

**Þungmálmar í mosa í nágrenni fyrirhugaðs
álvers í Reyðarfirði árið 2000**

Sigurður H. Magnússon

Unnið fyrir Reyðarálf hf.

NÍ-02011

Reykjavík, júní 2002



NÁTTÚRUFRAEÐISTOFNUN ÍSLANDS

ENGLISH SUMMARY

HEAVY METALS IN MOSS IN REYÐARFJÖRÐUR IN 2000

In the summer of 2000, the atmospheric heavy metal deposition in Iceland was monitored by the moss technique. This technique is based on the fact that the concentration of heavy metals in dryland mosses is closely correlated to atmospheric deposition. The study is a part of an international project performed to characterise the regional atmospheric deposition pattern of heavy metals and to indicate the location of important heavy metal pollution sources. More than one hundred samples of the moss species *Hylocomium splendens* was sampled from the whole country, except from the central highland where the species is rare or absent. In addition nine samples were taken in Reyðarfjörður in the vicinity of a planned aluminium smelter. This additional study was funded by the project company Reyðarál hf and is planned as a starting point for monitoring of heavy metals from the smelter.

The total concentrations of As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V, Zn and S were determined using ICP technique. In Reyðarfjörður a considerable variation in the concentration of arsenic, chromium, copper, mercury, nickel, vanadium and zinc was detected. Most of these metals were found to be in highest concentration near the middle of the fiord where the smelter is planned. The concentration for most elements did not show a great difference between Reyðarfjörður and other parts of the country. However, the concentration of cadmium and lead was found to be somewhat higher in Reyðarfjörður than in other samples. The reason to higher cadmium concentration in Reyðarfjörður is not clear but earlier investigations have shown relatively high lead concentration along the south-east coast probably associated with long-range transport.

ÁGRIP

Sumarið 2000 sá Náttúrufræðistofnun Íslands í samvinnu við Hollustuvernd ríkisins o.fl. um rannsókn á þungmálmum í mosa á Íslandi. Mælingarnar eru liður í fjölþjóðlegu verkefni þar sem megintilgangurinn er að fylgjast með loftborinni mengun af völdum þungmálma og að finna helstu uppsprettur hennar. Söfnun mosa fer fram á 5 ára fresti en hún var fyrst framkvæmd árið 1990. Árið 2000 var 118 sýnum af tildurmosa (*Hylocomium splendens*) safnað víðs vegar um land. Einnig voru tekin níu sýni til mælinga í nágrenni fyrirhugaðs álvers við Reyðarfjörð. Voru þær mælingar hugsaðar sem upphaf vöktunar á þungmálmum við álverið en mikilvægt er að fyrir liggja grunnupplýsingar um magn þungmálma í Reyðarfirði áður en álverið tekur til starfa. Var um það samið að Reyðarálf hf stæði straum af þeim viðbótarkostnaði sem þessu fylgdi, svo sem sýnatöku, flokkun sýna, efnagreiningu og úrvinnslu.

Í sýnunum var mældur styrkur As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V, Zn og S. Niðurstöður sýndu töluverðan breytileika í Reyðarfirði á styrk arsens, króms, kopars, kvikasilfurs, nikkels, vanadíums og sinks. Styrkur flestra þessara efna var hæstur um miðjan fjörð, þ.e. nálægt þeim stað sem álverksmiðjunni er ætlað að standa.

Sýnin frá Reyðarfirði skáru sig ekki verulega úr sýnum sem tekin voru annars staðar á landinu nema hvað styrkur kadmíums og blýs var nokkru hærri í firðinum en annars staðar. Ekki er ljóst hvað veldur hækkun á kadmíum en líklegt er að hærri styrkur blýs stafi af mengun sem berst til landsins um langan veg.

EFNISYFIRLIT

ENGLISH SUMMARY	2
ÁGRIP	3
1 INNGANGUR	5
2 FRAMKVÆMD	6
3 ÚRVINNSLA	7
4 NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA	8
5 LOKAORÐ	12
6 HEIMILDIR	13
VIÐAUKI	14

TAFLA

1. tafla. Yfirlit yfir mosasöfnunarstaði við fyrirhugað álver við Reyðarfjörð	7
---	---

