

Loftgæði á Íslandi
Umhverfisvísar, vöktun og uppsprettur

Umhverfisstofnun

Ágúst 2019

Loftgæði á Íslandi – Umhverfísístar, vöktun og uppsprettur
Ágúst 2019
Unnið af: Ragnhildur G. Finnbjörnsdóttir, Umhverfisstofnun
Útgefandi: Umhverfisstofnun
Forsíðumynd: Joshua Earle af Unsplash
Suðurlandsbraut 24
108 Reykjavík
Sími: 591 2000
Netfang: ust@ust.is
Veffang: umhverfisstofnun.is

Efnisyfirlit

Listi yfir töflur	4
Listi yfir myndir	5
Formáli.....	6
Almennt um loftgæði	7
Loftmengandi efni sem umhverfisvísar	7
Uppsprettur loftmengunar á Íslandi.....	8
Svifryk (PM ₁₀).....	10
Brennisteinsdíoxíð (SO ₂).....	12
Brennisteinsvetni (H ₂ S).....	13
Köfnunarefnissambönd (NO _x)	16
Óson (O ₃)	16
Vöktun loftmengunar á Íslandi	16
Heimildir	19
I. viðauki – Rekstraraðilar	20

Listi yfir töflur

1. tafla. Uppruni helstu loftmengunarefna sem mæld eru á Íslandi og veðurfarsaðstæður sem ýta undir hærri styrk efnisins. 10
2. tafla. Losun mismunandi loftmengunarefna árið 2015 og breyting losunar miðað við árið 2005.... 13
3. tafla. Heilsuverndarmörk helstu loftmengunarefna á Íslandi skv. íslenskum reglugerðum. 18
4. tafla. Yfirlit yfir loftgæðamælistöðvar og rekstraraðila í lok árs 2016..... 20

Listi yfir myndir

1. mynd. Svæðisskipting Íslands með tilliti til vöktunar loftgæða.....	9
2. mynd. Efnasamsetning svifryks í Reykjavík samkvæmt rannsóknum árin 2003 (Bryndís Skúladóttir o.fl., 2003), 2013 (Páll Höskuldsson, 2013) og 2015 (Páll Höskuldsson & Arngrímur Thorlacius, 2017).....	11
3. mynd. Losun brennisteinsdíoxíðs-ígilda (SO ₂ -ígildi) í kt. frá orku- og iðnaðarferlum 1990 til 2015.	13
4. mynd. Hlaupandi 24-klst. meðaltalsstyrkur brennisteinsvetnis (H ₂ S) árið 2006 á Grensásvegi.	14
5. mynd. Sólarhrings meðaltalsstyrkur brennisteinsvetnis út frá vindhraða, vindátt og hitastigi frá janúar 2007 til júní 2014.....	15
6. mynd. Íslandskort með staðsetningu virkra loftgæðamælistöðva í lok árs 2016.	17

Formáli

Miklar endurbætur hafa verið hjá Umhverfisstofnun í málefnum er varða loftgæði í landinu. Í lok árs 2017 gaf umhverfis- og auðlindaráðuneyti út *Áætlun um loftgæði á Íslandi 2018-2019 - Hreint loft til framtíðar* en áætlunin var unnin af Umhverfisstofnun í víðu samráði við haghafa. Í áætluninni eru sett fram þrjú markmið með röð aðgerða til að stuðla að loftgæðum og heilnæmu umhverfi í landinu. Eitt af mörgum verkefnum Umhverfisstofnunar er að stofnunin komi á laggirnar loftgæðaupplýsingakerfi til að tryggja aðgengi almennings og haghafa að upplýsingum um loftgæði í landinu. Þannig er vonast til að bæta viðmót og aðgengi auk þess að auðvelda mat á loftgæðum á Íslandi. Önnur mikilvæg aðgerð sem nefnd er í áætluninni og er á ábyrgð Umhverfisstofnunar er að stofnunin viðhaldi öflugri gagnasöfnun á loftgæðum á Íslandi ásamt því að reglulega verði gerðar tölfræðilegar greiningar á gögnunum og árlega verði gefin út skýrsla um loftgæði í landinu frá árinu 2018. Umhverfisstofnun hefur nú þegar innleitt alhliða loftgæðaupplýsingakerfi sem ber heitið Airviro og var keypt af sænsku veðurstofnunni (SMHI) árið 2017. Þetta yfirgripsmikla kerfi mun halda utan um allar mælingar á loftgæðum í landinu og viðhald á búnaði auk þess sem það mun streyma gögnum um loftgæði beint á heimasíðu stofnunarinnar, www.loftgæði.is. Að auki mun það geta starfað sem alhliða gagnagrunnur um losun loftmengandi efna í landinu og geta spáð fyrir um styrk efnanna að minnsta kosti tvo daga fram í tímann á helstu þéttbýlissvæðum landsins. Kerfið er nú í uppsetningu og áætlað er að það muni fara geta spáð fyrir loftgæðum ekki seinna en í lok árs 2020. Að auki streymir nú Airviro nú þegar nær-rauntíma gögnum á loftgæðavef Umhverfisstofnunar (www.loftgæði.is).

Þessi samantekt á umhverfisvísunum loftgæða, vöktun og uppsprettum loftmengunar auk ársskýrslu um loftgæði á Íslandi árið 2016 er fyrsta samantekt sinnar tegundar á Íslandi. Áætlað er að ársskýrslan verði endurútgefin og uppfærð ár hvert og samantektin yfirfarin reglulega. Gögn um loftgæði eru fengin úr gagnagrunni Airviro og hafa verið sett fram í skýrslunni í formi mynda og taflna. Mikilvægt er að vekja athygli á því að við reglulega vinnu og yfirferð á loftgæðagögnum er möguleiki á að einhverjar upplýsingar uppfærast milli ára sem gæti leitt til þess að tölulegar upplýsingar breytist í kjölfarið. Vert er að hafa þetta í huga þegar ný ársskýrsla er birt en nýjasta skýrslan mun vera talin réttust hverju sinni.

Þetta skjal er fyrri hluti tveggja skjala og fylgir skjalinu „Loftgæði á Íslandi – Ársskýrsla 2017“. Í því skjali er farið yfir mengunarmælingar frá mælistöðvum loftgæða á Íslandi og mælingar settar í samhengi við íslenskar reglugerðir um loftgæði. Í þessu skjali, „Loftgæði á Íslandi – Umhverfisvísar, vöktun og uppsprettur“, er farið almennt í loftgæði á Íslandi, loftmengandi efni sem umhverfisvísa, uppsprettur loftmengunar á Íslandi auk vöktunar.

Almennt um loftgæði

Loftgæði á Íslandi eru almennt mikil þrátt fyrir að sum loftmengunarefni eigi það til að fara yfir skilgreind viðmiðunarmörk nokkrum sinnum á ári. Veðurfar getur verið áhrifavaldur í því þegar mengandi efni fara yfir mörk, en sem dæmi má nefna að á þurrum vetrardögum í logni eða hægum vindi safnast stundum upp loftmengun yfir höfuðborgarsvæðinu m.a. vegna útblásturs bíla og uppþrylunar göturyks. Einnig geta vindasamir dagar þeytt upp þurrum jarðvegi frá þeim svæðum þar sem jarðvegsrof er sem mest. Þannig eru dæmi um mikla svifryksmengun á höfuðborgarsvæðinu vegna sandfoks frá söndunum á Suðurlandi eða hálendinu. Að auki má nefna að við ákveðnar veðurfarsaðstæður getur staðbundinn styrkur köfnunarefnisdíoxíðs (NO_2), brennisteinsdíoxíðs (SO_2) og brennisteinsvetnis (H_2S) aukist í andrúmsloftinu en ástæður mikillar loftmengunar geta verið margar og það eru margir áhrifaþættir sem ýta undir slíka mengun.

