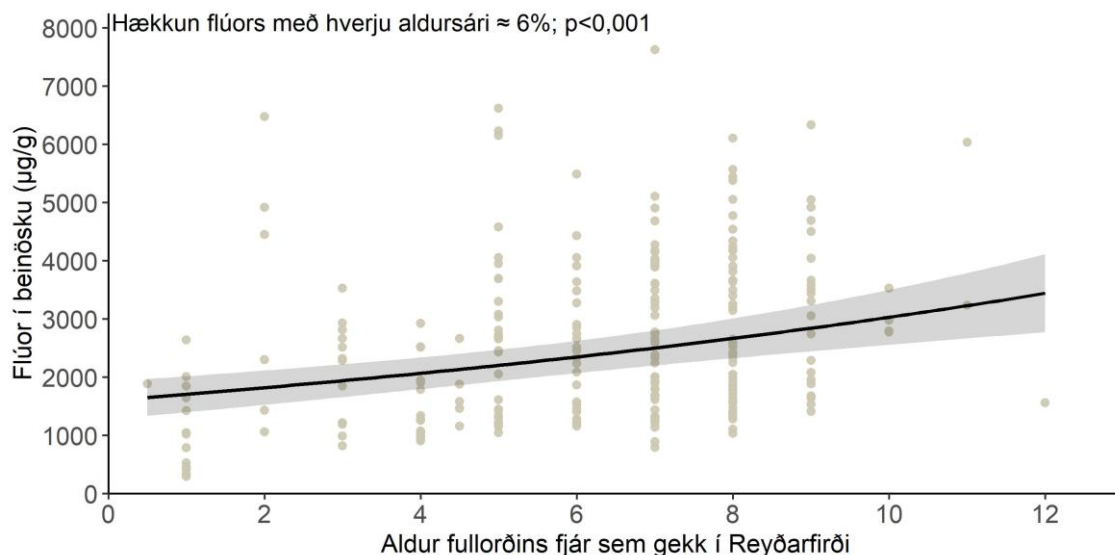
86. mynd. Ársmeðaltal flúorstyrks ( $\mu\text{g/g}$ ) í grasi og í kjálkabeinum lamba sem gekk í Reyðarfirði, sýnt með ártölum 2012–2025. Aðhvarfslína (með staðalskekkju) línulegs líkans sýnir samband milli meðalstyrks flúors í beinösku og grasi.

Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár var mældur árið 2006 og síðan árlega frá 2012 en ósamræmi er í fjölda sýna og bæja milli ára (87. mynd). Árið 2006 mældist styrkur flúors í beinösku að meðaltali 719  $\mu\text{g/g}$  í fullorðnu sauðfé frá Sléttu, 596  $\mu\text{g/g}$  í sauðfé frá Þernunesi og 550  $\mu\text{g/g}$  frá Kollaleiru, aldur kinda frá Sléttu var ekki skráður en meðalaldur kinda frá Þernunesi var 6,5 ár og frá Kollaleiru 7,6 ár. Áður en álver tók til starfa í Reyðarfirði voru flúorgildi í beinösku sauðfjár í öllum tilvikum undir viðmiðunargildum Livesey og Payne (2011) og þó sýni frá 2006 séu fá bendir samanburður við niðurstöður árána 2012–2025 til þess að styrkurinn hafi hækkað umtalsvert síðan þá (87. mynd).

Meðalstyrkur flúors í beinum alls fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði árið 2025 var 2.585  $\mu\text{g/g}$  og er lægra en það sem mældist árið 2024 (2.882  $\mu\text{g/g}$ ) (87. mynd). Meðaltal flúors í beinösku fullorðinna kinda á viðmiðunarbæjunum, frá 2015 (485  $\mu\text{g/g}$ , meðalaldur=5,8 ár) er u.þ.b. fimm sinnum lægra en meðaltal sýna frá Reyðarfirði á sama tímabili (2.692  $\mu\text{g/g}$ , meðalaldur=6,5 ár) (87. mynd). Styrkur flúors í kjálkabeinum fullorðins fjár í Reyðarfirði frá árinu 2012 var almennt hærri eftir því sem dýrin voru eldri (88. mynd). Samkvæmt blandaðri aðhvarfsgreiningu þar sem fé var flokkað eftir bæjum sem það kom frá og einstökum árum þegar sýnum var safnað (slembibreyta) var sambandið milli aldurs og flúorstyrks marktækt ( $p < 0,001$ ). Aldur útskýrði þó aðeins um 7% breytileika gagnanna ( $R^2_m = 0,072$ ), á meðan slembibreytan (frá hvaða bæ féð kom og söfnunarár) útskýrði u.þ.b. 2/3 hluta hans ( $R^2_c = 0,64$ ). Það bendir til þess að féð hafi verið mismikið útsett fyrir flúor í umhverfi sínu eftir því á hvaða svæðum það gekk og einnig eftir því á hvaða árum. Þannig hafi mismunandi styrkur flúors í umhverfinu milli ára meira að segja um styrk flúors í kjálkum fullorðins fjár en aldur.



87. mynd. Meðalstyrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í kjálkabeinum (með staðalskekkju) og meðalaldur fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði (slátrun 2006 og 2012–2025). Fjöldi beinöskusýna er gefinn upp í sviga. Línur sýna meðalstyrk flúors í kjálkabeinum og meðalaldur fullorðins fjár frá viðmiðunarbæjunum tveimur (slátrun 2015–2024),  $n=88$ . Mynd er unnin upp úr gögnum frá Ólöfu G. Sigurðardóttur (2012, 2014–2015) og Þórunni Láru Þórarinsdóttur (2016–2026).



88. mynd. Styrkur flúors ( $\mu\text{g/g}$ ) í kjálkabeinum fullorðins fjár sem gekk í Reyðarfirði, skipt eftir aldri (slátrun 2012–2025). Aðhvarfslína (með staðalskekkju) blandaðs Gamma líkans sýnir samband milli styrks flúors og aldurs.

## 10 Botndýr og kræklingur

### 10.1 Inngangur

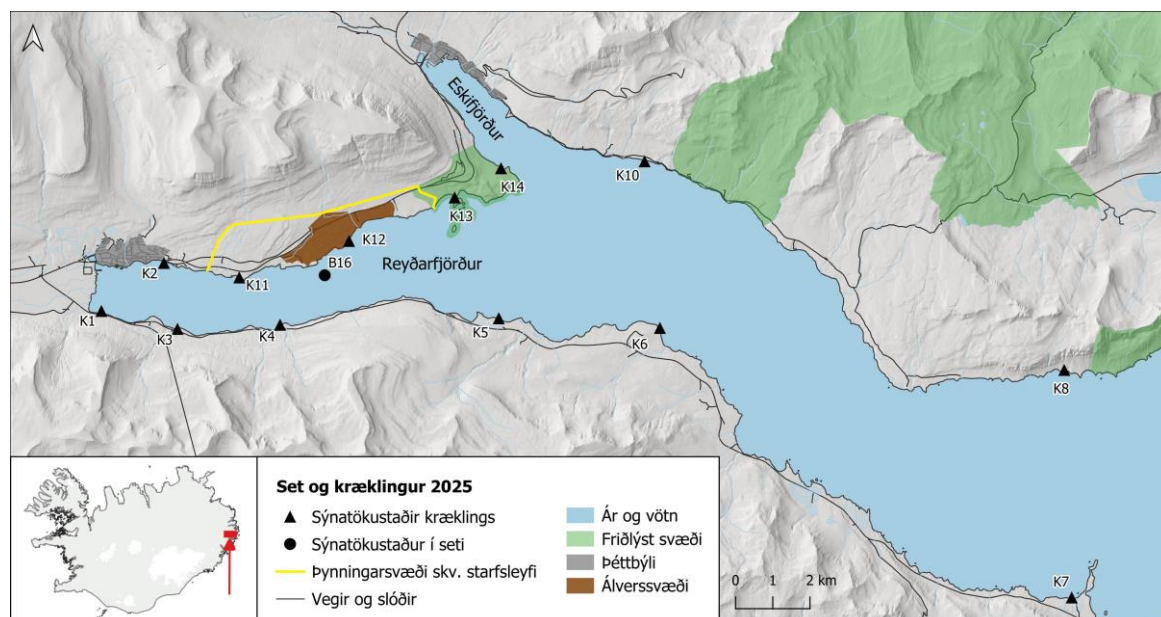
Markmið vöktunar á botndýrum og krækling var að meta hugsanleg mengunaráhrif álvers Alcoa Fjarðaáls á lífríki sjávar í Reyðarfirði. Grunnaástand á PAH-16 efnum var kannað árið 2000 í kræklingi og burstaormum (Hafsteinn G. Guðfinnsson o.fl., 2001) og endurtekið árið 2010, 2015 og 2020 auk þess voru þungmálmur mældir árin 2015 og 2020 (HRV, 2010; Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2016; Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2021). Hér verður greint frá niðurstöðum vöktunarmælinga á sýnum frá 2025 og niðurstöður bornar saman við fyrri mælingar og viðmiðunarmörk þar sem það á við.

