

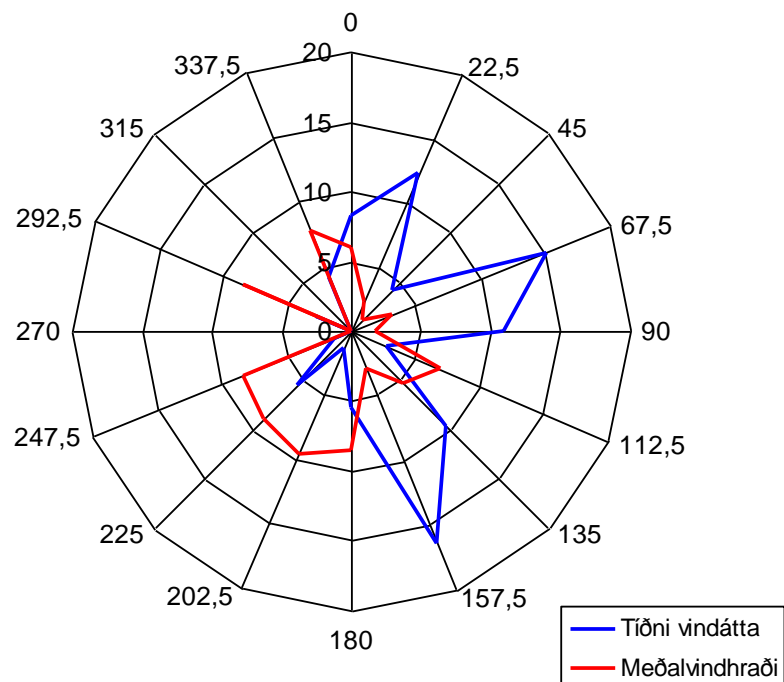
Mælingar á svifryki og ólífrænum snefilefnum á Norðurhelli, Hafnarfirði, frá 6.nóvember 2013 til 12. janúar 2014.

Inngangur

Um er að ræða áfangaskýrslu en frekari söfnun gagna stendur yfir. Um stutt tímabil er að ræða og ber að hafa það í huga við skoðun á þessum niðurstöðum, þ.e. þeim er aðeins ætlað að gefa grófa mynd af styrk svifagna (PM₁₀) og snefilefna í svifryki á svæðinu (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn).

Veðuraðstæður

Vindrós fyrir allt tímabilið má sjá á mynd 1 og sýnir hún að algengustu vindáttir eru úr norðnorðaustri, austri og suðaustri þar sem vindhraði er mestur úr suðvestri og norðvestri. Svipuð mynd fæst einnig ef í stað algengustu vindátta hvern dag er miðað við miðgildi vindátta hvern dag.