Loftmengandi efni sem umhverfisvísar

Loftmengunarefnin nefnd hér að aftan eru notuð sem umhverfisvísar á gæði andrúmsloftsins. Umhverfisvísir er skilgreindur af Umhverfisstofnun Evrópu (EEA) sem mælikvarði, venjulega tölulegur, sem hægt er að nota til þess að lýsa og miðla flóknum umhverfisfyrirbærum á einfaldan hátt, þar með taldar breytingar og þróun á ákveðnu tímabili og hjálpa þannig við að varpa ljósi á ástand umhverfisins (Umhverfisstofnun Evrópu (EEA), 2005).

Eftirfarandi efni eru helstu loftmengunarefni sem mæld eru á Íslandi en til viðbótar má nefna að lykt getur talist til loftmengunar þó hún sé ekki mæld að staðaldri á Íslandi.

Brennisteinsdíoxíð (SO_2): Gastegund með ramma lykt. Efnið var eitt helsta loftmengunarefnið sem losnaði úr eldgosinu í Holuhrauni árin 2014 til 2015.

Brennisteinsvetni (H_2S): Litlaus gastegund með lykt sem flestir Íslendingar þekkja sem „hveralykt“. Gasið er þyngra en andrúmsloft og safnast því saman við jörðu og í dældum/dölum.

Kolsýringur (CO): Lyktar-, bragð- og litlaus gastegund sem er eitruð dýrum og mönnum þar sem að það binst rauðum blóðkornum og hindrar upptöku súrefnis í blóði.

Köfnunarefnisoxíð (NO_x): Köfnunarefnisoxíð (NO_x) er samheiti yfir köfnunarefnissamböndin NO_2 (köfnunarefnisdíoxíð) og NO (köfnunarefnisoxíð). Köfnunarefnisoxíð getur hvarfast við ósón (O_3) og breyst úr NO í NO_2 samkvæmt formúlunni: $\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$.

Óson (O_3):

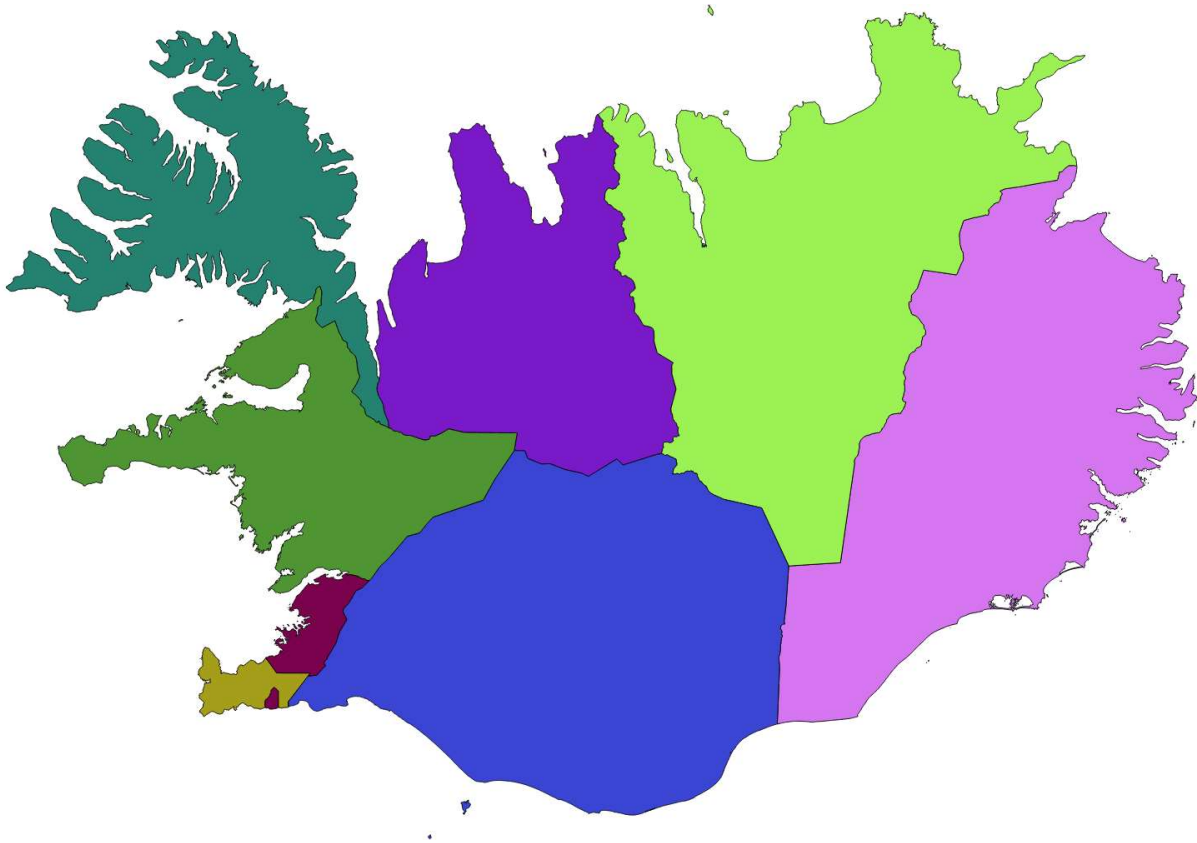
Ljósblá gastegund og lyktar líkt og klór. Við yfirborð er náttúrlegur styrkur ósons lágur á Íslandi samanborið við önnur Evrópuríki. Það er engin losun af mannavöldum á ósoni heldur er óson svokallað afleitt mengunarefni þ.e. það myndast í andrúmslofti þegar önnur mengunarefni eins og NO_x og rokgjörn lífræn efnasambönd (e. volatile organic compounds, VOC) hvarfast við súrefni andrúmsloftsins. Hvarfið gengur hraðar við mikla sólgeislun og háan lofthita. Ósonmengun er því óveruleg hér á Íslandi en er hinsvegar vandamál í heitum sólríkum löndum.

Svifryk (PM₁₀, PM_{2,5} eða PM₁): Svifryk er íslenska þýðingin á enska hugtakinu „particulate matter“. Þá er átt við alla loftborna mengun sem kemur fyrir í vökvaformi eða föstuformi. Sumt svifryk er smágerðar agnir sem svífa um í andrúmsloftinu og er flokkað eftir stærð agnanna. Þær sem eru minni en 10 µm (1 µm = 1 míkrómetri = 0,000001 m) í þvermál eru kallaðar PM₁₀ (PM; e. particulate matter), PM_{2,5} eru agnir minni en 2.5 µm í þvermál og PM₁ eru agnir minni en 1 µm í þvermál. Örfínt ryk (UFP; e. ultra-fine particles) er minna en 0,1 µm í þvermál. Til samanburðar má geta þess að mannshár er um 60 µm í þvermál. Agnir sem myndast við slit eða núning eru yfirleitt fremur grófar, t.d. ryk sem myndast við slit á malbiki. Smágerðari agnir verða einna helst til við bruna, t.d. sót, eða vegna þess að efni þéttast, t.d. brennisteinn, köfnunarefnissambönd og lífræn efni. Svifryk sem er minna en 1 µm í þvermál helst svífandi í loftinu og berst með vindstraumum eins auðveldlega og gastegundir.

