

LV-2012-095



Landsvirkjun



Styrkur brennisteinsvetnis í andrúmslofti í Reykjahlíð

Úrvinnsla mælinga 10. febrúar 2011 – 9. maí 2012

Styrkur brennisteinsvetnis í andrúmslofti í Reykjahlíð

Úrvinnsla mælinga
10. febrúar 2011 – 9. maí 2012

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2012-095

Dags: 13.9.2012

Fjöldi síðna: 21

Upplag:

Dreifing:

- Birt á vef LV
 Opin
 Takmörkuð til

Titill: Styrkur brennisteinsvetnis í andrúmslofti í Reykjavíð

Höfundar/fyrirtæki: Sverrir Óskar Elefsen & Snjólaug Ólafsdóttir / Mannvit hf.

Verkefnisstjóri: Sigurður H. Markússon

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar: _____

Útdráttur: Greint er frá helstu niðurstöðum mælinga á styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti í Reykjavíð, Skútustaðahreppi, tímabilið 10 febrúar 2011 til 9. maí 2012. Niðurstöður mælinga eru settar fram samkvæmt ákvæðum í reglugerð 514/2000. Á tímabilinu fer styrkur brennisteinsvetnis í Reykjavíð aldrei yfir heilsuverndarmörk samkvæmt skilgreiningu í reglugerðinni. Niðurstöður mælinga eru einnig bornar saman við veðurmælingar í Bjarnarflagi og Reykjavíð.

Lykilorð: brennisteinsvetni, styrkur, andrúmsloft, jarðvarmi, heilsuverndarmörk

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Sigurður H. Markússon

EFNISYFIRLIT

ATHUGASEMDIR OG TILLÖGUR SKÝRSLUHÖFUNDA	3
SAMANTEKT	5
1 INNGANGUR.....	7
1.1 ALMENNT	7
1.2 TÍMARADIR	7
1.3 MÆLINGAR	9
2 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	10
2.1 ÁRSMEÐALTAL.....	10
2.2 DAGSMEÐALTÖL OG MÁNAÐARMEÐALTÖL.....	10
2.3 HÆSTU KLUKKUTÍMAMEÐALTÖL.....	11
2.4 HEILSUVERNDARMÖRK	11
2.5 TILKYNNINGARMÖRK	11
3 GREINING NIÐURSTAÐNA MEÐ TILLITI TIL VEÐURS	13
3.1 STYRKUR H ₂ S MEÐ TILLITI TIL VINDÁTTAR	15
3.2 STYRKUR MEÐ TILLITI TIL VINDHRAÐA.....	16
3.3 STYRKUR MEÐ TILLITI TIL HITASTIGS	16
3.4 STYRKUR EFTIR ÁRSTÍÐUM	18
4 MAT Á AUKNUM STYRK EFTIR VIRKJUN.....	22
5 HEIMILDIR	24
VIÐAUKI A – DAGS- OG MÁNAÐARMEÐALTÖL FYRIR STYRK BRENNISTEINSVETNIS.....	25

MYNDASKRÁ

MYND 1. MÁNAÐAR- OG DAGSMEÐALTÖL YFIR STYRK BRENNISTEINSVETNIS.....	10
MYND 2. DAGLEGT HÁMARK 24 KLST HLAUPANDI MEÐALTALS AF STYRK BRENNISTEINSVETNIS	12
MYND 3. HLUTFALL SKRÁNINGA Í MÁNUÐI MEÐ ÁKVEÐNUM STYRK.....	12
MYND 4. AFSTAÐA NÚVERANDI OG FYRIRHUGAÐRA UPPSPRETTNA H ₂ S OG REYKJAHLÍÐAR.	13
MYND 5. VINDRÓSIR ÚR BJARNARFLAGI (EFRI) OG HELLUHRAUNI (NEÐRI).	14
MYND 6. 10 MÍNÚTNA MÆLINGAR Á STYRK H ₂ S MÓTI VINDÁTTARMÆLINGUM	15
MYND 7. MEÐALTAL H ₂ S MÆLINGA FYRIR HVERN METER Á SEKÚNDU.	16
MYND 8. MEÐALTAL H ₂ S FYRIR HVERJA GRÁÐU Á CELSIUS.	17
MYND 9. MEÐALTAL H ₂ S FYRIR HVERJA GRÁÐU Á CELSIUS. TVEIMUR LÆGSTU HITABILUNUM SLEPPT.....	18
MYND 10. MEÐALSTYRKUR BRENNISTEINSVETNIS ÞEGAR VINDÁTT ER ÉG BILINU 15 – 157°, EFTIR ÁRSHLUTUM.....	19
MYND 11. MEÐAL VINDHRAÐI AÐ HELLUHRAUNI ÞEGAR VINDÁTT ER ÉG BILINU 15 – 157°, EFTIR ÁRSHLUTUM.....	20
MYND 12. MEÐAL HITASTIG Í BJARNARFLAGI ÞEGAR VINDÁTT ER ÉG BILINU 15 – 157°, EFTIR ÁRSHLUTUM.	20
MYND 13. VINDRÓSIR FYRIR VINDMÆLI Í HELLUHRAUNI EFTIR ÁRSHLUTUM.	21
MYND 14. LÍKUR Á AÐ HLAUPANDI 24 KLST. MEÐALTAL STYRKS BRENNISTEINSVETNIS FRÁ KRÖFLUSTÖÐ (60 MW) OG BJARNARFLAGSVIRKJUN (90) MW SÉ UNDIR 50 µG/M ³ (VATNASKIL, 2010).	23

TÖFLUSKRÁ

TAFLA 1. UMHVERFISMÖRK FYRIR BRENNISTEINSVETNI.....	8
TAFLA 2. UPPLÝSINGAR UM MÆLITÆKI TIL H ₂ S MÆLINGA Í REYKJAHLÍÐ, HELLUHRAUNI 11.....	9
TAFLA 3. STYRKUR BRENNISTEINSVETNIS 1.3.2011 TIL 29.2.2012 – 30 HÆSTU KLST. MEÐALTÖL.....	11

ATHUGASEMDIR OG TILLÖGUR SKÝRSLUHÖFUNDA

Skýrsla þessi var unnin í samræmi við óskir verkkaupa. Aðferðafræði við frumúrvinnslu gagna var samkvæmt samkomulagi milli Landsvirkjunar og Umhverfisstofnunar. Mannvit leggur til, að við framhald þessa verkefnis verði greiningarmörk mælitækja skoðuð betur og aðferðir við kvörðun þeirra endurskoðaðar, sem og aðferðafræði við úrvinnslu gagna.

Þá væri æskilegt, að hafa fleiri mælingar á lofthita og vindi við samanburð veðurfars og styrks brennisteinsvetnis. Í því sambandi má nefna, að Landsvirkjun áformar að setja upp fleiri verðurstöðvar á svæðinu. Meðal annars stendur til að setja upp 50 metra mastur til mælinga á lofthita með hæð.

SAMANTEKT

Áformað er að virkja jarðvarma í Bjarnarflagi með 45 MWe virkjun í fyrstu og ef til vill stækka hana upp í 90 MW síðar. Frá því 10. febrúar 2011 hefur Landsvirkjun starfrækt mæli í Reykjahlíð til að fylgjast með styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti þar. Borhola BJ-14, sem er í Bjarnarflagi, var í blæstri frá því í febrúar 2011 fram í miðjan mars 2012. Blásturinn samsvaraði um 26 MW framleiðslu af rafmagni.

Ársmeðaltal fyrir styrk brennisteinsvetnis, frá 1.3 2011 til 29.2 2012, reiknaðist $2,5 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hæsta 24 klst. hlaupandi meðaltal á sama tímabili reiknaðist $36 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$, þann 30. september 2011 en skilgreind heilsuverndarmörk eru $50 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ skv. reglugerð 514/2010.

Hækkaður styrkur mælist í austanátt, þegar vindur stendur frá helstu jarðhitamannvirkjum í nágrenni Reykjahlíðar. Vindhraði yfir 2 m/s hefur áhrif til lækkunar styrks brennisteinsvetnis. Styrkur brennisteinsvetnis eykst í mjög köldu veðri en afgerandi lækkun á styrk kemur fram þegar hiti er yfir 10°C . Meðalstyrkur brennisteinsvetnis er hæstur á síðustu 4 mánuðum ársins. Vindrósir eru mismunandi milli árshluta.



1 INNGANGUR

1.1 ALMENNT

Hugmyndir eru um að reisa 45 MW_e jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi og mögulega stækka hana upp í 90 MW síðar. Virkjunin á að vera um 3 km suðaustur af byggðarkjarnanum Reykjahlíð, Mývatnssveit. Gert er ráð fyrir að óþéttanlegum gösum frá virkjuninni verði blásið út með loftstreymi frá kæliturnum. Til að geta metið áhrif virkjunarinnar á loftgæði íbúa í nágrenni hennar hefur Landsvirkjun komið upp og rekið H₂S mæli við Helluhraun í Reykjahlíð, frá 10. febrúar 2011.

Jarðhitasvæðið í Bjarnarflagi er talið vera 20 km² hið minnsta og er áætlað að hitastig í jarðhitageyminum sé yfir 300°C. Yfirborðsflatarmál virka jarðhitans er 8 km². Brennisteinsvetni er náttúruleg gastegund í jarðhitakerfum, sem verður til við afgösun á kviku djúpt í rótum kerfisins sem og í efnahörfum gufu og bergs. Jarðhitakerfið í Bjarnarflagi er töluvert ríkt af vetni og brennisteinsvetni samanborið við önnur jarðhitakerfi. Heildargasinnihald jarðhitavökvans (e. geothermal fluid) í Bjarnarflagi er þó breytilegt eftir svæðum og borholum, en reiknað hefur verið með að meðaltal gas sé um 0,23% af massa og er brennisteinsvetni þar af um 44,8% (Kemía, Apríl 2004).