MYNDIR

1. mynd. Yfirlit yfir þá staði í Reyðarfirði þar sem tildurmosa var safnað sumarið 2000	6
2. mynd. Arsen (As) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði	9
3. mynd. Kadmíum (Cd) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði	9
4. mynd. Króm (Cr) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði	9
5. mynd. Kopar (Cu) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði	10
6. mynd. Járn (Fe) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði	10
7. mynd. Kvikasilfur (Hg) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði	10
8. mynd. Nikkel (Ni) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði	11
9. mynd. Blý (Pb) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði	11
10. mynd. Vanadíum (V) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði	11
11. mynd. Sink (Zn) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði	12
12. mynd. Brennisteinn (S) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði.	12

1 INNGANGUR

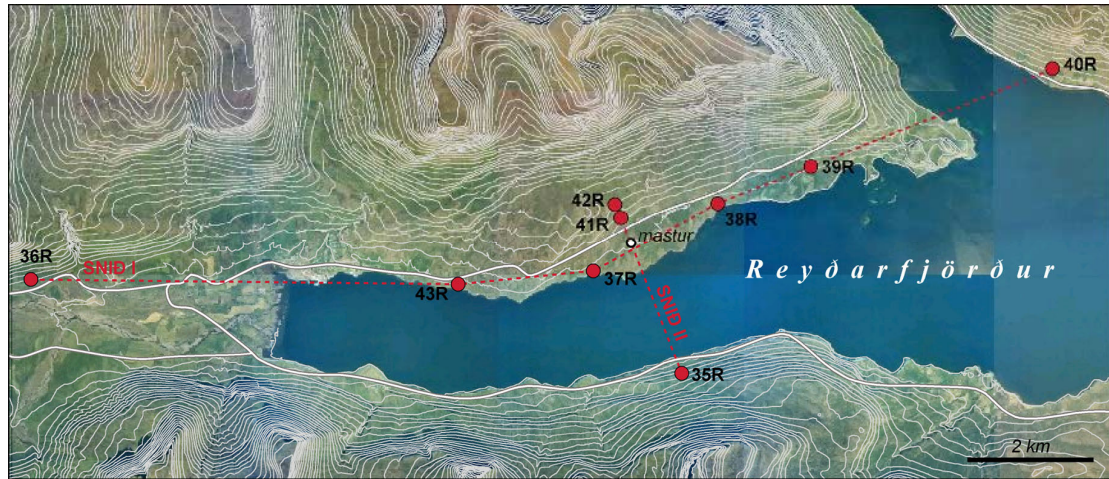
Frá árinu 1990 hafa hér á landi farið fram skipulegar mælingar á þungmálmum í mosa. Á fimm ára fresti hafa verið tekin sýni af tegundinni tildurmosa (*Hylocomium splendens*) víðsvegar um land og þau efnagreind. Um er að ræða fjölþjóðlegt verkefni þar sem mörg lönd Evrópu hafa tekið þátt. Megintilgangur verkefnisins er að fylgjast með loftborinni mengun af völdum þungmálma og að finna helstu uppsprettur hennar (Rühling o.fl. 1992, Rühling og Steinnes 1998). Árin 1990 og 1995 sá Rannsóknastofnun landbúnaðarins um framkvæmd verksins en árið 2000 var það unnið á Náttúrufræðistofnun Íslands í samvinnu við Hollustuvernd ríkisins o.fl.

Niðurstöður þessara mælinga sýna að þungmálmamengun er almennt minnst í Norður-Skandinavíu en eykst þegar sunnar dregur í Evrópu. Aukningin er einna mest í kadmíum, blýi og vanadíum en minni í krómi, kopar, járni, nikkell og sinki. Einnig kom fram að ýmiss konar iðnaðarstarfsemi veldur víða aukinni þungmálmamengun í álfunni. Á Íslandi er styrkur arsens, blýs, kvikasílfurs og sinks almennt lágur. Styrkur efnanna kadmíums, króms, kopars, nikkels og þó sérstaklega járn og vanadíums er hins vegar talsvert hár hér á landi. Styrkur þeirra er mjög breytilegur eftir svæðum og er hann yfirleitt hæstur innan gosbeltisins en mun lægri bæði á Vestfjörðum og á Austfjörðum. Þessi tiltölulega háu gildi eru ekki talin stafa af loftmengun heldur af rykögnum úr gosefnum og berggrunni sem loða við mosann (Rühling o.fl. 1992, Rühling og Steinnes 1998).

