

# Beiðni um stuðning vegna úrvinnslu gagna og útgáfu skýrslu um verkefnið „Vöktun þungmálma og brennisteins í andrúmslofti með mælingum á mosa“

---

## Umsækjandi

**Nafn:** Náttúrufræðistofnun Íslands  
**Kennitala:** 480269–5869  
**Heimili:** Urriðaholtsstræti 6-8

**Sími:** 5900500  
**Netfang:** ni@ni.is  
**Staður:** Garðabær

## Verkefnisstjóri:

**Nafn:** Sigurður H. Magnússon  
**Kennitala:** 091145-7319

**Beinn sími:** 5900502  
**Netfang:** sigurdur@ni.is

## Þátttakendur

Sótt er um fjárframlög til eftirfarandi aðila: Alcoa Fjarðaáls Reyðarfirði, Elkem Ísland Grundartanga, Hafnarfjarðarbæjar, HS Orku Grindavík, Landsvirkjunar, Norðuráls Grundartanga, PCC BakkiSilicon Húsavík, Rio Tinto Alcan í Straumsvík, og Vegagerðarinnar.

## Heiti verkefnis

Vöktun þungmálma og brennisteins í andrúmslofti með mælingum á mosa.

## Stutt lýsing á verkefninu

Verkefnið er hluti af evrópsku vöktunarverkefni (ICP vegetation <http://icpvegetation.ceh.ac.uk>). Í verkefninu er fylgst með þungmálmamengun í andrúmslofti með því að mæla styrk þeirra í mosa á fimm ára fresti víðs vegar um álfuna. Í mosanum er mælt magn As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, V og Zn auk fleiri efna, mismunandi eftir löndum. Ísland hefur tekið þátt í verkefninu frá árinu 1990. Hér á landi hefur frá árinu 1995 einnig verið mælt magn brennisteins. Niðurstöður hafa verið birtar bæði á ensku og íslensku (t.d. Rühling o.fl. 1992, Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1993, Rühling o.fl. 1996, Rühling og Steinnes 1998, Sigurður H. Magnússon 2002ab, Harmens o.fl. 2004, Sigurður H. Magnússon og Björn Thomas, 2007abc, Harmens o.fl. 2008, Harmens o.fl. 2013, Sigurður H. Magnússon 2013).

## Markmið

Meginmarkmið verkefnisins er að kanna dreifingu þungmálma í Evrópu, finna helstu uppsprettur þungmálmamengunar og kanna hvort breytingar verða milli ára.

Með þátttöku Íslands í verkefninu fæst yfirlit yfir dreifingu þungmálma og fleiri efna á landinu. Auk þess fæst mikilvægur samanburður við önnur Evrópulönd og upplýsingar um styrk efna í nágrenni nokkurra helstu iðjuvera og jarðvarmavirkjana.

Annað markmið verkefnisins er að kanna áhrif nýlegrar eldvirkni í Holuhrauni á styrk mengandi efna í umhverfinu með mælingum í mosa og mati á skemmdum í honum um allt land. Þannig fæst vísbending um mengun frá gosinu og hve langt frá upptökum hún hefur náð.

## Bakgrunnur

Þungmálmar finnast víða í náttúrunni og eru sumir þeirra nauðsynlegir lífverum. Þeir geta hins vegar haft eiturverkanir, jafnvel í mjög lágum styrk. Í Evrópu má rekja helstu uppsprettur þungmálma til málmiðnaðar (Al, As, Cr, Cu, Fe, Zn); til annars konar iðnaðar og mannvirkjagerðar (As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb); raforku- og varmavera (Cd, Hg, Ni); samgangna (Cu og Sb sem losna við slit á bremsubúnaði, Pb, V, Zn frá hjólbörðum); vinnslu og hreinsunar jarðolíu (Ni, V) og til notkunar fosfóraburðar í landbúnaði (Cd) (Harmens o.fl. 2008).

Vegna skaðlegra áhrifa þungmálma á lífverur er mikilvægt að fylgast með magni þeirra í náttúrunni. Vöktun á þungmálmum með mosaaðferðinni byggir á því að mosategundir, einkum þær sem mynda breiður, taka mestan hluta næringar sinnar með úrkomu og ryki úr lofti (Taylor og Witherspoon 1972, Wallin 1976).

Þungmálmar safnast fyrir í mosanum og því endurspeglar magn þeirra að stórum hluta hreinleika þess lofts sem um mosann hefur leikið. Með því að mæla magn efna í mosasýnum má á fremur ódýran hátt fá haldgóðar upplýsingar um magn þungmálma í andrúmslofti á þeim stað sem mosinn hefur vaxið. Með allþéttu mælineti er síðan unnt að vinna kort sem sýnir styrk efna eftir svæðum.