### 10.2 Aðferðir

#### 10.2.1 Sýnataka og meðferð sýna

Sýnum af krækling var safnað á stórstraumsfjöru 11.–14. ágúst 2025 á 13 stöðum í Reyðarfirði (89. mynd). Staðsetningar sýnatökustöðva voru þær sömu og fyrri vöktunarár á krækling. Á hverjum sýnatökustað voru um 100 kræklingar settir í plastpoka og síðar settir í kælibox. Valdir voru einstaklingar sem voru 40–60 mm að stærð þannig að meðallengd yrði sem næst 50 mm. Þegar sýnatöku var lokið var kræklingur frá hverri stöð settur í aðskilda netpoka sem var hengdur ofarlega í plasttunnu sem var full af hreinum sjó sem tekin var austan við Mjóeyri í Eskifirði. Lofti var dælt í tunnuna allan tímann. Þar voru kræklingarnir látnir vera í sólarhring svo meltingavegurinn tæmdist. Tunnan var höfð úti í skugga svo sjórinn hitnaði ekki í henni. Eftir sólarhring voru netpokarnir veiddir upp úr tunnunni og kræklingurinn settur í plastpoka og frystur og síðan sendur til Matís. Á rannsóknastofu voru sýnin þídd og 50 kræklingar teknir og lengdarmældir. Auk þess voru þeir vigtaðir og heildarþyngd og þyngd holds skráð. Holdið var sett í blandara og gert eitt einsleitt safnsýni. Hverju safnsýni var skipt í þrennt og hver

hlutur frystur. Eitt safnsýnið fór til til rannsóknastofu ALS Scandinavia í Svíþjóð til mælinga á fjölhringa arómatískum vetniskolefnum (PAH-16) og eitt til mælinga á þungmálum (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn) og var sú mæling gerð á Matís í Reykjavík. Þriðji hlutinn var geymdur til síðari tíma ef þörf yrði á frekari rannsóknum.



89. mynd. Staðsetning sýnatökustaða kræklinga úr fjöru (K1–K14) og burstaorma (B16) úr botnseti í Reyðarfirði árið 2025 (Landmælingar Íslands, 2013, 2019 og 2021).

Sex sýnum af botndýrum var safnað á einni stöð (89. mynd) til mælinga á fjölhringa arómatískum vetniskolefnum (PAH-16) og er staðsetning sýnatökustöðvarinnar sú sama og árið 2000 þegar grunnástand var mælt (Hafsteinn G. Guðfinnsson o.fl., 2001). Sýnin voru tekin með Van Veen greip (0,1 m<sup>2</sup>) þann 20. nóvember 2025. Sýnin voru sigtuð með 1 mm sigti og burstaormar og tilheyrandi leirpípur týnd úr sýnum. Burstaormum og leirpípum var haldið aðskildum. Auk þess var eitt sýni af seti tekið með sömu aðferð. Sýnin voru fryst og síðar send til rannsóknastofunnar Analytica ALS í Svíþjóð til mælinga á fjölhringa arómatískum vetniskolefnum (PAH-16). Þrátt fyrir að um 100 L af seti hafi verið sigtaðir náðist ekki nægilega stórt sýni af burstaormum og pípum til að greina PAH efni, en greiningaraðilinn gerir ráð fyrir að lágmarki 100 gr af sýni. Hægt var að greina PAH-16 efni í setsýni sem tekið var á sama stað. Því eru ekki birtar niðurstöður á PAH efnum í burstaormum og pípum.

### 10.2.2 Túlkun á styrk efna

Styrkur þungmálma í kræklingi var borinn saman við reglugerð 265/2010 um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum með síðari breytingum en þar er skilgreint hámarksgildi blýs (1,5 mg/kg blautvigt) og kadmíums (1,0 mg/kg blautvigt) í samlokum. Fyrir kvikasilfur er um tvö hámarksgildi að ræða, annars vegar lægra hámarksgildi (0,5 mg/kg blautvigt) fyrir sjávarfang sem oft er neytt og hins vegar hærra hámarksgildi (1,0 mg/kg blautvigt) fyrir sjávarfang sem neytt er sjaldan og fellur kræklingur í síðari flokkinn. Ekki er getið um leyfilegt hámarksgildi fyrir arsen, króm, kopar, nikkel og sink í samlokum til manneðis í fyrrgreindri reglugerð nr. 265/2010.

Við mat á mengun í seti og sjávarlífverum var einnig stuðst við norsk ástandsviðmið, sem skilgreina fimm mengunarflokka (I–V) fyrir styrk þungmálma og PAH-efna. Flokkur I

endurspeglar mjög gott ástand (bakgrunnsgildi) en flokkur V óviðunandi ástand (Molvær o.fl., 2004). Viðmiðin fyrir PAH-16-efni (blautvigt) og þungmálma (þurrvigt) í sjávarlífverum miðast við krækling af stærðinni 40–60 mm (Tafla 10 og Fyrir PAH-efni byggir flokkunin annars vegar á heildarmagni PAH-efna án naftalens ( $\Sigma$ PAH) og hins vegar á summu krabbameinsvaldandi PAH-efna ( $\Sigma$ KPAH). Til krabbameinsvaldandi PAH-efna teljast benz(a,h)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, dibenz(a,h)anthracene og indeno(1,2,3-cd)pyrene. Auk þess er stuðst við sérstök viðmið fyrir benzo(a)pyrene (B(a)P) (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**).

Tafla 12).

Tafla 10. Ástandsviðmið byggð á flokkunarkerfi Norðmanna fyrir styrk þungmálma í kræklingi, gefið upp á þurrvigtargrunni. Tafla endurgerð úr Molvær o.fl. (2004).

| Þungmálmar<br>(þurrvigt, mg/kg) | I Mjög gott | II Gott | III Slæmt | V Óviðunandi |
|---------------------------------|-------------|---------|-----------|--------------|
| Arsen (As)                      | < 10        | 10–30   | 30–100    | > 100        |
| Blý (Pb)                        | < 5         | 5–20    | 20–50     | > 50         |
| Kadmíum (Cd)                    | < 2         | 2–5     | 5–20      | > 20         |
| Kopar (Cu)                      | < 10        | 10–30   | 30–100    | > 100        |
| Krómi (Cr)                      | < 3         | 3–10    | 10–30     | > 30         |
| Kvikasilfur (Hg)                | < 0,2       | 0,2–0,5 | 0,5–1,5   | > 1,5        |
| Nikkel (Ni)                     | < 5         | 5–20    | 20–50     | > 50         |
| Sink (Zn)                       | < 200       | 200–400 | 400–1000  | > 1000       |

Fyrir PAH-efni byggir flokkunin annars vegar á heildarmagni PAH-efna án naftalens ( $\Sigma$ PAH) og hins vegar á summu krabbameinsvaldandi PAH-efna ( $\Sigma$ KPAH). Til krabbameinsvaldandi PAH-efna teljast benz(a,h)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, dibenz(a,h)anthracene og indeno(1,2,3-cd)pyrene. Auk þess er stuðst við sérstök viðmið fyrir benzo(a)pyrene (B(a)P) (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**).

