

# Er brennisteinsvetni mengun eða veldur það bara „vondri“ lykt?

Verkefnastjórn rammáætlunar

19. janúar 2016

Ragnhildur G. Finnbjörnsdóttir



# Yfirlit

## Bakgrunnur

Hvað er brennisteinsvetni og hvaðan kemur það?

H<sub>2</sub>S mæingar í Reykjavík

*Hver eru heilsuverndarmörkin?*

Hefur brennisteinsvetni áhrif á heilsu?

Hvað er nú þegar vitað?

Hvað segja erlendar rannsóknir?

Hvað segja íslenskar rannsóknir?

Samantekt





# Hvað er brennisteinsvetni ( $H_2S$ )?

Litlaus gastegund

Einkennandi lykt - hveralykt

Helstu uppsprettur  $H_2S$  á Íslandi

Jarðhitasvæði

Jarðvarmavirkjanir

*Hellisheiðarvirkjun 303 MV*

*Nesjavallarvirkjun 120 MV*

*Reykjanesvirkjun 100 MV*

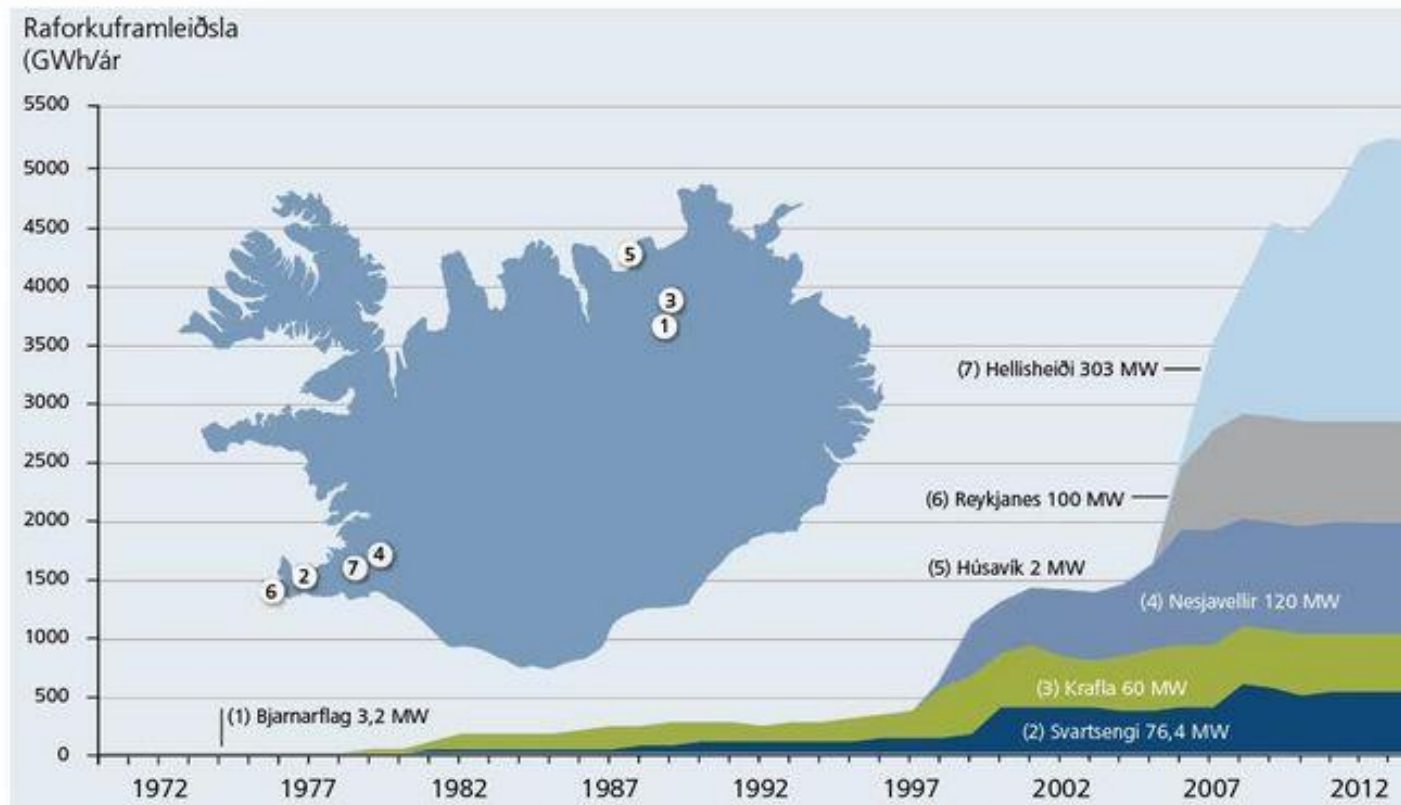
*Svartsengi 76,4 MV*

*Kröfluvirkjun 60 MV*

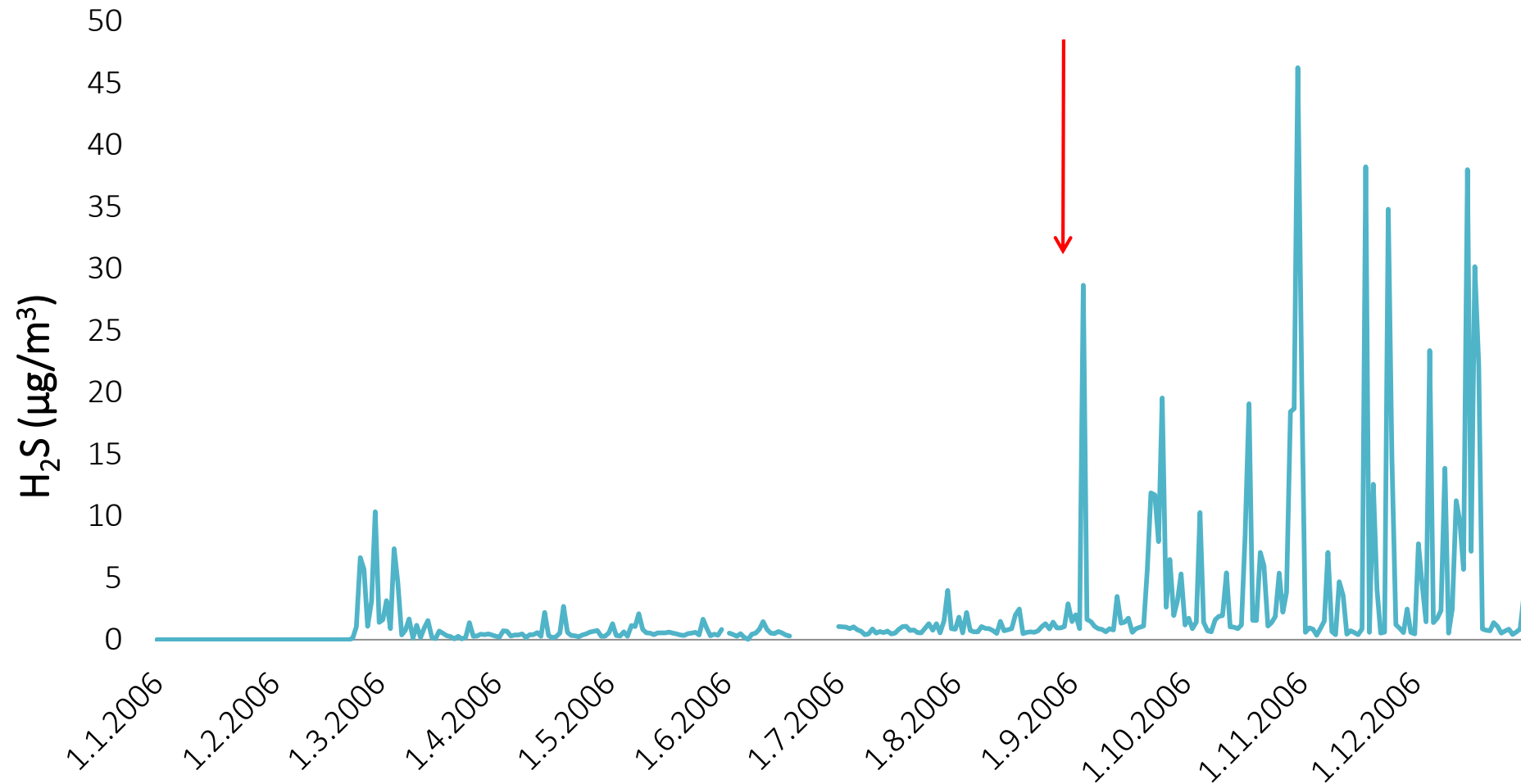
*Bjarnarflag 3,2 MV*



# Jarðvarmavirkjanir



# H<sub>2</sub>S (μg/m<sup>3</sup>) í Reykjavík 2006



# Heilsuverndarmörk

Umhverfismörk	Viðmiðunartími	Mörk ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Heilsuverndarmörk	Hámark daglegra hlaupandi 24- stunda meðaltala	50*
Heilsuverndarmörk	Ár	5
Heilsuverndarmörk Alþjóða heilbrigðismálastofnunar (WHO)	Hámark daglegra hlaupandi 24- stunda meðaltala	150