Vöktun með mosaaðferðinni hófst í Svíþjóð og Danmörku fyrir 1980. Þegar mosa var safnað til mælinga á þungmálmum í Evrópu árið 2010, tóku alls 25 lönd þátt í vöktuninni en þá var safnað um 4.500 sýnum (Harmens o.fl. 2013).

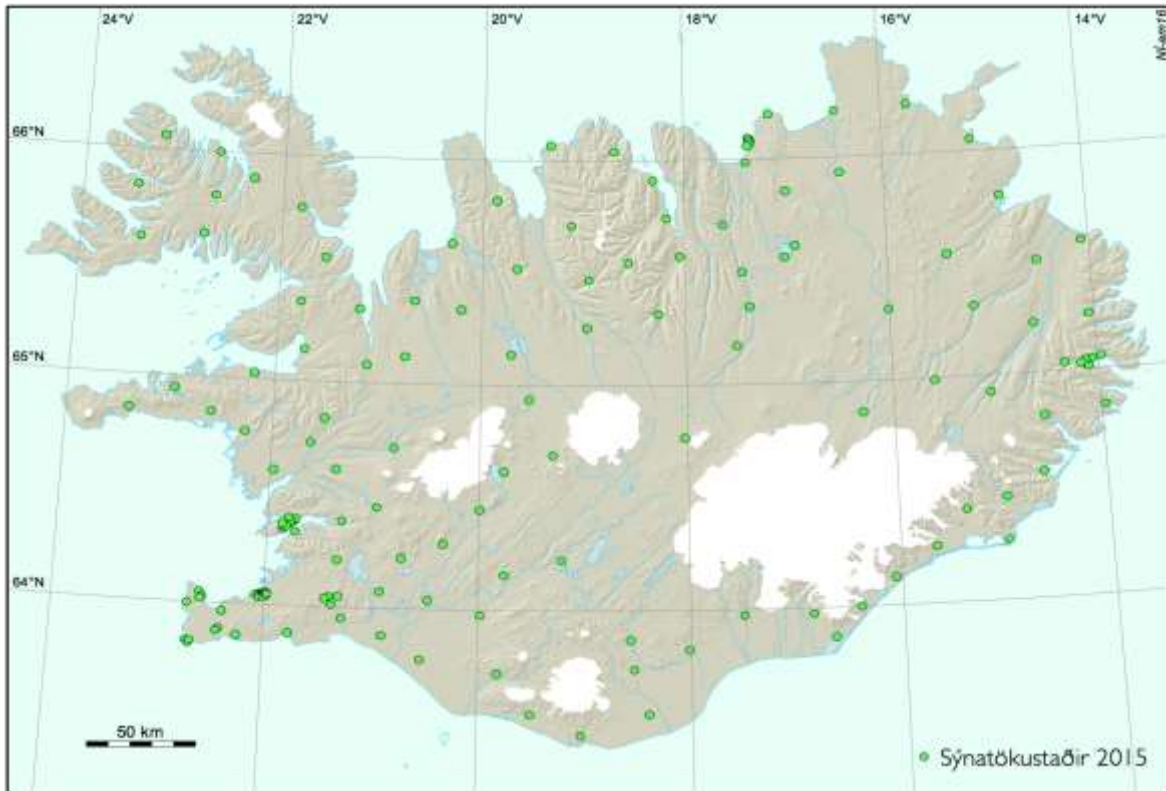
Hér á landi getur eldvirkni haft veruleg áhrif styrk sumra þungmálma og brennisteins í mosa (Sigurður H. Magnússon 2013). Við mælingu árið 2010 varð vart við skemmdir á mosa sem að hluta mátti rekja til eldvirkni í Eyjafjallajökli sama ár en einnig til starfsemi iðjuvera hér á landi (Sigurður H. Magnússon 2013). Gosið í Holuhrauni, sem hófst í lok ágúst 2014 og lauk í febrúar árið 2015, hefur losað gífurlegt magn af SO<sub>2</sub> út í náttúruna sem hugsanlega getur haft áhrif á styrk brennisteins í mosa og valdið skemmdum á gróðri. Söfnun mosa á landinu sumarið 2015 og mæling á brennisteini og þungmálmum í honum gefur gott tækifæri til að meta umhverfisáhrif af gosinu.