Tafla 11. Ástandsviðmið byggð á flokkunarkerfi Norðmanna fyrir styrk á fjölhringa arómatískum vetniskolefnum ( $\Sigma$  PAH án naftalens) og summu krabbameinsvaldandi efna ( $\Sigma$  KPAH) í seti, gefið upp á blautvigtargrunni. Tafla endurgerð úr Molvær o.fl. (2004).

| Efni (blautvigt, $\mu$ g/g) | I Mjög gott | II Gott | III Slæmt | V Óviðunandi |
|-----------------------------|-------------|---------|-----------|--------------|
| $\Sigma$ PAH (án naftalen)  | <50         | 50–200  | 200–2000  | > 2000       |
| $\Sigma$ KPAH               | <10         | 10–30   | 30–100    | > 100        |
| B(a)P                       | <1          | 1–3     | 3–10      | > 10         |

### 10.2.1 Töluleg úrvinnsla

Til að gögnin yrðu samanburðarhæf við norsk viðmið voru niðurstöður fyrir þungmálma umbreyttar úr blautvigt yfir á þurrreisnargrunn með því að leiðrétta fyrir hlutfalli þurrreisni í hverju sýni. Ekki var þörf á slíkri umbreytingu fyrir PAH-efni, þar sem styrkur þeirra var

gefinn upp á blautvigtargrunni. Fyrir hverja stöð var meðallengd, meðalþyngd og meðalholdþyngd kræklinga reiknuð ásamt meðaltali og miðgildi á styrk þungmálma.

Hvað PAH-16 efni varðar þá voru mælingar framkvæmdar á mismunandi rannsóknastofum milli ára og greiningarmörk því ekki að öllu leyti þau sömu milli ára. Mismunandi var líka hversu hátt hlutfall gilda var undir greiningarmörkum (<LOD). Á myndum voru gögnin sýnd sem efri mörk greiningarmarkna ef gildi var undir greiningarmörkum.

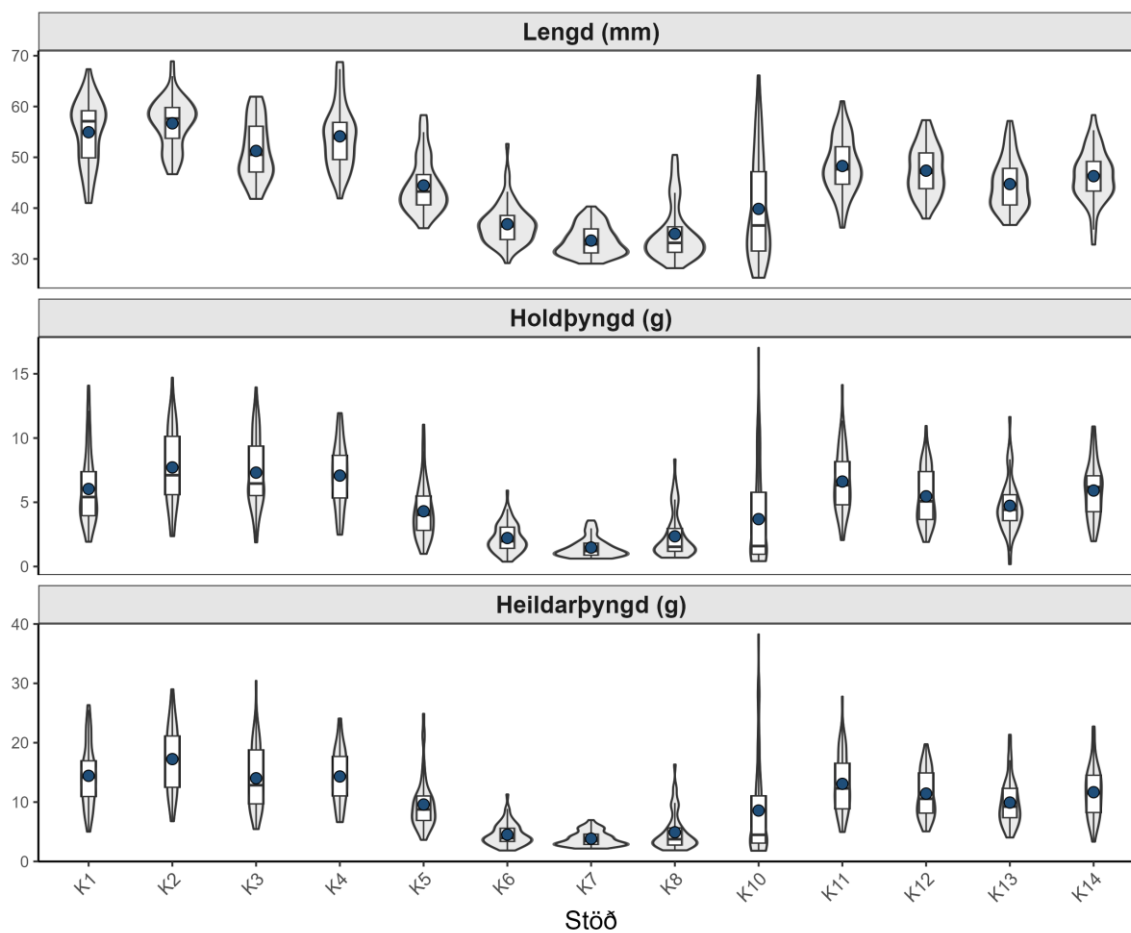
Summa 16 PAH-efna ( $\Sigma$ PAH-16) var reiknuð fyrir hvert ár, bæði með og án naftalens. Útreikningar án naftalens voru framkvæmdir til samræmis við skilgreiningu norsku mengunarviðmiðanna (Molvær o.fl., 2004), þar sem naftalen er undanskilið vegna frábrugðinna eðlis- og efnafræðilegra eiginleika þess miðað við hærri fjölhringa PAH-efni. Jafnframt var reiknuð summa krabbameinsvaldandi PAH-efna ( $\Sigma$ KPAH), auk þess sem styrkur benzo(a)pyrene (B(a)P) var ákvarðaður fyrir hverja stöð. Þessir útreikningar voru notaðir til samanburðar við norsk umhverfisviðmið (Tafla 10 og Fyrir PAH-efni byggir flokkunin annars vegar á heildarmagni PAH-efna án naftalens ( $\Sigma$ PAH) og hins vegar á summu krabbameinsvaldandi PAH-efna ( $\Sigma$ KPAH). Til krabbameinsvaldandi PAH-efna teljast benz(a,h)anthracene, chrysene, benzo(b)fluoranthene, benzo(k)fluoranthene, benzo(a)pyrene, dibenz(a,h)anthracene og indeno(1,2,3-cd)pyrene. Auk þess er stuðst við sérstök viðmið fyrir benzo(a)pyrene (B(a)P) (**Error! Not a valid bookmark self-reference.**).

Tafla 11).

Úrvinnsla gagna og myndgerð var framkvæmd í tölfræðiforritinu R, útgáfu 4.2.2 (R Core Team, 2024). Til innlestrar og meðhöndlunar gagna voru notaðir eftirfarandi pakkar: *readxl* (Wickham og Bryan, 2022) til innlestrar excel-gagna, *dplyr* (Wickham o.fl., 2023) til gagnasíunar og útreikninga, *stringr* (Wickham, 2022) til að hreinsa gildi á forminu "<LOD", *tidyr* (Wickham og Girlich, 2022) til að umbreyta gögnum milli víðs og langs sniðs, *janitor* (Firke, 2024) til samræmingar og hreinsunar dálkaheita, *tibble* (Müller og Wickham, 2023) til vinnslu gagnaramma, og *ggplot2* (Wickham, 2016) til myndgerðar.