Við mælingar árin 1990 og 1995 komu fram vísbendingar um að magn nokkurra þungmálma, einkum As, Pb, Hg og Ni, væri hærra í nágrenni álversins í Straumsvík en víðast hvar á landinu (Rühling o.fl. 1992, Rühling o.fl. 1998). Til þess að kanna hvort þetta ætti við rök að styðjast var ákveðið að samhliða söfnun á mosa til þungmálmamælinga á landsvísu sumarið 2000 yrði mosa safnað á fleiri stöðum í nágrenni álversins en áður hafði verið gert. Einnig var ákveðið að taka nokkur sýni í nágrenni fyrirhugaðs álvers í Reyðarfirði. Voru mælingarnar hugsaðar sem upphaf vöktunar á þungmálmum við álverið en mikilvægt er að fyrir liggi grunnupplýsingar um magn þungmálma við Reyðarfjörð áður en álverið tekur til starfa. Var um það samið að Reyðarál hf stæði straum af þeim viðbótarkostnaði sem þessu fylgdi, svo sem sýnatöku, flokkun sýna, efnagreiningu og úrvinnslu.

Vöktun þungmálma með mosaaðferðinni byggist á því að þurrlandismosar, einkum þeir sem mynda breiður, fá mestan hluta næringar sinnar með úrkomu og ryki sem á þá fellur úr andrúmslofti. Þungmálmur safnast fyrir í mosanum og því endurspeglar magn málmanna hreinleika þess andrúmslofts sem um mosann hefur leikið. Tildurmosi hefur afmarkaða árssprota sem er mikilvægur eiginleiki þegar mæla skal upp-söfnun málmna yfir tiltekið tímabil. Með því að efnagreina t.d. árssprota síðasta árs má fá upplýsingar um loftmengun á því ári.

Í þessari skýrslu er greint frá helstu niðurstöðum mælinga á þungmálmum við Reyðarfjörð og magn efna borið saman við það sem mældist í sýnum annars staðar af landinu.



1. mynd. Yfirlit yfir þá staði í Reyðarfirði þar sem tildurmosa var safnað sumarið 2000 til mælinga á þungmálmum. Mastur á miðri mynd er nokkru austan og norðan við miðju fyrirhugaðrar verksmiðju.

2 FRAMKVÆMD

Sýnataka fór fram í Reyðarfirði 6. september árið 2000. Tekin voru alls níu sýni í nágrenni fyrirhugaðs álvers. Við val á sýnatökustöðum var miðað við líklega dreifingu efna frá fyrirhugaðri verksmiðju en efni munu sennilega dreifast bæði inn og út fjörðinn en minna þvert á hann. Miðað var við að sýnin spönnuðu sem stærstan fallanda í styrk efna frá verksmiðju. Sýni voru tekin á tveimur sniðum, þ.e. frá fjarðarbotni og út með firðinum (snið I) og síðan þvert á það (snið II). Á langsníðinu voru tekin sex sýni, tvö nálægt fyrirhugaðri verksmiðju þar sem styrkur verður væntanlega einna hæstur, tvö talsvert lengra frá þar sem styrkur verður í meðallagi og loks tvö allfjarri, þar sem líklegt er að áhrifa verksmiðju gæti mjög lítið. Á þversniðinu voru tekin þrjú sýni, eitt á Sléttuströnd sunnan fjarðar en tvö norðan fjarðar ofan verksmiðjulóðar (1. mynd).

Vestan og ofan við verksmiðjulóð var unnt að taka sýni tiltölulega nálægt fyrirhugaðri verksmiðju en austan hennar var það ekki mögulegt vegna þess að þar eru tún og ræktarlönd frá bænum Flateyri. Til greina kom að taka sýni vestan við túnið en það reyndist ekki hægt sökum mikillar hrossabeitar á því svæði. Því var sýni tekið austan við túnið á Flateyri þótt þar væri einnig nokkur hrossabeit. Milli þéttbýlisins á Reyðarfirði og Teigagerðis er land víða talsvert breytt frá því sem áður var, einkum vegna skógræktar og uppgræðslu svo sem með lúpínu. Þetta svæði er því ekki það heppilegasta til sýnatöku einkum vegna þess að þar mun gróður sennilega breytast mikið á komandi áratugum. Eitt sýni var þó tekið á skógræktarsvæðinu og var staðurinn sérstaklega valinn þar sem ekki höfðu verið gróðursettar trjáplöntur. Á þessum stað er gróðurþekja tiltölulega öflug, snarrótargraslendi með grávíði og hálingresi og því líklegt að lúpína eigi ekki auðvelt með að nema þar land (sbr. Borgþór Magnússon o.fl. 2001).