## Framkvæmdalýsing, verk- og tímaáætlun

Mosasýni voru tekin sumarið 2015 og var alls safnað á 162 stöðum (1. mynd). Samhliða söfnun á mosa á landsvísu var sýnum safnað við álverið í Straumsvík (11 sýni), álverið í Reyðarfirði (11 sýni) og við iðjuverin á Grundartanga (11 sýni). Mosasýni voru einnig tekin við orkuver HS Orku í Svartsengi (2 sýni) og við Reykjanesvirkjun (3 sýni), við fyrirhuguð orkuver Landsvirkjunar við Þeistareyki og Bjarnarflagi (3 sýni), á Bakka við Húsavík (5 sýni) og í Helguvík (3 sýni). Auk þess voru tekin 5 sýni á Völlunum í Hafnarfirði en þar var styrkur

Þungmálma og brennisteins í mosa kannaður haustið 2013 (Sigurður H. Magnússon 2014). Á hverjum sýnatökustað voru mosaskemmdir kannaðar og þær flokkaðar eftir því hversu miklar þær voru. Teknar voru ljósmyndir á öllum sýnatökustöðum.

Öll sýni voru meðhöndluð samkvæmt þeirri aðferð sem notuð hefur verið við þungmálmamælingar í mosa í Evrópu (t.d. Rühling og Steinnes 1998). Á hverjum stað voru tekin 5–10 smásýni og þeim síðan slegið saman í eitt samsýni (e. *composite sample*). Sýnin voru síðan geymd frosin, þau hreinsuð, þurrkuð og síðan efnagreind við Lúndarháskóla í Svíþjóð. Efnagreiningum lauk sumarið 2016.



**1. mynd.** Söfnunarstaðir tildurmosa árið 2015. Alls voru tekin sýni á 162 stöðum vítt og breitt um landið.

### Árangur og birting niðurstaðna

Með þátttöku í þessu evrópska verkefni fæst yfirlit yfir dreifingu þungmálma á Íslandi og hvort breytingar verða milli ára. Auk þess fæst mikilvægur samanburður við önnur Evrópulönd. Gildi vöktunarinnar er verulegt í ljósi þess að hér á landi hefur ýmis konar iðnaður og umferð farið vaxandi á undanförunum árum, jarðvarmavirkjunum fjölgað, auk þess sem eldvirkni getur haft veruleg áhrif á magn sumra efna í lofti.

Helstu notendur eru allir þeir sem vilja fylgjast með mengun hér á landi. Upplýsingarnar sem verkefnið gefur ættu því að nýtast m.a. landbúnaði, iðnfyrirtækjum, Vegagerðinni, orkufyrirtækjum, stjórnvöldum og stofnunum sem hafa með mengun að gera.

Niðurstöður mælinga fyrir landið í heild hafa verið sendar til yfirstjórnar verkefnisins í Evrópu. Þar er nú unnið úr gögnunum og verða niðurstöður væntanlega birtar á næstunni í sameiginlegri skýrslu allra þátttökulanda líkt og gert hefur verið við fyrri mælingar (Rühling o.fl. 1992, Rühling o.fl. 1996, Rühling og Steinnes 1998, Harmens o.fl. 2004, Harmens o.fl. 2008, Harmens o.fl. 2013).

**Við fyrri rannsóknir á þungmálum í mosa hefur einnig verið unnið sérstaklega úr gögnunum fyrir Ísland til að meta nákvæmar áhrif iðjuvera, jarðvarmavirkjana og eldgosa á styrk efna í mosa. Sú beiðni um stuðning sem hér er lögð fram er einmitt í þeim tilgangi að unnt sé að vinna úr gögnunum og birta niðurstöður á innlendum vettvangi.**

### **Fyrirkomulag rannsókna - þátttaka fyrirtækja og stofnana**

Fyrirkomulag rannsókna hefur verið þannig að sýnataka, hreinsun og efnagreining hefur verið kostuð af hverju landi fyrir sig en úrvinnsla gagna fyrir Evrópu og útgáfa sameiginlegrar skýrslu fyrir álfuna hefur verið greidd af erlendu fé.

Hér á landi hefur verkefnið verið fjármagnað af ýmsum aðilum í gegnum árin, m.a. Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Náttúrufræðistofnun Íslands, umhverfis og auðlindaráðuneyti, atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneyti, Umhverfisstofnun, Landsvirkjun og Vegagerðinni. Eftir að vöktun hófst við iðjuverin í Straumsvík, á Grundartanga og í Reyðarfirði hafa þau kostað verulegan hluta af vöktuninni (Sigurður H. Magnússon 2013). Með þessu fyrirkomulagi fylgja verulegir kostir bæði fyrir fyrirtækin og verkefnið í heild. Bakgrunnsgildi eru tiltæk fyrir allt landið sem kemur fyrirtækjunum vel og aukin sýnataka við fyrirtækin eykur gildi verkefnisins á landsvísu.

