

Áfangaskýrsla til Vegagerðarinnar fyrir árið 2008

SVIFRYKSMENGUN VEGNA UMFERÐAR

Þröstur Þorsteinsson

Jarðvísindastofnun Háskólans, Sturlugata 7, 101 Reykjavík

Anna Rósa Böðvarsdóttir

Umhverfissvið Reykjavíkurborgar, Skúlagata 19, 101 Reykjavík

Þorsteinn Jóhannsson

Umhverfisstofnun, Suðurlandsbraut 24, 108 Reykjavík



Efnisyfirlit

1	Inngangur	2
1.1	Mælistöðvar	4
1.2	Samantekt	4
2	Umferð sem uppspretta svifryks	5
2.1	Mælingar á umferðarpunga	6
2.2	Tölur um uppsprettur svifryks vegna umferðar	7
2.3	Samsetning svifryk	9
2.4	Samantekt	10
3	NO_x sem mælikvarði á umferðarpunga	11
3.1	Inngangur	12
3.2	NO _x og umferðarpungi	12
3.3	Áhrif nagladekkja	14
3.4	Samantekt	15
4	Áhrif veðurfars	17
4.1	Vindur	17
4.2	Rigning	17
5	Líkan	20
5.1	Inngangur	20
5.2	Rauntímalíkan af styrk svifryksmengunar	21
6	Viðaukar	24
6.1	NO _x og umferðarpungi	24

Myndaskrá

1.1	Staðsetning mælistöðvanna GRE, FHG og FAR	2
1.2	Svifryksögn í lungnaberkju	3
1.3	Dægurgildi PM ₁₀ við Grensásveg í Reykjavík, árið 2005	3
2.1	Fjöldi ökutækja 2000 – 2007	6
2.2	Aukning ökutækja milli ára	6
2.3	Umferðarpungi í Ártúnsbrekku janúar 2005	7
2.4	Meðaltal umferðapunga í Ártúnsbrekku	7
2.5	Magn NO _x og PM ₁₀ í útblæstri	8
2.6	Hlutfall NO _x og PM ₁₀ í útblæstri	8
2.7	Samsetning svifryks	9
3.1	NO og NO _x	12
3.2	Bílar og NO _x við GRE 2005	12
3.3	Bílar og NO _x við GRE 2006	13
3.4	Bílar og NO _x við GRE 2004	13
3.5	Punktagraf af PM ₁₀ sem falli af NO _x	15
3.6	Mánaðarmeðaltöl svifryksmengunar við GRE	16
4.1	Svifryksmengun, NO _x og vindhraði	18
4.2	Svifryksmengun og vindhraði	18
4.3	Svifryksmengun, NO _x og vindhraði	18
4.4	Svifryksmengun og rigning	19
4.5	Áhrif rigningar á styrk svifryksmengunar	19
5.1	Uppbygging líkans af styrk svifryksmengunar	22
5.2	Samanburður á líkani og mælingum	23
6.1	NO _x við GRE-stöðina árið 2004	25
6.2	NO _x við GRE-stöðina árið 2005	26
6.3	NO _x við GRE-stöðina árið 2006	27

Töfluskrá

2.1	Uppsprettur svifryks vegna umferðar	9
3.1	Samband fjölda bíla og NO_x	14
6.1	Samband fjölda bíla og NO_x , ítarleg tafla	24

Útdráttur

Svifryksmengun í borgum og bæjum á Íslandi, og víða í heiminum, er vandamál vegna áhfrifa á heilsu manna. Til að reikna styrk svifryksmengunar er nauðsynlegt að skilja og geta reiknað styrk helstu uppspretta svifryks. Umferð á stærstan þátt í daglegri svifryksmengun. Hér hefur verið sýnt fram á að umferðarpunga er hægt að meta útfrá styrk NO_x . Einnig hafa áhrif veðurs, sér í lagi vinds og úrkomu, verið metin. Þetta gerir kleyft að setja fram líkan til að reikna styrk svifryksmengunar, sem er háð breytileika í umferðarpunga og veðurfari. Einnig þarf að taka tillit til þess að svifryk sest á götur og getur þyrlast upp þegar hvesir og eru fyrstu skrefin í líkangerð útskýrð í þessari skýrslu.