Uppsprettur loftmengunar á Íslandi

Umhverfisstofnun hefur skipt landinu í vöktunarsvæði (1. mynd) sem samsvara heilbrigðiseftirlitsvæðum landsins (höfuðborgarsvæðið er eitt vöktunarsvæði) og stofnunin flokkar og metur loftgæði á þeim svæðum samkvæmt reglugerð nr. 787/1999 um loftgæði¹. Ekki er nauðsynlegt að mæla öll efni á öllum svæðum en einnig eru loftgæði áætluð með líkanaútreikningum.

¹ Einnig samkvæmt framkvæmdarákvörðun framkvæmdarstjórnar 2011/850/ESB frá 12. desember 2011 um reglur um tilskipanir Evrópuþingsins og ráðsins 2004/107/EB og 2008/50/EB að því er varðar gagnkvæm skipti á upplýsingum og upplýsingagjöf um gæði andrúmsloftsins (tilkynnt með númeri C(2011) 9068).



1. mynd. Svæðisskipting Íslands með tilliti til vöktunar loftgæða.

Andrúmsloft utandyra á Íslandi er almennt hreint og lítið mengað, þótt töluverður munur geti verið á þéttbýli og dreifbýli og aðstæðum hverju sinni. Þess má geta að samkvæmt skýrslu Umhverfisstofnunar Evrópu (EEA) þá er Ísland með lægsta ársmeðaltal fyrir svifryk $PM_{2,5}$ og NO_2 samanborið við önnur Evrópulönd (Umhverfisstofnun Evrópu (EEA), 2017). Að auki eru sólarhringsmeðaltöl svifryks, NO_2 , SO_2 og O_3 yfirleitt undir íslensku viðmiðunarmörkum efnanna, þó að styrkur þeirra eigi það til að hækka til skamms tíma í senn (fáar klukkustundir).

Loftgæði bötnuðu til muna í þéttbýli á Íslandi þegar hætt var að nota kol og olíu til húshitunar og götur voru malbikaðar. Álag hefur hins vegar aukist vegna meiri umferðar, aukins iðnaðar og ýmiss konar framkvæmda. Á móti koma auknar kröfur um mengunarvarnir og nýja tækni, sem draga úr þessu álagi. Þá hefur vinnuumhverfi og meðhöndlun hættulegra efna sem geta borist í andrúmsloft gjörbreyst með hertri vinnuverndarlöggjöf og ákvæðum í umhverfislöggjöf.

Í 1. töflu má sjá uppruna helstu loftmengandi efna á Íslandi. Ein helsta uppspretta loftmengunar í þéttbýli eru samgöngur. Við bruna jarðefnaeldsneytis, t.d. bensíns, dísilis og olíu, myndast fjöldinn allur af loftmengunarefnum á borð við svifryk, NO_x , CO og SO_2 . Aðrar uppsprettur geta verið náttúrulegar, t.d. eldgos, jarðvegsrof og losun frá hverasvæðum. Eldgos hefur verið ein helsta uppspretta svifryks og SO_2 síðustu ár en helsta efnið sem losnar á hverasvæðum og frá

jarðvarmavirkjunum er H₂S. Að auki getur styrkur loftmengandi efna hér á landi hækkað tímabundið vegna loftmengunarefna sem berast langar leiðir, svo sem frá Evrópu eða Bandaríkjunum.

1. tafla. Uppruni helstu loftmengunarefna sem mæld eru á Íslandi og veðurfarsaðstæður sem ýta undir hærra styrk efnisins.

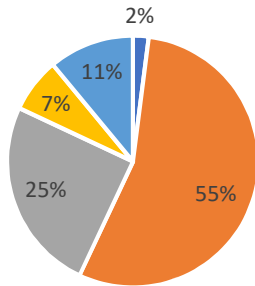
Efni	Uppruni	Veðuraðstæður
Brennisteinsdíoxíð (SO ₂)	Iðnaður, útblástur skipa og eldgos (sbr. eldgos í Holuhrauni)	Hitastig: breytilegt Vindur: hægur Úrkoma: lítil/engin Árstími: vetur
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	Jarðvarmavirkjanir, náttúruleg losun á hverasvæðum	Hitastig: í kringum frostmark Vindur: hægur Raki: breytilegt Úrkoma: lítil/engin Árstími: vetur
Köfnunarefnisoxíð (NO _x)	Útblástur bíla, skipa og annarra farartækja og iðnaður	Hitastig: breytilegt Vindur: hægur Raki: miðlungs Úrkoma: lítil/engin Árstími: vetur
Kolmónoxíð (CO)	Stóriðja og útblástur véla	Hitastig: breytilegt Vindur: hægur Raki: breytilegur Úrkoma: lítil/engin Árstími: vetur
Óson (O ₃)	Náttúrulegur styrkur við yfirborð jarðar og O ₃ sem hefur borist langar leiðir frá öðrum löndum.	O ₃ er fyrst og fremst vandamál í heitum og sólríkum löndum. Vegna veðurfars eru aðstæður til myndunar O ₃ sjaldan til staðar á Íslandi og því fer það ekki yfir mörk.
Svifryk	Slit gatna, útblástur bíla, byggingarframkvæmdir, flugeldar, brennur, uppblástur/sandfok og eldgos (öskufall/öskufok)	Hitastig: í kringum frostmark Vindur: hægur/mikill Raki: lágt til miðlungs Úrkoma: lítil/engin Árstími: allt árið Yfirborð/jörð: slitlag/upptök þurr(t)
Lykt	Fjölbreyttar uppsprettur, t.d. iðnaður, fiskþurrkun, fiskvinnsla, urðunarsvæði, jarðhiti, húsdýraáburður á tún o.fl.	Ýmsar aðstæður

Svifryk (PM₁₀)

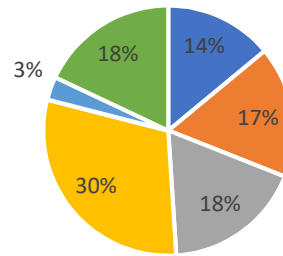
Helstu uppsprettur svifryks í þéttbýli eru umferð (slit gatna, útblástur bíla o.fl.), byggingaframkvæmdir og uppþryllun göturyks (1. tafla). Efnasamsetning svifryks er mismunandi og fer mikið eftir uppsprettunni og árstíð þegar sýnið er tekið. Árið 2003 var gerð rannsókn á efnasamsetningu svifryks í Reykjavík yfir sumar og vetrarmánuði ársins og sýndi hún að um 64% mátti rekja til umferðar eða hálkuvana (malbik (55%), bremsuborðar (2%), salt (11%) og sót (7%)). Um 25% af svifrykinu voru jarðvegsagnir (Bryndís Skúladóttir, Arngrímur Thorlacius, Hermann Þórðarson, Guðmundur G. Bjarnason, & Steinar Larssen, 2003). Árið 2013 var gerð önnur sambærileg rannsókn sem sýndi að hlutfall malbiks, bremsuborða og sóts var 17%, 14% og 30%. Að auki sást að hlutfall jarðvegs og seltu var búið að lækka í 18% og 3%. Aska mældist 18% árið 2013 en eftir gosið í Eyjafjallajökli árið 2010 varð aska ein af uppsprettum svifryks um land allt (Páll Höskuldsson, 2013). Búast má við að hlutfall ösku sé hærra í grennd við Eyjafjallajökul þar sem öskufallið var sem mest. Nýlegasta rannsóknin er frá árinu 2017 og byggir á sýnatöku í Reykjavík árið 2015. Þar mátti sjá að malbik var komið upp undir 50%, sót og salt var

sambærilegt og mátti sjá í rannsókn frá árinu 2013. (Páll Höskuldsson & Arngrímur Thorlaciús, 2017)(2. mynd).

