

Hreint loft, betri heilsa

Umfjöllun um loftgæði og heilsufar á Íslandi
ásamt tillögum til úrbóta

Apríl 2013

*Stefán Einarsson
Valgerður Gunnarsdóttir
Árný Sigurðardóttir
Guðrún Pétursdóttir
Hafsteinn Viðar Jensson
Lilja Sigrún Jónsdóttir
Sigurður Þór Sigurðarson
Þorsteinn Jóhannsson*



VELFERÐARRÁÐUNEYTIÐ
UMHVERFIS- OG AUÐLINDARÁÐUNEYTIÐ

Umhverfis- og auðlindaráðuneytið / velferðarráðuneytið: Hreint loft, betri heilsa
Apríl 2013

Útgefandi: Umhverfis- og auðlindaráðuneytið / velferðarráðuneytið
Skuggasundi 1 / Hafnarhúsinu við Tryggvagötu
150 Reykjavík
Sími: 545 8600 / 545 8100
Netfang: postur@uar.is / postur@vel.is
Veffang: umhverfisraduneyti.is / velferðarraduneyti.is

Umbrot og textavinnsla: Umhverfis- og auðlindaráðuneytið / velferðarráðuneytið

© 2013 Umhverfis- og auðlindaráðuneytið / velferðarráðuneytið

ISBN 978-9979-799-64-1

Efnisyfirlit

Formáli.....	5
1 Útdráttur og tillögur.....	7
1.1 Vöktun og eftirlit.....	9
1.2 Reykingar.....	10
1.3 Svifryk.....	11
1.4 Ofnæmisvaldar.....	13
1.5 Raki og myglusveppir.....	15
1.6 Brennisteinsvetni (H ₂ S).....	16
1.7 Brennisteinsdíoxíð (SO ₂).....	17
1.8 Köfnunarefnisoxíð (NO _x).....	17
1.9 Óson (O ₃).....	18
1.10 Koldíoxíð (CO ₂).....	18
1.11 Kolmónoxíð (CO).....	19
1.12 Þrávirk lífræn efni - díoxín, dibensofuran og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH).....	19
1.13 Lyktarmengun.....	20
1.14 Klóramín- og tríhalómetan-efni.....	21
1.15 Formaldehýð.....	21
1.16 Bensen.....	22
1.17 Radon.....	22
1.18 Hermannaveiki.....	23
1.19 Umhverfis- og heilsuvísar.....	23
1.20 Lög, reglugerðir og alþjóðlegir samningar.....	24
2 Mengunarvaldar.....	24
2.1 Vöktun og eftirlit.....	24
2.2 Reykingar og óbeinar tóbaksreykingar.....	27
2.3 Svifryk.....	32
2.4 Ofnæmisvaldar.....	43
2.5 Raki og myglusveppir.....	48
2.6 Brennisteinsvetni (H ₂ S).....	52
2.7 Brennisteinsdíoxíð (SO ₂).....	57
2.8 Köfnunarefnisoxíð (NO _x).....	59
2.9 Óson (O ₃).....	62
2.10 Koldíoxíð (CO ₂).....	67
2.11 Kolmónoxíð (CO).....	68
2.12 Díoxín, dibensofuran og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH).....	69
2.13 Lyktarmengun.....	74

2.14	Klóramín- og tríhalómetan-efni.....	76
2.15	Formaldehýð.....	78
2.16	Bensen	79
2.17	Radon	81
2.18	Hermannaveiki.....	82
2.19	Umhverfis- og heilsuvísar	82
2.20	Lög, reglugerðir og alþjóðlegir samningar	90
	Heimildir.....	96
	Ljósmyndir	105

Formáli



Loftmengun er fylgifyskur aukins mannfjölda og þéttbýlismyndunar á jörðinni og er hættuleg heilsu og lífsgæðum, einkum þeirra sem þjást af sjúkdómum í öndunarfærum eða hjarta og æðum. Loftmengun dregur úr lífslíkum manna og eru börn sérstaklega viðkvæm, því mengað loft getur valdið öndunarfærasjúkdómum hjá börnum og haft varanleg áhrif á lungnaþroska þeirra.

Alþjóðaheilbrigðisdagurinn 2010 var tileinkaður áhrifum þéttbýlismyndunar á heilbrigði fólks og í tilefni hans stofnuðu Svandís Svavarsdóttir umhverfisráðherra og Álfheiður Ingadóttir heilbrigðisráðherra til samstarfs umhverfisráðuneytis og heilbrigðisráðuneytis um bætt loftgæði og lýðheilsu. Heilbrigðisráðherra skipaði í ágúst 2010 sameiginlegan stýrihóp heilbrigðisráðuneytis (nú velferðarráðuneytis) og umhverfisráðuneytis (nú umhverfis- og auðlindaráðuneytis) til að koma á fót samstarfsvettvangi um loftgæði og lýðheilsu. Stýrihópin skipuðu:

- Stefán Einarsson, fulltrúi umhverfis- og auðlindaráðuneytis, formaður,
- Valgerður Gunnarsdóttir, fulltrúi velferðarráðuneytis, varaformaður,
- Lilja Sigrún Jónsdóttir, fulltrúi Embættis landlæknis,
- Hafsteinn Viðar Jensson, fulltrúi Lýðheilsustöðvar, nú Embættis landlæknis,
- Árný Sigurðardóttir, fulltrúi Umhverfis- og skipulagssviðs Reykjavíkurborgar,
- Guðrún Pétursdóttir, fulltrúi Stofnunar Sæmundar fróða við Háskóla Íslands,
- Sigurður Þór Sigurðarson, fulltrúi SÍBS,
- Þorsteinn Jóhannsson, fulltrúi Umhverfisstofnunar.

Með stýrihópnum starfaði Ingiríður Hanna Þorkelsdóttir, starfsmaður í velferðarráðuneytinu.

Við vinnu stýrihópsins var leitað upplýsinga hjá fjölda sérfræðinga og stofnana og eru þeim færðar bestu þakkir fyrir aðstoðina.

Verkefni stýrihópsins voru:

- Söfnun upplýsinga um loftgæði ásamt mati á áhrifum loftmengunar á heilsu fólks á Íslandi og þá sérstaklega barna og ungmenna. Mat á merkivísnum sem gefa slíkar upplýsingar og þar með möguleika á að geta vaktað hvort tveggja á sýnilegan hátt.
- Að setja fram tímasetta áætlun með mælanlegum skrefum til þess að bæta loftgæði og draga úr áhrifum mengunar á börn.
- Að huga að fræðsluefni fyrir markhópa – sér í lagi fyrir ungbarnavernd, skólakerfið og foreldrafræðslu.

Í þessu riti er fjallað um helstu mengunarvalda lofts bæði inni og úti á Íslandi, magn, heilsufarsáhrif, vöktun og aðgerðir til að stemma stigu við skaðsemi þeirra. Einnig eru settar fram tillögur til úrbóta og mælt með vísnum fyrir loftmengun af ýmsu tagi. Um er að ræða fyrstu heildarúttekt á loftgæðum á Íslandi og hafa höfundar lagt áherslu á að safna öllum tiltækum upplýsingum þar að lútandi og jafnvel unnið þær úr frumgögnum þegar nauðsyn krafði. Gerð er grein fyrir uppruna, eiginleikum og áhrifum loftborinna efna á heilsu. Rakin eru ákvæði laga og reglugerða og alþjóðlegra samninga sem Ísland á aðild að. Þar sem niðurstöður mælinga liggja fyrir eru þær bornar saman við heilsuverndarmörk eða önnur viðmið.

Umhverfis- og heilsuvísar (e. indicators) eru notaðir til þess að fylgjast með ástandi umhverfisins, útsetningu fyrir mengun og áhrifum hennar á heilsu sem og árangri af forvarna- og mótvægisaðgerðum. Gerð er grein fyrir þróun og notkun umhverfis- og heilsuvísa og settar fram tillögur um vísa fyrir loftgæði og heilsu ásamt lista yfir vísa sem þegar eru í notkun.

Ritið skiptist í tvo meginkafla ásamt skrá yfir heimildir. Í fyrri kaflanum eru stuttar samantektir ásamt tillögum sem hópurinn leggur fram. Samantektirnar eru útdráttur úr ítarlegri umfjöllun í seinni kaflanum þar sem einnig er getið heimilda. Í lok ritsins er heildarskrá yfir heimildir.

Það er von höfunda að þetta rit, sem er fyrsta heildstæða umfjöllunin um loftmengun á Íslandi, megi nýtast öllum þeim sem láta sig loftgæði og lýðheilsu varða.

1 Útdráttur og tillögur

Í þessum kafla er fjallað um uppsprettur og heilsufarsáhrif loftmengunar, vöktun og eftirlit. Síðan er stutt ágríp um hvern mengunarvald sem byggir á ítarlegri umfjöllun í 2. kafla þar sem getið er heimilda. Hverju ágrípi fylgja tillögur til úrbóta.

Inngangur

Andrúmsloft utandyra á Íslandi er almennt hreint og lítt mengað, þótt töluverður munur geti verið á þéttbýli og dreifbýli og aðstæðum hverju sinni. Loftgæði bötundu 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 framkvæmda ýmiss konar. Á mótí 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



Kolareykur yfir Þinghóltunum á fyrrihluta síðustu aldar

vinnuverndarlöggjöf og ákvæðum í umhverfislöggjöf. Almennungur er betur að sér en áður um mikilvægi heilnæms andrúmslofts og stjórnvöldum er ljós nauðsyn þess að hafa eftirlit með mengandi starfsemi, vakta loftgæði og tryggja þau með viðeigandi aðgerðum og að upplýsa almenning um þessi málefni.

Árið 2010 var samþykkt Parmayfirlýsingin á fundi ráðherra umhverfis- og heilbrigðismála Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar þar sem áhersla er lögð á að vernda heilsu barna gegn skaðlegum umhverfisáhrifum. Sama ár ákváðu heilbrigðis- og umhverfisráðherrar Íslands, í tilefni af Alþjóðaheilbrigðisdeginum, að láta safna upplýsingum um loftgæði og meta áhrif loftmengunar á heilsu fólks á Íslandi, einkum barna og ungmenna. Börn þola loftmengun verr en fullorðnir og eiga erfðara með að koma sér undan henni. Því er brýnt að huga sérstaklega að loftgæðum í umhverfi barna.

Vöktun á loftgæðum hér á landi hefur eflst með árunum og hefur fjölgað bæði mælistöðum og þeim efnum sem mæld eru. Loftgæði utandyra hafa verið mæld reglulega í Reykjavík síðan 1986. Í þessari úttekt eru m.a. sýndar niðurstöður mælinga á svifryki, brennisteinsdíoxíði, köfnunarefnisoxíðum og kolmónoxíði við Grensásveg frá árinu 1994, sem er lengsta samfellda loftgæðaeftirlitið á Íslandi. Gerð er grein fyrir niðurstöðum mælinga á brennisteinsvetni á Reykjavíkursvæðinu, Hveragerði, Hvalfirði, Hellisheiði og Reykjahlíð í Mývatnssveit. Niðurstöður ósonmælinga frá Reykjavík, Vestmannaeyjum og Borgarfirði eru teknar saman í fyrsta sinn og bornar saman við ósonmælingar í nágrennalöndunum. Einnig er fjallað um frjókorn í andrúmslofti, bensen, lyktarmengun og mengun vegna þrávirkra lífrænna efna.

Ástand loftgæða innandyra er ekki jafn vel þekkt og gæði útilofts. Erlendis hefur athyglin beinst í auknum mæli að innlofti, ekki síst þar sem fólk ver mestum tíma ævi sinnar innandyra. Í umfjölluninni um innloft hefur verið leitast við að vekja athygli á sem flestum þáttum sem gætu haft áhrif á heilsu og er vísað til erlendra rannsókna þar sem innlendar

rannsóknir skortir. Hér er fjallað um mengun innandyra vegna óbeinna reykinga, koldíoxíðs, svifryks, kolmónoxíðs, formaldehýðs, bensens og radons. Einnig er fjallað um myglu í húsum, ofnæmi vegna gæludýra, hermannaveiki, klóramín og tríhalómetan-efni. Í tillögum hópsins er lögð áhersla á rannsóknir á innlofti á Íslandi til að hægt sé að álykta um ástand og heilsufarsáhrif vegna þess.

Uppsprettur og heilsufarsáhrif loftmengunar

Einstaklingar eru misnæmir fyrir loftmengun og eru börn viðkvæmari fyrir henni en fullorðnir. Lungu barna eru ekki fullþroskuð og er loftmengun meðal annars talin geta haft skaðleg áhrif á lungnaþroska. Börn hreyfa sig meira og anda hlutfallslega meira lofti að sér miðað við líkamspunga en fullorðnir. Mengun frá umferð er einnig meiri í öndunarhæð barna en fullorðinna. Því þarf sérstaklega að huga að börnum og dvalarstöðum þeirra þegar fjallað er um loftmengun, bæði innandyra og utan. Einnig þarf að hanna og skipuleggja dvalarstaði barna, s.s. skóla og leikskóla með tilliti til þessa.

Íslensk börn og ungmenni eru almennt við góða heilsu og sambærilega og jafnaldrar þeirra í nágrannalöndunum. Á Íslandi hefur ungbarnadauði verið lægstur í heimi um árabíl, eftirlit með heilsu barna er gott og bólusetningar vel nýttar. Þróun sjúkdómatíðni er þó ekki vöktuð með reglubundnum hætti hér á landi og er því erfitt að fylgjast grannt með breytingum og mæla samspil sjúkdóma og annarra þátta, t.d. loftgæða. Þátttaka í alþjóðlegum rannsóknum gefur þó gagnlegar samanburðartölur.

Áhrifum loftmengunar á heilsu má skipta annars vegar í bein heilsufarsleg áhrif þar sem loftmengunin veldur sjúkdómum eða kvillum og hins vegar óbein áhrif þar sem loftmengunin eykur undirliggjandi sjúkdóm eða líkur á að viðkomandi veikist. Bein heilsufarsleg áhrif mengunar á öndunarfæri geta verið mikil. Yfirborð lungna er stórt og efni sem berast niður í öndunarveginn geta haft töluverð skaðleg áhrif. Mikið blóðflæði er um lungun og efni og efnasambönd sem berast niður í smæstu einingar lungna geta borist út í blóðið og um líkamann. Áhrif mengunar í andrúmslofti eru því alls ekki einangruð við lungu og öndunarfæri heldur geta náð um allan líkamann. Óbein áhrif loftmengunar eru veruleg, ekki síst á fólk með langvinna sjúkdóma í öndunarfærum, s.s. astma og langvinna lungnateppu. Innlögnum vegna lungnateppu og astma fjölga eftir því sem mengun er meiri.

Mengunarvaldar eru af mörgu tagi, náttúrulegir eða manngerðir, innanhúss og utan. Á Íslandi hafa heilsufarsleg áhrif loftmengunar lítt verið rannsökuð og dánartíðni vegna loftmengunar er ekki þekkt enda erfiðleikum bundið að rannsaka slíkt vegna þess hve fáir búa hér á landi, en oft þarf meiri fjölda til að geta greint orsakasamband með óbyggjandi hætti. Íslensk rannsókn hefur þó sýnt að notkun bæði innöndunarfylfja og hjartalylfja eykst marktækt eftir mikla loftmengun. Þessum rannsóknum þarf að fylgja betur eftir og kanna tengsl loftmengunar við tíðni innlagna eða fjölgun sjúkdómstíffella.

Mengun innanhúss vegur þungt hér á landi í ljósi þess hve stórum hluta ævinnar Íslendingar eyða innandyra, hvort sem er á heimilum, vinnustöðum eða annars staðar. Sérstaklega þarf að huga að loftgæðum í vistarverum barna og viðkvæmra einstaklinga, t.d. í leikskólum, skólum og sjúkrastofnunum. Hönnuðir og umráðamenn slíks húsnæðis þurfa að vera vel meðvitaðir um áhrif loftgæða á líðan og heilsu, og sjá til þess að ákvæði í reglugerðum séu uppfyllt.

Mikilvægt er að þrifa húsnæði m.t.t. notkunar og loftræsta vel með því að opna glugga eða nota fullnægjandi loftræstikerfi. Ef þetta er ekki gert safnast mengandi efni fyrir, sem geta valdið skaða, t.d. aukið hættu á að loftborið smit berist á milli manna. Eins getur raki í

húsnæði orðið of mikill ef loftræsting er ónóg eða önnur umgengni, viðhald og byggingarmáti ekki í lagi og getur það valdið myglu og sveppagróðri með tilheyrandi óþægindum.

Í töflu 1 má sjá helstu mengunarvalda lofta, bæði innanhúss og utan.

Tafla 1. Uppruni helstu mengunarvalda lofta innanhúss og utan.

Mengunarefni	Uppruni
Tóbaksreykur	Reykingar
Svifryk	Gatnaslit, útblástur bíla, byggingarframkvæmdir, uppblástur, selta, sandfok, eldgos, aðbúnaður innanhúss og ónóg þríf
Ofnæmisvaldar	Gróður, dýr, efnanotkun
Myglugró og gerlaleifar	Mygla og gerlagróður vegna raka í húsnæði. Smitnæm efni í lofti vegna óþrifa og ófullnægjandi loftræstingar
Köfnunarefnisoxíð NO _x	Útblástur bíla, skipa og annarra farartækja
Kolmónoxíð CO	Útblástur bíla, ofnar og lampar sem brenna eldsneyti, t.d. gaslampar
Koltvísýringur CO ₂	Frá útöndun manna, ónóg loftræsting
Brennisteinsdíoxíð SO ₂	Iðnaður, bílar og skip
Brennisteinsvetni H ₂ S	Jarðhitavirkjanir, náttúruleg útgufun á hverasvæðum
Díoxín o.fl.	Sorpbrennsla, iðnaður, fiskveiðar, bruni
Formaldehýð	Iðnaður, rannsóknarstofur, byggingarvörur
Lykt	Fjölbreyttar uppsprettur, t.d. iðnaður, jarðhiti, dýrahald, efnavörur, óþríf

1.1 Vöktun og eftirlit

Tilgangurinn með vöktun er að afla upplýsinga um loftgæði til þess að svara tilteknum spurningum og grípa til aðgerða þar sem við á. Við vöktun loftgæða er oftast miðað við heilsufars- og umhverfismörk svo gefa megi út viðvaranir til almennings ef þörf krefur auk þess að fyrirbyggja og bæta ákveðið ástand. Reglubundin vöktun veitir upplýsingar um þróun loftgæða, t.d. hvort aðgerðir til þess að draga úr mengun hafi tilætluð áhrif eða hvernig ákveðnar mengunaruppsprettur hafa áhrif á loftgæði. Vöktun gefur einnig upplýsingar um útsetningu fyrir mengun og möguleika á að meta áhrif hennar á heilsu og umhverfi. Upplýsingar sem fást með vöktun eru nauðsynlegar fyrir yfirvöld sem taka ákvarðanir um áætlanir og viðmið varðandi loftgæði.

Nokkrir aðilar sjá um að mæla loftgæði hér á landi. Umhverfisstofnun ber ábyrgð á að tryggja samræmda framkvæmd mælinga og rekur einnig flestar mælistöðvar. Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur og nokkurra annarra sveitarfélaga hafa mælt loftgæði árum saman, einnig Veðurstofa Íslands sem í samvinnu við Náttúrufræðistofnun Íslands mælir magn frjókorna í lofti. Öll stóriðjufyrirtæki hér á landi bera ábyrgð á vöktun loftgæða í nágrenni sínu. Loftgæði innanhúss eru að mestu leyti á ábyrgð eigenda og notenda húsnæðis, en Vinnueftirlit ríkisins hefur eftirlit með loftgæðum á vinnustöðum og heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga á stöðum þar sem almenningur leitar þjónustu og í búðarhúsnæði. Í kafla 2 er fjallað nánar um mælistaði og þau efni sem mæld eru.

Erlendis hafa sums staðar verið sett upp svokölluð loftgæðastjórnunarkerfi (e. urban air quality management systems). Með því að tengja saman upplýsingar, t.d. um mengun, umferð og veðurfar, má setja upp líkön sem segja fyrir um dreifingu mengunar, t.d. frá umferð í þéttbýli. Þannig má fá ítarlegar upplýsingar í rauntíma og spá fyrir um mengun í ákveðnum bæjarhlutum og jafnvel götum, sem gagnast í sambandi við viðvaranir til almennings. Slíkum kerfum hefur enn ekki verið komið upp hér á landi.

Tillögur

- Sett verði upp loftgæðastjórnunarkerfi (e. urban air quality management systems) þar sem leiddar eru saman ýmiss konar upplýsingar sem nýst geta við stjórn loftgæða, s.s. um svifryk, umferð og veðurfar.
- Upplýsingar um dagleg loftgæði eru birt á heimasíðu Umhverfisstofnunar og fleiri stofnana. Lagt er til að tölulegar niðurstöður vöktunarmælinganna, þ.e. mælingarraðirnar, verði einnig birtar á netinu í excel-skrám eða á öðru heppilegu formi. Með því móti verða töluleg gögn um loftgæði að jafnaði aðgengileg til úrvinnslu fyrir almenning og aðra sem þurfa á þeim að halda.

1.2 Reykingar

Rannsóknir undanfarna áratugi hafa sýnt með óyggjandi hætti að reykingar eru skaðlegar heilsu fólks. Þeir sem reykja eru í stórauðinni hættu á að fá, ekki aðeins lungnakrabbamein, heldur einnig aðrar tegundir krabbameina, hjartasjúkdóma, lungnaþembu og aðra langvinna lungna-sjúkdóma, heilablóðfall og fleiri sjúkdóma.

Áætlað er að tóbaksreykingar leiði árlega til dauða meira en 5 milljón einstaklinga í heiminum, þar af 650.000 í Evrópu, og nýjustu áætlanir Hjartaverndar segja að hér á landi séu það um 200 manns árlega. Þar af leiðir er á heimsvísu tóbaksnotkun helsta orsök dauðsfalla sem hægt er að fyrirbyggja.

Óbeinar reykingar, þ.e. þegar dvalið er í lokuðu rými þar sem aðrir reykja, eru líka skaðlegar heilsu og þess vegna miða tóbaksvarnir einnig að því að verja þá sem ekki reykja fyrir tóbaksreyk annarra.

Nú hafa 175 lönd samþykkt rammisamning Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar um tóbaksvarnir sem Ísland fullgilti árið 2005. Þar er kveðið á um að setja skuli lög og móta reglur sem veiti einstaklingum vernd fyrir skaðlegum áhrifum tóbaksreyks.

Tóbaksvarnaraðgerðir hafa einkum falist í fræðslu, verðstýringu og lagasetningu og hafa skilað góðum árangri. Stöðugt hefur dregið úr reykingum á Íslandi undanfarna áratugi. Tæp 30% landsmanna reyktu daglega árið 1991, en aðeins 14,3% árið 2011. Lítil munur er á reykingum karla og kvenna. Hlutfall þeirra sem reykja lækkar með aukinni menntun og hærri heimilistekjum. Árið 2012 voru birtar niðurstöður um reykingar 15-16 ára ungmenna í Evrópu og kom fram að íslensk ungmenni voru ólíklegust til að hafa reykt, en 9% drengja og 10% stúlkna höfðu reykt sigarettur sl. 30 daga áður en þau svöruðu spurningalistanum. Í endurteknum mælingum meðal nemenda í 10. bekk grunnskóla var hlutfall þeirra sem reykja daglega 23% árið 1998 og hafði lækkað í 3,4% árið 2011.



Mjög hefur dregið úr óbeinum reykingum hér á landi, mest í umhverfi barna. Rannsóknir sýna að foreldrar eru yfirleitt meðvitaðir um áhrif reykinga á heilsufar barna og um rétt þeirra til að alast upp í reyklusu umhverfi.

Tillögur

- Tryggja þarf áframhaldandi fræðslu fyrir börn og unglinga um skaðsemi tóbaksneyslu.
- Lagasetningu og verðstýringu verði áfram beitt til að sporna gegn tóbaksneyslu ungmenna.
- Eftirlit með tóbakssölu verði hert, lagaheimildir styrktar og viðurlögum beitt.
- Vöktun tóbaksneyslu og óbeinna reykinga, m.a. í umhverfi barna, verði haldið áfram með reglulegum mælingum.
- Reglulega (á 5–10 ára fresti) verði rannsakað viðhorf foreldra ungra barna (0–3 ára) til réttar þeirra á reyklusu umhverfi og metið hversu mörg börn búa á heimilum þar sem reykt er.
- Greina þarf hvaða foreldrar útsetja börn sín fyrir tóbaksreyk svo sníða megi foreldrafræðslu sem best að þeim hópi.
- Komið verði á fót skipulagðri meðferð við tóbaksfíkn sem byggir á gagnreyndum aðferðum og tryggir aðgengi á landsvisu, ekki síst ungmenna.
- Verðandi foreldrar og foreldrar ungra barna fái stuðning til að leita meðferðar við tóbaksfíkn.
- Kannaðar verði leiðir til kostnaðarþátttöku, m.a. opinberra aðila, í meðferð við tóbaksfíkn.

1.3 Svifryk

Svifryk er smágerðar agnir sem svífa um í andrúmsloftinu. Svifrykið myndast í náttúr- unni, t.d. við jarðvegsfök, eldgos, skógarelda eða vegna særoks. Af mannavöldum getur svifryk t.d. stafað frá brennslu eldsneytis, iðnaðarstarfsemi og bílaumferð. Agnir sem myndast við slit eða núning eru yfirleitt fremur grófar, t.d. ryk sem myndast við slit á malbiki. Smágerðari agnir verða til við bruna, t.d. sót, eða vegna þess að efni þéttast, t.d. brennisteinn, köfnunarefni og lífræn efni. Svifryk getur líka myndast innandyra vegna ónógra þrifa, vegna óheppilegs vals á efni í húsbúnaði eða vegna skipulagningar og hönnunar sem hentar ekki notkun húsnæðisins.



Skilgreining

Svifryk er flokkað eftir stærð agnanna. Þær sem eru minni en $10\ \mu\text{m}$ ($1\ \mu\text{m} = 1$ míkrometri sem jafngildir einum milljónasta úr metra) í þvermál eru kallaðar PM10 (PM, particulate matter), og það sama á við um PM2.5 og PM1 ryk. Örfínt ryk (UFP, ultra-fine particles) er minna en $0,1\ \mu\text{m}$ í þvermál. Til samanburðar má geta þess að mannshár er um $60\ \mu\text{m}$ í þvermál.

Áhrif á heilsu

Svifryk getur haft margvísleg áhrif á heilsu og líðan. Það hefur verið tengt við nýgengi lungna-, hjarta- og æðasjúkdóma og krabbameins, sem og heildardánartíðni. Svifryk getur verið skaðlegt jafnvel þótt það innihaldi ekki eitruð efni, því tilvist smárra efnisagna í lungum fólks getur skaðað þau. Því smærri sem agnirnar eru þeim mun lengra ná þær niður í lungun.

Samkvæmt reglugerð eru heilsuverndarmörk ársmeðaltals PM10 svifryks utandyra hér á landi $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fyrir hvern sólarhring og er leyfilegt að fara yfir mörkin 7 sinnum á ári. Viðmiðunarmörk ársmeðaltals PM2.5 ryks verða $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ frá ársbyrjun 2015, en lækka síðan í $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ frá og með 2020 samkvæmt tilskipun frá Evrópusambandinu.

Mælingar

Loftmengun á Íslandi var ekki mæld fyrr en álfarið í Straumsvík tók til starfa árið 1969. Í Reykjavík hófust reglulegar mælingar á loftmengun árið 1986 og var fyrstu árin eingöngu mælt svifryk við Miklartorg. Á undanförunum árum hefur svifryk verið mælt á fleiri stöðum í Reykjavík, en þróun loftmengunar hefur fyrst og fremst verið metin með hliðsjón af gögnum frá mælistöðinni við Grensásveg sem á að gefa hugmynd um mestu mengun í borginni samanborett við mælistöðina við Fjölskyldu- og húsdýragarðinn sem á að gefa hugmynd um minnstu mengunina. Rannsókn á uppruna svifryks í Reykjavík 1999-2002 sýndi að um 55% stöfuðu frá malbiki, 25% voru jarðvegur, 11% salt, 7% sót og 2% komu úr bremsuborðum bifreiða.

Þrátt fyrir stóraukna umferð síðan mælingar hófust við Grensásveg árið 1994 hefur dregið verulega úr loftmengun þar og hefur ársmeðaltal svifryks verið undir heilsuverndarmörkum á öllum mælistöðvum undanfarið ár. Meginorsök minni svifryksmengunar er talin vera breytt veðurlag, einkum aukin úrkoma, en einnig hefur dregið úr mengun vegna bílaumferðar.

Minni notkun nagladekkja hefur dregið úr sliti á götum og svifryksmengun, minnkað kostnað við hreinsun gatna, dregið úr umferðarhávaða og eldsneytisnotkun.

Töluverð rykmengun getur fylgt niðurrifi mannvirkja, en draga má úr henni með því að sprauta vatni á byggingar-efni meðan verið er að brjóta niður, flokka brakið og moka því á bíla. Jarðvegur getur borist út í gatnakerfið á dekkjum vörubíla. Sporna má við því með að koma upp vélum sem þvo dekk vörubíla áður en þeir aka út af framkvæmda-svæðum.

Á höfuðborgarsvæðinu er loftmengun að jafnaði meiri á veturna en sumrin og á það einnig við um svifryk. Utan þéttbýlis gætir svifryksmengunar hins vegar einna helst í moldar- eða sandfoki sem eykst er snjóla leysir og jörð nær að þorna. Einnig er ryk frá malarvegum vandamál víða úti á landi, sérstaklega í þurrkum að sumri til.

Við stóriðjusvæðin við Straumsvík, Grundartanga og á Reyðarfirði eru skilgreind svokölluð þynningarsvæði mengunar. Innan þeirra má styrkur ákveðinna efna í andrúmslofti fara yfir viðmiðunarmörk en utan þeirra er það ekki leyft. Ársmeðaltal svifryks á mælistöðvum umhverfis stóriðjusvæðin þrjú hefur reynt vel innan þeirra marka sem sett eru í reglugerð.



Þótt rannsóknir á svifryksmengun innanhúss á Íslandi séu takmarkaðar hafa loftgæði í skólum verið rannsökuð. Þær rannsóknir sýna að algengt er að ryk í skólastofum fari yfir viðmiðunarmörk sem gilda um loft utandyra, þótt töluverður munur sé á milli skóla. Ekki eru til viðmiðunarmörk fyrir svifryk innanhúss.

Tillögur

- Markvisst verði unnið að bættum loftgæðum í skólum og leikskólum.
 - Gerðar verði rannsóknir á samsetningu svifryks og uppruna þess á þessum stöðum.
 - Sett verði heilsufarsmörk mengandi efna í innlofti.
- Lagt er til að rannsökuð verði samsetning og uppruni svifryks á höfuðborgarsvæðinu svo skipuleggja megi betur aðgerðir til að draga úr rykmengun. Með því fæst einnig samanburður við eldri rannsókn sem gerð var á sýnum frá árunum 1992-2002.
- Lagt er til að safnað verði upplýsingum um jarðvegsfok í dreifbýli.
- Lögð er áhersla á að fylgt verði eftir þeim góða árangri sem náðst hefur með fræðslu- og hvatningarstarfi í Reykjavík til þess að draga úr notkun negldra hjólbarða. Lagt er til að sveitarfélögum verði gert kleift að leggja á slitgjald vegna nagladekkja. Lagt er til að tengsl nagladekkjanotkunar og umferðaröryggis verði rannsökuð því að oft er vísað til öryggis vegfarenda í umræðum um notkun nagladekkja.
- Gæði íslensks malbiks verði könnuð með tilliti til svifryksmyndunar. Efldar verði rannsóknir á umhverfisáhrifum malbiks og unnið að þróun þess með öryggi og slitþol í huga.
- Reynt verði að draga úr svifryksmengun með ýmsum aðgerðum, s.s. breytilegum hámarkshraða á völdum götum og takmörkun á umferð.
- Lagt er til að rykbindingu á malbiki verði kerfisbundið beitt víðar en í Reykjavík til þess að draga úr svifrykstoppum. Skýra þarf skyldur veghaldara í þessu sambandi en einnig heimildir heilbrigðisyfirvalda til að kalla eftir aðgerðum vegna rykmengunar frá götum og vegum.
- Fræðsluáttak verði gert til þess að draga úr lausagangi bifreiða, einkum við skóla og íþróttahús.

1.4 Ofnæmisvaldar

Astmi og ofnæmi eru algengir sjúkdómar og fara vaxandi meðal íslenskra barna. Rannsóknir benda til að allt að 30% barna séu næm fyrir frjókornum. Algengustu ofnæmisvaldar meðal barna og ungmenna eru gras, kettir, hundar, hestar og birki. Líkaminn bregst við ofnæmisvaldandi efnum í tveimur þrepum. Fyrst verður næming (e. Sensitization) þar sem líkaminn myndar mótefni og eftir það getur endurtekið áreiti kallað fram ofnæmisviðbrögð.



1.4.1 Frjókorn

Gróðurfar, árstími og veðráttá ráða mestu um fjölda frjókorna í andrúmslofti og geta sveiflur milli ára verið töluverðar. Hægt er að draga úr frjómagni í þéttbýli með gróðurvali og rétttri umhirðu gróinna svæða.

Náttúrufræðistofnun Íslands sinnir frjómælingum í Reykjavík og á Akureyri í samstarfi við Veðurstofu Íslands og eru niðurstöður birtar jafnharðan í textavarpri og á heimasíðu Náttúrufræðistofnunar.

Mælieiningin frjótala er mælikvarði á fjölda frjókorna í einum rúmmetra á sólarhring. Við frjótöluna 10 finnur fólk með ofnæmi fyrir verulegum óþægindum. Hámark frjókorna á hverjum tíma er breytilegt eftir gróðurtegundum og hefur heildarmagn þeirra í Reykjavík farið vaxandi á undanförunum árum.

Tillögur

- Gripið verði til aðgerða til þess að draga úr magni frjókorna í andrúmslofti í þéttbýli með því að:
 - Grasflatir séu slegnar áður en blóm ná að þroskast. Tegund grass sé valin með tilliti til ofnæmisvalda.
 - Hugað verði að vali á plöntum í nágrenni skóla, leikskóla og annarra dvalarstaða barna utandyra með það fyrir augum að forðast þekkta ofnæmisvalda.
 - Útbúið verði fræðsluefni um val á plöntum og umhirðu grasflata sem yrði í boði á gróðrarstöðvum og öðrum stöðum þar sem plöntur eru seldar. Mikilvægt er að garðyrkjufraeðingar og landslagsarkitektar séu vel meðvitaðir um þessi mál.
- Miðlun upplýsinga um magn frjókorna í lofti verði bætt, t.d. með því að tengja fréttir um það við veðurlýsingar. Einnig mætti senda þeim sem þess óska frjókornaspár með smáskilaboðum eða í tölvupósti.
- Spálíkan verði notað til að spá um dreifingu og magn frjókorna. Mælistöðum verði fjölgað ef þörf þykir. Birt verði kort sem sýnir spá um magn frjókorna næstu 48 klukkustundirnar. Slíkt hefur verið gert í Danmörku í samstarfi astma- og ofnæmissamtakanna og veðurstofunnar. Sjá: www.pollenprognoser.dk.

1.4.2 Gæludýr

Margir hafa ofnæmi fyrir gæludýrum, sérstaklega köttum. Ofnæmisvaldar frá gæludýrum fylgja próteini í húðflögum þeirra, munnvatni, þvagi og saur. Um er að ræða smáar agnir sem þyrlast auðveldlega upp. Áreitið er mest á dvalarstað dýranna, en rannsóknirnar sýna að ofnæmis-valdarnir berast auðveldlega um, t.d. með fólk, þar á meðal á staði þar sem gæludýr hafa aldrei komið.



Ekkert verður fullyrt um fjölda gæludýra hér á landi því að ekki er skylt að skrá önnur gæludýr en hunda og ketti í vissum sveitarfélögum. Samkvæmt skráum fjölgaði hundum um 75% milli 2004 og 2010. Innflutningur á gæludýrafóðri gefur góða vísbendingu um fjölda gæludýra, en hann jókst um 74% milli 2000 og 2010.

Í reglugerð um hollustuhætti er m.a. tilgreint að óheimilt er að hleypa dýrum inn á heilbrigðisstofnanir, gististaði, veitingastaði, snyrtistofur, heilsuræktarstöðvar og samkomuhús. Um heimildir til að halda gæludýr í heimahúsum er vísað til samþykka einstakra sveitarfélaga. Í þeim koma fram þær takmarkanir sem gæludýrahaldi eru settar.

Tillögur

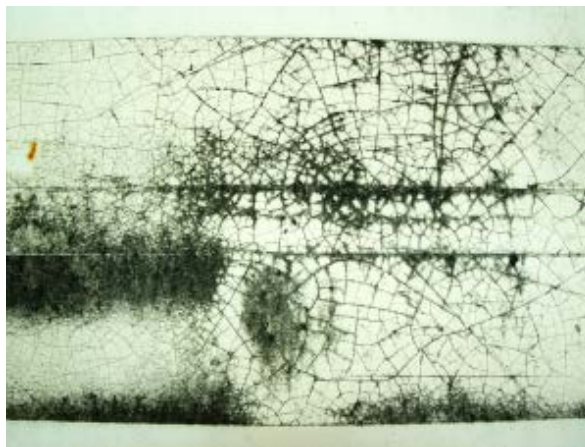
- Samdar verði leiðbeiningar fyrir skóla og leikskóla um hvernig draga megi úr álagi vegna ofnæmisvaldandi efna og hvernig megi veita viðkvæmum einstaklingum vernd.
- Sveitarfélög setji ítarlegri reglur um gæludýrahald þar sem líklegt er að það geti valdið óþægindum, t.d. með ákvæðum um hámarksfjölda gæludýra á heimilum og skráningu þeirra. Hugað sé að því hvort styrkja þurfi úrræði eftirlitsaðila til að grípa inn í þegar ekki er farið að reglum.
- Lög um fjöleignarhús nr. 26/1994 verði bætt þannig að ákvæði um hunda- og kattahald í fjöleignarhúsum verði skýrari.

1.5 Raki og myglusveppir

Myglusveppir eru þekktir fylgifyskar raka og finnast hvarvetna í umhverfinu, í jarðvegi, vatni, lofti og gróðri. Myglusveppir fjölga sér með því að mynda gró af sömu stærð og fint svifryk og berast auðveldlega inn í hús. Venjulega er um sömu sveppi að ræða innan- og utanhúss. Í raka vaxa sveppir vel, geta breiðst hratt út og skapað vandamál sé ekki brugðist við.

Rakavandamál í húsum geta stafað af leka eða röku lofti sem nær að þéttast. Fyrir þessu geta verið ýmsar ástæður eins og lélegt viðhald, byggingargallar og umgengni. Þegar vart verður raka þarf húsráðandi að bregðast við með því að lagfæra skemmdir og fyrirbyggja áframhaldandi raka með því að komast fyrir orsökina.

Samkvæmt könnun sem gerð var í Reykjavík töldu húsráðendur sig búa við rakavandamál á 23% heimila. Í árlegri könnun Hagstofu Evrópusambandsins hefur komið í ljós að hlutfall íbúa landsins sem bjó við lekt þak, raka vegg, raka í gólfi eða fúa í gluggum eða gólfi var á bilinu 11-20% árin 2005-2010. Þetta er mun algengara en annars staðar á Norðurlöndunum þar sem tíðni raka í húsum lá á bilinu 5-8%. Þessar kannanir gefa hugmynd um útbreiðslu raka og myglu í húsum en afla þyrfti betri upplýsinga með frekari rannsóknum.



Vegna smæðar eiga myglusveppagró greiða leið niður í öndunarfærin. Þótt ekki hafi tekist að sýna bein orsakatengsl milli heilsubreysts og raka og myglu innandyra eru nægileg faraldsfræðileg gögn sem sýna tengsl raka og myglu við þróun astma, sýkinga í öndunarfærum, einkenna í efri hluta öndunarvegans, hósta og mæði.

Þar sem ekki eru til gildar aðferðir til að mæla útsetningu fyrir mengun vegna myglusveppa og annarra örvera innanhúss verður ekkert sagt með vissu um tengsl raka í húsum við heilsufarsvandamál en það torveldar gerð áhættumats. Áriðandi er að þeir sem meta húsnæði með tilliti til raka og myglu hafi til þess góða faglega þekkingu.

Tillögur

- Rannsókuð verði útbreiðsla og ástæður raka og myglu í húsum hér á landi, og byggt bæði á könnun meðal húsráðenda og skoðun fagmanna.
- Greindir verði byggingarþættir sem helst valda raka og leka, unnið að hönnunarleiðbeiningum og settar strangari kröfur um eftirlit með frágangi þeirra á byggingarstigi áður en húsnæði er tekið í notkun.
- Fylgst verði með þróun aðferða til að meta mengun vegna myglusveppa í húsum.
- Útbúnað verði leiðbeiningar og haldin námskeið fyrir fagmenn í byggingariðnaði um áhættuþætti raka og myglu í húsum.
- Útbúnað verði leiðbeiningar og námskeið um skoðun og úttekt á leka og myglu í húsum.
- Útbúið verði fræðsluefni fyrir húseigendur með upplýsingum um samspil mögulegra áhrifaþátta og leiðbeiningum um góða umgengni.
- Útbúið verði fræðsluefni fyrir heilbrigðisstarfsmenn.

1.6 Brennisteinsvetni (H_2S)

Brennisteinsvetni, H_2S , er litlaus lofttegund sem losnar úr jarðlögum á jarðhitasvæðum og myndast við rotnun lífrænna leifa bæði plantna og dýra. Það er þyngra en loft og getur því safnast fyrir í kjöllumurum og lautum. Dæmigerðar náttúrulegar uppsprettur brennisteinsvetnis eru hverir, eldfjöll og mýrasvæði, en losun frá iðnaði tengist m.a. jarðvarmavirkjunum, olíuhreinsistöðvum, skólphreinsistöðvum, pappírframleiðslu og efnaiðnaði. Af brennisteinsvetni er sterk og einkennandi lykt - hveralykt.

Brennisteinsvetni er óstöðugt í andrúmslofti vegna þess að það hvarfast við súrefni og breytist í nokkrum þrepum í brennisteinssýru. Náttúrulegt útstreymi brennisteinsvetnis frá jarðhitasvæðum á Íslandi hefur verið áætlað um 5100 tonn á ári en losun brennisteinsvetnis frá jarðhitavirkjunum nam um 34.000 tonnum árið 2011 eða tæplega sjöföldu náttúrulegu útstreymi efnisins hér á landi.

Bráð eitrunaráhrif brennisteinsvetnis við háan styrk eru vel þekkt, en það hindrar súrefnisupptöku í frumum líkamans og getur verið banvænt í háum styrk. Þótt greina megi lykt af brennisteinsvetni í lágum styrk á það ekki við þegar styrkurinn er mjög mikill því að þá lamar það lyktarskynið. Við þessar aðstæður áttar fólk sig því ekki á yfirvofandi hættu sem jafnvel getur ógnað lífi þess. Í lágum styrk er brennisteinsvetni ertandi og veldur óþægindum vegna ólyktar, en eftir því sem styrkleiki í umhverfi vex verða eitrunaráhrif meiri. Hér á landi er styrkur brennisteinsvetnis í andrúmslofti yfirleitt það lágur að bráðra heilsufarsáhrifa er ekki að vænta þó að starfsfólk og einstaklingar í námunda við háhitavirkjanir geti verið útsett. Nýleg rannsókn gefur vísbendingu um samband milli brennisteinsvetnis og notkunar lyfja við öndunarfarerásjúkdóma í Reykjavík, en þörf er frekari rannsókna á heilsufarsáhrifum brennisteinsvetnis í andrúmslofti í lágum styrk. Ekki liggur heldur fyrir mat á áhrifum slíkrar mengunar á viðkvæman búnað og muni en þekkt er að brennisteinsvetni veldur tæringu málma, einkum silfurs, kopars og járns.



Í reglugerð um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti eru sett tvíþætt mörk fyrir brennisteinsvetni, annars vegar hámark $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fyrir daglegt 24 stunda meðaltal og hins vegar hámarksársmeðalgildi, $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Á höfuðborgarsvæðinu, í Hveragerði og Reykjahlíð við Mývatn var styrkur brennisteinsvetnis árið 2011 undir þeim mörkum sem sett eru í reglugerð. Styrkurinn var hins vegar vel á annan mánuð samanlagt yfir $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sem er leiðbeinandi gildi WHO vegna lyktar. Í ársskýrslu Orkuveitunnar kemur fram að í Hveragerði var ársmeðaltalið yfir mörkunum árið 2012.

Greining sem gerð var á veðurskilyrðum og brennisteinsvetnismengun í Reykjavík sýnir að hæstu mengunartoppanna má vænta að vetrarlagi, frá október til mars. Þetta gerist helst þegar er heiðskírt, hiti undir frostmarki og vindur hægur og austanstæður. Algengast er að þessar aðstæður myndist að næturlagi og standi í tvær til þrjár klukkustundir.

Mikill munur er á mörkum sem gilda um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti á iðnaðarsvæðum og þeim mörkum sem gilda utan þeirra. Skilgreina þyrfti þynningarsvæði fyrir brennisteinsvetni umhverfis jarðhitavirkjanir líkt og gert er fyrir tiltekin efni sem losuð eru frá stóriðju. Innan þynningarsvæðanna er heimilt að styrkur efnanna fari yfir umhverfismörk en fylgst er með því í mengunarvarnaeftirliti að mengun utan þynningarsvæðanna sé undir umhverfismörkum. Í reglugerð um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti kemur fram hvers beri að gæta við ákvörðun þynningarsvæðanna.

Tillögur

- Gerðar verði rannsóknir á langtímaáhrifum brennisteinsvetnis í lágum styrk á heilsu.
- Skilgreind verði þynningarsvæði umhverfis jarðhitavirkjanir.
- Kort með spám um dreifingu brennisteinsvetnis í nágrenni iðnaðarsvæða verði gerð aðgengileg almenningi, t.d. á heimasíðum stofnana sem sjá um loftgæðamælingar.

1.7 Brennisteinsdíoxíð (SO_2)

Brennisteinsdíoxíð (SO_2) 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.

Brennisteinsdíoxíð hefur slæm áhrif á öndunarfæri, einkum hjá þeim sem eru undir líkamlegu álagi vegna þess að þá er öndunin tíðari og SO_2 mengaða loftið gengur lengra niður í lungu. Samkvæmt upplýsingum frá Alþjóðaheilbrigðismálastofnuninni frá 2011 gætir heilsufarsáhrifa brennisteinsdíoxíðs við mun lægri styrk en áður var haldið. Um er að ræða styrk sem er talsvert lægri en núgildandi mörk samkvæmt reglum Evrópusambandsins sem íslensk mörk byggja á. Mikilvægt er því að halda styrk þess eins lágum og kostur er.

Tillögur

- Lögð verði áhersla á að halda styrk brennisteinsdíoxíðs í andrúmslofti eins lágum og kostur er.

1.8 Köfnunarefnisoxíð (NO_x)

Köfnunarefnisoxíð (NO_x) er samheiti fyrir köfnunarefnismónoxíð (NO) og köfnunarefnisdíoxíð (NO_2). Þau myndast við bruna, m.a. í vélum, og einnig í iðnaðarferlum og er helsta uppsprettan útblástur bíla. Stundum má sjá brúna slíkju köfnunarefnisdíoxíðs yfir Reykjavík á

kyrrum vetrardögum. Auk köfnunarefnisdíoxíðs sem losað hefur verið í andrúmsloftið myndast efnið einnig hratt þegar köfnunarefnismónoxíð hvarfast við óson (O_3). Úr köfnunarefnisdíoxíði myndast einnig fíngerðar nítratagnir (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.

Tillögur

- Lagt er til að farið verði í kynningarátak um nauðsyn þess að draga úr óþarflausgangi bifreiða og annarra véla.

1.9 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.

Eins og víðar við strendur NA-Atlantshafs er styrkur ósons í andrúmslofti á Íslandi hæstur frá mars til maí.

Á Íslandi veldur ósonmengun ekki vandræðum á sumrin líkt og á meginlandi Evrópu þar sem óson myndast í miklu magni vegna samspils sólarljóss, NO_x -mengunar og rokgjarnra lífrænna efna.

Heilsufarsáhrif ósons eru aðallega tengd öndunarfærunum og er fólk með astma viðkvæmara en heilbrigðir einstaklingar. Einnig hefur óson skaðleg áhrif á gróður og vísbendingar eru um að það geti skaðað dýr.

Tillögur

- Áfram verði fylgst með bakgrunnsstyrk ósons og könnuð möguleg tengsl þess við heilsufar.
- Gögn um styrk ósons verði greind tölfræðilega til þess að meta hvort bakgrunnsstyrkur ósons hefur breyst til lengri tíma lítið.

1.10 Koldíoxíð (CO_2)

Koldíoxíð (CO_2) er litlaus lofttegund sem myndast aðallega við bruna kolefnis. Koldíoxíð í andrúmslofti veldur gróðurhúsaáhrifum og var vægi þess 75% í losun gróðurhúsalofttegunda frá Íslandi árið 2010.

Helsta hlutverk lungnanna er að afla súrefnis og fjarlægja koldíoxíð sem frumur líkamans mynda. Fullorðið fólk andar að jafnaði frá sér 0,3 lítrum af koldíoxíði á mínútu. Styrkur koldíoxíðs í lofti innandyrna er góður mælikvarði á hvort loftræsting er nægileg.

Fundist hefur samband milli styrks koldíoxíðs í lofti innandyrna og óþæginda í slímhimnum og öndunarkerfi, s.s. augnþurrks, særinda í hálsi og nefstíflu. Einnig hefur fundist samband milli

styrks koldíoxíðs í skólastofum og fjarveru úr skóla, en algengt er að styrkur þess mælist þar yfir viðmiðunarmörkum. Hár styrkur koldíoxíðs í innanhússlofti er einnig talinn valda einbeitingarskorti og syfju.