\*Leyfilegt að fara yfir þessi mörk 3 sinnum á ári

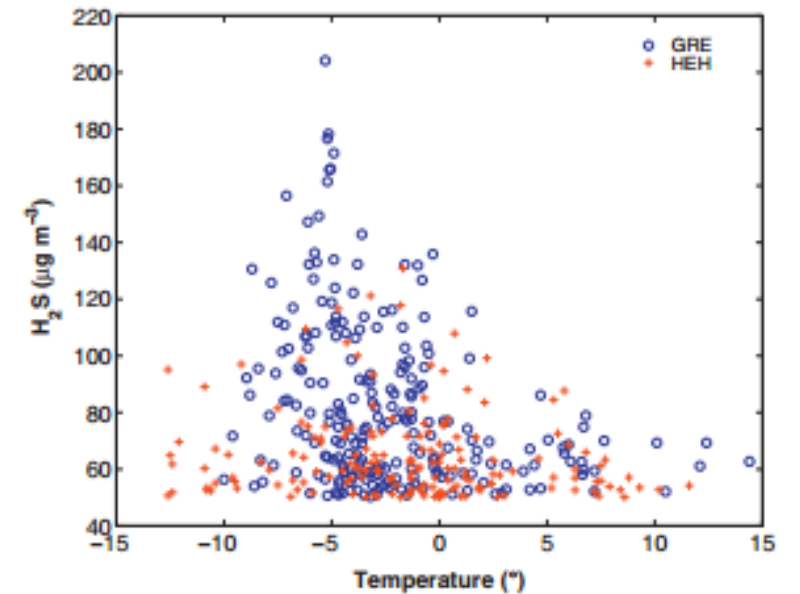
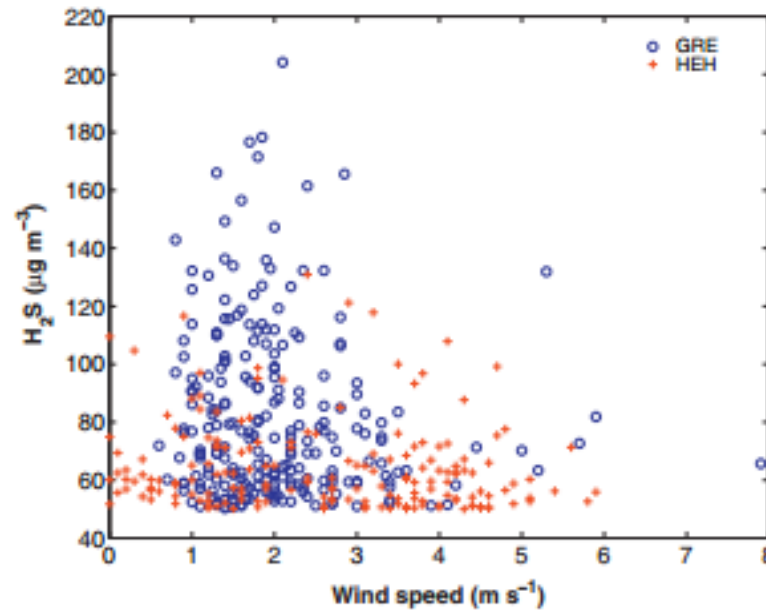
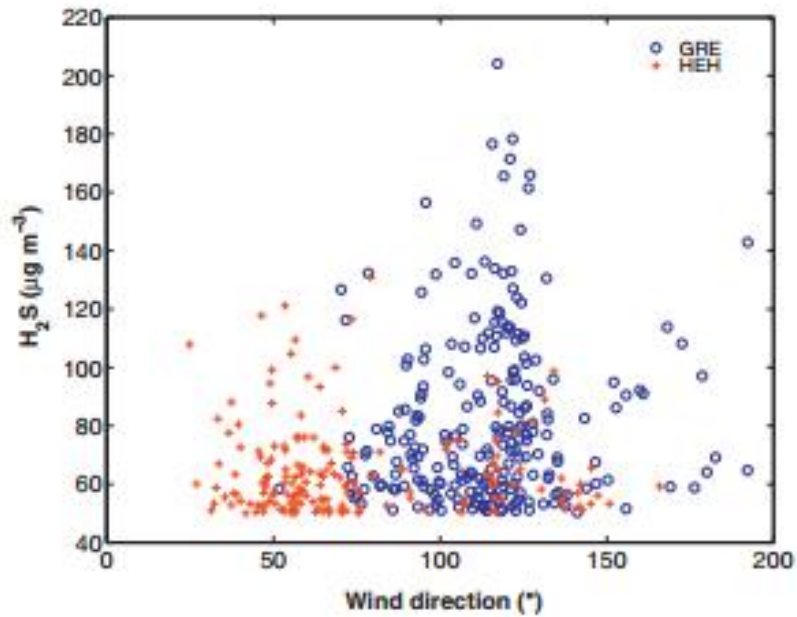
Tilkynna skal almenningi þegar  $\text{H}_2\text{S}$  fer yfir  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  samfellt í 3 klukkustundir

# Mælingar á H<sub>2</sub>S

	Styrkur H <sub>2</sub> S á Grensásvegi 2013 (µg/m <sup>3</sup> )*
Hæsta 24-ra stunda meðaltal (µg/m <sup>3</sup> )	44,6
Hæsta klukkustundar gildi (µg/m <sup>3</sup> )	114
Ársmeðaltal (µg/m <sup>3</sup> )	3,4

\*Mælingar frá Umhverfisstofnun fyrir 2013

# H<sub>2</sub>S og veður



Heimild: Thorsteinsson, T., et al. (2013). "Statistical assessment and modeling of the effects of weather conditions on H<sub>2</sub>S plume dispersal from Icelandic geothermal power plants." *Geothermics* **45**: 31-40.



Hefur  $\text{H}_2\text{S}$  áhrif á heilsu manna?

# Hefur H<sub>2</sub>S áhrif á heilsu manna?

## Skilgreining mengunar

skaðlegar breytingar í umhverfinu, einkum vegna umsvifa mannsins, sem geta haft áhrif á heilsufar manna og lífríkið

Áhrif H<sub>2</sub>S í miklu magni vel þekkt

Áhrif H<sub>2</sub>S í minna magni ekki eins vel þekkt

“Vond” lykt, erting í augum...

Table 16. Hydrogen sulfide: established dose–effect relationships

Hydrogen sulfide concentration		Effect	Reference
mg/m <sup>3</sup>	ppm		
1400–2800	1000–2000	Immediate collapse with paralysis of respiration	(2)
750–1400	530–1000	Strong central nervous system stimulation, hyperpnoea followed by respiratory arrest	(2)
450–750	320–530	Pulmonary oedema with risk of death	(2)
210–350	150–250	Loss of olfactory sense	(3)
70–140	50–100	Serious eye damage	(3)
15–30	10–20	Threshold for eye irritation	(3)

World Health Organization, 2000. Air quality guidelines for Europe.

# Hefur H<sub>2</sub>S áhrif á heilsu manna?

## Jarðvarmi

Samband milli langtíma H<sub>2</sub>S og dauðsfalla vegna allra orsaka og vegna öndunarfærasjúkdóma

*Einkum meðal Maori kvenna*

Samband milli langtíma H<sub>2</sub>S og aukinna koma á heilsugæslustöðvar og sjúkrahús vegna hjarta- og taugasjúkdóma

## Pappírsverksmiðjur

Meiri hósti, höfuðverkur og lungnasýkingar

Meiri vitsmunaskerðing (e. declined cognitive function)

## Nautabú, skolphreinsistöð o.fl.

Samband milli H<sub>2</sub>S (daginn áður) og koma á bráðamóttöku vegna astma og annarra lungnasjúkdóma

*Einkum hjá börnum*

Meiri vitsmunaskerðing (e. declined cognitive function)

# Hefur $H_2S$ áhrif á heilsu manna?

Ekki ber öllum rannsóknarniðurstöðum saman

Bates o.fl. 2013 og 2015

*Fundu ekki samband milli  $H_2S$  og astma, langvinnrar lungnateppu eða annara öndunarferasjúkdóma*