Vetur og sumar 2003

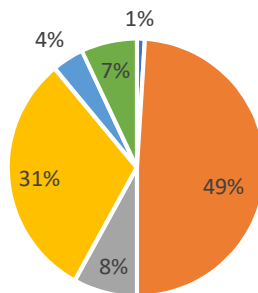


Jan/Feb-apríl 2013



Bremsuborðar Malbik Jarðvegur Sót Salt Bremsuborðar Malbik Jarðvegur Sót Salt Askar

Mars-maí 2015



Bremsuborðar Malbik Jarðvegur Sót Salt

2. mynd. Efnasamsetning svifryks í Reykjavík samkvæmt rannsóknum árin 2003 (Bryndís Skúladóttir o.fl., 2003), 2013 (Páll Höskuldsson, 2013) og 2015 (Páll Höskuldsson & Arngrímur Thorlaciús, 2017).

Niðurstöður þessara þriggja rannsókna sýna nokkuð ólíkar niðurstöður (2. mynd) en eins og fyrr hefur verið nefnt byggist efnasamsetning svifryks á uppsprettu þess, árstíðinni sem sýnið var tekið og hvernig veðurfar hefur verið fyrir sýnatöku en veðurfar hefur einnig mikil áhrif á styrk svifryks í andrúmsloftinu. Því er mikilvægt að þetta verði rannsakað frekar en einnig er mikilvægt að rannsaka uppruna svifryks á fleiri þéttbýlum svæðum heldur en í höfuðborginni.

Utan þéttbýlistaða eru uppsprettur svifryks m.a. sandfok, eldgos (öskufall/öskufok) og uppþyrlun ryks af malarvegum. Utan þéttbýlis er hærri svifryksmengun einna helst í moldar-, sand- og/eða öskufoki sem eykst er snjóá leysir og jörð nær að þorna. Ryk frá malarvegum er vandamál víða úti á landi og þá sérstaklega í þurrkum að sumri til. Með auknum ferðamannastraumi hafa íbúar nálægt þjóðvegum sem ekki er búið að malbika verið að upplifa hærri styrk svifryksmengunar og ábendingar

hafa borist Heilbrigðiseftirliti Norðurlands vestra og Umhverfisstofnunar vegna þessa (Sigurjón Þórðarson, 2017). Umræddir vegir eru rykbundnir að vori en sú rykbinding er venjulega úr sér gengin þegar liðið er á sumarið og ferðamannaumferðin er hve mest (júlí og fyrri hluta ágúst). Einnig getur öskufok orðið töluvert í nálægð við Eyjafjallajökul eftir sprengigosið í jöklinum árið 2010.

Brennisteinsdíoxíð (SO₂)

Auk svifryks má nefna brennisteinsdíoxíð (SO₂) sem efni sem nauðsynlegt er að hafa sérstakt eftirlit með á Íslandi en það (auk köfnunarefnisoxíðs) veldur m.a. súrri úrkomu. SO₂ í andrúmslofti hér á landi kemur aðallega frá iðnaðarstarfsemi og notkun jarðefnaeldsneytis. Almenn er mengunin lítil nema í næsta nágrenni ál- og járnblendiverksmiðja en hefur þó ekki mælst yfir viðmiðunarmörkum þar oftast en heimilt er og áhrifa vegna súrrar úrkomu hefur ekki orðið vart. SO₂ sem losað er í andrúmsloft hér á landi kemur aðallega frá iðnaðarstarfsemi, þ.e. rafskautum sem innihalda brennistein, og frá notkun jarðefnaeldsneytis.

Samkvæmt lögum nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir og tilskipun 2001/81/EB um landsbundin efri mörk losunar fyrir tiltekin loftmengunarefni² hefur Ísland skuldbundið sig til að halda losun SO₂ undir 90kt á ári³. Þessi skilgreining á losun SO₂ á við alla losun brennisteinssambanda og öll losun H₂S er umreiknuð yfir í SO₂-ígildi. Með aukinni stóriðju á Íslandi næstu árin og aukinni virkjun á jarðvarma má ætla að heildarlosun SO₂ á Íslandi muni aukast töluvert. Í kjölfarið má búast við að styrkur efnisins í andrúmslofti muni hækka samfara því í nágrenni við uppspretturnar. Þessi áætlaða aukning í losun brennisteinssambanda byggir á fyrirhugaðri losun m.a. frá þremur stóriðjuframkvæmdum (Sameinað Sílikon, Thorsil í Helguvík og PCC á Bakka) og einni jarðvarmavirkjun (Þeystareykjavirkjun). Áætlað er að vélar Þeystareykjavirkjunar verði gangsettar í tveimur áföngum og þær eiga að skila 90MW orku en fyrir liggur mat á umhverfisáhrifum fyrir allt að 200 MW virkjun á svæðinu. Við virkjun jarðvarma verður umframlosun á H₂S til viðbótar við náttúrulega losun efnisins sem mun í kjölfarið auka heildarlosun Íslands á SO₂ samkvæmt skilgreiningu tilskipunarinnar (H₂S er umreiknað yfir í SO₂-ígildi). Í 2. töflu má sjá að losun SO₂ árið 2015 var undir íslensku mörkum tilskipunar 2001/81/EB en samt sem áður má sjá mikla aukningu í heildarlosun SO₂ frá árinu 2005 til ársins 2015.