Kafli 1

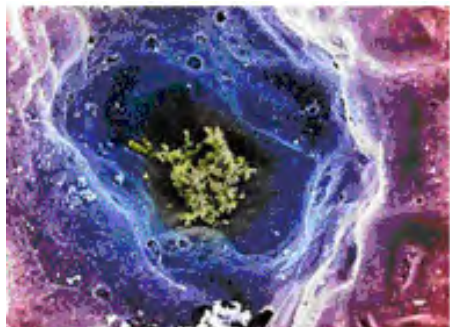
Inngangur



Mynd 1.1: Staðsetning mælistöðvanna við Grensásveg (GRE) og í Fjölskyldu- og húsdýragarðinum (FHG), auk staðsetningar færanlegu stöðvarinnar (FAR) um áramótin 2005/6 og 2007/8.

Svifryk (e. Particulate matter) eru smáar agnir sem mældar eru á svokölluðum PM-skala. Agnir minni en $10\ \mu\text{m}$ ($1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\ \text{m}$) í þvermál eru táknaðar með PM_{10} og agnir smærri en $2.5\ \mu\text{m}$ með $\text{PM}_{2.5}$ (PM_{10} inniheldur því $\text{PM}_{2.5}$). Agnir í flokknum PM_{10} eru taldar skaðlegar heilsu manna, vegna þess að þær geta auðveldlega borist djúpt í öndunarfæri og lungu. Afleiðingar þess eru hósti, mæði, aukning astma, lungna-skaði

og jafnvel ótímabær dauðsföll (Krzyzanowski and others, 2005; Þór Sigurðarson, 2006). Rannsóknir í Stokkhólmi (Johansson, 2005) benda til þess að svifryk stytta meðalævi íbúa þar um 60 daga, á meðan umferðarslys stytta meðalævi um 40 daga og reykingar um 400 daga.

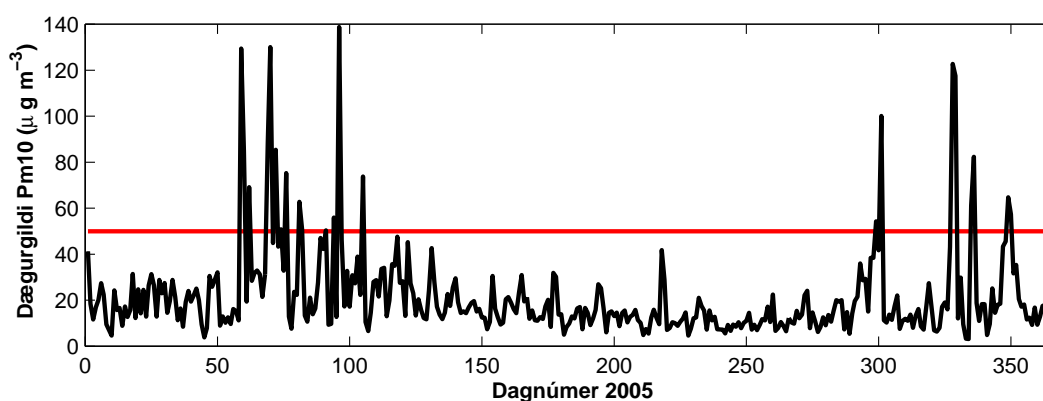


Mynd 1.2: Svifryk smýgur niður í smæstu loftvegi; svifryksögn í lungnaberkju.

Því finna sem svifrykið er því dýpra kemst það niður í lungun og verður þeim mun skaðlegra heilsu manna. Auk þess eru finni agnir frekar samsettar úr skaðlegum efnum en þær grófari (Þór Sigurðarson, 2006). Sem stendur eru eingöngu til reglur sem takmarka PM₁₀, en í BNA hafa nýlega verið settar reglur þar sem sólarhrings viðmiðunarmörk fyrir fínt svifryk (PM_{2.5}) voru lækkuðu úr 65 $\mu\text{g m}^{-3}$ í 35 $\mu\text{g m}^{-3}$, vegna hættulegra áhrifa á heilsufar fólks (Environmental Protection Agency, 2006).