### 10.3 Niðurstöður og umræður

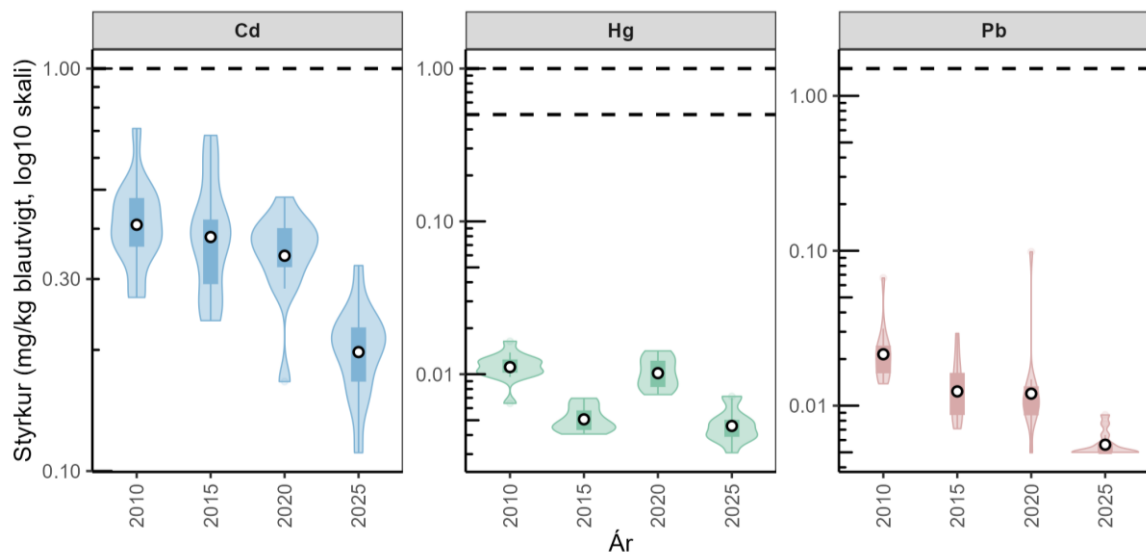
Nokkur stærðarmunur var á kræklingi milli stöðva og eins innan stöðva (90. mynd). Á flestum stöðum náðist ákjósanleg stærð, sem var 40–60 mm. Stærstur var kræklingurinn á stöðvum K1 og K2 en þær stöðvar eru á skjólsælum stöðum í botni Reyðarfjarðar (89. mynd). Smæstur var kræklingurinn líkt og fyrri ár á sýnatökustöð við Vattarnes (K7) og á stöð K8 sem er austan við Karlsskála norðan megin í Reyðarfirði (89. og 90. mynd).



90. mynd. Lengd (mm), þyngd holds (gr) og heildarþyngd (gr) kræklinga af 13 stöðum í Reyðarfirði árið 2025. Efri og neðri línur kassans tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk. Línur út frá kassa sýna 5% og 95% öryggismörk. Fylltir bláir hringir eru meðaltöl fyrir stöð.

### 10.3.1 Þungmálmur

Styrkur þungmálma kadmíums (Cd), blýs (Pb) og kvikasilfurs (Hg) í kræklingi var í öllum tilvikum undir neysluviðmiðum reglugerðar nr. 265/2010 um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum árið 2025 líkt og síðari vöktunarár (91. mynd). Styrkur blýs (Pb) var undir greiningarmörkum (<0,005 mg/kg) í sjö sýnum árið 2025. Marktæk lækkun var á meðalstyrk allra frumefna í kræklingasýnum árið 2025 miðað við 2020 (Wilcoxon rank-sum próf,  $p < 0,001$ ) (91. mynd).

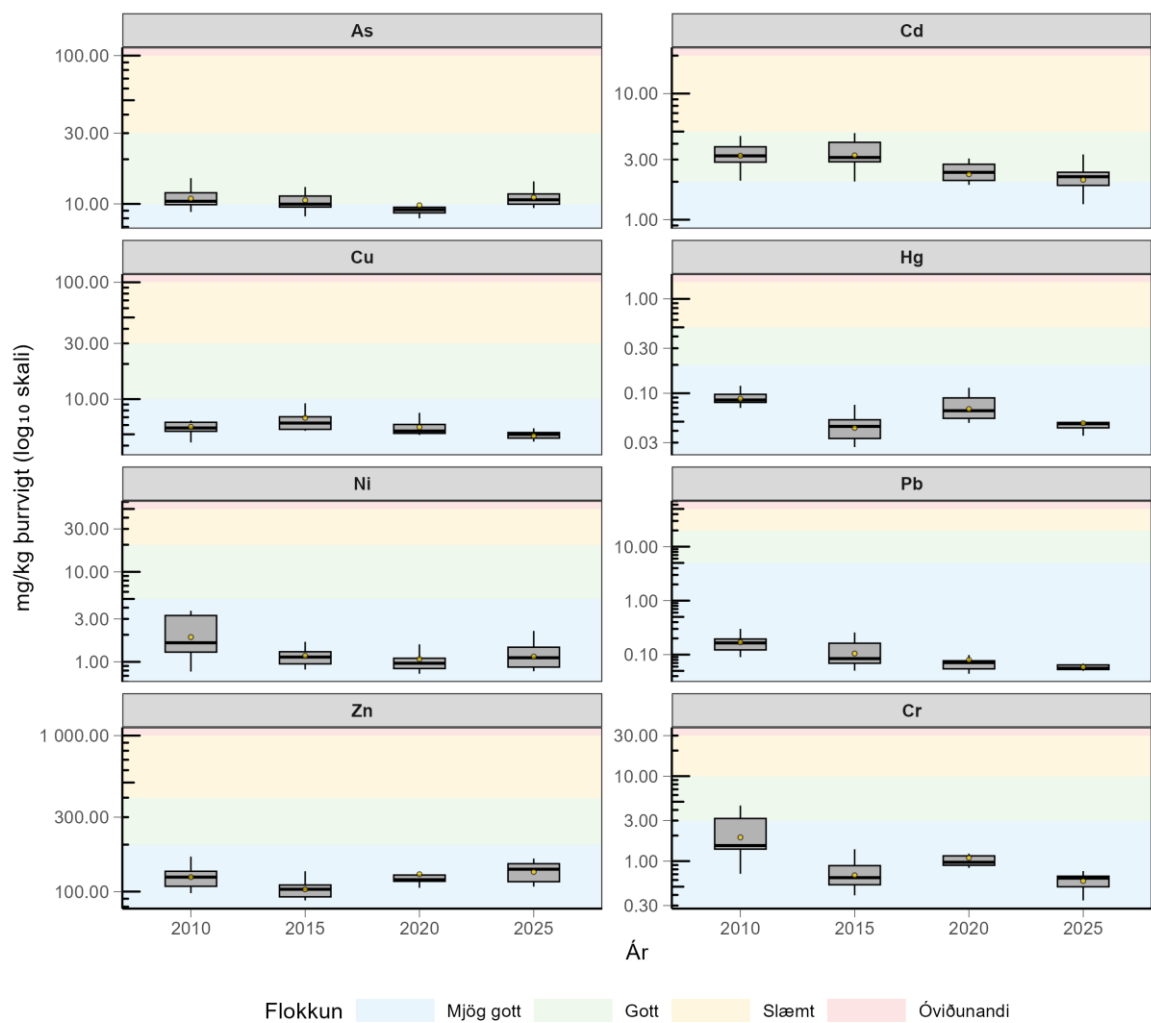


91. mynd. Þungmálmur í kræklingasýnum í Reyðarfirði á blautvigtargrunni árin 2010–2025. Violin- og boxplott sýna dreifingu, punktar sýna meðaltöl. Strikalínur sýna reglugerðarviðmið.