Í þessari skýrslu verður gerð grein fyrir niðurstöðum mælinga á brennisteinsvetni í Reykjahlíð frá 10. febrúar 2011 til 9. maí 2012. Framsetning niðurstaðna tekur mið af kröfum í reglugerð 514/2010 um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti. Samband mælds styrks og veðurfars á svæðinu verður einnig skoðað og reynt að leggja mat á aukningu styrks í Reykjahlíð eftir að virkjunin verður gangsett.

1.2 TÍMARÁÐIR

Þann 1. júní 2010 tók gildi reglugerð nr. 514/2010, um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti. Samkvæmt 5. grein reglugerðarinnar skal styrkur brennisteinsvetnis, sem mældur er í samræmi við viðurkenndar greiningaraðferðir samþykktar af Umhverfisstofnun, ekki vera yfir umhverfismörkum sem tilgreind eru í I. viðauka reglugerðarinnar og sjá má í töflu 1. Umhverfismörk eru gefin upp í µg/m³. Rúmmál skal miðað við hitastig 293°K og þrýsting 101,3 kPa. Gögn um styrk brennisteinsvetnis skulu hafa tímaupplausnina 10 mínútur.

Tafla 1. Umhverfismörk fyrir brennisteinsvetni.

Umhverfismörk	Viðmiðunartími	Mörk [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Fjöldi skipta sem má fara yfir mörk árlega	Gildir frá
Heilsuverndarmörk	Hámark daglegra hlaupandi 24- stunda meðaltala	50	5	Gildistöku reglugerðar
Heilsuverndarmörk	Hámark daglegra hlaupandi 24- stunda meðaltala	50	0	1. júlí 2014
Heilsuverndarmörk	Ár	5		

Við úrvinnslu gagna voru reiknuð ársmeðaltöl, mánaðarmeðaltöl sólarhringsmeðaltöl, klukkustundarmeðaltöl og hlaupandi 24-stunda meðaltöl. Skilgreiningar á hverju meðaltali fyrir sig eru eftirfarandi:

- Ársmeðaltal
- Meðaltal allra 10 mín. mæligilda frá og með gildi mældu 1. jan kl. 00:10 til og með gildi mældu 31. des kl. 24:00. Miðað við að til séu gögn frá heilu almanaksári
- Mánaðarmeðaltal
- Meðaltal allra 10 mín. mæligilda frá og með gildi mældu kl. 00:10 fyrsta dag hvers mánaðar til og með gildi mældu kl. 24:00 síðasta dag hvers mánaðar.
- Sólarhringsmeðaltal
- Meðaltal allra 10 mín. mæligilda hvers sólarhrings frá og með gildi mældu kl. 00:10 til og með gildi mældu kl. 24:00.
- Klukkustundar meðaltal
- Meðaltal mæligilda 10, 20, 30, 40, 50 og 60 mín. yfir heila tímann.
- Hlaupandi 24 stunda meðaltal
- Meðaltal 144 síðustu 10 mín. mæligilda, skráð á 10 mín. fresti.

1.3 MÆLINGAR

Á tímabilinu sem hér er skoðað voru tvö mælitæki af gerðinni Thermo 450i notuð til H₂S mælinga. Frá 10.2.2011 til 12.2.2012 var mælistöðin til húsa að Helluhrauni 11 í Reykjahlíð en 12.2.2012 var hún flutt að Helluhrauni 12. Fyrst var sett upp mælitæki, sem fengið var að láni frá Umhverfisstofnun (UST) en síðar var sett upp tæki í eigu Landsvirkjunar.

Fyrra mælitækið var kvarðað á staðnum þann 19. september 2011, af starfsmanni Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands. Við kvörðunina kom í ljós, að þrýstinemi í sýnatökuhólfi mælisins var bilaður og leiddi það til þess, að mælirinn sýndi of lág gildi fyrir styrk brennisteinsvetnis. Af þessum sökum voru frumgögn (eining: ppb) úr mæli UST leiðrétt með margföldunarstuðli, án hliðrunar, samkvæmt niðurstöðu kvörðunaraðila (Nýsköpunarmiðstöð Íslands, sept. 2011). Þann 5. október 2011 var mæli UST skipt út fyrir nýjan mæli sömu gerðar. Nýi mælirinn var kvarðaður fyrir uppsetningu. Tafla 2 tilgreinir upplýsingar um mælitækin og kvörðun þeirra.

Tafla 2. Upplýsingar um mælitæki til H₂S mælinga í Reykjahlíð, Helluhrauni 11.

Tímabil	Tæki, eigandi	Eigandi	Raðnúmer	Leiðrétting í ppb (margf.stuðull)
10.2.2011 – 5.10.2012	Thermo 450i	UST	8899	1,68
frá 5.10.2012	Thermo 450i	LV	8202	1,00 (engin)

Í ljós hefur komið, að við mælingar með Thermo 450i á styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti fást gjarnan neikvæð gildi þegar styrkur þess er lágur, en mælarnir hafa ekki sjálfvirka núllkvörðun. Samkvæmt samkomulagi sem gert var á fundi fulltrúa Landsvirkjunar og Umhverfisstofnunar er heimilt að meðhöndla gögnin þannig, að styrkur undir -3 ppb er settur jafn -3 ppb. Jafnframt eru neikvæð gildi um styrk brennisteinsvetnis höfð með við frekari gagnavinnslu. Við úrvinnslu þessarar skýrslu var umræddu samkomulagi fylgt.

Eins og áður segir, ber að tilgreina styrk brennisteinsvetnis í einingunni $\mu\text{g}/\text{m}^3$ miðað við hitastig 293 K og þrýsting 101,3 kPa. Yfirfærsla á styrk brennisteinsvetnis úr einingunni ppb í eininguna $\mu\text{g}/\text{m}^3$ er gerð með margföldunarstuðli, sem fundinn er samkvæmt gaslög málinu fyrir kjörgas. Yfirfærslufallið er eftirfarandi:

$$C2 = C1 * 1,42$$

þar sem C1 er styrkur brennisteinsvetnis í einingunni ppb og C2 er styrkur brennisteinsvetnis í einingunni $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Thermo 450i mælitæki að Helluhrauni 11 hafa verið stillt þannig, að meðalstyrkur brennisteinsvetnis í andrúmslofti er mældur yfir 5 mínútna tímabil og mæligildið þá lesið af stafrænu skráningartæki, Campbell CR1000. Meðaltal 2 slíkra mæligilda er síðan skráð á 10 mínútna fresti ásamt tímastimpli í minni skráningartækisins og er sú skráning mesta varðveitta tímaupplausn gagnanna. Að Helluhrauni 11 hafa einnig verið í rekstri R.M. Young vindhraða- og vindstefnunemi og Logan lofthitanemi og eru 10 mínútna meðalgildi þessara mælistærða einnig skráð á 10 mínútna fresti.

Í Bjarnarflagi er rekin veðurstöð á vegum Landsvirkjunar og eru gögn úr henni notuð við greiningu á styrk brennisteinsvetnis í Reykjavíð, með tilliti til veðurs.

Við úrvinnslu gagna var gengið út frá skráðum meðalstyrk brennisteinsvetnis með 10 mínútna tímaupplausn, með þeim leiðréttingum sem að ofan greinir og í einingunni $\mu\text{g}/\text{m}^3$, miðað við hitastig 293 K og þrýsting 101,3 kPa.

2 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

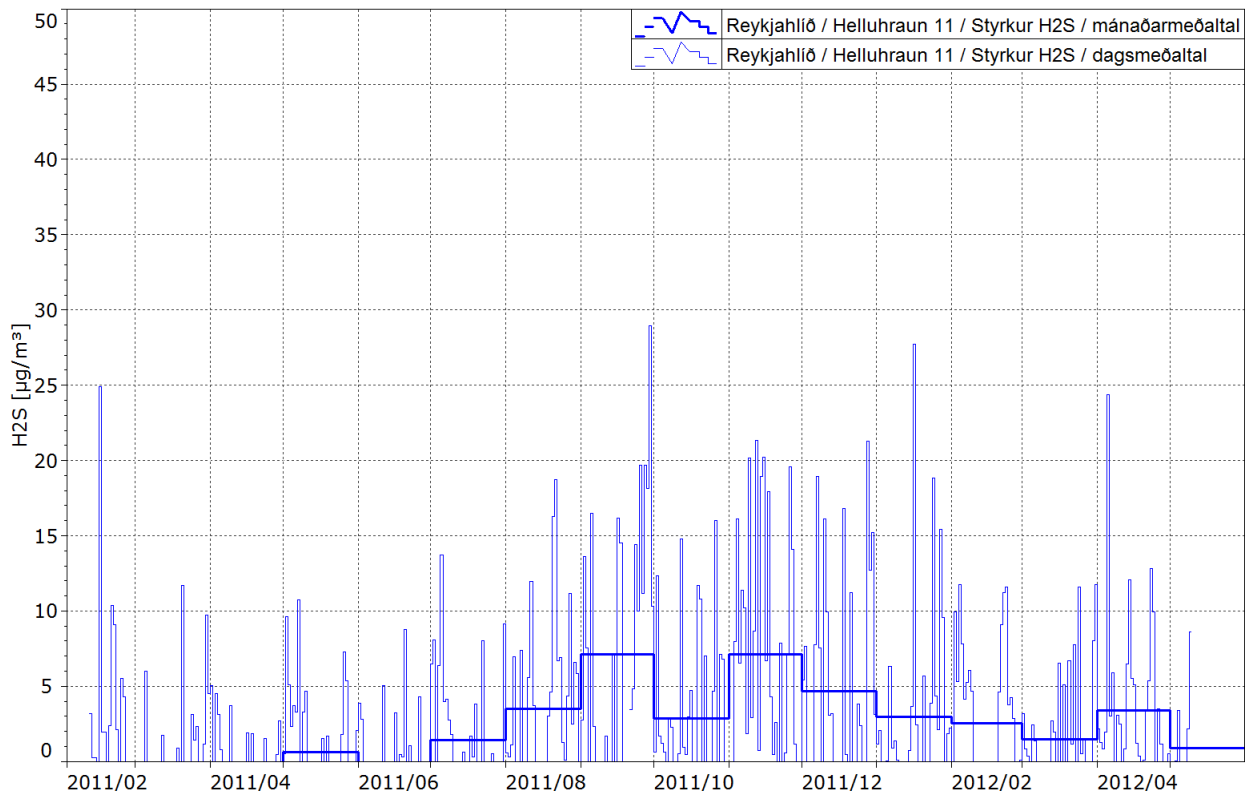
Eftirfarandi niðurstöður byggja á mælingum tímabilið 10.2.2011 til 9.5.2012.