*Gáfu í skyn verndandi eiginleika  $H_2S$  á öndunarferasjúkdóma*

Mostaghni o.fl. 2000

*Fundu ekki samband milli  $H_2S$  og og minni afkastagetu lungna*

Reed o.fl. 2014

*Fundu ekki samband milli  $H_2S$  og vitsmunaskerðingar (e. declined cognitive function)*

# Íslenskar rannsóknir

Heilsufarsleg áhrif  $\text{H}_2\text{S}$  í andrúmslofti í Reykjavík





# H<sub>2</sub>S og lyfjanotkun í Reykjavík

Markmið: að kanna samband milli loftmengunar í  
Reykjavík og notkunar astma- og hjartalyfja

# H<sub>2</sub>S og lyfjanotkun

Tvær íslenskar rannsóknir á sambandi milli H<sub>2</sub>S og lyfjanotkunar

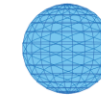
Carlsen et al. 2012

Finnbjornsdottir et al. 2013

Ekkert samband milli H<sub>2</sub>S og hjartalyfjanotkunar í Reykjavík

Samband fannst milli H<sub>2</sub>S og astmalyfjanotkunar í Reykjavík

Finnbjornsdottir et al. *Environmental Health* 2013, 12:38  
<http://www.ehjournal.net/content/12/1/38>



ENVIRONMENTAL HEALTH

RESEARCH

Open Access

## Association of air pollution and use of glyceryl trinitrate against angina pectoris: a population-based case-crossover study

Ragnhildur Gudrun Finnbjornsdottir<sup>1</sup>, Helga Zoëga<sup>1</sup>, Orn Olafsson<sup>1</sup>, Throstur Thorsteinsson<sup>2,3</sup> and Vilhjalmur Rafnsson<sup>4\*</sup>



ELSEVIER

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Environmental Research

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envres](http://www.elsevier.com/locate/envres)



Hydrogen sulfide and particle matter levels associated with increased dispensing of anti-asthma drugs in Iceland's capital

Hanne Krage Carlsen<sup>a,\*</sup>, Helga Zoëga<sup>a</sup>, Unnur Valdimarsdóttir<sup>a</sup>, Thórarinn Gíslason<sup>b</sup>, Birgir Hrafnkelsson<sup>c</sup>

# H<sub>2</sub>S og astmalyfjanotkun

Tímabil: 8. mars 2006 til 31. desember 2009

Útsettur hópur: Íbúar stór-  
Reykjavíkursvæðisins

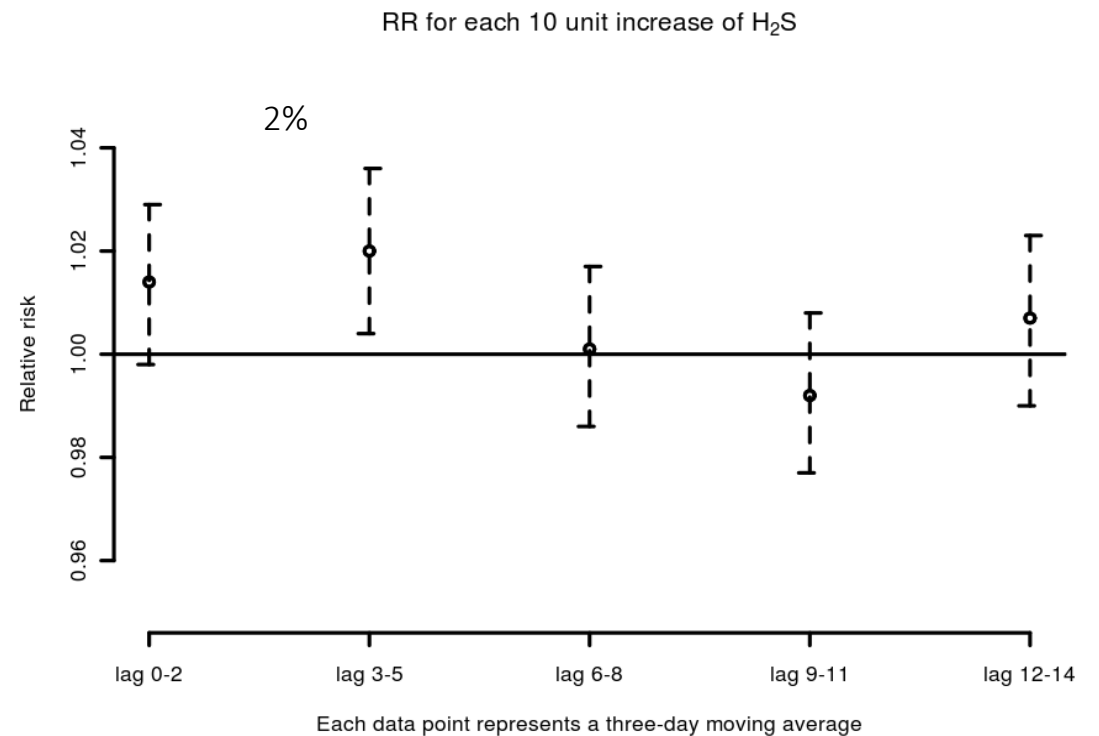
Gögn

Mælingar á H<sub>2</sub>S á Grensásvegi frá  
Umhverfisstofnun

Gögn um astmalyfjanotkun frá Landlækni

Niðurstöður: 3 til 5 dögum eftir  
aukningu í H<sub>2</sub>S þá var 2% aukning í sölu  
astmalyfja

M.ö.o. ef þriggja daga meðaltal H<sub>2</sub>S í  
Reykjavík jókst um 10µg/m<sup>3</sup>, þá jókst  
astmalyfjaúttektir um 2%, 3-5 dögum eftir  
hækkunina í H<sub>2</sub>S