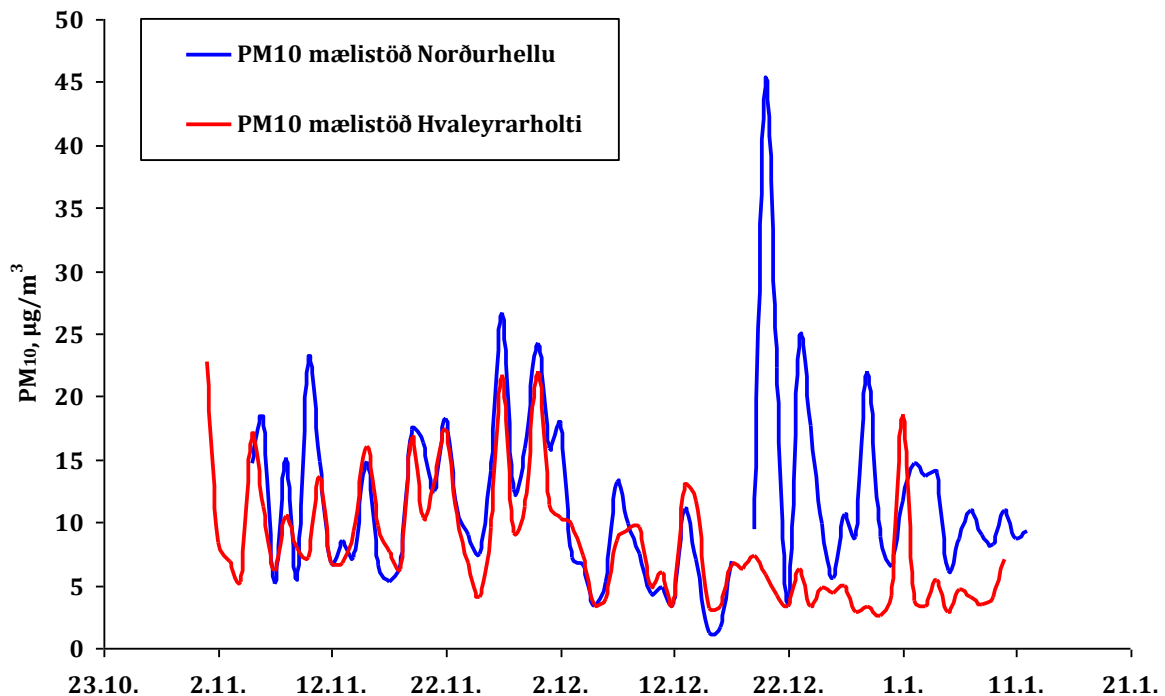


Mynd 1 Vindrós fyrir tímabilið 06/11/13-12/01/14. Um algengustu vindátt hvers dags er að ræða.

Svifryk

Mynd 2 sýnir styrk svifryks á tímabilinu. Meðaltal á Norðurhelli reyndist vera $11,5 \pm 7,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=68) en á Hvaleyrarholti reyndist styrkur á þessu tímabili vera $8,1 \pm 4,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=74). Um marktækt hærrí

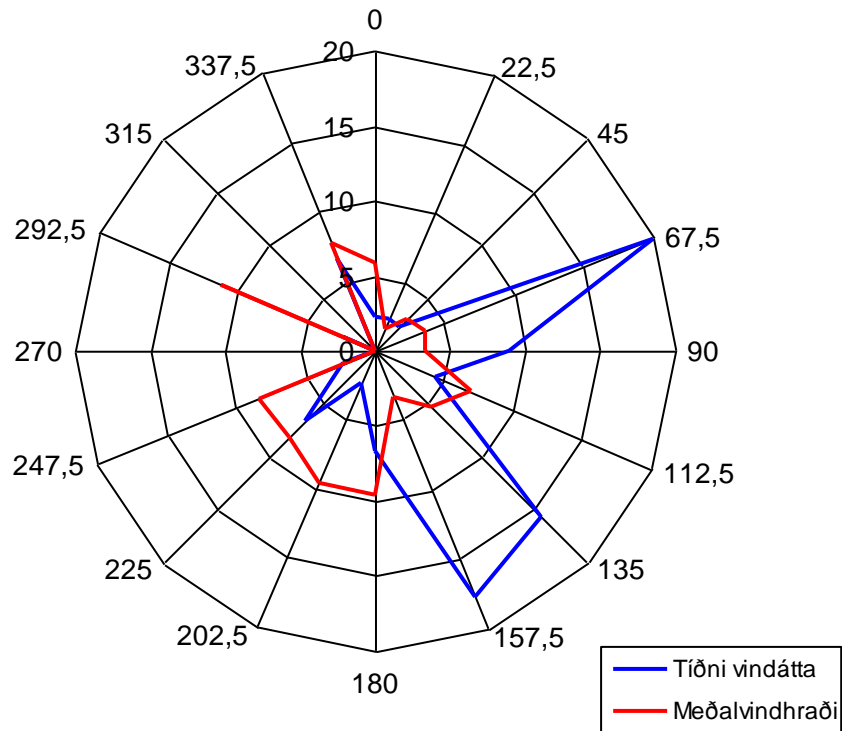
styrk er að ræða á Norðurhelli ($p=0,001$). Eins og mynd 2 sýnir þá er styrkur svifryks svipaður á báðum stöðum í nóvember og fram í miðjan desember og er munurinn á þessum fyrri hluta tímabilsins ekki marktækur eða $11,1 \pm 6,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=41$) á Norðurhelli og $9,9 \pm 4,9$ ($n=45$) á Hvaleyrarholti ($p=0,3$). Marktækni í mun kemur til af lægri styrk á Hvaleyrarholti seinni hluta tímabilsins en frá 15/12/13 til 12/01/14 er styrkur svifryks um þrefalt lægri á Hvaleyrarholti en Norðurhelli (er $4,9 \pm 3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=28$) á Hvaleyrarholti en $11,8 \pm 8,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($n=28$) á Norðurhelli). Eins og þessar tölur bera glögglega með sér þá er styrkurinn á Norðurhelli sá sami yfir allt tímabilið ($p=0,8$) en styrkurinn lækkar marktækt á Hvaleyrarholti eftir 15/12/13 ($p<0,0001$) eða úr $9,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ í $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Mynd 2 Svifryk á Norðurhelli og á Hvaleyrarholti.