Tillögur

- Átak verði gert til að bæta loftgæði í skólum, en mælingar sýna að styrkur koldíoxíðs í skólastofum er oft langt yfir ákvæðum byggingarreglugerðar.
- Lagt er til að loftgæði verði mæld reglulega, ekki síst í húsnæði þar sem börn og ungmenni dvelja.

1.11 Kolmónoxíð (CO)

Við bruna jarðefnaeldsneytis myndast aðallega koldíoxíð (CO₂) og vatn, en einnig kolmónoxíð (CO). Kolmónoxíð er litlaus, lyktarlaus og eitruð lofttegund sem binst blóðrauða í stað súrefnis og hindrar þannig að súrefni berist vefjum líkamans. Þegar hún nær háum styrkleika getur það verið banvænt.

Samgöngur eru langstærsta uppspretta kolmónoxíðs í andrúmslofti, en styrkur þess hefur minnkað mikið eftir að hvarfakútar í ökutækjum komu til sögunnar.

Aðgæslu er hins vegar þörf þar sem loftskipti eru takmörkuð, t.d. í bílageymsluhúsum og jarðgöngum. Hættulegar aðstæður geta einnig skapast innanhúss, t.d. við notkun gaseldunartækja og lampa ef loftskipti eru ófullnægjandi, og einnig vegna innbyggðra bílskúra. Nauðsynlegt er að brýna fyrir fólki að tryggja næga loftræstingu, t.d. með því að hafa opna glugga þar sem gastæki eru í notkun innanhúss.

Tillögur

- Ekki er tilefni til sérstakra aðgerða vegna kolmónoxíðmengunar í andrúmslofti utanhúss.
- Brýnt er að framfylgja ákvæði byggingarreglugerðar um útgáfu leiðbeininga um loftræstingu bílageymsla, og að þær nái einnig til jarðganga og annarra staða þar sem hættu getur skapast vegna vélknúinna tækja. Huga þarf sérstaklega að starfsmönnum bílageymsluhúsa.
- Átak verði gert til að kynna almenningi þær hættur sem skapast geta af gastækjum, olíuofnum og öðrum sambærilegum búnaði sem notaður er innanhúss. Jafnframt að þeir sem selja gastæki og leigja út sumarhús og annað húsnæði þar sem slík tæki eru notuð tryggi öryggi búnaðarins og upplýsi notendur um þá hættu sem stafað getur af kolmónoxíði. Vert er að kanna hvort skylda beri notkun CO-skynjara í slíku húsnæði.

1.12 Þrávirk lífræn efni - díoxín, dibensofuran og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH)

Díoxín, dibensofuran og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons) eru rokgjörn, þrávirk, lífræn efni sem geta borist langar leiðir. Þessi efni skipta hundruðum, þau brotna hægt niður og geta því náð háum styrk í lífverum þar sem þau safnast fyrir.

Díoxín og dibensofuran hafa ekki verið framleidd af ásetningi nema í rannsóknaskyni, en þau myndast í ákveðnum iðnaðarferlum og við bruna. Hið sama má segja um flest PAH-efni sem myndast aðallega við ófullkominn bruna eldsneytis. Í nægum styrk geta díoxín og PAH-efni haft slæm áhrif á heilsu manna og dýra, en misjafnt er hversu eitruð þau eru. Þess vegna er styrkur díoxíns og dibensofuran-efna oftast gefinn upp sem jafngildi eitrunar (international toxicity equivalent, I-TEQ).

Díoxín berast einkum í líkama manna með fæðu og geta staðbundnar uppsprettur þeirra valdið því að styrkur efnanna í landbúnaðarafurðum fari yfir leyfileg heilsufarsmörk. Helstu uppsprettur díoxína á Íslandi eru brennsla úrgangs, iðnaður, fiskveiðar og hús- og bílbrunnar.

PAH-efni eru krabbameinsvaldandi og má rekja hættuna af þeim til neyslu mengaðrar fæðu, innöndunar og snertingar við húð. Uppsprettur PAH-efna eru iðnaður, hús- og bílbrunnar, samgöngur og fiskveiðar. Styrkur PAH-efna hefur um árabil verið vaktaður við stóriðjusvæðin á Íslandi.

Tillögur

- Iðnaðarstarfsemi sem losar díoxín og PAH-efni eru bundin ákvæðum starfsleyfa og mengunarvarnaeftirliti. Einnig er nýhafin vöktun PAH í þéttbýli. Ekki er því tilefni til tillagna um þessi efni.
- Lagt er til að vöktun verði hafin á PAH-efnum í þéttbýli

1.13 Lyktarmengun

Áhrif lyktar á fólk eru háð smekk þess og styrk lyktarinnar. Lyktarskyn fólks er mismunandi og einnig er nefið mjög misnæmt fyrir eignum. Þótt lyktarmengun vegna ýmiss konar starfsemi geti valdið óþægindum liggja ekki nægar upplýsingar fyrir um eðli og umfang þessarar mengunar né hefur hún verið könnuð meðal þolenda hér á landi. Betri þekking á þessum málaflokki gæti reynst gagnleg, t.d. vegna skipulagsvinnu, útgáfu starfsleyfa og eftirlits. Slíkar upplýsingar gætu einnig nýst almennum borgurum.

Heilbrigðiseftirliti sveitarfélaga og Umhverfisstofnun berast kvartanir vegna ólyktar frá ýmiss konar atvinnustarfsemi, t.d. fiskimjölverksmiðjum og sorpurðunarstöðum, og vegna dýrahalds og hafa slík mál ratað til dómstóla. Ólykt getur einnig borist frá eldamennsku, sorpsöfnun og efnanotkun eða stafað frá óþrifum. Þá veldur lykt af brennisteinsvetni frá jarðvarmavirkjunum í nágrenni þéttbýlis stundum ama og jafnvel óþægindum.

Tillögur

- Teknar verði saman tölulegar upplýsingar um lyktarmengun á Íslandi. Safnað verði gögnum hjá Heilbrigðiseftirliti sveitarfélaga og Umhverfisstofnun um kvartanir sem berast og tekið saman yfirlit yfir starfsemi sem veldur lyktarmengun, hvaða kröfur eru gerðar til starfseminnar og staðsetningar slíkrar starfsemi og hvaða úrlausnir hafa verið nýttar til þess að draga úr lyktarmengun.
- Þegar þessar upplýsingar liggja fyrir verður hægt að taka ákvarðanir um næstu skref, sem gætu verið að útbúa leiðbeiningar sem nýst gætu atvinnurekendum, skipulagsyfirlöndum og við eftirlit og útgáfu starfsleyfa. Slíkar upplýsingar gætu einnig gefið til kynna hvort ástæða sé til þess að gera auknar kröfur um mengunarvarnir til þess að draga úr lyktarmengun. Einnig þarf að meta hvort bæta þurfi heimildir eftirlitsaðila til þvingunaraðgerða.

1.14 Klóramín- og tríhalómetan-efni

Sund er sannkölluð þjóðaríþrótt og vinsæl heilsurækt hér á landi. Góð umgengni, hreinlæti og þrif ásamt sóttþreinsun og hreinsun sundlaugarvatnsins eru lykilatriði til að tryggja sem best heilnæmi sundferða. Skyld er að sóttþreinsa baðvatn til að koma í veg fyrir að í því séu sjúkdómsvaldandi örverur og skal nota til þess natríumhýpóklórít eða aðra klórgjafa sem Umhverfisstofnun viðurkennir, eða aðrar aðferðir sem heilbrigðisnefndir hafa heimilað.

Klórinn sem notaður er í sundlaugar er veik sýra og hvarfast því við vatn. Í sundlaugum er klórinn að hluta sem hýpóklórsýra (HClO) og að hluta sem hýpóklórjón (ClO⁻). Hýpóklórsýran hvarfast við lífræn efni og köfnunarefni sem berast með sundlaugargestum í baðvatnið og myndast við það fjölmörg efnasambönd. Þeirra á meðal er triklóramín sem rýkur auðveldlega úr baðvatninu og veldur klórlyktinni sem getur orðið áberandi í sundlaugum ef vatnið er ekki nægilega hreint eða loftræstingu er ábótavant. Efnið getur valdið ertingu í augum og öndunarferum.

Tríhalómetan-efni (THM) myndast við efnahvörf klórsins við lífræn efni í laugarvatninu og er klóróform þeirra algengast, en það getur borist inn í líkamann um nef og munn og er á lista yfir efni sem talin eru geta valdið krabbameini.

Loftmengun af völdum triklóramíns og tríhalómetan-efna er aðallega bundin við innilaugar. Hreinlæti baðgesta, öflug hreinsun á baðvatninu og góð loftræsting draga úr þessari mengun. Sérstaklega ber að huga að keppnisfólki og öðrum sem stunda tíðar æfingar í innilaugum, einnig börnum í skólasundi, kornabörnum í ungbarnasundi og starfsfólki sundlauga.

Hér á landi er mikill fjöldi sundlauga úti og inni, auk setlauga eða heitra potta. Á opinberum sundstöðum er lögð áhersla á að bundinn klór sé undir 0,5 mg/l og er hann mældur 2-4 sinnum á dag í sundlaugunum og niðurstöður skráðar í samræmi við innra eftirlit í laugunum. Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin mælir með því að styrk bundins klórs sé haldið eins lágum og kostur er, helst undir 0,2 mg/l.

Tillögur

- Safnað verði upplýsingum um bundinn klór í sundlaugum á landinu.
- Gerð verði rannsókn á styrk triklóramíns og tríhalómetan-efna í lofti og vatni í innisundlaugum. Jafnframt verði loftræsting könnuð og endurnýjun lofts borin saman við kröfur í reglugerðum og leiðbeiningum.
- Hugað verði að þáttum sem halda triklóramín- og tríhalómetan-efnum í lágmarki. Meðal þessara þátta eru:
 - Hreinlæti baðgesta
 - Hreinsun baðvatns og eftirlit með gæðum þess
 - Kröfur um leyfilegan hámarksstyrk bundins klórs
 - Hvort lækka megi styrk á fríum klór
- Farið verði yfir aðstæður í ungbarnasundi og settar um það leiðbeinandi reglur.
- Kannað verði heilsufar ungmenna sem stunda sundþjálfun í innilaugum m.t.t. áhættuþátta.

1.15 Formaldehýð

Formaldehýð er litlaus en lyktarsterk lofttegund sem getur valdið ertingu í augum og húð. Það er algeng ástæða snertiofnæmis sem getur orðið langvinnt og valdið miklum óþægindum, ekki síst vegna þess hve víða það finnst í nánasta umhverfi fólks.

Formaldehýð er notað í iðnaði og á rannsóknarstofum og er mikilvægt að sýna fyllstu aðgæslu við notkun þess. Formaldehýð er notað við framleiðslu efna sem notuð eru í innréttingar, húsgögn og teppi, textílvörur, lím og málningu. Styrkur formaldehýðs er venjulega mun meiri innanhúss en utan og getur verið sérlega mikill í tilbúnum húseiningum og hjólhýsum. Í byggingarreglugerð segir að byggingarefni til klæðningar, t.d. úr trjákenndum efnum sem innihalda lím eða önnur efni sem geta gefið frá sér efnið „formaldehyd“, er ekki heimilt að nota í byggingar nema sýnt sé fram á að efnin séu innan viðurkenndra marka. Samkvæmt Alþjóðaheilbrigðismálastofnuninni ætti styrkur formaldehýðs í andrúmslofti ekki að fara yfir $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ á neinu 30 mínútna tímabili sólarhringsins.

Tillögur

- Kröfur til byggingarefna í tilbúnum húsum, húseiningum, hjólhýsum og húsbílum verði í samræmi við kröfur sem gerðar eru til byggingarefna á Íslandi. Mikilvægt er að ákvæði um CE-merkingu og umsagnarferli sem um getur í grein 5.1.2 í byggingarreglugerð sé virt.
- Mældur verði styrkur formaldehýðs í húsum, einkum í nýbyggingum, hjólhýsum, timbur- og húsgagnalagerum, auk staða þar sem börn og ungmenni dvelja, þ.e. skólum og leikskólum. Sérstaklega sé gætt að nýju húsnæði. Niðurstöður úr slíku verkefni geta gefið svar við því hvort ástæða sé til frekari aðgerða.

1.16 Bensen

Bensen er litarlaus, rokgjarn, lífrænn vökvi sem blandast ekki við vatn. Bensen er mikilvægt milliefni í efnaiðnaði, aðallega til framleiðslu á plastefnum, næloni og asetoni. Bensen var áður fyrr mikið notað sem leysiefni, en nú hafa önnur efni komið í þess stað. Hráolía inniheldur bensen og finnst það því í bensíni en styrkur þess má ekki vera hærri en 1%.

Bensen í andrúmslofti er aðallega af mannavöldum. Bifreiðaumferð og reykingar skipta þar mestu og er styrkur bensens yfirleitt hærri innandyra en utan. Viðmiðunarmörk fyrir útsetningu á bensen hafa ekki verið skilgreind, en mikilvægt er að draga úr bensenmengun eins og kostur er.

Árin 2003–2007 reyndist ársmeðaltal bensens í andrúmslofti við Grensásveg töluvert undir heilsuverndarmörkunum, $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tillögur

- Styrkur bensens er að jafnaði hærri innandyra en utan. Lagt er til að mælingar á bensen verði innifalið í könnun á gæðum innanhússlofts á Íslandi.

1.17 Radon

Radon er geislavirk lofttegund sem verður til við náttúrulegt niðurbrot úrans. Styrkur radons getur orðið umtalsverður í húsum á svæðum þar sem jarðvegur og berg eru rík af úrani. Radon berst inn í hús gegnum sprungur og göt í botnplötum húsa. Það getur einnig borist inn með vatni og gufað frá ákveðnum byggingarefnum. Radon eykur líkur á krabbameini, sérstaklega hjá þeim sem reykja. Lítil hætta er talin stafa af radonmengun í húsum á Íslandi vegna þess hve snauður af úrani íslenski berggrunnurinn er.

Geislavarnir ríkisins eiga í samstarfi við innlenda og erlenda aðila um öflun betri þekkingar á dreifingu úrans í íslenska berggrunninum og styrk þess á íslenskum heimilum.

Tillögur

- Niðurstöður rannsókna Geislavarna ríkisins munu leiða í ljós hvort þörf sé frekari aðgerða varðandi radon.

1.18 Hermannaveiki

Hermannaveiki er lungnabólga af völdum bakteríunnar *Legionella pneumophila* sem þrífst í vatni við hitastig á bilinu 20–45°C. Bakterían berst auðveldlega með vatnsúða og smitast við innöndun. Aldrei hefur verið sýnt að bakterían smitist milli manna. Helstu uppsprettur hennar eru kæliturnar, rakatæki, úðatæki og sturtuhausar og hún getur fjölgað sér mikið í manngerðum vatnskerfum sem er illa viðhaldið eða eru ekki í stöðugri notkun.

Sýkingar af völdum bakteríunnar eru ekki tíðar hér á landi en bakterían hefur þó fundist í lögnum við eftirlit. Algengast er að fólk smitist erlendis og komi heim með veikina. Engu að síður er fylgst með hvort bakterían nái að vaxa, ekki síst í stórum lagnakerfum sjúkrahúsa.

Tillögur

- Söluaðilar gæti þess að fræða viðskiptavini sína um þrif og viðhald á rakatækjum og öðrum búnaði þar sem hættu er á smiti.

1.19 Umhverfis- og heilsuvísar

Vísar (e. indicators) eru víða notaðir til þess að gefa og túlka á einfaldan og lýsandi hátt upplýsingar um ástand sem mótast getur af flóknum samverkandi þáttum. Umhverfis- og heilsuvísar veita mikilvægar og mælanlegar upplýsingar svo hægt sé að meta ástand tiltekinna þátta sem varða umhverfi og heilsu þegar unnið er að stefnumótun og aðgerðaáætlunum.

Góður vísir þarf að uppfylla mörg og stundum vandfyllt skilyrði. Þótt hann kunni að eiga við um flókin fyrirbæri verður vísir að vera auðskiljanlegur og einfaldur, gagnsær, mælanlegur og byggður á vísindalegum grunni. Vísir þarf að vera nógu næmur til að skynja breytingar en jafnframt ónæmur fyrir truflunum í mælingum sem ekki skipta máli. Loks þarf að vera auðvelt og hagkvæmt að nota vísinn.

Meðal alþjóðastofnana sem tekið hafa saman umhverfis- og heilbrigðisvísa eru OECD, Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin og Umhverfisstofnun Evrópu. Umhverfis- og heilsuvísar hafa einnig verið þróaðir af yfirvöldum í fjölmörgum löndum, þar á meðal á Íslandi.

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin hefur unnið að innleiðingu umhverfis- og heilsuvísa og lagt áherslu á vísa sem eiga við áhrif umhverfis á heilsufar barna og ungmenna. Þróað hefur verið líkan fyrir áhrif mengunar á heilsu og viðbrögð við þeim þar sem mismunandi áhrifaþáttum er skipað niður í flokka, svokallaðan DPSEEA-ramma. Í honum standa stafirnir fyrir mismunandi áhrifaþætti og eru á ensku: **D**riving forces, **P**ressures, **S**tate, **E**xposure, **E**ffect, **A**ction. Þetta mætti þýða sem: undirliggjandi þættir, þrýstingur, ástand, útsetning, áhrif, aðgerðir. Umhverfis- og heilsuvísunum er skipt niður eftir því hvaða hluta í þessari keðju þeir lýsa (sjá mynd 33).

Tillögur

Í töflunum sem vísað er til eru tillögur um umhverfis- og heilsuvísa sem lagt er til að séu notaðir á Íslandi eftir því sem við á. Hluti þeirra er þegar í notkun.

- Í töflu 11 er listi yfir umhverfis- og heilsuvísa sem Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin og samstarfsstofnanir hennar hafa tekið upp. Með því að nota þessa vísa nýtist sú vinna sem fer fram á alþjóðavettvangi og alþjóðlegur samanburður fæst á þessum þáttum.
- Í töflu 12 eru vísar fyrir tíðni reykinga og útsetningu fyrir tóbaksreyk. Vísunum er safnað að tilhlutan Embættis landlæknis sem hluta af þátttöku í átaki Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar um tóbaksvarnir og samræmdri gagnaöflun Evrópuskrifstofu hennar.
- Í töflu 13 er skrá yfir vísa fyrir mengandi efni í andrúmslofti. Þessir vísar eru ýmist notaðir af Umhverfisstofnun Evópu, umhverfissráðuneytinu eða Hagstofu Íslands, og eru meðal tillagna Sameinuðu þjóðanna um vísa fyrir sjálfbæra þróun.

1.20 Lög, reglugerðir og alþjóðlegir samningar

Sjá umfjöllun í kafla 2.20.

2 Mengunarvaldar

Í köflunum hér á eftir er fjallað um mengunarvalda, uppruna þeirra og eiginleika, áhrif þeirra á heilsu, leiðbeiningar og ákvæði reglugerða um viðkomandi efni, og niðurstöður vöktunar og rannsókna.

2.1 Vöktun og eftirlit

Tilgangurinn með vöktun mengandi efna í andrúmslofti er að fylgjast með breytingum á magni þeirra og áhrifum inngripa svo draga megi úr menguninni og senda út upplýsingar og viðvaranir til að hindra eða draga úr skaðlegum áhrifum loftmengunar á heilsu manna og umhverfi. Nauðsynlegt er að loftgæði séu metin á samræmdan hátt og að upplýsingum sé miðlað til almennings og annarra hagsmunaaðila.



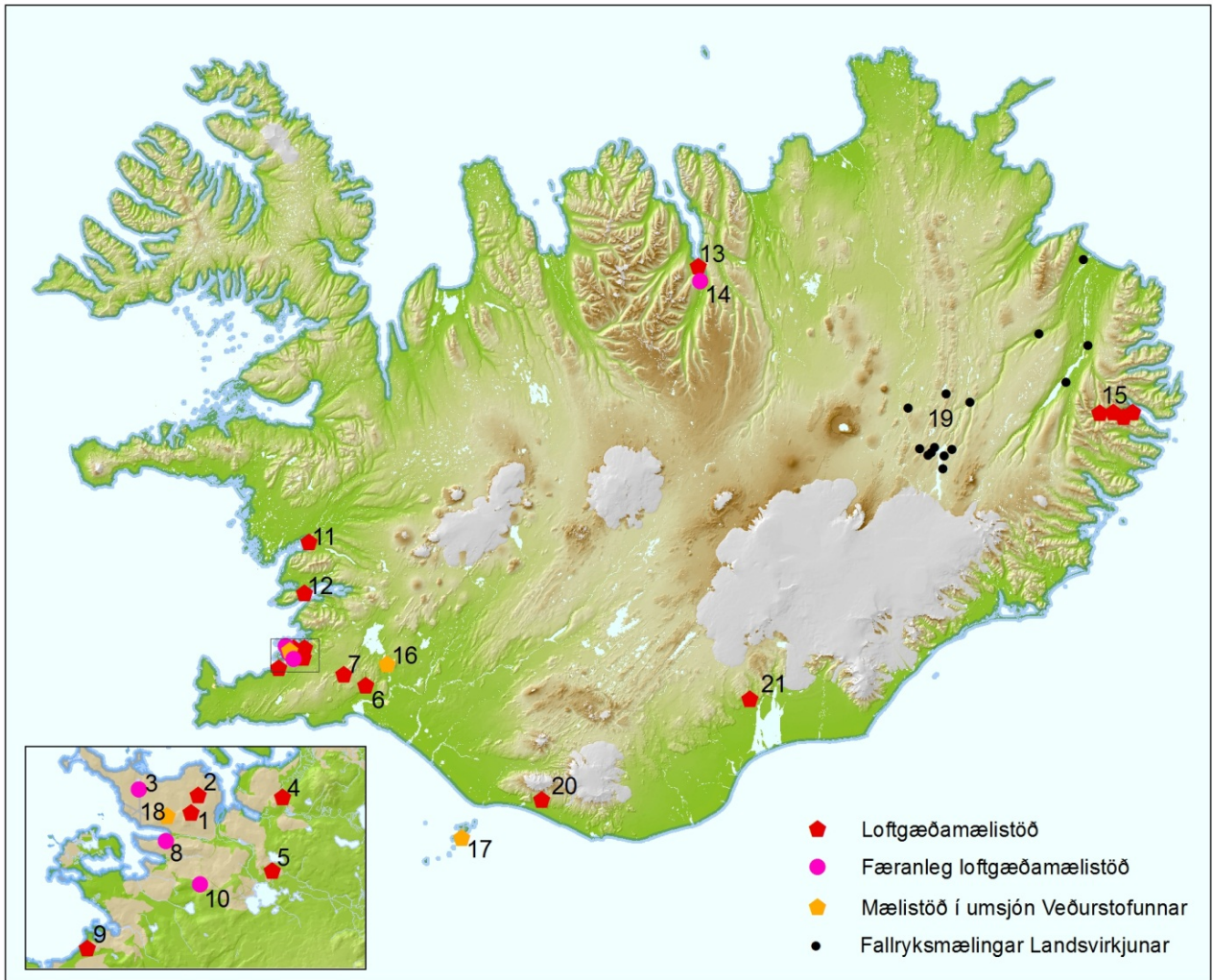
Loftgæði innanhúss eru að mestu leyti á ábyrgð eigenda húsnæðis og notenda þess og eru ekki vöktuð og mæld reglulega eins og loft utanhúss. Lykilatriði er að húsnæði sé hannað með loftgæði í huga og að eftirlit með frágangi nýbygginga sé nægilega gott þannig að ekki skapist vandamál, t.d. vegna raka. Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga framfylgja reglugerð um hollustuhætti sem tekur m.a. til loftgæða íbúðarhúsnæðis. Almennings getur leitað til viðkomandi heilbrigðiseftirlits sé talið að leiguhúsnæði eða íbúðarhúsnæði sé á einhvern hátt heilsuspillandi. Vinnueftirlit ríkisins hefur eftirlit með loftgæðum á vinnustöðum.

Nokkrir aðilar sjá um að mæla loftgæði utanhúss hér á landi. Umhverfisstofnun ber ábyrgð á að tryggja samræmda framkvæmd mælinga og rekur einnig flestar mælistöðvanna. Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur og nokkurra annarra sveitarfélaga hafa mælt loftgæði árum saman eins og fram kemur í töflum 2 og 3. Veðurstofa Íslands mælir mengunarefni á Stórhöfða, í Reykjavík og á Írafossi og mælir, í samvinnu við Náttúrufræðistofnun Íslands, frjókorn í Reykjavík og á Akureyri frá 15. apríl til 30. september ár hvert. Öll stóriðjufyrirtæki hér á landi bera ábyrgð á vöktun loftgæða í nágrenni sínu, en útgáfa starfsleyfa og eftirlit með starfsleyfisskyldum fyrirtækjum er í höndum Umhverfisstofnunar og heilbrigðiseftirlits sveitarfélaga. Orkuveita Reykjavíkur rekur mælistöðvar til að fylgjast með brennisteinsvetnismengun frá háhitasvæðinu á Hellisheiði.

Staðsetningu mælistöðva má sjá á mynd 1, og yfirlit yfir rekstraraðila mælistöðva, mæld efni og aðgengi að gögnum má sjá í töflu 2. Aðstæður ráða hvaða efni eru mæld á hverjum stað, hver sér um mælingarnar og hvernig niðurstöðum mælinganna er miðlað. Hægt er að fylgjast með sjálfvirkum mengunarmælingum í Reykjavík á vef Umhverfisstofnunar og Heilbrigðiseftirlitsins í Reykjavík. Hið sama gildir um mælingar á Akureyri, Hveragerði, Hellisheiði, Hvaleyrarholti í Hafnarfirði, í Fljótshverfi og Raufarfelli undir Eyjafjöllum sem hægt er fylgjast með á vef verkfræðistofunnar Vista og vef Heilbrigðiseftirlits Suðurlands. Sumar niðurstöður eru birtar í skýrslum sem gefnar eru út með reglubundnum hætti, t.d. mengunarmælingar við iðnaðarsvæðin í Hvalfirði og á Reyðarfirði. Norðurál og Elkem gefa sameiginlega út vöktunarskýrslur fyrir svæðið við Grundartanga¹ og ALCOA Fjarðaál gefur út skýrslur vegna vöktunar í Reyðarfirði².

¹ Norðurál og Elkem, 2013

² Alcoa Fjarðaál, 2011



Mynd 1. Staðsetning loftgæðamælistöðva. Númer vísa til lýsinga í töflu 2.

Tafla 2. Loftgæðamælistöðvar á Íslandi.

Nr.	Staðsetning mælistöðvar	Mælingar	Rekstraraðili	Aðgengi gagna
1	Reykjavík, Grensásvegur	PM10, PM2.5, NO _x , O ₃ , SO ₂ , H ₂ S, CO, veður	Umhverfisstofnun	loftgaedi.is og loft.rvk.is
2	Reykjavík, Húsdýragarður	PM10, PM2.5, NO ₂ , veður	Umhverfisstofnun	loftgaedi.is og loft.rvk.is
3	Reykjavík, færánleg stöð	PM10, NO _x	Reykjavíkurborg	loft.rvk.is
4	Reykjavík, Keldnaholt	O ₃	Umhverfisstofnun	Ekki netaðgangur
5	Reykjavík, Norðlingaholt	H ₂ S, veður	Orkuveita Reykjavíkur	heilbrigdiseftirlitid.is
6	Hveragerði	H ₂ S, veður	Orkuveita Reykjavíkur	heilbrigdiseftirlitid.is
7	Hellisheiði	H ₂ S, veður	Orkuveita Reykjavíkur	heilbrigdiseftirlitid.is
8	Kópavogur, færánleg stöð	PM10, PM2.5, NO _x , SO ₂ , H ₂ S, veður	Kópavogsbær og Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssv.	heilbrigdiseftirlitid.is
9	Hafnarfjörður, Hvaleyrarholt	PM10, PM2.5, NO _x , SO ₂ , H ₂ S, flúor	Rio Tinto Alcan og Umhverfisstofnun	loftgaedi.is og vista.is
10	Færánleg stöð	PAH og þungmálar í svifryki og kvikasilfur í gasfasa	Umhverfisstofnun	Ekki netaðgangur
11	Hvanneyri	O ₃ , veður	Umhverfisstofnun	Ekki netaðgangur
12	Hvalfjörður v/Grundartanga	PM10, SO ₂ , H ₂ S, NO _x , flúor	ELKEM, Norðurál	nordural.is
13	Akureyri, Tryggvabraut	PM10, NO _x , veður	Umhverfisstofnun og Akureyrarbær	loftgaedi.is , vista.is og akureyri.is
14	Akureyri, færánlegur mælir	PM10, veður	Umhverfisstofnun og Akureyrarbær	loftgaedi.is , vista.is og akureyri.is
15	Reyðarfjörður fjórar stöðvar	PM10, SO ₂ , flúor, PAH, veður	ALCOA	alcoa.is
16	Írafoss	Brennisteinn og salt í svifryki, veður	Veðurstofan	vedur.is
17	Stórhöfði í Vestmannaeyjum	Þungmálmur í svifryki, O ₃ , veður	Veðurstofan	vedur.is
18	Reykjavík, Bústaðavegur	Þungmálmur, brennisteinn og salt í úrkomu, veður	Veðurstofan	vedur.is
19	Austurland, 14 stöðvar	Fallryksmælingar vegna Háslóns	Landsvirkjun	lv.is
20	Raufarfell	Svifryk	Umhverfisstofnun	loftgaedi.is
21	Maríubakki, Fljótshverfi	Svifryk	Umhverfisstofnun	loftgaedi.is
22	Reykjavík, Bústaðavegur	Frjókorn í andrúmslofti	Náttúrufræðistofnun og Veðurstofan	Textavarp (bls. 193) ni.is
23	Akureyri, Hafnarstræti	Frjókorn í andrúmslofti	Náttúrufræðistofnun	Textavarp (bls. 193) ni.is

Tafla 3. Aðilar sem sjá um mælingar á loftgæðum og loftmengun á Íslandi.

Stofnun	Tegund mælinga	Mælingasvæði
Umhverfisstofnun	Styrkur mengandi efnis í andrúmslofti	Landið allt (sjá ust.is)
Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur og fleiri sveitarfélaga	Loftgæði íbúðarhúsnæðis, fyrirtækja og stofnana þar sem almenningur sækir þjónustu Mengandi efni í lofti utandyra, t.d. vegna umferðar	Viðkomandi sveitarfélag Sjá niðurstöður á umhverfissvid.is , heilbrigðiseftirlit.is , vista.is
Vinnueftirlitið	Loftgæði á vinnustöðum	Landið allt
Veðurstofan	Mengandi efni í útilofti	Stórhöfði, Reykjavík og Írafoss (sjá vedur.is)
Náttúrufræðistofnun Íslands í samstarfi við Veðurstofuna	Frjókorn 15. apríl – 30. september	Reykjavík og Akureyri (sjá natturufraedistofnun.is)
Stóriðjuver	Mengunarmælingar á útilofti við iðnaðarsvæði og verksmiðjur	Reyðarfjörður, Grundartangi, Straumsvík

Eins og komið hefur fram í kafla 1 hefur verið gripið til þess erlendis að setja upp svokölluð loftgæðastjórnunarkerfi (e. urban air quality management systems) þar sem leiddar eru saman ýmiss konar upplýsingar sem nýst geta við stjórn loftgæða. Þær má m.a. nýta í forvarnaskyni, vara íbúa við væntanlegum mengunartoppum, skipuleggja aðgerðir til þess að draga úr mengun, t.d. með rykbindingu eða lækkun hámarkshraða, og við skipulag umferðarmannvirkja og val á svæðum fyrir ákveðna starfsemi, t.d. skóla, heilbrigðisstofnanir, húsnæði fyrir aldraða og leiksvæði fyrir börn. Nauðsynlegt er að slík kerfi komist í notkun hér á landi.

2.2 Reykingar og óbeinar tóbaksreykingar

2.2.1 Heilsufarsleg áhrif

Tóbaksreykur myndast við bruna tóbaks og inniheldur yfir 4000 efnasambönd. Sum þessara efna eru erandi og um 60 þeirra eru þekktir eða líklegir krabbameinsvaldar³.

Rannsóknir undanfarna áratugi hafa sýnt með óyggjandi hætti að tóbaksreykur spillir loftgæðum og er skaðlegur heilsu fólks sem dvelur í rými þar sem er reykt þótt það reyki ekki sjálf.

Fólk sem reykir er í stórauðinni hættu á að fá, ekki aðeins lungnakrabbamein, heldur einnig aðrar tegundir krabbameina, hjartasjúkdóma, lungnabembu, langvinna lungnasjúkdóma, heilablóðfall og fleiri sjúkdóma. Áætlað er að tóbaksreykingar leiði árlega til dauða meira en 5 milljóna manna, þar af 650.000 í Evrópu, og nýjustu áætlanir Hjartaverndar segja að hér á landi séu það um 200 manns árlega. Þar af leiðir að tóbaksnotkun á heimsvísu er helsta orsök dauðsfalla sem hægt er að fyrirbyggja⁴.



Óbeinar reykingar, þ.e. þegar dvalið er í lokuðu rými þar sem aðrir reykja, eru einnig skaðlegar heilsu og á grundvelli þess hafa tóbaksvarnir einnig miðað að því að verja þau sem ekki reykja fyrir tóbaksreyk annarra. Óbeinar reykingar geta ýtt undir astma í börnum, aukið líkur á lungnabólgu og berkjubólgu, eyrnasýkingum og vöggudauða. Í fullorðnum auka óbeinar reykingar líkur á hjartasjúkdómum og krabbameini í lungum og nefholi.

³ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2011b

⁴ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2009

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin áætlað að rúmlega 600.000 manns, yfir fjórðungur á barnsaldri, deyi árlega af völdum óbeinna reykinga⁵.

2.2.2 Lög og ákvæði alþjóðasamnings og reglugerðar

Ísland á formlega aðild að Rammasamningi Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar um tóbaksvarnir (WHO Framework Convention on Tobacco Control, FCTC) sem gerður var 2003 og var fyrsti alþjóðlegi samningur þeirrar stofnunar. Íslendingar urðu meðal fyrstu þjóða til að fullgilda samninginn árið 2005. FCTC er sá samningur Sameinuðu þjóðanna sem hefur náð mestri og hraðastri útbreiðslu og hafa nú 175 lönd samþykkt hann.

Í 8. grein Rammasamningsins eru ákvæði um að setja skuli lög og móta reglur sem veiti einstaklingum vernd fyrir skaðlegum áhrifum tóbaksreyks inni á vinnustöðum, í almenningsfarartækjum og á öðrum opinberum stöðum eins og við á. Við stefnumörkun um vernd almennings gegn tóbaksreyk er m.a. lögð áhersla á að gera vinnustaði og opinbera staði reyklausa og leyfa ekki sérstök reyksvæði⁶.

Fyrsta lagaákvæði sem miðaði gagngert að því að draga úr tóbaksreykingum hér á landi var í lögum nr. 63/1969: Viðvörðun á sígarettupökkum um skaðsemi reykinga. Fyrstu heildstæðu lögum um tóbaksvarnir voru sett hér á landi árið 1984 og í endurskoðaðri útgáfu þeirra nr. 6/2002 eru markmið þeirra vegna óbeinna reykinga eftirfarandi:

1. Að draga úr heilsutjóni og dauðsföllum af völdum tóbaks með því að minnka tóbaksneyslu og vernda fólk fyrir áhrifum tóbaksreyks.
2. Að virða rétt hvers manns til að þurfa ekki að anda að sér lofti sem er mengað tóbaksreyk af völdum annarra.
3. Að þeir sem bera ábyrgð á barni skuli stuðla að því að það njóti réttar skv. 2. mgr., einnig þar sem reykingar eru ekki bannaðar skv. III. kafla laganna.

Nánar er kveðið á um þessi markmið í reglugerð nr. 326/2007, um takmarkanir á tóbaksreykingum, þess efnis að tryggja skuli að þeir sem ekki reykja verði ekki fyrir skaða og óþægindum af völdum tóbaksreyks. Í reglugerðinni kemur m.a. fram að tóbaksreykingar eru með öllu bannaðar í grunnskólum, vinnuskólum sveitarfélaga, leikskólum og annarri dagvistun barna, og heilsugæslustöðvum. Þetta á einnig við um þjónusturými stofnana, fyrirtækja og félagasamtaka svo sem á veitingahúsum og skemmtistöðum. Tóbaksreykingar eru bannaðar með vissum undantekningum á hjúkrunar- og dvalarheimilum, sjúkrahúsum, fangelsum, farartækjum og húsnæði þar sem atvinnustarfsemi fer fram. Þar sem reykingar eru leyfðar skal vera fullnægjandi loftræsting þannig að komið sé í veg fyrir að reykurinn berist til reyklusra svæða. Þetta á einnig við um vistarverur fólks í nærliggjandi húsnæði.

Eftirlit með sölu tóbaks til unglunga undir 18 ára aldri (sjá lög nr. 6/2002, VI. kafla. Eftirlit; 17. grein) er á ábyrgð heilbrigðisnefnda sveitarfélaga undir yfirumsjón Umhverfisstofnunar. Við breytingar á tóbaksvarnalögum nr. 95 31. maí 2001 var gerð krafa um að allir sem selja tóbak skuli hafa tóbakssöluleyfi. Framkvæmd eftirlits er vandkvæðum bundið þar sem vafi leikur á lögmati þess að ungmenni kaupi tóbak í eftirlitsskyni. Kannanir hafa þó sýnt að unglungum undir 18 ára aldri sé selt tóbak í einhverjum mæli en engir söluaðilar hafa verið sviptir leyfi til að selja tóbak frá því lögum tóku gildi.

2.2.3 Niðurstöður rannsókna og vöktunar

Reykingar voru algengastar hér á landi 1967-1970 en neysla tóbaks á íbúa hélt áfram að aukast fram til ársins 1985⁷. Elstu mælingar á reykingum ungmenna hér á landi eru frá

⁵ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2002; CDC, 201

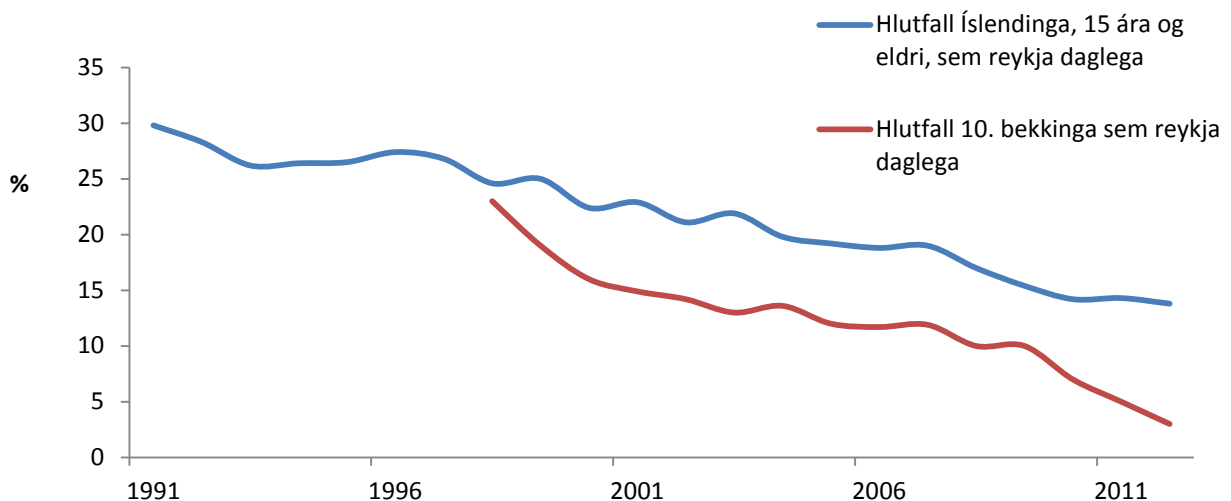
⁶ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2009

⁷ Hjartavernd, 2013; OECD, 2013

borgarlækni frá miðjum 8. áratugnum og leiddu þær í ljós að um helmingur unglunga í 9.-10. bekk grunnskóla reykti í einhverjum mæli. Í framhaldi af þeim mælingum hófst umfangsmikið tóbaksvarnastarf á vegum Krabbameinsfélags Reykjavíkur sem bar strax góðan árangur.

Stöðugt hefur dregið úr reykingum á Íslandi undanfarna áratugi eins og sjá má á mynd 2. Árið 1991 reyktu daglega tæp 30% landsmanna, 15-89 ára, en þeim hafði fækkað í 14,3% árið 2011, og var lítil munur á reykingum karla og kvenna⁸. Tíðni reykinga er nokkuð misjöfn eftir aldri, hæst hjá aldurshópnum 30-59 ára, þar sem 16–18% bæði karla og kvenna reykja daglega. Daglegar reykingar 15 ára og eldri hér á landi eru þær sjöttu lægstu meðal OECD-landa og frá 1999 er Ísland í hópi fimm landa þar sem mest hefur dregið úr reykingum, ásamt Danmörku, Noregi, Kanada og Nýja-Sjálandi⁹.

Að tilstuðlan Evrópuráðsins og Upplýsingamiðstöðvar Evrópusambandsins hefur vímuefnaneysla evrópskra ungmenna verið rannsökuð reglulega frá árinu 1995¹⁰. Árið 2012 voru birtar niðurstöður um reykingar 15-16 ára ungmenna í Evrópu og kom fram að íslensk ungmenni reyktu sjaldnast, en 9% drengja og 10% stúlkna höfðu reykt sigarettur sl. 30 daga.



Mynd 2. Hlutfall Íslendinga, 15- 89 ára, sem reyktu daglega árin 1991–2012¹¹ og hlutfall nemenda í 10. bekk grunnskóla sem reyktu daglega árin 1998–2012¹².

Langflestir reykingamenn byrja reykingar á aldrinum 15-19 ára¹³. Reykingar unglunga voru mun algengari áður fyrr eins og fram kemur á mynd 2 og hefur hlutfall nemenda 10. bekkjar grunnskóla sem reykja lækkað úr 23% árið 1998 í 3,4% árið 2011.

Árlegar rannsóknir á reykingum 16 ára unglunga sýna að eftir að nám í framhaldsskóla hefst fjölgar þeim sem reykja úr 11,7% í 15,1% árið 2004 og úr 6% í 7,9% árið 2010¹⁴.

⁸ Embætti landlæknis, 2012

⁹ OECD, 2011

¹⁰ Espad, 2012. Árið 1995 tóku 26 lönd þátt í fyrstu umferð samanburðarrannsóknarinnar European School Survey Project on Alcohol and Other Drugs (ESPAD). Frá þeim tíma hefur ESPAD-rannsóknin farið fram á fjögurra ára fresti með þátttöku sívaxandi fjölda Evrópulanda. Fimmta umferð ESPAD fór fram árið 2011 og voru þátttökulöndin þá 36.

¹¹ Embætti landlæknis, 2012

¹² Rannsóknir og greining, 2012

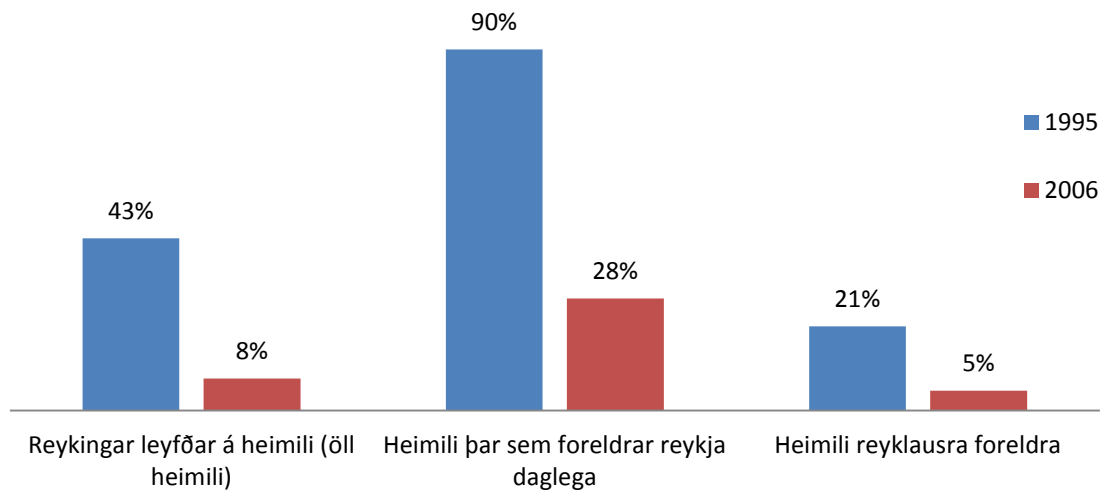
¹³ Embætti landlæknis, 2012c

¹⁴ Rannsóknir og greining, 2012

Til eru upplýsingar frá árinu 1994 um hlutfall fullorðinna sem eru útsett fyrir óbeinum reykingum á Íslandi, en þá voru 23% útsett fyrir óbeinum reykingum á heimili sínu en 53% þegar allt er talið¹⁵. Nýrri rannsókn frá 2007 sýnir töluverða lækkun eða að 14% landsmanna á aldrinum 18-79 ára voru daglega útsett fyrir óbeinum reykingum innandyra og 8,3% nokkrum sinnum í viku¹⁶.

Þennan árangur má þakka það að almennt hefur dregið úr reykingum, þekking almennings á skaðsemi óbeinna reykinga hefur aukist og að lög og reglugerðir um tóbaksvarnir hafa haft þau áhrif að útbreiðsla óbeinna reykinga hefur minnkað mikið. Mælanlegar vísbendingar eru um áhrif þessa á heilsu, því að fimm mánuðum eftir að bann við reykingum á veitingahúsum og skemmtistöðum tók gildi hafði innlögnum vegna bráðra kransæðaeinkenna fækkað marktækt¹⁷.

Rannsóknir sýna að dregið hefur úr óbeinum reykingum barna hér á landi, en milli árana 1995 og 2006 dró verulega úr reykingum á heimilum þriggja ára barna, úr 43% í 8%, sjá mynd 3¹⁸.



Mynd 3. Hlutfall þriggja ára barna sem útsett eru fyrir tóbaksreyk heima hjá sér árin 1995 og 2006¹⁹.

Mynd 3 sýnir að líkur á að börn væru útsett fyrir tóbaksreyk a.m.k. einu sinni í viku á heimilum þar sem reykt var daglega minnkuðu úr 90% árið 1995 í 28% árið 2006. 5% barna á reyklusum heimilum urðu fyrir óbeinum reykingum a.m.k. einu sinni í viku samanborið við 28% barna frá heimilum þar sem foreldrar reyktu²⁰.

Töluverður munur virðist geta verið milli landshluta á því hvort foreldrar eða forráðamenn barna reykja samkvæmt rannsókn sem gerð var á sýklalyfjanotkun og eyrnabólgu 1-6 ára barna. Úrtakið var 889 börn og svarhlutfall mismunandi eftir sveitarfélögum, á bilinu 76-84%²¹. Sjá mynd 4.

¹⁵ Jason 2001

¹⁶ Embætti landlæknis, 2013

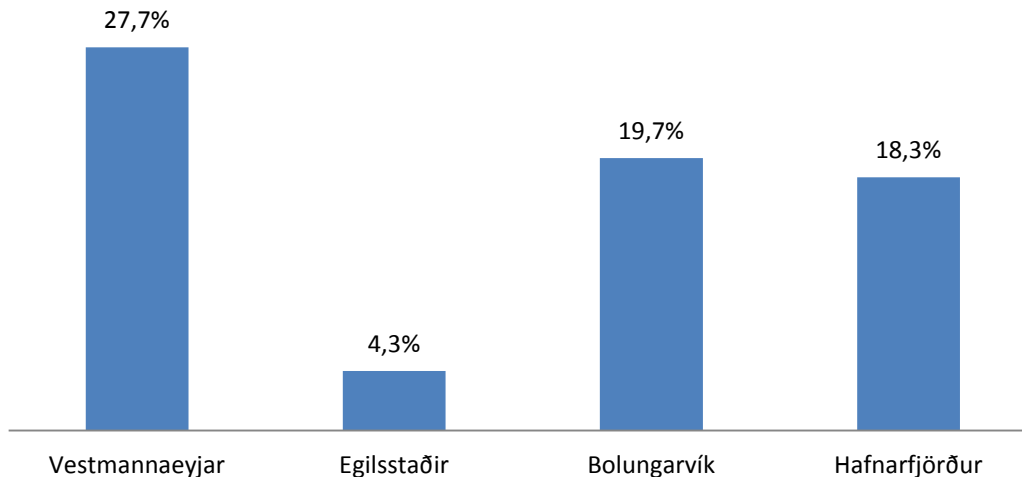
¹⁷ Kristján Baldvinsson, 2010

¹⁸ Lund, 1998; Marshall, 2008

¹⁹ Unnið úr ritgerð Marshall, 2008

²⁰ Marshall, 2008

²¹ Arason, 2005



Mynd 4. Hlutfall reykjandi foreldra eða forráðamanna 1– 6 ára barna í fjórum sveitarfélögum á Íslandi.

Önnur rannsókn sýndi að 78% foreldra 3 ára barna töldu tengsl vera milli reykinga foreldra og astmakasta og öndunarfærasjúkdóma hjá börnum, en 29% töldu að reykingar hefðu áhrif á eyrnabólgu barna²². Einnig var kannað hvort foreldrar teldu börn eiga rétt á að lifa í reyklusu umhverfi. Rúmur helmingur foreldra (55%) sem ekki reyktu taldi börn eindregið hafa þennan rétt og sama máli gegndi um 41% foreldra þar sem annað eða bæði reyktu, en um 16% reyklusra foreldra og þriðjungur foreldra sem reyktu voru fremur ósammála því. Viðhorf foreldra til þessara þátta hafði breyst mjög frá 1995 þegar aðeins 17% reykjandi foreldra töldu að börn ættu rétt á reyklusu umhverfi. Könnunin sýndi ennfremur áhrif menntunar á reykingar, en 58% foreldra sem reyktu höfðu aðeins lokið grunnskólaprófi, samanborið við 14% sem höfðu háskólapróf²³.