# H<sub>2</sub>S og astmalyfjanotkun - Ályktun

Samband fannst milli H<sub>2</sub>S og astmalyfjanotkunar 3-5 dögum eftir 10µg/m<sup>3</sup> hækkun í 3ja daga meðaltali mengunarefnisins

Ekki hægt að útiloka sálræn áhrif vegna lyktar eða viðvarana í fjölmiðlum

Líklega er sumir hópar viðkvæmari en aðrir

Ekki var hægt að taka tillit til aldurs, kyns eða undirliggjandi sjúkdóma

# H<sub>2</sub>S og dánartíðni í Reykjavík

Markmið: að kanna samband milli loftmengunar og dánartíðni í Reykjavík



# H<sub>2</sub>S og dánartíðni í Reykjavík

Tímabil: 1. janúar 2003 til 31. desember 2009

Útsettur hópur: Íbúar stór-Reykjavíkursvæðisins

Gögn

Mælingar á H<sub>2</sub>S á Grensásvegi

Dánarmeinasrá frá Hagstofu Íslands

*Öll dauðsföll nema slys og eitranir*

*Dauðsföll vegna hjarta- og æðasjúkdóma*

Downloaded from <http://bmjopen.bmj.com/> on April 9, 2015 - Published by [group.bmj.com](http://group.bmj.com)

Open Access

Research

## BMJ Open Hydrogen sulfide and traffic-related air pollutants in association with increased mortality: a case-crossover study in Reykjavik, Iceland

Ragnildur Gudrun Finnbjornsdottir,<sup>1</sup> Anna Oudin,<sup>2</sup> Bjarki Thor Elvarsson,<sup>3</sup> Thorarinn Gislason,<sup>4,5</sup> Vilhjalmur Rafnsson<sup>6</sup>

# H<sub>2</sub>S og dánartíðni í Reykjavík

Niðurstöður kynntar sem prósentu aukning dánartilfella í kjölfar fjórðungsmarkabreytingar (2.6 µg/m<sup>3</sup>) hækkunar á 24-ra stunda meðaltali H<sub>2</sub>S

H<sub>2</sub>S í Reykjavík 2006-2009

	H <sub>2</sub> S (µg/m <sup>3</sup> )
Meðaltal ±SD	3.35 ±6.69
Vetur <sup>a</sup> meðaltal ±SD	4.45 ±8.17
Sumar <sup>b</sup> meðaltal ±SD	1.60 ±2.29
Lægsta-hæsta mæling	0-92
Fjórðungsmark (IQR)	2.60
Miðgildi	1.4
5% mörk	0.2
25% mörk	0.6
75% mörk	3.2
95% mörk	12.9

# Niðurstöður



# H<sub>2</sub>S og dánartíðni

Samband fannst milli H<sub>2</sub>S og allra dauðsfalla yfir sumarmánuðina

Daginn eftir hækkun á H<sub>2</sub>S (Lag1)

*5,05% aukning í kjölfar 2,6µg/m<sup>3</sup> hækkunar í 24-stunda meðaltali H<sub>2</sub>S*

Tveimur dögum eftir hækkun í H<sub>2</sub>S (Lag2)

*5,09% aukning í kjölfar 2,6µg/m<sup>3</sup> hækkunar í 24-stunda meðaltali H<sub>2</sub>S*

Sambærileg lækkun yfir vetrarmánuðina

	H <sub>2</sub> S (2.6 µg/m <sup>3</sup> )		
Lag/Strata	IR%	95% öryggisbil	
Ólagskipt			
0	1.01	-0.38 til 2.41	
1	0.97	-0.43 til 2.40	
2	-0.80	-2.26 til 0.67	
3	<b>-1.54</b>	<b>-3.00 til -0.05</b>	
4	-0.54	-2.10 til 1.05	
Sumar <sup>a</sup>			
0	3.79	-0.06 til 7.79	
1	<b>5.05</b>	<b>0.61 til 9.68</b>	
2	<b>5.09</b>	<b>0.44 til 9.97</b>	
3	2.40	-2.68 til 7.76	
4	-0.44	-5.48 til 4.87	
Vetur <sup>b</sup>			
0	0.65	-0.86 til 2.18	
1	0.48	-1.03 til 2.01	
2	-1.44	-3.01 til 0.16	
3	<b>-1.99</b>	<b>-3.55 til -0.41</b>	
4	-0.80	-2.45 til 0.88	

<sup>a</sup> Sumar mánuðir: 1. maí til 31. okóber. <sup>b</sup> Vetrar mánuðir: 1. nóvember til 30. apríl.

# H<sub>2</sub>S og dánartíðni

Samband fannst milli H<sub>2</sub>S og allra dauðsfalla meðal eldri einstaklinga

Sama dag og hækkun á H<sub>2</sub>S átti sér stað (Lag0)

*1,94% aukning í kjölfar 2,6µg/m<sup>3</sup> hækkunar í 24-stunda meðaltali H<sub>2</sub>S*

Daginn eftir að hækkun á H<sub>2</sub>S átti sér stað (Lag0)

*1,99% aukning í kjölfar 2,6µg/m<sup>3</sup> hækkunar í 24-stunda meðaltali H<sub>2</sub>S*

Sambærileg lækkun fannst hjá yngri einstaklingum

Samband milli H<sub>2</sub>S og allra dauðsfalla meðal karlmanna

Sama dag og hækkun á H<sub>2</sub>S átti sér stað (Lag0)

*2,81% aukning í kjölfar 2,6µg/m<sup>3</sup> hækkunar í 24-stunda meðaltali H<sub>2</sub>S*