Ástæða þess að styrkur lækkar á Hvaleyrarholti kann að koma til af því að á seinni hluta tímabilsins verða vindar tíðari úr norðaustri og er norðausturgeirinn á mynd 1 nær eingöngu kominn til vegna seinni hluta tímabilsins. Mynd 3 sýnir tíðni vindátta á fyrri hluta tímabilsins og má þar sjá að norðausturgeirinn er vart til staðar, austnorðaustur áttir og suðausturáttir ríkjandi.

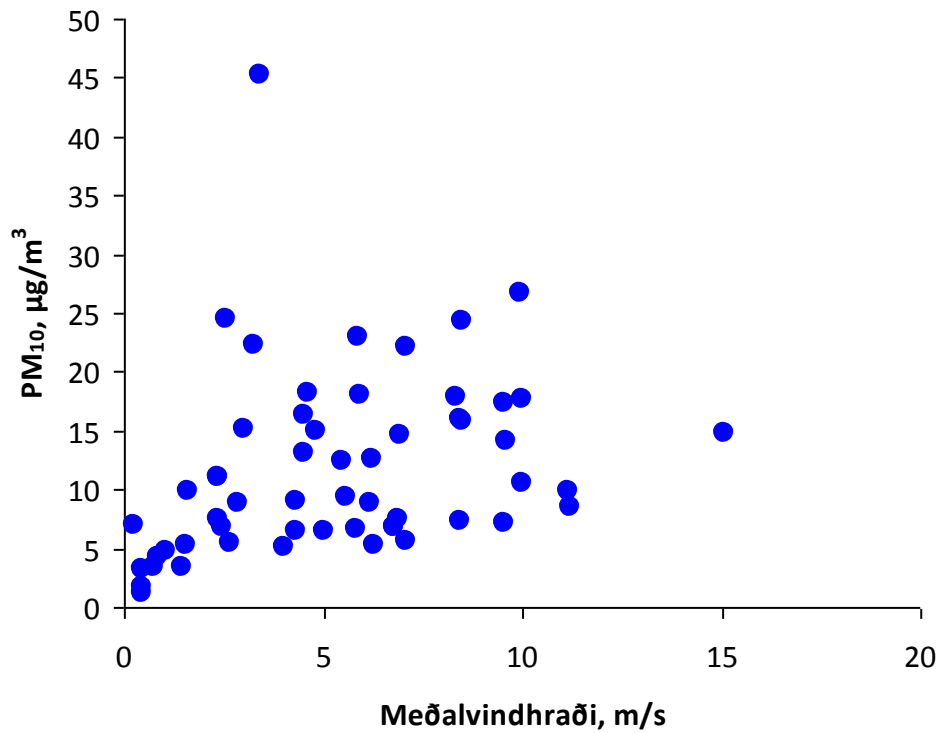
Hafa má í huga að mæliaðferðirnar eru mjög ólíkar á þessum tveimur mælistöðvum, svifryk er mælt á síur á Norðurhelli en með svokallaðri betagreiningu á Hvaleyrarholti.