Þessar niðurstöður eru í samræmi við kannanir Embættis landlæknis á tíðni reykinga undanfarna áratugi sem sýna að hlutfall einstaklinga sem reykja eða höfðu reykt lækkar bæði með aukinni menntun og auknum heimilistekjum.

2.2.4 Aðgerðir til þess að draga úr útsetningu

Á Íslandi hefur einkum verið beitt verðstýringu og lagasetningu til að forða ungmennum frá því að hefja reykingar og minnka útsetningu þeirra fyrir óbeinum reykingum. Ennfremur hefur verið staðið fyrir fræðslu um skaðsemi reykinga og sértækum aðgerðum eins og verkefninu *Tóbakslaus bekkur* í grunnskólum landsins frá árinu 1999.

Tóbaksvarnastarfið hefur skilað góðum árangri og hefur dregið mjög úr reykingum ungmenna á undanförunum áratugum. Ennfremur hefur tekist að koma í veg fyrir reykingar þar sem börn dveljast langdvölum, í dagvistun og skólum. Með því að aðstoða foreldra ungra barna við að hætta að reykja má draga enn úr því að börn verði fyrir óbeinum reykingum að staðaldri. Þrátt fyrir góðan árangur í tóbaksvörnum þarf enn að draga úr reykingum ungmenna og sporna gegn aukningu í reykingum við upphaf framhaldsskóla. Áfram er full þörf á forvörnum með fræðslu, verðstýringu og hertu eftirliti með sölu tóbaks til ungmenna. Stýrihópurinn leggur til fjölpættar aðgerðir til að sporna við beinum og óbeinum reykingum.

²² Marshall, 2008

²³ Marshall, 2008

2.3 Svifryk

2.3.1 Uppruni og eiginleikar

Svifryk er smágerðar agnir, úr föstu efni eða vökvum, sem svífa um í andrúmsloftinu. Svifryk myndast í náttúrunni, t.d. við jarðvegðfok, eldgos, skógarelda eða vegna særöks. Svifryk af mannavöldum getur m.a. stafað frá brennslu eldsneytis, iðnaðarstarfsemi eða bílaumferð. Stærð agnanna fer eftir uppruna þeirra og hvernig þær hafa myndast. Agnir sem myndast við slit eða núning eru yfirleitt fremur grófar, t.d. ryk úr malbiki. Smágerðari agnir verða til við bruna, t.d. sót, eða vegna þess að efni þéttast, t.d. brennisteinn, köfnunarefni og lífræn efni²⁴.



Svifryk er flokkað eftir stærð agnanna. Þær sem eru minni en 10 μm í þvermál (1 μm = 1 míkrómetri sem jafngildir einum milljónasta úr metra) eru kallaðar PM10 (PM, particulate matter), meðan agnir minni en 2,5 μm í þvermál kallast PM2.5 ryk og þær sem eru smærri en 1 μm í þvermál kallast PM1 ryk. Örfínt ryk (UFP, ultra-fine particles) er minna en 0,1 μm í þvermál. Til samanburðar má geta þess að mannhár er um 60 μm í þvermál.

Efnasamsetning svifryks fer eftir uppsprettunni, og eru helstu efnisþættir þess steinefni, sjávarsalt, súlfat, níturat, ammoníak og kolefni. Með kolefni er bæði átt við frumefnið á formi grafíts og lífrænt kolefni sem getur verið leifar ófullkomins bruna á eldsneyti eða lífrænt efni á borð við frjókorn eða örverur. Mælingar í Evrópu sýna að steinefnaryk og sjávarsalt eru fremur bundin grófari hluta svifryksins, en kolefni, ammoníak og súlfat einkenna fínt svifryk. Einnig reynist hlutfall nítrats og súlfats minna í PM10 ryki í þéttbýli en dreifbýli, en hlutfall kolefnis er hærra í þéttbýli og hæst í nálægð við umferðaræðar. Bakgrunnsstyrkur PM10 ryks á meginlandi Evrópu er 7,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM2.5 ryks 4,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ²⁵. Líklegt er talið að ársmeðaltal svifryksbakgrunnsins (PM10) á Íslandi sé á bilinu 5-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ²⁶.

Rykmengun innandyra hefur oft annan uppruna en utandyra og ræðst einkum af starfsemi á viðkomandi stað, fjölda einstaklinga eða dýra í húsnæðinu, gerð gólfefna og áklæða á húsgögnum, og síðast en ekki síst af þrifum. Dæmi um tegundir ryks innandyra eru tóbaksreykur, agnir sem myndast vegna matargerðar, frjókorn, agnir af fatnaði, húðflögur og flasa, agnir frá dýrum, óhreinindi undan skóm, mygla og gerlar, og sót frá kertaljósum og eldstæðum. Ryk innandyra er einnig háð ryki í útilofti og hversu greitt það berst inn. Það fer eftir þéttleika húss, opnum gluggum og því hversu vel loftræstikerfið hreinsar loftið. Í húsum með síulaus loftræstikerfi á ryk sem er minna en 1 μm greiða leið inn, en ryk sem er stærra en 30 μm sest að miklu leyti til í loftræstikerfinu. Síun, sérstaklega rafsíun, dregur úr innstreymi smágerða ryksins²⁷.

Aðstæður í nágrenni byggingar hafa einnig áhrif. Þannig gerir t.d. danski staðallinn DS 3033 ráð fyrir að hús teljist á sérlega menguðu svæði ef það stendur innan við 100 m frá götu sem fleiri en 10.000 bílar fara um á sólarhring.

²⁴ Alþjóðaheilbrigðisstofnunin – vinnunefnd, 2003

²⁵ Putaud, 2010

²⁶ Sigurður B. Finnsson og Snjólaug Ólafsdóttir, 2006

²⁷ Afsset, 2009

2.3.2 Heilsufarsleg áhrif

Svifryk er blanda ýmmissa efnasambanda, afar smárra rykagna, lofttegunda og vökva. Einstök efni og efnasambönd sem og blandan í heild hafa margvísleg áhrif á heilsu og líðan. Svifryk getur verið skaðlegt jafnvel þótt það innihaldi ekki nein eitruð efni þar sem tilvist smárra efniskorna í lungum fólks getur haft skaðleg áhrif. Heilsufarsleg áhrif svifryksins eru því háð stærð, gerð og efnasamsetningu agnanna. Aðgerðir til þess að draga úr svifryksmengun beinast að PM10 ögnum því þær geta borist langt niður í öndunarfærin. Athyglin hefur í auknum mæli beinst að smæstu ögnunum, þeim sem eru minni en 2,5 μm í þvermál, því þær ná lengra niður í lungun en þær sem grófari eru.

Stórar erlendar faraldsfræðilegar rannsóknir hafa leitt í ljós að í borgum þar sem loftmengun er mikil eru marktækt auknar líkur á að menn deyi vegna lungnateppu, lungnakrabbameins, astma og hjarta- og æðasjúkdóma²⁸. Rannsóknir hafa einnig sýnt aukna tíðni hjartaáfalla, heilablóðfalls og hjarta- og æðasjúkdóma á svæðum þar sem svifryksmengun er mikil²⁹. Loftmengun hefur einnig áhrif á nýgengi langvinnrar lungnateppu og eru svifryk og köfnunarefnissambönd þar áhrifamest. Fólk sem býr á svæðum með mikilli loftmengun missir blástursgetu (FEV1) hraðar en þeir sem búa við minni mengun, en blástursgeta segir til um starfsgetu eða ástand lungnanna. Þessi áhrif hverfa ef loftmengunin í umhverfi minnkar³⁰. Áætlað hefur verið að svifryksmengun árið 2000 hafi dregið úr lífslíkum á Evrópska efnahagssvæðinu um níu mánuði að meðaltali. Töluverður munur er þó eftir svæðum³¹.

Áhrif loftmengunar á börn geta verið veruleg og t.d. hægt á þroska lungnanna. Flytji börnin yfir á svæði þar sem loftmengun er minni ganga þessi áhrif til baka³². Umdeilt er hvort loftmengun stendur í tengslum við aukið nýgengi astma og ofnæmis á Vesturlöndum, en nokkrar vísbendingar eru um slíkt.

Mengun vegna lífræns ryks var lengi vandamál í íslenskum sveitum. Mjög hefur dregið úr því með notkun loftþéttra rúllubagga og nýleg rannsókn á íslenskum bændum, sem m.a. tók til öndunarfærasjúkdóma, bendir ekki til þess að loftmengun hafi veruleg áhrif í vinnuumhverfi bænda³³. Ein rannsókn hefur sýnt áhrif lífrænnar mengunar frá svínabúi á algengi öndunarfæraeinkenna í börnum³⁴. Þetta gæti mögulega verið áhyggjuefni þar sem stór svínabú eru nálægt íbúðabyggð.

Rykmengun af náttúrulegum orsökum er vel þekkt á Íslandi, ekki síst vegna uppblásturs og sandstorma í þurru hvassviðri. En aðrar ástæður geta einnig valdið mikilli loftmengun og er skemmst að minnast öskufalls frá eldgosunum í Eyjafjallajökli og Grímsvötnum. Eldgosið í Eyjafjallajökli vorið 2010 vakti spurningar um áhrif eldfjallaösku á heilsu manna og dýra. Rannsókn á vegum sóttvarnalæknis í kjölfar eldgossins sýndi að öskufallið hafði ekki veruleg bráðaáhrif á heilsu almennings í nágrenni við eldstöðvarnar, en undirliggjandi einkenni frá



²⁸ Dockery, 1993; Pope, 2004; Miller, 2007; Pope, 2009

²⁹ Silverman, 2010; Lenters, 2010; Rosenlund, 2009

³⁰ Downs, 2007

³¹ Umhverfisstofnun Evrópu, 2007

³² Gauderman, 2007

³³ Sigurðarson, 2008

³⁴ Sigurðarson, 2006

öndunarfærum versnuðu þó í kjölfar gossins. Ítarleg rannsókn með spurningakönnun hálfu ári eftir eldgosið sýnir marktæk áhrif á öndunarfæri, augu og húð, ásamt auknu andlegu álagi meðal íbúa í nágrenni við Eyjafjallajökul³⁵.

2.3.3 Leiðbeiningar og ákvæði reglugerða

Heilsuverndarmörk fyrir svifryk eru sett í reglugerð nr. 251/2002, um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings. Reglugerðin gildir um andrúmsloft og er loft innandyrá undanskilið. Heilsuverndarmörk ársmeðaltals fyrir svifryk (PM10) eru 20 µg/m³. Heilsuverndarmörk fyrir hvern sólarhring eru 50 µg/m³ og er leyfilegt að fara yfir mörkin 7 sinnum á ári. Við gildistöku reglugerðarinnar árið 2002 voru mörkin fyrir ársmeðaltal 40 µg/m³ og leyfilegt var að fara yfir sólarhringsmörkin, 50 µg/m³, 35 sinnum á ári. Mörkin voru hert í þrepum til ársins 2010. Reglugerðin byggir á tilskipun ESB, en henni var breytt þannig að nú gilda innan ESB sömu mörk og við setningu íslensku reglugerðarinnar, þ.e. 40 µg/m³ fyrir ársmeðaltal og 50 µg/m³, sem heimilt er að fara yfir 35 sinnum á ári.. Þessi mörk fyrir PM10 ryk er því að finna í tilskipun Evrópusambandsins, nr. 50 frá 2008. Unnið er að innleiðingu tilskipunarinnar á Íslandi. Í tilskipuninni eru gerðar kröfur um hámarksstyrk á fíngerðu svifryki PM2.5 en ekki voru nein mörk á því í eldri reglugerðinni. Samkvæmt tilskipuninni verða viðmiðunarmörk fyrir ársmeðaltal PM2.5 ryks 25 µg/m³ frá ársbyrjun 2015, en lækka síðan og verða 20 µg/m³ frá ársbyrjun 2020. Í þéttbýli þar sem bakgrunnsgildi PM2.5 ryks er hærra en 8,5 µg/m³ skulu yfirvöld gera ráðstafanir til þess að draga úr menguninni. Yfirvöld skulu einnig gera sérstakar áætlanir fyrir svæði þar sem styrkur mengandi efna mælist yfir mörkum.

Tafla 4. Heilsuverndarmörk fyrir ryk.

	Sólarhringsmeðaltal*	Ársmeðaltal		
		Gildandi	Árið 2015**	Árið 2020**
PM10	50 µg/m ³	20 µg/m ³	40 µg/m ³	40 µg/m ³
PM2.5	Engin mörk	Engin mörk	25 µg/m ³	20 µg/m ³

* Heimilt er að farið sé yfir sólarhringsmeðaltalið í 7 skipti á ári.

** Lágmarks heilsuverndarmörk skv. tilskipun nr. 2008/50/EB, sem hefur enn ekki verið innleidd á Íslandi.

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin hefur gefið út leiðbeiningar með viðmiðum fyrir styrk ryks, ósons, köfnunarefnisoxíða og brennisteinsdíoxíðs í lofti³⁶. Leiðbeiningarnar sem byggjast á rannsóknum á áhrifum ryks á heilsu miðast við ryk sem er 10 µm (PM10) eða minna í þvermál og ryk sem er 2,5 µm (PM2.5) eða minna í þvermál. Ekki hefur verið unnt að skilgreina hvaða magn ryks gæti talist hættulaust. Mælt er með því að sett verði æ strangari mörk fyrir rykmengun og fylgst með því hvernig rykmengun þróast. Núgildandi viðmiðunarmörk Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar fyrir PM10 ryk eru 20 µg/m³ að ársmeðaltali og 50 µg/m³ sólarhringsmeðaltal. Viðmiðunarmörk fyrir PM2.5 ryk eru helmingi lægri.

Vísindamenn á sviði svifryksmengunar hafa vaxandi áhyggjur af mengun af örfínu ryki, sem er minna en 0.1 µm í þvermál. Það hefur þó ekki reynst unnt að setja viðmiðunarmörk um hámarksstyrk þess í andrúmslofti vegna skorts á upplýsingum um áhrif útsetningar á heilsu manna³⁷.

³⁵ Carlsen, 2012a og 2012b

³⁶ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006

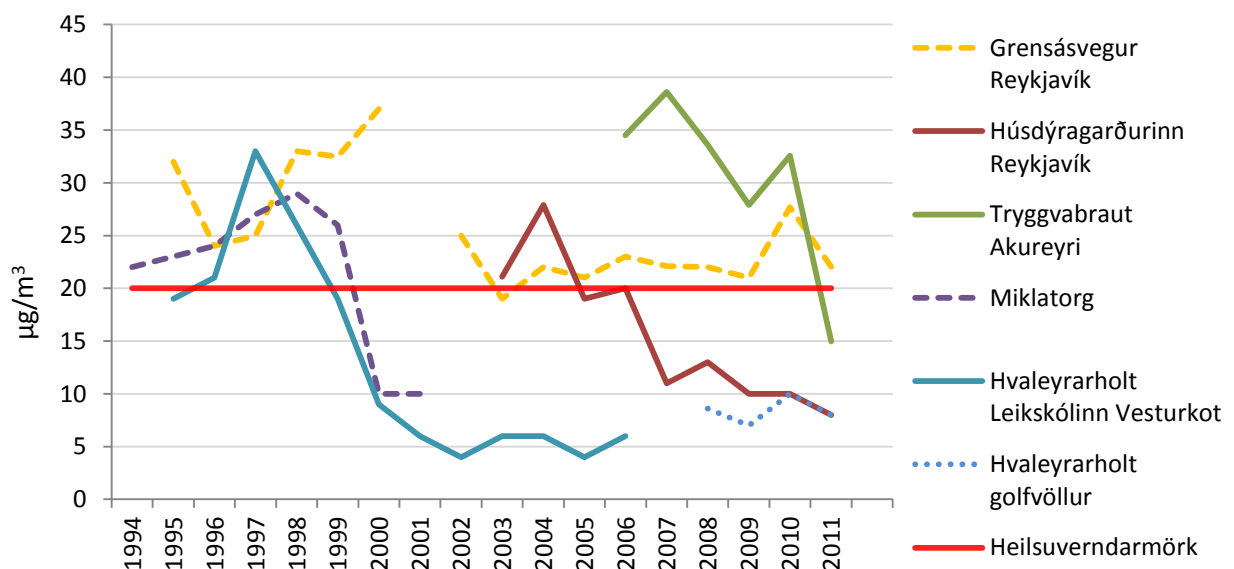
³⁷ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006

Vegna eldgossins í Eyjafjallajökli 2010 voru um tíma settar upp mælistöðvar á Hvolsvelli, Heimalandi og Raufarfelli undir Eyjafjöllum og í Vík í Mýrdal. Þegar frá leið var mælistöðvum fækkað og nú er aðeins mælt svifryk á Raufarfelli undir Eyjafjöllum. Þegar eldgosið í Grímsvötnum hófst ári síðar var settur upp viðbótarmælir á Kirkjubæjarklaustri, en ári eftir að því gosi lauk var hann færður austur í Fljótshverfi.

Til að auðvelda fólki að átta sig á styrk svifryks í eldgesi eða moldroki útbjó Umhverfisstofnun myndband sem sýnir á einfaldan hátt samband skyggis og styrks loftmengunar. Myndbandið gagnast til að meta gróflega styrk svifryks á svæðum þar sem ekki eru mælingar í nærrauntíma. Það byggir á staðbundnum áhrifum á skyggni. Myndbandið má sjá á Youtube (<http://www.youtube.com/watch?v=bdZaUzrXIXM>).

Þróun loftmengunar í Reykjavík hefur fyrst og fremst verið metin með hliðsjón af gögnum frá mælistöðinni við Grensásveg. Þrátt fyrir stóraukna umferð síðan mælingar hófust þar árið 1994 hefur dregið úr loftmengun við Grensásveg. Fram til ársins 2000 sveiflaðist ársmeðaltalið frá 25 til 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en frá aldamótum hefur ársmeðaltalið verið rúmlega 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Mynd 6 sýnir að ársmeðaltal svifryks hefur farið lækkandi og reynst undir þeim 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ viðmiðunarmörkum sem sett eru í reglugerð fyrir svifryk, að undanskildum mælistöðvunum við Grensásveg og Tryggvabraut á Akureyri.

Meginorsök þessarar lækkunar er talin vera breytt veðurlag, einkum aukin úrkoma³⁹, en einnig aka færri bílar á nagladekkjum. Í marsmánuði árið 2001 voru um 67% ökutækja á negldum hjólbörðum en aðeins 34% ökutækja á sama tíma árs árið 2011⁴⁰. Þá skiptir máli að malbikið í Reykjavík er um tvöfalt slitsterkara en það var áður fyrr vegna bættra aðferða við efnisval og framleiðslu⁴¹.



Mynd 6. Ársmeðaltal svifryks 1994-2011 við Miklatorg, Grensásveg, í Húsdýragarðinum, á Hvaleyrarholti í Hafnarfirði og Tryggvabraut á Akureyri⁴².

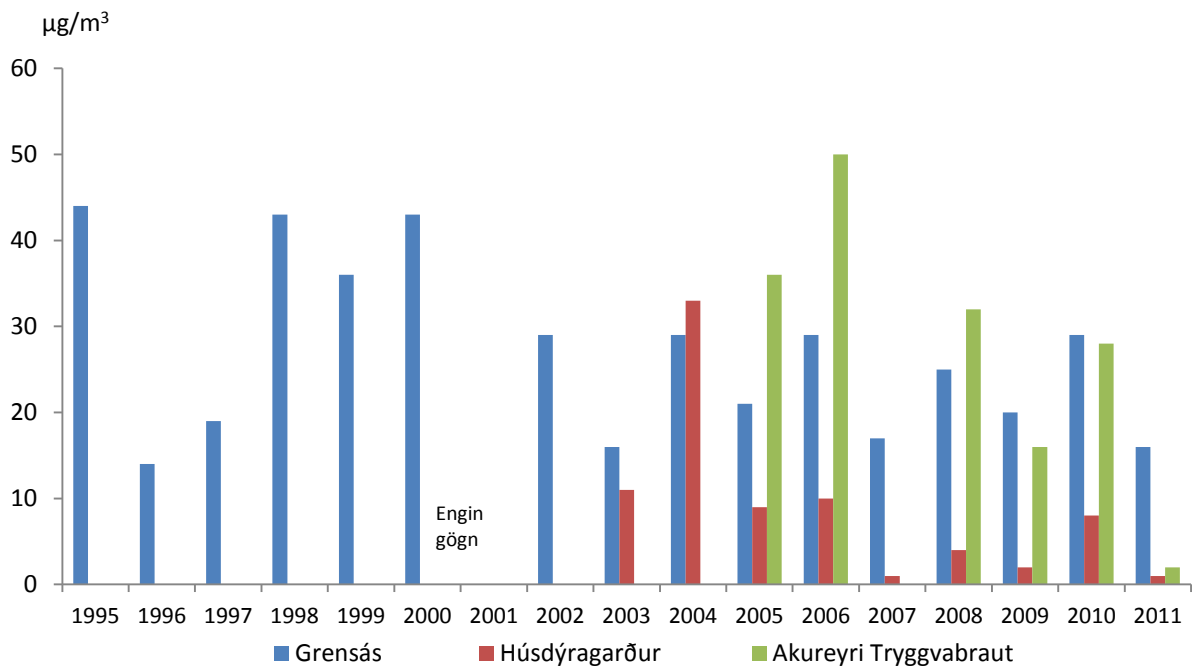
³⁹ Sigurður B. Finnsson og Snjólaug Ólafsdóttir, 2006

⁴⁰ Reykjavíkurborg, 2011

⁴¹ Pétur Pétursson, 2012

⁴² Umhverfisstofnun, 2013b

Auk ársmeðaltals er svifryksmengun metin út frá fjölda sólarhringa þegar mengun fer yfir heilsuverndarmörkin $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



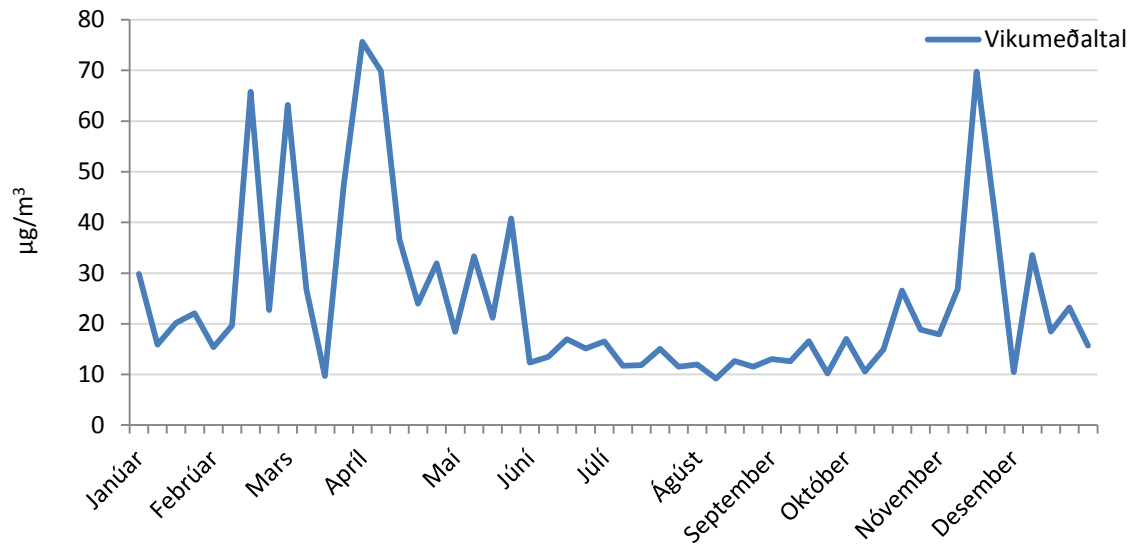
Mynd 7. Fjöldi sólarhringa þegar svifryk fór yfir heilsuverndarmörk ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) árin 1995-2011 á Grensásvegi (bláar súlur), í Húsdýragarðinum (rauðar súlur) og við Tryggvabraut á Akureyri (grænar súlur)⁴³. Leyfilegur fjöldi daga á ári yfir heilsuverndarmörkum var 35 skipti árin 2002-2005. Eftir 2005 lækkuðu mörkin í þrepum og er síðan 2010 heimilt að fara yfir mörkin 7 sinnum á ári.

Árin 1995, 1998 og 2000 var svifryksmengun við Grensásveg yfir heilsuverndarmörkum í meira en 40 sólarhringa hvert ár. Almennt hefur svifryksmengun minnkað á síðustu árum. Þessi þróun hefur orðið þrátt fyrir að íbúafjöldi og bifreiðaeign hafi aukist. Aukna svifryksmengun árið 2010 má að stærstum hluta rekja til eldgossins í Eyjafjallajökli.

Á höfuðborgarsvæðinu mælist að jafnaði meiri loftmengun á veturna en á sumrin. Hvað svifryk varðar eru tvær meginástæður fyrir þessum árstíðamun. Annars vegar er slit á götum af völdum nagladekja eingöngu bundið við vetrarmánuðina. Hins vegar eru veðuraðstæður sem valda hitahvörfum algengari að vetri til. Hitahvörf virka sem pottlok á uppstreymi lofts þannig að lofmengun safnast fyrir og getur náð miklum styrk. Á sumrin myndast hitahvörf síður vegna meiri sólargæslunar og hitaústreymis frá jörðu.

Þessu getur hins vegar verið öfugt farið utan þéttbýlis. Á ákveðnum svæðum gætir svifryksmengunar einna helst í moldar- eða sandfoki frá nálægum uppblásturssvæðum og eðli málsins samkvæmt eykst sandfok er snjóla leysir og jörð nær að þorna. Einnig er ryk frá malarvegum víða úti á landi vandamál í þurrkum að sumri til. Umfang þessa er þó óþekkt og áhrif á íbúa dreifbýlla svæða einnig. Á mynd 8 má sjá dæmigerða árstíðasveiflu svifryks í nágrenni við umferðargötu í þéttbýli. Mengunin er minnst yfir sumarið en eykst í vetrarbyrjun og helst há fram eftir vori. Algengt er að verstu tímabilin séu í lok vetrar. Þá hafa nagladekk slítið malbiki allan veturinn og götur eru almennt mjög óhreinar. Oft er umhleyppingatið meginpart vetrar þannig að yfirborð gatna nær lítið að þorna. Þegar líður fram á vorið þornar og ryk eftir slit á malbiki í vikur eða mánuði samfleytt þyrlast upp.

⁴³ Umhverfisstofnun, 2013c



Mynd 8. Vikumeðaltöl svifryks árið 2006 við Grensásveg í Reykjavík⁴⁴.

Eiginleikar malbiks, gerð þess og efnainnihald, hafa mikil áhrif á svifryksmyndun. Til dæmis valda nagladekk mun meiri svifryksmengun þegar ekið er á granítmalbiki en kvarsítmalbiki⁴⁵, en engar rannsóknir hafa verið gerðar á svifryksmyndun frá malbiksgerðum úr íslenskum bergtegundum. Efnagreining svifrykssýna frá Miklatorgi 1999–2002 sýndi hins vegar að um 55% þess stöfuðu frá malbiki, 25% voru jarðvegur, 11% salt, 7% sót og 2% komu úr bremsuborðum⁴⁶. Nýlegar rannsóknir sýna að PM10-ryk vegna nagladekkja eykst með þyngd naglanna, fjölda nagla í hverju dekki og auknum aksturshraða. Umhirða vega skiptir einnig máli, en rykmyndun eykst 10–20-falt þegar sandur er borinn á þurran veg⁴⁷, en við hálkuvörn veldur sandur (agnastærð 0–8 mm) mun meira svifryki en mulið granít (2–4 mm)⁴⁸.

Svifryk er mælt við stóriðjusvæðin við Straumsvík, Grundartanga og á Reyðarfirði og eru skilgreind svokölluð þynningarsvæði mengunar umhverfis iðnaðarsvæðin. Innan þynningarsvæðis má styrkur ákveðinna efna í andrúmslofti fara yfir viðmiðunarmörk en utan þynningarsvæðanna er það ekki leyfilegt. Almennu loftgæðamælingar í nágrenni stóriðjusvæðanna gerðar rétt utan þynningarsvæðanna til að sannreyna að mengun fari ekki yfir leyfileg mörk. Á Reyðarfirði er svifryk (PM10) mælt á fjórum stöðum umhverfis stóriðjusvæðið. Ársmeðaltöl mælinganna árin 2009 og 2010 voru 7,4 µg/m³ og 7,3 µg/m³. Sólarhringsmeðaltöl liggja ekki fyrir en mánaðarmeðaltöl árið 2010 lágu á bilinu 3,3 µg/m³–12,7 µg/m³⁴⁹.

Á Grundartanga eru loftgæði mæld á tveimur stöðum, við Kríuvörðu sem er norðaustan iðnaðarsvæðisins og Stekkjarás sem liggur suðvestanmegin undir Akrafjalli. Stekkjarás er eldri mælistöð þar sem ryki er safnað á síur og fást því ekki upplýsingar um einstaka daga heldur eingöngu lengri tímabil. Mælistöðin við Kríuvörðu er hins vegar nýleg og sýnir hún mælingar í nærrauntíma. Árið 2010 var ársmeðaltal svifryks við Kríuvörðu 7 µg/m³ en sólarhringsmeðaltal fór þrisvar yfir heilsuverndarmörk og var það tengt öskufoki frá Eyjafjallajökli. Ársmeðaltal svifryks á Stekkjarási var 14 µg/m³⁵⁰.

⁴⁴ Umhverfisstofnun, 2013d

⁴⁵ Gustafsson, 2008

⁴⁶ Bryndís Skúladóttir o.fl., 2003

⁴⁷ Kupiainen, 2011

⁴⁸ Gustafsson, 2005

⁴⁹ Alcoa Fjarðaál, 2011

⁵⁰ Norðurál og Elkem, 2011

Loftgæði eru mæld á Hvaleyrarholti í nágrenni iðnaðarsvæðisins í Straumsvík. Eins og sjá má á mynd 6 hefur ársmeðaltal svifryks á Hvaleyrarholti frá aldamótum verið á bilinu 5–10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ekki eru dæmi þess að svifryk utan þynningarsvæða stóriðju hafi farið yfir mörk vegna ryks sem rekja má til starfseminnar. Ársmeðaltal svifryks á mælistöðvum umhverfis stóriðjusvæðin þrjú hefur því reynst vel innan þeirra marka sem sett eru í reglugerð.

Ryk innandryra

Árið 2008 voru loftgæði rannsökuð hér á landi í 74 skólastofum 8. og 9. bekkinga í 15 grunnskólum á höfuðborgarsvæðinu. Rykstyrkur (PM10) í skólastofunum mældist á bilinu 6–160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og var meðalstyrkurinn 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (staðalfrávik 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Í fjórum skólanna var meðalstyrkur ryks 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ eða hærri, en á bilinu 6–10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ í þeim skóla þar sem hann var lægstur. Ekki fannst tölfræðilega marktækt samband milli ryks innanhúss og utan. Meðalstyrkur ryks utanhúss mældist að jafnaði 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ á því tímabili sem mælingarnar voru gerðar í skólunum⁵¹.

Ryk (PM10) á heimilum í Svíþjóð, Noregi og Hollandi reyndist að meðaltali 15, 26 og 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ í samantekt sem unnin var fyrir félagsmálayfirvöld í Svíþjóð⁵². Fram kemur í skýrslunni að ryk í skólum og á dagheimilum er að jafnaði meira en á heimilum, en töluverður munur reyndist á niðurstöðum mismunandi rannsókna. Í Svíþjóð var heildarstyrkur ryks í skólum á bilinu 20–120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en mun hærri í Finnlandi eða 120–280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Þessu var öfugt farið með dagheimili, því á sænskum dagheimilum mældist heildarrykið 41–85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en á þeim finnsku 17–33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Í Frankfurt var ryk mælt í tveimur skólum í þrjár vikur og reyndist meðalstyrkur ryks í skólastofum vera 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁵³. Starfsemi í stofunum og fjöldi einstaklinga hafði afgerandi áhrif, en meðalrykmagn utandyra á sama tímabili var mun lægra, eða 22–35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Með því að þrifa stofurnar fimm sinnum í stað tvisvar í viku lækkaði meðalrykmagn úr 79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ í 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Rannsóknin á svifryksmengun í íslenskum skólum og erlendar rannsóknir sýna að þótt töluverður munur sé milli skóla er ekki óalgengt að í skólastofum fari ryk yfir viðmiðunarmörk fyrir sólarhringsmeðaltal í andrúmslofti, 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.3.5 Samanburður við önnur Evrópulönd

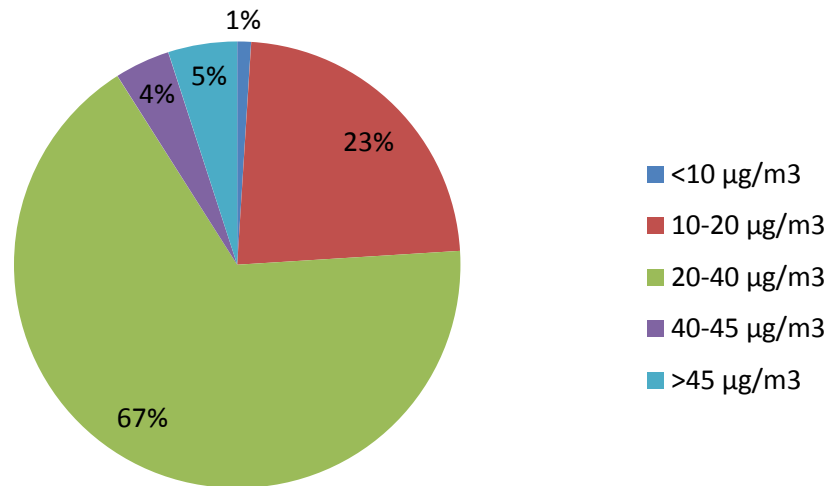
Umhverfisstofnun Evrópu tók árið 2009 saman skýrslu um svifryks- og ósonmengun í Evrópu⁵⁴ þar sem m.a. er metið hversu margir búa við ákveðna svifryksmengun í Evrópu og er miðað við reglugerðir þar að lútandi. Mynd 9 sýnir hlutfall íbúa sem búa við ákveðið ársmeðaltal PM10 í Evrópu, þar sem heilsuverndarmörk ársmeðaltals svifryks (PM10) eru 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

⁵¹ Vanda Úlfrún Liv Hellsing, 2009

⁵² Socialstyrelsen - Svíþjóð, 2006

⁵³ Heudorf o.fl., 2009

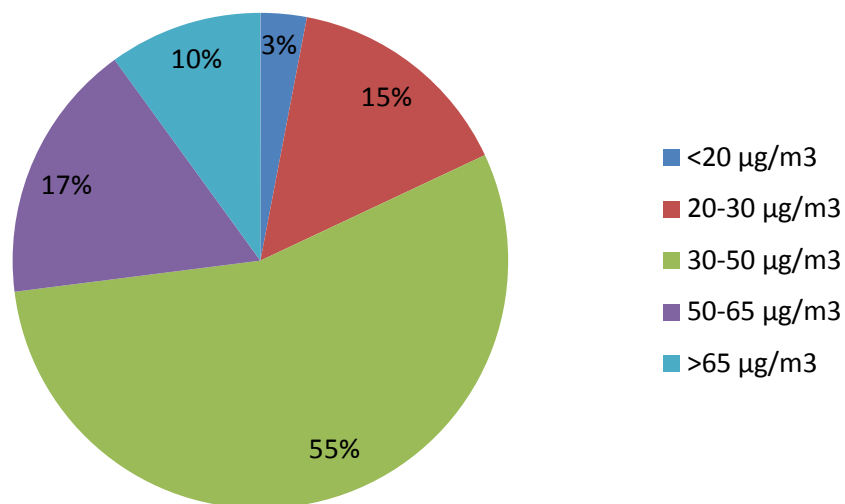
⁵⁴ Umhverfisstofnun Evrópu, 2009



Mynd 9. Hlutfall íbúa Evrópu sem bjó við ákveðið ársmeðaltal PM10 svifryks ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) árið 2005⁵⁵.

Eins og fram kemur á myndinni bjuggu 91% íbúa Evrópu við ársmeðaltal PM10 svifryks undir $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og níu af hundraði bjuggu við svifryksmengun yfir reglugerðarmörkum. Til samanburðar var ársmeðaltal svifryks á nokkrum mælistöðvum á Íslandi árið 2005 á bilinu $4,5\text{-}21,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Samkvæmt reglum ESB má sólarhringsmeðaltal PM10 ryks ekki fara yfir $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oftar en 35 sinnum á ári. 36. hæsta meðaltalið skal því vera undir $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Á mynd 9 er sýnt 36. hæsta sólarhringsmeðaltal PM10 svifryks og hlutfall íbúa álfunnar sem bjó við það.



Mynd 10. 36. hæsta sólarhringsmeðaltal PM10 svifryks og hlutfall íbúa Evrópu sem bjó við það meðaltal árið 2005⁵⁶.

⁵⁵ Umhverfisstofnun Evrópu, 2009

⁵⁶ Umhverfisstofnun Evrópu, 2009

Á myndinni sést að 73% íbúa Evrópu bjuggu við sólarhringsmeðaltal svifryks sem var innan marka ESB, þ.e. 36. hæsta meðaltalið var undir $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tuttugu og sjö prósent íbúa Evrópu bjuggu hins vegar við svifryksmengun sem liggur yfir reglugerðarmörkunum, 17% bjuggu við styrk á bilinu $50\text{--}65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og 10% íbúa Evrópu máttu þola styrk yfir $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Árið 2005 var 36. hæsti sólarhringsstyrkur PM10 ryks $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ við Grensásveg og $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ í Húsdýragarðinum. Miðað við aðrar Evrópuþjóðir falla þau gildi í flokk 30-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en mælistöðin á Hvaleyrarholti er í lægsta flokki með 36. hæsta sólarhringsmeðaltal undir $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ekki eru til upplýsingar um hversu stórt hlutfall Íslendinga býr við ákveðna svifryksmengun, eins og sýnd er í skífuritunum hér að ofan. Hér er því styrkur mengunar á einstökum mælistöðvum á Íslandi borinn saman við styrk mengunar sem ákveðið hlutfall íbúa býr við. Samanborið við gildin frá Evrópu kemur ársmeðaltal svifryks á Íslandi betur út en sólarhringsmeðaltöl, sem gæti skýrst af mengunartoppum að vori og hausti hér á landi (sjá mynd 8). Loftgæðastjórnunarkerfi gæti gefið mun meiri upplýsingar um dreifingu mengunar en nú er hægt að setja fram og möguleika á að áætla fjölda og búsetudreifingu fólks sem býr við tiltekna loftmengun.

2.3.6 Aðgerðir til þess að draga úr göturyki og ryki frá framkvæmdum

Slit á malbiki og umferðarhraði

Með fræðslu- og hvatningarstarfi hefur tekist að draga úr notkun negldra hjólbarða um helming frá árinu 2001. Þrátt fyrir góðan árangur eru 34% bifreiða í Reykjavík enn á negldum dekkjum á veturna. Með minni notkun nagladekkja má draga úr sliti á götum og svifryksmengun, minnka kostnað við hreinsun gatna og niðurfalla, draga úr umferðarhávaða og eyðslu eldsneytis. Nær engin vörugjöld eða tollar eru á hjólbörðum og því ekki svigrúm fyrir efnahagslegan hvata með niðurfellingu á gjöldum af ónegldum dekkjum. Hins vegar er mögulegt að skattleggja notkun nagladekkja. Þetta hefur verið gert með góðum árangri í nokkrum borgum í Noregi, þar sem er hægt er að kaupa kort sem gefur heimild til að aka á nagladekkjum allan veturinn. Slík gjöld eru ekki í dreifbýli, en gestir sem vilja aka á nögglum í þéttbýli geti keypt leyfi fyrir einstaka daga. Eðlilegt er að sveitarfélög ákveði sjálf og útfæri slíka gjaldtöku.

Oft er vísað til öryggis vegfarenda þegar rætt er um nauðsyn nagladekkja. Í Noregi var könnuð tíðni umferðaróhappa í borgum þar sem notkun nagladekkja hafði dregist mjög saman árin 2002-2009. Notkun nagladekkja hafði minnkað um helming í þremur borgum en um fjórðung í einni. Ekki varð merkjanlegur munur á óhöppum sem tilkynnt voru til tryggingarfélaganna á þessum tíma, en 2% aukning varð í slysatíðni⁵⁷.

Rannsóknir sýna að eiginleikar malbiks hafa veruleg áhrif á svifryksmyndun. Síðastliðin 30 ár hefur verið unnið mikið þróunarstarf hér á landi í því skyni að bæta gæði malbiks og lætur nærri að það sé tvöfalt slitsterkara nú en í upphafi átaksins, sem bæði hefur efnahagslegan og umhverfislegan ávinning í för með sér.

Hafa má áhrif á svifryksmengun með því að draga úr umferðarhraða. Svifryksmengun í þéttbýli á Íslandi er mest í hægviðri að vetrarlagi þegar götur eru þurrar. Efnagreiningar sýna að 55% svifryks koma frá malbiki og 25% frá jarðvegi, sem bendir til að svifrykstoppur stafi af ryki sem þyrlast upp af götum. Laust efni sem liggur á götum þyrlast upp þegar ekið er yfir það og einnig vegna vindáhrifa frá ökutækjum og aukast þau með þyngd, stærð og hraða ökutækjanna, ekki síst þegar ekið er á nögglum⁵⁸. Með því að draga úr ökuhraða þegar hætta er á svifrykstoppum mætti minnka svifryksmengun.

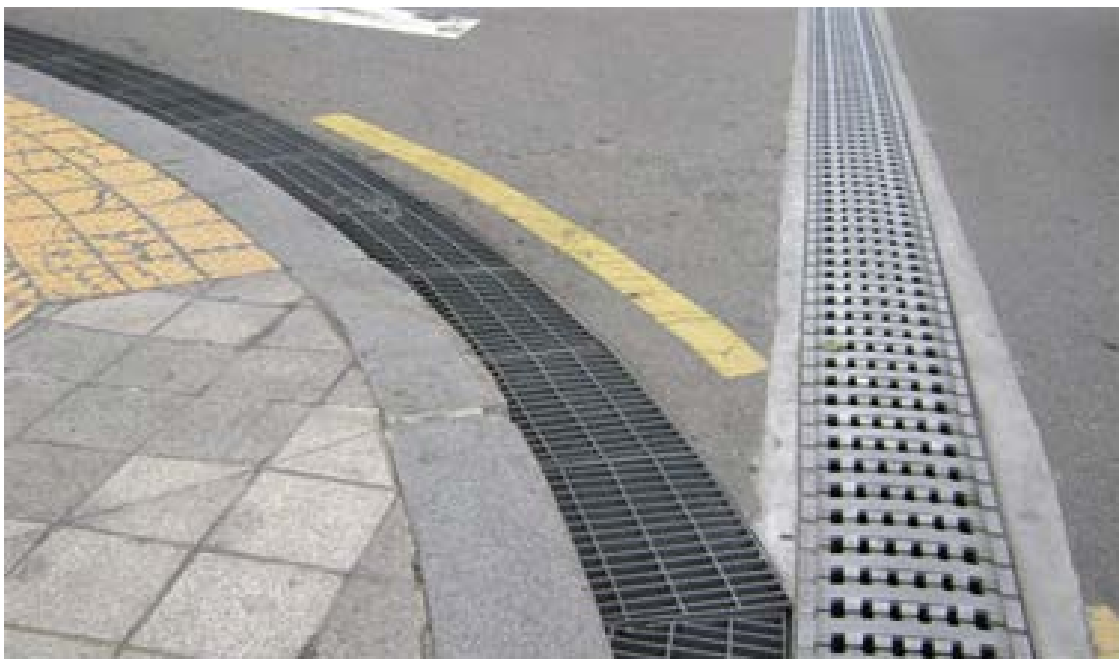
⁵⁷ Elvik, 2011

⁵⁸ Kupiainen, 2007

Hreinsun umferðargatna og rykbinding

Mikil svifryksmengun verður oft í stilltu veðri að vetrarlagi þegar götur eru snjólausar, en þá þyrlast upp ryk sem safnast hefur á götunum. Til þess að sporna við þessu eru götur sópaðar, spúlaðar eða notuð eru rykbindiefni. Lítið hefur verið skrifað um hvern árangur slíkar aðgerðir hafa varðandi svifryksmengun⁵⁹. Með spúlun og sópun má ná 20-65% ryksins. Tæki sem eru í senn burstar og ryksugur hafa gefið góða raun við götuhreinsun í Stokkhólmi, en ljóst er að þróa þarf bæði hreinsitækni, verklag og tímasetningu hreinsunaraðgerða⁶⁰. Ekki er ljóst hversu vel gatnahreinsun dugar til að draga úr svifryksmengun en hún getur átt þátt í að draga úr svifrykstoppum að vetrarlagi.

Hugsanlega mætti hanna götur þannig að þær væru meira „sjálfhreinsandi“⁶¹. Í Seúl í S-Kóreu eru víða stórar niðurfallsristar á miklum umferðargötum. Þannig ristar með sandfangi geta hugsanlega auðveldað þrif á götum (sjá mynd 11). Áhugavert væri að prófa slíka hönnun við nýbyggingu götu þar sem umferð er mikil.



Mynd 11. Niðurföll sem hindra uppsöfnun efnis í götukanti.

Notkun rykbindiefna

Rykbinding á götum Reykjavíkur hefur gefið mjög góða raun, en í Reykjavík tekur sérstakt viðbragðsteymi ákvörðun um rykbindingu⁶². Tilraunir með notkun magnesíumklóríðs í Reykjavík sýna að efnið endist í u.þ.b. fjóra sólarhringa í þurru veðri⁶³. Beita mætti rykbindingu í ríkari mæli og rykbinda einnig fjölfarnar umferðargötur í nágrennasveitarfélögum Reykjavíkur. Athugandi er hvort ekki megi samþætta rykbindingu og hálkuvarnir. Við hálkuvarnir er í auknum mæli notast við tankbíla sem dreifa saltþækli í stað saltkorna. Þeir geta einnig nýst við rykbindingu og mætti með því samnýta starfsmenn og tækjabúnað, því álagstoppur í hálkuvörnum og rykbindingu falla sjaldan saman.

⁵⁹ Amato, 2010

⁶⁰ Gustafsson, 2011

⁶¹ Sigurður Ásbjörnsson, 2006

⁶² Heilbrigðisnefnd Reykjavíkur, 2012

⁶³ Anna Rósa Böðvarsdóttir, 2010

Aðgerðir til þess að draga úr ryki frá verklegum framkvæmdum

Gömul hús sem eru rifin standa oft í grónum hverfum og getur mjög mikil rykmengun fylgt niðurrifinu, eins og sjá má á mynd 12. Sporna má við henni með því að sprauta vatni bæði meðan verið er að brjóta niður og meðan brakið er flokkað og því mokað á bíla. Heilbrigðisnefnd Reykjavíkur hefur gefið út skilyrði fyrir starfsleyfi til niðurbrots húsa og mannvirkja í borginni og þar eru settar fram kröfur um að lágmarka rykmyndun t.d. með því að nota vatn við niðurrif.



Mikil rykmengun getur verið frá niðurrifi húsa



Mjög má draga úr rykmengun við niðurrif með því að úða vatni yfir svæðið.

Mynd 12. Ryk frá niðurrifi húsa og aðgerðir til þess að draga úr rykmengun⁶⁴.

Hluti rykmengunar frá byggingariðnaði stafar af jarðvegi sem berst út í gatnakerfið með dekkjum vörubíla (sjá mynd 13). Við stórar framkvæmdir í grónum hverfum og við sölustaði jarðefna, steypustöðvar og sambærileg fyrirtæki í þéttbýli væri raunhæft að koma upp vélum fyrir þvott á vörubíladekkjum áður en ekið er út af framkvæmdasvæðum.



Mikil mold getur borist með vörubílsdekkjum frá framkvæmdasvæðum.



Dekkjaþvottavél sem æskilegt er að nota á framkvæmdasvæðum.

Mynd 13. Óhreinindi frá framkvæmdasvæðum og aðgerðir til þess að draga úr þeim⁶⁵. Ofnæmisvaldar.

2.4 Ofnæmisvaldar

Ofnæmi er sívaxandi vandamál í heiminum. Í Evrópu eru meira en 150 milljónir einstaklinga með ofnæmi og er talið að innan nokkurra áratuga komi meira en helmingur íbúa Evrópu til með að þjást af ofnæmi einhvern tíma ævinnar⁶⁶.

⁶⁴ Umhverfisstofnun, 2012

⁶⁵ Umhverfisstofnun, 2012

2.4.1 Áhrif á heilsu

Algengi ofnæmissjúkdóma í Evrópu virðist vaxa og er ekki lengur bundið við ákveðnar árstíðir⁶⁷. Hér á landi fara astmi og ofnæmi vaxandi og eru þessir kvillar algengir meðal íslenskra barna líkt og annars staðar á Vesturlöndum⁶⁸. Rannsóknir á íslenskum börnum fæddum 1987 sýna að algengi ofnæmis hefur vaxið á Íslandi og eru nú allt að 30% barna næm fyrir frjókornum hér á landi⁶⁹. Niðurstöður ISAAC II rannsóknar sem 11 ára börn hér á landi tóku þátt í árið 2000 sýna að nýgengi astma hefur hækkað þannig að 20 ný tilfelli af astma í börnum greinast á ári á hverja 100.000 íbúa. Rannsóknin sýndi einnig að helmingi herra hlutfall barna á Íslandi hafði greinst með astma en í Svíþjóð en hlutfallið var svipað og í Bretlandi. Norræn rannsókn á tíðni langvinnra sjúkdóma hjá börnum sýndi að helmingur veikra barna í rannsókninni hafði astma og var hann algengasti sjúkdómurinn sem hrjáði þau⁷⁰. Nærri fjórðungur barna hér á landi er með ofnæmi samkvæmt ofnæmisprófi⁷¹. Þetta er algengara en áður var talið og er svipuð tíðni og í Svíþjóð. Það virðist því vera full þörf á að vaka yfir loftgæðum í umhverfi barna á Íslandi.