2.1 ÁRSMEÐALTAL

Þar sem mælingar hófust þann 10.2.2011 er ekki marktækt að gefa upp ársmeðaltal fyrir styrk brennisteinsvetnis almanaksárið 2011. Ársmeðaltal fyrir styrk brennisteinsvetnis er því gefið fyrir tímabilið 1.3.2011 til 29.2.2012 og reiknast það $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2 DAGSMEÐALTÖL OG MÁNAÐARMEÐALTÖL

Dagsmeðaltöl og mánaðarmeðaltöl fyrir styrk brennisteinsvetnis árin 2011 og 2012 eru sýnd í töflum A1 og A2 í viðauka A, aftast í skýrslunni og á mynd 1 fyrir tímabilið 10.2.2011 til 9.5.2012.



Mynd 1. Mánaðar- og dagsmeðaltöl yfir styrk brennisteinsvetnis að Helluhrauni 11, Reykjavíð, 10.2.2011 til 9.5.2011.

2.3 HÆSTU KLUKKUTÍMAMEÐALTÖL

Í töflu 3 eru tilgreind 30 hæstu klukkutímameðaltöl yfir styrk brennisteinsvetnis, ásamt tímasetningu, á tímabilinu 1.3.2011 til 29.2.2012.

Tafla 3. Styrkur brennisteinsvetnis 1.3.2011 til 29.2.2012 – 30 hæstu klst. meðaltöl.

Styrkur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tími	Styrkur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tími	Styrkur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tími
105	26.11.2011 19:00	74	18.12.2011 07:00	66	10.12.2011 18:00
98	29.09.2011 15:00	73	05.09.2011 10:00	65	28.12.2011 22:00
96	27.11.2011 01:00	72	02.10.2011 07:00	64	16.09.2011 06:00
91	05.09.2011 11:00	71	29.09.2011 14:00	64	02.09.2011 03:00
84	12.11.2011 04:00	71	09.11.2011 06:00	63	22.11.2011 08:00
83	29.09.2011 20:00	69	26.11.2011 21:00	63	20.03.2011 13:00
79	16.01.2012 05:00	68	23.09.2011 20:00	62	12.11.2011 03:00
78	15.11.2011 09:00	68	14.11.2011 07:00	61	11.11.2011 18:00
78	27.11.2011 03:00	67	14.09.2011 22:00	61	29.09.2011 21:00
74	14.09.2011 20:00	66	25.02.2012 11:00	61	05.02.2012 21:00

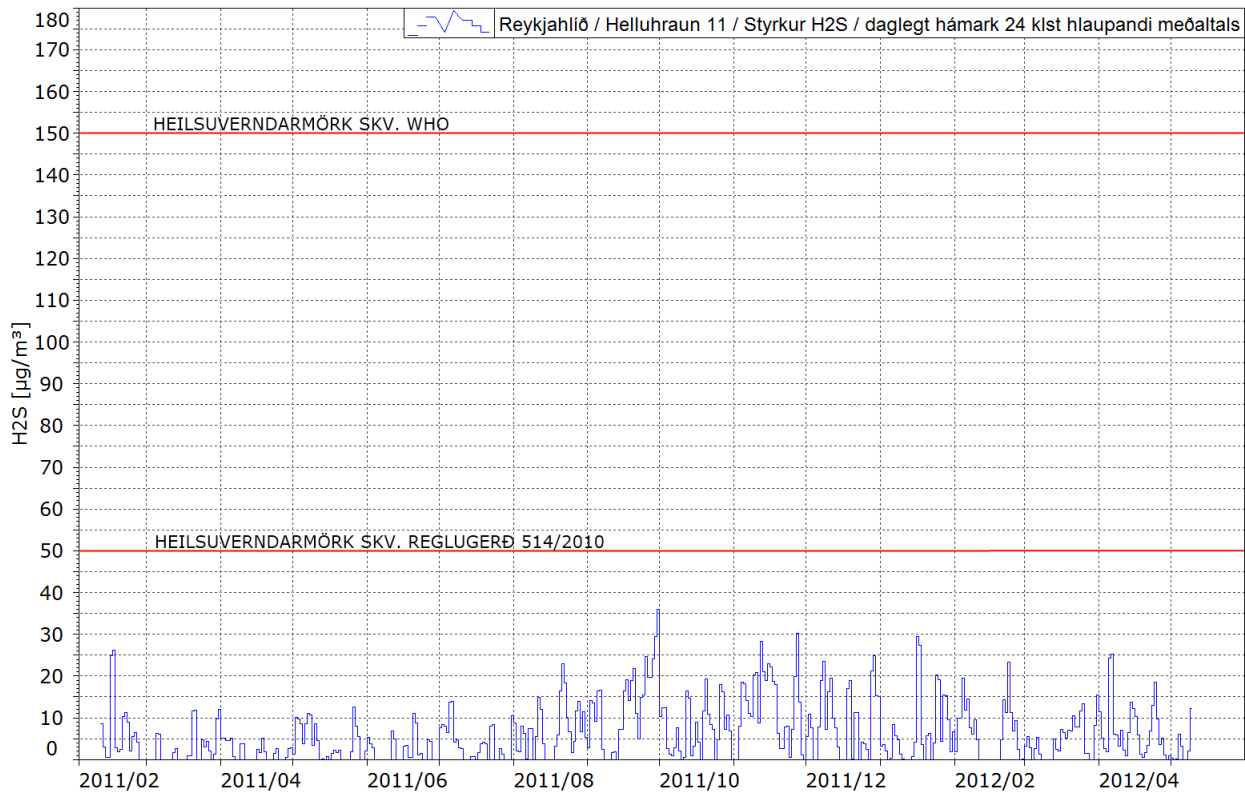
2.4 HEILSUVERNDARMÖRK

Mynd 2 sýnir daglegt hámark 24 klst. hlaupandi meðaltals af styrk brennisteinsvetnis. Sem sjá má fer gildið aldrei yfir skilgreind heilsuverndarmörk skv. reglugerð 514/2010, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Rauðar línur á mynd 2 tilgreina annars vegar heilsuverndarmörk skv. reglugerð 514/2010 og hins vegar heilsuverndarmörk skv. skilgreiningu alþjóða heilbrigðismálastofnunarinnar [WHO 2000], sem eru $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hæsta gildi daglegs hámarks 24 klst. hlaupandi meðaltals af styrk brennisteinsvetnis er þann 30. september 2011, $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

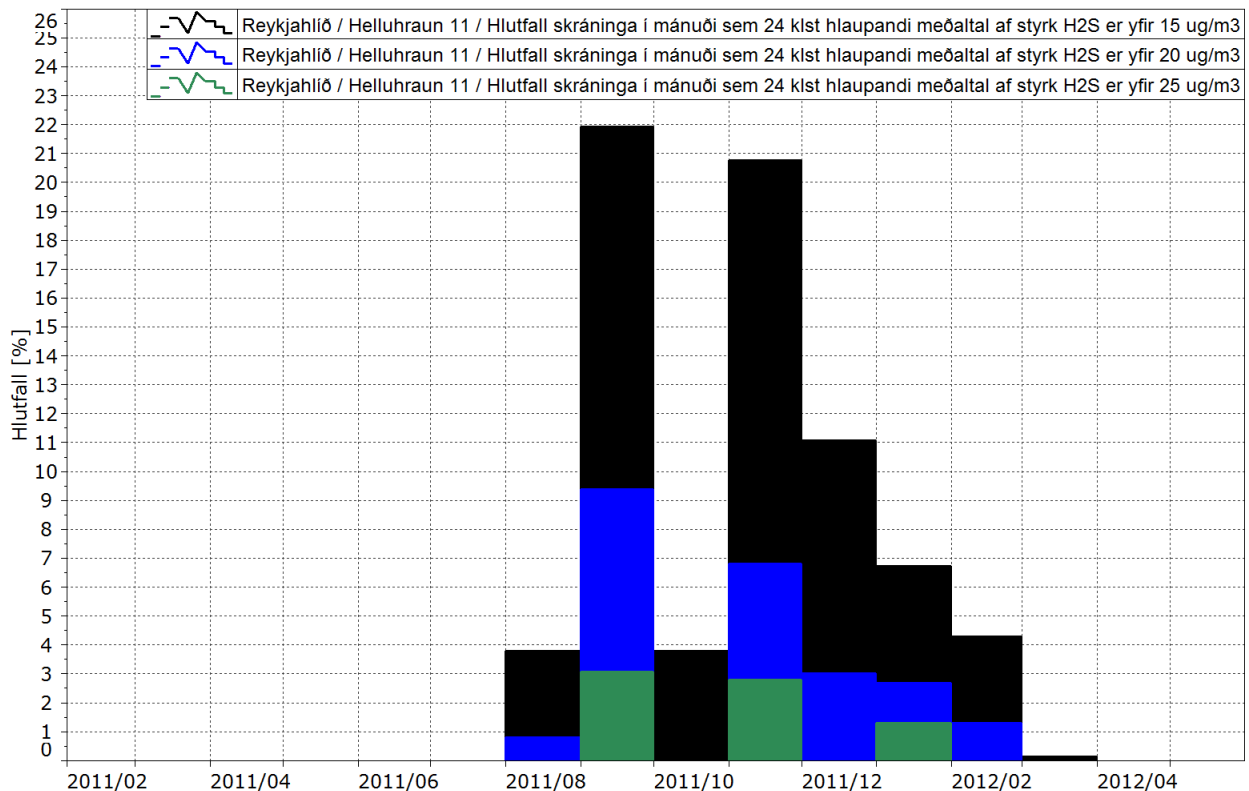
Mynd 3 sýnir hlutfall skráninga í mánuði, sem 24 klst hlaupandi meðaltal af styrk H_2S er yfir 15, 20 og $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sem sjá má, er það einkum að hausti og yfir hörðustu vetrarmánuðina sem styrkur brennisteinsvetnis er yfir umræddum mörkum í einhvern tíma. Hugsanlega má skýra það með ríkjandi vindáttum að hausti og lofthita að hausti en sjá þó frekari umræðu í kafla 3.