Á hverjum stað voru tekin 5–10 smásýni á um 50 x 50 m svæði og þeim síðan slegið saman í eitt samsýni og sett í plastpoka. Stærð samsýnis var um tveir lítrar. Staðsetning var ákvörðuð með GPS-tæki og var þá miðað við miðju þess svæðis sem safnað var á. Þeir staðir sem næstir eru fyrirhuguðu álveri voru merktir með hælum.

1. tafla. Yfirlit yfir mosasöfnunarstaði við fyrirhugað álver við Reyðarfjörð.

Snið	Söfnunar- staður	Halli ^o / Hallastefna	Landgerð	Ríkjandi háplöntutegundir
I	36R	7/S	Grasrjóður í birkikjarri	Hálingresi, krækilyng, bláklukka
I	43R	6/SA	Graslendi	Snarrótarpuntur, grávíðir, hálingresi, blávingull
I	37R	1/NA	Grasheiði	Krækilyng, móasef, bláberjalyng, hálingresi, bugðupuntur
I	38R	8/SA	Grasheiði	Hálingresi, blávingull, bláberjalyng, snarrótarpuntur, vallengting
I	39R	3/S	Grasheiði	Bláberjalyng, hálingresi, blávingull
I	40R	10/SV	Grasheiði	Blávingull, gulmaðra, vallengting, móasef, hálingresi
II	35R	15/N	Graslendi	Stinnastör, móasef, blávingull, brjóstagras
II	41R	16/SA	Graslendi	Týtulíngresi, snarrótarpuntur, vallengting, ilmreyr, blávingull
II	42R	5/SA	Hallamýri	Mýrastör, mýrelfting, hrossanál, reyrgresi

Á hverjum stað var aðstæðum lýst lauslega, mældur halli lands og hallastefna með einföldum hallamæli (áttavita) og teknar ljósmyndir af flestum stöðum. Gróðri var einnig lýst, m.a. skráðar ríkjandi tegundir háplantna (1. tafla).

Að lokinni sýnatöku voru sýnin fryst og geymd frosin fram í byrjun mars árið 2001 en þá voru þau þídd við herbergishita og ákveðinn hluti mosans, þ.e. vöxtur árána 1997–1999 tekinn til efnagreininga. Var það gert þannig að vaxtarsproti sumarsins 2000 var fyrst slitinn af. Næstu þrjú árssprotar voru þá teknir og settir í bréfpoka en eldri sprotum hent. Sýnin voru síðan þurrkuð við herbergishita. Eftir hreinsun voru þau send til Vistfræðistofnunar Lundarháskóla í Svíðþjóð þar sem þau voru efnagreind. Söfnun sýna og öll meðferð þeirra var unnin með plasthönskum til þess að forðast að aðskotaefni bærust í þau. Alls voru mæld 11 efni, þ.e. As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V, Zn og S. Efnagreiningum var lokið í maí 2001. Fyrir efnagreiningu voru sýnin þurrkuð við 40°C. Þá voru 1,5 g af mosa soðin í sterkri saltpéturssýru og efni greind með ICP tækni. Sá hluti sýnanna sem af gekk var tekinn og settur í bréfpoka, þurrkaður og komið fyrir í geymslu. Má því mæla efni í þessum sýnum síðar ef ástæða þykir.

3 ÚRVINNSLA

Til þess að sýna dreifingu þungmálma í næsta nágrenni við fyrirhugað álver við Reyðarfjörð voru teiknuð kort sem sýna hvar sýnin voru tekin og styrk einstakra efna á hverjum stað. Auk þess var reiknað út miðgildi og meðaltal ásamt hámarki og

lágmarki fyrir hvert einstakt efni, annars vegar við fyrirhugað álver og hins vegar aðra staði á landinu. Í þessum samanburði var sýnum sem tekin voru í nágrenni álversins (< 3 km) í Straumsvík sleppt en þar var magn sumra efnanna hærra en víðast hvar á landinu en það má rekja til staðbundinnar mengunar (Sigurður H. Magnússon 2002).