Árið 2005 fór styrkur svifryksmengunar (PM₁₀ mældur í $\mu\text{g m}^{-3}$) við Grensásveg 21 sinni yfir sólarhrings-viðmiðunarmörk (Böðvarsdóttir, 2006) sem eru 50 $\mu\text{g m}^{-3}$ (mynd 1.3) og 29 sinnum árið 2006 (Böðvarsdóttir, 2007). Árið 2010 má svifryksmengunin aðeins fara 7 sinnum yfir viðmiðunarmörkin á ári¹.

¹Reglugerð um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kol-sýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings (nr. 251/2002). www.reglugerd.is/interpro/dkm/WebGuard.nsf/lookByNumer/2512002



Mynd 1.3: Dærgildi PM₁₀ við Grensásveg í Reykjavík, árið 2005.

1.1 Mælistöðvar

Fastar mælistöðvar hafa verið reknar við Grensásveg (GRE) og í Fjölskyldu- og húsdýragarðinum síðan 2002 (mynd 1.1). Einnig er starfrækt færanleg mælistöð (FAR).

Mælistöðin við Grensásveg er nærri stórum umferðargötum, Miklubraut og Grensásvegi (mynd 1.1) og verða því gögn þaðan notuð við reikninga í þessari skýrslu.

Auk þess að mæla styrk svifryksmengunar í GRE-stöðinni, með Thermo EMS Andersen FH 62 I-R mælitækjum (Böðvarsdóttir, 2007), eru ýmsar veðurfarsbreytur og styrkur annara efna mældur.

1.2 Samantekt

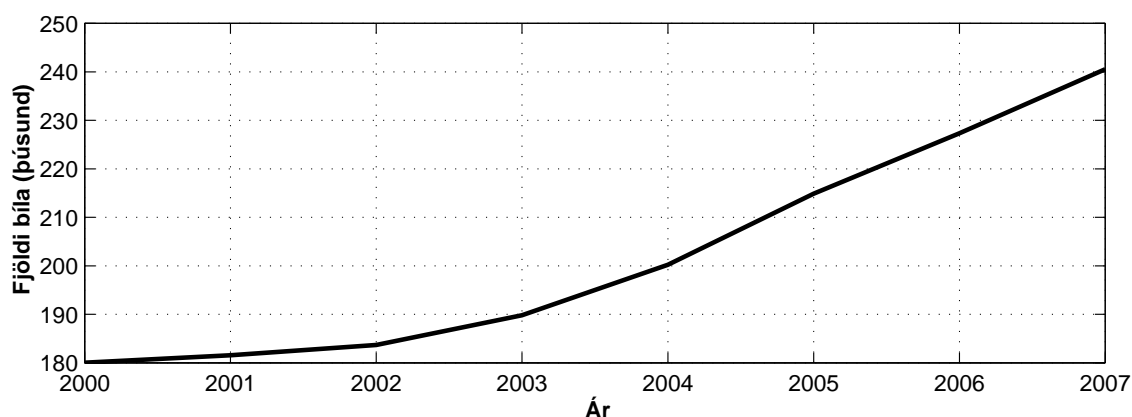
- Svifryk er talið hættulegt heilsu manna.
- Góðar mælingar verið gerðar við Grensásveg (GRE).