2.5 TILKYNNINGARMÖRK

Á tímabilinu 1.3.2011 til 29.2.2012 fer 10 mínútna meðalstyrkur brennisteinsvetnis í Reykjavíð alls 2 sinnum yfir $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, þann 2. október kl. 7:50 og þann 20. október kl. 5:50. Klukkustundar meðaltal fór aldrei yfir þessi mörk. Skilyrði um tilkynningarmörk voru því aldrei uppfyllt á tímabilinu en þau eru, að styrkur brennisteinsvetnis hafi mælst yfir $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ samfelld í þrjár klukkustundir.



Mynd 2. Daglegt hámark 24 klst hlaupandi meðaltals af styrk brennisteinsvetnis 10.2.2011 til 9.5.2012

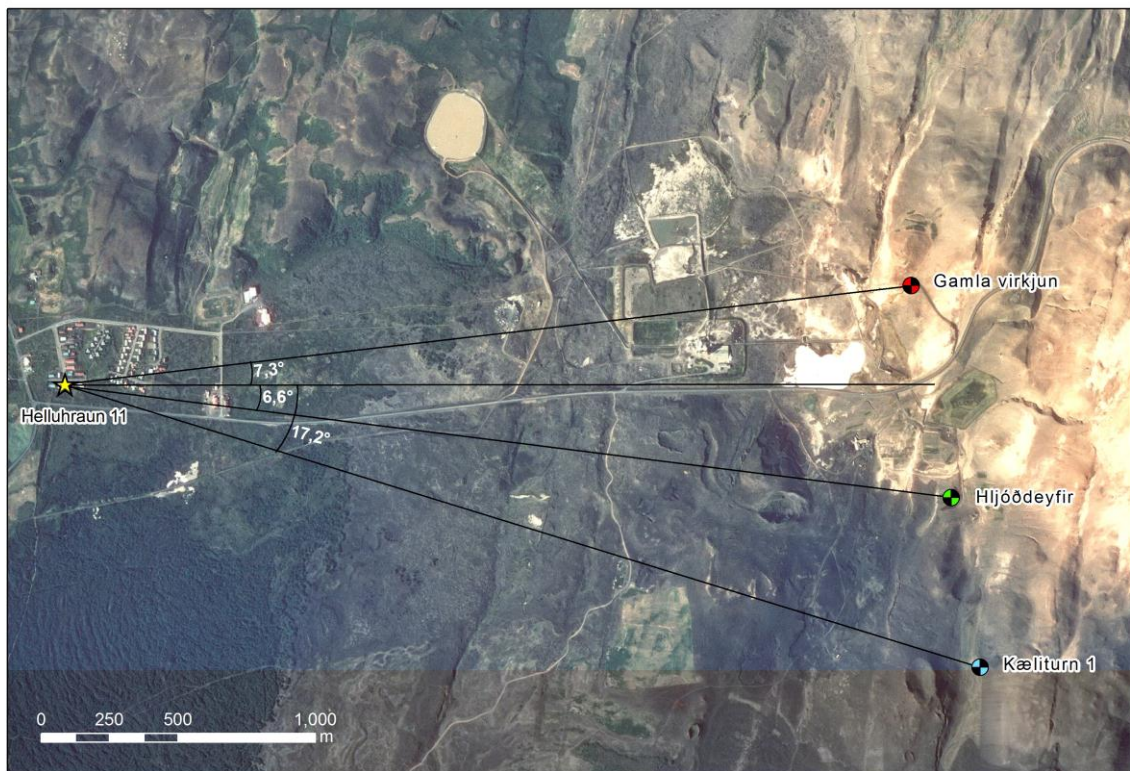


Mynd 3. Hlutfall skráninga í mánuði, sem 24 klst hlaupandi meðaltal af styrk H2S er yfir 15, 20 og 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tímabilið 10.2.2011 til 9.5.2012.

3 GREINING NIÐURSTAÐNA MEÐ TILLITI TIL VEÐURS

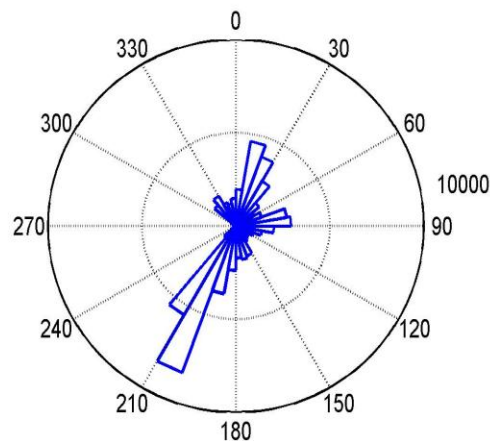
Náttúrulegar aðstæður og mannvirki umhverfis Reykjahlíð hafa áhrif á magn brennisteinsvetnis í andrúmslofti í Reykjahlíð. Fyrst ber að nefna, að á fjölda staða streymir gufa upp um náttúruleg gufuaugu og má glögg sjá áhrif þess í froststillum að vetrarlagi. Þá er rekin lítil jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi, Bjarnarflagsstöð, sem er austnorðaustur af Reykjahlíð og framleiðir 3 MW af raforku. Í Bjarnarflagi hafa verið boraðar all margar borholur í rannsóknarskyni. Í um 9 km fjarlægð norðvestur af Reykjahlíð er Kröfluvirkjun, 60 MW. Á mynd 4 má sjá afstöðu útblástursstaða í Bjarnarflagi miðað við mælinn við Helluhraun í Reykjahlíð. Vindátt úr austri mælist sem 90° vindur. Vindur úr beinni línu frá Bjarnarflagsstöð að mæli er úr 83° og frá útblástursstað BJ-14 97° (sjá mynd 4).

Blásturspróf var á holu BJ-14 í Bjarnarflagi frá febrúar 2011 fram í miðjan mars 2012. Blásturinn var um 53 kg/s af gufu, sem samsvarar um 26 MW af rafafli (Landsvirkjun – gögn af innra neti). Gaslosunin ætti að vera um 50-60% af því sem gera má ráð fyrir frá fyrirhugaðri virkjun í Bjarnarflagi með fyrirvara um að styrkur brennisteinsvetnis er breytilegur milli borhola og getur breyst með tíma.

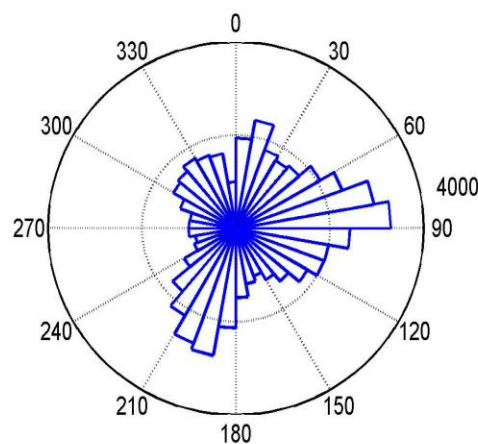


Mynd 4. Afstaða núverandi og fyrirhugaðra uppsprettna H₂S og Reykjahlíðar.

Veðurstöð hefur verið rekin í Bjarnarflagi frá 2004 og að auki er vindmælir þar sem brennisteinsvetnismælirinn er, að Helluhrauni. Mynd 5 sýnir vindrósir frá þessum tveimur stöðvum, frá því brennisteinsvetnismælingar hófust, 10.2.2011 til 9.5.2012. Eins og sjá má ber nokkuð í milli þessara stöðva. Vestanátt er vart greinanleg í Bjarnarflagi, enda er stöðin staðsett í hvilft rétt vestan við Syðri-Námakolla. Líklega er þar sú fyrstaða í landslagi, sem hefur áhrif á vindmælingar þannig að suðvestanátt er ríkjandi vindátt þar. Við Helluhraun eru austanátt og suðvestanátt ríkjandi. Við greiningu á vindátt og vindhraða þykir réttara að miða við mælingar í Helluhrauni en ekki í Bjarnarflagi, þar sem landslag ræður miklu um vindátt og vindstyrk.



Vindrós, Bjarnarflag

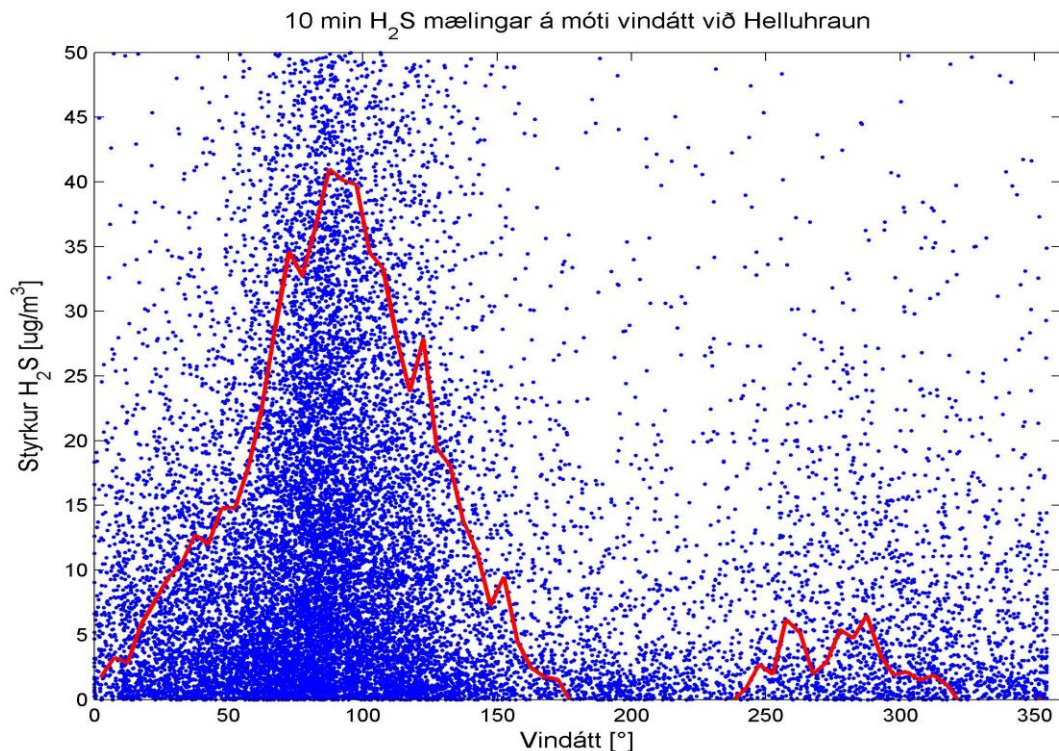


Vindrós, Helluhraun

Mynd 5. Vindrósir úr Bjarnarflagi (efri) og Helluhrauni (neðri) frá 10. febrúar 2011 til 9. maí 2012.