4 NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

Ljóst er að töluverður breytileiki er í styrk þungmálma í Reyðarfirði. Einkum á það við um arsen, króm, kopar, kvikasilfur, nikkell, vanadium og sink (2.–12. mynd, 1. viðauki). Öðru máli gegnir um kadmíum, járn, blý og brennistein en styrkur þeirra er nokkuð svipaður á öllum stöðum sem mældir voru. Sýnin úr Reyðarfirði skera sig yfirleitt ekki verulega úr sýnum sem tekin voru annars staðar á landinu nema hvað varðar kadmíum og blý en styrkur beggja þessara efna var að meðaltali talsvert hærri í Reyðarfirði en annars staðar (3. og 9. mynd). Að meðaltali var styrkur kadmíums í Reyðarfirði 0,084 µg/g en annars staðar á landinu 0,058 µg/g. Ekki er ljóst hvað veldur hærri gildum á kadmíum í Reyðarfirði en annars staðar á landinu en rétt er að taka fram að hér er um frekar lág gildi að ræða. Í Reyðarfirði mældist styrkur blýs 3,46 µg/g en annars staðar á landinu var hann að meðaltali 1,56 µg/g. Fyrri rannsóknir sýna að blý í mosa er einna mest við Reykjavík og á Suðausturlandi. Þetta mynstur hefur annars vegar verið rakið til áhrifa frá þéttbýlinu við Reykjavík og hins vegar til mengunar sem borist hefur með loftstraumum og úrkomu frá Evrópu (Rühling o.fl. 1992, Rühling og Steinnes 1998). Frekar ólíklegt er að þéttbýlið við Reyðarfjörð valdi þessari hækkun á blýi í mosa í firðinum þótt ekki sé hægt að útiloka það. Seinni skýringin er líklegri, þ.e. að blýið berist með úrkomu um langan veg.

Niðurstöður mælinga frá Reyðarfirði benda til þess að magn margra efnanna sé einna mest í firðinum á svæði sem teygir sig frá kaupstaðnum og út undir Hólmanes (2.–12. mynd). Magnið minnkar síðan bæði til austurs og vesturs frá þessu svæði og einnig þegar komið er upp í brekkurnar norður af Sómastaðagerði. Efni sem hafa þessa dreifingu eru arsen, króm, kopar, járn, kvikasilfur, nikkell, blý, vanadium og sink. Í stórum dráttum má því segja að þungamiðja dreifingar þessara efna sé ekki langt frá þeim stað þar sem álverksmiðjunni er ætlað að standa.

Bæði kadmíum og brennisteinn hafa nokkuð annað útbreiðslumynstur (3. og 12. mynd). Mest var af kadmíum í sýnum sem tekin voru annars vegar austan við Hólma og hins vegar vestan við Sómastaðagerði en minnst í sýni sem tekið var þar á milli, þ.e. austan við Hraun. Mest mældist af brennisteini í sýni 42, sem var tekið efst allra sýna ofan við Sómastaðagerði en minnst í sýni 41 sem tekið var aðeins nokkru neðar í hlíðinni. Rétt er að taka fram að munur á brennisteini í sýnum er lítill.

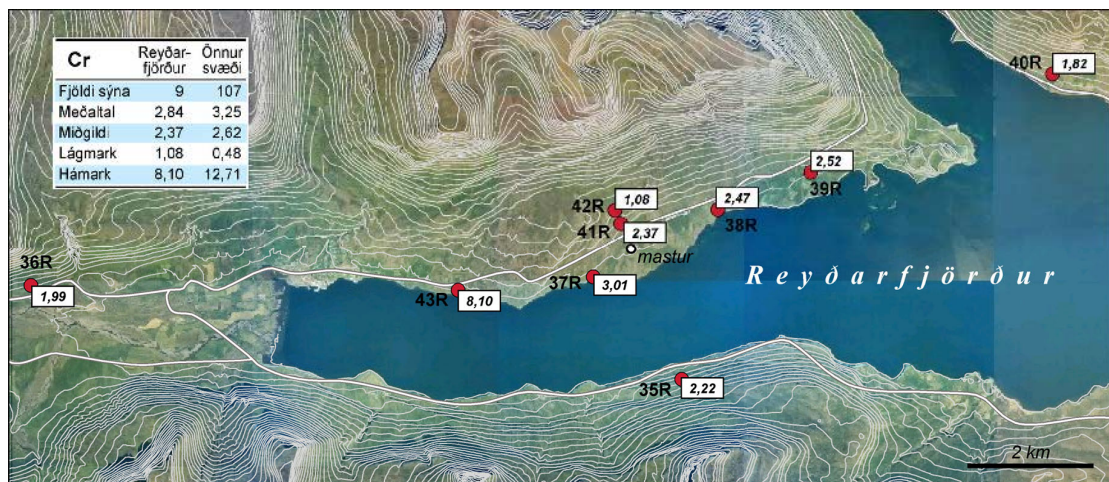
Athyglisvert er að sýnið (43) sem tekið var innan skógræktargirðingarinnar vestan við Teigagerði innihélt hlutfallslega mikið af krómi, kopar, járn, nikkell, vanadium og sinki. Ekki er ljóst hvað ræður þessu en hugsanlegt er að nálægð við þéttbýlið við Reyðarfjörð hafi þarna áhrif. Einnig er vitað að hér á landi er yfirleitt meira af þessum efnum (nema sinki) á rofsvæðum en annars staðar (Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1993). Hvort það getur verið skýringin er hinsvegar ekki ljóst. Sýni 42 sem tekið var efst í hlíðinni ofan við Sómastaðagerði hefur einnig sérstöðu því þar var styrkur allra mældra efna lægstur nema styrkur brennisteins.