Kafli 2

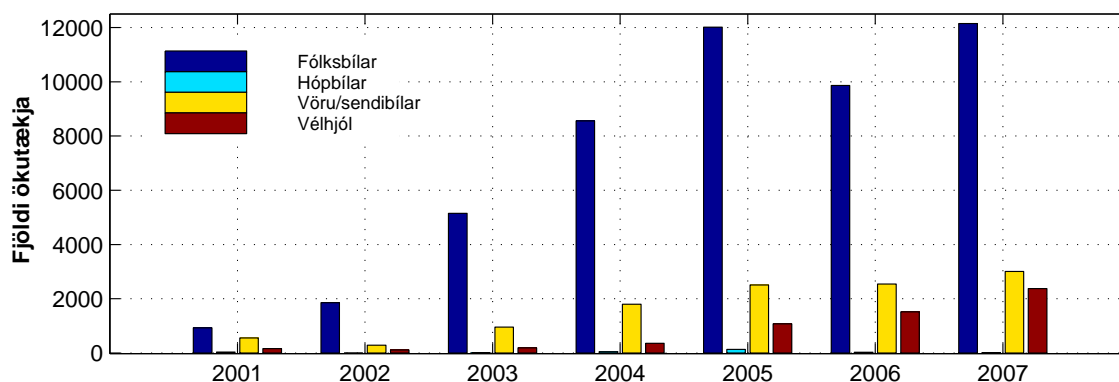
Umferð sem uppspretta svifryks



Umferð er að jafnaði helsta uppspretta svifryks, en stakir toppar geta myndast af öðrum orsökum, til dæmis vegna sandfoks og elda. Til uppspretta af völdum umferðar telst útblástur bifreiða, slit á malbiki og fleira.



Mynd 2.1: Þróun síðustu ára í fjölda ökutækja á Íslandi (Hagstofa Íslands, 2008).



Mynd 2.2: Fjölgun ökutækja milli ára (Hagstofa Íslands, 2008).

2.1 Mælingar á umferðarþunga

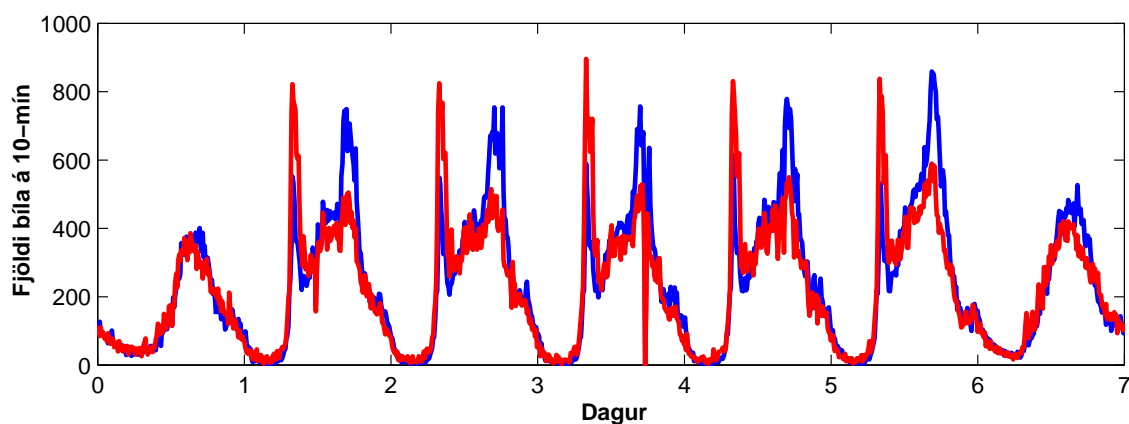
Til að meta vægi umferðar í svifryksmengun er nauðsynlegt að meta dægursveiflur í umferðarþunga og taka tillit til fjölda bíla sem eru á ferð á hverjum tíma.

Samkvæmt tölum Hagstofunnar hefur ökutækjum fjölgað verulega síðustu árin (mynd 2.1). Sú fjölgun hefur ekki síst átt sér stað í fjölda einkabíla (mynd 2.2).

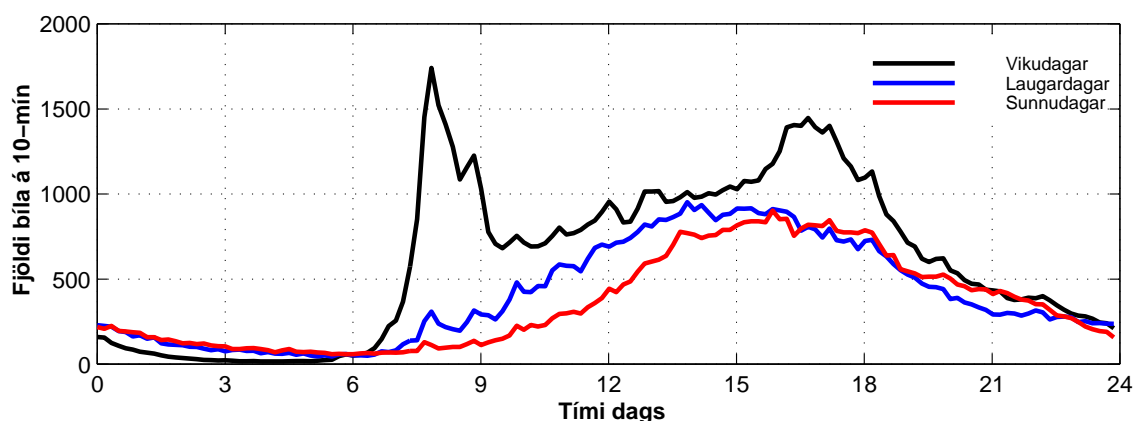
Umferðartalningar hafa verið gerðar í Ártúnsbrekku um nokkurt skeið. Notuð voru talningargögn fyrir mánuðina janúar, apríl, júlí og september árin 2005 og 2006 til að meta breytileika í umferðarþunga. Það er að segja, þessi gögn eru aðallega notuð til að meta hlutfallslega hve margir bílar eru á ferð á hverjum tíma, nákvæmlega hversu margir bílar skiptir minna máli þegar sýnt er fram á samband NO_x og umferðarþunga.