3.1 STYRKUR H₂S MEÐ TILLITI TIL VINDÁTTAR

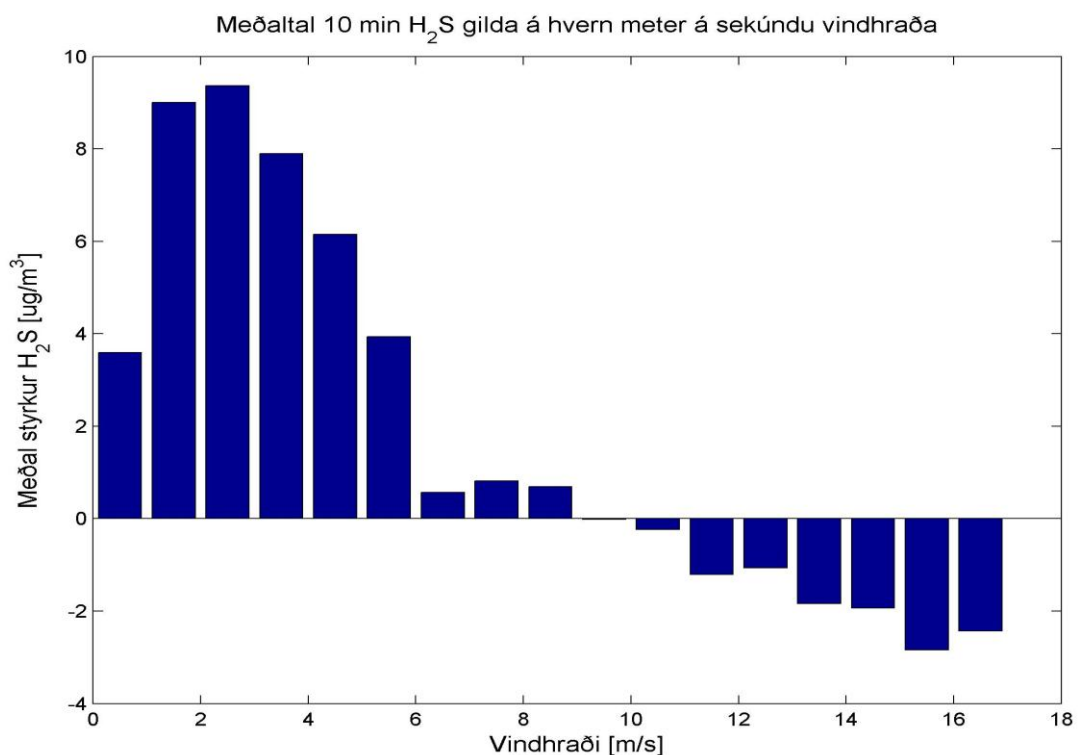
Bjarnarflag er austan Reykjavíðar eins og áður hefur komið fram. Á mynd 6 er styrkur brennisteinsvetnis teiknaður á móti vindátt mældri á Helluhrauni. Rauð lína á myndinni sýnir 90 % línu, þ.e. 90% mælinga fyrir hverjar 5° í vindstefnu eru undir línunni. Hækkun verður á brennisteinsvetnisstyrk í austanátt. 90% mæligilda eru yfir 5 µg/m³ milli 15 og 157° stefnu. Línan fer einnig lítillega yfir 5 µg/m³ milli 256 – 263° stefnu og 277-290° stefnu, sem gefur til kynna litla náttúrulega uppsprettu vestan mælisins að Helluhrauni. Dálftil öxl er í hækkuninni upp að um 50° stefnu, líklega er þarna að greinast brennisteinsvetni úr Kröflu, sem er í um 40° stefnu frá Reykjavíð. Styrkur brennisteinsvetnis er hækkaður (yfir 5 µg/m³) við vindátt á 142° geira. Stefna frá Reykjavíð á núverandi Bjarnarflagsstöð og á útblástur frá BJ-14 (sjá mynd 4) spannar þó einungis 14° geira. Þetta gefur til kynna, að landslag hafi áhrif á dreifinguna eða að náttúrulegar uppsprettur hafi þessi áhrif, en náttúrulegar uppsprettur brennisteinsvetnis er að finna t.d. í Hveraröndinni, austanmegin Námafjalls. 90 % línan nær ekki 50 µg/m³ og fer hæst upp í 41 µg/m³. Línan fer yfir 25 µg/m³ á milli 65 – 124° en eins og áður hefur komið fram er Bjarnarflagsstöð í 83° stefnu frá Reykjavíð en gufu BJ-14 er hleypt út í 97° stefnu frá Reykjavíð (mynd 4).



Mynd 6. 10 mínútna mælingar á styrk H₂S móti vindáttarmælingum að Helluhrauni í Reykjavíð. Rauð lína tilgreinir þau mörk, að 90 % mæligilda yfir styrk H₂S fyrir hverjar 5° vinds eru fyrir neðan línuna.

3.2 STYRKUR MEÐ TILLITI TIL VINDHRAÐA

Hækkandi vindhraði kemur til lækkunar styrks efna í lofti, þar sem blöndun verður meiri með auknum vindhraða. Á mynd 7 má sjá meðaltalsstyrk H_2S í hverju vindhraðabili, þ.e. meðaltal H_2S mæligilda þegar vindur hefur mælst 0-1 m/s, 1-2 m/s o.s.frv. Aðeins eru notaðar mælingar þar sem vindátt er yfir 15° vinds og undir 157° vinds. Þetta er gert til að útiloka áhrif mælinga, sem gerðar eru í vindátt þar sem ekki er búist við áhrifum virkjana. Sjá umfjöllun í kafla 3.1. Hæstur meðaltalsstyrkur er á bilunum 1-2 m/s og 2-3 m/s eftir það fer styrkur lækkandi og er orðinn mjög lágur yfir 6 m/s og neikvæður yfir 10 m/s. Hafa ber í huga að mælingar yfir 10 m/s eru tiltölulega fáar. Til að mynda eru 20 vindmælingar með 10 mínútna tímaupplausn á bilinu 13-14 m/s en 4308 mælingar á bilinu 3-4 m/s. Þrátt fyrir minni blöndun í lágum vindhraða er meðalstyrkur lægri á bilinu 0-1 m/s en í næstu vindhraðabilum þar á eftir. Það gefur til kynna að þá sé vindhraði það lágur, að brennisteinsvetnið berist síður til Reykjavíðar.

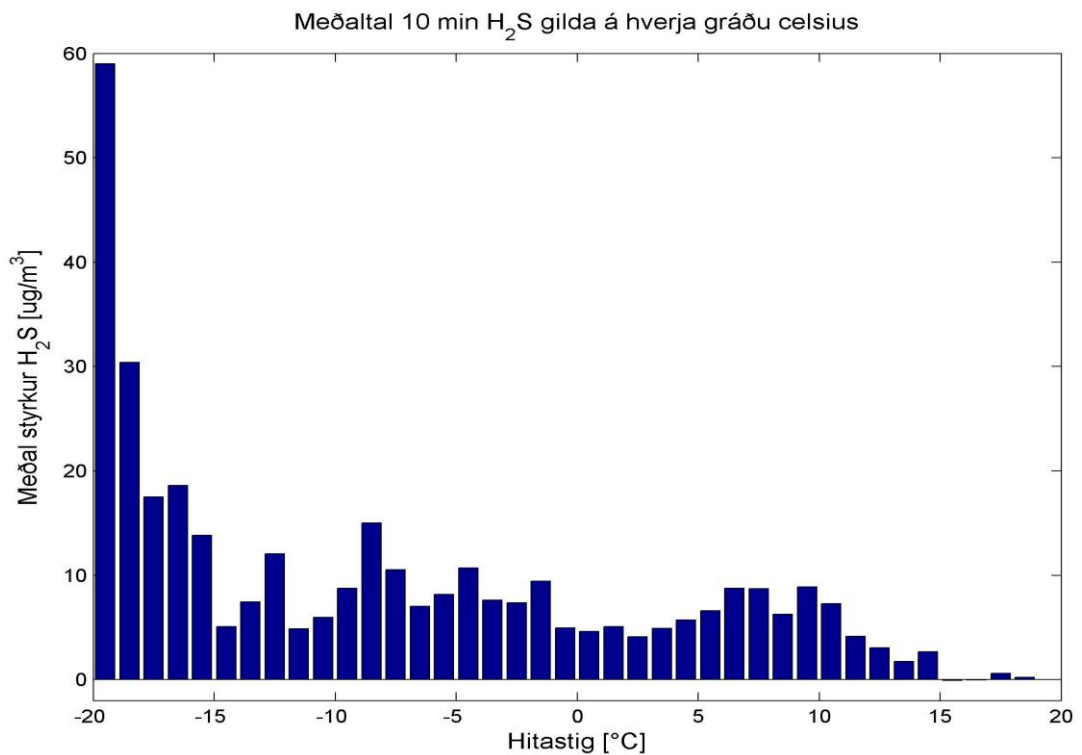


Mynd 7. Meðaltal H_2S mælinga fyrir hvern meter á sekúndu.