2. mynd. Arsen (*As*) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Í ramma er sýndur fjöldi sýna, meðaltal, miðgildi, hámark og lágmark annars vegar í Reyðarfirði og hins vegar annars staðar á landinu.



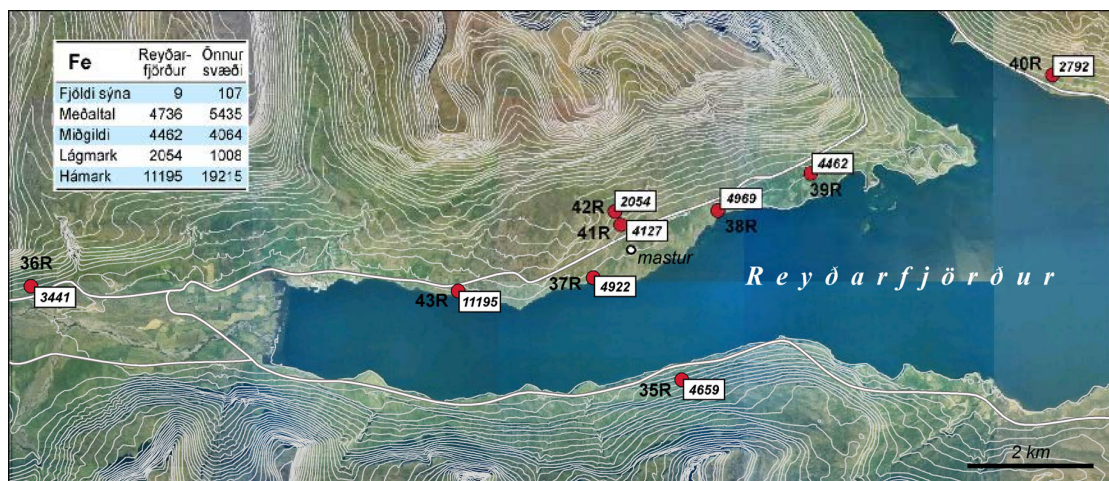
3. mynd. Kadmíum (*Cd*) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Sjá einnig skýringar við 2. mynd.



4. mynd. Króm (*Cr*) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Sjá einnig skýringar við 2. mynd.



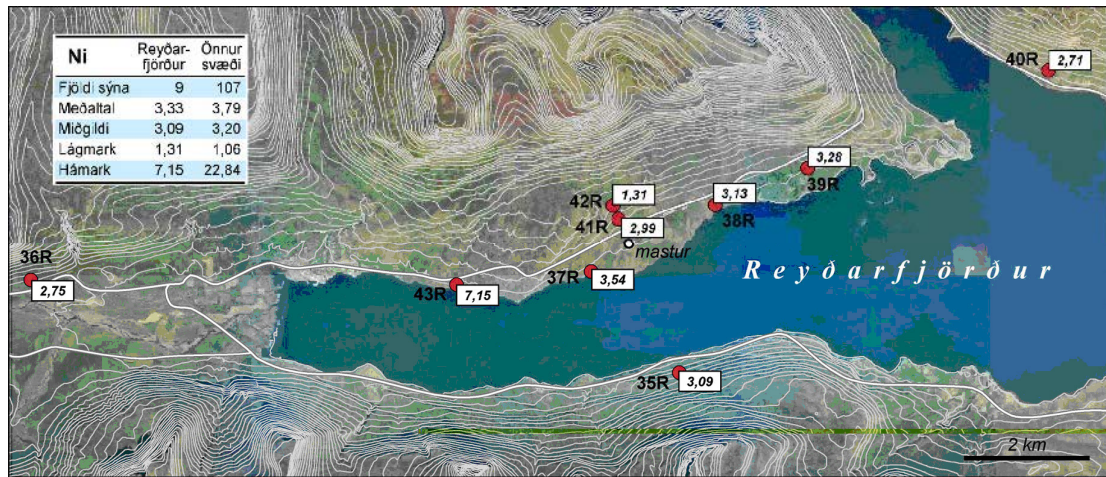
5. mynd. Kopar (Cu) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Sjá einnig skýringar við 2. mynd.