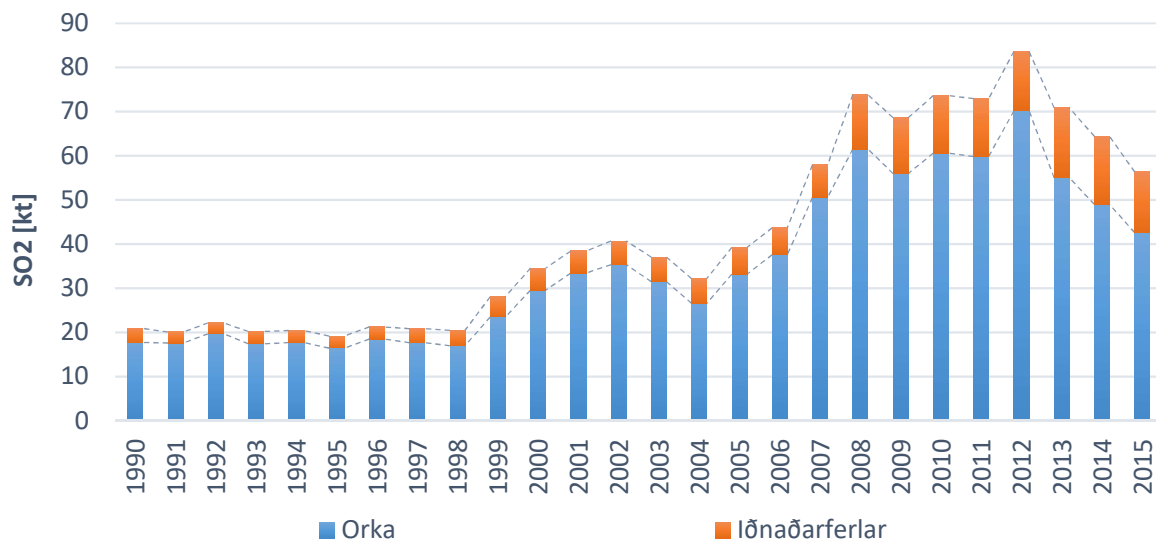
² Tekin upp í EES-samninginn með ákvörðun sameiginlegu EES-nefndarinnar nr. 149/2009 frá 4. desember 2009.“

³ Samkvæmt tilskipun (ESB) 2016/2284, gr. 3(5), „brennisteinsdíoxíð“ eða „SO₂“ eru öll brennisteinssambönd umreiknuð yfir í brennisteindíoxíð-ígildi, þar með talið brennisteinstríoxíð (SO₃), brennisteinssýra H₂SO₄) og á borð við brennisteinsvetni (H₂S) og fleiri.

2. tafla. Losun mismunandi loftmengunarefna árið 2015 og breyting losunar miðað við árið 2005.

	Losun (kt) árið 2005	Losun (kt) árið 2015	Þróun 2005-2015 % breyting miðað við losun árið 2005
SO ₂	39,31	56,37	43%
NO _x	25,50	20,21	-21%
NM _{VOC}	6,10	5,02	-18%
NH ₃	5,22	5,58	7%
PM _{2,5}	1,12	1,23	10%

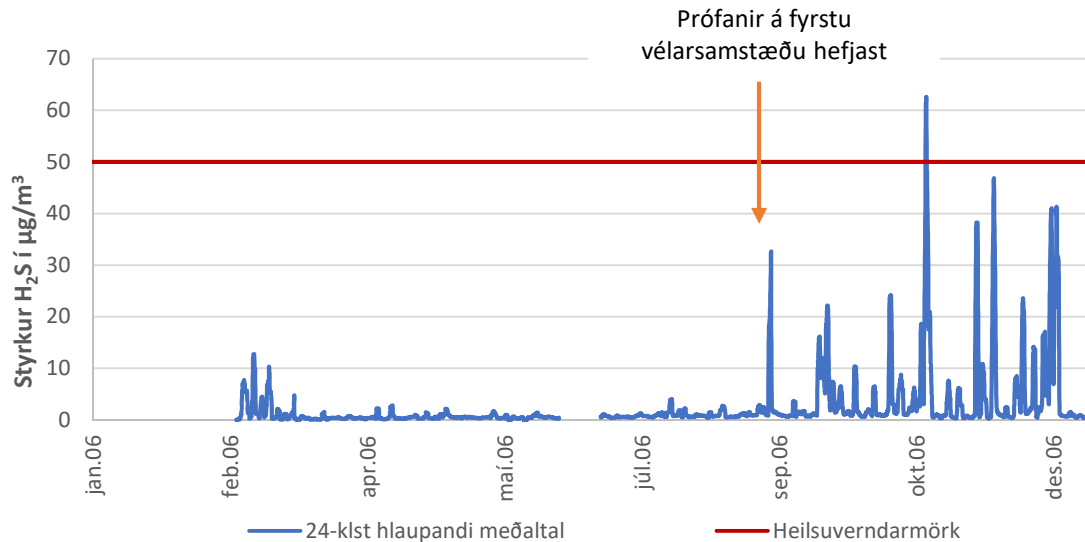
Heildarlosun SO₂ á Íslandi árið 2015 var 56,37kt en af því er losun H₂S vegna nýtingu jarðvarma 42,55kt, eða 72% af heildarlosun. Á 3. mynd má sjá losun SO₂ á Íslandi árið 1990 til ársins 2015. Á þessu tímabili jókst losun SO₂ efna um 169% og hlutfall SO₂ frá jarðvarma (H₂S umreiknað í SO₂-ígildi) hefur verið rúm 70% síðustu ár. Aukningu í losun árið 2006 má rekja til opunar Hellisheiðarvirkjunar. Minnilosun eftir árið 2012 er í kjölfar þess að Hellisheiðarvirkjun hóf að dæla H₂S niður í berglöggin með tilraunaverkefni sem ber heitið Sulfix.

3. mynd. Losun brennisteinsdíoxíðs-ígilda (SO₂-ígildi) í kt. frá orku- og iðnaðarferlum 1990 til 2015.

Brennisteinsvetni (H₂S)

Dæmigerðar náttúrulegar uppsprettur brennisteinsvetnis eru hverir, eldfjöll og mýrarsvæði, en losun frá iðnaði tengist m.a. jarðvarmavirkjunum og skolphreinsistöðvum. Brennisteinsvetni er óstöðugt í andrúmslofti vegna þess að það hvarfast við súrefni og breytist í nokkrum þrepum í brennisteinssýru. Styrkur H₂S getur orðið hár í nálægð við jarðvarma virkjanir en veðurfar hefur mikil áhrif á hversu langt efnið berst frá virkjununum og í hvaða styrk. Hveralykt er vel þekkt á Íslandi og hefur mengun af völdum brennisteinsvetnis gætt í einhverjum mæli frá fyrstu tíð. Hellisheiðarvirkjun gangsett í