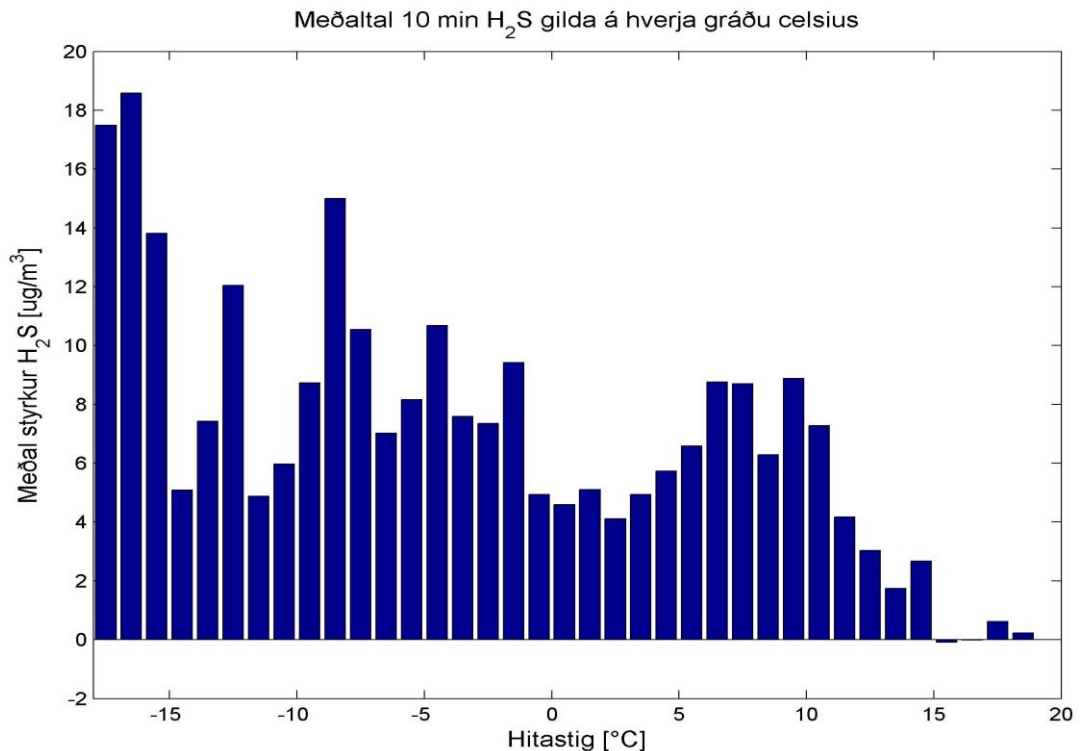
3.3 STYRKUR MEÐ TILLITI TIL HITASTIGS

Breyting á hitastigi með hæð segir til um stöðugleika lofts, sem hefur áhrif á styrk efna í andrúmslofti. Minnst blöndun verður á efnunum þegar hitaskiptalag er til staðar þ.e. þegar hitastig eykst með hæð. Þá liggur kalt loft undir hlýrra lofti, kalda loftið er þyngra en það heita og utanaðkomandi krafta þarf til blöndunar. Á mynd 8 er sýndur meðalstyrkur brennisteinsvetnis á hverja gráðu. Aðeins eru notaðar mælingar þar sem vindátt er yfir 15° og undir 157° stefnu frá Reykjavíð. Þetta er gert til að útiloka mælingar gerðar í vindátt þegar áhrifa virkjana gætir ekki, sjá umfjöllun í kafla 3.1. Hér er einungis notað hitastig við

jörð en gera má ráð fyrir að auknar líkur séu á hitaskiptalagi þegar kalt er við jörð. Á myndinni skera hitabilin -20 til -19°C og -19 til -18°C sig úr með hæsta meðalgildið. Það skal tekið fram, að bakvið þessi meðalgildi eru þó aðeins 3 gildi fyrir -20 til -19°C og 6 gildi fyrir -19 til -18°C en til samanburðar eru 1740 H_2S gildi bak við meðaltalið fyrir -1 til -2°C bilið. Á mynd 7 hafa þessi tvö hitastigsbil verið fjarlægð til glöggvunar á öðrum meðaltölum. Hæstur meðalstyrkur er þegar kaldast er, þ.e. meira en 15 stiga frost en einnig á bilinu -8 til -9°C og -12 til -13°C . Ekki er þó hægt að sjá neina afgerandi lækkun á meðalstyrk með hækkandi hita fyrr en hiti er orðinn hærri en 10°C . Til að sjá áhrif stöðugleika andrúmslofts þyrfti að bera saman meðalstyrk H_2S og breytingu á hitastigi með hæð en það mætti gera t.d. með því að skoða hitastigsmun á tveimur veðurstöðvum af svæðinu, sem liggja í mismunandi hæð yfir sjávarmáli.



Mynd 8. Meðaltal H_2S fyrir hverja gráðu á celsius.



Mynd 9. Meðaltal H_2S fyrir hverja gráðu á celsius. Tveimur lægstu hitabilunum sleppt.

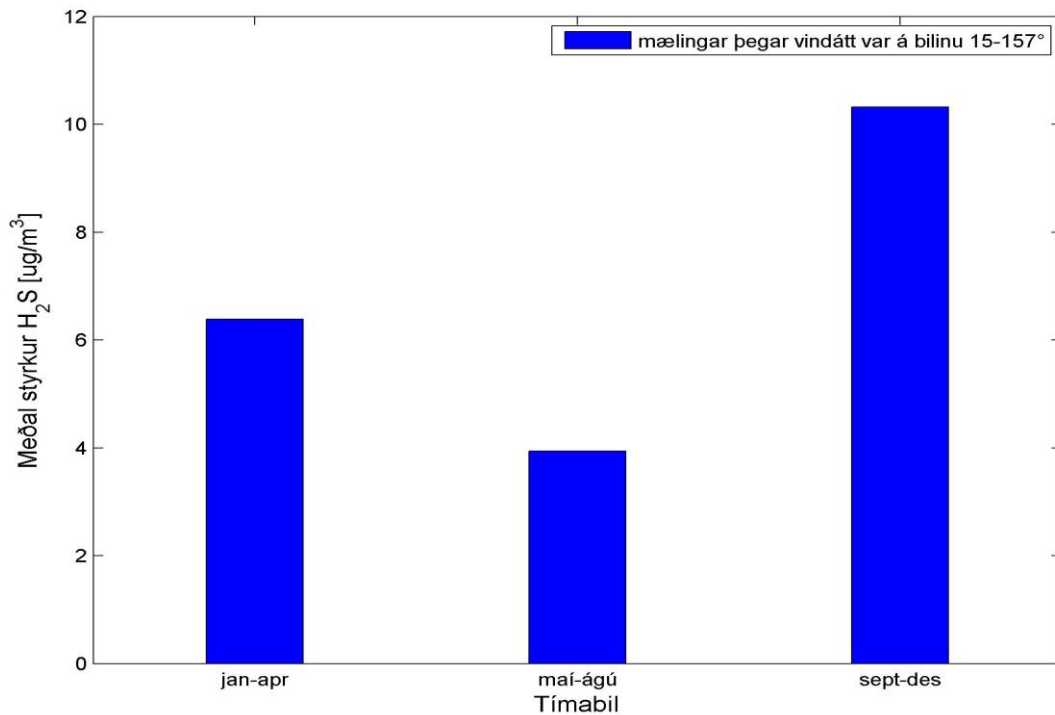
3.4 STYRKUR EFTIR ÁRSTÍÐUM

Veðurfar hefur áhrif á styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti. Þar sem veðurfar á Íslandi getur verið mjög mismunandi milli árstíða er vert að skoða styrk brennisteinsvetnis á mismunandi tímum árs. Hér er árinu skipt í 3 árshluta þ.e. í fyrsta lagi frá og með janúar til og með apríl, í öðru lagi frá og með maí til og með ágúst og í þriðja lagi frá og með september til og með desember. Hér eru meðaltöl yfir tímabilin skoðuð fyrir þær mælingar þar sem vindátt mældist á bilinu 15-157°, þar sem 90% línan á mynd 6 fer yfir $5 \mu g/m^3$ á því bili.