Umferðartalning frá janúar 2005 í Ártúnsbrekku (mynd 2.3) sýnir greinilega hámark í morgunumferð í átt til miðbæjarins á morgnana (rauða línan) og úr borginni í eftirmiðdaginn (bláa línan). Um helgar er mun minni munur, minni umferð og jafnari dreifing á umferðarþunga.

Með því að taka einfalt meðaltal fyrir vikudaga, laugardaga og sunnudaga, útfrá talningum þessa 4 mánuði á árinu 2005 og 2006, fáum við dreifingu á umferðarþunga



Mynd 2.3: Umferðarþungi í Ártúnsbrekku í janúar 2005. Rauða línan sýnir fjölda bíla í vestur-átt, í átt til miðbæjarins, og bláa í austur-átt.

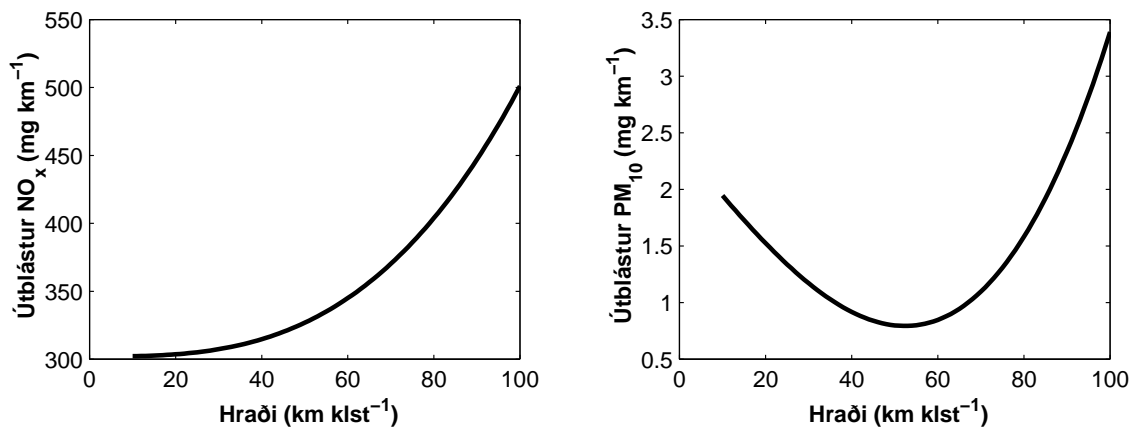


Mynd 2.4: Meðaltal mælinga frá janúar, apríl, júlí og september árin 2005 og 2006 í Ártúnsbrekku.