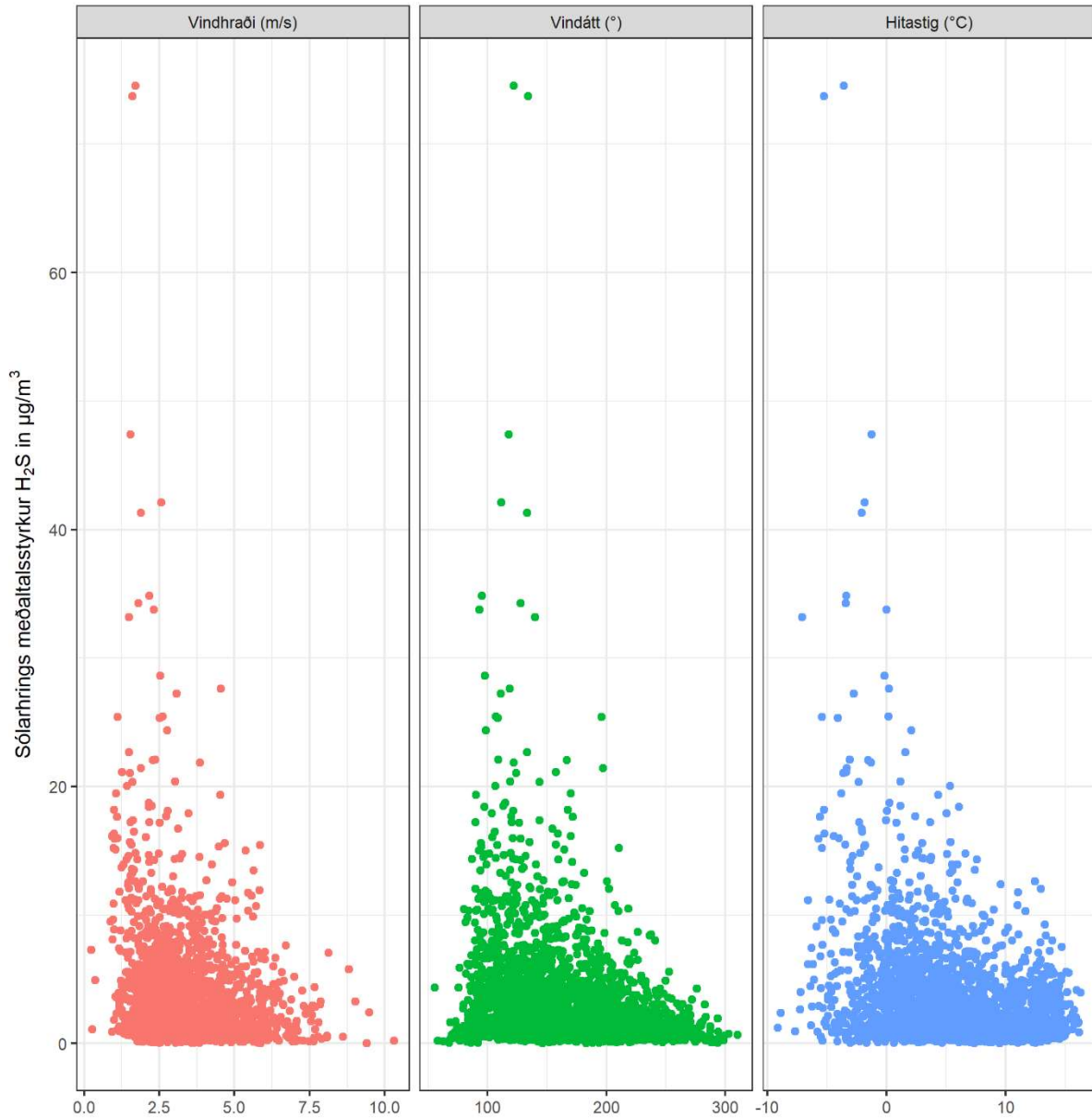
september 2006 en mælingar á H_2S á Grensásvegi (25km frá uppsprettunni) hófust í febrúar sama ár. Þetta var gert til að gefa upplýsingar um styrk H_2S á höfuðborgarsvæðinu fyrir gangsetningu virkjunarinnar. Á 4. mynd má sjá hlaupandi 24-klst. meðaltalsstyrk H_2S í andrúmslofti á Grensásvegi fyrir og eftir gangsetningu virkjunarinnar en ekki eru til gögn um hversu mikið H_2S var losað frá Hellisheiðarvirkjun það ár (Orkuveita Reykjavíkur, 2016).



4. mynd. Hlaupandi 24-klst. meðaltalsstyrkur brennisteinsvetnis (H_2S) árið 2006 á Grensásvegi.

Á myndinni má sjá aukinn styrk H_2S í september á Grensásvegi í kjölfar losunar frá virkjuninni. Í ágúst 2006 hófust prófanir á vélarsamstæðu virkjunarinnar og stöðug framleiðsla var komin á í október sama ár. Eins og nefnt hefur verið hér að ofan hefur losun efnisins frá Hellisheiðarvirkjun minnkað töluvert með tilkomu Sulfix verkefnis Orku náttúrunnar (ON) en þá er H_2S dælt aftur niður í berglögin þar sem að það binst basalti. Árið 2012 var losun H_2S frá Hellisheiðarvirkjun 12.044 tonn. Vegna mótvægisáðgerða var losunin árið 2016 komin niður í 3.893 tonn miðað við sambærilega orkuframleiðslu (að frádregnu H_2S sem var dælt niður í berglögin) (Orkuveita Reykjavíkur, 2016).

Veður hefur mikil áhrif á styrk H_2S í andrúmslofti. Samkvæmt gögnum frá árinu 2007-2014 þá má sjá að hærri styrkur H_2S á Grensásvegi mælist þegar suð-, suðaustlægur vindur (u.þ.b. 90-150°) er undir 3 m/s, og hitastig rétt undir frostmarki (5. mynd). Á höfuðborgarsvæðinu myndast þessar aðstæður einna helst að vetrarlagi, frá haustmánuðum til mars og gerist helst þegar er heiðskírt (sjá Loftgæði á Íslandi – Ársskýrsla 2017). Svipað ferli má sjá við Mývatn en á Grundartanga er mánaðarmeðaltalsstyrkur H_2S það lágur ($<1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) að ekki er hægt að greina marktæka breytingu á styrk H_2S milli mánaða.



5. mynd. Sólarhrings meðaltalsstyrkur brennisteinsvetnis útfrá vindhraða, vindátt og hitastigi frá janúar 2007 til júní 2014.

ON áætlar að árið 2016 var um 60% af öllu H₂S sem virkjunin losaði dælt aftur niður í berglögin og fyrir lok árs 2017 stefndi ON á að dæla niður allt að 80% af efninu sem losnar frá Hellisheiðarvirkjun. Þetta verkefni er tækninýjung sem virðist vera fýsilegur kostur til að draga úr losun H₂S í andrúmsloftið. Þessi aðferð gæti verið mótvægisáðgerð til að lágmarka H₂S í andrúmslofti í grennd við slíkar uppsprettur. Frekari upplýsingar um Sulfix og Carbfix verkefnið má nálgast á heimasíðu ON, www.on.is.

Köfnunarefnissambönd (NO_x)

NO_x efni myndast við bruna, m.a. í vélum, og einnig í iðnaðarferlum og er helsta uppsprettan útblástur bíla. Stundum má sjá brúna slíkju köfnunarefnisoxíða yfir Reykjavík á kyrrum vetrardögum. Úr köfnunarefnisdíoxíði myndast einnig fíngerðar nítatagnir ($\text{PM}_{2.5}$). Köfnunarefnisdíoxíð getur hvarfast við vatn og myndað saltpéturssýru (HNO_3). Þannig skolast það úr andrúmsloftinu, svipað og brennisteinssýra, og getur valdið svokölluðu súru regni.