Söfnun mosasýna sumarið 2015 og efnagreining þeirra var kostuð af Náttúrufræðistofnun Íslands, Alcoa Fjarðaáli, Elkem Ísland Grundartanga, Hafnarfjarðarbæ, HS Orku, Landsvirkjun, Norðuráli Grundartanga, Rio Tinto Alcan í Straumsvík og Vegagerðinni. Auk þess veitti ríkisstjórn Íslands í gegnum Almannavarnir ríflegan styrk til rannsókna.

### **Úrvinnsla**

Miðað er við að úrvinnsla fari fram í febrúar til júní 2018. Bakgrunnsgildi verða fundin fyrir einstök frumefni. Miðað verður við svokölluð náttúrleg gildi en það er sá styrkur efna sem finnst undir venjulegum kringumstæðum á viðkomandi rannsóknasvæði (Carballeira, Couto og Fernandez 2002, González-Miqueo o.fl. 2009). Tekið verður tillit til breytileika sem orsakast af náttúrlegum eðlis- og efnafræðilegum ástæðum svo sem af áfoki sem haft getur áhrif á styrk efna í mosa (Berg og Steinnes 1997).

Fundinn verður svokallaður mengunarstuðull (e. contamination factor) fyrir hvern sýnatökustað (hlutfall milli styrks á mælistað og bakgrunnsgildis viðkomandi efnis) og mengun metin samkvæmt aðferð Fernandezar og félaga (Fernandez o.fl. 2002).

Gerð verður grein fyrir styrk einstakra þungmálma og brennisteins í mosa, bæði á landsvísu og umhverfis einstök iðjuver. Niðurstöður verða settar fram á kortum sem sýna styrk efna eftir staðsetningu. Kannaðar verða breytingar á styrk eftir fjarlægð frá iðjuverum og eftir

tímabilum. Til að meta breytingar með tíma verður notuð ferveikagreining (e. ANOVA repeated measures) og/eða Friedmans próf eða sambærilegar aðferðir.

Sérstök áhersla verður lögð á að kanna tengsl styrks einstakra efna og mosaskemmda.

Gert er ráð fyrir að skrifum ljúki í maí 2018 og að skýrsla verði gefin út í júní sama ár og afhent styrktaraðilum. Miðað er við að gefin verði út ein skýrsla þar sem niðurstöður fyrir öll iðjuverin og aðra þátttakendur verða kynntar. Gert er ráð fyrir að skila hverjum styrktaraðila þremur eintökum af skýrslunni ásamt eintaki á pdf-formi.

Sigurður H. Magnússon gróðurvistfræðingur mun stjórna verkinu en hann hefur verið verkefnisstjóri mosaverkefnisins fyrir Íslands hönd frá því mælingar hófust árið 1990. Hann ber ábyrgð á framkvæmd verkefnisins og sér um að unnið sé samkvæmt verkáætlun. Teiknivinna og kortagerð verður unnin af kortagerðarmönnum NÍ og uppsetning skýrslu af starfsmönnum upplýsingadeildar NÍ.

## Kostnaður

Kostnaður við þennan hluta verkefnisins, þ.e. úrvinnslu gagna og útgáfu skýrslu er áætlaður samtals 8.207.600 kr.

### Kostnaðaráætlun

Verkþáttur	Febrúar	Mars	Apríl	Maí	Júní	Klst. alls	Verð/klst.	Samtals kr
Vinna, Sigurður H. Magnússon	80	120	120	120	40	480	14.450	6.936.000
Kortagerð			16	16	16	48	14.450	693.600
Uppsetning skýrslu					24	24	14.450	346.800
Útgáfa og prentun skýrslu					16	16	14.450	231.200
<b>Samtals</b>								<b>8.207.600</b>

Óskað er eftir styrkjum frá neðangreindum aðilum miðað við umfang gagna á sýnastöðum.