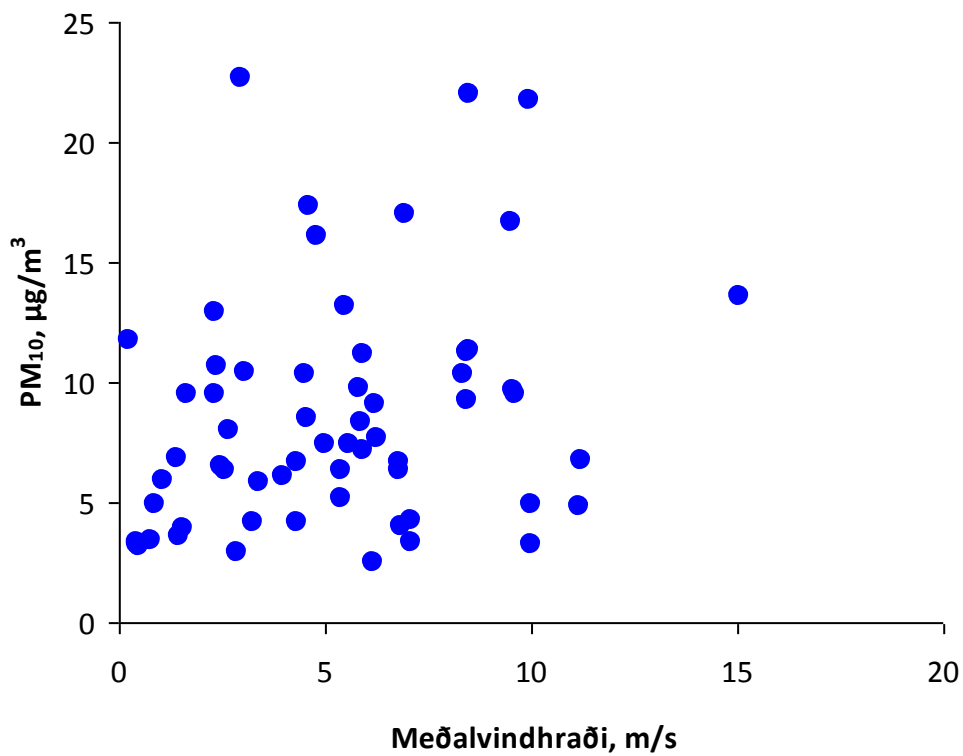
Mynd 3 Vindrós fyrir tímabilið 06/11/13-15/12/13. Um algengustu vindátt hvers dags er að ræða.

Vindhraði hefur mikil áhrif á styrk svifagna á Norðurhelli og á Hvaleyrarholti, þ.e. styrkur svifagna vex með auknum vindhraða (línuleg aðfallsgreining: $p=0,016$ fyrir Norðurhelli en $p=0,026$ fyrir Hvaleyrarholt), sjá myndir 4 og 5. Meiri breytileiki er í gögnunum frá Hvaleyrarholti en frá Norðurhelli og kemur í ljós að vindáttir hafa ívið meiri áhrif á styrk svifagna á Hvaleyrarholti en vindhraði, þ.e. almennt vex styrkur með vaxandi horni vindáttar á Hvaleyrarholti í allt að um $220-250^\circ$ (suðvestur). Hins vegar hafa vindáttir ekki marktæk áhrif á styrk svifagna á Norðurhelli. Breytileiki í gögnunum frá Norðurhelli geta komið til af ýmsu s.s. hlutfall raka á og í jörðu, vætustigi andrúmslofts, snjóhulu, hitastigi o.s.frv. Sömu þættir hafa áhrif á Hvaleyrarholti en til viðbótar koma þar til áhrif vindáttar.