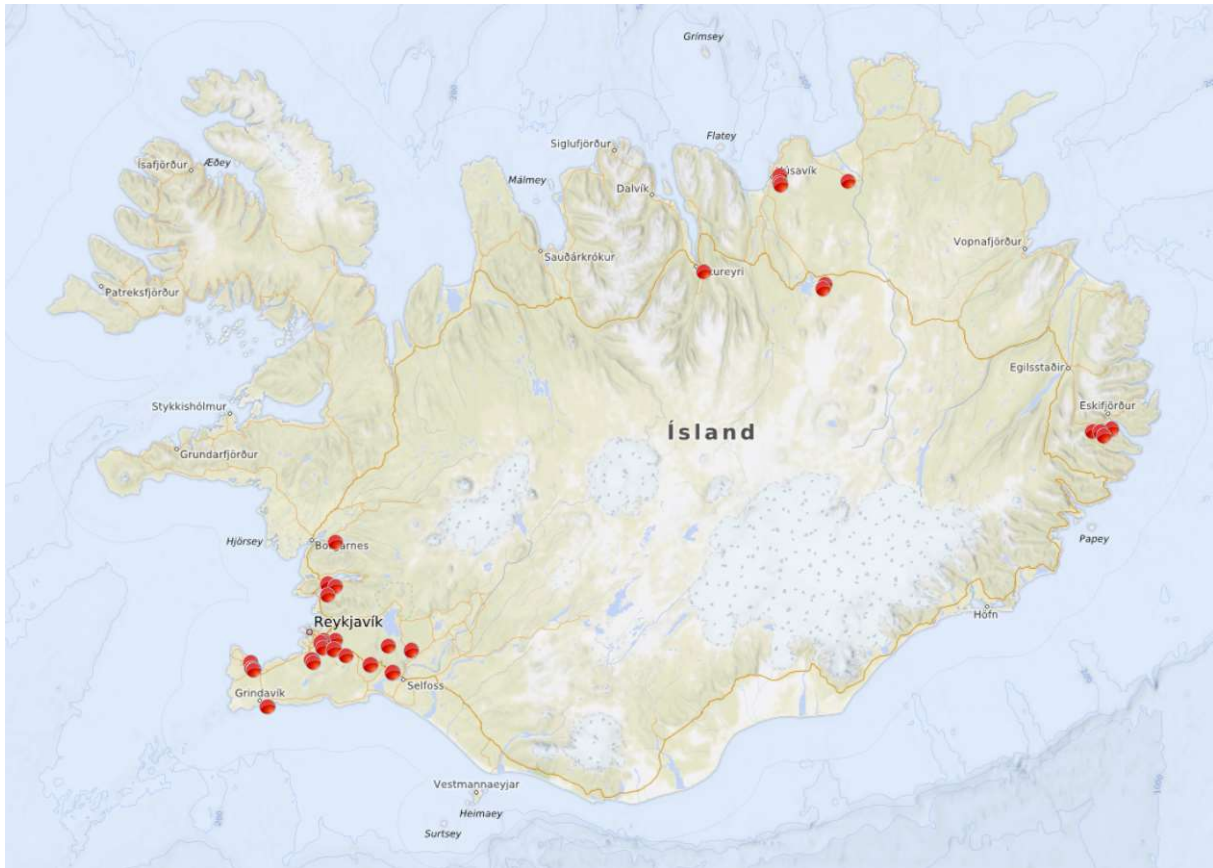
Almennt er mengun af völdum köfnunarefnisoxíða lítið vandamál á Íslandi, en ákveðnir hópar fólks geta orðið fyrir mikilli mengun tímabundið, t.d. fólk sem bíður við hópferðabíla sem eru hafðir í gangi. Sama máli gegnir um starfsmenn sumra kyrrstæðra vinnuvéla eins og körfubíla sem eru í gangi á sama stað allan daginn.

Óson (O_3)

Óson (O_3) finnst bæði í heiðhvolfinu í 10-50 kílómetra hæð þar sem það veitir mikilvæga vörn fyrir útfjólubláu ljósi frá sólinni og í veðrahvolfinu nærri yfirborði jarðar þar sem það getur haft slæm áhrif á heilsu manna, gróður og ræktun nytjajurta. Óson í heiðhvolfinu myndast við efnahvörf súrefnis fyrir tilstilli sólarljóss og berst hluti þess úr heiðhvolfinu niður í veðrahvolfið. Talið er að um 10% ósons við yfirborð jarðar komi úr heiðhvolfinu (Stevenson D. S. o.fl., 2006). Megnið af ósoni nærri yfirborði jarðar myndast hins vegar af mannavöldum, við efnahvörf þar sem köfnunarefnisoxíð, rokgjörn lífræn efnasambönd og kolmónoxíð gegna lykilhlutverki. Í þéttbýli á Íslandi er styrkur ósons oft lægri en úti á landsbyggðinni vegna þess að köfnunarefnisoxíð, sem bílar losa frá sér, hvarfast hratt við óson og myndar NO_2 . Eins og víða við strendur NA-Atlantshafs er styrkur ósons í andrúmslofti á Íslandi hæstur frá mars til maí.

Vöktun loftmengunar á Íslandi

Heildarfjöldi mælistöðva á Íslandi í lok árs 2016 var 36 (6. mynd), þar af eru fjórar í eigu Umhverfisstofnunar. Aðrar eru í eigu sveitarfélaga eða starfsleyfishafa þar sem fram kemur að vöktun loftgæða þurfi að fara fram (sjá 4. töflu í kaflanum „I. viðauki – Rekstraraðilar“). Stöðvar Umhverfisstofnunar eru staðsettir á Grensásvegi, í Fjölskýldu- og húsdýragarðinum, á Hvaleyrarholti við Golfklúbbinn Keili (í eigu Umhverfisstofnunar og Rio Tinto) og á Akureyri við Tryggvabraut en Akureyrarbær rekur þá stöð í samvinnu með Umhverfisstofnun. Til viðbótar eru nokkrar færanlegar mælistöðvar í eigu Umhverfisstofnunar.



6. mynd. Íslandskort með staðsetningu virkra loftgæðamælistöðva í lok árs 2016.

Loftgæði utandryra hafa verið mæld reglulega í Reykjavík frá árinu 1986 og á undanförunum árum hefur vöktun á loftgæðum stóraukist með auknum fjölda mælistöðva og þeirra efna sem mæld eru. Í október 2016 tók gildi reglugerð nr. 920/2016 sem fjallar m.a. um brennisteinsdíoxíð (SO_2), köfnunarefnisdíoxíð (NO_2) og köfnunarefnisoxíð (NO_x), kolsýring (CO) og svifryk í andrúmsloftinu, styrk ósons (O_3) við yfirborð jarðar og um upplýsingar til almennings. Reglugerðin leysti af hólmi tvær eldri reglugerðir⁴. Til viðbótar gilda einnig reglugerð nr. 514/2010 um styrk brennisteinsvetnis (H_2S) í andrúmslofti og reglugerð nr. 410/2008 um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkell og fjölhringa arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti. Í þessum reglugerðum eru sett mörk fyrir skilgreind loftmengunarefni ásamt því að settar eru fram samræmdar leiðbeiningar um mælingar á styrk þeirra. Tilgreind mörk þessara reglugerða, að undanskilinni reglugerð um styrk H_2S í andrúmslofti, eru í Evrópska efnahagssvæðinu. Alþjóða heilbrigðismálastofnun (WHO) leggur til að heilsuverndarmörk fyrir sólarhringsstyrk H_2S sé $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en árið 2010 voru íslensku heilsuverndarmörk skilgreind sem

⁴ Reglugerð nr. 251/2002 um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings, með síðari breytingum og reglugerð nr. 745/2003 um styrk ósons við yfirborð jarðar.

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og ekki má fara oftar en 3 sinnum yfir þau mörk á ári hverju. Í 3. töflu má sjá íslensk heilsuverndarmörk fyrir helstu loftmengunarefni sem eru mæld á Íslandi samkvæmt framangreindum reglugerðum. samræmi við mörk Evrópureglugerða^{5,6}. Ekki er til samræmd löggjöf fyrir styrk H_2S í andrúmslofti á

3. tafla. Heilsuverndarmörk helstu loftmengunarefna á Íslandi skv. íslenskum reglugerðum.