Húðpróf fyrir ofnæmisvöldum meðal íslenskra læknanema sýndu mest viðbrögð við grasfrjó, þá fyrir köttum og síðan hundum og hestum⁷². Algengustu ofnæmisvaldar barna sem komu á ofnæmismóttöku árin 1999–2004 voru gras, kettir, hestar, birki og hundar⁷³.

Líkaminn bregst við ofnæmisvaldandi efnum í tveimur þrepum. Þegar einstaklingurinn er fyrst útsettur fyrir ofnæmisvaldandi efni verður næming þar sem líkaminn myndar mótefni, immunoglobulin E. Eftir að líkaminn hefur myndað mótefnið getur endurtekið áreiti ofnæmisvaldsins kallað fram ofnæmisviðbrögð. Minna magn ofnæmisvaldandi efna þarf til þess að valda næmingu en ofnæmisviðbrögðum.

2.4.2 Frjókorn

Gróðurfar, árstími og veðráttá ráða mestu um fjölda frjókorna í andrúmslofti og geta sveiflur milli ára verið töluverðar eins og sjá má á mynd 14. Möguleikar á að draga úr frjómagni í þéttbýli geta bæði falist í gróðurvali, þ.e. að takmarka útbreiðslu tegunda sem helst valda ofnæmi, og í umhirðu gróinna svæða.



Vindfrævaðar plöntur sem framleiða mikið magn frjókorna geta valdið frjókornaofnæmi. Algengustu ofnæmisvaldarnir á Íslandi eru gras, birki, túnsúra og hundasúra. Fjöldi frjókorna í umhverfinu fer aðallega eftir útbreiðslu þessara tegunda og tíðarfari.

Niðurstöður rannsókna og vöktunar

Frjómælingar eru gerðar árlega í Reykjavík og á Akureyri frá 15. apríl til 30. september. Náttúrufræðistofnun Íslands sinnir mælingunum í samstarfi við Veðurstofu Íslands og eru niðurstöður birtar jafnharðan í textavarpri (www.textavarp.is/193/02.html). Mælieiningin,

⁶⁶ Calderon, 2012

⁶⁷ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2007

⁶⁸ Herbert Eiríksson, 2000; Unnur S. Björnsdóttir, 2002

⁶⁹ Björn Árdal, 2011

⁷⁰ Grøholt, 2005

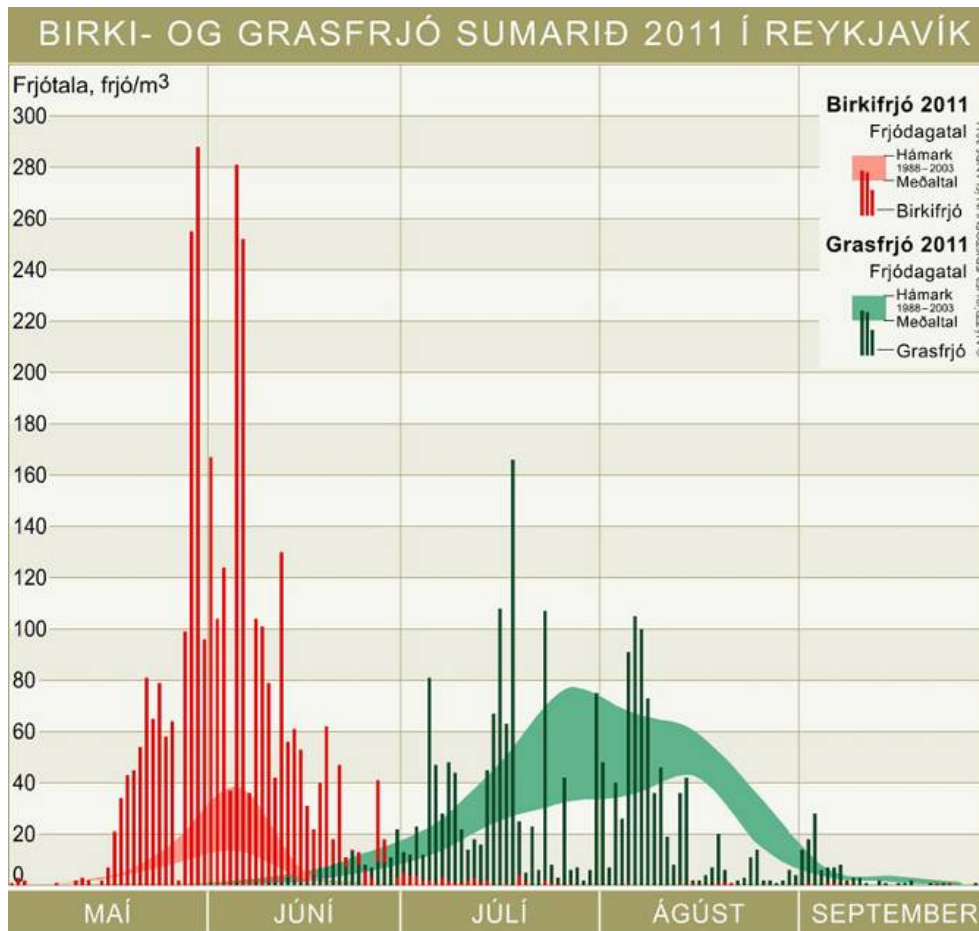
⁷¹ Clausen, 2008

⁷² Elín Bjarnadóttir, 2001

⁷³ Clausen, 2007

frjótala, er mælikvarði á fjölda frjókorna í einum rúmmetra á sólarhring. Við frjótöluna 10 finnur fólk með ofnæmi fyrst fyrir verulegum óþægindum⁷⁴.

Á mynd 14 má sjá niðurstöður frjókornamælinga árið 2011, og einnig meðaltal og hámark frjómagns miðað við 10 daga meðaltöl árunna 1988-2003⁷⁵. Fjöldi birkifrjókorna nær hámarki frá seinnihluta maí fram í byrjun júní. Grasfrjókorna fer að verða vart eftir miðjan júní og ná þau hámarki í júlí. Oft gætir grasfrjókorna einnig töluvert í ágúst. Ölur (elri), sem er af birkiætt, getur valdið óþægindum frá mars til apríl þegar fjöldi frjókorna hans nær hámarki.



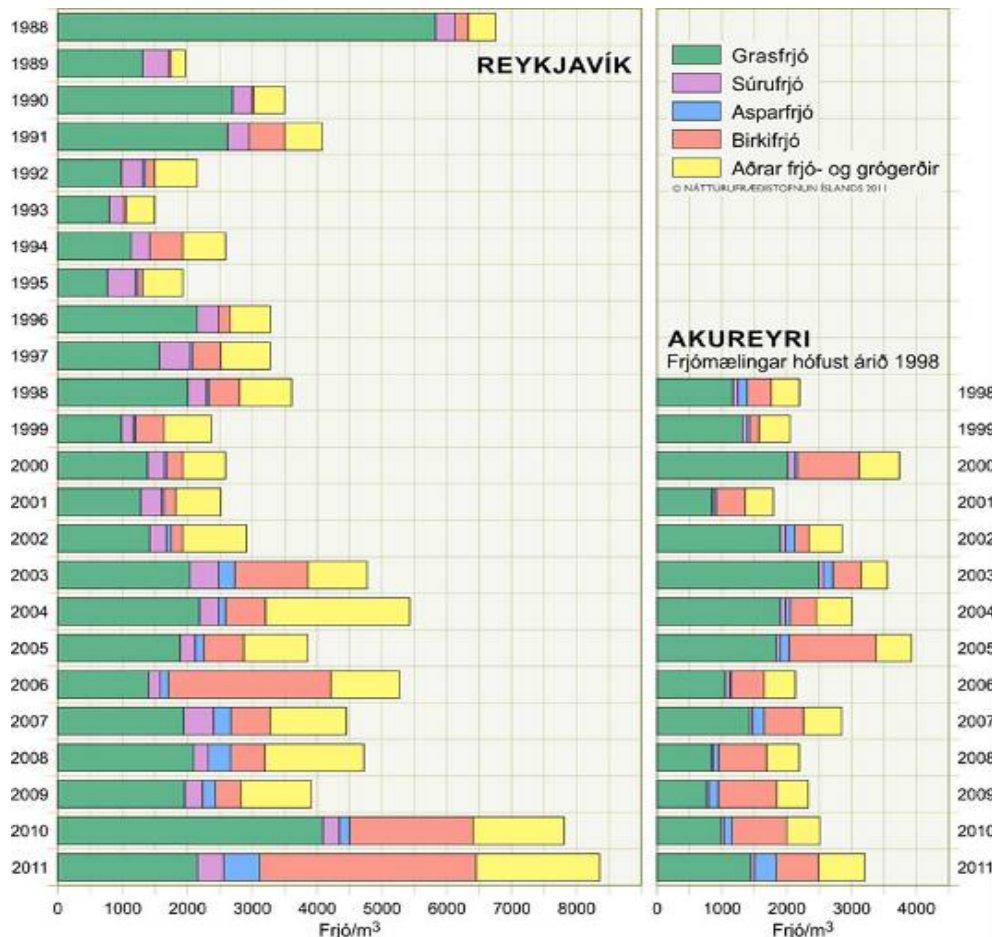
Mynd 14. Birki- og grasfrjó í Reykjavík sumarið 2011 og meðaltal og hámark frjómagns miðað við 10 daga meðaltal árunna 1988-2003⁷⁶.

Mynd 15 sýnir heildarniðurstöður frjókornatalninga í Reykjavík og á Akureyri, frá því að þær hófust til ársins 2011. Á myndinni sést að meira mælist af frjókornum í Reykjavík frá árinu 2003 en árin á undan. Met var slegið sumarið 2010 í Reykjavík, en það sumar var bæði hlýtt og sólríkt. Metið var slegið aftur sumarið 2011 vegna mikils magns birkifrjókorna. Ekki er hægt að greina sambærilega aukningu í fjölda frjókorna á Akureyri, en sumarið 2011 var heildarfjöldi frjókorna sá fjórði hæsti síðan mælingar hófust á Akureyri árið 1998.

⁷⁴ Margrét Hallsdóttir, 2007

⁷⁵ Náttúrufræðistofnun, 2011a

⁷⁶ Náttúrufræðistofnun, 2011a



Mynd 15. Heildarfrjómagn í Reykjavík 1988-2011 og á Akureyri 1998-2011⁷⁷.

2.4.3 Gæludýr

Gæludýr og húsdýr geta verið miklir ofnæmisvaldar, sérstaklega kettir, hundar, hamstrar og hestar sem eru algengir bæði í þéttbýli og dreifbýli. Áreitið er mest á dvalarstað dýranna, en rannsóknir sýna að ofnæmisvaldar geta auðveldlega borist á staði þar sem gæludýr hafa aldrei komið, því þeir loða auðveldlega við t.d. fatnað, húsgögn og teppi. Því getur gæludýrahald valdið mönnum óþægindum nánast hvar sem er.

Gæludýraeign og eftirlit

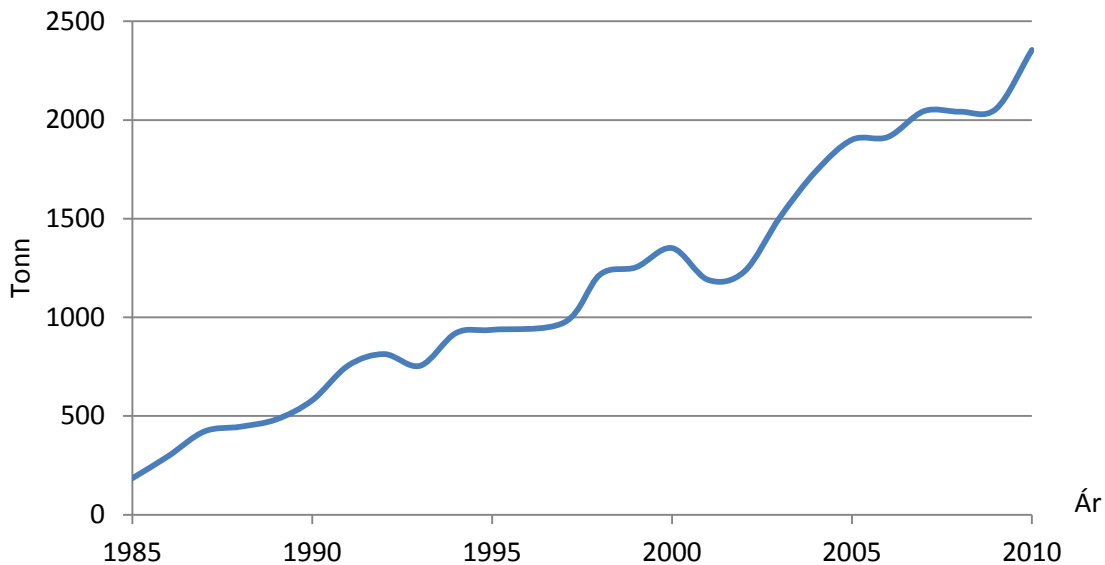
Ekkert verður fullyrt um fjölda gæludýra hér á landi, því þó að skráningarskylda sé fyrir hunda og víða einnig ketti er fjöldi gæludýra óskráður. Nokkrar upplýsingar eru þó til um þróun hundahalds í þéttbýli. Heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga eða sveitarfélög sjá um eftirlit með hundahaldi og halda skrár um hundahald á landinu. Á árabílinu 1995-2004 fjölgaði skráðum hundum um 27% í Reykjavík. Eftir árið 2004 tók hundaeign í Reykjavík verulegan kipp og voru skráðir hundar 75% fleiri árið 2010 en árið 2004⁷⁸.

Þar sem gæludýrafóður er einungis að litlu leyti framleitt innanlands gefur innflutningur þess vísbendingu um fjölda gæludýra. Eins og sést á mynd 16 hefur innflutningur á gæludýrafóðri aukist jafnt og þétt frá 1985 og um 74% á 10 ára tímabili eftir 2000⁷⁹.

⁷⁷ Náttúrufræðistofnun, 2011a

⁷⁸ Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur, 2011

⁷⁹ Landbúnaðarstofnun, 2007; Matvælastofnun, 2011



Mynd 16. Innflutt gæludýrafóður 1985- 2010 (unnið úr upplýsingum frá Landbúnaðarstofnun, 2007 og Matvælastofnun, 2011).

Ljóst má vera að gæludýrahald hefur aukist til muna á undanförunum árum með mögulegum óþægindum fyrir þá sem viðkvæmir eru.

Ákvæði laga og reglugerða

Ákvæði um gæludýrahald er að finna í reglugerð um hollustuhætti, nr. 941/2002. Þar eru tilgreind húsrými og lóðir sem óheimilt er að hleypa dýrum inn á. Þetta á m.a. við um heilbrigðisstofnanir, gististaði, veitingastaði, snyrtistofur, heilsuræktarstöðvar og samkomuhús. Um heimildir til að halda gæludýr í heimahúsum er vísað til samþykkt einstakra sveitarfélaga og laga um fjöleignarhús. Í reglugerð nr. 907/2005 um daggæslu barna í heimahúsum kemur fram að áður en gæsla hefst skuli dagforeldri gera foreldrum grein fyrir aðstæðum á heimilinu sem geta haft áhrif á líðan barns, t.d. ef gæludýr er á heimilinu.

Breyting á lögum um fjöleignarhús, nr. 26/1994, var samþykkt á Alþingi 15. apríl 2011. Lagafrumvarpið laut að því að skoða fyrirmæli laga um hundahald í fjöleignarhúsum með tilliti til leiðsögu- og hjálparhunda. Með lagabreytingunni er fótluðum nú heimilt að halda leiðsögu- eða hjálparhund óháð takmörkunum laganna. Þörf er á að bæta löginn þannig að skýrt sé hvaða reglur gilda um hunda- og kattahald í fjöleignarhúsum.

Niðurstöður rannsókna

Ofnæmisvaldar frá gæludýrum fylgja próteini í húðflögum þeirra, munnvatni, þvagi og saur. Um er að ræða smáar agnir sem þyrlast auðveldlega upp. Rannsókn sem gerð var í Bandaríkjunum sýndi að ofnæmisvaldar frá hundum (Can f 1) og köttum (Fel d 1) mældust á öllum heimilum, hvort sem þar voru haldin heimilisdýr eða ekki⁸⁰. Á 36% heimila þar sem ekki var haldinn hundur reyndist magn Can f 1 yfir þeim mörkum sem þarf fyrir næmingu og í 9% heimilanna var nægilegt magn til þess að valda astmaeinkennum. Meira en helmingur (56%) kattarlausra heimila reyndist vera yfir mörkum fyrir næmingu og tæp 16% yfir astmamörkum. Á heimilum með ketti og hunda voru þessar tölur miklu hærri.

⁸⁰ Arbes, 2004

Í evrópskri rannsókn á magni Fel d 1 á heimilum, þar sem ofnæmisvaldurinn var mældur í ryki úr rúmdýnum, fannst Fel d 1 á 85,5% heimila í Reykjavík, þrátt fyrir að kattæign næmi aðeins 12,6%⁸¹.

Af framansögðu er ljóst að ofnæmisvakar frá gæludýrum berast auðveldlega inn í húsnæði, m.a. híbýli fólks þar sem gæludýr hafa ekki átt aðgang. Einnig hefur mikil aukning orðið á gæludýrahaldi á undanförunum árum sem leiðir af sér aukið magn ofnæmisvaldandi efna og þar með aukið álag á viðkvæma einstaklinga.

2.5 Raki og myglusveppir

2.5.1 Eiginleikar – uppruni

Með myglu er venjulega átt við sveppi sem eru lífverur sem skortir blaðgrænu og fjölga sér með gróum. Myglusveppir geta framleitt ofnæmisvaldandi efni og sveppaeitur og ennfremur er talið að glucan-efni í frumuveggjum myglusveppa geti haft slæm áhrif á heilsu⁸². Líklegt er talið að í heiminum séu nálægt 1,5 milljónir tegunda sveppa⁸³. Sveppir finnast hvarvetna í umhverfinu og berast auðveldlega inn í hús, t.d. við loftræstingu eða á fatnaði og skóm fólks. Sveppir eru í ryki og sitja á yfirborði innanhúss hvort sem þar eru rakavandamál eða ekki. Þar sem aðstæður eru hagstæðar vaxa sveppir vel, geta breiðst hratt út og skapað vandamál. Til þess að þrífast þurfa sveppir raka og næringu. Næringu fá sveppirnir úr því yfirborði sem þeir setjast á, t.d. við pappír, málningu, lím eða óhreinindi. Sumar tegundir sveppa þrífast best á ákveðinni næringu, t.d. *Stachybotrys*-sveppurinn sem nærast gjarna á sellulósa og vex því sérstaklega vel á veggfóðri og gipsplötum. Næring er þó sjaldnast takmarkandi þáttur heldur stjórnast myglumyndun af rakastigi yfirborðsins sem stýrir því hve vel sveppurinn vex og hvaða tegund þrífst þar, því mismunandi sveppir hafa ólíkar rakaparfir. Sveppir af tegundunum *Aspergillus* og *Penicillium* geta vaxið við tiltölulega lágan raka (rakavirkni⁸⁴ < 0,8) á meðan aðrar tegundir (t.d. *Stachybotrys*) þurfa mikinn raka (rakavirkni > 0,9), en þá er um að ræða alvarleg rakavandamál. Byggingarefni hafa ákveðið rakapol með tilliti til myglu miðað við rakastig⁸⁵. Til dæmis er rakapol timburs og trjávara á bilinu 75–80%, rakapol gipsplatna með pappa 80–85%, rakapol steinullar og hreinna steyptra flata 90–95%, og rakapol ryks og óhreininda 70–75%⁸⁶. Ef loftraki innanhúss er undir 70% er því ekki hættu á myglu. Hafa ber í huga að rakastig er háð hitastigi og því getur raki auðveldlega þétt á köldu yfirborði, t.d. illa einangruðum glugga eða útvegg þar sem hitastigið er lægra og rakastig því hærra.



2.5.2 Raki í húsum

Í könnun sem gerð var á Íslandi, Danmörku, Noregi, Svíþjóð og Eistlandi reyndust vera rakavandamál á um 23% heimila í Reykjavík og á um 7% heimila sást mygla⁸⁷. Könnun á rakavandamálum í húsum í Reykjavík og á Akureyri sem gerð var árið 2005 leiddi í ljós

⁸¹ Heinrich, 2006

⁸² Institute of Medicine, 2000

⁸³ Náttúrufræðistofnun, 2012

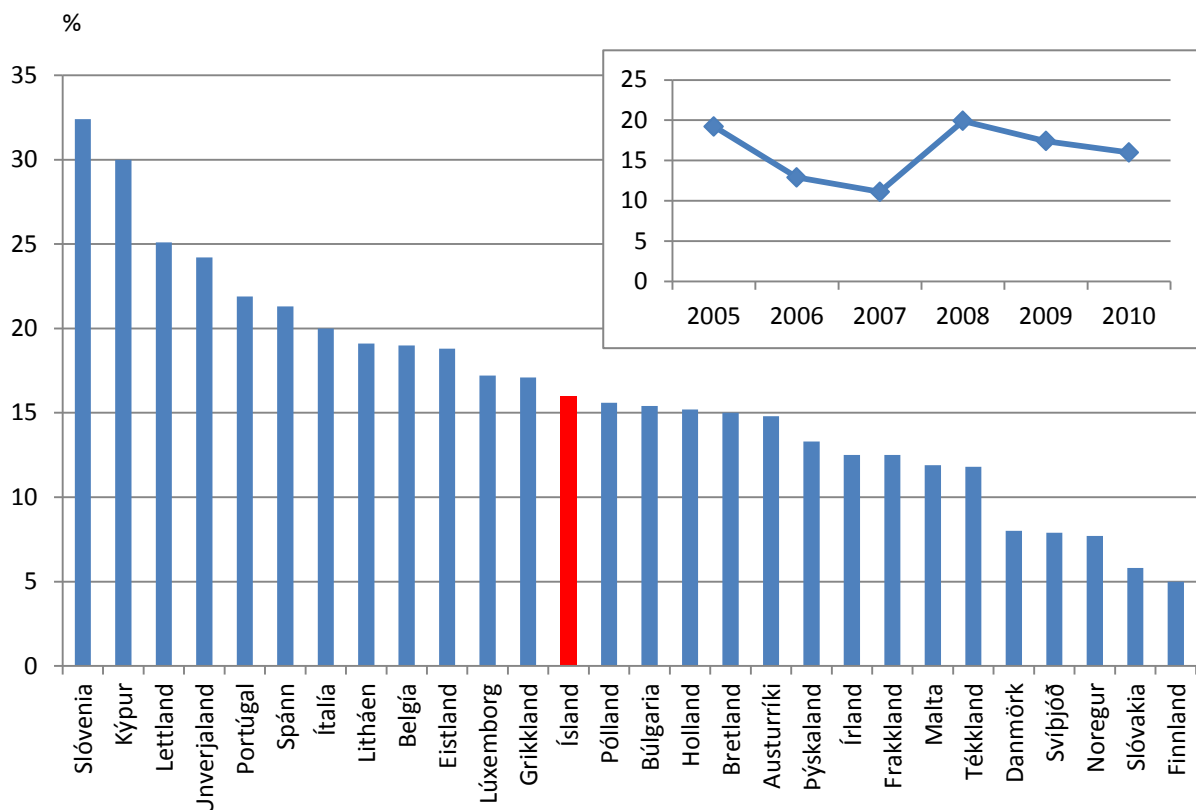
⁸⁴ Rakavirkni er skilgreint sem hlutfall gufuþrýstings vatns á yfirborðinu miðað við gufuþrýsting hreins vatns

⁸⁵ Rakastig er mælikvarði, í prósentum, á það hve nærri því loftið er að vera mettað af raka

⁸⁶ Johanson, 2005; Björn Marteinsson, 2011.

⁸⁷ María Gunnbjörnsdóttir, 2006

rakavandamál í 48% tilvika, oftast vegna raka eða leka í þaki⁸⁸. Hagstofa Evrópusambandsins (Eurostat) safnar m.a. upplýsingum um raka í húsum í Evrópu. Stofnunin birtir upplýsingar um hve hátt hlutfall íbúa býr við lekt þak, raka í veggjum eða gólfi og fúa í gluggum eða gólfi⁸⁹. Mynd 17 sýnir niðurstöður þessarar könnunar árið 2010 en línuritið sem felld er inn í myndina sýnir niðurstöður fyrir Ísland á árabílinu 2005–2010. Í ljós kemur að 16% íbúa á Íslandi bjuggu við rakavandamál árið 2010 og að hlutfallið hefur legið á bilinu 11-20% á árabílinu 2005-2010. Athygli vekur að rakavandamál í húsum á Íslandi eru mun algengari en annars staðar á Norðurlöndunum þar sem þau eru á bilinu 5-8%. Töluverð óvissa virðist vera um þessi mál eins og breytileiki niðurstaðna frá 2005 til 2010 gefur til kynna. Ástæða er því til að gera rannsókn á raka í húsum, sérsníðna að íslenskum aðstæðum, og fylgja henni svo eftir með því að fá fagmenn til að skoða hluta þeirra híbýla þar sem raki reynist vandamál.



Mynd 17. Hlutfall íbúa í Evrópulöndum sem bjó við lekt þak, raka veggj, raka í gólfi eða fúa í gluggum eða gólfi árið 2010. Innfellda myndin sýnir þetta hlutfall íbúa á Íslandi á árabílinu 2005- 2010⁹⁰.

Rakavandamál í húsum geta stafað af leka eða raka í lofti sem nær að þéttast. Frágangur húsa þarf að vera þannig að þök leki ekki og séu loftuð, rennur og niðurföll virki sem skyldi og að pípulagnir séu góðu lagi. Gott dren þarf að vera umhverfis hús þannig að raki berist ekki í gegnum veggj í kjöllum. Ganga þarf frá gluggabúnaði þannig að hann sé þéttur og varmaeinangrun glersins sé nægileg til þess að forðast rakapéttingu á rúðum. Lokuð rými á háalofiti og kjöllum þurfa að vera vel loftræst, og sama máli gegnir um rými eins og baðherbergi, þvottahús og eldhús. Góð umgengni er einnig lykilatriði til þess að forðast raka. Tryggja þarf góða loftræstingu, sérstaklega í baðherbergjum, eldhúsum og annars staðar þar

⁸⁸ Björn Marteinsson, 2010

⁸⁹ Eurostat, 2012

⁹⁰ Eurostat, 2012

sem hættu er á að raki geti orðið mikill. Ef óhöpp verða vegna leka þarf að tryggja að vatn sé þurrkað upp og byggingarefni sem kunna að hafa skemmst séu fjarlægð. Fylgjast þarf með að raki þéttist ekki á köldum flötum, t.d. í gluggum og illa einangruðum útveggjum þar sem raki getur myndast, t.d. á bak við veggteppi, fata- og bókaskápa eða önnur húsgögn sem standa þétt við útvegg⁹¹.

2.5.3 Áhrif á heilsu og mat á útsetningu

Helstu mengunarpættir sem tengdir hafa verið raka í húsum og heilsufari eru ofnæmisvaldar, bakteríur, glucan-efni úr frumveggjum og lífræn rokjörn efni. Algengir myglusveppir, t.d. *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus* og *Cladosporium*, framleiða efni sem geta valdið bólguviðbrögðum í öndunarfarum og aukið hættu á nýmyndun astma. Fjölsykrungar í frumvegg og frumhimnu baktería eru sumir hverjir öflugir bólguvakar sem geta haft ýmisleg áhrif á öndunarfæri og hið sama gildir um glucan-efni í frumveggjum myglusveppa og sumra baktería. Sumir myglusveppir geta framleitt sveppaeitur, t.d. *Stachybotrys-sveppurinn*, en ekki er talið að styrkur sveppaeiturs í rökum byggingum sé nægilega hár til þess að hafa áhrif á heilsu⁹². Myglusveppir fjölga sér með því að mynda gró. Þessi gró eru mjög smá eða að jafnaði minni en 5 míkrometrar í þvermál og því af sömu stærðargráðu og fínt svifryk. Vegna smæðar eiga gróin greiða leið niður í öndunarfærin⁹³. Sumar tegundir myglusveppa dreifa gróum út í loftið en í öðrum tilfellum berast þau með loftstraumi eða snertingu. Gróin setjast síðan eins og ryk og geta líkt og annað ryk þyrlast upp að nýju með vindi, við umgang eða við hreingerningar. t.d. með ryksugu. Myglusveppir gefa frá sér ensím til þess að brjóta niður næringarefni úr yfirborðinu sem þeir vaxa á. Við þetta myndast niðurbrotsefni, m.a. rokjörn lífræn efni, sem geta valdið hinni dæmigerðu fúkkalykt sem tengist myglusveppum⁹⁴. Um 200 efni af þessu tagi hafa verið tengd myglu og bakteríum, en eru ekki sértæk fyrir myglu og bakteríur heldur koma einnig frá öðrum uppsprettum⁹⁵.

Margar faraldsfræðilegar rannsóknir hafa sýnt fram á tengsl raka og myglu við sýkingar í öndunarfærum, einkenni í efri hluta öndunarveggar, s.s. hósta, og mæði. Ofurnæmislungnabólga er vel skilgreindur sjúkdómur sem stafar af ónæmisviðbrögðum við ákveðnum tegundum örvera, oftast sveppa. Sjúkdómurinn lýsir sér með bólgubreytingum í lungum, hita og andþyngslum. Önnur sjúkdómseinkenni geta komið fram sem lýsa sér á svipaðan hátt, svo sem ODTS (e. organic dust toxic syndrome) sem lýsir sér með háum hita og öndunarerfiðleikum sem ganga yfir á tiltölulega stuttum tíma. Í sumum tilvikum geta einkennin orðið viðvarandi og valdið varanlegu heilsutjóni. Faraldsfræðilegar rannsóknir benda einnig til að innöndun örveruleifa yfir lengri tíma geti aukið líkur á nýmyndun astma.

Eiturefnafræðilegar athuganir sem gerðar hafa verið á lifandi verum (l. in vivo) og í rannsóknarstofum (l. in vitro) styðja við þessar niðurstöður þar sem fundist hafa bólgu- og eiturviðbrögð við útsetningu fyrir örverum, gróum og efnum sem safnað hefur verið úr rökum byggingum⁹⁶.

Mengun bakteríuleifa í lofti getur verið verulegt vandamál á sumum vinnustöðum, sérstaklega sveitabýlum og stöðum þar sem unnið er með mikið magn lífrænna efna, s.s. í fóðurvinnslustöðvum. Einnig getur mengun bakteríuleifa verið vandamál í nágrenni dýraræktunarstöðva, s.s. stórra svínabúa. Dreigið hefur úr þessu vandamáli hér á landi eftir að rúllubaggar voru teknir upp, en einkenni af þessu tagi voru algengust meðal bænda, þótt þau væru einnig þekkt í öðru umhverfi, s.s. í fiskvinnslu.

⁹¹ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2009b

⁹² Sundhedsstyrelsen, 2009

⁹³ Institute of Medicine, 2000

⁹⁴ Storey, 2004

⁹⁵ Korpi, 2007

⁹⁶ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2009b

Önnur sjúkdómseinkenni sem lýst hefur verið eru höfuðverkur, svimi, þreyta, einbeitingarferfiðleikar, kláði og húðútbrot. Það liggja hins vegar ekki fyrir vísindarannsóknir sem staðfesta orsakasamhengi milli þessara einkenna og raka og myglusveppa⁹⁷.

Tafla 5. Sjúkdómseinkenni vegna myglusveppa, baktería og ýmissa lífrænna efna.

Sjúkdómseinkenni	
Myglusveppir	Hiti, einkenni frá efri öndunarvegum, versnun á astma, ofurnæmislungnabólga, ODTs ⁹⁸
Bakteríuleifar	Astma, versnun á astma, ODTs
Ýmis lífræn efni, s.s. þvag, gróðurleifar	Hiti, einkenni frá efri öndunarvegum, versnun á astma

Ekki eru til gildar aðferðir til að mæla útsetningu fyrir mengun vegna myglusveppa og baktería innanhúss og því er lítið vitað um orsakatengsl raka í húsum og heilsufarsvandamála, sem aftur leiðir til þess að erfitt er að meta hættu á heilsutjóni⁹⁹. Heilsuverndarmörk fyrir útsetningu fyrir raka hafa heldur ekki verið skilgreind, sem torveldar túlkun mælinga í einstökum rannsóknum. Í stað útsetningar eru því gerðar mælingar sem gefa vísbendingu um útsetningu, s.s. vegna raka í húsum, útbreiðslu myglusveppa og fúkkalyktar. Í dönskum staðli um loftgæði innanhúss er t.d. miðað við útbreiðslu myglusveppa að viðbættum rakamælingum þar sem við á (Dansk standard, DS 3033). Einnig hafa verið þróaðar mælingar á gróm, bakteríum og efnum úr frumveggjum. Þá eru myglusveppir og örverur ræktuð upp af sýnum, eða þessir þættir taldir undir smásjá eða með öðrum aðferðum. Gerðar hafa verið tillögur um viðmiðunarmörk og staðla¹⁰⁰. Aðferðir sem byggja á kjarnsýrumögnun (polymerase chain reaction, PCR) lofa góðu og hafa verið þróaðar fyrir 36 þætti sem tengjast raka í húsum. Frekari rannsóknir er hins vegar þörf til að þróa betri aðferðir til þess að meta útsetningu¹⁰¹. Vegna þess að ekki eru til einfaldar aðferðir til þess að meta raka og myglu í húsum er áriðandi að þeir sem taka slíkt að sér séu vandanum vaxnir og hafi góða faglega þekkingu. Erlendis er hægt að ljúka prófi á þessu sviði, t.d. við Háskólann í Lundi¹⁰².

2.5.4 Leiðbeiningar og ákvæði reglugerða

Í byggingarreglugerð nr. 112/2012 eru ákvæði um að efni og byggingarhlutar sem notuð eru í byggingum skuli vera nægilega þurr við uppsetningu þannig að ekki sé hættu á myglu eða sveppamyndun. Einnig eru kröfur um að vatnspétt lag skuli vera á gólfum og veggjum votryma og skal það þétt á fullnægjandi hátt meðfram rörum og stökkum. Nota skal efni og útfærslur sem draga úr myndun myglu og myndun sveppa. Í hollustuháttareglugerð nr. 941/2002 er kveðið á um að byggingar og mannvirki skuli þannig hönnuð að heilsu manna sé ekki stefnt í hættu, m.a. vegna raka, og að byggingarefni megi ekki vera skaðleg eða gefa frá sér skaðleg efni eða gufur.

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin gaf út leiðbeiningar árið 2009 um raka og myglusveppi þar sem m.a. er fjallað um áhrif raka á loftmengun innandyra, rakastýringu og loftræstingu og um

⁹⁷ Sundhedsstyrelsen, 2009

⁹⁸ Organic Dust Toxic Syndrome

⁹⁹ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2009b

¹⁰⁰ Rao, 1996; Wijnand, 2009

¹⁰¹ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2009b

¹⁰² Háskólinn í Lundi, 2012

áhrif raka og myglu á heilsu¹⁰³. Einnig hafa verið gefnar út leiðbeiningar af öðrum aðilum, t.d. í Noregi¹⁰⁴, Þýskalandi¹⁰⁵, og Bandaríkjunum¹⁰⁶.

Leiðbeiningar hafa verið gefnar út fyrir heilbrigðisstarfsfólk, m.a. í Danmörku¹⁰⁷ og Bandaríkjunum¹⁰⁸. Á vefsíðu Umhverfisstofnunar er að finna hagnýtar ábendingar um leiðir til að koma í veg fyrir og losna við vatnsgufu og myglu í húsnæði¹⁰⁹.

2.6 Brennisteinsvetni (H₂S)

2.6.1 Eiginleikar og uppruni

Brennisteinsvetni, H₂S, er litlaus lofttegund sem losnar frá jarðhitasvæðum og myndast einnig við rotnun lífrænna leifa bæði plantna og dýra. Dæmigerðar náttúrulegar uppsprettur brennisteinsvetnis eru hverir, eldfjöll og mýrasvæði, en losun frá iðnaði tengist m.a. jarðvarmavirkjunum, olíuhreinsistöðvum, skólphreinsistöðvum, pappírframleiðslu og efnaiðnaði. Af brennisteinsvetni er sterk og einkennandi lykt og þar sem það er þyngra en loft getur það safnast fyrir í kjöllum og lautum.



Brennisteinsvetni er óstöðugt í andrúmslofti vegna þess að það hvarfast við súrefni aðallega fyrir tilstilli hýdroxíð radíkala og breytist í nokkrum þrepum í brennisteinssýru¹¹⁰. Hraði þessara efnahvarfa fer eftir aðstæðum svo sem rakastigi, birtu og styrk annarra mengandi efna (hýdroxíð radíkala og ósons). Viðstöðutími brennisteinsvetnis í lofti er venjulega á bilinu 18 - 72 klukkustundir, en getur náð allt að 42 dögum að vetri til á norðlægum breiddargráðum¹¹¹.

Brennisteinsvetni veldur tæringu málma ýmist vegna sýruáhrifa eftir að hafa breyst í brennisteinssýru, eða vegna efnahvarfa brennisteinsvetnis við silfur, kopar og járn. Aukinn kostnaður hefur því hlotist af lakari endingu mannvirkja og tækja vegna tæringar frárennislagna og rafbúnaðar þar sem brennisteinsvetnis gætir í andrúmslofti¹¹².

Hveralykt er vel þekkt á Íslandi og hefur mengunar af völdum brennisteinsvetnis gætt í einhverjum mæli frá fyrstu tíð. Brennisteinsvetni í andrúmslofti stafar nær eingöngu frá náttúrulegum uppsprettum og jarðvarmavirkjunum héraendis og hefur styrkur þess í andrúmslofti aukist með virkjun jarðvarma. Náttúrulegt útstreymi brennisteinsvetnis frá jarðhitasvæðum á Íslandi er um 5100 tonn/ári¹¹³.

¹⁰³ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2009b

¹⁰⁴ Byggforsk, 2005

¹⁰⁵ Umweltbundesamt, 2005

¹⁰⁶ EPA, 2010

¹⁰⁷ Sundhedsstyrelsen, 2009

¹⁰⁸ Storey, 2004

¹⁰⁹ Umhverfisstofnun, 2009

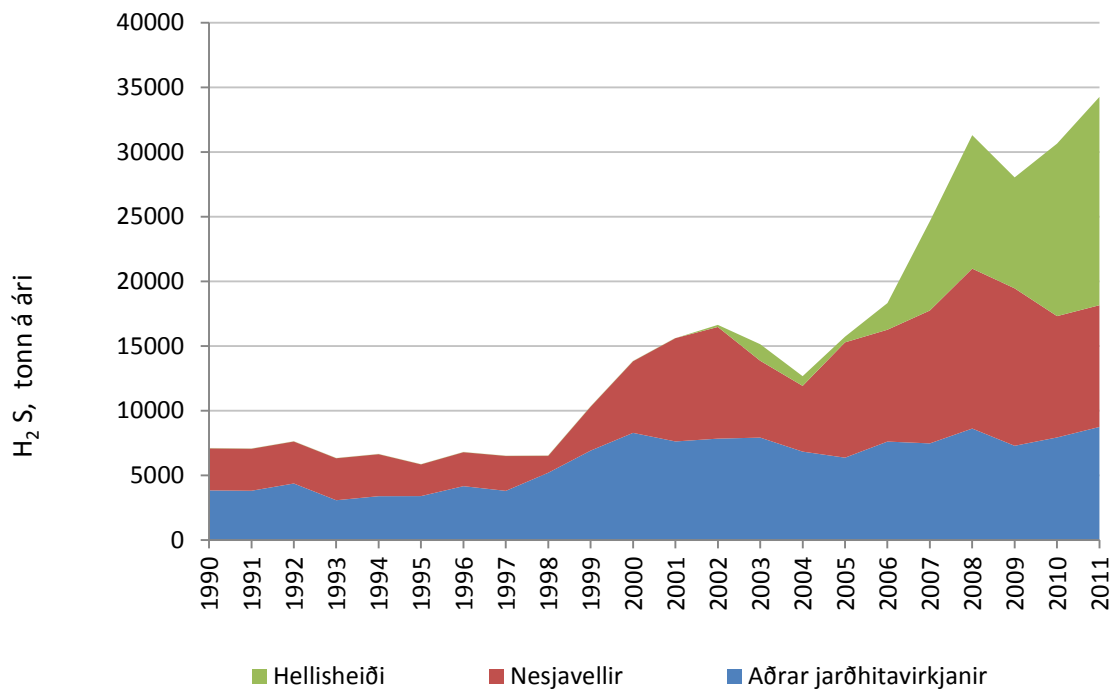
¹¹⁰ Alberta Environment, 2004

¹¹¹ Bowyer 2003

¹¹² EPA, 1991

¹¹³ Halldór Ármannsson, 2001

Á Íslandi eru starfræktar sjö jarðvarmavirkjanir með 575 MW uppsettu rafafli¹¹⁴: Bjarnarflag (3,2 MW), Hellisheiðarvirkjun (213 MW), Húsavík (2 MW), Kröfluvirkjun (60 MW) Nesjavallavirkjun (120 MW), Reykjanesvirkjun (100 MW) og Svartsengi (76,4 MW). Á Hengilssvæðinu hófst virkjun jarðvarma með Nesjavallavirkjun 1990. Útstreymi brennisteinsvetnis þaðan var um 5000 tonn árið 2004, eða álíka mikið og náttúrulegt útstreymi brennisteinsvetnis frá landinu öllu. Útstreymið meira en tvöfaldaðist eftir stækkun virkjunarinnar 2008. Önnur virkjun, Hellisheiðarvirkjun, var gangsett haustið 2006 og losaði um 16 þúsund tonn brennisteinsvetnis árið 2011. Samanlagt útstreymi brennisteinsvetnis frá þessum tveimur virkjununum nam um 74% af heildarútstreymi frá jarðvarmavirkjunum í landinu. Heildarlosun brennisteinsvetnis frá jarðhitavirkjunum nemur þannig rúmlega sexföldu náttúrulegu útstreymi efnisins hér á landi.



Mynd 18. Heildarútstreymi brennisteinsvetnis frá jarðvarmavirkjunum og útstreymi frá virkjunum á Hellisheiði og Nesjavöllum, 1990 - 2011¹¹⁵.

2.6.2 Áhrif á heilsu

Brennisteinsvetni er eitrið og eru bráð eitrunaráhrif við háan styrk þess vel þekkt. Líkja má áhrifum brennisteinsvetnis við blásýru (e. cyanide), það binst cytochrome c oxidasa og hindrar þannig súrefnisupptöku í frumum líkamans. Mörg dæmi eru um dauðaslys af völdum brennisteinsvetnis þar sem það hefur náð háum styrk, svo sem vegna útstreymis frá eldfjöllum, við olíuhreinsunarstöðvar, í holræsum eða flórgryfjum t.d. við svínabú.

Í lágum styrk er brennisteinsvetni ertandi, en með auknum styrk aukast eitrunaráhrifin. Í töflu 6 eru talin upp ýmis líkamleg áhrif sem vart verður við misháan styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti.

¹¹⁴ Orkustofnun, 2011

¹¹⁵ Orkuveita Reykjavíkur 2009, Umhverfisstofnun 2011

Tafla 6. Ýmis mörk brennisteinsvetnis. (ýmsar heimildir)

Styrkur í $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Líkamleg áhrif og ýmis reglugerðarmörk
7	Lyktnæmustu einstaklingar finna lyktina
42	80% fólks finnur lyktina
50	Íslensk heilsuverndarmörk fyrir almenning
420	Getur valdið ógleði og höfuðverk, lykt greinileg
150-1.000	Lyktarskyn fer að minnka
2.800	Samdráttur í berkjum astmasjúkra
5.000-29.000	Erting í augum
7.000 eða 14.000	Aukið laktat í blóði; skert súrefnisupptaka
28.000	Þreyta, höfuðverkur, svimi o.fl.
7.000	Mörk Vinnueftirlitsins fyrir 8 tíma vinnudag
14.000	Mörk Vinnueftirlitsins fyrir 15 mínútur
40.000	Hæsta mæling í útilofti á Íslandi við Skaftá í hlaupi 2002
70.000-140.000	Alvarlegur augnskaði, lyktarskyn hverfur á fáum mínútum
>140.000	Lömun lyktarskyns
420.000-700.000	Lungnabjúgur, lífshættulegt ástand
700.000-1.400.000	Sterk áhrif á taugakerfi, öndunarlömun
>1.400.000	Dauði

Sterk lykt er af brennisteinsvetni og má greina hana í lágum styrk. Í leiðbeiningum Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar kemur fram að ekki skuli leyfa hærri styrk brennisteinsvetnis en $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ miðað við 30 mínútna meðaltal ef komast skal hjá verulegum kvörtunum vegna lyktar¹¹⁶.

Þótt greina megi brennisteinsvetni í lágum styrk í lofti á það ekki við þegar styrkurinn er mjög mikill, því að við um og yfir $140.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ lamar brennisteinsvetni lyktarskynið. Við þessar aðstæður átta menn sig því ekki á yfirvofandi hættu sem jafnvel getur ógnað lífi þeirra, eins og fram kemur í töflu 6. Hér á landi er styrkur brennisteinsvetnis yfirleitt það lágur að bráðra heilsufarsáhrifa er ekki að vænta. Á þessu geta þó verið undantekningar, s.s. nálægt upptökum jökuláa þar sem hlaup er í gangi. Einnig getur styrkur orðið hár við eldgos og í einstaka tilfelli í nágrenni stórra jarðhitavirkjana. Mesti styrkur brennisteinsvetnis sem mælst hefur í útilofti á Íslandi var við bakka Skaftár, nálægt upptökum hennar í hlaupi árið 2002. Þá mældist styrkur í um 2 metra hæð við vatnsbakkann allt að $40.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en niður við vatnsflöt árinna allt að $70.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹¹⁷.

Nokkrar erlendar rannsóknir benda til að mengun af völdum brennisteinsvetnis hafi áhrif á öndunarfæri. Um er að ræða rannsóknir gerðar á eldfjallasvæðum í Hawaii og Nýja-Sjálandi þar sem aðstæðum svipar nokkuð til þess sem gerist á Íslandi. Einnig hafa verið gerðar rannsóknir sem tengjast aðstæðum í iðnaði, í olíuhreinsunarstöðvum og á búum þar sem dýr standa mjög þétt. Bæði er um að ræða fjölgun sjúkdómstílfella, einkum lungnateppu og astma, en einnig lakari líðan þeirra sem þegar eru með öndunarfærasjúkdóma. Nýleg rannsókn gerð hér á landi bendir til sambands milli brennisteinsvetnis í andrúmslofti og sölu lyfja vegna teppusjúkdóma í lungum¹¹⁸. Veikar vísbendingar hafa komið fram í erlendum rannsóknum um möguleg áhrif brennisteinsvetnismengunar á taugakerfi¹¹⁹. Niðurstöður rannsókna í borginni Rotorua á Nýja Sjálandi benda til að útsetning fyrir brennisteinsvetni

¹¹⁶ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2000

¹¹⁷ Sigurður R. Gíslason, 2002

¹¹⁸ Carlsen, 2010, 2012c

¹¹⁹ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2004; Durand, 2006; Inserra, 2004; Logue, 2001; Legator, 2001; Bates, 2002; Hansell, 2004

auki ekki hættu á astma¹²⁰. Reyndar var ekki tekið tillit til annarrar loftmengunar, en svifryksmengun frá húshitun er talsverð í borginni og mest í þeim hverfum þar sem styrkur brennisteinsvetnis er lægstur. Þannig má segja að svæði með mikilli svifryksmengun og mikilli brennisteinsmengun spegli hvort annað. Ekki var leiðrétt fyrir þessu og kann það að hafa haft áhrif á niðurstöður rannsóknarinnar. Ljóst er að rannsaka þarf betur áhrif brennisteinsvetnis á heilsu, ekki síst þegar um langtíma útsetningu er að ræða.

2.6.3 Ákvæði reglugerða og leiðbeinandi gildi

Reglugerð nr. 514/2010 um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti gildir um vöktun, eftirlit, mælingar, umhverfismörk, upplýsingaskipti og tilkynningar til almennings vegna brennisteinsvetnis í andrúmslofti. Hún gildir ekki á svæðum sem skilgreind eru sem iðnaðarsvæði samkvæmt skipulagi. Hins vegar er kveðið á um að atvinnurekstur sem losar brennisteinsvetni skuli beita bestu fánlegu tækni til þess að hamlar gegn loftmengun og að í starfsleyfum skuli gerðar kröfur um viðbótarráðstafanir sé þeirra þörf. Einnig eru ákvæði um þynningarsvæði, þar sem slík svæði hafa verið skilgreind. Í reglugerðinni eru sett tvíþætt umhverfismörk fyrir brennisteinsvetni, annars vegar hámark $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fyrir daglegt 24 stunda meðaltal og hins vegar hámarksársmeðalgildi, $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Heimilt hefur verið að styrkur H_2S fari yfir 24 stunda meðaltalið í fimm skipti á ári en frá og með 1. júlí 2014 verður óheimilt að fara yfir mörkin. Ákvæði er einnig um að tilkynna skuli þegar H_2S mælist yfir $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ í samfelld þrjár klukkustundir, og skal heilbrigðisnefnd sjá um að almenningi séu veittar upplýsingar ef styrkur H_2S fer yfir þau mörk.