	H <sub>2</sub> S (2.6 µg/m <sup>3</sup> )		
Lag/Strata	IR%	95% öryggisbil	
80 ára og eldri			
0	<b>1.94</b>	<b>0.12 til 1.04</b>	
1	<b>1.99</b>	<b>0.21 til 1.04</b>	
2	0.28	-1.50 til 1.02	
3	-1.17	-3.00 til 1.01	
4	0.73	-1.34 til 1.03	
Yngri en 80 ára			
0	-0.26	-2.40 til 1.92	
1	-0.73	-3.02 til 1.61	
2	<b>-2.87</b>	<b>-5.38 til -0.30</b>	
3	-2.19	-4.61 til 0.29	
4	-2.06	-4.44 til 0.39	



# H<sub>2</sub>S og dánartíðni

Sérstök greining á þegar H<sub>2</sub>S fór yfir lyktarmörkin (7µg/m<sup>3</sup>)

Tveimur til þremur dögum eftir (lag2 og lag3) að 24-ra stunda meðaltal H<sub>2</sub>S fór yfir lyktarmörk var aukning í öllum dauðsföllum

Óháðar greiningar sem styrkja fyrri niðurstöður

Ekkert samband fannst milli H<sub>2</sub>S og dauðsfalla af völdum hjarta- og æðasjúkdóma

Mun færri einstaklingar → Víð öryggismörk

# H<sub>2</sub>S og dánartíðni í Reykjavík - Ályktun

Aukning í dauðsföllum í kjölfar aukinnar H<sub>2</sub>S mengunar

Við hverja 2,60µg/m<sup>3</sup> hækkun í H<sub>2</sub>S var aukning

Yfir sumarmánuðina (1. maí til 31. okóber)

*Lag1 (5,05%) og lag2 (5,09%)*

Meðal eldri einstaklinga (80 ára og eldri)

*Lag0 (1,94%) og lag1 (1,99%)*

Meðal karla

*Lag0 (2,81%)*

Ekki fannst sambærilegt samband milli umferðarmengunar og dauðsfalla

# Áframhaldandi rannsóknir: H<sub>2</sub>S og innlagnir og komur á Landspítala Háskólasjúkrahús

Markmið: að kanna samband milli H<sub>2</sub>S og innlagna og koma á Landspítala Háskólaskjúkrahús vegna hjarta-, æða- eða öndunarfærasjúkdóma útfrá búsetu

# H<sub>2</sub>S og dánartíðni í Reykjavík

Tímabil: 1. janúar 2007 til 30. júní 2014

Útsettur hópur: Íbúar stór-Reykjavíkursvæðisins

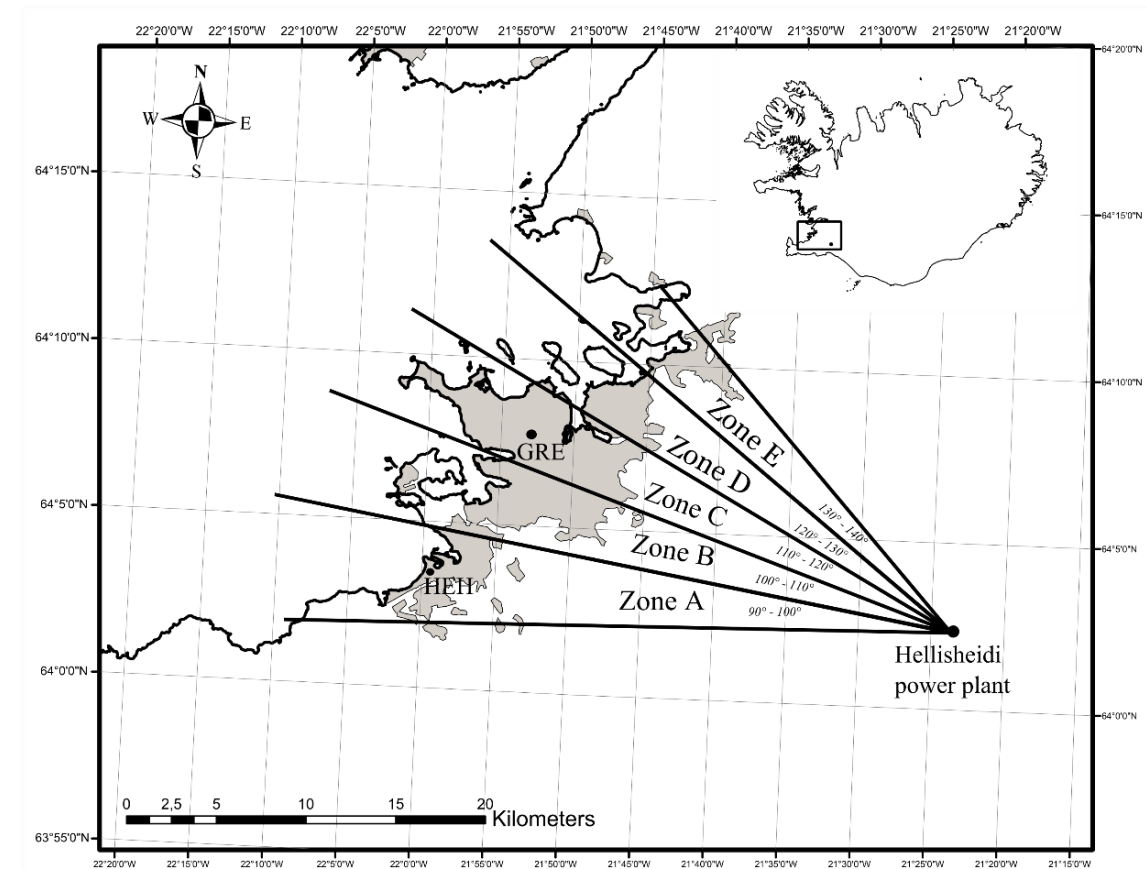
Gögn

Spáður H<sub>2</sub>S styrkur á 5 mismunandi svæðum í Reykjavík

Innlagna- og komuskrá á Landspítala Háskólasjúkrahús (LSH)