Loftmengunarefni	Tími mælinga	Heilsuverndarmörk	Fjöldi skipta sem má fara yfir skilgreind mörk
PM ₁₀	Sólarhringsmeðaltal	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35
PM ₁₀	Ársmeðaltal	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
PM _{2,5}	Ársmeðaltal	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
NO ₂	Klukkustundarmeðaltal	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18
NO ₂	Sólarhringsmeðaltal	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7
NO ₂	Ársmeðaltal	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
O ₃	Hæsta 8-klst. hlaupandi meðaltal	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0
SO ₂	Klukkustundarmeðaltal	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24
SO ₂	Sólarhringsmeðaltal	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3
H ₂ S	Hlaupandi 24-klst. meðaltal	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3
H ₂ S	Ársmeðaltal	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Blý	Ársmeðaltal	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Arsen	Ársmeðaltal	6 ng/m ³	-
Kadmíum	Ársmeðaltal	5 ng/m ³	-
Nikkel	Ársmeðaltal	20 ng/m ³	-
Bensó[a]pýren	Ársmeðaltal	1 ng/m ³	-

⁵ Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins 2008/50/EB frá 21. maí 2008 um gæði andrúmslofts og hreinna lofts í Evrópu

⁶ Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins nr. 2004/107/EC frá 15. desember 2004 um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkell og fjölhringa, arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti.

Heimildir

Bryndís Skúladóttir, Arngrímur Thorlacius, Hermann Þórðarson, Guðmundur G. Bjarnason, & Steinar

Larssen. (2003). *Samsetning svifryksmengunar í Reykjavík*. Iðntæknistofnun. Sótt af

[http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Svifryk/\\$file/Svifryk.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Svifryk/$file/Svifryk.pdf)

Orkuveita Reykjavíkur. (2016). *Umhverfisskýrsla OR 2016*. Reykjavík: Orkuveita Reykjavíkur. Sótt af

https://www.or.is/sites/or.is/files/umhverfisskyrsla_or_2016.pdf

Páll Höskuldsson. (2013). *Svifryk í Reykjavík*. Reykjavík: Efla verkfræðistofa. Sótt af

[http://www.vegagerdin.is/Vefur2.nsf/Files/Samsetning_svifryks_Rvk/\\$file/Samsetning%20svifryks%20C3%AD%20Reykjav%20C3%ADk.pdf](http://www.vegagerdin.is/Vefur2.nsf/Files/Samsetning_svifryks_Rvk/$file/Samsetning%20svifryks%20C3%AD%20Reykjav%20C3%ADk.pdf)

Páll Höskuldsson, & Arngrímur Thorlacius. (2017). *Uppruni svifryks í Reykjavík - Rannsóknarverkefni*

Vegagerðarinnar 2015 (Rannsóknarskýrsla No. 01/27). Efla verkfræðistofa. Sótt af

[http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/uppruni_svifryks_i_reykjavik/\\$file/Uppruni%20svifryks%20C3%AD%20Reykjav%20C3%ADk.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/uppruni_svifryks_i_reykjavik/$file/Uppruni%20svifryks%20C3%AD%20Reykjav%20C3%ADk.pdf)

Sigurjón Þórðarson. (2017, febrúar 23). Frumdrög að áætlun um loftgæði á Íslandi.

Stevenson D. S., Dentener F. J., Schultz M. G., Ellingsen K., van Noije T. P. C., Wild O., ... Szopa S.

(2006). Multimodel ensemble simulations of present-day and near-future tropospheric ozone. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 111(D8).

<https://doi.org/10.1029/2005JD006338>

Umhverfisstofnun Evrópu (EEA). (2005). EEA Core Set of Indicators. Guide. EEA Technical report No

1/2005. Sótt af http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2005_1

Umhverfisstofnun Evrópu (EEA). (2017). *Air quality in Europe — 2017 report* (Publication No.

13/2017). Lúxemborg: Umhverfisstofnun Evrópu. Sótt af

<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>

I. viðauki – Rekstraraðilar

4. tafla. Yfirlit yfir loftgæðamælistöðvar og rekstraraðila í lok árs 2016.

Mælistöð	Rekstraraðili	Landssvæði
Reyðarfjörður Hjallaleyra stöð 1	Alcoa Fjarðaál	Austurland
Reyðarfjörður Ljósá stöð 2	Alcoa Fjarðaál	Austurland
Reyðarfjörður Hólmar stöð 3	Alcoa Fjarðaál	Austurland
Reyðarfjörður Miðstrandareyri stöð 4	Alcoa Fjarðaál	Austurland
Akureyri Tryggvabraut (Strandgötu frá 2018)	Umhverfisstofnun	Norðurland eystra
Borgarnes Hvanneyri	Umhverfisstofnun	Vesturland
Hafnarfjörður Hvaleyrarholt	Umhverfisstofnun	Höfuðborgarsvæðið
Reykjanes Heiðarskóli (Kerra)	Umhverfisstofnun	Suðurnes
Reykjavík Grensásvegur	Umhverfisstofnun	Höfuðborgarsvæðið
Reykjavík Húsdýragarður	Umhverfisstofnun	Höfuðborgarsvæðið
Reykjavík Keldnaholt	Umhverfisstofnun	Höfuðborgarsvæðið
Hafnarfjörður Norðurhella	Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis	Höfuðborgarsvæðið
Kópavogur Dalsmári	Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis	Höfuðborgarsvæðið
Grindavík Nesvegur	HS Orka	Suðurnes
Húsavík skíðaskáli	Landsvirkjun	Norðurland eystra
Kelduhverfi Eyvindarstaðir	Landsvirkjun	Norðurland eystra
Mývatn Reykjahlíð Grunnskóli	Landsvirkjun	Norðurland eystra
Mývatn Vogar	Landsvirkjun	Norðurland eystra
Þeystareykjarvirkjun	Landsvirkjun	Norðurland eystra
Grundartangi Gröf	Norðurál (Century Aluminium)	Vesturland
Grundartangi Kríuvárða	Norðurál (Century Aluminium)	Vesturland
Grundartangi Stekkjarás	Norðurál (Century Aluminium)	Vesturland
Hveragerði Leikskólinn Óskaland	Orkuveita Reykjavíkur	Suðurland
Kópavogur Lækjarbotnar Waldorfskóli	Orkuveita Reykjavíkur	Höfuðborgarsvæðið
Reykjavík Norðlingaholt	Orkuveita Reykjavíkur	Höfuðborgarsvæðið
Hellisheiðarvirkjun	Orkuveita Reykjavíkur	Suðurland
Nesjavellir	Orkuveita Reykjavíkur	Suðurland
PCC norður	PCC BakkiSilicon hf.	Norðurland eystra
PCC suður	PCC BakkiSilicon hf.	Norðurland eystra
Reykjanes Hólmeigsbraut	Sameinað Sílikon hf.	Suðurnes
Reykjanes Leiran	Sameinað Sílikon hf.	Suðurnes
Reykjanes Mánagrund	Sameinað Sílikon hf.	Suðurnes
Reykjavík Veðurstofan	Veðurstofa Íslands	Höfuðborgarsvæðið
Selfoss Írafoss	Veðurstofa Íslands	Suðurland