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin hefur sett $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sem leiðbeinandi gildi fyrir 24 stunda meðaltal brennisteinsvetnis í andrúmslofti, sem miðast við hættu á óþægindum í augum. Til þess að komast hjá kvörtunum vegna ólyktar mælir stofnunin hins vegar með mörkunum $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ miðað við 30 mínútna meðaltal. Í leiðbeiningunum er bent á að við ákvörðun þessara marka skuli haft í huga að víða sé að finna náttúrulegar uppsprettur brennisteinsvetnis¹²¹.

Um vinnustaði, en iðnaðarsvæði eru þar með talin, gildir reglugerð nr. 390/2009 um mengunarmörk og aðgerðir til að draga úr mengun á vinnustöðum. Mengunarmörk fyrir brennisteinsvetni voru hert árið 2012 með breytingareglugerð nr. 1296/2012. Mengunarmörkin eru hæsta leyfilega meðaltalsmengun í andrúmslofti starfsmanna. Mörkin eru tvíþætt, annars vegar meðaltalsstyrkur brennisteinsvetnis yfir átta stunda vinnudag ($7.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$), og hins vegar þakgildi sem er meðaltalsstyrkur brennisteinsvetnis í 15 mínútur ($14.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

2.6.4 Niðurstöður vöktunar

Styrkur brennisteinsvetnis í andrúmslofti er vaktaður árið 2011 á átta mælistöðvum: á iðnaðarsvæðinu á Hellisheiði, við Grensásveg og í Norðlingaholti í Reykjavík, á Digranesheiði í Kópavogi, á Hvaleyrarholti í Hafnarfirði, við Finnmörk í Hveragerði, í Reykjahlíð í Mývatnssveit og við Grundartanga í Hvalfirði. Mældur er meðaltalsstyrkur á klukkustundarfresti, sem gefur möguleika á því að reikna 24 stunda hlaupandi meðaltal og ársmeðaltal, sem eru þau mörk sem miðað er við í reglugerð um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti. Með því að leggja saman fjölda klukkustunda yfir árið sem styrkurinn er yfir ákveðnum gildum má einnig fá hugmynd um útsetningu vegna mengunarinnar.

Niðurstöður vöktunarmælinganna árið 2011 eru sýndar í töflu 7. Taflan sýnir ársmeðaltal og ársmeðalgildi brennisteinsvetnis. Taflan sýnir einnig fjölda klukkustunda samtals yfir árið sem gildi brennisteinsvetnis var jafnt eða hærra en tiltekin gildi, þ.e. 7, 25, 50, 100, 150 og $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

¹²⁰ Bates, 2013

¹²¹ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2000

Tafla 7. Niðurstöður vöktunarmælinga 2011. Taflan sýnir samanlagðan fjölda klukkustunda á árinu sem styrkur brennisteinsvetnis var yfir ákveðnum gildum¹²².

Styrkur [µg/m ³]	Grensásvegur Reykjavíkur	Norðlingaholt Reykjavíkur	Digranesheiði Kópavogi	Hvalseyrarholt Hafnarfirði	Finnmörk Hveragerði	Reykjahlíð við Mývatn	Grundartangi Hvalfirði	Hellisheiði Iðnaðarsvæði
≥500	0	0	0	0	0	0	0	66
≥150	0	0	0	0	2	0	0	556
≥100	0	6	2	0	10	3	0	758
≥50	33	55	40	30	68	65	1	1145
≥25	173	284	241	208	295	385	3	1679
≥7	858	1103	1000	955	1103	1403	210	2659
Ársmeðaltal	3,0	3,7	3,1	2,5	4,0	2,5	0,7	31
Ársmiðgildi	0,9	0,8	0,8	0,1	1,2	-	0,2	1,8

Eins og fram kemur í töflu 7 reyndist ársmeðaltal brennisteinsvetnis á öllum mælistöðvum vera innan þeirra marka sem sett eru í reglugerð, þ.e. 5 µg/m³. Hið sama gildir árið 2011 um hlaupandi meðaltal 24 stunda, sem má ekki fara yfir 50 µg/m³ oftari en í fimm skipti á ári. Þetta gerðist þrisvar í Hveragerði en aldrei á mælistöðvunum á höfuðborgarsvæðinu og er því innan marka reglugerðarinnar¹²³.

Tafla 7 sýnir í hve langan tíma brennisteinsmengunar gætti í samtals á árinu. Ef miðað er við 7 µg/m³, sem eru leiðbeinandi gildi Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar varðandi lykt, þá gætti lyktar við Grensásveg í 858 klst en lengst gætti hennar í Reykjahlíð eða 1403 klst. Ef miðað er við mæligildi yfir 50 µg/m³ mældist styrkurinn jafn eða yfir þeim mörkum á Hvalseyrarholti í samtals 30 klst, en lengst í Hveragerði eða samtals 68 klst. Á árabílinu 2007-2009 reyndist styrkur brennisteinsvetnis yfir 50 µg/m³ um 80 klst á ári við Grensásveg¹²⁴.

Styrkur brennisteinsvetnis er að jafnaði hæstur á mælistöðinni á Hellisheiði næst virkjuninni. Mælistöðin er innan iðnaðarsvæðisins og gilda um það ákvæði reglugerðar nr. 390/2009 um mengunarmörk og aðgerðir til að draga úr mengun á vinnustöðum. Niðurstöður mælinganna í töflu 7 eru innan þeirra marka sem sett eru í reglugerðinni.

Greining sem gerð var á veðurskilyrðum og brennisteinsvetnismengun í Reykjavík sýnir að hæstu mengunartoppum má vænta að vetrarlagi, frá október til mars. Þetta gerist helst þegar er heiðskírt, hiti undir frostmarki og vindur hægur og austanstæður. Algengast er að þessar aðstæður myndist að næturlagi og standi í tvær til þrjár klukkustundir¹²⁵.

Mikill munur er á þeim mörkum sem gilda um styrk brennisteinsvetnis á iðnaðarsvæðum og mörkum sem gilda utan þeirra. Fyrir tiltekin efni, sem losuð eru frá stóriðju, eru skilgreind þynningarsvæði umhverfis iðnaðarsvæðið. Innan þynningarsvæðanna er heimilt að styrkur efnanna fari yfir umhverfismörk. Í mengunarnaftirliti er fylgst með því að mengun utan þynningarsvæðanna sé undir umhverfismörkum. Skilgreina þyrfti á sama hátt þynningarsvæði fyrir brennisteinsvetni umhverfis jarðhitavirkjanirnar. Í reglugerð nr. 514/2010 um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti kemur fram hvers beri að gæta við ákvörðun þynningarsvæðanna.

¹²² Umhverfisstofnun, 2012a

¹²³ Umhverfisstofnun, 2012a

¹²⁴ Þróstur Þorsteinsson, 2013

¹²⁵ Þróstur Þorsteinsson, 2013

2.7 Brennisteinsdíoxíð (SO₂)

2.7.1 Eiginleikar og uppruni

Brennisteinn er algengt frumefni í jarðskorpunni, sjónum og lífríkinu. Í hráolíu og kolum er brennisteinsmagnið yfirleitt á bilinu 1–2%. Þegar kolum og olíu er brennt myndast brennisteinsdíoxíð. Losun brennisteinsdíoxíðs út í andrúmsloftið jókst eftir 1850 samfara kolanotkun og síðan einnig með olíunotkun, sérstaklega eftir 1950. Brennisteinsdíoxíð fylgir einnig bræðslu ákveðinna málma, en brennsla jarðefnaeldsneytis er langstærsta uppspretta¹²⁶.

Brennisteinsdíoxíð (og köfnunarefnisoxíð) veldur súrri úrkomu. Allt fram á áttunda áratuginn voru það þó áhyggjur af heilsufarsáhrifum brennisteinsdíoxíðs í andrúmslofti sem styrðu setningu reglugerða til þess að draga úr þessari mengun, sem oft var leyst með því að hækka skorsteina. Eftir að athyglin beindist að umhverfisáhrifum súrrar úrkomu, sérstaklega í norðausturhluta Bandaríkjanna og í Skandinavíu, var gripið til aðgerða með löggjöf í Bandaríkjunum og alþjóðlegum samningum innan Evrópu, sem varð til þess að losun brennisteinsdíoxíðs dróst verulega saman¹²⁷. Eftir aldamótin hefur losunin á heimsvísu hins vegar aukist á nýjan leik, aðallega vegna aukinnar losunar í Asíu¹²⁸.

Almennt séð er lítil mengun af völdum brennisteinsdíoxíðs í þéttbýli á Íslandi, og áhrifa vegna súrrar úrkomu hefur ekki orðið vart. Brennisteinsdíoxíð (SO₂) sem losað er í andrúmsloft hér á landi kemur aðallega frá iðnaðarstarfsemi, þ.e. rafskautum sem innihalda brennistein, og frá notkun jarðefnaeldsneytis. Árið 2009 var innlend losun brennisteinsdíoxíðs 16.000 tonn, tveir þriðju komu frá álframleiðslu, 13% frá kísiljárnframleiðslu og 14% frá fiskveiðum. Samfara auknum umsvifum jókst losun brennisteinsdíoxíðs frá iðnaðarferlum frá árinu 1990, losun frá fiskveiðum stóð í stað, en losun vegna bruna jarðefnaeldsneytis minnkaði almennt á þessu tímabili vegna minna brennisteinsinnihalds í eldsneyti. Losun frá vegasamgöngum dróst saman um 75% milli 1990 og 2009, þegar hún var komin niður í um 27 tonn.

2.7.2 Áhrif á heilsu

Brennisteinsdíoxíð hefur slæm áhrif á öndunarfæri, einkum hjá þeim sem eru undir líkamlegu álagi vegna þess að þá er öndunin tíðari og SO₂ mengaða loftið gengur lengra niður í lungun. Rannsóknir sýna að astmasjúklingar fá einkenni frá öndunarfærum og lungum eftir 10 mínútna líkamsæfingar í brennisteinsdíoxíðmengunlofti.

Ráðstafanir sem voru gerðar í Hong Kong til að minnka brennisteinsdíoxíðsmengun verulega leiddu til þess að áþreifanlega dró úr öndunarsjúkdómum í börnum og dánartíðni lækkaði¹²⁹. Einnig hefur dregið úr dánartíðni í Þýskalandi og Hollandi með lækkaðri brennisteinsdíoxíðsmengun, en erfitt er að greina hvort það megi rekja til samhliða minnkunar í svifryksmengun. Erfitt reynist að finna neðri mörk brennisteinsdíoxíðsmengunar, þ.e. þar sem áhrifa efnisins á heilsu gætir ekki¹³⁰.

2.7.3 Leiðbeiningar og ákvæði reglugerða

Umhverfis- og viðvörunarmörk fyrir brennisteinsdíoxíð eru skilgreind í reglugerð nr. 251/2002 um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings. Heilsuverndarmörk miðað við klukkustundarmeðaltal eru 350 µg/m³, en 125 µg/m³ sé miðað við sólarhringsmeðaltal. Gróðurverndarmörk miðuð við sólarhringsmeðaltal eru 50 µg/m³, en 20 µg/m³ sé miðað við ársmeðaltal og meðaltal yfir vetrarmánuðina. Heimilt er að farið sé í 24 skipti á ári yfir

¹²⁶ Smith, 2010

¹²⁷ Menz, 2004

¹²⁸ Smith, 2010

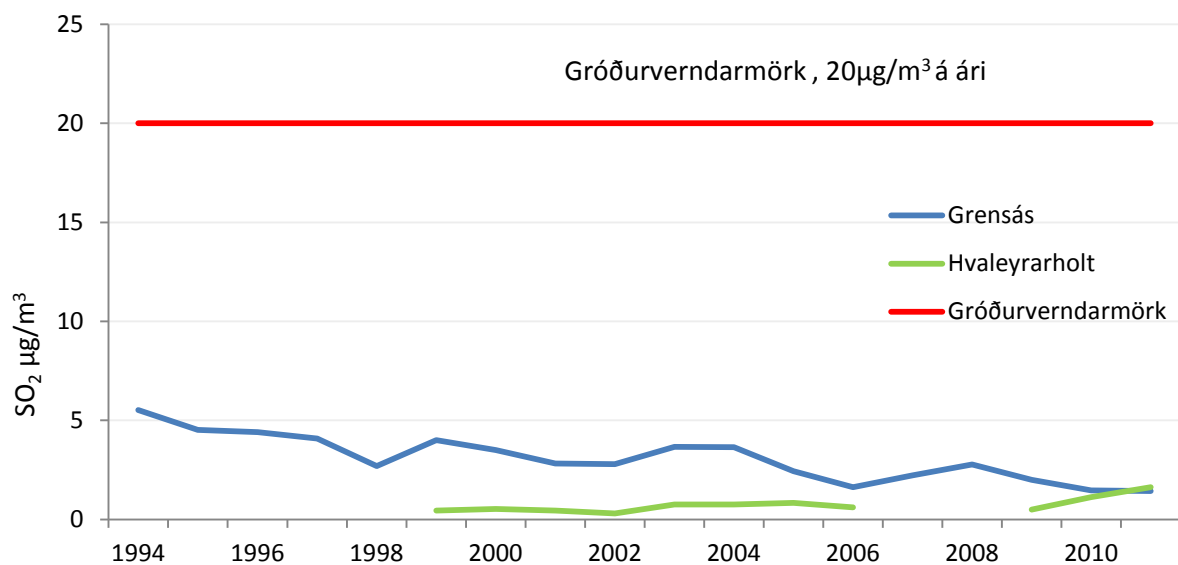
¹²⁹ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006

¹³⁰ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006

heilsuverndarmörk miðað við klukkustundarmeðaltal, en þrisvar yfir sólarhringmeðtalið. Heimilt er að farið sé í sjö skipti á ári yfir gróðurverndarmörk miðað við sólarhringsmeðaltal. Í nýrri tilskipun Evrópusambandsins frá 2008 um loftgæði og hreinna loft var viðmiðunarmörkum fyrir brennisteinsdíoxíð ekki breytt. Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin hefur nýlega lækkað leiðbeinandi gildi fyrir styrk brennisteinsdíoxíðs í andrúmslofti úr $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ í $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ miðað við 24 stunda meðaltal. Stofnunin mælir með því að styrkur brennisteinsdíoxíðs fari ekki yfir $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ miðað við 10 mínútna meðaltal¹³¹.

2.7.4 Niðurstöður vöktunar

Mynd 19 sýnir að ársmeðaltal brennisteinsdíoxíðs við Grensásveg hefur lækkað töluvert frá árinu 1994 og er undir heilsufars- og gróðurverndarmörkum. Hæsta klukkutímagildi árið 2009 var $38,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og hæsta sólarhringsgildi $7,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹³².



Mynd 19. Ársmeðaltal brennisteinsdíoxíðs á Grensásvegi (blá lína) og á Hvaleyrarholti í Hafnarfirði (græn lína) 1994-2011.

Styrkur brennisteinsdíoxíðs í andrúmslofti er einnig vaktaður við stærstu iðnaðarsvæði landsins, á Grundartanga, í Reyðarfirði og Straumsvík.

Á Grundartanga er brennisteinsdíoxíð mælt á Stekkjarási og Kríuvörðu, sem liggja beggja vegna við iðnaðarsvæðið í Hvalfirði. Árið 2010 reyndist hæsta klukkustundarmeðaltal brennisteinsdíoxíðs $184 \mu\text{g}/\text{m}^3$ við Kríuvörðu, hæsta sólarhringsmeðaltal var $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og ársmeðaltalið $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ársmeðaltal að Stekkjarási var $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en mælistöðin liggur innan þynningarsvæðis verksmíðjanna. Árið 2010 fór sólarhringsgildi brennisteinsdíoxíðs í eitt skipti yfir $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ¹³³.

¹³¹ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2011

¹³² Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur, 2009

¹³³ Efla, 2011

Á Hvaleyrarholti við álver Alcan var ársmeðaltal brennisteinsdíoxíðs $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og hæsta klukkustundarmeðal $41,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ árið 2010¹³⁴.

Í nágrenni álversins á Reyðarfirði er brennisteinsdíoxíð mælt á fjórum stöðum. Árið 2010 var ársmeðaltalið milli $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $4,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hæsta ársmeðaltalið mældist við Ljósá næst verksmiðjunni til vesturs og þar mældist einnig hæsta klukkustundargildið, $190 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en lægsta ársmeðaltal brennisteinsdíoxíðs reyndist sunnan fjarðarins gegnt Sómastöðum. Sólarhringsgildi brennisteinsdíoxíðs fór tvívegis yfir $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ árið 2010¹³⁵.

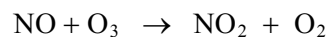
Brennisteinsdíoxíð mælist þannig greinilega í nágrenni stóriðjusvæðanna þriggja, en reynist innan þeirra marka sem sett eru í reglugerð.

2.8 Köfnunarefnisoxíð (NO_x)

2.8.1 Eiginleikar og uppruni

Köfnunarefnisoxíð (NO_x) er samheiti fyrir köfnunarefnismónoxíð (NO) og köfnunarefnisdíoxíð (NO_2). Köfnunarefnisoxíð myndast við bruna, m.a. í vélum, og einnig í iðnaðarferlum og er helsta uppspretta þess útblástur frá bílum.

Köfnunarefnisdíoxíð (NO_2) er brúnt að lit og má stundum sjá brúna sliktu þess yfir Reykjavík á kyrrum vetrardögum. Auk NO_2 sem losað hefur verið í andrúmsloftið myndast það einnig hratt úr NO vegna efnahvarfs við óson (O_3):



Vegna þessa lækkar styrkur ósons í andrúmslofti verulega sem veldur því að bílaumferð hefur þau áhrif að styrkur ósons er yfirleitt lægri í þéttbýli en dreifbýli (sjá nánar í kaflanum um óson).

Úr NO_2 myndast einnig níturatagnir sem eru fíngert svifryk ($\text{PM}_{2.5}$). NO_2 getur hvarfast við vatn og myndað saltpéturssýru (HNO_3). Þannig skolast það úr andrúmsloftinu svipað og brennisteinssýra, sem getur valdið svokölluðu súru regni.

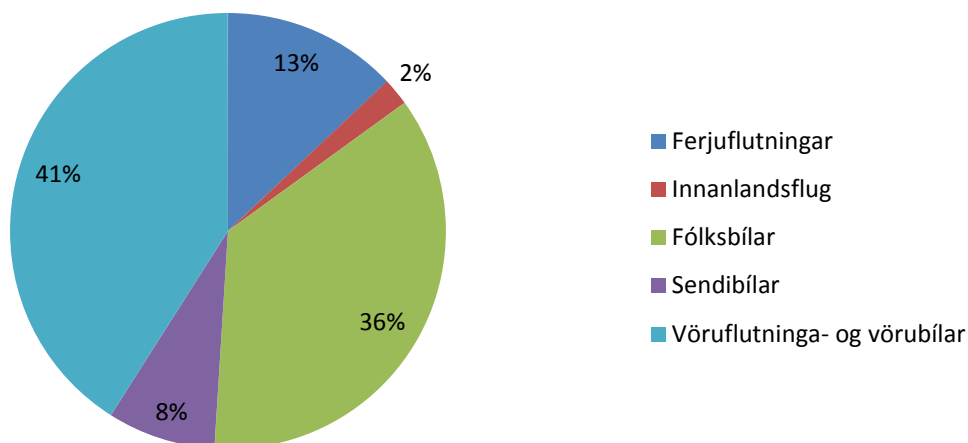
Heildarlosun NO_x frá Íslandi nam 23.797 tonnum árið 2009. Frá fiskiskipum komu um 61%, frá samgöngum 24% og iðnaði 14%¹³⁶. Á mynd 20 sést samsetning NO_x -losunar frá samgöngum, en 85% hennar komu frá vegasamgöngum og skiptust nokkuð jafnt milli fólks- og sendibíla og vöruflutninga- og vörubíla. Losunin hefur minnkað mikið, eða um 23%, síðan hvarfakútar voru innleiddir í nýja bíla árið 2005, þrátt fyrir að eldsneytisnotkun hafi aukist um 64% á sama tíma¹³⁷. Hvarfakútar draga úr mengun af völdum NO og NO_2 með því að umbreyta þessum efnum í köfnunarefni (N_2) og súrefni (O_2).

¹³⁴ Umhverfisstofnun, 2011a

¹³⁵ Alcoa Fjarðaál, 2011

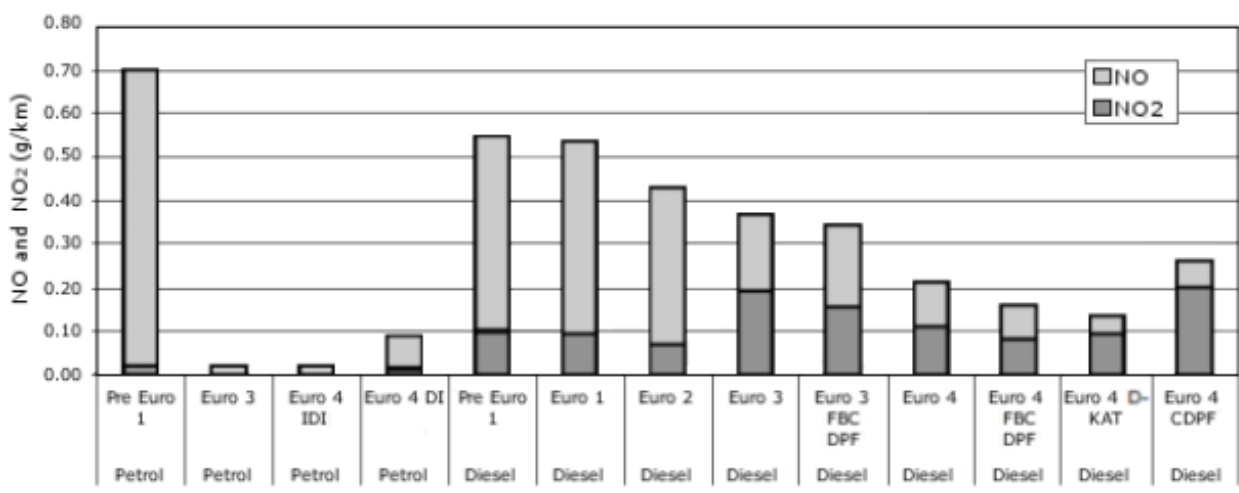
¹³⁶ Umhverfisstofnun, 2011b

¹³⁷ Umhverfisstofnun, 2011b



Mynd 20. Hlutfallsleg losun köfnunarefnisoxíða (NO_x) frá samgöngum árið 2009¹³⁸.

Umferð er helsta uppspretta NO_x í þéttbýli og er losunin mun meiri frá díselbílum en bensínbílum. NO er ráðandi í losun frá bensínbílum, þar sem hlutfall NO_2 í útblæstrinum er aðeins á bilinu 3–9%¹³⁹. NO_2 nemur hins vegar um helmingi NO_x í útblæstri díselbíla. Sótsiur valda því að hlutfall NO_2 er hærra í nýrri díselbílum en þeim eldri, sem þýðir að þótt heildarlosun NO_x frá díselbílunum hafi lækkað þá hefur losun NO_2 frá þeim aukist¹⁴⁰, eins og sjá má á mynd 21.



Mynd 21. Losun NO og NO_2 frá bensín- og díselbílum sem uppfylla kröfur mismunandi EURO-staðla¹⁴¹ ¹⁴².

Díselbílum fjölgaði úr 5,5% fólksbíla árið 1995 í 18% í árslok 2010¹⁴³. Ljóst er að aukið hlutfall díselbíla leiðir til aukinnar losunar NO_x .

¹³⁸ Gögn frá Umhverfisstofnun, 2011b

¹³⁹ Joumard, 2007

¹⁴⁰ Grice, 2007

¹⁴¹ Gense, 2006

¹⁴² FBC DPF, Fuel borne catalyst diesel particle filter; D-KAT, Combined oxidation/ NO_x storage catalyst and particle filter; CDPF, Catalysed diesel particle filter

¹⁴³ Umferðarstofa, 2011

Tafla 8. Hlutfall fólksbíla á Íslandi með díselvél¹⁴⁴

Ár	Hlutfall fólksbíla með díselvél
1995	5,5%
2000	10,2%
2005	13,2%
2010	18,4%

2.8.2 Áhrif á heilsu

Faraldsfræðilegar rannsóknir hafa sýnt aukna tíðni berkjubólgu hjá astmaveikum börnum sem búa við NO₂ mengun í langan tíma. Einnig er NO₂ mengun talin hamla eðlilegum þroska lungna í börnum. Erfitt er að einangra heilsufarsáhrif NO₂ mengunar frá öðrum mengandi efnum sem fylgja NO₂ menguninni¹⁴⁵. Víða í Evrópu, sérstaklega sunnarlega, þar sem hlutfall díselbíla er mun hærra en hér er mengun vegna NO_x meira heilsufarsvandamál en hér á landi. Í nýlegri rannsókn á sambandi loftmengunar og afgreiðslu á lyfjum við hjartaöng í Reykjavík kom fram að afgreiðsla slíkra lyfja (glýserýlnitrat og nitróglýserín) jókst samdægurs um 11,6% við hverja 10 µg/m³ hækkun á styrk NO₂ í andrúmslofti¹⁴⁶.

2.8.3 Ákvæði reglugerða og leiðbeiningar

Umhverfis- og viðvörunarmörk fyrir NO₂ eru skilgreind í reglugerð nr. 251/2002 um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings. Heilsuverndarmörk fyrir klukkustundarmeðaltal NO₂ eru tvískipt, annars vegar 200 µg/m³ sem fara má yfir 18 sinnum á ári og hins vegar 110 µg/m³ sem fara má yfir 175 sinnum árlega. Heilsuverndarmörk miðað við sólarhringsmeðaltal eru 75 µg/m³ og má fara yfir þau mörk sjö sinnum á ári. Gróðurverndarmörk miðað við ársmeðaltal og heilsuverndarmörk miðað við vetrar- og ársmeðaltal eru 30 µg/m³.

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin mælir með 200 µg/m³ mörkum fyrir klukkustundarmeðaltal og 40 µg/m³ sem mörkum fyrir ársmeðaltal. Í leiðbeiningum er bent á áhrif á öndunarfæri og einnig hlutverk NO₂ í myndun svifryks (PM_{2.5}) og ósons¹⁴⁷.

2.8.4 Niðurstöður vöktunar

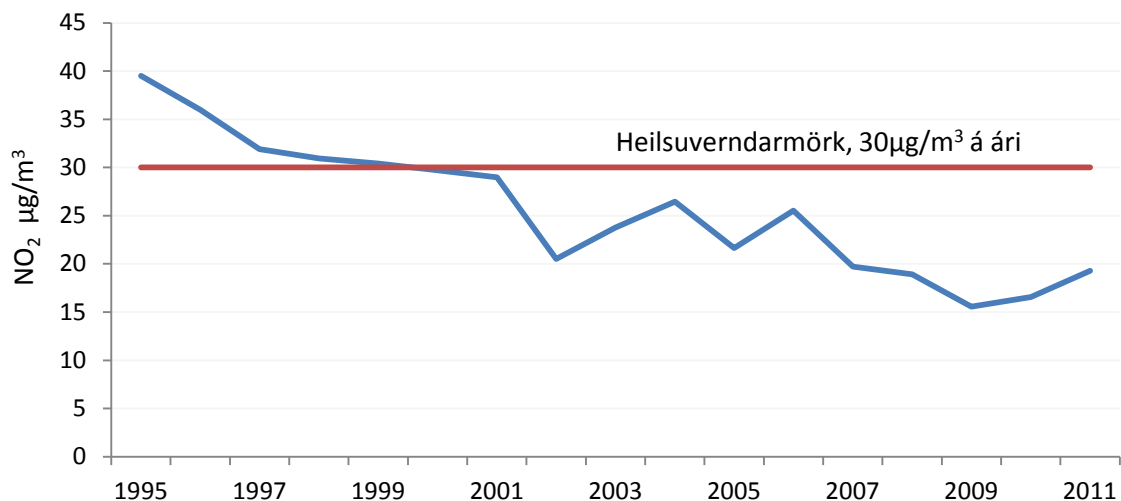
Eins og sjá má á mynd 22 hefur dregið úr losun NO_x frá bifreiðum frá 1995, fyrst og fremst vegna aukinnar notkunar hvarfakúta.

¹⁴⁴ Umferðarstofa, 2011

¹⁴⁵ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006

¹⁴⁶ Ragnhildur Guðrún Finnbjörnsdóttir, 2010

¹⁴⁷ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2011



Mynd 22. Ársmeðaltal köfnunarefnisdíoxíðs (NO₂) á Grensásvegi 1995-2011.

Árið 2009 fór styrkur NO₂ við Grensásveg tvisvar sinnum yfir heilsuverndarmörk miðað við sólarhringsmeðalgildi og í 15 skipti yfir mörkin fyrir klukkustundarmeðaltal, 110 µg/m³. Ársmeðaltal NO₂ við Grensásveg hefur legið undir heilsuverndarmörkum síðan um aldamót¹⁴⁸.

Þótt styrkur köfnunarefnisoxíða í andrúmslofti sé innan heilsuverndarmarka ber að athuga að fólk getur verið útsett tímabundið fyrir mikilli mengun, t.d. þegar beðið er við hópferðabíla sem eru í gangi. Hið sama gildir um starfsmenn nærri kyrrstæðum vinnuvélum, t.d. körfubílum, sem eru í gangi allan daginn. Alþjóðakrabbameinsstofnunin hefur nýlega komist að þeirri niðurstöðu að útblástur frá díselvélum geti valdið lungnakrabbameini¹⁴⁹. Því er mikilsvert að draga úr lausagangi véla eins og kostur er.

2.9 Óson (O₃)

2.9.1 Eiginleikar og uppruni

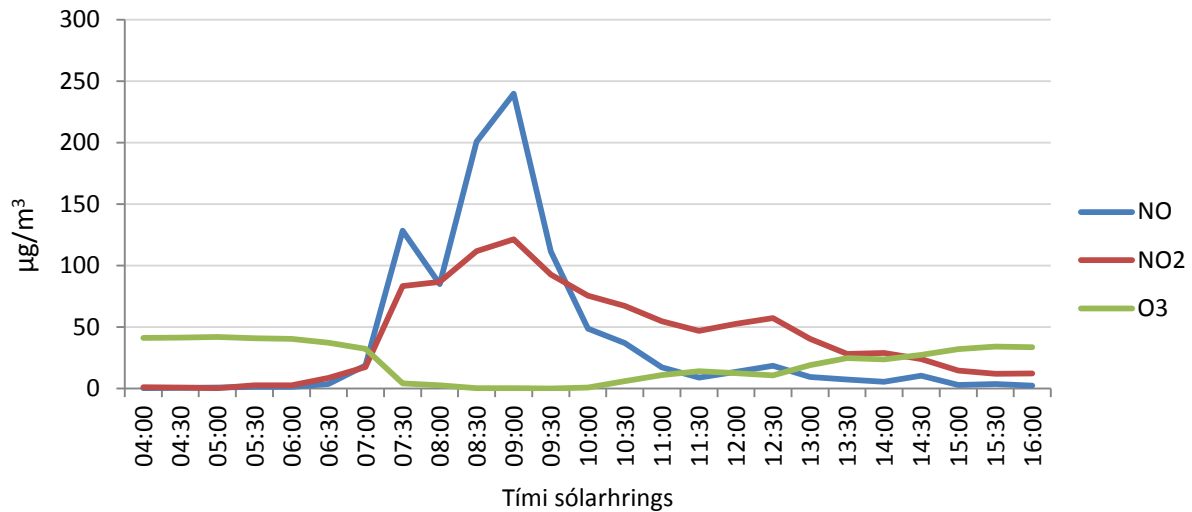
Óson (O₃) finnst bæði í heiðhvolfinu í 10-50 kílómetra hæð og í veðrahvolfinu nærri yfirborði jarðar, þar sem það getur haft slæm áhrif á heilsu manna, gróður og ræktun nytjajurta. Óson í heiðhvolfinu myndast við efnahvörf súrefnis fyrir tilstilli sólarljóss og berst hluti þess úr heiðhvolfinu niður í veðrahvolfið. Ósonlagið í heiðhvolfinu veitir mikilvæga vörn fyrir útfjólubláu ljósi frá sólinni. Talið er að um 10% ósons við yfirborð jarðar komi úr heiðhvolfinu¹⁵⁰. 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 er styrkur ósons oft lægri en úti á landsbyggðinni vegna þess að köfnunarefnisoxíð sem bílar losa frá sér hvarfast hratt við óson og myndar NO₂.

Mynd 23 sýnir samspil köfnunarefnisoxíða (NO og NO₂) og ósons í andrúmslofti í mælistöðinni við Grensásveg á einum sólarhring. Styrkur NO byrjar að vaxa um sjöleytið vegna losunar frá bílum. Á sama tíma lækkar styrkur ósons hratt vegna þess að það hvarfast við NO, og myndar NO₂ uns osónið er uppuríð. Styrkur NO og NO₂ hækkar aftur um hádegis tíð en eftir því sem líður á daginn endurnýjast loftið og styrkur ósons eykst á nýjan leik.

¹⁴⁸ Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur, 2009

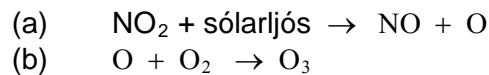
¹⁴⁹ IARC, 2012

¹⁵⁰ Stevenson o.fl., 2006

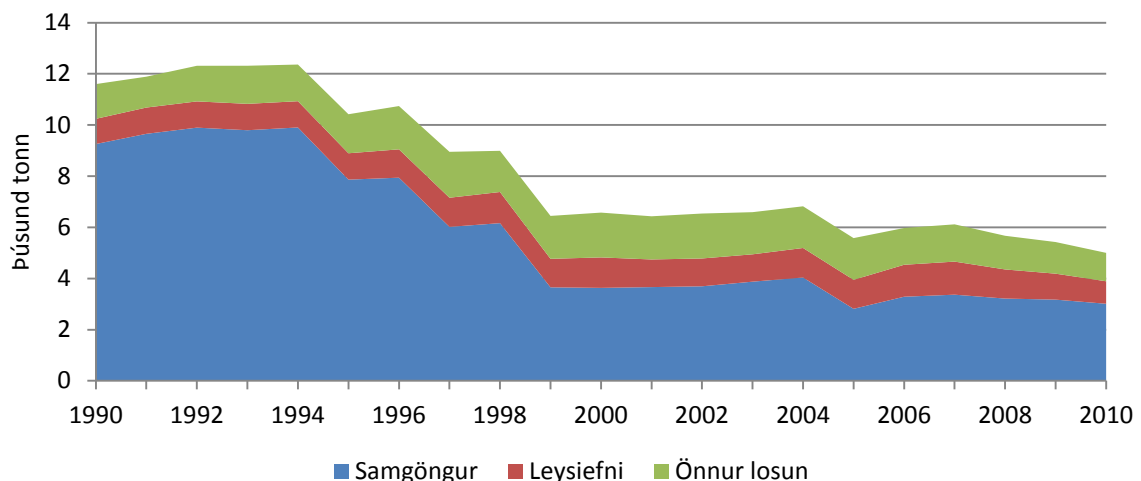


Mynd 23. Samspil ósons, NO₂ og NO við Grensásveg 18. janúar 2011.

Fjarri umferðaræðum getur óson myndast fyrir tilstilli köfnunarefnisoxíðs og rokkgjarna lífrænna efnasambanda, einkum á sólríkum og heitum sumardögum í kyrru veðri, eins og oft gerist t.d. í sunnanverðri Evrópu. Sólarljósið veldur þá umbreytingu á NO₂ í óson í tveimur þrepum:



Rokgjörn lífræn efnasambönd (VOC, volatile organic compounds) í andrúmslofti geta hvarfast við hýdroxýlstakeindir í andrúmslofti (OH) sem leiðir síðan til myndunar ósons í keðju efnahvarfa þar sem NO_x kemur einnig við sögu. Rokgjörn lífræn efnasambönd geta verið af náttúrulegum uppruna eða stafað af uppgufun frá ýmiss konar starfsemi, t.d. geymslu og notkun eldsneytis. Á mynd 24 sést losun rokkgjarna lífrænna efna, annarra en metans, á Íslandi.



Mynd 24. Losun rokkgjarna lífrænna efna, annarra en metans, á Íslandi árin 1990- 2012.

Samgöngur eru helsta uppspretta rok gjarnra lífrænna efna en losun frá þeim dróst saman um 57% frá 1990 til 2012 vegna aukinnar notkunar hvarfakúta í bílum¹⁵¹.

2.9.2 Áhrif á heilsufar og lífríki

Heilsufarsáhrif ósons eru aðallega tengd öndunarfarunum og er fólk með astma viðkvæmara en heilbrigðir einstaklingar. Með tímanum getur óson leitt til vefjafræðilegra breytinga í öndunarvegi. Í Evrópusambandinu var áætlað að tengja mætti 21.400 ótímabær dauðsföll árið 2000 við ósonmengun¹⁵². Rannsókn sem gerð var í Reykjavík 2009 sýndi marktæka fylgni milli ósonmengunar og afgreiðslu hjartalyfja¹⁵³. Höfundurinn bendir á að þó sé ekki hægt að draga ályktanir um orsakasamband þarna á milli án frekari rannsókna.

Þekkt er að óson getur haft skaðleg áhrif á gróður, m.a. dregið úr vexti trjáa og uppskeru nytjaplantna. Einnig eru vísbendingar um að óson geti skaðað dýr, en þau áhrif eru ekki vel þekkt¹⁵⁴.

2.9.3 Leiðbeiningar og ákvæði reglugerða

Í reglugerð nr. 745/2003, um styrk ósons við yfirborð jarðar, er að finna heilsuverndar- og gróðurverndarmörk auk upplýsinga- og viðvörunarmarka fyrir óson. Heilsuverndarmörkin eru $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sem hæsta átta klukkustunda meðalgildi hvers dags. Styrkurinn má ekki fara oftar yfir þessi mörk en 25 daga á hverju almanaksári að meðaltali á þriggja ára tímabili. Ef klukkustundarmeðaltal fer yfir $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ skal veita almenningi upplýsingar um það (upplýsingamörk), en viðvörunarmörk fyrir óson eru $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ miðað við klukkustundarmeðaltal.

Til þess að meta áhrif mengunarvalda á heilsu þarf að vera hægt að tengja saman heilsufarsáhrif og styrk viðkomandi efnis í andrúmslofti, og einnig að ákveða lágstu mörk þar sem efnið hættir að hafa heilsufarsáhrif. Í leiðbeiningum Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar frá 2005 voru leiðbeinandi mörk fyrir óson miðað við 8 klst meðaltal lækkuð úr $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ í $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og athygli vakin á því að áhrifin séu einstaklingsbundin og ekki verði fullyrt um hver lágstu mörkin séu¹⁵⁵. Í rannsókn á sambandi ósons og dánartíðni í Evrópu var gengið út frá því að meðalstyrkur ósons í 8 klst undir $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hefði ekki skaðleg áhrif¹⁵⁶.

2.9.4 Niðurstöður vöktunar

Styrkur ósons í andrúmslofti á Íslandi er hæstur á vorin, frá febrúar til maí, en er í lágmarki sumarmánuðina júlí og ágúst. Mynd 25 sýnir mánaðarmeðaltöl ósons í Vestmannaeyjum og á Hvanneyri árið 2009 (bakgrunnsstyrkur ósons hér við land, sem breytist lítið milli ára), og við Grensásveg og á Keldnaholti í Reykjavík árið 2005¹⁵⁷ (óson í borgarumhverfi). Styrkurinn er áþekkur í Vestmannaeyjum og Hvanneyri, með greinilegum árstíðasveiflum, hæstur um um $95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ í apríl en lægstur um $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ í júlí.

¹⁵¹ Umhverfisstofnun, 2012b

¹⁵² Umhverfisstofnun Evrópu, 2007

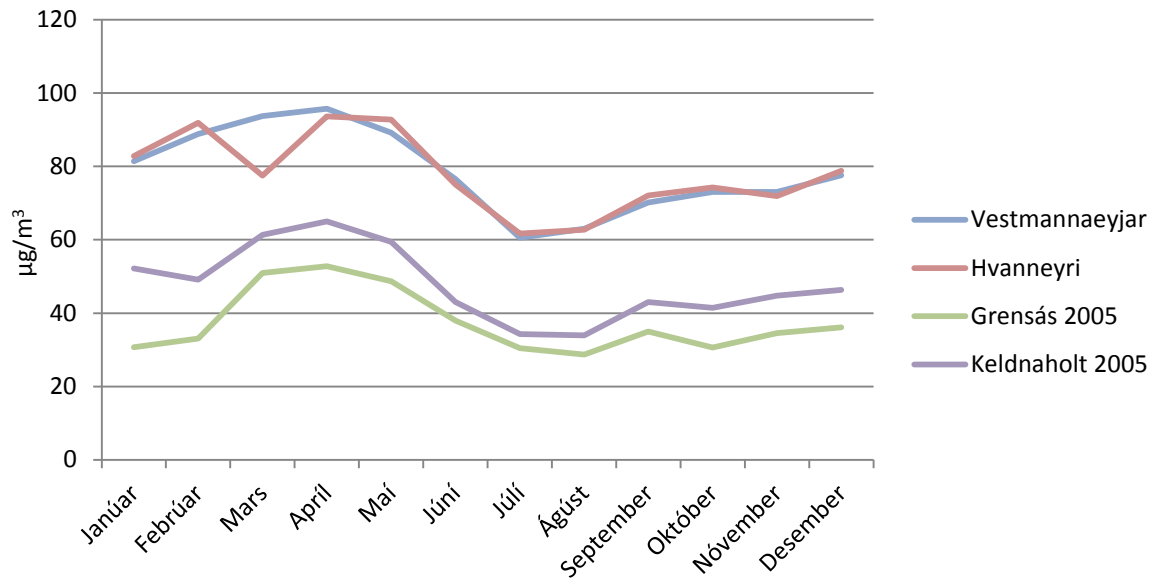
¹⁵³ Ragnhildur Guðrún Finnbjörnsdóttur, 2010

¹⁵⁴ The Royal Society, 2008

¹⁵⁵ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2005

¹⁵⁶ Amann, 2004

¹⁵⁷ Árið 2005 var óson mælt óslitið bæði við Grensásveg og Keldnaholt



Mynd 25. Mánaðarmeðaltöl ósons í Vestmannaeyjum og á Hvanneyri 2009, og við Grensásveg og Keldnaholt 2005¹⁵⁸.

Í Reykjavík gætir árstíðasveiflunnar með sama hætti en styrkur ósons er töluvert lægri þar, sennilega vegna köfnunarefnisoxíðs frá umferð sem eyðir ósoni eins og áður var lýst (sjá mynd 23). Umferð er meiri og ósonstyrkur að jafnaði lægri við Grensásveg en í útjaðri borgarinnar að Keldnaholti. Ársmeðaltal ósons var 38 µg/m³ við Grensásveg og 48 µg/m³ við Keldnaholt árið 2005, en 79 µg/m³ í Vestmannaeyjum og 78 µg/m³ á Hvanneyri árið 2009¹⁵⁹.

2.9.5 Samanburður við önnur lönd

Vorhámurk og sumarlagmárk ósons er þekkt á norðurhveli jarðar¹⁶⁰. Reynt hefur verið að skýra háan styrk ósons á vorin með myndun ósons við yfirborð jarðar og ósoni sem berst ofan úr heiðhvolfinu¹⁶¹, en það hefur afgerandi áhrif á styrk ósons í efsta lagi veðrahvolfsins á Norðurheimskautssvæðinu. Tilgátur eru uppi um að lágan styrk ósons við yfirborð jarðar á sumrin megi rekja til efnahvarfa í neðri hluta veðrahvolfsins¹⁶².

Mynd 26 sýnir mánaðarmeðaltal ósons árið 2009 á nokkrum norðlægum stöðum í Evrópu, í Vestmannaeyjum, við Tustervatn í Noregi, Leirvík á Hjaltlandi og Mace Head á Írlandi. Sömu árstíðasveiflu gætir alls staðar og er meðalstyrkur ósons í apríl einnig mjög svipaður, 91 µg/m³ í Leirvík og Mace Head, 94 µg/m³ við Tustervatn og 96 µg/m³ í Vestmannaeyjum.

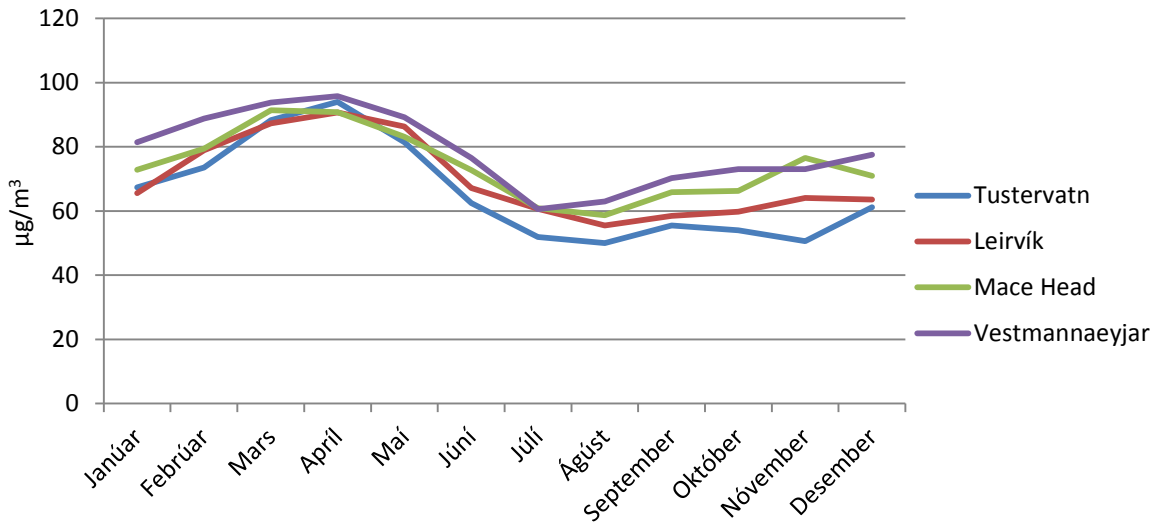
¹⁵⁸ Umhverfisstofnun, 2012c

¹⁵⁹ Umhverfisstofnun, 2012c

¹⁶⁰ Derwent, 1998; Liang, 2009

¹⁶¹ Monks, 2000; Collins, 2003

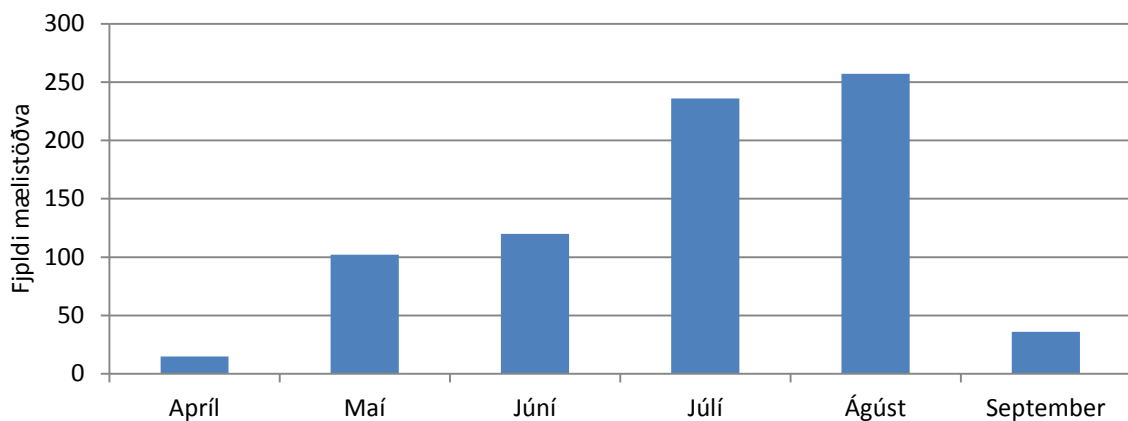
¹⁶² Liang, 2009



Mynd 26. Mánaðarmeðaltöl ósons í andrúmslofti við Tustervatn í Noregi, Leirvík á Hjaltlandi, Mace Head á vesturstönd Írlands og í Vestmannaeyjum¹⁶³.

Nýleg samantekt á bakgrunnsstyrk ósons við yfirborð jarðar í Evrópu og N-Ameríku sýnir að óson jókst um 1% árlega milli 1950 og 2000, en að síðan hefur dregið úr aukningunni¹⁶⁴. Á Írlandi lækkaði styrkur ósons á tímabilinu 1988–2007, að undanskilinni mælistöðinni Mace Head þar sem gætir vinda frá Atlantshafinu¹⁶⁵. Gera þyrfti tölfræðilega greiningu á mæligögnum til þess að staðfesta hvort marktækar breytingar hafa orðið á styrk ósons í Vestmannaeyjum frá því að mælingar hófust árið 1993.

Í Evrópu er ósonmengun mest í sunnanverðri álfunni af völdum ósonmyndandi efna í sumarhitum og sólskini þegar lítil hreyfing er á lofti¹⁶⁶. Mynd 27 sýnir fjölda mælistöðva í Evrópu þar sem ósonstyrkur fór yfir mörk fyrir klukkustundarmörk ósons (180 µg/m³) árið 2009. Algengast er að mengunin sé yfir mörkum í júlí og ágúst, á þeim tíma þegar ósonmengun er í lágmarki á Íslandi.



Mynd 27. Fjöldi mælistöðva í Evrópu þar sem ósonstyrkur fór yfir klukkustundarmörk ósons sumarið 2009¹⁶⁷.

¹⁶³ Umhverfisstofnun, 2012c; EMEP, 2011

¹⁶⁴ Parrish, 2012

¹⁶⁵ Tripathi, 2010

¹⁶⁶ Umhverfisstofnun Evrópu, 2010

¹⁶⁷ Umhverfisstofnun Evrópu, 2010

Mælingar hafa ekki sýnt aukningu ósons að sumarlagi á Íslandi líkt og gerist á meginlandi Evrópu eða merki um staðbundna myndun ósons. Þau gögn sem fyrir liggja benda til að óson í andrúmslofti á Íslandi ráðist af bakgrunnsstyrk ósons í andrúmslofti við norðaustanvert Atlantshaf, ef frá eru skilin staðbundin áhrif umferðar á höfuðborgarsvæðinu, sem draga úr styrk ósons.