Mismunur milli þessara svæða getur komið til af mjög mörgum þáttum s.s. gerð jarðvegs, gróðurþekju, hlutfall malbikaðra svæða, hlutfall bygginga, nálægð við umferð, umferðarþungi, nálægð við sjó, og svo mætti lengi telja.



Mynd 4 Áhrif vindhraða á styrk svifagna á *Norðurhelli*.



Mynd 5 Áhrif vindhraða á styrk svifagna á *Hvaleyrarholti*.

Ólífræn snefilefni

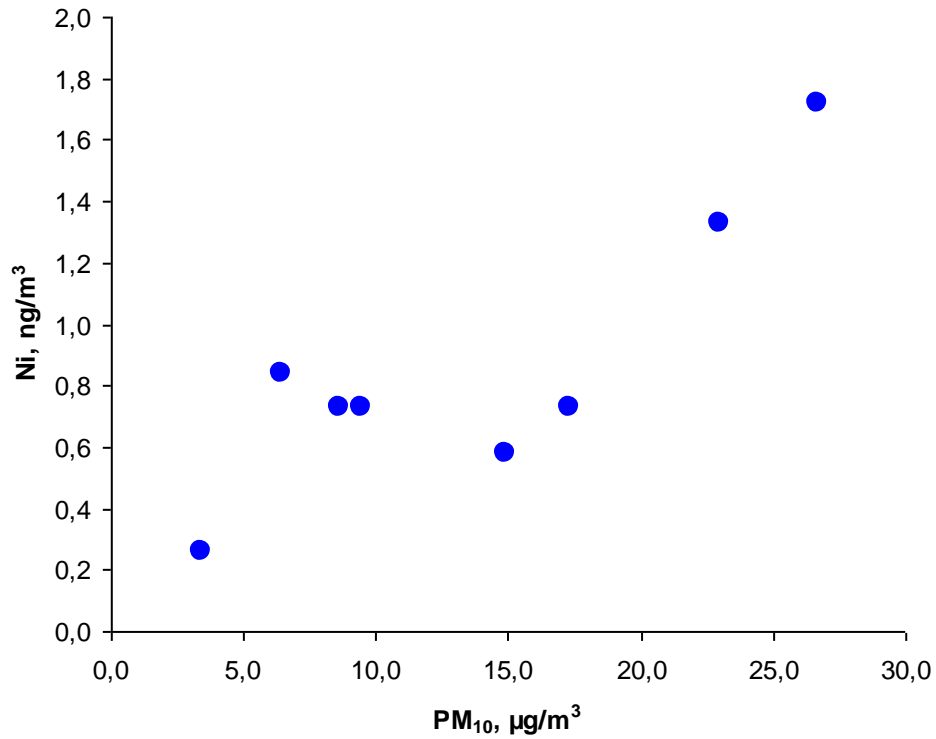
Mæld voru 8 sýni frá tímabilinu ásamt 2 blönkum. Mældir voru eftirfarandi málmar: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, og Zn. Sjá má niðurstöður í töflu 1. Algengasta vindátt hvers dags og meðalvindhraði eru einnig í töflunni. Við mælingar á ólífrænu snefilefnunum er sá hluti mældur sem losnar við sýrumeðhöndlun á sýnunum, þ.e. málmar í steindum mælast ekki með þessari aðferð. Þetta er í samræmi við staðal ÍST EN 14902:2005 um aðferðafræði mælinga á Pb, Cd, As og Ni í PM₁₀ efnivið af síum og nota skal í tengslum við tilskipun ESB (2004/107) um loftgæði

Miðað við viðmiðunarmörk málma við söfnun á PM₁₀ á Íslandi og ESB, þá eru mæld gildi yfirleitt tiltölulega lág. Ekki fundust gögn um viðmiðunarmörk fyrir kvikasilfur, kopar, króm og sink. Hins vegar kveður tilskipun ESB (2004/107) á um að Hg sé nælt í PM₁₀-svifögnum auk kvikasilfurs í gasfasa (venjulega er langstærsti hluti Hg í andrúmslofti í gasfasa) svo unnt verði að setja mörk fyrir Hg síðar, þegar nægileg gögn liggja fyrir.