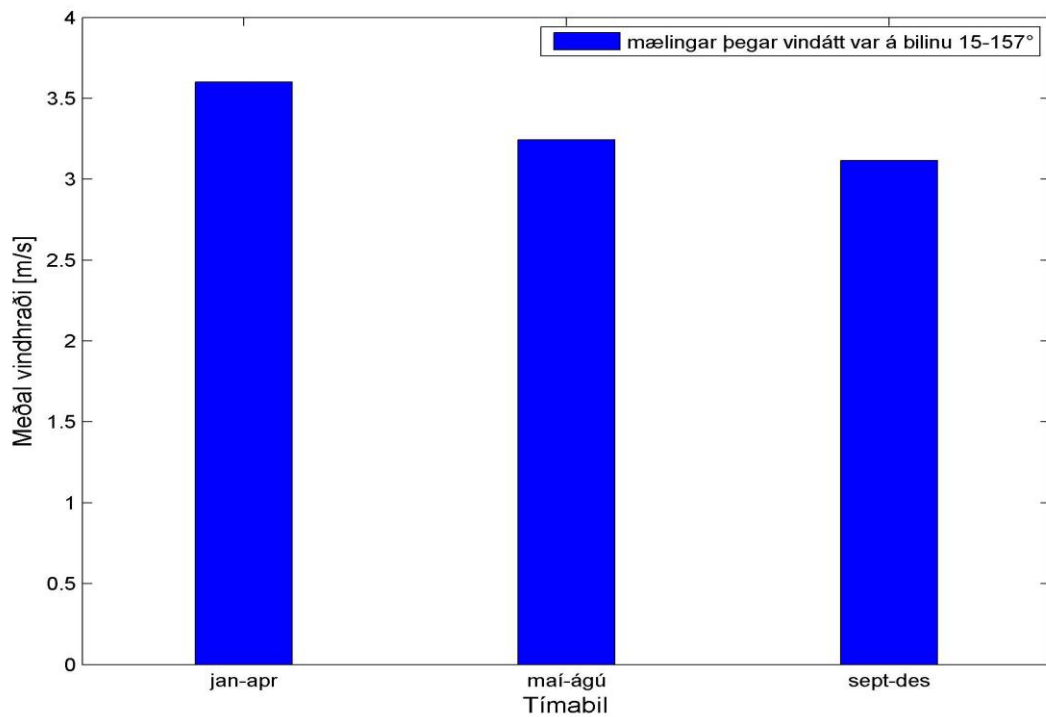
Á mynd 10 má sjá meðalstyrk brennisteinsvetnis milli þessara þriggja árshluta. Styrkur frá september til desember er hæstur eða $10,4 \mu g/m^3$ en lægstur styrkur er yfir sumartímamann. Á mynd 11 má sjá meðalvindhraða hvers árshluta. Ekki er um afgerandi meðalvindhraðamun að ræða milli árshluta en lægstur er vindhraðinn á síðustu fjórum mánuðum ársins eða 3,1 m/s en hæstur á fyrstu fjórum eða 3,6 m/s. Á mynd 12 má sjá meðal hitastig hvers árshluta. Lægstur hiti er á fyrstu fjórum mánuðum ársins og hæstur yfir sumartímamann.

Þegar þessar myndir eru skoðaðar saman má færa rök fyrir því, að ástæða þess að styrkur brennisteinsvetnis sé mestur frá september fram í desember sé sú, að þá sé hiti lár og vindhraði lægri en í janúar til apríl þegar lofthiti er enn minni. Sennilegt er þó, að hér hafi fleiri þættir áhrif, svo sem hitaskiptalag og úrkoma. Hér eru meðaltöl borin saman fyrir vindáttarbilið 15-157° þar sem 90% línan á mynd 6 fer yfir $5 \mu g/m^3$ á því bili. Sé vindátt hvers árshluta fyrir sig skoðuð kemur í ljós, að nokkur munur er á tíðni vindátta milli tímabila. Vindrósir má sjá á mynd 13. Algengustu vindstefnurnar í vindmælinum að

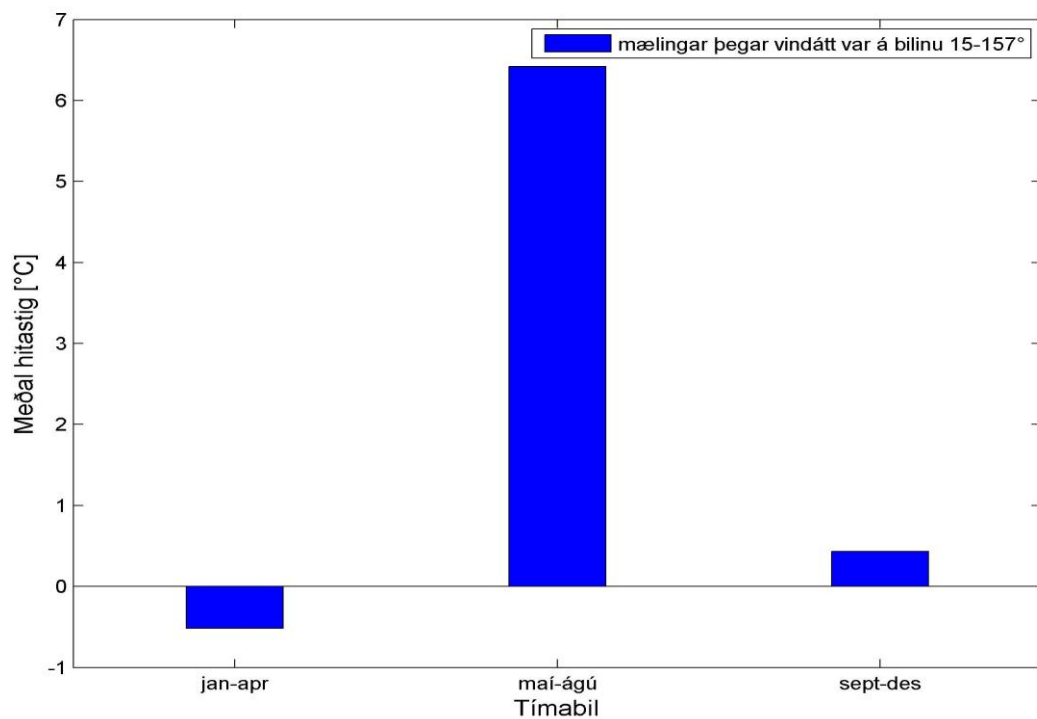
Helluhrauni frá janúar fram í apríl eru austanátt (70-90°) og suð- suðvestanátt (190-210°). Frá maí til ágúst er norðan- eða norðaustanátt algengust (0-30°) og frá september fram í desember er austanátt algengust (70-90°). Það skal tekið fram að þessi niðurstaða er fyrir tímabilið 10. febrúar 2011 til 9. maí 2012 og þarf ekki að endurspeгла ráðandi vindáttir á svæðinu til lengri tíma.



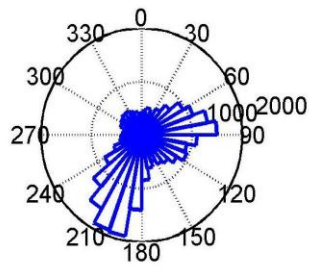
Mynd 10. Meðalstyrkur brennisteinsvetnis þegar vindátt er ég bilinu 15 – 157°, eftir árshlutum.



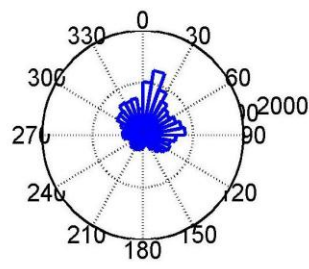
Mynd 11. Meðal vindhraði að Helluhrauni þegar vindátt er ég bilinu 15 – 157°, eftir árshlutum.



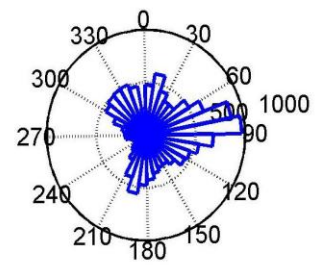
Mynd 12. Meðal hitastig í Bjarnarflagi þegar vindátt er ég bilinu 15 – 157°, eftir árshlutum.



Vindrós Helluhraun
Janúar - Apríl



Vindrós Helluraun
Maí - Ágúst



Vindrós Helluhraun
September - Desember

Mynd 13. Vindrósir fyrir vindmæli í Helluhrauni eftir árshlutum.