2.10 Koldíoxíð (CO₂)

2.10.1 Eiginleikar og uppruni

Koldíoxíð er litlaus lofttegund sem myndast aðallega við bruna kolefnis. Koldíoxíð í andrúmslofti veldur gróðurhúsaáhrifum og var vægi þess 75% í losun gróðurhúsa-lofttegunda frá Íslandi árið 2010. Styrkur koldíoxíðs í andrúmslofti er nú um 390 ppm¹⁶⁸ og fer vaxandi.



Helsta hlutverk lungnanna er að afla súrefnis og fjarlægja koldíoxíð sem frumur líkamans mynda og andar fullorðið fólk að jafnaði frá sér 0,3 lítrum af koldíoxíði á mínútu. Styrkur koldíoxíðs í lofti innandyrá er góður mælikvarði á hvort loftskipti eru nægileg í híbýlum manna, skólastofum, fundarsölum og öðrum vistarverum þar sem fólk safnast saman.

2.10.2 Áhrif á heilsu

Fundist hefur samband milli styrks koldíoxíðs í lofti innandyrá og óþæginda í slímhimnum og öndunarkerfi, s.s. augnþurrks, særinda í hálsi og nefstíflna¹⁶⁹. Samband hefur einnig fundist milli hækkaðs styrks koldíoxíðs í skólastofum og fjarveru frá skóla. Hækkun styrks koldíoxíðs um 1000 ppm umfram styrk í andrúmslofti leiddi til aukinnar fjarveru um 10–20%¹⁷⁰. Hár styrkur koldíoxíðs í innanhússlofti er einnig talinn valda einbeitingarskort og syfju.

2.10.3 Ákvæði reglugerða

Í byggingarreglugerð nr. 112/2012 kemur fram að tryggt skuli að CO₂-magn í innlofti verði ekki meira að jafnaði en 0,08% CO₂ (800 ppm) og fari ekki yfir 0,1% CO₂ (1000 ppm). Í reglugerð um hollustuhætti nr. 941/2002 er kveðið á um að húsnæði skuli skv. eðli starfseminnar fullnægja almennum skilyrðum um loftræstingu og að loftræsikerfum skuli halda við og þau hreinsuð reglulega.

2.10.4 Niðurstöður rannsókna

Fjöldi rannsókna hefur sýnt háan styrk CO₂ í skólastofum. Í þýskri rannsókn reyndist styrkur CO₂ í skólastofum yfir viðmiðunarmörkunum 1000 ppm í meira en helmingi tilvika og í fjórðungi tilvika var styrkur CO₂ yfir 1500 ppm¹⁷¹.

Lagnafélag Íslands stóð fyrir ráðstefnu árið 1997 um loftræstingu í skólum. Þar voru kynntar niðurstöður mælinga á innlofti í sex skólum á Akureyri og Dalvík¹⁷² og reyndist meðalstyrkur CO₂ í skólastofum vera 1373 ppm.

¹⁶⁸ ppm þýðir hlutar af milljón. 390 ppm CO₂ þýðir 390 mólakúl af CO₂ af hverjum milljón mólakúlum af þurru lofti

¹⁶⁹ Erdmann og Apte, 2004

¹⁷⁰ Shendell o.fl., 2004

¹⁷¹ Heudorf o.fl., 2009

¹⁷² Jónína Valsdóttir, 1997

Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis birti skýrslu árið 2002 um mælingar á loftgæðum í skólum og leikskólum á Seltjarnarnesi og Mosfellsbæ. Styrkur CO₂ í 16 kennslustofum reyndist að meðaltali 1704 ppm. Lægsta gildið var 552 ppm en það hæsta 4053 ppm. Í leikskólum var CO₂ að jafnaði 1254 ppm (620- 3212 ppm)¹⁷³.

Í rannsókn á loftgæðum í 15 skólum í Reykjavík árið 2008 reyndist CO₂-styrkur í skólastofum á bilinu 621–2353 ppm, en að jafnaði 1508 ppm. Í 13 af 15 skólum var styrkur CO₂ að jafnaði yfir viðmiðunarmörkum, eða 1000 ppm og í öllum nema einum var hann yfir 800 ppm¹⁷⁴.

2.11 Kolmónoxíð (CO)

2.11.1 Eiginleikar og uppruni

Við bruna jarðefnaeldsneytis myndast aðallega koldíoxíð (CO₂) og vatn, en einnig kolmónoxíð (CO). Kolmónoxíð er litlaus, lyktarlaus og eitruð lofttegund sem binst blóðrauða í stað súrefnis og hindrar þannig að súrefnis berist vefjum líkamans, sem getur verið banvænt. Kolmónoxíð er sérstaklega varasamt vegna þess að það er lyktarlaust.

Samgöngur eru langstærsta uppspretta kolmónoxíðs í andrúmslofti. Með tilkomu hvarfakúta í ökutækjum, sem breyta kolmónoxíði í koldíoxíð, hefur losun kolmónoxíðs minnkað mikið. Þannig var heildarlosunin frá Íslandi 60% lægri árið 2009 en árið 1990, þrátt fyrir umtalsverða aukningu í sölu eldsneytis¹⁷⁵.

2.11.2 Áhrif á heilsu

Mestallt kolmónoxíð sem líkaminn tekur upp binst blóðrauða og myndar carboxyhaemoglobin (COHb) sem dregur úr hæfni blóðrauða til þess að flytja súrefni til vefja líkamans. Hjá þeim sem ekki reykja er hlutfall COHb í blóði að jafnaði á bilinu 0,5%-1,5%. Þetta hlutfall hækkar við dvöl í menguðu umhverfi. Hjá þeim sem reykja mikið getur hlutfallið orðið allt að 10%. Mælt er með því að hlutfallið sé ekki hærra en 2,5% hjá þeim sem haldnir eru hjarta- og æðasjúkdómum og einnig vanfærum konum þannig að fóstrið skaðist ekki¹⁷⁶.

2.11.3 Leiðbeiningar og ákvæði reglugerða

Losunarmörk kolmónoxíðs frá bifreiðum eru sett í reglugerð nr. 788/1999 um varnir gegn loftmengun af völdum hreyfanlegra uppsprettna, og reglugerð nr. 822/2004 um gerð og búnað ökutækja.

Heilsuverndarmörk fyrir kolmónoxíð í andrúmslofti eru skilgreind í reglugerð nr. 251/2002 um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings. Hámark átta stunda meðaltals er 10 mg/m³.

Í leiðbeiningum Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar um hámarksstyrk kolmónoxíðs í andrúmslofti er miðað við að hlutfall COHb í blóði fari ekki yfir 2,5%. Leiðbeiningarnar miðast við styrk CO í lofti og þann tíma sem einstaklingur getur verið í slíkri mengun án þess að COHb í blóði fari yfir 2,5%¹⁷⁷:

¹⁷³ Árni Davíðsson, 2002

¹⁷⁴ Vanda Úlfrún Liv Hellsing, 2009

¹⁷⁵ Umhverfisstofnun, 2011b

¹⁷⁶ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2000

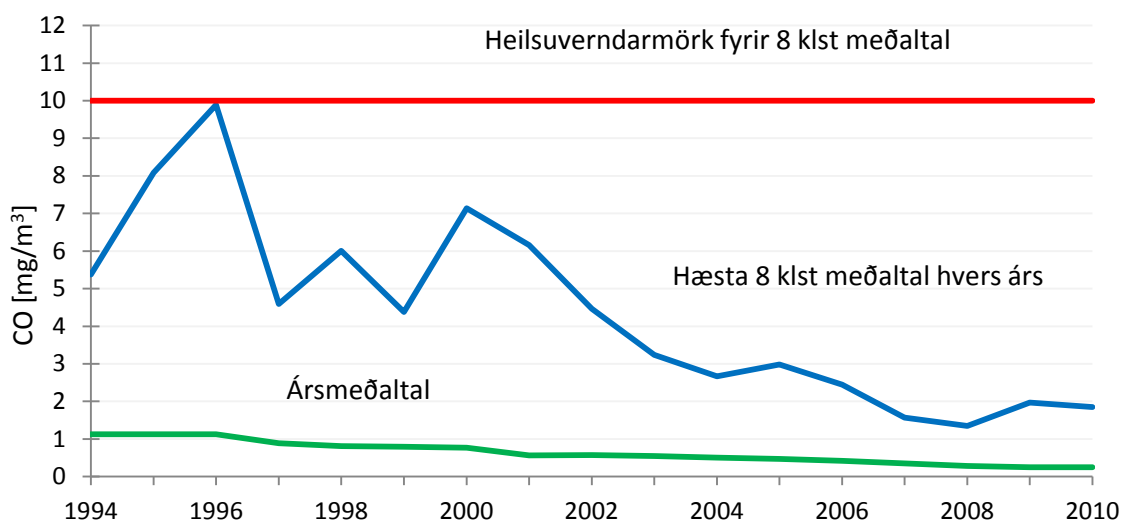
¹⁷⁷ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2000

- 100 mg/m³ í 15 mínútur
- 60 mg/m³ í 30 mínútur
- 30 mg/m³ í 1 klukkustund
- 10 mg/m³ í 8 klukkustundir

Þessar leiðbeiningar eru m.a. notaðar við hönnun jarðganga¹⁷⁸.

2.11.4 Niðurstöður vöktunar

Miklar framfarir hafa orðið með tilkomu hvarfakúta í bifreiðum sem dregið hafa úr losun kolmónoxíðs frá umferð og hefur styrkur kolmónoxíðs í andrúmslofti í Reykjavík legið töluvert undir viðmiðunarmörkum undanfarin ár. Síðan árið 2002 hefur hæsta átta klukkustunda meðaltal hvers árs verið undir 6 mg/m³ eins og sjá má á mynd 28.



Mynd 28. Ársmeðaltal og hæsta átta klukkustunda meðaltal kolmónoxíðs við Grensásveg árin 1994-2010.

Aðgæslu er hins vegar þörf þar sem loftskipti eru takmörkuð, t.d. í bílageymsluhúsum og jarðgöngum. Hættulegar aðstæður geta einnig skapast innanhúss, t.d. vegna gaseldunartækja og -lampa, og einnig vegna innbyggðra bílskúra þar sem loftun er ónóg. Slys af völdum kolmónoxíðs eru vel þekkt. Nauðsynlegt er að brýna fyrir fólki að tryggja góða loftræstingu þar sem gastæki eru notuð innanhúss.

2.12 Díoxín, dibensofuran og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH)

2.12.1 Eiginleikar og uppruni

Díoxín, dibensofuran og fjölhringa arómatísk vetniskolefni (PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons) tilheyra flokki svokallaðra þrávirkra lífrænna efna. Um er að ræða stóra efnaflokka hringlaga kolefnissambanda sem eru nægilega rokgjörn til þess að geta borist langar leiðir með lofti. Til eru 75 díoxínefni, 135 dibensofuranefni og hundruð PAH-efna.

Díoxín og dibensofuran hafa ekki verið framleidd af ásetningi nema í rannsóknaskyni, en þau myndast í ákveðnum iðnaðarferlum og við bruna. Hið sama má segja um flest PAH-efni, sem

¹⁷⁸ Commonwealth of Australia, 2008

myndast aðallega við ófullkominn bruna eldsneytis. Þau finnast einnig í miklu magni í tjöruefnum. PAH-efni fylgja gjarna rykögnum í útblæstri og finnast því í sóti.

Efnin eru þrávirk í náttúrunni, þau brotna hægt niður og geta því náð háum styrk í lífverum.

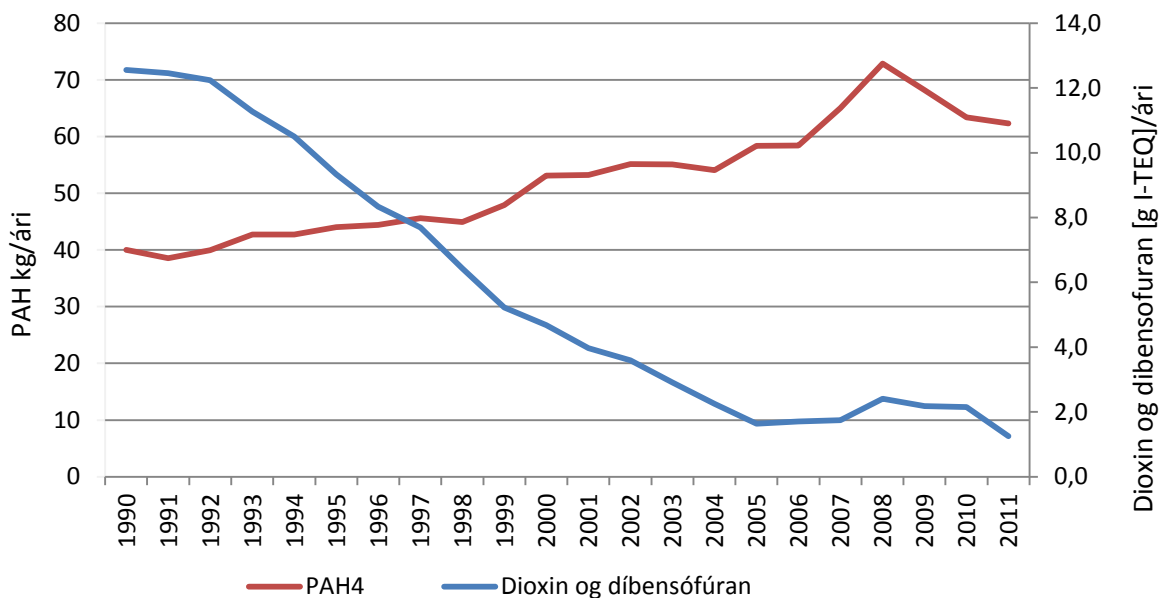
Díoxínefni safnast fyrir í fituvef hryggdýra jafnt sem hryggleysingja, en PAH-efni brotna hins vegar niður í fiskum og spendýrum. Í dýrum með ófullkomnara meltingarkerfi, t.d. skel- og krabbadýrum, geta PAH-efni hins vegar safnast fyrir.

Breytilegt er hvernig greint er frá magni PAH-efna. Oft er um að ræða summu 16 efna, í losunarbókhalda Íslands er tiltekið magn fjögurra efna og oft er einungis miðað við styrk PAH-efnisins benzo[a]pyren. Þetta getur valdið erfiðleikum við samanburð niðurstaðna úr mismunandi verkefnum. Hér í þessari skýrslu eru notaðar tölur um fjögur PAH-efni. Þessi efni eru benzo(a)pyren, benzo(b)fluoranthén, benzo(k)-fluoranthén og indeno(1,2,3-cd)pyren. Til einföldunar eru þessir efnaflokkar oft kallaðir PAH4.



Styrkur díoxín- og dibensofuranefna er oftast gefinn upp sem jafngildi eitrunar (international toxicity equivalent, I-TEQ), sem er mælikvarði á eitrunaráhrif efnablöndunnar miðað við eittraðasta díoxínefnið (2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-díoxín (TCDD)).

Á mynd 29 má sjá þróun í árlegri losun PAH- og díoxínefna frá Íslandi 1990-2011. Losun díoxínefna minnkaði á þessu tímabili úr 13 grömmum í rúmt 1 gramm I-TEQ, en losun PAH-efna jókst hins vegar úr 40 kg í 62 kg á ári.

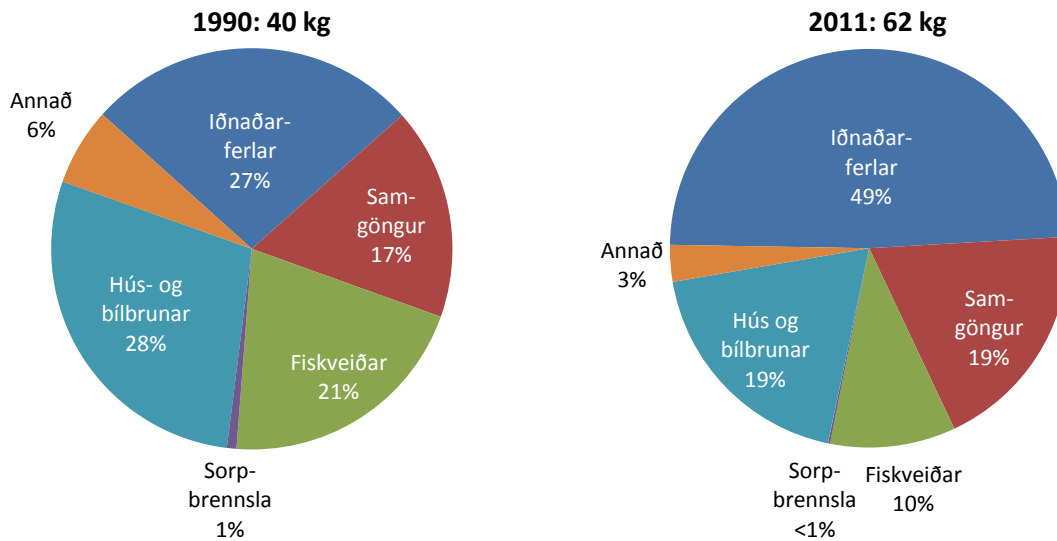


Mynd 29. Losun PAH4 og díoxín- + dibensofuranefna frá Íslandi á árabílinu 1990-2011¹⁷⁹.

Mynd 30 sýnir hvernig PAH-losun skiptist eftir uppruna árin 1990 og 2010. Helstu uppsprettur PAH-efna á Íslandi árið 2011 voru iðnaðarferlar 49%, samgöngur 19% og hús- og bílrunar

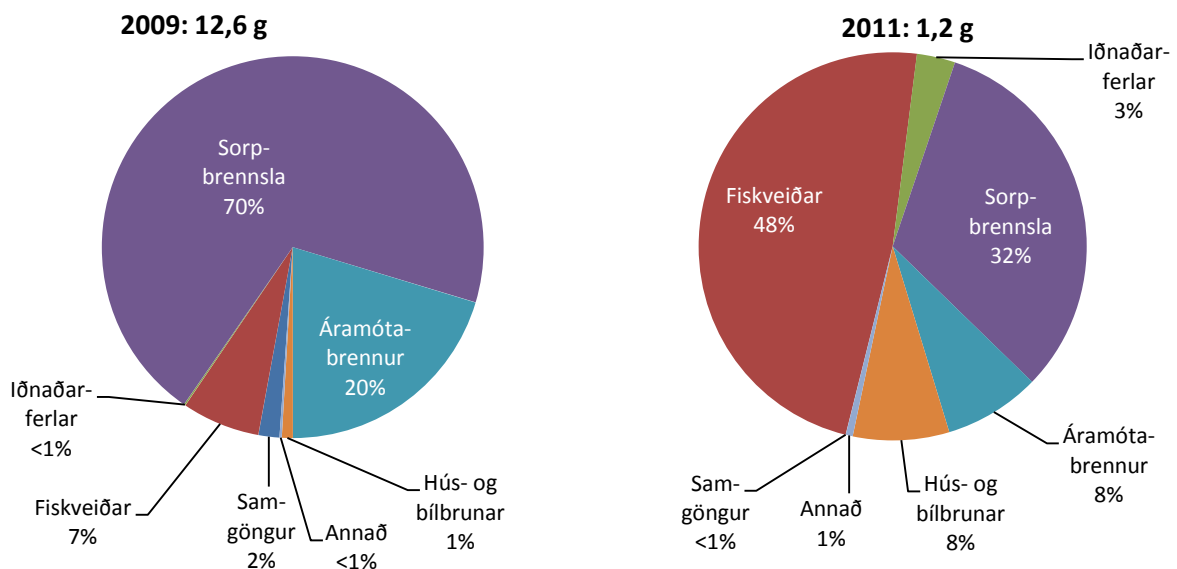
¹⁷⁹ EMEP, 2012

19%. Aukning í losun milli ára 1990 og 2011 má aðalega rekja til aukinnar framleiðslu á áli og kísilmálm.



Mynd 30. Losun PAH eftir flokkum og þróun losunar frá 1990 til 2011¹⁸⁰.

Mynd 30 sýnir hvernig losun díoxín- og dibensofuranefna skiptist árin 1990 og 2011. Mikinn samdrátt í losun milli þessa ára má rekja til þess að opinni brennslu á úrgangi var hætt. Árið 2011 voru fiskveiðar orðnar stærsta uppspretta efnanna með 48% en sorpbrennsla er einnig stór hluti ennþá eða 32%.



Mynd 31. Losun díoxíns eftir flokkum og þróun losunar frá 1990 til 2011¹⁸¹.

2.12.2 Áhrif á heilsu

Talið er að nær öll (95–99%) díoxínefni í líkamanum berist með fæðu¹⁸². Belgísk rannsókn á áhrifum sorpbrennslustöðva og stáliðnaðar á útsetningu díoxína sýndi aukinn styrk díoxína

180 Umhverfisstofnun, 2012d

181 Umhverfisstofnun, 2012d

hjá þeim sem bjuggu nærri brennslustöðvum í dreifbýli og neyttu dýraafurða úr nágrenninu. Þetta átti ekki við um þá sem bjuggu nærri brennslustöðvum í þéttbýli¹⁸³.

Þessar rannsóknir benda til þess að leggja beri áherslu á dioxín í fæðu í ráðleggingum til almennings um útsetningu dioxína. Minni líkur eru því á að skert loftgæði geti haft bein áhrif í þessu sambandi, en staðbundnar uppsprettur dioxína geta valdið því að styrkur efnanna í landbúnaðarafurðum fari yfir leyfileg heilsufarsmörk.

PAH-efni eru krabbameinsvaldandi og vakti aukin tíðni krabbameins hjá sóturum athygli bresks læknis, Percivall Pott, þegar árið 1775. Reyktur og grillaður matur getur innihaldið mikið af PAH-efnum. Krabbamein af völdum PAH-efna má rekja til neyslu mengaðrar fæðu, innöndunar PAH-efna og snertingar þeirra við húð. Helstu áhættuþættir tengdir PAH á vinnustöðum eru innöndun og snerting og fylgir aukin áhætta störfum þar sem kolatjara er notuð eða framleidd, kreósót notað, koks, rafskaut eða ál framleidd, ásamt olíuðnaði og hreinsun skorsteina¹⁸⁴.

2.12.3 Ákvæði reglugerða

Í reglugerð nr. 410/2008, um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkell og fjölhringa arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti, eru sett umhverfismörk fyrir PAH-efnið benzó[a]pýren í andrúmslofti. Mörkin eru 1 ng/m³ (nanógramm, einn þúsundasti úr mikrógrammi) og miðast þau við innihald þess í PM₁₀ ryki yfir heilt almanaksár að meðaltali.

Losunarmörk gilda fyrir útblástur dioxína og fúrana frá brennslu úrgangs samkvæmt reglugerð nr. 739/2003 um brennslu úrgangs. Losunarmörkin, sem miðast við samtölu dioxína og fúrana, eru 0,1 ng/m³ og reiknast út frá eiturjafngildisstuðlum (I-TEQ).

2.12.4 Niðurstöður rannsókna og vöktunar

Dregið hefur verulega úr losun dioxínefna undanfarna áratugi, aðallega vegna þess að hætt var opinni brennslu á úrgangi. Helstu uppsprettur efnanna nú eru frá fiskveiðum og einnig starfsleyfisskyldri starfsemi, þ.e. úrgangsbrennslu, og er útgáfa starfsleyfa og eftirlit í höndum Umhverfisstofnunar. Almenn gildir að beita skuli bestu fánlegri tækni í mengandi starfsemi í landinu og eru losunarmörk fyrir úrgangsbrennslur skilgreind í reglugerð nr. 739/2003 um brennslu úrgangs. Þótt dioxínefni af mannavöldum í umhverfinu séu að verulegu leyti tilkomin vegna loftborinnar mengunar þá þarf aðallega að gæta að hagsmunum almennings vegna hugsanlegrar hættu af neyslu dioxínmengaðra matvæla. Matvælastofnun hefur yfirumsjón með að ákvæðum um aðskotaefni í matvælum sé framfylgt.

Í ársbyrjun 2011 var í fjölmiðlum mikið fjallað um dioxínmengun frá sorpbrennslum eftir að efnið greindist yfir leyfilegum mörkum í mjólkursýni frá býli í Engidal nálægt sorpbrennslunni Funa á Ísafirði. Í kjölfarið var farið í frekari rannsóknir á mögulegri dioxínmengun og gekkst Embætti landlæknis fyrir rannsókn á dioxíni í blóði starfsmanna og nágrenna sorpbrennslunnar. Marktæk hækkun fannst á dioxíni í blóði nokkurra starfsmanna og hjá einstaklingi sem bjó nálægt brennslunni. Öll gildi voru þó vel undir þeim mörkum sem talin eru geta haft heilsufarsleg áhrif¹⁸⁵.

Rannsóknir sýndu einnig hækkun gildi dioxína í heyi, mjólk og nautgripa-, lamba- og ærkjöti úr Engidal. Mjólkursýni og annað af tveimur sýnum af nautakjöti mældust yfir mörkum fyrir dioxínnihald sem skilgreint er í reglugerð nr. 265/2010 um gildistöku reglugerðar

182 Office of Chemical Safety, Australian Government Department of Health and Ageing, 2004

183 Fierens o.fl., 2007

184 IARC, 2010

185 Embætti landlæknis, 2012b

framkvæmdastjórnarinnar (EB) nr. 1881/2006 um hámarksgildi fyrir tiltekin aðskotaefni í matvælum¹⁸⁶.

Árið 2011 lét Umhverfisstofnun gera úttekt á styrk díoxína í jarðvegi í nágrenni sorpbrennslu, stóriðjusvæða og nokkurra áramótabrenna¹⁸⁷. Díoxín í jarðvegi var í öllum tilfellum undir þeim mörkum sem geta skapað hættu fyrir almenning og lífríki eða kalla á takmarkanir á nýtingu og hreinsun jarðvegs. Á einum stað, í Vestmannaeyjum, mældist styrkurinn slíkur að ástæða er til að draga úr losun til að hindra frekari uppsöfnun, þó reyndist ekki þörf á hreinsun jarðvegs.

Vera kann að mengun vegna loftborins díoxíns hafi verið vanmetin í úttekt Umhverfisstofnunar því jarðvegssýnum var safnað undir gróðurþekju sem flett var ofan af yfirborðinu¹⁸⁸. Ástæðan fyrir því er sú að díoxínefni berast hægt niður í jarðveginn af yfirborði og sýna útreikningar að díoxín blandast niður á 2 cm dýpi í óhreyfðum jarðvegi eftir stöðuga loftmengun í eitt ár og niður á 5 cm dýpi eftir fimm ár¹⁸⁹.

Losun PAH-efna hefur aukist síðan 1990, aðallega vegna aukinnar framleiðslu á áli og kísilmálm. Styrkur PAH í andrúmslofti er vaktaður við álver Alcoa á Reyðarfirði og fylgst hefur verið með PAH í kræklingi í sjó undan iðnaðarsvæðunum í Straumsvík og á Grundartanga.

Í náinni framtíð hefst vöktun á PAH í þéttbýli í samræmi við reglugerð nr. 410/2008, um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkell og fjölrhinga arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti. Í nýrri vöktunaráætlun fyrir iðnaðarsvæðið á Grundartanga sem tók gildi 2012 er gert ráð fyrir vöktun á PAH í nágrenni þess.

Mælingar á PAH-efnum í loftsýnum frá Stórhöfða í Vestmannaeyjum voru gerðar á vegum Rannsóknastofu í lyfja- og eiturefnafræði og reyndist styrkur þeirra vera við eða undir greiningarmörkum mæliaðferðarinnar sem voru 0,01 ng/m³¹⁹⁰.

Haustið 2005 stóð Heilbrigðiseftirlit Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis fyrir mælingum á 38 mismunandi PAH-efnum í ryki og lofti í Áslandshverfi í Hafnarfirði¹⁹¹. Meðaltal 10 mælinga á heildarmagni PAH-efnanna var 23,5 ng/m³ (5,3–41,5 ng/m³), en PAH-efnið benzó[a]pýren mældist á bilinu <0,01–0,04 ng/m³. Þetta má bera saman við ársmeðaltalið 1 ng/m³ sem eru þau mörk sem gilda fyrir benzó[a]pýren frá ársbyrjun 2013.

Umhverfisvöktun í nágrenni álvers Alcoa á Reyðarfirði felur m.a. í sér mælingu á summu 16 PAH-efna í svifrykssýnum á fjórum mælistöðvum. Ársmeðaltal þeirra árið 2010 var 0,11–0,23 ng/m³. Mánaðarmeðaltal árið 2010 var á bilinu <0,01–1,06 ng/m³¹⁹². Ársmeðaltal summu þessara 16 PAH-efna er vel undir því hámarksgildi sem gilda mun fyrir benzó[a]pýren frá ársbyrjun 2013, en benzó[a]pýren er eitt þeirra efna sem mælt er þegar niðurstöður eru lagðar fram sem summa 16 PAH-efna.

¹⁸⁶ Þórhallur Halldórsson, 2012

¹⁸⁷ Umhverfisstofnun, 2011

¹⁸⁸ Umhverfisstofnun, 2011d

¹⁸⁹ Drivas, 2011

¹⁹⁰ Kristín Ólafsdóttir, 2011

¹⁹¹ Skjenstad, 2006

¹⁹² Alcoa Fjarðaál, 2011

2.13 Lyktarmengun

2.13.1 Eiginleikar og uppruni

Lyktarskynið er eitt af skilningarvitunum fimm og þjónar manninum á margvíslegan hátt. Lykt getur hjálpað til við að forðast varasöm efni eða skemmdan mat, en getur einnig haft aðdráttarafl eins og blómailmur eða lykt af kaffi og nýbökuðu brauði. Smekkur fyrir lykt er þó mismunandi og getur einum líkað það sem öðrum mislíkar. Víst er að lykt hefur mikil áhrif á líðan mannsins.

Áhrif lyktar á fólk eru háð smekk manna og styrk lyktarinnar, því nefið er misnæmt fyrir efnun. Þannig er t.d. um fimmhundrað milljónfaldur munur á því hve nefið á auðveldara með að greina lykt af efninu butyl mercaptan en lykt af própangasi (Nagata). Þessu efni er því bætt í jarðgas í öryggisskyni til þess að ljá því lykt. Oftast finnur fólk lykt löngu áður en hún verður ertandi. Þeir sem eru með undirliggjandi sjúkdóma, t.d. astma, eru sérstaklega viðkvæmir fyrir lykt.

Algengustu uppsprettur lyktar innanhúss eru fólk og umgengni, matargerð, hreinsiefni, snyrtivörur, gæludýr, byggingarefni, niðurföll, raki og mygla. Lyktarmörk, sem jafngilda einni lyktareiningu (1 ou_E), eru jöfn þeim styrk sem helmingur fólks getur greint. Teknar hafa verið saman upplýsingar um lyktarmörk fyrir hundruð efna¹⁹³. Lyktarmælingar eru gerðar í samræmi við evrópskan staðal (ÍST EN 13725:2003/AC:2006) og eru framkvæmdar af sérþjálfuðum skynmatshópi, sem þarf sérstakan tækjabúnað¹⁹⁴. Ekki hefur þótt svara kostnaði að setja upp slíka hópa hér á landi.

Tilraunir hafa verið gerðar til að meta gæði lyktar af mismunandi efnun. Í töflu 9 eru nokkur dæmi úr slíku mati þar sem 150 manns gáfu lykt einkunn á kvarðanum frá -4 til +4.

Tafla 9. Dæmi um mat á gæðum lyktar á kvarðanum -4 til +4¹⁹⁵.

Lýsing	Einkunn
Nýbakað brauð	3,53
Epli	2,61
Nýslegið gras	2,14
Banani	2,00
Rúsínur	1,56
Börkur af birki	1,18
Dill	0,87
Hrá kartafla	0,26
Nýr tóbaksreykur	-0,66
Naglalakkseyðir	-0,81
Viðbrennd mjólk	-2,19
Blautur hundur	-2,28
Brennisteinslykt	-2,45
Brennt gúmmí	-3,01
Kattahland	-3,64
Holræsi	-3,68

¹⁹³ Devos, 1990

¹⁹⁴ Defra, 2010

¹⁹⁵ Dravnieks, 1984

2.13.2 Áhrif á heilsu

Óþægindi vegna lyktarmengunar byggjast einkum á fimm þáttum: hversu vond lyktin þykir vera, styrkur hennar, hve lengi lyktin varir, hvar og hve oft hennar verður vart. Óþefur getur valdið óþægindum, bæði í háum styrk, þar sem efnin sem valda lyktinni eða efni sem fylgja henni hafa bein heilsufarsáhrif á húð, augu eða öndunarfæri og einnig í mjög lágum styrk þar sem þessara beinu áhrifa gætir ekki. Áhrif sem kvartað hefur verið um eru m.a. ógleði, höfuðverkur, öndunarörðugleikar, þunglyndi, streita og lystarleysi¹⁹⁶. Heilsufarsáhrif af efnamengun hafa venjulega verið metin með eiturefnafræðilegum aðferðum. Öðrum aðferðum þarf að beita til þess að skýra heilsufarsleg áhrif af lyktarmengun þar sem ekki er um að ræða bein eiturefnafræðileg áhrif¹⁹⁷. Andúð á vondri lykt virðist vera meðfædd og þjónar taugakerfið manningum á þennan hátt með að vara við skemmdum mat eða óheilnæmu lofti. Óþægileg lykt getur m.a. haft slæm áhrif á líðan og aukið streitu. Streita og vanlíðan hafa verið tengd kransæðasjúkdómum, háþrýstingi og breytingum í hjarta¹⁹⁸.

2.13.3 Ákvæði í lögum, reglugerðum og starfsleyfum

Í reglugerð nr. 941/2002 um hollustuhætti er ólykt einn af þeim þáttum sem tiltekið er að valdið geti ónæði sem skilgreint er á eftirfarandi hátt: „Ónæði er veruleg og ítrekuð truflun eða áreiti sem tilheyrir ekki því umhverfi sem um ræðir, s.s. vegna óprifnaðar, ólyktar, hávaða, titrings, geislunar eða varmaflæðis.“ Einnig er þar að finna ákvæði um staðsetningu frístundahúsa, m.a. vegna hættu á ónæði vegna ólyktar. Í lögum nr. 7/1998, um hollustuhætti og mengunarvarnir, kemur fram að mengun taki einnig til ólyktar. Í reglugerð nr. 787/1999, um loftgæði, er heilbrigðisnefndum heimilað að setja reglur um brennslu sem getur gefið frá sér lykt og forráðamenn fyrirtækja og stofnana skulu sjá til þess að daunillar eða lyktsterkar lofttegundir valdi ekki óþægindum í nánasta umhverfi. Í reglugerð nr. 798/1999 um fráveitur og skólp, kemur fram að við útrásir þar sem fráveituvatn er leitt í viðtaka megi hvergi vera efni sem valda óþægilegri lykt. Meðal almennra krafna sem gerðar eru til urðunarstaða, samkvæmt reglugerð nr. 738/2003 um urðun úrgangs, er að gera skal ráðstafanir til að minnka óþægindi og hættu sem stafar af urðunarstaðnum vegna lyktar.



Í almennum starfsleyfisskilyrðum fyrir mengandi starfsemi eru ákvæði um lyktarmengun. Þessi ákvæði eru útfærð nánar í sértækum skilyrðum fyrir starfsemi þar sem hætta er á lyktarmengun. Í starfsleyfum fiskmjölsverksmiðja eru ákvæði um lyktheyðingarbúnað. Einnig eru ákvæði um ferskleika hráefnis og magn reikulla basa í hráefni (TVN-gildi), sem er mælikvarði á ferskleika hráefnis sem tekið er til vinnslu.

2.13.4 Niðurstöður rannsókna og vöktunar

Rannsóknir hafa ekki verið gerðar á lyktarmengun hér á landi og mengun vegna lyktar er ekki vöktuð sérstaklega, ef undan eru skildar mælingar á brennisteinsvetni. Heilbrigðiseftirliti sveitarfélaga og Umhverfisstofnun berast hins vegar oft kvartanir vegna ólyktar. Einkum er kvartað vegna ólyktar frá vinnslu sjávarafurða, fiskmjölsframleiðslu og hausapurrrkun. Einnig er kvartað yfir ólykt frá sorpurðunarstöðum og vegna dýrahalds, en slík mál hafa ratað til dómstóla. Þá veldur lykt af brennisteinsvetni frá jarðvarmavirkjunum í nágrenni þéttbýlis ama

¹⁹⁶ Umhverfissráðuneyti Nýja-Sjálands, 2003

¹⁹⁷ Shusterman, 1999

¹⁹⁸ Schiffmann, 2005

og jafnvel óþægindum. Gera þyrfti úttekt á fjölda og eðli kvartana um lyktarmengun undanfarin ár til þess að fá mynd af umfangi og þróun í þessum málaflakki.

2.14 Klóramín- og tríhalómetan-efni

Sundiðkun er sannkölluð þjóðaríþrótt, sem fjölmargir stunda sér til ánægju og heilsubótar. Góð umgengni, hreinlæti og þrif á sundstöðum ásamt sótthreinsun og hreinsun sundlaugarvatnsins eru lykilatriði til þess að tryggja sem best heilnæmi baðvatnsins. Með sundlaugargestum berast hins vegar ýmis efni og efnasambönd, bæði lífræn efni og köfnunarefni, m.a. húðflögur, sviti, þvag, saur, sýklar og snyrtiefni. Auk þess eru útilaugar óvarðar fyrir óhreinindum eins og gróðri og fuglaskít. Því er skylt að sótthreinsa baðvatn til að koma í veg fyrir að í því séu sjúkdómsvaldandi örverur og skal nota til þess natríumhýpóklórít eða aðra klórgjafa sem Umhverfisstofnun samþykkir.

2.14.1 Eiginleikar og uppruni

Sundlaugarklórinn er veik sýra og hvarfast því við vatn. Sýrustig í sundlaugum (pH) skal vera á bilinu 7,0–7,8 í nýjum og endurbyggðum laugum. Á þessu sýrustigsbili er klórinn að hluta sem hýpóklórsýra (HClO) og að hluta sem hýpóklórjón (ClO⁻), en það er hýpóklórsýran sem er virk sem sótthreinsiefni. Hýpóklórsýran og hýpóklórjónin ásamt klór (Cl₂) kallast frír klór og skal samanlagður styrkur þeirra í sundlaugarvatni vera á bilinu 0,5–2,0 mg/l fyrir laugar í A-flokki¹⁹⁹. Fyrir laugar í B-flokki skal styrkurinn vera á bilinu 1,0–2,5 mg/l. Gert er ráð fyrir hærri hámarksstyrk klórs í varmaugum, svo sem barnalaugum og endurhæfingarlaugum, og setlaugum (sjá reglugerð nr. 814/2010, um hollustuhætti á sund- og baðstöðum).

Hýpóklórsýran hvarfast við lífræn efni og köfnunarefni sem berast með sundlaugargestum í baðvatnið og myndast við það fjölmörg efnasambönd. Sum þessara efnasambanda geta gufað upp úr vatninu. Mat á útsetningu hefur aðallega beinst að klóramínnum og tríhalómetan-efnum²⁰⁰.

Klóramín-efni, mónó-, dí- og tríklóramín, myndast við efnahvörf klórsins við köfnunarefni sem berst í vatnið með þvagi og svita. Tríklóramín rýkur auðveldlega úr baðvatninu og klórlyktin sem það veldur getur orðið áberandi, sérstaklega í innilaugum, ef vatnið er ekki nægilega hreint og/eða loftræstingu er ábótavant.

Tríhalómetan-efni er efnaflokkur sem myndast við efnahvörf klórsins við lífræn efni í laugarvatninu og er klóróform þeirra algengast. Magn klóróforms í sundlaugum er háð fjölda baðgеста og eykst það einnig með hækkun sýru- og hitastigi²⁰¹.

2.14.2 Áhrif á heilsu

Loftmengun af völdum tríklóramíns og tríhalómetan-efna er aðallega bundin við innilaugar. Aðgerðir til þess að draga úr myndun efnanna, öflug hreinsun á baðvatninu og góð loftræsting geta dregið úr þessari mengun. Sérstaklega ber að huga að keppnisfólki og öðrum sem stunda stífar æfingar í innilaugum, einnig börnum í skólasundi, kornabörnum í ungbarnasundi og starfsfólki sundlauga.

Tríklóramín getur valdið ertingu í augum og öndunarfærum. Rannsóknir sýna að klóramínmengað loft í sundlaugum tengist ofnæmi með einkennum frá augum og nefi, barkabólgu og astma hjá þeim sem synda mikið²⁰² og einnig hjá starfsfólki í sundlaugum²⁰³.

¹⁹⁹ Sundlaugar eru flokkaðar í þrjá flokka, A, B og C, eftir gerð hreinsibúnaðar og miðlun á klór í reglugerð nr. 814/2010 um hollustuhætti á sund- og baðstöðum. Fullkomnasti búnaðurinn er í laugum í flokki A, en sá einfaldasti í flokki C.

²⁰⁰ Lakind, 2010

²⁰¹ Afsset, 2010

Klóróform berst greiðlega inn í líkamann gegnum öndunarfæri og munn. Við niðurbrot klóróforms í lifur og nýrum myndast efnið fosgen og tengjast eituráhrifin þessu niðurbrotsefni²⁰⁴. Klóróform er skráð í flokki 2B hjá Alþjóðakrabbameinsrannsóknastofnuninni, en í þeim flokki eru efni sem hugsanlega geta valdið krabbameini.

2.14.3 Leiðbeiningar og ákvæði reglugerða

Í reglugerð nr. 814/2010, um hollustuhætti á sund- og baðstöðum, kemur fram að bundinn klór (sjá kafla 2.14.4) skuli að jafnaði ekki fara yfir 0,5 mg/l og aldrei yfir 1,0 mg/l. Mörkin eru nokkuð mismunandi eftir löndum, 0,2 mg/l í Þýskalandi og Sviss, 0,6 mg/l í Frakklandi og 0,8–1,0 mg/l í Belgíu²⁰⁵. Í leiðbeiningum Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar er bent á að halda ætti styrk bundins klórs eins lágum og hægt er, helst undir 0,2 mg/l. „Ef styrkur bundins klórs er hár er líklegt að ammoníakstyrkurinn sé hár, sem þýði að mengun frá baðgestum sé of mikil og að vatnshreinsun og endurnýjun baðvatnsins sé ábótavant.“²⁰⁶

Kröfur um styrk á fríum klór í sundlaugum eru einnig mismunandi og hærrí á Íslandi, 0,5–2,0 mg/l, en í mörgum öðrum Evrópuríkjum, þau eru 0,1–0,8 í Sviss, 0,3–0,6 mg/l í Þýskalandi, 0,4–1,4 mg/l í Frakklandi, 1,0 – 2,0 mg/l í Bretlandi og 1,2 mg/l í Finnlandi²⁰⁷.

Í leiðbeiningum Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar er mælt með því að sett verði hámarksgildið 0,5 mg/m³ fyrir tríklóramín í andrúmslofti innilauga²⁰⁸, en í nýrri franskrí áhættugreiningu er mælt með gildinu 0,3 mg/m³²⁰⁹.

Samkvæmt þýskum staðli (DIN 19643) skal heildarmagn THM-efna í sundlaugarvatni ekki vera hærra en 20 µg/l. Í frönsku áhættumatí á hollustuháttum fyrir sundlaugar er lagt til að viðmiðunarmörk fyrir THM verði 100 µg/l²¹⁰, en það jafngildir hámarksgildi fyrir þessi efni í drykkjarvatni (reglugerð um neysluvatn, nr. 536/2001). Í áhættumatinu er lagt til að leiðbeinandi gildi verði hið sama og í þýska staðlinum, 20 µg/l, í ljósi þess að heilsufarsáhrif séu óviss, þar sem 30 µg/l styrkur klóróforms í vatni geti leitt til 130 µg/m³ klóróforms í lofti. Því geti fylgt hætta á upptöku klóróforms í gegnum öndunarfæri hjá þeim sem synda mikið²¹¹.

2.14.4 Niðurstöður rannsókna

Klóramín

Bundinn klór er mælikvarði á magn klóramína í vatni þar sem tríklóramín er ráðandi þáttur. Styrkur tríklóramíns í lofti innilauga eykst með auknum styrk bundins klórs í laugarvatninu²¹². Loftræsting hefur mikil áhrif og einnig fjöldi baðgesta eða annað sem yfir vatnsyfirborðið því þá rýkur tríklóramínið upp og er í mestum styrk næst vatnsyfirborðinu, sjá töflu 10. Rannsókn sem gerð var á styrk tríklóramíns í lofti áður en íþróttæfingar sundfólks hófust og á meðan á æfingunum stóð sýndi mikla aukningu tríklóramíns eftir að æfingarnar hófust²¹³.

²⁰² Afsset, 2010

²⁰³ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006b

²⁰⁴ Afsset, 2010

²⁰⁵ Afsset, 2010

²⁰⁶ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006b

²⁰⁷ Afsset, 2010

²⁰⁸ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006b

²⁰⁹ Afsset, 2010

²¹⁰ Afsset, 2010

²¹¹ Afsset, 2010

²¹² Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2009

²¹³ Weng, 2011

Samkvæmt mælingum í frönskum innisundlaugum var styrkur klóramína (bundins klórs) að jafnaði 0,44 mg/l (0,1–1,5 mg/l) en styrkur tríklóramína í lofti var að jafnaði 0,26 mg/m³ (0,2–0,3 mg/m³)²¹⁴.

Í úttekt sem gerð var 2001 kemur fram að fjöldi sundlauga á landinu var 165, þar af voru 48 innilaugar. Í Reykjavík voru 13 innisundlaugar og átta útilaugar, auk setlauga eða heitra potta²¹⁵. Í Reykjavík er lögð mikil áhersla á að bundinn klór sé undir 0,5 mg/l og er hann mældur 2-4 sinnum á dag í sundlaugunum og niðurstöður skráðar í samræmi við innra eftirlit í laugunum²¹⁶.

Tríhalómetan-efni

Tríhalómetan efnin mælast bæði í lofti og vatni²¹⁷. Í innilaugum er styrkur klóróforms í lofti oft á bilinu 100–200 µg/m³, en getur farið yfir 300 µg/m³²¹⁸. Tafla 10 sýnir að THM mælist hæst í lofti næst vatnsyfirborðinu og reynist mun hærra í innilaugum en útilaugum þrátt fyrir lægri styrk í vatninu í innilaugunum²¹⁹. Styrkur klóróforms í sundlaugarvatni í innilaugum er að jafnaði á bilinu 10–80 µg/l²²⁰.

Tafla 10. Samanburður á styrk tríhalómetan-efna í laugarvatni, lofti og í blóði sundfólks eftir klukkustundarsundsprett²²¹.

	Styrkur THM (meðaltal og styrkbil)	
	Innilaug	Útilaug
Blóð sundfólks (µg/l)	0,48 (0,23-0,88)	0,11 (<0,06-0,21)
Laugarvatn (µg/l)	19,6 (4,5-45,8)	73,1 (3,2-146)
Andrúmsloft, 20 cm yfir vatnsyfirborði (µg/m ³)	93,6 (23,9-179,9)	8,2 (2,1-13,9)
Andrúmsloft, 150 cm yfir vatnsyfirborði(µg/m ³)	61,6 (13,4-147,1)	2,5 (<0,7-4,7)

2.15 Formaldehyð

2.15.1 Eiginleikar og uppruni

Formaldehyð er litlaus lofttegund, sem getur valdið ertingu í augum og húð. Efnið er á lista yfir efni sem valda atvinnusjúkdómum sem Vinnueftirlitið óskar eftir að séu tilkynntir eftirlitinu. Formaldehyð er víða notað í iðnaði og á rannsóknarstofum, og hefur verið notað við framleiðslu efna sem notuð eru í innréttingar, húsgögn og teppi, t.d. krossvið og spónaplötur, textílvörur, lím og málningu. Útgufun formaldehyðs er mest til að byrja með en minnkar með tímanum. Útgufunin eykst með hækkuðu hita- og rakastigi. Sterk lykt er af formaldehyði og má greina hana við lágan styrk eða um 600 µg/m³.

2.15.2 Áhrif á heilsu

Formaldehyð er eitruð lofttegund og hættuleg heilsu fólks. Viðkvæmir einstaklingar finna fyrir óþægindum vegna formaldehyðs við u.þ.b. 120 µg/m³. Formaldehyð getur hugsanlega valdið krabbameini, en hættan er talin hverfandi við styrk sem ekki veldur ertingu²²². Formaldehyð er algeng ástæða snertiofnæmis sem getur orðið langvinnt og valdið miklum óþægindum,

²¹⁴ Afsset, 2010

²¹⁵ Mannvirkjavefurinn, 2012

²¹⁶ Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur, 2012

²¹⁷ Richardsson, 2010

²¹⁸ Lakind, 2010

²¹⁹ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006

²²⁰ Lakind, 2010

²²¹ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006b

²²² Naturvárdsvæðing, 2004

ekki síst vegna þess hversu erfitt er að komast hjá snertingu við efnið því það er svo víða að finna²²³.

2.15.3 Leiðbeiningar og ákvæði laga og reglugerða

Í byggingarreglugerð nr. 112/2012 er kafli um mengun vegna byggingarefna. Þar kemur fram að ekki sé „heimilt að nota byggingarefni sem gefa frá sér gas, gufur, efnisagnir eða eru geislavirk, sem geta haft áhrif á heilsu fólks og/eða dýra eða valdið óþægindum“. Meðal krafna er að byggingarefni, „t.d. úr trjákenndum efnum sem innihalda lím eða önnur efni sem geta gefið frá sér efnið „formaldehyd“ [sé] ekki heimilt að nota í byggingum nema sýnt sé fram á að efnagjöfin sé innan viðurkenndra marka“. Um þetta gildir íslenskur staðall (ÍST EN 13986, Trétrefjaplötur til nota í byggingum - Eiginleikar, samræmismat og merking).