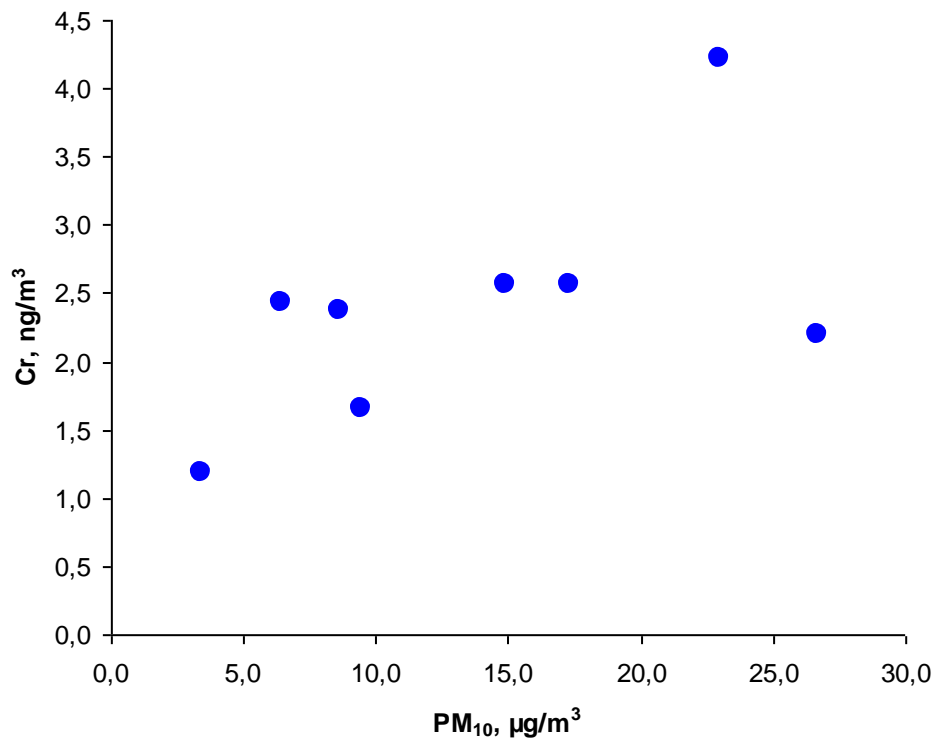
Tafla 1 Gögn úr PM₁₀-síum við Norðurhelli 06/11/13-06/01/14.

Dagur	As ng/m ³	Cd ng/m ³	Cr ng/m ³	Cu ng/m ³	Hg ng/m ³	Ni ng/m ³	Pb ng/m ³	Zn ng/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	Algengasta vindátt	Meðalvindhraði m/s
10.11.2013	<0,6	0,2	4,2	4,9	<0,1	1,3	0,6	8,6	23,0	90,0	5,90
15.11.2013	<1,3	<0,14	2,6	3,2	<0,2	0,6	0,9	9,0	14,9	157,5	4,83
19.11.2013	<0,6	<0,07	2,6	2,5	<0,1	0,7	0,8	3,6	17,3	337,5	9,53
27.11.2013	<1,3	<0,14	2,2	2,2	<0,2	1,7	1,0	3,9	26,7	225,0	9,96
12.12.2013	<0,6	<0,07	1,2	2,0	<0,1	0,3	0,6	1,2	3,4	67,5	1,44
19.12.2013	<0,6	<0,07	1,7	<0,8	<0,2	0,7	0,7	0,1	9,4	292,5	5,59
31.12.2013	<1,3	<0,14	2,4	27,0	<0,2	0,8	6,5	7,8	6,4	157,5	4,34
6.1.2014	<1,3	0,55	2,4	19,0	<0,2	0,7	13,0	10,2	8,6	22,5	5,43
LOD	0,6/1,3	0,07/0,14	0,2/0,4	0,8/1,6	0,1/0,2	0,2/0,4	0,5/1,0	0,06/0,12	-	-	-
Viðmið Íslands/ ESB	6	5	-	-	-	20	500	-	50	-	-