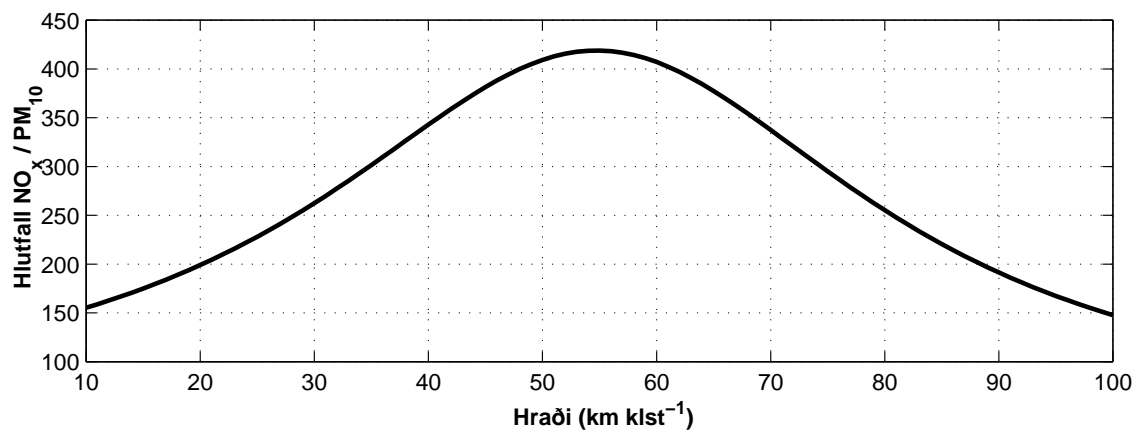
sem sýndur er á mynd 2.4. Hér hefur umferðarþungi í vestur- og austurátt verið lagður saman, til að meta heildarfjölda bíla á götunni á hverjum tíma. Dreifingin passar vel við það sem búast mátti við, toppur á morgnana á virkum dögum og aðeins breiðari toppur í eftirmiðdaginn. Um helgar er töluvert minni umferðarþungi í heildina, sér í lagi á morgnana.

2.2 Tölur um uppsprettur svifryks vegna umferðar

Hjá bresku National Atmospheric Emissions Inventory (NAEI) stofnuninni hafa verið settar fram jöfnur til að reikna magn útlosunar (grömm á ekinn kílómetri) á NO_x og PM_{10} fyrir ýmsar tegundir bíla sem fall af hraða. Fyrir nýlegan evrópskan bíl (Euro II, bensín vél 1.4 – 2.0 lítra), er losunin eins og sýnt er á mynd 2.5. Mynd 2.6 sýnir hlutfall útlosunar á NO_x á móti PM_{10} sem fall af hraða. Styrkur NO_x í útblæstri er 150 til rúmlega 400 sinnum meiri en styrkur PM_{10} .



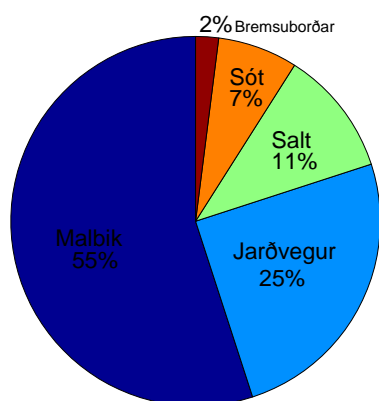
Mynd 2.5: Magn NO_x og PM₁₀ í útblæstri bíla (í flokki Euro II) sem fall af hraða.



Mynd 2.6: Hlutfall NO_x og PM₁₀ í útblæstri bíla sem fall af hraða.

Tafla 2.1: Uppsprettur svifryks vegna umferðar

	Min (mg km^{-1})	Max (mg km^{-1})	Athugasemd
Dekkjaslit	3.5	6.5	
Bremsur	3.5	7.5	
Vegslit	7.5		Almennt
	20.0	1200.0	Naglar
Útblástur	1.0	18.0	Bensín
	32.0	62.0	Díesel



Mynd 2.7: Samsetning PM₁₀ svifryks. Meðaltal yfir vetrardaga í Reykjavík. Malbik er stærsti hlutinn 55%, jarðvegur 25%, salt 11%, sótt 7% og bremsuborðar 2% (Skúladóttir and others, 2003).

Ekki er auðvelt að finna góðar tölur um uppsprettu svifryksmengunar vegna umferðar. Eins og tafla 2.1 sýnir er munurinn á hæðsta og lægsta gildi oft mikill, 60-faldur þegar kemur að uppsprettu svifryks vegna nagladekkja.

Samkvæmt mati Gatnadeildar Framkvæmdasviðs Reykjavíkurborgar er malbiksslit vegna nagla-dekkja metið um 10 þúsund tonn á ári í Reykjavík¹. Samkvæmt sömu heimild slítur fólkubíll á fjórum nagladekkjum um 25 g km⁻¹; þetta fer þó eftir gerð slitlags, fjölda nagla í dekki, umferðarhraða, snjóþyngslum og fleiru². Einungis lítill hluti þess sem slitnar verður að svifryki.