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin gaf árið 2010 út leiðbeinandi hámarksgildi fyrir styrk formaldehýðs í andrúmslofti og má hann ekki fara yfir 100 µg/m³ á neinu 30 mínútna tímabili sólarhringsins. Mörkin miðast við að forðast ertingu og eru einnig talin nægilega lág til þess að koma í veg fyrir langtímaheilsufarsáhrif, þ.m.t. krabbamein²²⁴.

Árið 2010 voru samþykkt lög í Bandaríkjunum sem ætlað er að draga úr efnalosun frá byggingarefnum. Reglugerðir byggðar á lögnum ganga í gildi árið 2013 og er búist við að þær leiði til helmingslækkunar í losun formaldehýðs í húbýlum manna²²⁵.

2.15.4 Niðurstöður rannsókna

Mælingar sem gerðar voru í Svíþjóð sýndu að styrkur formaldehýðs utandyra var að jafnaði um 3 µg/m³ en miðgildi innandyra reyndist um 25 µg/m³²²⁶. Í 20 nýbyggðum húsum í Danmörku reyndist meðalstyrkur formaldehýðs vera 50 µg/m³, (á bilinu 18-110 µg/m³) og var hæstur í nýjustu og stærstu húsunum²²⁷. Styrkur formaldehýðs á heimilum í Bandaríkjunum árin 1999 og 2005 var að jafnaði um 20 µg/m³, en um 3.3 µg/m³ utandyra²²⁸.

Formaldehýð var einnig mælt í húsvögnum sem notaðir voru sem bráðabirgðahúsnæði fyrir fórnarlömb fellibyljanna Katarínu og Rítu í Bandaríkjunum og var styrkur þess að jafnaði mun hærri en í venjulegu húsnæði, eða 95 µg/m³. Mikill munur var milli húsvagna (3.7–725 µg/m³) og höfðu ýmsir þættir áhrif á hve mikill styrkur efnisins reyndist, þar á meðal gerð húsvagns og framleiðandi, loftræsting, hitastig, rakastig og útbreiðsla myglusveppa.

2.16 Bensen

2.16.1 Eiginleikar og uppruni

Bensen er litarlaus rokgjarn lífrænn vökvi sem blandast ekki við vatn. Það er aðallega framleitt úr efnum sem falla til í olíuhreinsunarstöðvum og er mikilvægt milliefni í efnaiðnaði, aðallega til framleiðslu á ethylbenzene, cumene og cyclohexane, sem eru t.d. notuð við framleiðslu á plastefnum, næloni og asetoni. Bensen var áður fyrr notað mikið sem leysiefni, en hefur nú verið skipt út fyrir aðra lífræna leysa. Hráolía inniheldur bensen og finnst það því í bensíni, en benseninnihald bensíns skal að hámarki vera 1% miðað við rúmmál.

Ekki hefur verið lagt mat á útstreymi bensens á Íslandi. Í evrópskri samantekt kemur fram að bensen í andrúmslofti stafar aðallega (90%) af mannavöldum og eru helstu uppsprettur þess

²²³ de Groot, 2009

²²⁴ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2010

²²⁵ WPL Publishing, 2010

²²⁶ Naturvárðsverket, 2004

²²⁷ Ásta Logadóttir, 2008

²²⁸ Centers for Disease Control and Prevention, 2010

umferð ökutækja (85–89%), eldsneytisdreifing (2,6–6%), efnaiðnaður (1,3–13%), húshitun (3–7%), olíuhreinsistöðvar (0,3–1,5%) og notkun á leysiefnum (1%–4%)²²⁹.

2.16.2 Áhrif á heilsufar og lífríki

Helsta leið bensens inn í líkamann er gegnum öndunarferin. Mörg dæmi eru um bráð eitrunaráhrif bensens við innöndun í háum styrk. Efnið getur leitt til dauða vegna öndunarstopps eða áhrifa á miðtaugakerfið. Faraldsfræðilegar rannsóknir hafa sýnt að langvarandi bensenmengun leiðir til alvarlegra blóðsjúkdóma, m.a. hvítblæðis, og eru fyrstu merki um langvarandi benseneytrun breytingar í beinmerg²³⁰.

2.16.3 Leiðbeiningar og ákvæði reglugerða

Mörk fyrir styrk bensens í andrúmslofti eru 5 µg/m³ skv. reglugerð nr. 251/2002 um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings. Í reglugerðinni er mælt fyrir um reglulegar mælingar á bensen og upplýsingagjöf til almennings. Bensen er á lista yfir efni sem óheimilt er að nota í snyrtivörur, sbr. reglugerð um snyrtivörur, nr. 748/2003. Ákvæði eru um hámarks magn bensens í neysluvatni, 1,0 µg/l, í reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatn. Í reglugerð um fljótandi eldsneyti, nr. 560/2007, er ákvæði um hámarks magn bensens í bensíni, sem er 1% m.v. rúmmál. Í byggingareglugerð, nr. 112/2012, er almennt ákvæði um að ekki sé „heimilt að nota byggingarefni sem gefa frá sér gas, gufur eða efnisagnir eða eru geislavirk, sem geta haft áhrif á heilsu fólks og/eða dýra eða valdið óþægindum“. Mengunarmörk fyrir bensen á vinnustöðum miðað við átta stundir á dag eru 1600 µg/m³, skv. reglugerð nr. 390/2009, um mengunarmörk og aðgerðir til að draga úr mengun á vinnustöðum.

2.16.4 Niðurstöður vöktunar

Styrkur bensens í lofti innanhúss er að jafnaði 1,8-faldur styrkur efnisins utandyra²³¹. Ástæðan er sú að uppsprettur bensens innandyra, s.s. bílar í innbyggðum bílskúrum, notkun steinolíueldavéla, eldun með gasi og kolum og tóbaksreykur, bætast við það bensen sem berst inn með útiloftinu. Viðmiðunarmörk fyrir útsetningu á bensen hafa ekki verið skilgreind. Þar af leiðandi er mikilvægt að draga úr útsetningu fyrir bensen innandyra eins og hægt er²³².

Í samantekt Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar um bensen kemur fram að í Kanada er áætlað að dagleg útsetning manna fyrir bensen nemi 200 µg, í Bandaríkjunum 320 µg og 70–122 µg í Bretlandi. Reykingar hafa afgerandi áhrif og geta aukið benseninntöku einstaklings í allt að 1800 µg á dag²³³. Í Bandaríkjunum er áætlað að helming heildarútsetningar megi rekja til reykinga 50 milljón Bandaríkjamanna²³⁴. Rannsóknir í 12 Evrópuborgum benda til að útsetning fyrir bensen skiptist nokkuð jafnt milli heimilis, vinnustaðar og ferða milli staða²³⁵.

²²⁹ Framkvæmdastjórn ESB, 1998

²³⁰ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2010

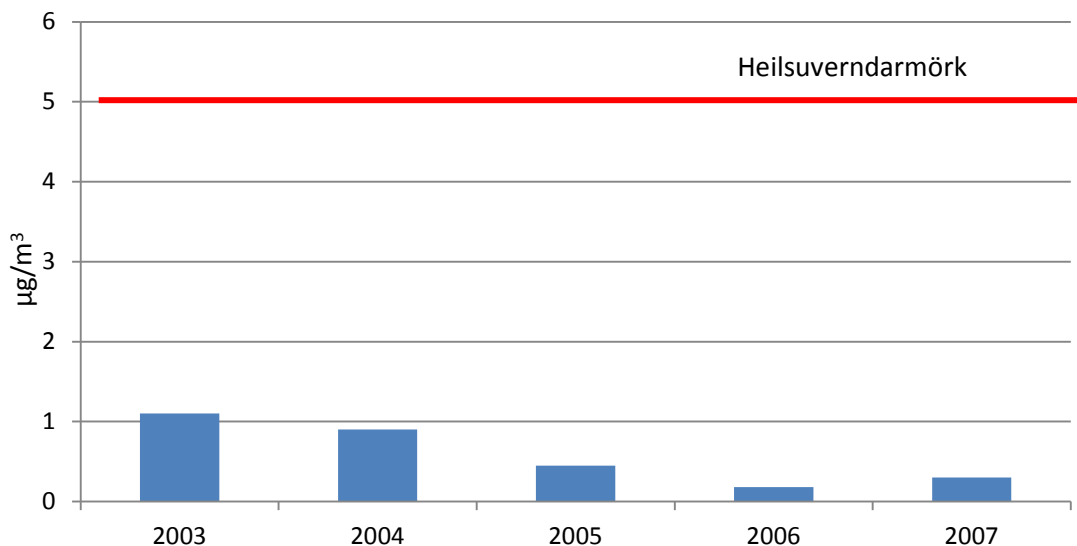
²³¹ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2010

²³² Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2010

²³³ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2010

²³⁴ Wallace, 1989

²³⁵ Bruinen de Bruin o.fl., 2008



Mynd 32. Ársmeðaltal bensens í andrúmslofti við Grensásveg í Reykjavík árin 2003 til 2007. Mælingum var hætt árið 2008²³⁶.

Bensen hefur verið mælt við Grensásveg í Reykjavík frá árinu 2003. Mynd 32 sýnir að ársmeðaltal bensens var töluvert undir heilsuverndarmörkunum, $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, árin 2003-2007, og minnkaði úr $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ árið 2003 niður í $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ árið 2007²³⁷. Ársmeðaltal bensens í andrúmslofti er einnig víðast hvar undir $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ í Evrópu²³⁸.

2.17 Radon

2.17.1 Eiginleikar, uppruni og áhrif á heilsu

Radon er geislavirk lofttegund sem verður til við náttúrulegt niðurbrot úrans. Styrkur radons getur orðið umtalsverður í húsum á svæðum þar sem jarðvegur og berg eru rík af úrani. Radon berst inn í hús gegnum sprungur og göt í botnplötum húsa. Það getur einnig borist inn með vatni og gufað frá ákveðnum byggingarefnum. Radon eykur líkur á krabbameini, sérstaklega hjá þeim sem reykja. Lítil hættu er talin stafa af radonmengun í húsum á Íslandi vegna þess hve snauður af úrani íslenski berggrunnurinn er.

2.17.2 Leiðbeiningar og rannsóknir

Árið 2009 gáfu norrænu geislavarnastofnanirnar út ráðleggingar vegna radons þar sem hvatt er til þess að sett verði viðmiðunarmörk fyrir radon í íbúðarhúsnæði. Mælt var með því að nýtt húsnæði væri skipulagt og byggt þannig að radonstyrkur yrði eins lágur og hægt var. Einnig að endurbótum á eldra húsnæði yrði hagað þannig að styrkur radons væri í lágmarki, helst undir $100 \text{Bq}/\text{m}^3$ og var þá miðað við meðaltal a.m.k. tveggja mánaða. Í Skandinavíu er berg ríkt af úrani og því umtalsverð hættu á radonmengun. Radonstyrkur er yfir $200 \text{Bq}/\text{m}^3$ í tæplega milljón húsum í Skandinavíu. Íslenskt berg er hins vegar snauft af úrani og er ekki talið að styrkur radons í íslenskum húsum fari yfir $200 \text{Bq}/\text{m}^3$ ²⁴⁰.

Geislavarnir ríkisins eiga í samstarfi við innlenda sem erlenda aðila um öflun betri þekkingar á dreifingu úrans í íslenska berggrunninum, þannig að betur megi meta hættu á mengun af

²³⁶ Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur, 2009

²³⁷ Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur, 2009

²³⁸ Umverfisstofnun Evrópu, 2011

²³⁹ Bq er mælieining fyrir meðalfjölda kjarnbreytinga á tímæiningu

²⁴⁰ Norrænu geislavarnastofnanirnar, 2009

völdum radons. Stofnunin hefur nýverið fest kaup á færanlegum gammarófsmæli sem verður nýttur til mælinga á náttúrulegum geislavirkum efnum, m.a. radongefandi efnum.

Á árinu 2012 tóku Geislavarnir ríkisins þátt í evrópsku verkefni þar sem radon í íbúðarhúsnæði var mælt. Stefnt var að því að mæla radon á 400 íslenskum heimilum og er þetta viðamesta rannsókn sem gerð hefur verið á radoni í Íslandi. Geislavarnir munu kynna niðurstöður rannsóknarinnar þegar þær liggja fyrir²⁴¹.

2.18 Hermannaveiki

2.18.1 Eiginleikar og uppruni

Hermannaveiki er lungnabólga af völdum bakteríunnar *Legionella pneumophila*. Bakterían þrífst í vatni og er kjörhitastig hennar á bilinu 20–45°C. Hún virðist ekki fjölga sér undir 20°C og ekki lifa við hitastig yfir 60°C. Hún berst auðveldlega með vatnsúða og smitast við innöndun. Aldrei hefur verið sýnt að bakterían smitist milli manna.

Nokkrar helstu uppsprettur bakteríunnar eru kæliturnar, rakatæki, úðatæki og sturtuhausar. Erlendis hafa auknar vinsældir heitra potta leitt til sýkinga²⁴² en ekki er vitað til að slíkt smit hafi átt sér stað hér á landi²⁴³.

Bakterían getur fjölgað sér mikið í manngerðum vatnskerfum sem er illa haldið við eða ekki í stöðugri notkun. Mest er hættan í stórum lagnakerfum eins og á gististöðum sem ekki eru notaðir yfir veturinn og vatn hefur staðið lengi í leiðslunum (sturtuhausum). Það þarf að gæta vel að slíku og viðbrögð og eftirlit að vera í góðu lagi.

2.18.2 Sýkingar og eftirlit

Sýkingar af völdum bakteríunnar eru ekki tíðar hér á landi. Algengast er að fólk smitist erlendis og komi heim með veikina. Tvö tilfelli af hermannaveiki voru greind á Íslandi árið 2010 en þrjú árið 2011²⁴⁴. Þótt hermannaveiki sé ekki algeng hér á landi er um alvarlega sýkingu að ræða og því nauðsynlegt að halda uppi eftirliti á stöðum sem eru opnir almenningi og eru með stór vatnslagnakerfi. Dæmi um það eru sjúkrahús, þar sem hættan er enn aukin vegna þess að ónæmiskerfi sjúklinga getur verið bælt. Embætti sóttvarnalæknis og heilbrigðiseftirlit fara með eftirlit og fræðslu um sjúkdóminn.

Hér á landi er nákvæmt innra eftirlit með heilnæmi vatns í sundlaugum og einnig er fylgst vel með þessu á stærri sjúkrahúsum eins og Landspítalanum. Ef smits verður vart á Landspítalanum eru tekin sýni úr mismunandi stöðum vatnskerfisins til greiningar á upphafsstað í vatnslögnunum. Ef það tekst ekki eru vatnslagnirnar á deildum spítalans hitaskolaðar til að drepa bakteríuna.

2.19 Umhverfis- og heilsuvísar

2.19.1 Hlutverk

Réttar upplýsingar eru undirstaða þess að hægt sé að taka skynsamlegar ákvarðanir um aðgerðir til að draga úr heilsuspillandi umhverfisáhrifum. Nauðsyn er að staðla betur upplýsingar sem safnað er í löndum Evrópu (og víðar) til þess að þær séu samanburðarhæfar og komi að gagni við ákvarðanatöku bæði innan og milli landa. Þróun umhverfis- og heilsuvísa er liður í þessari viðleitni.

²⁴¹ Geislavarnir ríkisins, 2012

²⁴² Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2007b

²⁴³ Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur, 2011

²⁴⁴ Embætti landlæknis, 2012d

Vísar (e. indicators) eru víða notaðir í þeim tilgangi að gefa og túlka á einfaldan og lýsandi hátt upplýsingar um ástand, sem mótast getur af flóknum samverkandi þáttum. Umhverfis- og heilsuvísar veita markvissar, mikilvægar og mælanlegar upplýsingar svo fylgjast megi með og meta ástand tiltekinna þátta þegar unnið er að stefnumótun og aðgerðaáætlunum.

Umhverfis- og heilsuvísarnir eru gagnlegt hjálpartæki til að:²⁴⁵

- fylgjast með breytingum á umhverfisþáttum svo meta megi áhrif þeirra á heilsufar,
- vakta breytingar á heilsufari sem má rekja til áhættuþátta í umhverfi,
- bera saman heilsufar sem tengist umhverfisþáttum á milli svæða eða landa svo hægt sé að beita markvissum aðgerðum til varnar,
- meta áhrif og árangur tiltekinna aðgerða til að bæta heilsufar sem umhverfisþættir geta haft áhrif á,
- auka þekkingu og skilning á sambandi heilsu og umhverfis í þágu skilvirkar stefnumótunar.

2.19.2 Skilgreining

Umhverfisstofnun Evrópu skilgreinir umhverfisvísa á eftirfarandi hátt:

Umhverfisvísir er 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 umhverfisins²⁴⁶.

Góður vísir þarf að uppfylla mörg og stundum vandasöm skilyrði. Þótt hann kunnir að eiga við um flókin fyrirbæri verður vísir að vera auðskiljanlegur og einfaldur, gagnsær, mælanlegur og byggður á vísindalegum grunni. Vísir þarf að vera nógu næmur til að skynja breytingar en jafnframt ónæmur fyrir truflunum í mælingum sem ekki skipta máli. Loks þarf að vera auðvelt og hagkvæmt að nota vísinn²⁴⁷.

2.19.3 Þróun

Meðal alþjóðastofnana sem tekið hafa saman umhverfis- og heilbrigðisvísa eru OECD, Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin og Umhverfisstofnun Evrópu²⁴⁸. Umhverfis- og heilsuvísar hafa einnig verið þróaðir af yfirvöldum í fjölmörgum löndum, þar á meðal á Íslandi²⁴⁹.

Síðustu tvo áratugi hefur Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin í samvinnu við Evrópusambandið unnið að mótun og innleiðingu umhverfis- og heilsuvísa. Einnig hefur verið þróað upplýsingakerfi um umhverfi og heilsu þar sem slíkir vísar eru þungamiðjan. Þetta víðtæka upplýsingakerfi, sem á ensku er skammstafað ENHIS (Environment and Health Information System), er ætlað bæði almenningi og fagfólki og er mikilvægt tæki fyrir stefnumótun um umhverfisáhrif og heilsufar. Á heimasíðu Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar eru m.a. birtar niðurstöður um heilsufarsástand sem byggðar eru á þessum vísam²⁵⁰.

Á fjórðu ráðherraráðstefnu Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar í Búdapest árið 2004 var samþykkt að leggja sérstaka áherslu á heilsu barna, þá umhverfisvá sem að þeim kann að steðja og möguleika þeirra til að bregðast við henni. Þarna var staðfest evrópska aðgerðaáætlunin um umhverfi og heilsufar barna (e. Children's Environmental and Health Action Plan for Europe, CEHAPE), sem og notkun umhverfis- og heilsuvísa og rekstur

²⁴⁵ Briggs, 1999

²⁴⁶ Umhverfisstofnun Evrópu, 2005

²⁴⁷ Briggs, 1999

²⁴⁸ OECD, 2012; Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2012; Umhverfisstofnun Evrópu, 2005

²⁴⁹ Umhverfissráðuneytið, 2006 og 2009; Reykjavíkurborg, 2008

²⁵⁰ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2012 b

ENHIS (Umhverfi og heilsufar barna, aðgerðaáætlun fyrir Evrópu, 2004). Í áætluninni er fjallað um lykilaðgerðir á fjórum megin sviðum til að vinna gegn heilsuspillandi áhrifum umhverfis á börn og er eitt þeirra öndunar færsluááætlun og hreint loft.

Á fimmtu ráðherraráðstefnunni í Parma 2010 var enn hnykk á mikilvægi heilsu barna og samþykkt yfirlýsing um heilsu og umhverfi²⁵¹ og viljayfirlýsing um fjöldamargar umbætur á því sviði. Jafnframt var sett af stað alþjóðlegt átak um umhverfis- og heilsuvísa fyrir börn²⁵². Gefnar hafa verið út leiðbeiningar um hvernig fylgjast má með framkvæmd skuldbindinga Parma-ráðstefnunnar²⁵³.

Árið 2007 lagði vinnuhópur á vegum Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar og ENHIS fram lista umhverfis- og heilsuvísa til að vernda börn fyrir skaðlegum umhverfisáhrifum og styðja við stefnumótun og aðgerðir þar að lútandi í Evrópulöndum²⁵⁴. Vísarnir eru í sífelldri endurskoðun og þróun, sumir felldir burt og nýir teknir upp í staðinn eftir því sem þurfa þykir. Þeir eru birtir í töflu 11 sem fjallar um vísa fyrir loftgæði og heilsufar.

2.19.4 Flokkun og tengsl umhverfis- og heilsuvísa (DPSExEA)

Hugmyndafræðin bak við vísana var sett fram árið 1996 af Corvalán og félögum sem skiptu umhverfis- og heilsuvísam í samtengda flokka sem lýsa mismunandi áhrifaþáttum eins og sjá má á mynd 33²⁵⁵. Þar er vísum raðað í samræmi við svokallaðan DPSExEA ramma (**D**Driving forces, **P**ressures, **S**tate, **E**xposure, **E**ffect, **A**ction) eftir því hverju þeir lýsa. Á mynd 33 eru flokkarnir auðkenndir með viðkomandi bókstaf og einnig með lit. Þessar merkingar eru einnig notaðar í töflum 11, 12 og 13 til þess að auðkenna þann flokk sem vísarnir tilheyra.

Skiptingu umhverfis- og heilsuvísanna má lýsa þannig að undirliggjandi þættir (Driving forces) eins og fólksfjöldun, efnahagsþróun eða tækni skapi þrýsting (Pressures), t.d. vegna neyslu, úrgangs eða frárennslis. Þessi þrýstingur veldur ákveðnu ástandi (State) í umhverfinu, t.d. mengun sem síðan útsetur fólk fyrir hugsanlegum heilsuspillandi áhrifum (Exposure). Útsetning fyrir mengun getur leitt til skaðlegra áhrifa á heilsu (Effect). Hægt er að grípa inn í alla þessa þætti með forvarna- og mótvægisaðgerðum (Action), t.d. með aðgerðaáætlunum eða setningu reglugerða.

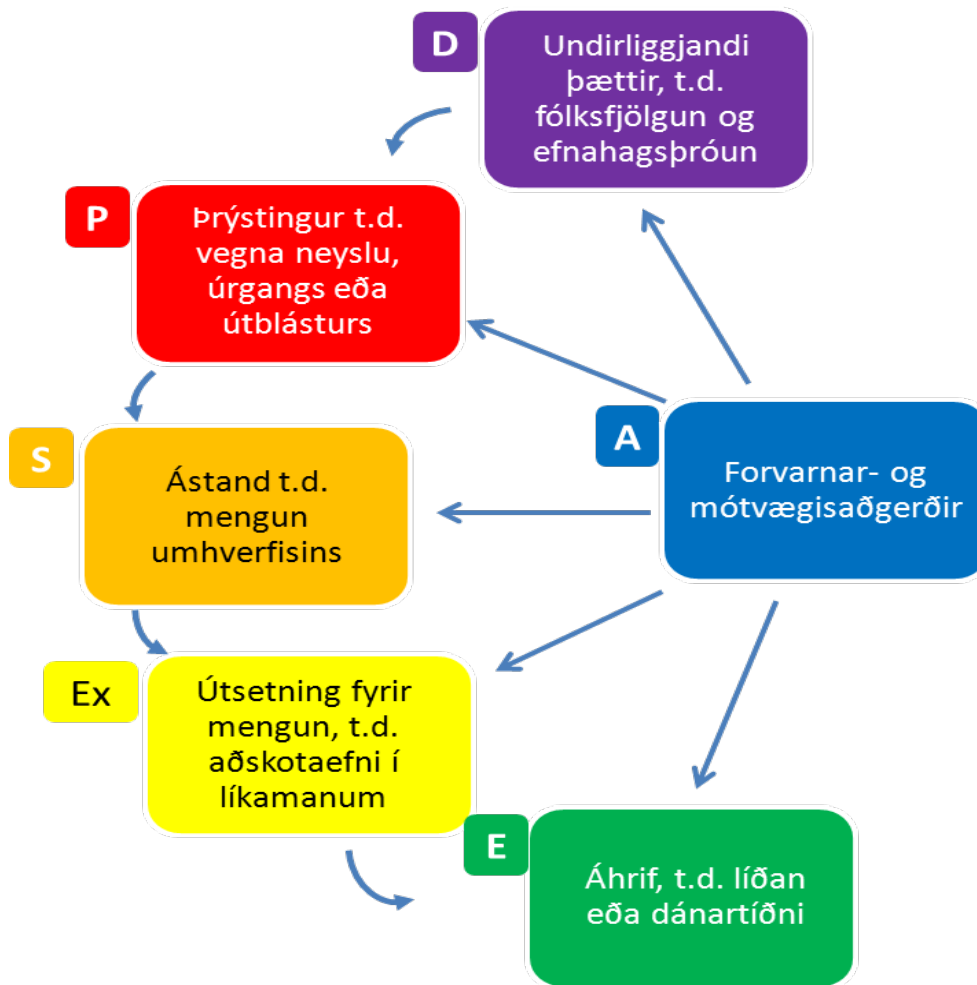
²⁵¹ WHO-Parma Declaration, 2010

²⁵² Hnattrænt frumkvæði um gerð umhverfis- og heilsuvísa fyrir börn, 2012

²⁵³ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2010

²⁵⁴ Pond, 2007

²⁵⁵ Corvalán, 1996



Mynd 33. Sex flokkar umhverfis- og heilsuvísa sem miðast við svokallaðan DPSEExEA ramma²⁵⁶.

Út frá DPSEExEA-rammanum hefur verið þróað líkan sérstaklega ætlað fyrir umhverfis- og heilsuvísa fyrir börn og kallast (á ensku) The Multiple Exposures Multiple Effects Model (MEME). Það tekur tillit til hins flókna sambands milli umhverfispáttanna og áhrifa þeirra á heilsu barna²⁵⁷.

2.19.5 Samantekt umhverfis- og heilsuvísa

Samantekt umhverfis- og heilsuvísa er að finna í töflum 11–13. Í töflunum er vísað til undirliggjandi þátta í DPSEExEA-rammanum á þann hátt að í aftasta dálki hversar töflu er tilgreindur sá flokkur sem vísirinn tilheyrir með litamerkingu og bókstaf í samræmi við mynd 33.

Margir vísanna eru þannig að auðvelt er að nálgast gögnin sem þeir byggja á. Sem dæmi eru vísar sem byggja á upplýsingum sem safnað er samkvæmt reglugerðum og/eða skilað til alþjóðlegra samninga. Fyrir aðra vísa þarf sérstaka söfnun upplýsinga.

Í töflu 11 er listi yfir þá umhverfis- og heilsuvísa sem Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin og samstarfsstofnanir hennar hafa lagt til um loftgæði og heilsufar. Með því að nota þessa vísa nýtist sú vinna sem fer fram á vettvangi Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar og jafnframt fæst alþjóðlegur samanburður á þessum þáttum.

²⁵⁶ Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 1999

²⁵⁷ Grundvöllur umhverfisheilsuvísa fyrir börn, 2012

Í töflu 12 eru vísar fyrir tíðni reykinga og útsetningu fyrir tóbaksreyk. Vísunum er safnað að tilhlutan Embættis landlæknis sem hluti af þátttöku í átaki Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar um tóbaksvarnir og starfi Evrópuskrifstofunnar varðandi samræmda gagnaskrá.

Í töflu 13 er skrá yfir vísa fyrir mengandi efni í andrúmslofti. Þessir vísar eru ýmist notaðir af Umhverfisstofnun Evrópu, umhverfisráðuneytinu eða Hagstofu Íslands, og eru meðal tillagna Sameinuðu þjóðanna um vísa fyrir sjálfbæra þróun²⁵⁸.

Tafla 11. Vísar Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar (ENHIS-vísar).

Vísir	Skilgreining	Uppspretta gagna	DPSEx EA flokkur
Algengi astma og ofnæmis hjá börnum	Algengi árlegra astmaeinkenna og einkenna frá nefi og augum af völdum ofnæmis hjá börnum á aldrinum 0-4, 5-9, 0-14 og 15-19 ára.	ISAAC (International Survey of Asthma and Allergy in Children), alþjóðleg spurningakönnun um astma og ofnæmi hjá börnum. Íslendingar hafa tekið þátt að hluta.	E
Ungbarnadauði af völdum öndunarfærasjúkdóma	Árleg dánartíðni barna á aldrinum 28–364 daga vegna öndunarfærasjúkdóma á hver 1000 lifandi fædd börn.	WHO/Europe MBD ²⁵⁹ WHO/Europe HFA DB ²⁶⁰ ICD10 ²⁶¹ kóðar J00 –J98	E
Útsetning almennings fyrir ryki (PM) í útilofti	Meðalstyrkur svifryks í borgum, m.t.t. mannfjölda.	Hægt verður að reikna þetta út með loftgæðastjórnunarkerfi.	Ex
Útsetning almennings fyrir ósoni í útilofti	Ársmeðaltal af átta klst. hámarksstyrk ósons á sólarhring í þéttbýli, m.t.t. mannfjölda.	Hægt verður að reikna þetta út með loftgæðastjórnunarkerfi.	Ex
Fjöldi fólks sem býr í húsnæði með rakavandamálum	Hlutfall af mannfjölda sem hefur svarað í könnun að hann búi í húsnæði með rakavanda.	Eurostat Statistics of Income and Living Conditions (SILC) ²⁶² .	Ex
Stefnur um að minnka útsetningu barna fyrir óbeinum reykingum	Stefnustuðull ²⁶³ fyrir getu til að innleiða stefnur sem stuðla að minnkun útsetningar fyrir óbeinum reykingum og stuðla að reyklusum svæðum.	WHO/Europe Tobacco Control Database ²⁶⁴	A
Styrkur radons í húsum	Áætlaður meðalstyrkur radons í húsnæði á ársgrundvelli og hlutfall húsnæðis þar sem styrkur radons er yfir 200 Bq/m ³ og 400 Bq/m ³ .	Radon-kortlagning er í vinnslu hjá Geislavörnum – þaðan fást upplýsingar um hvort nauðsynlegt er að skoða þetta áfram.	Ex
Loftborin frjókorn sem valda ofnæmi – blómstun jurta sem valda ofnæmi	Útsetning fyrir birki-, elri- og grasfræi.	Sala á ofnæmislyfjum.	E

²⁵⁸ Umhverfisstofnun Evrópu, 2005; Sameinuðu þjóðirnar, 2007; Umhverfisráðuneytið 2006 og 2009

²⁵⁹ Evrópska dánarmeinasráin (European Mortality Database) útgefin af Alþjóðaheilbrigðismálastofnuninni

²⁶⁰ Heilbrigðisgagnagrunnur Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar – Health for All Data Base

²⁶¹ Alþjóðleg tölfræðiflokkun sjúkdóma og skyldra heilbrigðisvandamála, 10. endurskoðun (International Statistical Classification of Diseases and Health Related Problems, 10th revision) útgefið af

Alþjóðaheilbrigðismálastofnuninni

²⁶² Gagnagrunnur ESB um tekjur og lífskjör

²⁶³ (Composite Index of Policies http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/97429/3.7.pdf)

²⁶⁴ Gagnagrunnur Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar um tóbaksvarnir

Tafla 11. Vísar Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar (ENHIS-vísar) - framhald.

Vísir	Skilgreining	Uppspretta gagna	DPSEx EA flokkur
Reykingar og útsetning fyrir óbeinum reykingum í skólum	Hlutfall (%) nemenda í framhaldsskólum sem reykja í skólanum eða á skólalóðinni. Mælt eftir kyni og aldri 13-15 og 15-17 ára.	Könnun í skólum.	Ex
Stefna um bann við reykingum í skólum og á skólalóðum	Getustuðull ²⁶⁵ - geta til að fylgja eftir reykingabanni innan skóla og á skólalóðum og til að innleiða reyklausa hegðun gegnum námskrár og með uppýsingaherferðum ²⁶⁶ .	WHO/Europe Tobacco Control Database fyrir (1), (2) og (4); Spurningakönnun fyrir (3) og (5)	A
Raki og mygla í skólum	Algengi útsetningar fyrir raka og/eða myglu í skólum og leikskólum.	Könnun í skólum.	Ex
Ónæg loftræsting í skólum	Hlutfall (og fjöldi) nemenda sem er útsettur fyrir ófullnægjandi loftræstingu (t.d. undir 7 l/s á nemanda) í skólastofum.	Könnun í skólum á loftræstingu, þ.m.t. mæling á koldíoxíði í skólastofum.	Ex
Útsetning fyrir ákveðnum mengandi efnum í innilofti í skólum (sjá t.d. efni sem WHO gefur út leiðbeiningar fyrir).	Styrkur efnis í skólastofum á skólatíma, leiðréttur fyrir nemendafjölda (pupil weighted) (pr.efni). Styrkur efnis á landsvísu leiðréttur fyrir nemendafjölda (pupil weighted) (pr. efni). Brot af nemendum sem verða fyrir útsetningu af ákveðnum styrk efnis (pr. efni).	Könnun í skólum.	Ex
Stefna til að bæta loftgæði í skólum	Stefnustuðull um tilvist og innihald reglugerða sem miða að bættu innilofti í skólum.	Könnun þar sem m.a. er skoðað regluverkið og framkvæmd þess.	A

²⁶⁵ Composite Index of Capacity http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/97429/3.7.pdf.

²⁶⁶ Stefnuhlutar: (1) Reglur um tóbakssölu: lágmarksaldur og framkvæmd; (2) Reglur um reyklaugar menntastofnanir: (3) Framkvæmd reykþans á skólalóðun: (4) Verð á tóbaki sem samsvarar jafnvirðisgildi (í purchasing power parity equivalents) (5) Kynningar- og fræðslunámskeið fyrir unglinga sem vilja hætta að reykja

Tafla 12. Vísar fyrir tíðni reykinga og útsetningu fyrir tóbaksreyk sem safnað er á Íslandi vegna rammisamnings um tóbaksvarnir.

Vöktun reykinga vegna framkvæmdar rammisamnings um tóbaksvarnir (FCTC) ²⁶⁷			
Efnisflokkur	Lýsing	Uppspretta gagna	
Reykingar nemenda í 8.-10. bekk grunnskóla	Árlega lagt fyrir grunnskólanema í 8.-10. bekk á landsvísu.	Rannsóknir og greining við Háskólann í Reykjavík sér um framkvæmd rannsókna.	Ex
Reykingar nemenda í 10. bekk grunnskóla	Reglubundnar kannanir á reykingum 15–16 ára nemenda í Evrópu unnið að tilstuðlan Evrópuráðsins.	Rannsóknasetur forvarna við Háskólann á Akureyri sér um framkvæmd ESPAD ²⁶⁸ og HBSC ²⁶⁹ rannsókna.	Ex
Reykingar ungmenna (framhaldsskólar)	Reglubundnar rannsóknir á reykingum meðal nemenda í framhaldsskólum. Framkvæmd á u.p.b. þriggja ára fresti.	Rannsóknir og greining við Háskólann í Reykjavík sér um framkvæmd rannsókna.	Ex
Reykingar 15-89 ára	Framkvæmdar kannanir árlega frá árinu 1991. Úrtak úr Þjóðskrá, 15-89 ára af öllu landinu.	Capacent framkvæmir fyrir Embætti landlæknis.	Ex
Óbeinar reykingar	Reglubundnar kannanir sem hluti af Heilsu og líðan könnuninni.	Embætti landlæknis.	Ex

Tafla 13. Vísar fyrir mengandi efni í útilofti.

Efni í útilofti			
Efnisflokkur	Lýsing	Uppspretta gagna	
Svifryk í útilofti ^{A,B,C,F}	Styrkur svifryks í útilofti miðað við heilsuverndarmörk	Reglulegar mælingar á vegum Umhverfisstofnunar, heilbrigðiseftirlits sveitarfélaga og fyrirtækja	S
Losun köfnunarefnisoxíða (NOx) í andrúmsloft ^{B,D}	Losun frá iðnaði og brennslu eldsneytis	Upplýsingar frá Umhverfisstofnun skilað til Loftslagssamningsins	P
Köfnunarefnisoxíð (NOx) í útilofti ^{A,B,C,F}	Styrkur köfnunarefnisoxíða í útilofti	Reglulegar mælingar á vegum Umhverfisstofnunar, heilbrigðiseftirlits sveitarfélaga	S
Losun brennisteinsdíoxíðs (SO ₂) í andrúmsloft ^B	Losun frá iðnaði og brennslu eldsneytis	Upplýsingar frá Umhverfisstofnun skilað til Loftslagssamningsins	P
Brennisteinsdíoxíð (SO ₂) í andrúmslofti ^{A,B,C,F}	Styrkur brennisteinsdíoxíðs í útilofti	Reglulegar mælingar á vegum Umhverfisstofnunar, heilbrigðiseftirlits sveitarfélaga og fyrirtækja	S

²⁶⁷ Safnað sem hluti af þátttöku í átaki Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar um tóbaksvarnir (Tobacco Free Initiative) og starfi Evrópuskrifstofu WHO/Europe Tobacco Database .

²⁶⁸ **ESPAD** Evrópska vímuefnarannsóknin *European School Survey Project on Alcohol and Other Drugs (ESPAD)* er samvinnuverkefni fræðimanna í rúmlega 40 Evrópulöndum. Meginmarkmið ESPAD-rannsóknarinnar er að safna haldbærum samanburðargögnum um breytingar yfir tíma í vímuefnaneyslu evrópskra unglunga. Rannsóknin hefur farið fram á fjögurra ára fresti frá árinu 1995 og hefur Ísland tekið þátt frá upphafi. Rannsóknin er unnin að tilstuðlan Evrópuráðsins og Forvarnamiðstöðar Evrópusambandsins. Nánari upplýsingar má finna á slóðinni <http://www.espad.org>.

²⁶⁹ **HBSC** Rannsóknasetur forvarna við Háskólann á Akureyri tekur þátt í alþjóðlegu rannsókninni *Health Behaviours in School-Aged Children (HBSC)*. Rannsóknin er gerð á fjögurra ára fresti með tilstyrk Alþjóðaheilbrigðisstofnunarinnar. Rannsóknin beinist að margvíslegum þáttum í lífi ungs fólks. Vorið 2006 tóku um 13.000 börn og unglingar í 6., 8. og 10. bekk grunnskóla á Íslandi þátt í HBSC rannsókninni. Nánar á síðunni <http://www.hbsc.is/>.

Tafla 13. Vísar fyrir mengandi efni í útilofti – framhald.

Efni í útilofti			
Efnisflokkur	Lýsing	Uppspretta gagna	
Losun rokgjarnra lífrænna efna í andrúmsloft ^{B,D}	Losun frá umferð, iðnaði og notkun leysiefna	Upplýsingar frá Umhverfisstofnun skilað til Loftslagssamningsins	P
Óson (O ₃) við yfirborð jarðar, í andrúmslofti ^{B,C,F}	Styrkur ósons í útilofti	Reglulegar mælingar á vegum Umhverfisstofnunar, heilbrigðiseftirlits sveitarfélaga og Veðurstofunnar	S
Losun kolmónoxíðs (CO) í andrúmsloft ^{B,D}	Losun frá samgöngum og öðrum uppsprettum	Upplýsingar frá Umhverfisstofnun skilað til Loftslagssamningsins	P
Kolmónoxíð (CO) í útilofti ^{A,F}	Styrkur kolmónoxíðs í útilofti	Reglulegar mælingar á vegum Umhverfisstofnunar og heilbrigðiseftirlits sveitarfélaga	S
Losun PAH-efna í andrúmsloft ^B	Mat á losun PAH-efna í útiloft	Upplýsingar frá Umhverfisstofnun skilað til CLRTAP-samningsins (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution)	P
PAH í andrúmslofti	Styrkur PAH í svifryki	Upplýsingar frá Umhverfisstofnun	S
Losun díoxín-efna í andrúmsloft ^B	Mat á losun díoxín-efna í útiloft	Upplýsingum frá Umhverfisstofnun skilað til CLRTAP-samningsins (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution)	P
Losun brennisteinsvetnis (H ₂ S) í andrúmsloft	Náttúrulegt útstreymi og losun vegna orkuframleiðslu eftir landsvæðum	Upplýsingar frá Orkustofnun	P
Brennisteinsvetni (H ₂ S) í útilofti ^E	Styrkur brennisteinsvetnis í útilofti	Reglulegar mælingar á vegum Umhverfisstofnunar, heilbrigðiseftirlits sveitarfélaga og fyrirtækja	S
Ólykt í útilofti	Yfirlit yfir kvartanir til umhverfisyfirvalda vegna ólyktar	Upplýsingar frá heilbrigðiseftirliti sveitarfélaga og Umhverfisstofnun	S
Frjókorn í útilofti	Mælingar á frjókornum. Niðurstöður úr spálíkani fyrir dreifingu frjókorna	Upplýsingar frá Náttúrufræðistofnun	S
Fjöldi skráðra ökutækja ^C	Skrá um fjölda skráðra ökutækja eftir sveitarfélögum	Upplýsingar frá Umferðarstofu	D
Umferðarpungi	Mælingar á umferðarpunga í þéttbýli	Upplýsingar frá Vegagerð ríkisins og sveitarfélögum	P
Ferðamáti í þéttbýli ^G	Hvernig ferðast íbúar í þéttbýli milli staða?	Upplýsingar frá Umferðarstofu og sveitarfélögum	D

A. Viðmiðunarmörk í reglugerð 251/2002 um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings.

B. Umhverfisstofnun Evrópu

C. Umhverfissráðuneytið (Umhverfi og auðlindir – Stefnum við í átt til sjálfbærrar þróunar?; Velferð til framtíðar – tölulegar vísbendingar 2005)

D. Hagstofa Íslands

E. Reglugerð nr. 514/2010, um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti.

F. Sameinuðu þjóðirnar, 2007

G. Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins, 2003

2.20 Lög, reglugerðir og alþjóðlegir samningar

Hér verða raktir helstu alþjóðlegu samningar sem lúta að loftgæðum og heilsu og Ísland á aðild að. Síðan er gerð grein fyrir stefnumörkun og viðbragðsáætlunum hér á landi ásamt lögum og reglugerðum um loftgæði og um takmörkun á útstreymi mengandi efna.

2.20.1 Alþjóðlegir samningar

Mengandi efni

Samningurinn um loftmengun sem berst langar leiðir milli landa (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, **CLRTAP**) hefur það að markmiði að vernda manninn og umhverfi hans gegn loftmengun²⁷⁰. Aðild að samningnum eiga, auk Bandaríkjanna og Kanada, 49 Evrópuríki sem einnig eiga aðild að Efnahagsnefnd SP fyrir Evrópu (UN Economic Commission for Europe). Samningurinn er svæðisbundinn og fylgja honum átta bókanir með ákvæðum um óson við yfirborð jarðar, brennistein, þungmálma, þrávirk lífræn efni, köfnunarefnisoxíð, rokgyörn lífræn efni, súrnun, og ofauðgun næringarefna. Ísland fullgilti bókunina um þrávirk lífræn efni árið 2003.

Stokkhólmssamningurinn er alþjóðlegur samningur um þrávirk lífræn efni sem gekk í gildi árið 2004²⁷¹. Undir ákvæði samningsins falla tilbúin efni og efni sem myndast án ásetnings, t.d. díoxínefni sem myndast m.a. við brennslu á úrgangi. Í upphafi féllu 12 efni undir samninginn, en árið 2009 var níu efnum bætt við. Samningurinn líkist bókun CLRTAP-samningsins um þrávirk lífræn efni, en áhrif hans eru þó mun víðtækari því 178 ríki hafa fullgilt Stokkhólmssamninginn.

Kvikasilfur líkist þrávirkum lífrænum efnum að því leyti að það berst auðveldlega langar leiðir með loftstraumum og getur safnast upp í lífkeðjunni í nægum styrk til þess að valda neikvæðum áhrifum á heilsu manna og dýra. Árið 2010 hófust samningaviðræður á vettvangi Umhverfisstofnunar Sameinuðu þjóðanna sem lauk 19. janúar 2013 með nýjum alþjóðlegum samningi, Minamata-samningnum, um samdrátt í losun kvikasilfurs út í umhverfið²⁷².

Ísland fullgilti **Árósasamninginn**²⁷³, um aðgang að upplýsingum, þátttöku almennings í ákvarðanatöku og réttláta málsmeðferð í umhverfismálum, 20. október 2011. Í kjölfarið voru sett ný lög um úrskurðarnefnd umhverfis- og auðlindamála. Úrskurðarnefndin hefur það hlutverk að úrskurða í kærumálum vegna stjórnvaldsákvarðana og ágreiningsmálum vegna annarra úrlausnatriða á sviði umhverfis- og auðlindamála.

Við Árósasamninginn er í gildi svokölluð Kænugarðsbókun og er markmið hennar m.a. að auka aðgengi almennings að upplýsingum um losun mengandi efna frá iðnaði og öðrum uppsprettum. Ísland er ekki aðili að bókuninni en hefur innleitt ákvæði hennar með reglugerð nr. 990/2008 um útstreymisbókhald.

Heilsufar

Barnasáttmáli Sameinuðu þjóðanna (Convention on the Rights of the Child) var samþykktur af allsherjarþingi Sameinuðu þjóðanna árið 1989, og Ísland fullgilti samninginn árið 1992. Þriðja grein sáttmálans (það sem barninu er fyrir bestu) á í raun við um allar ákvarðanir varðandi börn og þegar aðrar greinar sáttmálans eru skoðaðar skal það gert með hliðsjón af þeirri þriðju. Loftgæði gætu helst fallið undir 24. grein samningsins en þar skuldbinda aðildarríkin sig til að berjast gegn sjúkdómum sem tengja má umhverfismengun: „Aðildarríki viðurkenna rétt barns til að njóta besta heilsufars sem hægt er að tryggja...” og

²⁷⁰ <http://unece.org/env/lrtap/>

²⁷¹ <http://chm.pops.int>

²⁷² <http://www.unep.org/newscentre/Default.aspx?DocumentID=2702&ArticleID=9373&l=en>.

²⁷³ <http://live.unece.org/env/pp/welcome.html>

einnig önnur mgr. 27. greinar: „Foreldrar eða foreldri, eða aðrir sem ábyrgir eru fyrir uppeldi barns, bera höfuðábyrgð á því í samræmi við getu sína og fjárhagsaðstæður að sjá barni fyrir þeim lífsskilyrðum sem eru því nauðsynleg til að komast til þroska“²⁷⁴.

Rammasamningur Alþjóðaheilbrigðismálastofnunarinnar um tóbaksvarnir gekk í gildi árið 2005. Aðildarríki samningsins eru 174 og hafa 120 þeirra styrkt tóbaksvarnalöggjöf sína eftir fullgildingu samningsins²⁷⁵. Meðal almennra skuldbindinga samningsins eru ákvæði 5. greinar um að hver aðili að samningnum skuli, í samræmi við getu sína, samþykkja og koma í framkvæmd skilvirkum lögum, reglum, stjórnarsýsluákvæðum og/eða öðrum ráðstöfunum og vinna, í samvinnu við aðra aðila og eftir því sem við á, að undirbúningi viðeigandi stefnumála til að koma í veg fyrir eða draga úr tóbaksneyslu, nikótíníkn og óbeinum reykingum.

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin hefur staðið fyrir ráðherrafundum um umhverfi og heilsu á fimm ára fresti síðan 1989. Á fjórða fundinum, árið 2004, var áhersla lögð á heilsuvernd barna með tilliti til hættuþátta í umhverfinu og aðgerða sem einstök ríki geta gripið til. Samþykkt var **aðgerðaáætlun fyrir heilsu barna og umhverfi í Evrópu** (e. Children's Environmental and Health Action Plan for Europe, CEHAPE). Eitt af markmiðum áætlunarinnar er að koma í veg fyrir eða draga úr öndunarfærasjúkdómum vegna loftmengunar innan- og utandyra²⁷⁶.

Þá hefur Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin gefið út leiðbeiningar um loftgæði WHO - Air Quality Guidelines for Europe sem kom fyrst út árið 1987 og var endurútfingin 2000 en 2006 kom út sérútgáfa til viðbótar sem fjallaði sérstaklega um fjögur efni sem algengast er að valdi loftmengun, þ.e. svifryk, óson, köfnunarefnisdíoxíð og brennisteinsdíoxíð²⁷⁷.

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin hefur gefið út sérstakar leiðbeiningar fyrir gæði innilofts. Árið 2009 komu út leiðbeiningar um áhrif á loftgæði innilofts af völdum raka og myglu²⁷⁸, 2010 voru gefnar út leiðbeiningar vegna nokkurra valinna efna í innilofti²⁷⁹ og 2011 leiðbeiningar vegna mengunar frá brennslu efna innandyra²⁸⁰.

2.20.2 Stefnumörkun og viðbragðsáætlanir á Íslandi

Stefnu stjórnvalda um loftgæði er að finna í **Velferð til framtíðar**, stefnumörkun Íslands um sjálfbæra þróun og áherslur árin 2010-2013. Markmiðin eru þrjúþætt, að íbúar landsins búi við heilnæmt andrúmsloft þar sem mengun er undir ströngustu mörkum á Evrópska efnahagssvæðinu, að loftmengun af völdum umferðar, iðnaðar og annarrar starfsemi verði haldið í lágmarki og að dregið verði umtalsvert úr loftmengun á höfuðborgarsvæðinu²⁸¹.

Umhverfisstofnun hefur lagt fram **landsáætlun um loftgæði** til fimm ára, 2010–2014. Litið er til stefnumörkunar Íslands um sjálfbæra þróun og markmiða Umhverfisstofnunar um að dregið verði úr losun heilsuskaðlegra og hættulegra efna og að upplýsingar um umhverfismál verði aðgengilegar almenningi og hagsmunaaðilum og þeim þannig gert kleift að hafa áhrif á umhverfi sitt²⁸².