Er skoðuð var fylgni málmanna við PM₁₀ og vindhraða má sjá að nikkell og króm fylgja vel styrk svifagna og þ.a.l. vindhraða, sjá myndir 6 og 7. Enga slíka fylgni var að finna fyrir aðra málma. Þetta bendir til að annars vegar sé uppspretta þessara tveggja málma sú sama og hins vegar að þeir hegða sér svipað og svifrykið.



Mynd 6 Fylgni í styrk nikkels og PM₁₀.



Mynd 7 Fylgni í styrk króms og PM₁₀.

Einnig vekur athygli að styrkur kopars og blýs er talsvert hærrí síðustu tvo dagana í töflu 1 en alla aðra daga. Almennt eru bremsuborðar ein stærsta uppspretta kopars í þéttbýli og á það að nokkru leyti einnig við um blý. Hins vegar falla þessir tveir sýnatökudagar á gamlársdag og þrettánda en flugeldar gefa af sér talsvert af ýmsum málum á svifryksformi (oft mælt í PM_{10} og $PM_{2,5}$) og þar á meðal eru kopar og blý en einnig aðra málma sem ekki voru mældir í þessari rannsókn eins og t.d. K, Na, Al, Ti, Mg, Ba, Sr, og Sb^{1,2}. Fyrir aðra málma er ekki að sjá breytingu í styrk með tíma á þessu stutta mælitímabili. Athygli vekur að styrkur svifagna seinni helming tímabilsins í töflu 1 (fjórir dagar) er marktækt og um þrefalt lægri en fyrstu fjóra dagana ($p=0,004$).

Við skoðun á niðurstöðunum er almennt um mjög lágan styrk að ræða. Til samanburða má líta til mælinga, sem fram fara á þungmálum í ryki (ekki bara PM_{10}) á Stórhöfða, Vestmannaeyjum. Hvert sýni samanstendur af samfelldri tveggja vikna sýnasöfnun þannig að samtals fást 24 sýni á ári. Fyrir allt árið 2011 fengust gildin í töflu 2³.

Tafla 2 Styrkur málma við söfnun á heildarryki á Stórhöfða 2011.

Snefilefni	Stórhöfði 2011 Meðaltal og spönn Allt ryk ng/m³	Norðurhella Spönn PM₁₀ ng/m³
As	0,06 (0,02-0,13)	<0,6/<1,3
Cd	0,07 (0,01-0,29)	<0,07-0,55
Cr	7,38 (0,216-16,64)	1,2-4,2
Cu	0,86 (0,33-1,69)	<0,8-27,0
Hg	0,00356 (0,00190-0,00715)	<0,1/<0,2
Ni	5,02 (1,22-9,91)	0,3-1,7
Pb	2,28 (0,11-9,46)	0,6-13,0
Zn	23,66 (1,67-180,22)	0,1-10,2

¹ Moreno *et al.* 2007. Recreational atmospheric pollution episodes: Inhalable metaliferous particles from firework displays. *Atmos.Env.*, 41: 913-922.

² Kulshrestho *et al.* 2004. Emissions and accumulation of metals in the atmosphere due to crackers and sparkles during Diwali festival in India. *Atmos.Env.*, 38: 4421-4425.

³ Aase, W., and Breivik, K. 2013. Heavy metals and POP measurements, 2011. NILU Report 4/2013.