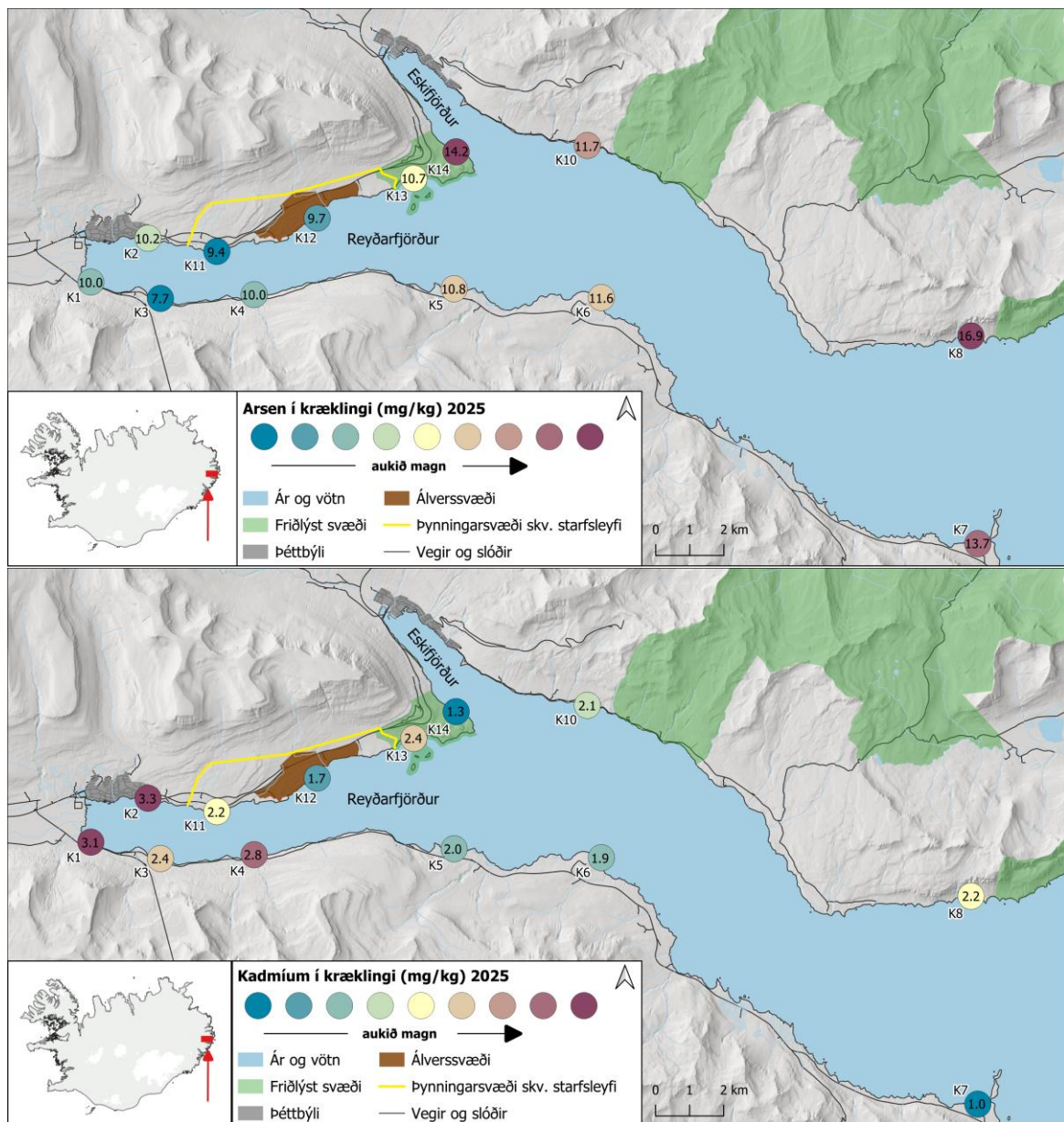
Þegar styrkur þungmálma í kræklingi var skoðaður á þurfnagrunni fyrir öll vöktunarárin miðað við norsk viðmið sást að styrkur allra efna, nema arsens og kadmíums, lentu í flokki sem endurspeglar mjög gott ástand og líkt og finnst á ómengduðum svæðum í Noregi. Styrkur arsens og kadmíums lentu í flokki sem endurspeglar *gott* ástand (92. mynd).

Rannsóknir sýna að selta og fita geta haft áhrif á heildarstyrk arsens í kræklingi því arsensambönd geta verið fituleyst eða fitutengd og einnig er stærsti hluti arsens í kræklingi á formi óeittraðs arsenobetaine sem kræklingurinn notar við stjórnun á osmótískum þrýstingi (Clowes og Francesconi, 2004). Styrkur arsens getur einnig verið mismunandi milli ára. Þó svo að styrkur arsens hafi verið yfir eða við lægstu viðmiðunarmörk arsens í Noregi í Reyðarfirði árið 2025 er hann ekki ósvipaður og styrkur arsens í innlendum sem erlendum gagnagrunnum fyrir krækling af ómengduðum svæðum héraðs (Erla Sturludóttir o.fl., 2013; Hrönn Jörundsdóttir o.fl., 2014). Því er styrkur arsens í mjúkvöðva kræklingi í Reyðarfirði 2025 í svipuðum styrk og í kræklingi frá ómengduðum stöðum umhverfis landið. Niðurstöður vöktunar á kræklingi umhverfis Ísland sýna að kadmíumstyrkur er almennt hærri hér á landi en víða annars staðar og er líklegt að það tengist mikilli eldvirkni og jarðfræðilegum aðstæðum hér á landi (Hrönn Jörundsdóttir o.fl., 2014).

Í vöktun á kræklingi árið 2011 mældist meðaltalsstyrkur kadmíums frá 11 sýnatökustöðum umhverfis landið 1,9 mg/kg á þurrvigtargrunni (Hrönn Jörundsdóttir o.fl., 2014) og á bilinu 1,3–1,7 mg/kg (þurrvigt) í kræklingasýnum sem hefur verið safnað árlega á sömu stöðum í Hvalfirði yfir 20 ára tímabil (Erla Sturludóttir o.fl., 2013). Meðalstyrkur kadmíums í sýnum frá Reyðarfirði árið 2025 var 2,2 mg/g þurrvigt. Ekki var hægt að sjá að styrkur kadmíums og arsens væri hærri á sýnatökustöðum nærri álverinu í Reyðarfirði en á öðrum stöðum í firðinum, sem styður að styrkurinn endurspegli fremur náttúrulegan bakgrunn en staðbundna mengun frá álverinu (93. mynd).



92. Styrkur þungmálma (As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn og Cr) í kræklingasýnum í Reyðarfirði á þurrvigtargrunni árin 2010, 2015, 2020 og 2025. Gögn eru sýnd sem kassarit sem sýnir miðgildi og fjórðungsbil og hring sem táknar meðaltal. Y-ás er á log<sub>10</sub>-skala. Litaskipting sýna norsk viðmiðunargildi fyrir hvern þungmálm samkvæmt Molvær o.fl. (2004).

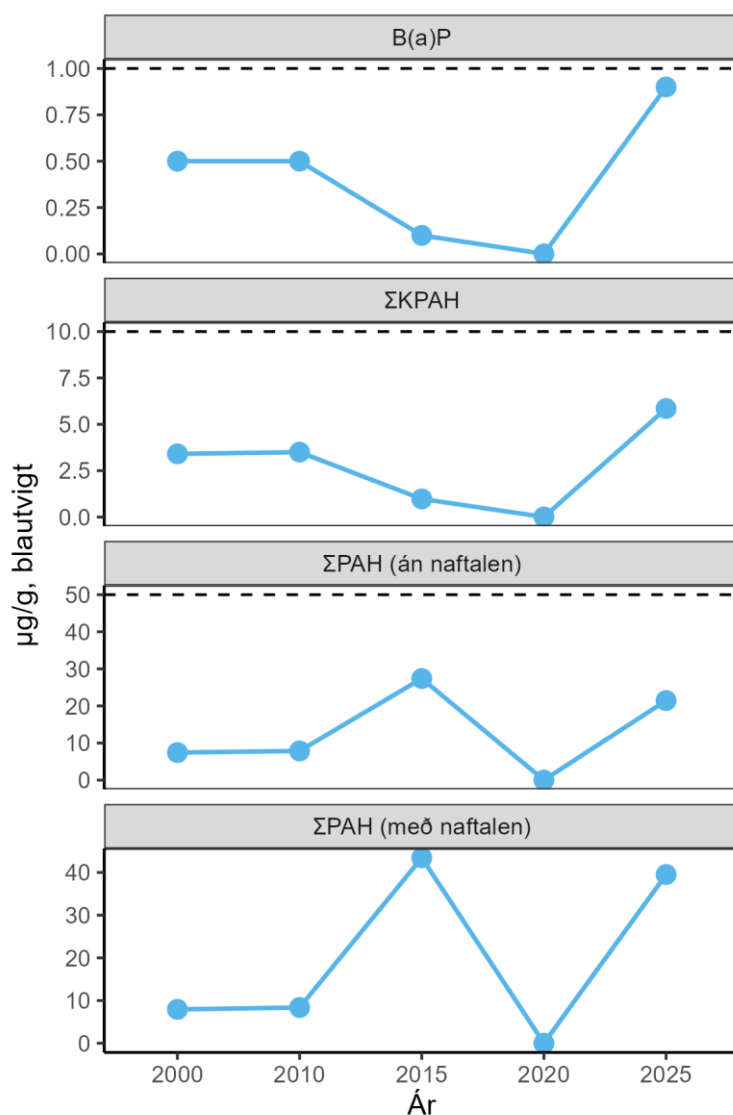


93. mynd. Styrkur arsens (efri mynd) og kadmíum (neðri mynd) á þurrvigtargrunni (mg/kg) í krækling í Reyðarfirði árið 2025.