²⁷⁴ <http://www.barn.is/barn/adalsida/barnasattmalinn/>

²⁷⁵ <http://www.who.int/fctc/en/>

²⁷⁶ <http://www.euro.who.int/en/who-we-are/policy-documents/childrens-environment-and-health-action-plan-for-europe>

²⁷⁷ <http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/air-quality-guidelines-for-europe>

²⁷⁸ <http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/who-guidelines-for-indoor-air-quality-dampness-and-mould>

²⁷⁹ <http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/who-guidelines-for-indoor-air-quality-selected-pollutants>

²⁸⁰ <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/policy/indoor-air-quality>

²⁸¹ <http://www.umhverfisraduneyti.is/utgefing-efni/nr/249>

²⁸² <http://eldri.ust.is/Frodleikur/UtgefingEfni/nr/6729>

Meginmarkmið **loftslags- og loftgæðastefnu Reykjavíkur, Framtíðin liggur í loftinu**, sem samþykkt var af borgarráði 2009, er að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og bæta loftgæði í borginni. Meðal markmiða er að dregið verði úr áhrifum samgangna, iðnaðar og landbúnaðar á loftgæði²⁸³.

Heilbrigðisnefnd Reykjavíkur hefur einnig samþykkt **viðbragðsáætlun um loftgæði**, í samræmi við ákvæði 15. gr. reglugerðar nr. 787/1999 um loftgæði, þar sem segir að heilbrigðisnefndir skuli semja aðgerðaráætlanir um skammtímaráðstafanir ef hætta er á að farið verði yfir umhverfismörk og/eða viðvörunarmörk mengandi efna²⁸⁴.

Árið 2001 samþykkti Alþingi **heilbrigðisáætlun til ársins 2010**. Þar eru nefnd fjögur forgangsverkefni sem ná til barna og ungmenna: jöfnun á mun á heilsufari eftir þjóðfélagsstöðu foreldra, aukin geðheilbrigðisþjónusta, dregið verði úr slysatíðni barna og ungmenna og tíðni tannskemmda lækki. Þá eru einnig markmið sem tengjast börnum og ungmönnum, þar á meðal að dregið verði úr reykingum ungs fólks um 50%. Ekki er getið sérstaklega um loftmengun eða loftgæði í áætluninni en í henni er kafli um þverfaglegar aðgerðir, m.a. um markmið um heilsusamlegt og öruggt umhverfi. Meðal þeirra markmiða er að gerð verði landsáætlun í umhverfis- og heilbrigðismálum (NEHAP) og að reglulega verði metin með skipulegum hætti áhrif umhverfisþátta og vinnuaðstæðna á heilsufar fólks²⁸⁵.

Ný heilbrigðisáætlun 2012-2020 var lögð fram á Alþingi í lok nóvember 2012 en hefur ekki verið afgreidd þegar þetta er ritað. Í áætluninni er ekki kveðið sérstaklega á um loftgæði í tengslum við heilsufar en þar er sett fram stefna í markmiðum sem skilgreind eru í fjölmörgum málaflokkum og endurspegla hugmyndafræði, framtíðarsýn og gildi. Markmiðin eru almenns eðlis og skiptast í eftirfarandi efnisþætti:

- A. Jöfnuð í heilsu og lífsgæðum.
- B. Lífsstílstengda áhrifaþætti heilsu og forvarnir.
- C. Örugga, samþætta og samfellda velferðarþjónustu.

2.20.3 Lög og reglugerðir

Síðan Ísland gerðist aðili að Evrópska efnahagssvæðinu árið 1994 hefur löggjöf landsins mótast mjög af lagasetningu í Evrópu. Ýmis ákvæði alþjóðlegra samninga hafa einnig verið lögfest á Íslandi með upptöku reglugerða og tilskipana Evrópusambandsins.

Lög

Markmið laga **nr. 7/1998, um hollustuhætti og mengunarvarnir**, er að búa landsmönnum heilnæm lífsskilyrði og vernda þau gildi sem felast í heilnæmu og ómenguðu umhverfi.

Lögin taka til hvers konar starfsemi og framkvæmda hér á landi, í lofthelgi, efnahagslögsögu og farkostum sem ferðast undir íslenskum fána, sem hafa eða geta haft áhrif á þessa þætti að svo miklu leyti sem önnur lög taka ekki til þeirra. Hollustuhættir og mengunarvarnir taka í lögunum til hollustuverndar, mengunarvarnaeftirlits, vöktunar, tengdra rannsókna og fræðslu.

Markmið með lögum **nr. 160/2010, um mannvirki**, er m.a. að vernda líf og heilsu manna, eignir og umhverfi, og stuðla að vernd umhverfis með því að hafa sjálfbæra þróun að leiðarljósi við hönnun og gerð mannvirkja. Lögin gilda um alla þætti mannvirkja, s.s. lagnir, þ.m.t. loftræsilagnir, gaslagnir og öryggiskerfi, og byggingarvörur, bæði á markaði og í mannvirkjum.

²⁸³ http://reykjavik.is/desktopdefault.aspx/tabid-3822/6631_view-2990/

²⁸⁴ http://reykjavik.is/desktopdefault.aspx/tabid-3822/6631_view-3426/

²⁸⁵ <http://www.velferdarraduneyti.is/verkefni/heilbrigdisthjonusta/rit-og-skyrslur/nr/32625>

Tilgangur með lögum **nr. 46/1980, um aðbúnað, hollustuhætti og öryggi á vinnustöðum**, er m.a. að tryggja öruggt og heilsusamlegt starfsumhverfi. Lögin gilda um alla starfsemi, þar sem einn eða fleiri menn vinna, hvort sem um er að ræða eigendur fyrirtækja eða starfsmenn.

Markmið laga **nr. 6/2002, um tóbaksvarnir**, er að draga úr heilsutjóni og dauðsföllum af völdum tóbaks með því að minnka tóbaksneyslu og vernda fólk fyrir áhrifum tóbaksreyks. Þar er tekið fram að virða skal rétt hvers manns til að þurfa ekki að anda að sér lofti sem er mengað tóbaksreyk af völdum annarra og að þeir sem bera ábyrgð á barni skulu stuðla að því að það njóti sama réttar, einnig þar sem reykingar eru ekki bannaðar. Lögin skylda hvern þann sem ber ábyrgð á barni að forða því svo sem frekast er kostur frá óbeinum reykingum sbr. almennar athugasemdir við frumvarpið þegar það var lagt fram, þar segir:

„Skaðsemi reykinga er óumdeilanleg og hið sama á við óbeinar reykingar. Sé það val reykingamanns að reykja er það að sama skapi réttur þess sem ekki reykir að þurfa ekki að anda að sér tóbaksreyk reykingamanns. Börn eiga skilyrðislausan rétt á reyklausu umhverfi, bæði á heimilum sínum og annars staðar. Allir eru sammála um að vernda eigi börn fyrir tóbaksreyk og grípa verður til úrræða sem nauðsynleg eru í því skyni.“²⁸⁶

Reglugerðir

Reglugerðum í þessum kafla er skipt annars vegar í reglugerðir með ákvæðum um hámarksstyrk tiltekinna efna í umhverfinu, vöktun þeirra og mat á loftgæðum og hins vegar reglugerðir sem mæla fyrir um takmarkanir á útstreymi efna frá tilteknum uppsprettum.

Reglugerðir um loftgæði og hámarksstyrk efna í andrúmslofti

Með reglugerð **nr. 787/1999, um loftgæði**, var innleidd rammatilskipun ráðs Evrópusambandsins nr. 96/62/EB um mat og stjórn á gæðum andrúmslofts. Markmið reglugerðarinnar er „að koma í veg fyrir eða draga úr skaðlegum áhrifum loftmengunar á heilsu manna og umhverfið, meta loftgæði á samræmdan hátt, afla upplýsinga um loftgæði og viðhalda þeim þar sem þau eru mikil eða bæta þau ella. Jafnframt er það markmið að draga úr mengun lofts“.

Rammatilskipuninni fylgja þrjár dótturtilskipanir, nr. 1999/30/EB, nr. 2000/69/EB og 2002/3/EB. Þessar tilskipanir voru innleiddar með reglugerð **nr. 251/2002, um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings**, og reglugerð **nr. 745/2003, um styrk ósons við yfirborð jarðar**.

Ný tilskipun **nr. 2008/50/EB, um loftgæði og hreinna loft í Evrópu**, gekk í gildi 11. júní 2010. Tilskipunin kemur í stað rammatilskipunarinnar nr. 96/62/EB og dótturtilskipana hennar. Unnið er að undirbúningi innleiðingar þessarar nýju tilskipunar á Íslandi.

Með reglugerð **nr. 990/2008, um útstreymisbókhald**, gekk í gildi reglugerð Evrópuþingsins og -ráðsins (EB) nr. 166/2006 um að koma á fót Evrópuskrá yfir losun og flutning mengunarefna og um breytingu á tilskipunum ráðsins 91/689/EBE og 96/61/EB. Reglugerðin felur jafnframt í sér framkvæmd ákvæða Kænugarðsbókunar Árósasamningsins um aðgengi almennings að upplýsingum um losun mengandi efna frá iðnaði og öðrum uppsprettum.

²⁸⁶ <http://www.althingi.is/alttext/126/s/0484.html>.

Upplýsingar um losun frá þeim íslensku fyrirtækjum sem falla undir ákvæði reglugerðinnar eru þar með aðgengilegar á sameiginlegum vef Evrópusambandslandanna²⁸⁷.

Með reglugerð **nr. 410/2008 voru sett umhverfismörk fyrir styrk arsens, kadmíums, nikkels og benzo[a]pyrens** í andrúmslofti, sem gengu í gildi 1. janúar 2013. Vakta skal styrk þessara efna auk kvikasilfurs í andrúmslofti og skulu Umhverfisstofnun og/eða viðkomandi heilbrigðisnefnd kynna almenningi og viðeigandi samtökum niðurstöður mælinganna.

Reglugerð **nr. 514/2010, um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti**, fjallar um „vöktun, eftirlit, mælingar, umhverfismörk, upplýsingaskipti og tilkynningar til almennings vegna brennisteinsvetnis í andrúmslofti“. Í reglugerðinni eru sett umhverfismörk fyrir brennisteinsvetni í andrúmslofti, 50 µg/m³ fyrir 24 klst hlaupandi meðaltal. Fram kemur að í „ákvæðum starfsleyfa fyrir atvinnurekstur sem kann að valda mengun af völdum brennisteinsvetnis skulu viðeigandi ráðstafanir gerðar til þess að hamla gegn loftmengun af völdum þess og skal beita til þess bestu fánlegu tækni, og viðbótarráðstöfunum þar sem þess er þörf“.

Meðal markmiða með **byggingarreglugerð, nr. 112/2012**, er að vernda líf og heilsu manna, eignir og umhverfi með því að tryggja faglegan undirbúning mannvirkjagerðar og virkt eftirlit með því að kröfum um öryggi mannvirkja og heilnæmi sé fullnægt. Loftgæði innan mannvirkja skulu vera fullnægjandi og í samræmi við notkun þeirra og tryggt að loft innan mannvirkis innihaldi ekki mengandi efni sem valdið geta heilsutjóni eða óþægindum. Í reglugerðinni eru m.a. ítarleg ákvæði um loftræsingu og ákvæði um leyfilegt magn CO₂ í innilofti.

Reglugerð **nr. 941/2002, um hollustuhætti**, kveður m.a. á um starfsleyfisskyldu tiltekinnar starfsemi með tilliti til hollustuverndar, m.a. skóla, leikskóla, daggæslu, íþróttahúsa og sundstaða. Heilbrigðisnefndir sveitarfélaga bera ábyrgð á útgáfu starfsleyfa og reglubundnu eftirliti.

Reglugerðir sem takmarka útstreymi til andrúmslofts

Í reglugerð **nr. 785/1999, um starfsleyfi fyrir atvinnurekstur sem getur haft í för með sér mengun**, segir að tilgreina skuli losunarmörk fyrir mengandi efni í starfsleyfi. Skrá yfir helstu mengunarefni fylgir í viðauka III með reglugerðinni, meðal þeirra eru brennisteins- og köfunarefnissambönd, ryk og díoxínefni.

Í **reglugerð um brennslu úrgangs, nr. 739/2003**, eru sett losunarmörk fyrir mengandi efni í útblæstri brennslustöðva fyrir úrgang og spilliefni. Um er að ræða ryk, súrar gastegundir, HCl, SO₂ og HF, lífræn efni, díoxínefni og þungmálma.

Markmið **reglugerðar nr. 255/2002, um takmörkun á útstreymi rokgjarnra lífrænna efna vegna notkunar á lífrænum leysiefnum í tiltekinni starfsemi**, er að koma í veg fyrir eða draga úr áhrifum frá losun þessara efna út í umhverfið og hættu sem það kann að hafa á heilsu manna. Dæmi um starfsemi sem fellur undir reglugerðina er prentun, bílalökkun og þurrhreinsun.

Í **reglugerð nr. 822/2004, um gerð og búnað ökutækja**, eru ákvæði um mengandi efni í útblæstri, þ.e. kolmónoxíð (CO), kolvetni (HC), köfnunarefnisoxíð (NOx) og ryk (sót). Kröfur um útblástur fylgja tilsvarendi reglum í Evrópu og eru skilgreindar í svokölluðum Euro-stöðlum. Kröfurnar voru hertar um áramótin 2010/2011, við uppfærslu úr Euro-4 í Euro-5.

²⁸⁷ <http://prtr.ec.europa.eu/MapSearch.aspx>

Markmið **reglugerðar nr. 788/1999, um varnir gegn loftmengun af völdum hreyfanlegra uppsprettna**, er að draga úr loftmengun af völdum hreyfanlegra uppsprettna, einkum af völdum vélknúinna ökutækja. Reglugerðin gildir um losunarmörk fyrir mengunarefni í útblásturslofti bifreiða og prófanir á þeim.

Í **reglugerð nr. 465/2009, um mengandi lofttegundir og agnir frá brunahreyflum færanlegra véla sem notaðar eru utan vega**, eru sett losunarmörk fyrir kolmónoxíð, vetniskolefni, köfnunarefnisoxíð og efnisagnir í útblæstri.

Meðal ákvæða í **reglugerð nr. 326/2007, um takmarkanir á tóbaksreykingum**, er víðtækt bann við reykingum í og við skóla og aðra staði sem ætlaðir eru börnum og unglíngum. Hið sama á við um heilsugæslustöðvar, hjúkrunar- og dvalarheimili. Tóbaksreykingar eru óheimilar í þjónusturými stofnana, fyrirtækja og félagasamtaka, og farartækjum sem almenningur hefur aðgang að.

Heimildir

- Afsset, 2009. Propositions de Valeurs Guides de qualité d'Air Interieur. Rapport d'expertise collective.
- Afsset, 2010. Risques sanitaires liés aux piscines. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail.
- Alberta Environment, 2004. Assessment Report on Reduced Sulphur Compounds for Developing Ambient Air Quality Objectives.
- Alcoa Fjarðaál, 2011. Umhverfivöktun 2010.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 1999. Environmental health indicators: Framework and methodologies.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2000. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series, No. 91.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2002. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 83, Tobacco Smoke and Involuntary Smoking.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2003. Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects. Concise International Chemical Assessment Document 53.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin – vinnunefnd, 2003. Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2006b. Guidelines for safe recreational water environments. Volume 2, Swimming pools and similar environments.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2007. Prevalence of asthma and allergies in children. Fact Sheet No. 3.1.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2007b. *Legionella* and the prevention of legionellosis.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2007. Policies to reduce the exposure of children to environmental tobacco smoke. Fact sheet no. 3.7, http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/97429/3.7.pdf.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2009. WHO report on the Global Tobacco Epidemic, 2009.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2009b. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2010, http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0019/134380/e94788.pdf.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2011. Fact sheet N°313.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2011b. <http://www.who.int/entity/tobacco/en/atlas9.pdf>.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2012. <http://who.int/whosis/indicators/en/>.
- Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, 2012b. <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/data-and-evidence/environment-and-health-information-system-enhis/publications/enhis-fact-sheets>.
- Amann M. o.fl., 2004. "The Current Legislation" and the "Maximum Technically Feasible Reduction" cases for the CAFE baseline emission projections. CAFE Scenario Analysis Report Nr. 2, http://ec.europa.eu/environment/archives/cape/activities/pdf/cape_scenario_report_2.pdf.
- Amato F. o.fl., 2010. A review on the effectiveness of street sweeping, washing and dust suppressants as urban PM control methods. Science of the Total Environment, **408**, 3070 – 3084.
- Anna Rósa Böðvarsdóttir, 2010. Helstu niðurstöður loftgæðamælinga við gatnamót Miklubrautar og Stakkahlíðar, og tilraunir með rykbindingar, á tímabilinu 23. desember 2009 til 22. febrúar 2010.

- Arason V., 2005. Otitis media, tympanostomy tube placement, and use of antibiotics. Cross-sectional community study repeated after five years. *Scandinavian Journal of Primary Health Care*. 23, 184-191.
- Arbes, S. J., 2004. Dog allergen (Can f 1) and cat allergen (Fel d 1) in US homes: Results from the National Survey of Lead and Allergens in Housing. *J Allergy Clin Immunol* 2004; 114: 111-7.
- Árni Davíðsson, 2002. Loftgæði í skólum og leikskólum. Mælingar á koltvísýringi, loftraka og lofthita í grunnskólum og leikskólum á Kjósarsvæði. *Heilbrigðiseftirlit Kjósarsvæðis*.
- Ásta Logadóttir og Lars Gunnarsen, 2008. Formaldehydkoncentrationen i nybyggede huse i Danmark. *Statens Byggeforskningsinstitut*.
- Bates M. N. o.fl., 2002. Investigation of Health Effects of Hydrogen Sulfide from a Geothermal Source. *Archives of Environmental Health*, 57, 405–411.
- Bates M. N. o.fl., 2013. Associations of ambient hydrogen sulfide exposure with self-reported asthma and asthma symptoms. *Environmental Research*, 122, 81-87.
- Björn Árdal, 2011. Viðtal á Stöð 2, 29.6.2011, (<http://www.visir.is/section/MEDIA99&fileid=VTV5D214858-0ACC-4E27-AFE1-BA4676BFD91A>).
- Björn Marteinnsson, 2010. Fyrirlestur: Þök og þakvandamál. Fræðslufundur á vegum Verkfræðingafélags Íslands.
- Björn Marteinnsson, 2011. Gæði innilofts, raki og mygla. Astmi og ofnæmi, Tímarit Astma- og ofnæmisfélagsins, 5. árg. 1. tbl., 4–7.
- Boström C. E. o.fl., 2002. Cancer Risk Assessment, Indicators, and Guidelines for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Ambient Air. *Environmental Health Perspectives*, volume 110, 451–488.
- Bowyer J., 2003. Residence Time for Hydrogen Sulfide in the Atmosphere Literature Search Results. http://daq.state.nc.us/toxics/studies/H2S/H2S_Ambient_Air.pdf.
- Bruinen de Bruin K. o.fl., 2008. Characterisation of urban inhalation exposures to benzene, formaldehyde and acetaldehyde in the European Union. *Environ. Sci Pollut Res*, 15: 417-430.
- Briggs D., 1999. *Environmental Health Indicators: Framework and Methodologies*. Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, Genf.
- Bryndís Skúladóttir o.fl., 2003. Method for determining the composition of airborne particle pollution. Composition of particle air pollution in Reykjavik. ITÍ0313/HTD13, 8UE1326.
- Byggforsk, 2005. Muggsopp i bygninger. Forekomst og konsekvenser for inneklimaet. Byggforskserien 701.401.
- Calderon M. A. o.fl., 2012. EAACI: A European Declaration on Immunotherapy. Designing the future of allergen specific immunotherapy. *Clinical and Translational Allergy*, 2:20.
- Campagna D. o.fl., 2004. Ambient hydrogen sulfide, total reduced sulfur, and hospital visits for respiratory diseases in northeast Nebraska, 1998–2000. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 14, 180–187.
- Carlsen H. K., 2010. Air pollution in Reykjavík and use of drugs for obstructive airway diseases. Meistaraprófsritgerð við Háskóla Íslands.
- Carlsen H. K. o.fl., 2012a. A survey of early health effects of the Eyjafjallajökull 2010 eruption in Iceland: a population based study. *British Medical Journal Open*. Mar 8; 2(2).
- Carlsen H. K. o.fl., 2012b. Health effects following the Eyjafjallajökull volcanic eruption: a cohort study. *British Medical Journal Open*. Nov 8; 2(6).
- Carlsen H. K. o.fl., 2012c. Hydrogen sulfide and particle matter levels associated with increased dispensation of anti-asthma drugs in Iceland's capital. *Environmental Research*, 113, 33–39.
- CDC, 2010. 2010 Surgeon General's Report—How Tobacco Smoke Causes Disease: The Biology and Behavioral Basis for Smoking-Attributable Disease.
- Centers for Disease Control and Prevention, 2010. Final Report on Formaldehyde Levels in FEMA-Supplied Travel Trailers, Park Models, and Mobile Homes.

- Clausen M., 2007. Astmi og ofnæmi hjá börnum. Fyrirlestragætur. <https://askja.lsh.is/barnalaeknar/laeknar/michael/Fyrirlestrar/Astmi%20og%20ofn%C3%A6mi%202007%20.pdf>.
- Clausen M. o.fl., 2008. High prevalence of allergic diseases and sensitization in a low allergen country. *Acta Paediatrica* 2008 97, bls. 1216–1220.
- Clausen M. o.fl., 2008. High prevalence of allergic diseases and sensitization in a low allergen country. *Acta Paediatrica*, **97**, 1216–1220.
- Collins, W. J. o.fl., 2003. Effect of stratosphere-troposphere exchange of the future tropospheric ozone trend. *J. Geophys. Res.*, **108**, 8528 doi:10.1029/2002JD002617.
- Commonwealth of Australia, 2008. Air Quality in and Around Traffic Tunnels. Final Report 2008.
- Corvalán C. o.fl., 1996. Development of environmental health indicators , í D. Briggs, C. Dorvalán and Nurminan (eds): Linkage Methods for environmental and Health Analysis, General Guidelines, Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin, Genf. 19–53.
- Dansk standard, DS 3033. Frivillig klassifíkation af indeklimaets kvalitet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer.
- Defra, 2010. Odour Guidance for Local Authorities.
- de Groot A. C. o.fl., 2009. Formaldehyde-releasers: relationship to formaldehyde contact allergy. Contact allergy to formaldehyde and inventory of formaldehyde-releasers. *Contact Dermatitis* 2009; 61: 63–85.
- Derwent R. G., 1998. Observation and interpretation of the seasonal cycles in the surface concentrations of ozone and carbon monoxide at Mace Head, Ireland from 1990 to 1994. *Atmospheric Environment*, **32**, 145–157.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2009. Trichloramin in Bädern.
- Devos M., 1990. Standardized Human Olfactory Thresholds. IRL Press.
- Dockery D. W. o.fl., 1993. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *The New England Journal of Medicine*, **329**, 1753–1759.
- Downs S.H. o.fl., 2007. Reduced Exposure to PM10 and Attenuated Age-Related Decline in Lung Function. *N Engl J Med*, 357: 2338–2347.
- Dravnieks A. o.fl., 1984. Hedonics of Odors and Odor Descriptors. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 34, 752–755.
- Drivas P. o.fl., 2011. Soil mixing depth after atmospheric deposition. I. Model development and validation. *Atmospheric Environment* 45 (2011) 4133–4140.
- Durand M. og J. G. Wilson, 2006. Spatial analysis of respiratory disease on an urbanized geothermal field. *Environ. Res.* **101**, 238–245.
- Efla, 2011. Umhverfivöktun iðjuveranna á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2010.
- Elín Bjarnadóttir o.fl., 2001. Algengi bráðaofnæmis og astma meðal íslenskra læknanema. *Læknablaðið*, 87, 621–624.
- Elvik R. og J. Kaminska, 2011. Effects on accidents of reduced use of studded tyres in Norwegian cities. Analyses based on data for 2002–2009. TØI report 1145/2011.
- Embætti landlæknis, 2012. Umfang reykinga, samantekt 2011, <http://www.landlaeknir.is/servlet/file/store93/item2172/version8/4906.pdf>.
- Embætti landlæknis, 2012b. Farsóttufréttir. Júlí–október 2011, Fréttabréf sóttvarnalæknis, 3. tbl. 7. árg., <http://www.landlaeknir.is/utgefing-efni/>.
- Embætti landlæknis, 2012c. Talnabrunnur júní 2012. Fréttabréf landlæknis um heilbrigðisupplýsingar 5. tbl. 6. árg., [http://www.landlaeknir.is/servlet/file/store93/item17600/version3/Talnabrunnur_Juni_2012\(2\).pdf](http://www.landlaeknir.is/servlet/file/store93/item17600/version3/Talnabrunnur_Juni_2012(2).pdf).

- Embætti landlæknis, 2012d. Tilkynningarskyldir sjúkdómar, <http://www.landlaeknir.is/smit-og-sottvarnir/smitsjukdomar/tilkynningarskyldir-sjukdomar/>.
- Embætti landlæknis, 2013. Heilsa og líðan 2007. Óbirt gögn.
- EMEP, 2011. Ozone measurements 2009, EMEP/CCC-Report 2/2011.
- EMEP, 2012. <http://www.ceip.at/>.
- ENHIS, 2009. Children living in homes with problems of damp. Fact Sheet 3.5. www.euro.who.int/ENHIS.
- Encyclopædia Britannica. 2011. Legionnaire disease, www.britannica.com.
- EPA, 1991. Hydrogen Sulfide Corrosion: Its Consequences, Detection and Control.
- EPA, 2010. A Brief Guide to Mold, Moisture, and Your Home.
- Erdmann C. A. og M. G. Apte, 2004. Mucous membrane and lower respiratory building related symptoms in relation to indoor carbon dioxide concentrations in the 100-building BASE dataset. *Indoor Air*, 14 (Suppl 8): 127–134.
- ESPAD, 2012. www.espad.org/en/Reports--Documents/ESPAD-Reports/.
- European Centre for Disease Prevention and Control, 2010. Annual Epidemiological Report on Communicable Diseases in Europe 2010.
- Eurostat, 2012. Sótt á heimasíðu Eurostat 2012: Share of total population living in a dwelling with a leaking roof, damp walls, floors or foundation, or rot in window frames of floor (Source: SILC [ilc_mdho01]).
- Fierens S. o.fl., 2007. Impact of Iron And Steel Industry and Waste Incinerators on Human Exposure to Dioxins, PCBs, and Heavy Metals: Results of a Cross-Sectional Study in Belgium. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 70:222–226.
- Framkvæmdastjórn ESB, 1998. Working group on benzene. Position Paper. Council directive on ambient air quality assessment and management.
- Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins, 2003. European Common Indicators. Towards a Local Sustainability Profile.
- Gauderman W. J. o.fl., 2007. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *Lancet*, **369**: 571–577.
- Geislavarnir ríkisins, 2012. <http://www.gr.is/frettir/nr/521>.
- Gense R. o.fl., 2006. NO₂ emission from passenger cars. 2nd conf. Environment & Transport, incl. 15th conf. Transport and Air Pollution, 12-14 June 2006, Reims, France. Proceeding, actes Inrets, n°107, vol 1, Arcueil, France, p. 175-182.
- Grice S. o.fl., 2007. The Impact of Changes in Vehicle Fleet Composition and Exhaust Treatment Technology on the Attainment of the Ambient Air Quality Limit Value for Nitrogen Dioxide in 2010. Report to European Commission Directorate-General Environment. AEA/ENV/R/2440 Issue 2.
- Grundvöllur umhverfisheilsuvísa fyrir börn, 2012, <http://www.who.int/ceh/indicators/indicconcept/en/index.html>.
- Grøholt E. K. og R. Nordhagen, 2005. Children's health in the Nordic Countries (Barns helse i Norden), Nasjonalt folkehelseinstitutt, Rapport 2005:6.
- Gustafsson M. o.fl., 2005. Inandningsbara partiklar frá interaktion mellan däck, vägbanan och friktionsmaterial. VTI rapport 520.
- Gustafsson M. o.fl., 2008. Properties and toxicological effects of particles from the interaction between tyres, road pavement and winter traction material. *Science of the Total Environment*, **393**, 226–240.
- Gustafsson M. o.fl., 2011. Utvärdering av städmaskiners förmåga att minska PM10-halter. VTI rapport 707.
- Hafsteinn Viðar Jensson, 2011. Munnleg heimild.
- Halldór Ármannsson o.fl., 2001. Gasútblástur frá jarðhitasvæðum. Orkuþing 2001.

- Hansell A. og C Oppenheimer, 2004. Health hazards from volcanic gases: A systematic literature review. *Arch. Environ. Health* **59**, 628–639.
- Háskólinn í Lundi, 2012. http://www.fuktcentrum.lth.se/kurser/diplomerad_fuktsakkunnig/.
- Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur, 2009. Mælingar á loftmengandi efnum í Reykjavík 2009.
- Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur, 2011. Upplýsingar frá Árnýju Sigurðardóttur.
- Heilbrigðiseftirlit Reykjavíkur, 2012. Upplýsingar frá Árnýju Sigurðardóttur.
- Heilbrigðisnefnd Reykjavíkur, 2012. http://www.reykjavik.is/desktopdefault.aspx/tabid-3822/6631_view-2952/.
- Heinrich J. o.fl., 2006. Cat allergen level: Its determinants and relationship to specific IgE to cat across European centers. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* **118**(3):674-681.
- Herbert Eiríksson o.fl., 2000. Ofnæmi og astmi hjá íslenskum börnum. *Læknablaðið*, **86**, 102–107.
- Heudorf o.fl., 2009. Particulate matter and carbon dioxide in classrooms – The impact of cleaning and ventilation. *Int. J. Hyg. Environ. Health*, **212**, 45–55.
- Hjartavernd, 2013. <http://www.hjarta.is/Uploads/document/Timarit/Handbok%20Hjartaverndar.pdf>.
- Hnattrænt frumkvæði um gerð umhverfisvísa fyrir börn, 2012, <http://www.who.int/ceh/indicators/globinit/en/index.html>.
- Hrefna Pálsdóttir o.fl., 2010. Hagir og líðan grunnskólanema í Reykjavík í 8., 9. og 10. bekk árið 2010. Rannsóknir & greining.
- IARC, 2010. Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, VOLUME 92. Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures.
- IARC, 2012. http://press.iarc.fr/pr213_E.pdf.
- Inserra S. G. o.fl., 2004. Neurobehavioral evaluation for a community with chronic exposure to hydrogen sulfide gas. *Environ. Res.* **95**, 53–61.
- Institute of Medicine, 2000. Clearing the air : asthma and indoor air exposures. Committee on the Assessment of Asthma and Indoor Air, Division of Health Promotion and Disease Prevention.
- ÍST EN 13725:2003/AC:2006. Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry.
- Johansson P. o.fl., 2005. Kritiskt fuktillstånd för mikrobiell tillväxt på byggmaterial – kunskapssammanfattning. SP Rapport 2005:11.
- Jónína Valsdóttir, 1997. Kerfisbundin athugun á innlofti í skólum á Akureyri og á Dalvík. *Lagnafréttir*, **12**(1), 67–70.
- Joumard R. o.fl., 2007. Emission Factor Modelling and Database for Light Vehicles. Institute National de Reserche sur les Transports et leur Securite. Report n°LTE 0523.
- Kogevinas M. o.fl., 2010. Genotoxic Effects in Swimmers Exposed to Disinfection By-products in Indoor Swimming Pools. *Environmental Health Perspectives*, **118**(11), 1530–1537.
- Korpi A. o.fl., 2007. Microbial volatile organic compounds (MVOCs). The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals. *Arbete och hälsa* nr. 2006:13.
- Kristín Ólafsdóttir, 2011. Mælingar á PAH-efnum við Stórhöfða í Vestmannaeyjum árin 2002 og 2003 á vegum rannsóknarstofu í lyfja- og eiturefnafræði (óbirtar niðurstöður).
- Kristján Baldvinsson o.fl., 2010. Tengsl óbeinna reykinga við kransæðasjúkdóma. *Læknablaðið*, fylgirit lyflæknaþings, V001.
- Kupiainen K. J., 2007. Road dust from pavement wear and traction sanding. Monographs of the Boreal Environment Research nr. 26. Umhverfisstofnun Finnlands.
- Kupiainen K. J. og L. Pirjola, 2011. Vehicle non-exhaust emissions from the tyre-road interface – effect of stud properties, traction sanding and resuspension. *Atmospheric Environment*, **45**, 4141–4146.
- Lakind J. S. o.fl., 2010. The Good, the Bad, and the Volatile: Can We Have Both Healthy Pools and Healthy People? *Environ. Sci. Technol.*, **44**, 3205–3210.

- Landbúnaðarstofnun, 2007. Yfirlit yfir innflutning á fóðri á árunum 1984 til 2006.
- Legator M. S., C. R. Singleton, D. L. Morris og D. L. Philips, 2001. Health effects from chronic low level exposure to hydrogen sulfide. *Arch. Environ. Health* **56**, 123–131.
- Lenters V. o.fl., 2010. Long-term exposure to air pollution and vascular damage in young adults. *Epidemiology*, **21**: 512–520.
- Liang Q. o.fl., 2009. The governing processes and timescales of stratosphere-to-troposphere transport and its contribution to ozone in the Arctic troposphere. *Atmos. Chem. Phys.*, **9**, 3011–3025.
- Logue J. N., K. Ramaswamy og J. H. Hersh, 2001. Investigation of illness associated with exposure to hydrogen sulfide among Pennsylvania school students. *Environ. Health*. 9–13.
- Lund, 1998. *Scand J Soc Med*, **2**, 115-120.
- Lýðheilsustöð, 2007. Heilsa og líðan Íslendinga.
- Lýðheilsustöð, 2010. Umfang reykinga. Samantekt 2010.
- Lýðheilsustöð, 2011. Umfang reykinga – samantekt 2011.
- MacNee W. og K. Donaldson, 2000. Exacerbations of COPD* : Environmental Mechanisms. *Chest*, **117**, 390S-397S.
- Mannvirkjavefurinn, 2012. <http://www.isisport.is/mannvirki/>.
- Margrét Hallsdóttir, 2007. Frjótími grasa á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn* **75** (2–4). 107–114.
- María I. Gunnbjörnsdóttir o.fl., 2006. Prevalence and incidence of respiratory symptoms in relation to indoor dampness: the RHINE study. *Thorax*, **61**:221–225.
- María I. Gunnbjörnsdóttir, 2008. Veldur raki í húsnæði öndunarfæraeinkennum? *Tímarit Astma- og ónæmisfélagsins*, **2**(2), 12–13.
- Marshall B., 2008. Environmental Tobacco Smoke in Icelandic Homes: Infant Exposure and Parental Attitudes and Behaviour. Development within Iceland between 1995 and 2006. *Meistararitgerð við Háskóla Íslands*.
- Matvælastofnun, 2011. Upplýsingar frá Þuríði E. Pétursdóttur um innflutning á gæludýrafóðri 2007–2010.
- Menz F. C. og H. M. Seip, 2004. Acid rain in Europe and the United States: an update. *Environmental Science and Policy*, **7**, 253–265.
- Miller K.A. o.fl., 2007. Long term exposure to air pollution and cardiovascular events in women. *N Engl J Med* **356**, 447–458.
- Monks P. S., 2000. A review of the observations and origins of the spring ozone maximum. *Atmospheric Environment*, **34**, 3545–3561.
- Sigurður R. Gíslason, 2002. Viðtal við *Morgunblaðið* 27. október 2002.
- Nagata Y., 2013. Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method. Í Odor Measurement Review. Ministry of the Environment, Government of Japan, <http://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/index.html>.
- National Cancer Institute 1997. *Smoking and Tobacco Control Monograph No. 10*.
- Náttúrufræðistofnun, 2011a. <http://www.ni.is/grodur/frjomaelingar/>.
- Náttúrufræðistofnun, 2011b. <http://www.ni.is/grodur/frjomaelingar/greinar/nr/13592>.
- Náttúrufræðistofnun, 2012. <http://www.ni.is/grodur/Flora/Sveppir/>.
- Naturvårdsverket, 2004. Formaldehyd. En kunskapssammanställning och riskbedömning. *Rapport* 5399.
- Niemeijer, D. og R. S. de Groot. A conceptual framework for selecting environmental indicator sets. *Ecological Indicators* **8**, 14–25.
- Nimmermark S., 2004. Odour influence on well-being and health with specific focus on animal production emissions. *Ann Agric Environ Med*, **11**, 163–173.

- Norðurál og Elkem, 2011. Umhverfissvöktun iðjuveranna á Grundartanga. Niðurstöður fyrir árið 2010.
- Norðurál og Elkem, 2013. <http://nordural.is/islenska/umhverfid/skyrslur/voktunarskyrslur>.
- Norrænu geislavarnastofnanirnar, 2009. Recommendations for radon in dwellings in the Nordic countries.
- OECD, 2004. OECD Key Environmental Indicators.
- OECD, 2011. Health at a glance. <http://www.oecd.org/dataoecd/6/28/49105858.pdf>.
- OECD, 2012. <http://www.oecd.org/env/environmentalindicatorsmodellingandoutlooks>.
- OECD, 2013. http://stats.oecd.org/index.aspx?DataSetCode=HEALTH_STAT.
- Office of Chemical Safety, Australian Government Department of Health and Ageing, 2004. *Human Health Risk Assessment of Dioxins in Australia*, National Dioxins Program Technical Report No. 12, Australian Government Department of the Environment and Heritage, Canberra.
- Orkustofnun, 2011. <http://www.os.is/jardhiti/jardhitanotkun/jardvarmavirkjanir>.
- Orkuveita Reykjavíkur, 2009. Umhverfisskýrsla.
- Parrish D. D. o.fl., 2012. Long-term changes in lower tropospheric baseline ozone concentrations at northern mid-latitudes. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 12, 13881–13931.
- Pétur Pétursson, 2012. Munnleg heimild.
- Pond K. o.fl., 2007. Developing Environmental Health Indicators for European Children: World Health Organization Working Group. *Environmental Health Perspectives*, 115, nr. 9.
- Pope C. A. III o.fl., 2004. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*, 109:71-77.
- Pope C. A. o.fl., 2009. Fine Particulate Air Pollution and Life Expectancy in the United States. *N Engl J Med*, 360, 376–458.
- Putaud J. P. o.fl., 2010. A European aerosol phenomenology – 3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban and kerbside sites across Europe. *Atmospheric Environment*, 44, 1308–1320.
- Ragnhildur Guðrún Finnbjörnsdóttir, 2010. Air Pollution in Reykjavík and Dispensation of Drugs for Angina Pectoris. Meistaraprófsritgerð við Háskóla Íslands.
- Rannsóknir og greining, 2012. Ungt fólk 2012.
- Rao C. Y. o.fl., 1996. Review of Quantitative Standards and Guidelines for Fungi in Indoor Air. *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 46, 899-908.
- Reykjavíkurborg, 2008. Umhverfisvísar 2007–2008.
- Reykjavíkurborg, 2011. http://www.reykjavik.is/desktopdefault.aspx/tabid-1007/7398_read-27342.
- Richardsson S. D. o.fl., 2010. What's in the Pool? A Comprehensive Identification of Disinfection By-products and Assessment of Mutagenicity of Chlorinated and Brominated Swimming Pool Water. *Environmental Health Perspectives*, 118(11), 1523–1530.
- Rosenlund M. o.fl., 2009. Traffic-Generated Air Pollution and Myocardial Infarction. *Epidemiology*, 20: 265–271.
- Royal Society, the, 2008. Ground-level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications. Science Policy Report 15/08.
- Sameinuðu þjóðirnar, 2007. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies.
- Schiffman S. S. og C.M. Williams, 2005. Science of Odor as a Potential Health Issue.
- Shendell D. G. o.fl., 2004. Associations between classroom CO₂ concentrations and student attendance in Washington and Idaho. *Indoor Air*; 14: 333–341.
- Shusterman D, 1999. The Health Significance of Environmental Odour Pollution: Revisited. *J. Environ. Med.* 1: 249-258.

- Sigurdarson S. T. o.fl., 2008. Respiratory disorders are not more common in farmers. Results from a study on Icelandic animal farmers. *Respiratory Medicine*, **102**: 1839–1843.
- Sigurdarson S. T. og J. N. Kline, 2006. School Proximity to Concentrated Animal Feeding Operations and Prevalence of Asthma in Students. *Chest*, **129**:1486–1491.
- Sigurður Ásbjörnsson, 2006. Munnleg heimild
- Sigurður B. Finnsson og Snjólaug Ólafsdóttir, 2006. Svifryksmengun í Reykjavík árin 1995-2005. Umhverfisstofnun og Umhverfissvið Reykjavíkur.
- Sillanpää M. o.fl., 2006. Chemical composition and mass closure of particulate matter at six urban sites in Europe. *Atmospheric Environment*, **40**, 212–223.
- Silverman R. A. o.fl., 2010. Association of Ambient Fine Particles With Out-of-Hospital Cardiac Arrests in New York City. *Am J Epidemiol*, **172**, 917–923.
- Skjenstad T., 2006. Mælingar á PAH-efnum í andrúmslofti. Niðurstöður úr mælingum heilbrigðiseftirlits Hafnarfjarðar- og Kópavogssvæðis á PAH-efnum í andrúmslofti í Áslandshverfi í Hafnarfirði haustið 2005.
- Smith, S. J. o.fl., 2010. Anthropogenic sulfur dioxide emissions: 1850 – 2005. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, **10**, 116111–16151.
- Socialstyrelsen - Svíþjóð, 2006. Partiklar i inomhusmiljön – en litteraturgenomgång.
- Stevenson D. S. o.fl., 2006. Multimodel ensemble simulations of present-day and near-future tropospheric ozone. *J. Geophys. Res.*, **111**, D08301, doi:10.1029/2005JD006338.
- Storey E. o.fl., 2004. Guidance for Clinicians on the Recognition and Management of Health Effects Related to Mold Exposure and Moisture Indoors. University of Connecticut Health Center Division of Occupational and Environmental Medicine Center for Indoor Environments and Health.
- Sundhedsstyrelsen, 2009. Personers ophold i bygninger med fugt og skimmelsvamp. Anbefalinger for sundhedsfaglig rådgivning.
- Sunyer J. et al., 2006. Chronic bronchitis and urban air pollution in an international study. *Occup Environ Med*. Dec;63(12):836-43.
- Trausti Jónsson, 2007. <http://www.vedur.is/vedur/frodleikur/greinar/nr/714>.
- Tripathi O. P. o.fl., 2010. Statistical analysis of eight surface ozone measurement series for various sites in Ireland. *J. Geophys. Res.*, **115**, D19302.
- Umferðarstofa, 2011. www.us.is.
- Umhverfi og heilsufar barna, aðgerðaáætlun fyrir Evrópu, 2004. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/78639/E83338.pdf.
- Umhverfissráðuneytið, 2006. Staða og þróun svifryksmengunar á höfuðborgarsvæðinu og mögulegar leiðir til úrbóta. Niðurstöður og tillögur starfshóps umhverfissráðuneytisins.
- Umhverfissráðuneytið, 2006. Statistical Indicators.
- Umhverfissráðuneytið, 2009. Umhverfi og auðlindir. Stefnum við í átt til sjálfbærrar þróunar?
- Umhverfisstofnun, 2009. <http://www.ust.is/einstaklingar/graenn-lifsstill/heimilid/raki-og-mygla/>.
- Umhverfisstofnun, 2010. Emissions of Persistent Organic Pollutants in Iceland, 1990 – 2008. Informative Inventory Report 2010.
- Umhverfisstofnun, 2011a. Mæligildi Hvaleyrarholt.
- Umhverfisstofnun, 2011b. Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2009. National Inventory Report 2011. http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/5888.php.
- Umhverfisstofnun, 2011c. Niðurstöður úr mælingum á díoxínunum í jarðvegi, http://www.umhverfissraduneyti.is/media/PDF_skrar/Nidurstodur-ur-maelingum-a-dioxin-i-jardvegi.pdf.

- Umhverfisstofnun, 2011d. Sýnatökuáætlun Umhverfisstofnunar vegan vöktunar á díoxínunum í jarðvegi/sjávarseti, <http://www.ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Mengandi-starfsemi/Dioxin/Synatokuaaetlun%20dioxin%202011.pdf>.
- Umhverfisstofnun, 2012. Myndir frá Þorsteini Jóhannssyni.
- Umhverfisstofnun, 2012a. Óbirt samantekt á vöktun brennisteinsvetnis í andrúmslofti.
- Umhverfisstofnun, 2012b. Emissions of greenhouse gases in Iceland from 1990 to 2010. National Inventory Report 2012.
- Umhverfisstofnun, 2012c. Ósongögn unnin fyrir þessa skýrslu.
- Umhverfisstofnun, 2012d. Losun þrávirkra lífrænna efna á Íslandi.
- Umhverfisstofnun, 2013. Blýmagn í svifryki við Miklatorg. Óbirt gögn.
- Umhverfisstofnun, 2013b. Ársmeðaltal svifryks, 1994 – 2010. Óbirt gögn.
- Umhverfisstofnun, 2013c. Fjöldi sólarhringa þegar svifryk fór yfir heilsuverndarmörk. Óbirt gögn.
- Umhverfisstofnun, 2013d. Vikumeðaltöl svifryks 2006. Óbirt gögn.
- Umhverfisstofnun Evrópu, 2005. EEA Core Set of Indicators. Guide. EEA Technical report No 1/2005.
- Umhverfisstofnun Evrópu, 2007. Air pollution in Europe 1990–2004. EEA Report No 2/2007.
- Umhverfisstofnun Evrópu, 2009. Spatial assessment of PM10 and ozone concentrations in Europe (2005). EEA Technical report No 1/2009.
- Umhverfisstofnun Evrópu, 2010. Air pollution by ozone across Europe during summer 2009. EEA Technical report No 2. Unnið úr gögnum í töflu 2.2.
- Umhverfisstofnun Evrópu, 2011. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/benzene-2007-annual-limit-value-for-the-protection-of-human-health-3>.
- Umweltbundesamt, 2005. Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen.
- Unnur S. Björnsdóttir og Davíð Gíslason, 2002. Ofnæmi fyrir dýrum. *Bæklingur*. Útgefandi Aventis.
- Vanda Úlfrún Liv Hellsing, 2009. Indoor Air Quality in Junior High Schools in Reykjavik. *Meistararitgerð við Háskóla Íslands*.
- Wallace, L. A., 1989. Major Sources of Benzene Exposure. *Environmental Health Perspectives*, 82, 165–169.
- Weng, S. C., o.fl., 2011. Dynamics of gas-phase trichloramine (NCl₃) in chlorinated, indoor swimming pool facilities. *Indoor Air*, 21: 391–399.
- WHO - Parma Declaration on Environment and Health ,2010. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0011/78608/E93618.pdf.
- Wijnand E., 2009. Fungal spores: A critical review of the toxicological and epidemiological evidence as a basis for occupational exposure limit setting. *Critical Reviews in Toxicology*, 39(10): 799–864.
- WPL Publishing, 2010. <http://constructionadvisortoday.com/2010/09/new-law-expected-to-reduce-interior-formaldehyde-emissions.html>.
- Þorsteinn Jóhannsson, 2007. Svifryksmengun í Reykjavík. Meistararitgerð við Háskóla Íslands.
- Þórhallur Halldórsson o.fl., 2012. Contamination of livestock due to the operation of a small waste incinerator: A case incident in Skutulsfjörður, Iceland, in 2010. *Acta Veterinaria Scandinavica* 2012, 54(Suppl 1):S4. <http://www.actavetscand.com/content/54/S1/S4>.
- Þröstur Þorsteinsson, Julia Hackenbruch, Einar Sveinbjörnsson og Þorsteinn Jóhannsson. 2013. Statistical assessment and modeling of the effects of weather conditions on H₂S plume dispersal from Icelandic geothermal power plants. *Geothermics* 45: 31-40. ([Paper on Geothermics web site](#)) einnig á :<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375650512000557>.

Ljósmyndir

Formáli: Hugji Ólafsson

Kafli 1 Útdráttur og tillögur - Inngangur: Sigurhans Vignir/Ljósmyndasafn Reykjavíkur

Kafli 1.2 Reykingar: SXC

Kafli 1.3 Svífryk: Velferðarráðuneytið

Kafli 1.3 Mælingar: Stefán Einarsson

Kafli 1.4.1 Frjókorn Margrét Hallsdóttir

Kafli 1.4.2 Gæludýr: Velferðarráðuneytið

Kafli 1.5 Raki og myglusveppir: SXC

Kafli 1.6 Brennisteinsvetni: Karin Beate Nøsterud/norden.org

Kafli 2.1 Vöktun og eftirlit: Stefán Einarsson

Kafli 2.2.1 Heilsufarsleg áhrif: SXC

Kafli 2.3.1 Uppruni og eiginleikar: Velferðarráðuneytið

Kafli 2.3.2 Heilsufarsleg áhrif: Stefán Einarsson

Kafli 2.3.6 Hreinsun umferðargatna og rykbinding: Sigurður Ásbjörnsson

Kafli 2.3.6 Aðgerðir til að draga úr ryki frá verklegum framkvæmdum, 12a: Þorsteinn Jóhannsson

Kafli 2.3.6 Aðgerðir til að draga úr ryki frá verklegum framkvæmdum, 12b: Dust Boss

Kafli 2.3.6 Aðgerðir til að draga úr ryki frá verklegum framkvæmdum, 13a: Þorsteinn Jóhannsson

Kafli 2.3.6 Aðgerðir til að draga úr ryki frá verklegum framkvæmdum, 13b: Langara Collage

Kafli 2.4.2 Frjókorn: Umhverfis- og auðlindaráðuneytið

Kafli 2.5.1 Eiginleikar-uppruni: SXC

Kafli 2.6.1 Eiginleikar og uppruni: Umhverfis- og auðlindaráðuneytið

Kafli 2.10.1 Eiginleikar og uppruni: Johannes Jansson/norden.org

Kafli 2.12.1 Eiginleikar og uppruni: Bjarki Sigursveinsson

Kafli 2.13.3 Ákvæði í lögum, reglugerðum og starfsleyfum: SXC

Kafli 2.16.1 Eiginleikar og uppruni: Velferðarráðuneytið