Þó niðurstöður fyrir Stórhöfða séu fyrir heildaryrk þá gerir hún ljóst að styrkur málma við söfnun á PM_{10} á Norðurhelli eru almennt lágur. Styrkur málma er hærri í heildaryrki en þegar einungis PM_{10} er safnað eins og við Norðurhelli og sjá má í styrk t.d. Cr, Ni og Zn, sem er hærri á Stórhöfða en við Norðurhelli. Styrkur Hg mælist mjög lágur í ryki á Stórhöfða en þar sem styrkur Hg við Norðurhelli er alltaf undir greiningarmörkum er ekki unnt að bera þessar tölur saman. Ljóst er þó að búast má við að styrkur agnabundins Hg við söfnun á PM_{10} við Norðurhelli sé aðeins lítið brot af heildarstyrk Hg í andrúmslofti. Agnabundið Hg er almennt í um þúsundfalt lægri styrk en Hg á gasformi í andrúmslofti í Evrópu.

Nærtækari samanburð má finna í mælingum við söfnun á PM_{10} í t.d. í Yarner Wood, Þjóðgarði á SV-Englandi (Cornwall), í áður nefndri skýrslu frá NILU³, sjá töflu 3.

Tafla 2 Styrkur málma við söfnun á PM_{10} í Yarner Wood, SV-Englandi, 2011.

Snefilefni	Yarner Wood Meðaltal og spönn PM_{10} ng/m³	Norðurhella Spönn PM_{10} ng/m³
As	0,43 (0,09-1,96)	<0,6/<1,3
Cd	0,06 (0,01-0,22)	<0,07-0,55
Cr	0,49 (0,24-1,43)	1,2-4,2
Cu	1,58 (0,12-6,85)	<0,8-27,0
Hg	0,00376 (0,00180-0,00595)	<0,1/<0,2
Ni	0,83 (0,06-4,85)	0,3-1,7
Pb	2,41 (0,36-8,30)	0,6-13,0
Zn	7,86 (5,99-21,06)	0,1-10,2

Tafla 2 gerir ljóst að aðeins Cr og Cu mælast í nokkru hærri styrk við Norðurhelli en á viðmiðunarstað þar sem lítillar mengunar gætir. Aðeins í tveimur tilvikum er Cu hærri svo nokkru nemur við Norðurhelli en á þessum viðmiðunarstað á Englandi (síðustu tvær mælingarnar á gamlársdag og þrettánda). Cr mælist einnig litlu herra á Norðurhelli en í Þjóðgarðinum í Yarner Wood. Athygli vekur að fyrir utan gamlársdag og þrettánda þá er blý í lægri styrk við Norðurhelli en í Yarner Wood en styrkurinn á gamlársdag og þrettánda svipaður og hærri gildin í Yarner Wood.

Við skoðun á vísindaritum, sem lýsa mælingum við söfnun á PM_{10} í þéttbýli í t.d. suður Asíu, s.s. Kanpur á Indlandi⁴, þá er um margfalt hærri styrki að ræða en við Norðurhelli.

Niðurstaða

Þær takmörkuðu upplýsingar sem liggja nú fyrir úr mælingum á ólífrænum snefilefnum við Norðurhelli, benda til að styrkur þeirra sé almennt mjög lágur og vel undir viðmiðunarmörkum um andrúmsloft á Íslandi þegar slík mörk eru fyrir hendi (As, Cd, Ni, Pb). Leita þarf til lítt mengaðra svæða í Evrópu til að finna jafnlága styrki málma og finna má við söfnun á PM_{10} við Norðurhelli. Hér er hins vegar aðeins um áfangaskýrslu að ræða og eru frekari sýnatökur og mælingar yfir fleiri árstíðir nauðsynlegar til að skýr mynd fái af svæðinu.

⁴ Sharma, M., and Maloo, S. 2005. Assessment of ambient air PM_{10} and $PM_{2.5}$ and characterization of PM_{10} in the city of Kanpur, India. Atmos.Env., 39: 6015-6026.