Landfræðilegar upplýsingar

Upplýsingar um helstu umferðaræðar í Reykjavík



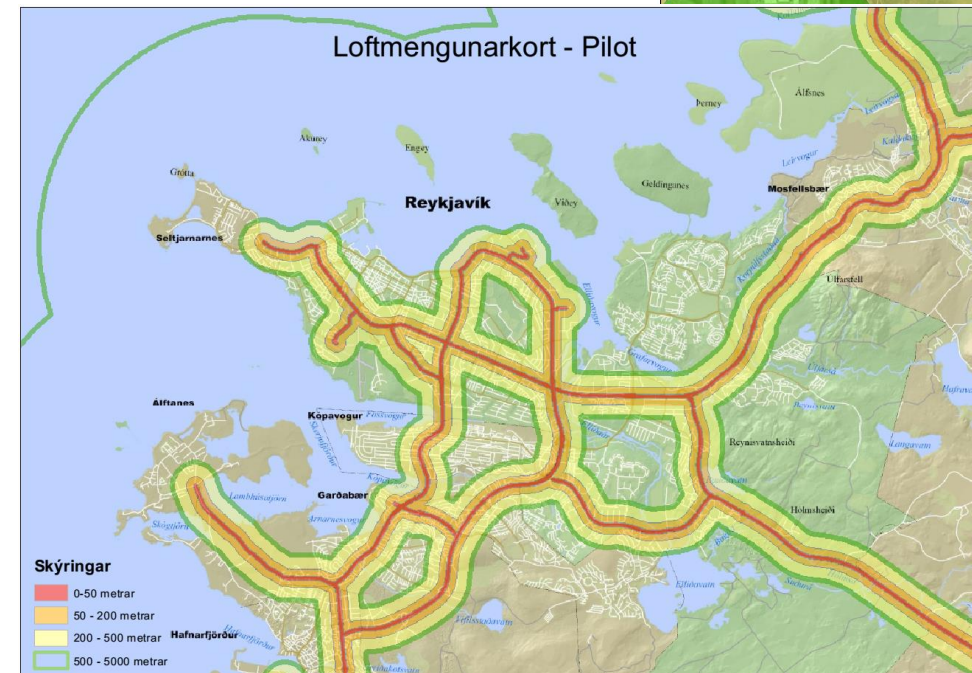
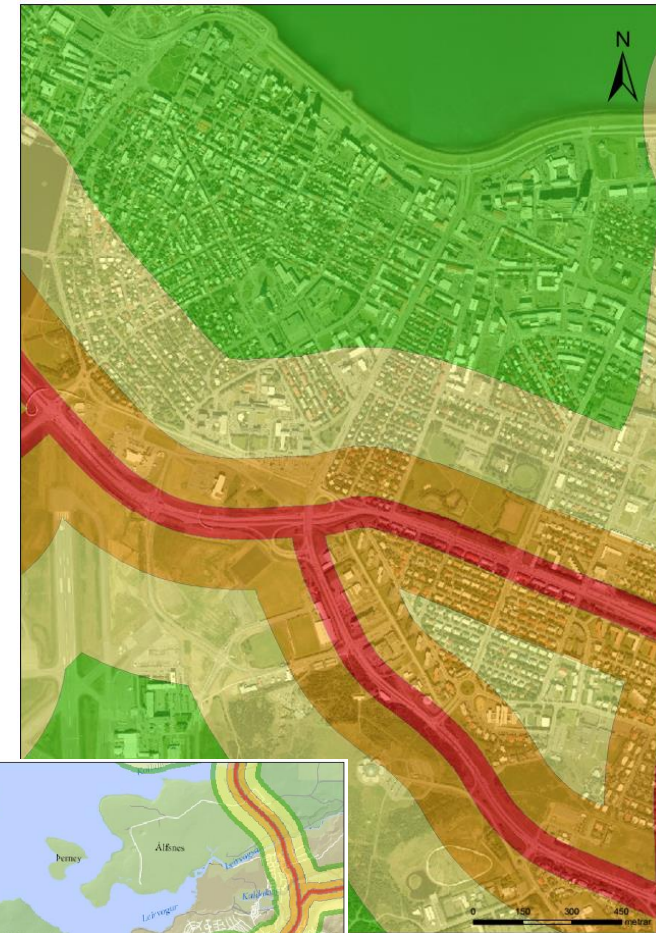
# H<sub>2</sub>S og innlagnir/komur á LSH

Búseta sjúklinga flokkuð eftir  
mengunarstigi H<sub>2</sub>S og  
umferðarmengunar

Stefna frá Hellisheiðarvirkjun

Fjarlægð frá umferðaræðum

Nákvæmari mæling á útsetningu  
mengunar hvers sjúklings



# H<sub>2</sub>S og innlagnir/komur á LSH

Athugað sérstaklega

Hvort „þröskuldur“ fyndist

*Hvenær byrjar að finnast samband milli H<sub>2</sub>S og innlagna/koma á LSH?*

H<sub>2</sub>S hærra en 7 µg/m<sup>3</sup>

*Er samband milli innlagna/koma á LSH og þegar H<sub>2</sub>S fer yfir 7 µg/m<sup>3</sup>?*

Stefnugreining (trend analysis) eftir styrk H<sub>2</sub>S

*Verður meiri aukning í innlögnum/komum á LSH með hækkandi H<sub>2</sub>S?*

Niðurstöður má vænta á komandi mánuðum



Samantekt

# Samantekt

H<sub>2</sub>S styrkur almennt undir heilsuverndarmörkum á Íslandi

Áhrif H<sub>2</sub>S í miklum styrk vel þekkt

Áhrif H<sub>2</sub>S í lágum styrk ekki vel þekkt

Niðurstöður erlendra rannsókna ber ekki öllum saman

Niðurstöður íslenskra rannsókna benda til sambands milli H<sub>2</sub>S og astmalyfjanotkunar og dauðsfalla