2.3 Samsetning svifryk

Ekki eru til mjög ítarlegar athuganir á uppruna svifryks í Reykjavík. Almennt er vitað að fínt svifryk (PM_{2.5}) verður að mestu til vegna bruna eldsneytis og stærri agnir (PM₁₀) vegna malbiks og mulnings. Samsetning svifryks sem safnað var að vetrarlagi í Reykjavík er að mestu vegna umferðar (Skúladóttir and others, 2003), a.m.k. í mengunartoppum (sjá mynd 2.7). Gögn frá Stokkhólmi sýna einnig svipaða niðurstöðu, þar er vegslit einnig margfalt stærri þáttur en útblástur (54% á móti 5%).

¹Guðbjartur Sigfússon. 2006. Svifryk í Reykjavík: Annar samfélagslegur kostnaður. Málþing um svifryk, Norræna Húsinu, 24. apríl. <http://umhverfisraduneyti.is/afgreidsla/auglysingar/nr/802>

²Vinnuhópur um notkun nagladekkja í Reykjavík. 2006. Lausn vandamála tengd notkun nagladekkja í Reykjavík

2.4 Samantekt

- Mælingar á umferðarþunga sýna að dreifing, eða breytileiki, innan dagsins er og hefur verið svipaður undanfarin ár, enda þótt ökutækjum hafi fjölgað.
- Tölur um uppsprettu svifryks vegna umferðar eru mjög breytilegar. Meira að segja tölur fyrir magn mengunar í útblæstri eru breytilegar, þar getur munað 18-földu.
- Mjög fáar mælingar eru til á samsetningu svifryks á Íslandi, en hún og aðrar sambærilegar (t.d. á Norðurlöndunum), sýna að hlutfall útblásturs er um 1/10 af uppsprettum frá umferð.

Kafli 3

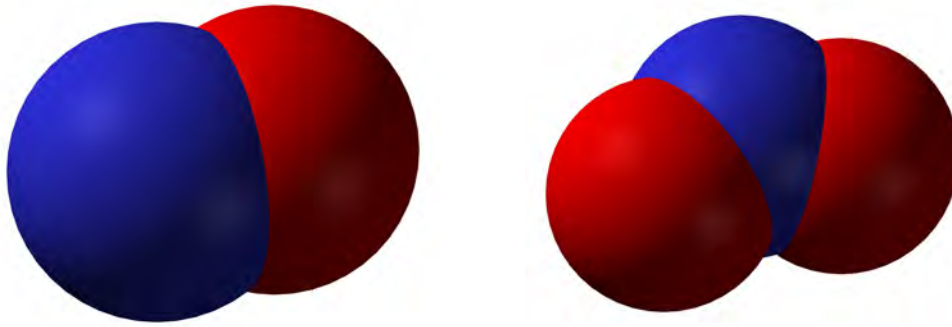
NO_x sem mælikvarði á umferðarþunga



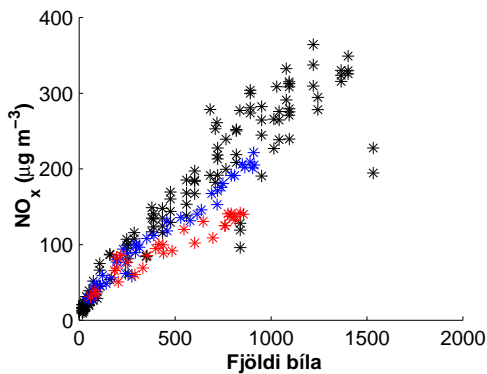
Við bruna í bílvélum myndast köfnunarefnismónoxíð (NO) þegar köfnunarefni og súrefni hvarfast saman við hátt hitastig. Í andrúmsloftinu oxast köfnunarefnismónoxíð smám saman (jafna 3.1) og verður að köfnunarefnisdíoxíði (NO_2), sjá mynd 3.1.



Styrkur köfnunarefnisoxíða (NO_x) nærri umferðargötum er því sterklega háður umferðþunga.