Skipting kostnaðar m.v. umfang sýna	Hlutfall	Styrkur
Bakki við Húsavík	4,5%	369.342
Elkem Ísland Grundartanga	11,0%	902.836
Norðurál Grundartanga	11,0%	902.836
Hafnarfjarðarbær	4,5%	369.342
Helguvík	0,0%	0
Alcoa Fjarðaál	22,0%	1.805.672
HS Orka	4,5%	369.342
Rio Tinto Alcan á Íslandi	22,0%	1.805.672
Landsvirkjun	6,0%	492.456
Náttúrufræðistofnun	10,8%	890.102
Vegagerðin	3,7%	300.000
<b>Samtals</b>	<b>100,0%</b>	<b>8.207.600</b>

## Heimildir

Berg, T. og Steinnes, E. 1997. Use of mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) as biomonitors of heavy metal deposition: From relative to absolute deposition values. *Environmental Pollution*, 98, 61–71.

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

Carballeira, A., Couto, J. og Fernandez, J. 2002. Estimation of background levels of various elements in terrestrial mosses from Galicia (NW Spain). *Water, Air, and Soil Pollution*, 133, 235–252.

Fernandez, J.A., Ederra, A., Núñez, E., Martínez-Abaigar, J., Infante, M., Heras, P., Elías, M.J., Mazimpaka, V. og Carballeira, A. 2002. Biomonitoring of metal deposition in northern Spain by moss analysis. *Science Of The Total Environment*, 300, 115–127.

González-Miqueo, L., Elustondo, D., Lasheras, E., Bermejo, R. og Santamaria, J.M. 2009. Spatial trends in heavy metals and nitrogen deposition in Navarra (Northern Spain) based on moss analysis. *Journal Of Atmospheric Chemistry*, 62, 59–72.

Harmens, H., Buse, A., Buker, P., Norris, D., Mills, G., Williams, B., Reynolds, B., Ashenden, T.W., Rühling, A., Steinnes, E. 2004. Heavy metal concentrations in European mosses: 2000/2001 survey. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 49: 425-436.

Harmens, H., Norris, D., and Participants of the moss survey 2008. Spatial and temporal trends in heavy metal accumulation in Europe (1990-2005). Bangor, Wales, Programme Coordination centre for the ICP Vegetation, Centre for Ecology and Hydrology, 51 bls.

Harmens, H., Norris, D., Mills, G., and the participants of the moss survey 2013. Heavy metals and nitrogen in mosses: spatial patterns in 2010/2011 and long-term temporal trends in Europe. ICP Vegetation Programme Coordination Centre, Centre for Ecology and Hydrology, Bangor, UK, 63 bls.

Rühling, Å., Brumelis, B., Goltsova, N., Kvietskus, 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.

Rühling, Å., Steinnes, E. og Berg, T. 1996. Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1995. *NORD* 1996:37.

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

Sigurður H. Magnússon 2002a. Þungmálmar í mosa í nágrenni álversins í Straumsvík. Náttúrufræðistofnun Íslands, skýrsla unnin fyrir Íslenska álfélagið hf. NÍ 02-010, 35 bls.

- Sigurður H. Magnússon 2002b. Þungmálmar í mosa í nágrenni fyrirhugaðs álvers við Reyðarfjörð árið 2000. Náttúrufræðistofnun Íslands, skýrsla unnin fyrir Reyðarál hf. NÍ 02-011, 19 bls.
- Sigurður H. Magnússon og Björn Thomas 2007a. Heavy metals and sulphur in mosses around the aluminium smelter site in Reyðarfjörður in 2005. Náttúrufræðistofnun Íslands NÍ-07005. 50 bls.
- Sigurður H. Magnússon og Björn Thomas 2007 b. Heavy metals and sulphur in mosses at Grundartangi in 2005. Náttúrufræðistofnun Íslands NÍ-07004. 50 bls.
- Sigurður H. Magnússon og Björn Thomas 2007c. Heavy metals and sulphur in mosses around the aluminium smelter in Straumsvík in 2005. Náttúrufræðistofnun Íslands NÍ-07003. 52 bls.
- Sigurður H. Magnússon 2013. Þungmálmar og brennisteinn í mosa á Íslandi. Áhrif iðjuvera. Náttúrufræðistofnun Íslands NÍ 13-003, 90 bls.
- Sigurður H. Magnússon 2014. Þungmálmar og brennisteinn í tildurmosa við iðnaðarsvæðið í Hellnahrauni í Hafnarfirði haustið 2013. NÍ-14001, 34 bls.
- Taylor, F. G. og Witherspoon, J. P. 1972. Retention of simulated fallout particles by lichens and mosses. Health Physics, 23: 867–869.
- Wallin, T. 1976. Deposition of airborne mercury around six Swedish chlor-alkali plants surveyed by moss analysis. Environmental Pollution, 10: 101–114