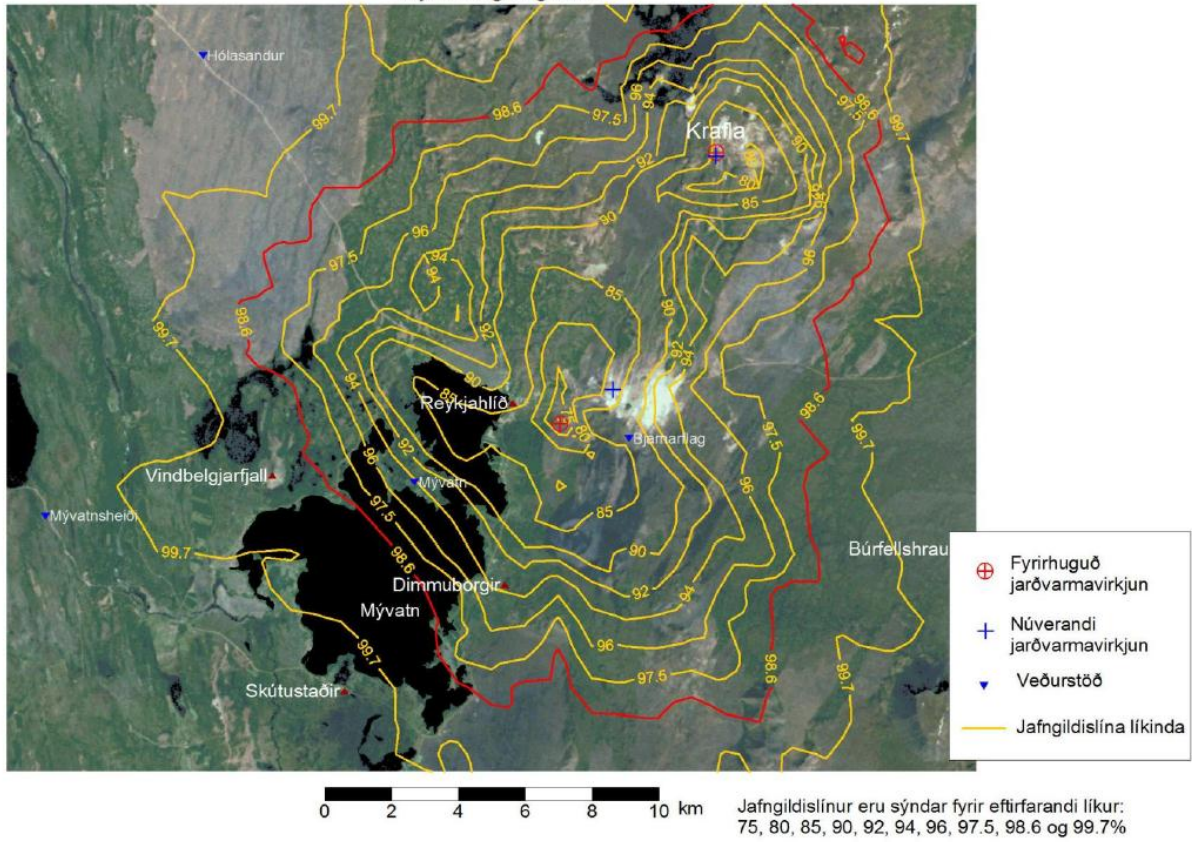


4 MAT Á AUKNUM STYRK EFTIR VIRKJUN

Hugmyndir eru um byggingu allt að þriggja nýrra jarðvarmavirkjana á norðausturlandi, þ.e. Bjarnarflagsvirkjun, virkjun að Þeistareykjum og stækkun virkjunar í Kröflu en þar er fyrir 60 MW_e jarðvarmavirkjun. Hugmyndin er, að Bjarnarflagsvirkjun verði 45 MW_e í fyrsta áfanga en að síðar verði hún mögulega stækkuð í 90 MW_e. Verkfræðistofan Vatnaskil hefur metið dreifingu brennisteinsvetnis frá hugsanlegum virkjunum og metið samlegðaráhrif. Metin voru áhrif 90 MW_e Bjarnarflagsvirkjunar eingöngu þ.e. án annara fyrirhugaðra virkjana en með núverandi 60 MW_e Kröflustöð (sjá mynd 14). Niðurstaðan var sú, að styrkur brennisteinsvetnis í Reykjavíð verði undir 50 µg/m³ um 85% tímans en það þýðir, að setja þarf upp hreinsivirki fyrir Bjarnarflagsvirkjun þegar hún verður komin í fulla stærð.

Nú hafa farið fram mælingar á styrk brennisteinsvetnis í Reykjavíð samtímis blæstri holu BJ-14 í Bjarnarflagi en blásturinn samsvaraði 26 MW_e. Ekki þykir raunhæft, að meta áhrif fyrsta áfanga Bjarnarflagsvirkjunar á styrk brennisteinsvetnis í Reykjavíð út frá fyrirliggjandi mælingum. Það er vegna þess að mælingar á styrk brennisteinsvetnis hafa fyrst og fremst staðið yfir á því tímabili sem blásturspróf fór fram en einungis skamman tíma eftir að því lauk. Lagt er til, að áhrifin af blæstri holu BJ-14 verði metin þegar mælingar á styrk brennisteinsvetnis í Reykjavíð hafa staðið yfir í lengri tíma, í a.m.k. eitt ár án blásturs.

Líkur á að hlaupandi 24 klst. meðaltal styrks brennisteinsvetnis frá Kröflustöð (60 MW) og Bjarnarflagsvirkjun (90 MW) sé undir $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Mývatn og nágrenni



Mynd 14. Líkur á að hlaupandi 24 klst. meðaltal styrks brennisteinsvetnis frá Kröflustöð (60 MW) og Bjarnarflagsvirkjun (90 MW) sé undir $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Vatnaskil, 2010).



5 HEIMILDIR

Kemía, Trausti Hauksson, Apríl 2011, „Bjarnarflagsvirkjun, vinnslueiginleikar vatns og gufu úr borholum“

Nýsköpunarmiðstöð Íslands, Hermann Þórðarson, September 2011, „Kvörðun SO₂/H₂S mælitækja“, Reykjavíð, Mývatni

Vatnaskil, 2010. *Styrkur brennisteinsvetnis frá virkjunum á Norðausturlandi, samanburður við reglugerðarmörk*. Unnið fyrir Þeistareyki ehf. og Landsvirkjun.

WHO, 2000. *Air quality guidelines for Europe; second edition*. WHO regional publications. European series; No. 91. ISBN 92 890 1358 3

VIÐAUKI A – DAGS- OG MÁNAÐARMEÐALTÖL FYRIR STYRK BRENNISTEINSVETNIS AÐ HELLUHRAUNI 11, REYKJAHLÍÐ

Tafla A1. Dags- og mánaðameðaltöl fyrir styrk brennisteinsvetnis Helluhrauni 11, árið 2011

Dagur	Jan	Feb	Mar	Apr	Maí	Jún	Júl	Ágú	Sep	Okt	Nóv	Des
1			-2,5	5,1	0,5	3,9	6,5	0,6	2,8	0,6	-2,7	5,4
2			-2,8	-3,1	9,6	2,8	8,1	0,3	13,6	12,3	-2,7	7,7
3			-3,1	4,5	5,1	-2,8	-0,2	1,1	7,5	1,7	8,0	-1,0
4			-3,3	3,2	2,3	-2,7	6,4	6,9	-0,1	1,2	16,1	-0,7
5			6,0	0,8	3,7	-2,4	13,7	-0,8	16,5	0,7	6,5	-2,4
6			-2,8	-3,5	3,3	-3,0	4,0	-0,1	2,3	-2,6	11,4	7,8
7			-3,4	-3,5	10,7	-2,4	4,1	7,4	-2,7	2,9	10,2	18,9
8			-3,5	-3,8	-2,7	-1,9	2,8	-2,3	-3,8	2,3	1,8	7,6
9			-3,5	3,7	3,3	-3,2	1,8	-2,2	-3,7	-2,3	20,2	-2,4
10			-3,9	-2,5	4,7	-0,3	-0,7	5,6	-0,9	-2,6	2,9	16,2
11		0,3	-3,7	-4,0	-3,6	5,0	-1,7	12,0	1,7	0,5	8,7	10,0
12		0,2	1,7	-4,1	-0,4	-2,7	-2,4	3,7	-3,4	14,8	21,4	3,1
13		-0,7	-2,3	-3,2	-1,9	-2,1	-2,6	-0,3	-4,1	1,0	0,7	3,2
14		24,9	-3,0	-1,1	-1,8	-3,1	0,6	-2,9	7,2	0,5	19,0	-0,3
15		2,0	-3,8	-3,3	-1,0	-3,1	-3,0	-2,6	-3,2	3,0	20,2	-2,6
16		1,9	-3,7	1,9	-3,5	3,2	-3,2	-2,7	16,2	4,7	6,7	-2,6
17		-1,6	-3,8	-0,5	1,5	-1,5	1,7	-0,6	14,5	-2,5	17,9	-1,2
18		2,4	0,9	1,8	-2,5	0,5	0,3	3,0	-1,5	-2,6	4,3	16,8
19		10,4	-2,9	-3,1	1,7	0,3	3,8	4,6	---	11,7	0,5	0,5
20		9,1	11,7	-3,9	-3,1	8,8	-3,2	16,3	---	10,8	2,6	-2,0
21		2,1	-2,8	-3,7	-3,7	-2,4	-0,1	18,7	3,5	-0,6	-2,5	11,2
22		-0,8	-3,7	-3,6	-3,9	1,1	8,0	6,7	4,9	7,0	7,9	-1,3
23		5,5	-1,6	1,5	-3,7	-2,2	-2,1	6,9	14,4	-1,0	-2,5	-2,3
24		4,3	3,1	-2,5	-4,0	-3,3	-1,1	1,3	10,0	-2,2	0,6	3,8
25		-0,1	1,4	-4,0	1,8	-0,3	-0,4	0,1	19,7	4,7	7,2	2,4
26		-2,5	2,3	-3,9	7,3	4,3	0,5	4,3	11,2	16,0	19,6	-2,2
27		-2,5	-2,3	-4,0	5,4	-3,0	-0,1	11,2	19,7	-0,4	14,1	-0,9
28		-2,3	-0,5	0,5	-1,6	-3,2	-2,4	2,5	18,2	7,1	1,2	21,3
29			1,2	2,7	-3,6	-3,2	-2,8	6,6	28,9	6,8	-2,7	12,7
30			9,7	-1,5	-3,6	-1,6	-1,5	5,8	10,3	-1,7	-2,7	15,2
31			4,5		2,1		9,2	-3,2		-2,6		3,1
Meðaltal:			-0,7	-1,2	0,6	-0,7	1,4	3,5	7,1	2,9	7,1	4,7

Athugasemd: Kvörðun mælis stóð yfir dagana 19. og 20. sept. 2011 og því er eyða í gögnum sömu daga.

Tafla A2. Dags- og mánaðameðaltöl fyrir styrk brennisteinsvetnis Helluhrauni 11, árið 2012

Dagur	Jan	Feb	Mar	Apr	Maí	Jún	Júl	Ágú	Sep	Okt	Nóv	Des
1	1,2	-1,8	3,2	2,2	-2,3							
2	2,1	10,0	0,9	1,3	-1,3							
3	-2,5	5,3	0,4	0,9	0,0							
4	-2,6	11,8	-2,1	2,0	3,4							
5	0,1	7,8	2,4	24,4	-2,5							
6	6,3	4,1	1,4	3,0	-2,6							
7	0,9	5,2	-2,4	5,9	-2,7							
8	1,4	6,1	-1,3	-2,6	2,2							
9	0,1	4,7	-2,6	3,1								
10	-2,6	-2,1	-1,9	2,5								
11	-0,8	-2,6	-2,4	-2,8								
12	-0,2	-0,5	-0,5	0,8								
13	-2,6	-2,6	2,7	6,5								
14	0,7	-2,6	2,0	12,1								
15	3,7	-2,5	-1,8	5,5								
16	27,7	-2,7	6,5	5,1								
17	2,4	-2,1	-2,3	1,2								
18	-1,1	-2,7	5,1	0,3								
19	-2,7	-2,1	-0,2	-0,6								
20	5,7	4,6	6,7	0,1								
21	-1,7	9,1	1,2	3,3								
22	-0,9	11,2	7,8	5,4								
23	3,9	11,6	-2,7	12,8								
24	18,9	3,8	11,6	10,0								
25	4,4	4,2	0,5	-1,0								
26	2,1	2,8	1,4	3,5								
27	15,4	-2,1	-2,6	1,2								
28	9,6	-2,5	-2,4	-2,5								
29	-0,6	0,1	-1,6	-2,2								
30	1,8		8,0	0,5								
31	2,2		11,8									
Meðaltal:	3,0	2,5	1,5	3,4								



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