6. mynd. Járn (Fe) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Sjá einnig skýringar við 2. mynd.



7. mynd. Kvikasilfur (Hg) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Sjá einnig skýringar við 2. mynd.



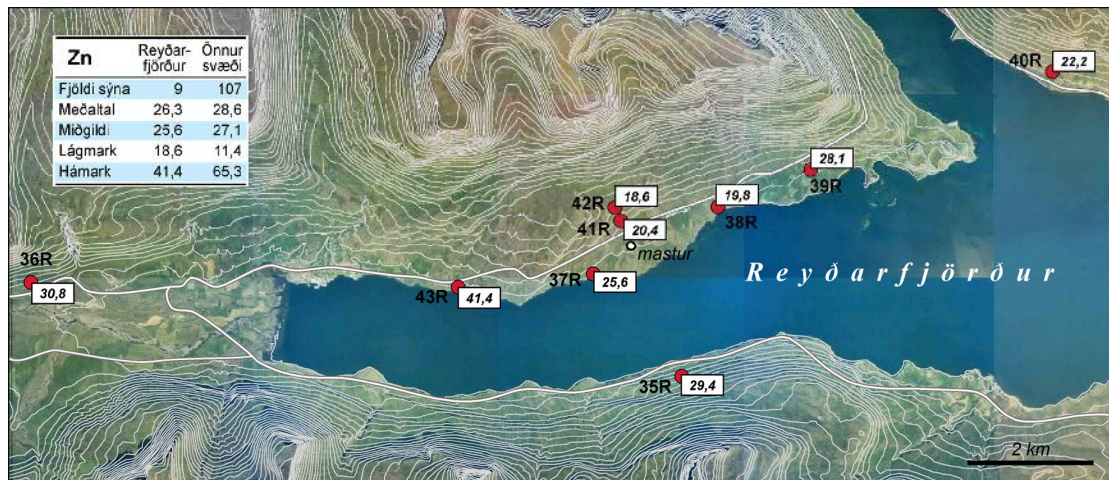
8. mynd. Nikkel (Ni) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Sjá einnig skýringar við 2. mynd.



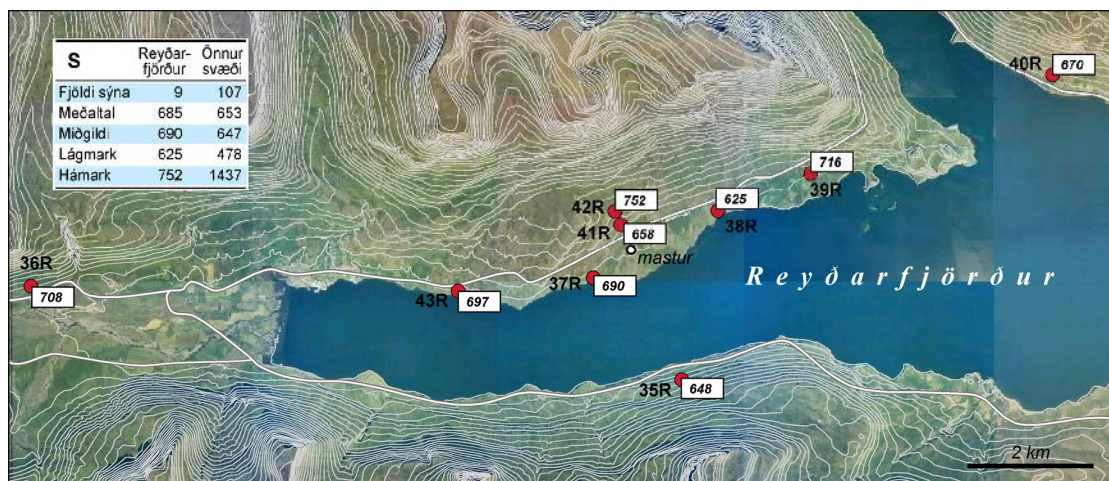
9. mynd. Blý (Pb) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Sjá einnig skýringar við 2. mynd.