### 10.3.1 Fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH efni)

Öll PAH-16 efni voru undir greiningarmörkum í kræklingasýnum árið 2025, en greiningarmörk voru breytileg eftir efnum (viðauki 21). Samkvæmt reglugerð nr. 265/2010 er hámarksgildi fyrir benzo(a)pyrene, sem er eitraðasta PAH efnið, í samlokum til manneldis hér á landi 10 µg/kg í blautvigt. Styrkur þess efnis var undir þeim mörkum á öllum stöðvum í kræklingi í Reyðarfirði árið 2025 (<0,9 µg/kg) og því undir íslenskum neysluviðmiðum, eins og raunin var í grunnrannsóknnum árið 2000 og einnig árin 2010, 2015 og 2020 (Hafsteinn G. Guðfinnsson o.fl., 2001; HRV, 2010; Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2016, Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2021). Lægstu umhverfisviðmið Norðmanna fyrir benzo(a)pyrene er <1 µg/g blautvigt sem endurspeglar *mjög gott* ástand (Molvær o.fl., 2004) og féllu öll gildi öll vöktunarár í þann flokk (94. mynd).

Sama var að segja hvað varðar summu allra PAH-efna, (fyrir utan naftalen), og KPAH efna þau féllu öll í flokk I sem endurspeglar *mjög gott* ástand öll vöktunarárin samkvæmt norskum viðmiðum (94. mynd). Breytileiki milli ára skýrist fremur af mismunandi greiningarmörkum og mismunandi meðhöndlun sýna en raunverulegri hækkun efnanna milli ára. Hærri gildi árið 2015 skýrist af því að kræklingurinn var ekki hreinsaður í sjó áður en hann var efnagreindur (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2016) og hærri gildi árið 2025 skýrist af hærri greiningarmörkum en árin 2000, 2010 og 2020 því sýnd eru efri greiningarmörk á myndunum ef efni mælast undir greiningarmörkum.



94. mynd. Meðalstyrkur B(a)P, ΣKPAH, ΣPAH (með og án naftalen) í kræklingi í Reyðarfirði árin 2000, 2010, 2015, 2020 og 2025 (µg/g, blautvigt). Punktar sýna meðaltal fyrir hvert ár. Strikalína táknar neðri viðmiðunarmörk fyrir flokk I (mjög gott ástand) samkvæmt norskum ástandsviðmiðum. Fjöldi sýna var 14 árin 2000, 2010 og 2015 en 13 árin 2020 og 2025.

Niðurstöður mælinga á PAH-16 efnum í seti sýndu að öll efni nema fluoranten voru undir greiningarmörkum. Summa efri greiningarmarkna PAH-efna (að frádregnu naftaleni) var 136 µg/kg á þurrefnisgrunni, sem er töluvert undir lægstu norskum viðmiðunarmörkum fyrir summu PAH-16 (án naftalens) í seti (<300 µg/kg þurrvigt). Styrkur benzo(a)pyrene

mældist undir greiningarmörkum ( $<10 \mu\text{g/kg}$ ), sem eru þau sömu og lægstu norsku viðmiðin og samsvara *mjög góðu* ástandi.

Niðurstöður þungmálma í kræklingi og mælingar á PAH-efnum í kræklingi og botnseti fyrir árið 2025 er að finna í viðauka 21.

## 11 Samantekt og lokaorð

Mengunarstig í lofti í Reyðarfirði árið 2025 var í megindráttum í meðallagi miðað við undanfarin ár, en sumir mælipættir hækkuðu á milli ára á meðan aðrir lækkuðu. Styrkur svifryks í lofti lækkaði milli ára. Mæligildi brennisteinsdíoxíðs í lofti reyndust í meðallagi og hafa verið tiltölulega stöðug undanfarin ár. Styrkur flúors í lofti hækkaði á öllum stöðvum á milli ára, en er í líkingu við það sem verið hefur undanfarin ár. Styrkur rykkenndra PAH efni hækkaði milli ára. Sýrustig úrkomu var nálægt meðaltali undanfarinna ára. Styrkur brennisteins og flúoríðs í úrkomu lækkaði milli ára.

Styrkur flúors í gróðri hefur hækkað frá því áður en álverið tók til starfa. Gildi ársins 2025 voru í öllum tilvikum hærri innan þynningarsvæðis en utan. Styrkur flúors í gróðri var ýmist hærri eða sambærilegur gildum ársins 2024, en samanburður við meðaltal áranna 2008–2024 var breytilegur milli tegunda/-hópa.

Meðalstyrkur flúors í grasi á beitarsvæðum og túnum sumarið 2025 var undir viðmiðunarmörkum fyrir flúor í heilfóðri fyrir jörturdýr og mjólkandi jörturdýr sunnan fjarðar ( $20 \mu\text{g/g}$ ). Norðan fjarðar mældist styrkurinn að meðaltali  $40 \mu\text{g/g}$  yfir sumarið, sem var undir viðmiðunarmörkum fyrir jörturdýr ( $56,8 \mu\text{g/g}$ ) en ekki fyrir mjólkandi jörturdýr ( $34,1 \mu\text{g/g}$ ). Sauðfé sem gengur norðan fjarðar er frá bæjum í Skriðdal og er ekki á fóðrum í Reyðarfirði nema hluta af ári og fær hey sem heyjað er utan Reyðarfjarðar. Sauðfé frá bænum Sléttu gengur sunnan fjarðar og inn dalina í botni Reyðarfjarðar þar sem styrkur flúors mældist undir viðmiðum fyrir það. Meðalstyrkur flúors í heyi frá bænum Sléttu og Áreyjum var undir viðmiðum fyrir jörturdýr og mjólkandi jörturdýr og styrkur flúors í grasi og heyi var undir viðmiðum sem sett eru fyrir hross ( $170,5 \mu\text{g/g}$ ).

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 aðallega innan þynningarsvæðis en þeirra varð einnig vart vestast í firðinum. Almennt voru garðaplöntur og tré heilbrigð að sjá en einkenni sem líktust flúor-skemmdum sáust á hluta laufa víðast hvar, enda var meðalstyrkur flúors í gróðri víðast hærri árið 2025 en 2024. Almennt voru litlar þekjubreytingar flétta og mosa á föstum reitum á steinum og klöppum sl. fimm ár.

Tegundaauðgi og þekja flétta í mólendisreitum hefur farið minnkandi frá 2005 til 2025 á meðan þekja æðplantna, sérstaklega runna og smárunna, hefur aukist, þó víðast hvar hafi hægt á sl. ár. Líkt og áður var mest áberandi breytingin milli 2020 og 2025 aukin þekja ríkjandi smárunna og minni þekja flétta, sem er líklega vegna aukinnar göngu og beitars hreindýra í Reyðarfirði sl. ár í samband við breytta landnýtingu og loftslagsbreytingar. Þekja lúpínu jókst einnig mikið milli athugunarára í nokkrum reitum sem varð til þess að þeim var sleppt við úrvinnslu gagna. Beinna áhrif álvers á þróun gróðurfars í mólendi í Reyðarfirði hefur ekki orðið vart.