*Samband fannst sama dag og allt upp í 5 dögum eftir hækkun í H<sub>2</sub>S*

*Samband einkum yfir sumarmánuðina, hjá eldri einstaklingum og karlmönnum*

*Niðurstöður má vænta um samband milli H<sub>2</sub>S og innlagna/koma á LSH*

# Lokaorð

Orsakasamband þarf að álykta með varúð  
Þörf á fleiri rannsóknum

# Takk fyrir

[ragnildur.finnbjornsdottir@gmail.com](mailto:ragnildur.finnbjornsdottir@gmail.com)



## Heimildir

1. Thorsteinsson T, Hackenbruch J, Sveinbjörnsson E, Jóhannsson T (2013) Statistical assessment and modeling of the effects of weather conditions on H<sub>2</sub>S plume dispersal from Icelandic geothermal power plants. *Geothermics* 45: 31-40.
2. Olafsdóttir S, Gardarsson S (2013) Impacts of meteorological factors on hydrogen sulfide concentration downwind of geothermal power plants. *Atmospheric Environment* 77: 185-192.
3. Olafsdóttir S, Gardarsson S, Andradóttir H (2014) Spatial distribution of hydrogen sulfide from two geothermal power plants in complex terrain. *Atmospheric Environment* 82: 60-70.
4. Chou C (2003) Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects. Concise International Chemical Assessment Document 53. World Health Organization, Geneva.
5. World Health Organization (2000) Air quality guidelines for Europe.
6. Mostaghni AA, Nabipour I, Dianat M, Hamidi B (2000) Pulmonary symptoms and spirometric values in Kangan sour gas refinery workers. *Archives of Environmental Health: An International Journal* 55: 297-299.
7. Partti-Pellinen K, Marttila O, Vilkkola V, Jaakkola JJ, Jäppinen P, et al. (1996) The South Karelia Air Pollution Study: effects of low-level exposure to malodorous sulfur compounds on symptoms. *Archives of Environmental Health: An International Journal* 51: 315-320.
8. Wing S, Horton RA, Marshall SW, Thu K, Tajik M, et al. (2008) Air pollution and odor in communities near industrial swine operations. *Environ Health Perspect* 116: 1362-1368.
9. Schinasi L, Horton RA, Guidry VT, Wing S, Marshall SW, et al. (2011) Air pollution, lung function, and physical symptoms in communities near concentrated swine feeding operations. *Epidemiology* 22: 208-215.
10. Kilburn KH (2012) Human impairment from living near confined animal (hog) feeding operations. *Journal of environmental and public health* 2012.
11. Kilburn KH, Thrasher JD, Gray MR (2010) Low-level hydrogen sulfide and central nervous system dysfunction. *Toxicology and industrial health*.
12. Bates MN, Garrett N, Graham B, Read D (1998) Cancer incidence, morbidity and geothermal air pollution in Rotorua, New Zealand. *International journal of epidemiology* 27: 10-14.
13. Bates MN, Garrett N, Shoemack P (2002) Investigation of health effects of hydrogen sulfide from a geothermal source. *Archives of Environmental Health* 57: 405-411.
14. Richardson DB (1995) Respiratory effects of chronic hydrogen sulfide exposure. *American journal of industrial medicine* 28: 99-108.
15. Reed BR, Crane J, Garrett N, Woods DL, Bates MN (2014) Chronic ambient hydrogen sulfide exposure and cognitive function. *Neurotoxicology and teratology* 42: 68-76.
16. Bates MN, Garrett N, Graham B, Read D (1997) Air pollution and mortality in the Rotorua geothermal area. *Australian and New Zealand journal of public health* 21: 581-586.
17. Campagna D, Kathman SJ, Pierson R, Inserra SG, Phifer BL, et al. (2004) Ambient hydrogen sulfide, total reduced sulfur, and hospital visits for respiratory diseases in northeast Nebraska, 1998-2000. *Journal of Exposure Analysis & Environmental Epidemiology* 14: 180-187.
18. Durand M, Wilson JG (2006) Spatial analysis of respiratory disease on an urbanized geothermal field. *Environmental Research* 101: 238-245.
19. Amaral AFS, Rodrigues AS (2007) Chronic exposure to volcanic environments and chronic bronchitis incidence in the Azores, Portugal. *Environmental research* 103: 419-423.
20. Bates MN, Crane J, Balmes JR, Garrett N (2015) Investigation of hydrogen sulfide exposure and lung function, asthma and chronic obstructive pulmonary disease in a geothermal area of new zealand. *PloS one* 10: e0122062.
21. Bates MN, Garrett N, Crane J, Balmes JR (2013) Associations of ambient hydrogen sulfide exposure with self-reported asthma and asthma symptoms. *Environmental Research* 122: 81-87.
22. Carlsen HK, Zoëga H, Valdimarsdóttir U, Gíslason T, Hrafnkelsson B (2012) Hydrogen sulfide and particle matter levels associated with increased dispensing of anti-asthma drugs in Iceland's capital. *Environmental Research* 113: 33-39.
23. Finnbjornsdóttir R, Zoëga H, Olafsson O, Thorsteinsson T, Rafnsson V (2013) Association of air pollution and use of glyceryl trinitrate against angina pectoris: a population-based case-crossover study. *Environmental Health* 12: 38.
24. Finnbjornsdóttir RG, Oudin A, Elvarsson BT, Gíslason T, Rafnsson V (2015) Hydrogen sulfide and traffic-related air pollutants in association with increased mortality: a case-crossover study in Reykjavik, Iceland. *BMJ Open* 5.