10. mynd. Vanadíum (V) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Sjá einnig skýringar við 2. mynd.



11. mynd. Sink (Zn) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Sjá einnig skýringar við 2. mynd.



12. mynd. Brennisteinn (S) í mosa ($\mu\text{g/g}$) á nokkrum völdum stöðum í Reyðarfirði. Sjá einnig skýringar við 2. mynd.

5 LOKAORÐ

Niðurstöður þær sem hér eru kynntar gefa allgóða mynd af magni þungmálma á ákveðnum stöðum í Reyðarfirði og eru því mikilvægur grunnur að vöktun þeirra á þessu svæði. Það er hins vegar ljóst að til þess að fá nákvæmari upplýsingar um dreifingu þungmálma í Reyðarfirði þyrfti að fjölga sýnum, bæði sunnan fjarðar og norðan. Einkum þyrfti að taka fleiri sýni hærra uppi í hlíðum. Í ljósi þess að niðurstöður nýlegra mælinga benda eindregið til þess að álver auki magn nikkels og arsens í umhverfi sínu og jafnvel fleiri málma (Steinnes o.fl. 2001, Sigurður H. Magnússon 2002) er mikilvægt að fylgjast vel með þungmálmamengun í Reyðarfirði verði álver reist þar. Kanna þarf hvort unnt er að endurtaka mosamælingar í firðinum árið 2005 en þá verður mosa væntanlega næst safnað á landsvísu og þungmálmur mældir. Með því að vinna að þessum mælingum samtímis í stað þess að gera þær á mismunandi tímum sparast annars vegar fjármagn og hins vegar fást betri upplýsingar um þungmálmamengun hér á landi.

Að lokum skal tekið fram að afar mikilvægt er að tryggja að þeir sýnatökustaðir sem valdir hafa verið fái að vera í friði svo að mosinn geti þrífist. Á þetta ekki síst við um staðina næst álverinu (37, 38, 41 og 42) en þar er einkum hætt á að vaxtarstaðir spillist meðan á framkvæmdum stendur. Ef álverið verður reist er nauðsynlegt að girða þessa staði af og merkja sérstaklega. Einnig þarf að gæta þess að sýnatökustaðurinn innan skógræktargirðingarinnar við Teigagerði (43) spillist ekki. Ekki má gróðursetja trjáplöntur í næsta nágrenni hans og halda verður lúpinu frá staðnum. Miðað við núverandi landnotkun er það einkum mikil beit og skógrækt sem spillt geta lífsskilyrðum mosans. Ekki er nauðsynlegt að friða land fyrir beit, heldur er nægilegt að sjá til þess að land sé ekki nauðbeitt eða traðkað.

ÞAKKIR

Sýnatökustaðir voru valdir í samráði við Valgeir Kjartansson. Hreinsun sýna fór fram á Fræðasetrinu í Sandgerði. Álfheiður Ingadóttir og Borgþór Magnússon lásu yfir handrit. Öllum eru færðar bestu þakkir.

6 HEIMILDIR

Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon og Bjarni Diðrik Sigurðsson, 2001. Gróðurframvinda í lúpinubreiðum. Fjölrit Rala nr. 207, 100 bls.

Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon, 1993. Umhverfissvöktun: Þungmálmar í mosum á Íslandi og á meginlandi Norður-Evrópu. Ráðunautafundur 1993, bls. 60 – 71.

Rühling, Å., Brumelis, B., Goltsova, N., Kvietkus, K., Kubin, E., Liiv, S., Magnússon, S., Makinen, A., Pilegaard, K., Rasmussen, L., Sander, E. og Steinnes, E., 1992. Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1990. *NORD* 1992: 12, 41 bls.

Rühling, Å. og Steinnes, E. 1998. Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995–1996. *NORD* 1998:15, 66 bls.

Sigurður H. Magnússon, 2002. Þungmálmar í mosa í nágrenni álversins í Straumsvík árið 2000. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-02010. 35 bls.

Steinnes, E., T. Berg, T.E. Sjøbakk og M. Vadset, 2001. Nedfall av tungmetaller rundt utvalgte norske industrier, studert ved analyse av mose. Statligt program for forurensningsovervåking. Rapport 831/01, 70 bls.

VIÐAUKI

1. viðauki. Styrkur mældra efna í mosa sem safnað var víðsvegar um land sumarið 2000. Sýni tekin í Reyðarfirði eru sýnd með dökkum lit.