Litlar breytingar urðu á efnastyrk í yfirborðs- og neysluvatni á Reyðarfirði og Eskifirði árið 2025 líkt og undangengin ár. Öll mæligildi falla innan viðmiðunargilda í reglugerð um neysluvatn. Hámarksgildi flúorinnihalds neysluvatns er 1,5 mg/L en ársmeðaltal flúors í vatni frá öllum sýnatökustöðum í Reyðarfirði árið 2025 var undir þeim mörkum (0,04 mg/L). Flúorstyrkur hefur sl. áratug mælst hæstur í Grænavatni (W10) (0,09 mg/L árið 2025) en einungis tvö sýni eru tekin þar árlega og hefur útslag sveiflna í efnastyrk verið hærra en á öðrum sýnatökustöðum. Sýrustig í dæluhúsinu í Reyðarfirði (W9) var talsvert hærra en í öðrum sýnum árin 2015 til 2020 en virðist hafa farið lækkandi síðan þá og var sambærilegt öðrum sýnum árið 2025. Sýrustig í kranavatni á Reyðarfirði (W7) hækkaði talsvert milli áranna 2020 og 2021 og hélt sú hækkun sér til ársins 2024 en árið 2025 var sýrustig svipað í öllum neysluvatnssýnum. Hámarksgildi brennisteins í neysluvatni skv. reglugerð er 83,3 mg/L og líkt og fyrri ár mældist meðalársstyrkur brennisteins hæstur í Grænavatni, 0,81 mg/L árið 2025 sem er tveimur stærðargráðum undir hámarksgildum. Styrkir PAH efnasambandanna fjögurra sem reglugerð um neysluvatn nær til er undir greiningarmörkum í öllum sýnum, en sú staða hefur haldist óbreytt frá 2011. Benso-(a)pyren mældist einnig undir greiningarmörkum í öllum sýnum.

Styrkur mældra efna í jarðvegi hafa ýmist hækkað, lækkað eða staðið í stað milli athugunarára en gildin eru gjarnan breytileg milli sýnatökustaða. Líkt og árið 2020 var hægt að greina aukinn styrk flúors í jarðvegi miðað við bakgrunnsmælingar.

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. Meðalstyrkur flúors í kjálkabeinum lamba var hærri en 2024 en aftur á móti lægri hjá fullorðnu fé. Hæsti meðalstyrkur flúors í beinösku í fullorðnu fé mældist á Sléttu en í lömbum frá Víkingsstöðum árið 2025. Styrkur flúors í kjálkum hefur mælst breytilegur milli ára og milli bæja. Styrkur flúors í kjálkum lamba fylgir nokkuð vel styrk flúors í grasi. Sjónrænt mat kjálkanna gaf til kynna að öll lömb væru við góða tannheilsu. Nokkrar kindur, bæði af bæjum í grennd við Fjarðaál og á viðmiðunarbæjunum, voru metnar með slæma tannheilsu, en tengsl var ekki að finna á milli styrk flúors í beinvef og tannheilsu dýranna. Við sjónræna skoðun lifandi sauðfjár í Reyðarfirði voru tennur almennt metnar heilbrigðar en vægar breytingar fundust í níu gripum. Það er fjölgun milli ára þar sem sex gripir voru skráðir með breytingar árið 2024 og fimm árið 2023. Mögulegt er að þessar breytingar séu vegna flúormengunar en ekki er hægt að fullyrða að svo sé.

Styrkur þungmálma í kræklingi var lægri eða sambærilegur árið 2025 samanborið við árið 2020. Öll gildi mældust undir lægstu íslensku neysluviðmiðum og í öllum tilvikum var styrkurinn í lægsta eða næstlægsta mengunarflokki sem lýsir *mjög góðu* eða *góðu* ástandi skv. skilgreiningu Norðmanna. Styrkur PAH efna í kræklingi í Reyðarfirði mældist undir íslenskum neysluviðmiðum og féll í mengunarflokk Norðmanna sem lýsir *mjög góðu* ástandi. Ekki var augljóst dreifingarmynstur á styrk PAH efna í Reyðarfirði. Hærri gildin dreifðust víða um fjörðinn og því ekki hægt að draga ályktanir um eina uppsprettu mengunar. Styrkur PAH-16 efna í seti mældist lágt og féll í mengunarflokk Norðmanna sem lýsir *mjög góðu* ástandi.

## 12 Heimildir

- Aas Hansen, M. (1994). *Helserisiko for husdyr som følge av utslipp fra norske aluminiumverk. In: Norsk aluminiumindustri og miljø*. Prosjekt for effektstudier av industriutslipp fra primæraluminiumverk i Norge. Rapporter fra delprosjekter. Chapter 11. Aluminiumindustrien Miljøsekretariat, Oslo. ISBN: 82-90861-21-4.
- Alcoa Fjarðaál (2013). *Vöktunaráætlun*. Útbúið fyrir Umhverfisstofnun. Reyðarfjörður: Álver Alcoa Fjarðaáls.
- Auglýsing um um friðun æðplantna, mosa og fléttna, nr. 1385 (18. nóvember 2021).
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67, 1–48. <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
- Bjorkman, A.D., Myers-Smith, I.H., Weiher, E. o.fl. (2018). Plant functional trait change across a warming tundra biome. *Nature*, 562, 57–62. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0563-7>
- Brooks, M.E., Kristensen, K., van Benthem, K.J., Magnússon, Á., Berg, C.W., Nielsen, A., Skaug, H.J., Maechler, M., Bolker, B.M. (2017). glmmTMB Balances Speed and Flexibility Among Packages for Zero-inflated Generalized Linear Mixed Modeling. *The R Journal*, 9, 378–400. <https://doi.org/10.32614/RJ-2017-066>
- Cloves, L.A. & Francesconi, K.A. (2004) Uptake and elimination of arsenobetaine by the mussel *Mytilus edulis* is related to salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 137, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2003.11.003>
- 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.
- 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 & Kristín Ágústsdóttir (2016). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2015*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson & Kristín Ágústsdóttir (2019). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2018*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson & Kristín Ágústsdóttir (2020). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2019*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erla Sturludóttir, Helga Gunnlaugsdóttir, Hrönn Ó. Jörundsdóttir, Elín V. Magnúsdóttir, Kristín Ólafsdóttir og Gunnar Stefánsson (2013). Spatial and temporal trends of contaminants in mussel sampled around the Icelandic coastline. *Science of The Total Environment*, 454–455, 500–509. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.042>
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Hermann Þórðarson, Kristín Ágústsdóttir & Margrét Gísladóttir (2021). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2020*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elín Jónsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Kristín Ágústsdóttir & Margrét Gísladóttir (2022). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2021*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elín Jónsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Kristín Ágústsdóttir & Margrét Gísladóttir (2023). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2022*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elín Jónsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Kristín Ágústsdóttir & Margrét Gísladóttir (2024). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2023*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.

- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elín Jónsdóttir, Ester Inga Eyjólfsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir & Margrét Gísladóttir (2025). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissköktun 2024*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Hafrannsóknastofnun fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir & Hermann Þórðarson (2014). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissköktun 2013*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Eyrún Arnardóttir (2024). *Eftirlitsskýrsla – brettánda skoðun dýralæknis á grasbítum í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem að áttu sér stað á árunum 2012–2023*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Eyrún Arnardóttir (2025). *Eftirlitsskýrsla – Fjörtánda skoðun dýralæknis á sauðfé í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem að áttu sér stað á árunum 2012–2024*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Eyrún Arnardóttir (2026). *Eftirlitsskýrsla – Fimmtánda skoðun dýralæknis á sauðfé í Reyðarfirði, eftirfylgni fyrri skoðana sem að áttu sér stað á árunum 2012–2024*. Egilsstaðir: Dýralæknastofan á Randabergi.
- Firke, S. (2024). *janitor: Simple tools for examining and cleaning dirty data* (R package version 2.2.1). <https://CRAN.R-project.org/package=janitor>
- 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 & Kristín Ágústsdóttir (2005). *Baseline Survey Report. External Environmental Monitoring – Ecological Survey*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Guðrún Óskarsdóttir, Elín Guðmundsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson & Kristín Ágústsdóttir (2015). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissköktun 2014*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Hafsteinn G. Guðfinnsson, Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Jóhannes Briem, Jón Ólafsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, Ástþór Gíslason, Sigmar Arnar Steingrímsson (2001). *Rannsóknir á straumum, umhverfispáttum og lífríki sjávar í Reyðarfirði frá júlí til október 2000*. Fjölrit nr. 85, Hafrannsóknastofnun.
- Halldór Björnsson, Anna Hulda Ólafsdóttir, Bjarni Diðrik Sigurðsson, Borgný Katrínardóttir, Brynhildur Davíðsdóttir, Gígja Gunnarsdóttir, Guðfinna Th. Aðalgeirsdóttir, Guðjón Már Sigurðsson, Helga Ögmundardóttir, Hildur Pétursdóttir, Hlynur Bárðarson, Starri Heiðmarsson og Theódóra Matthíasdóttir (2023). *Umfang og afleiðingar hnattrænna loftslagsbreytinga á Íslandi. Fjórdá samantektarskýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar*. Veðurstofa Íslands. [https://cdn.loftslagsbreytingar.is/pdf/2023/10/skyrsla\\_visindanefndar.pdf](https://cdn.loftslagsbreytingar.is/pdf/2023/10/skyrsla_visindanefndar.pdf)
- Hartig, F. (2024). *DHARMA: Residual Diagnostics for Hierarchical (Multi-Level / Mixed) Regression Models*. R package version 0.4.7. <https://CRAN.R-project.org/package=DHARMA>
- Hrönn Jörundsdóttir, Sophie Jensen, Ketil Hylland, Tor Fredrik Holth, Helga Gunnlaugsdóttir, Jörundur Svavarsson, Ásdís Ólafsdóttir, Haitham El-Taliawy, Frank Rigét, Jakob Strand, Elisabeth Nyberg, Anders Bignert, Katrin S. Hoydal, Halldór Pálmar Halldórsson (2014). Pristine Arctic: Background mapping of PAHs, PAH metabolites and inorganic trace elements in the North-Atlantic Arctic and sub-Arctic coastal environment. *Science of The Total Environment*, 493, 719–728. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.030>
- HRV (2010). *Sjálfbærnisvísir: Mengunarefni í dýralífi sjávar*. Reykjavík: Verkfræðistofan HRV.
- Koblar, A., Tavčar, G. & Ponikvar-Svet, M. (2011). Effects of airborne fluoride on soil and vegetation. *Journal of Fluorine Chemistry*, 132, 755–759.
- Kruskal, J.B. (1964). Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. *Psychometrika*, 29, 1–27. <https://doi.org/10.1007/BF02289565>
- Landmælingar Íslands (2020a). *IS 50V. Landupplýsingagögn fyrir mannvirki, samgöngur, strandlínu og vatnafar*. Sótt í janúar 2026 á <https://www.gamli.lmi.is/landupplýsingar/is-50v/>
- Landmælingar Íslands (2020b). *ÍslandsDEM. Landupplýsingagögn fyrir hæðarlíkan*. Sótt í janúar 2023 á <https://gatt.natt.is/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/e6712430-a63c-4ae5-9158-c89d16da6361>
- 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.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., & Sørensen, J. (2004). *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Statens forurensningstilsyn (SFT), TA-2229/2004.

- Müller, K., & Wickham, H. (2023). *tibble: Simple data frames* (R package version 3.2.1). <https://CRAN.R-project.org/package=tibble>
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2018). *Válisti æðplantna*. Sótt í júní 2026 á <https://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/plontur/valisti-aedplantna>
- Náttúrufræðistofnun Íslands & Landgræðsla ríkisins (2010). *Alaskalúpína og skógarkerfill á Íslandi. Útbreiðsla, varnir og nýting*. Skýrsla til umhverfisráðherra. Reykjavík og Gunnarsholt: Náttúrufræðistofnun Íslands og Landgræðsla ríkisins.
- Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Borman, T., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M., Lahti, L., Martino, C., McGlinn, D., Ouellette, M., Ribeiro Cunha, E., Smith, T., Stier, A., Ter Braak, C., Weedon, J. (2025). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.7-2. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Ongstad, L., Stoll, C.I. & Aasland, T. (1994). *The Norwegian aluminium industry and the local environment. Project to study the effects of industrial emission from primary aluminium plants in Norway- Summary report*. Oslo: Hydro Media.
- 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.
- Pawel Wąsowicz (2020). *Annotated checklist of vascular plants of Iceland*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 57. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- R Core Team (2024). *R: A language and environment for statistical computing*, version 4.2.2. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Raynolds, M., Borgþór Magnússon, Sigmar Metúsalemsson og Sigurður H. Magnússon (2015). Warming, Sheep and Volcanoes: Land Cover Changes in Iceland Evident in Satellite NDVI Trends. *Remote Sensing*, 7, 9492–9506. <https://doi.org/10.3390/rs70809492>
- Reglugerð um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkel 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.
- Sigurður Sigurðarson (án árs). *Áhrif eldgosa á dýr*. Sótt í febrúar 2011 á [http://www.mast.is/Uploads/document/yd\\_eydublod/ahrif\\_eldgosa\\_a\\_dyr.pdf](http://www.mast.is/Uploads/document/yd_eydublod/ahrif_eldgosa_a_dyr.pdf)
- Sjörs, H. (1956). *Nordisk växgeografi*. Stockholm: Skandinavian University books.
- Umhverfisstofnun (2010). *Starfsleyfi fyrir álver Alcoa Fjarðaáls* sf. Sótt í mars 2026 á: [https://ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Starfsleyfi-i-gildi/alver/Alcoa\\_Fjardaal\\_2026.pdf](https://ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Starfsleyfi-i-gildi/alver/Alcoa_Fjardaal_2026.pdf)
- Umhverfisstofnun (2022). *Friðlýst svæði*. Landupplýsingagögn fyrir friðlýst svæði. Sótt í janúar 2025 á <https://www.ust.is/nattura/naturuverndarsvaedi/friðlyst-svaedi/>
- Umhverfisstofnun (2024). *Starfsleyfi UST202003-451. Álver. Alcoa Fjarðaál* sf. Sótt í mars 2026 á: <https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-eftirlitsskyrslur/Starfsleyfi%20-%20Alcoa%20Fjar%20-%20a%20-%20Rey%20-%20arf%20-%20b6r%20-%20Our.pdf>
- Veðurstofa Íslands (2026). *Tíðarfar ársins 2025*. Sótt í febrúar 2026 á <https://www.vedur.is/um-vi/frettir/tidarfar-arsins-2024>
- 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, 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. (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.
- 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.
- Wickham H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., o.fl. (2019) Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4, 1686.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag New York.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-24277-4>
- Wickham, H. (2022). *stringr: Simple, consistent wrappers for common string operations* (R package version 1.5.0). <https://CRAN.R-project.org/package=stringr>
- Wickham, H., & Bryan, J. (2022). *readxl: Read Excel files* (R package version 1.4.1). <https://CRAN.R-project.org/package=readxl>
- Wickham, H., & Girlich, M. (2022). *tidyr: Tidy messy data* (R package version 1.2.1). <https://CRAN.R-project.org/package=tidyr>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., Müller, K., & Vaughan, D. (2023). *dplyr: A grammar of data manipulation* (R package version 1.1.4). <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- 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.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2023). *Skýrsla fyrir árið 2022, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2024). *Skýrsla fyrir árið 2023, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2025). *Skýrsla fyrir árið 2024, flúormæling beina og skoðun tanna í sauðfé fyrir iðnaðarsvæðið Fjarðaál*. Mosfellsbær: Dýralæknirinn Mosfellsbæ.
- Þórunn Lára Þórarinsdóttir (2025). *Skýrsla fyrir árið 2025, 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](mailto:na@na.is)  
Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstöðum • Veffang: [www.na.is](http://www.na.is)