Mynd 3.1: Köfnunarefnismónoxíð (NO) og köfnunarefnisdíoxíð (NO₂).



Mynd 3.2: Meðalgildi NO_x (GRE 2005), leiðrétt fyrir vindhraða, sem fall af fjölda bíla. Svartar stjörnur eru virkir dagar, bláar laugardagar og rauðar sunnudagar. Sterkt línulegt samband er milli fjölda bíla og styrks NO_x; r²-gildi fyrir bestu beinu línu eru 0.89 fyrir virka daga, 0.91 fyrir sunnudaga og 0.98 fyrir laugardaga.

3.1 Inngangur

Hér að neðan sýnum við að mælingar á NO_x gefa góða vísbendingu um umferðarþunga og að útblástur bifreiða getur aðeins útskýrt brot (minna en 1/10) af mældum styrk svifryksmengunar.

Með því að bera saman umferðartalningar og mælingar á styrk NO_x mengunar höfum við sýnt fram á að styrkur NO_x mengunar er góður mælikvarði á umferðarþunga.

3.2 NO_x og umferðarþungi

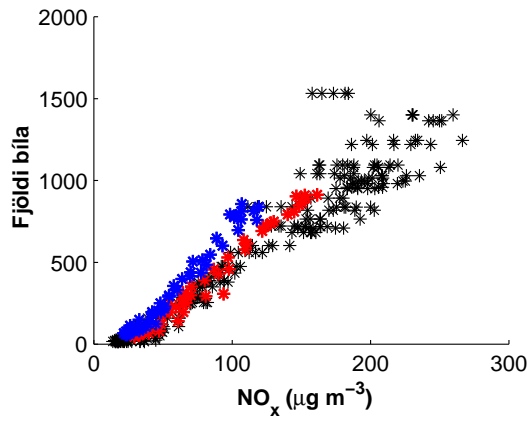
Til að kanna tengsl NO_x og umferðarþunga betur var meðalfjöldi bíla á virkum dögum, laugardögum og sunnudögum, í Ártúnsbrekku fundinn út frá umferðartalningum frá árunum 2005 og 2006 (mynd 2.4).

Einnig var meðalstyrkur NO_x, mældu við Grensásveg árið 2004 – 6, fyrir þessa daga (virka-, laugar- og sunnudaga) reiknaður, sjá myndir 6.1 – 6.3 í viðauka.

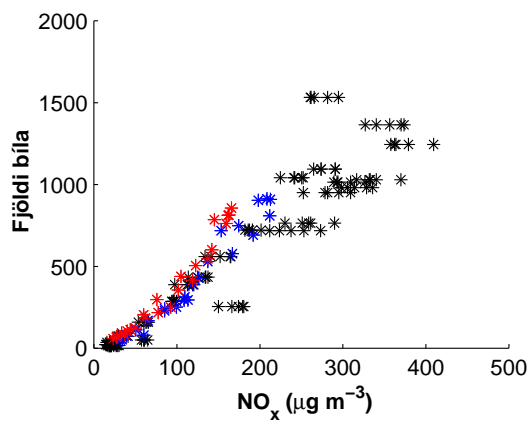
Styrkur NO_x er síðan borinn saman við þéttleika umferðar (myndir 3.2, 3.3 og 3.4), sem sýnir að sterkt línulegt samband er milli umferðarþunga og styrks NO_x mengunar.

Sambandið milli umferðarþunga og NO_x er reiknað út frá einföldu línulegu sambandi,

$$N_c = b \times C_{NO_x}, \quad (3.2)$$



Mynd 3.3: Fjöldi bíla sem fall af styrk NO_x árið 2006 mælt á GRE-stöðinni. Svartar stjörnur eru virkir dagar, bláar laugardagar og rauðar sunnudagar. Hér hefur verið leiðrétt fyrir vindhraða.



Mynd 3.4: Fjöldi bíla sem fall af styrk NO_x árið 2004 mælt á GRE-stöðinni. Svartar stjörnur eru virkir dagar, bláar laugardagar og rauðar sunnudagar. Hér hefur verið leiðrétt fyrir vindhraða.

Tafla 3.1: Samband fjölda bíla og NO_x (jafna 3.2)

	2004		2005		2006	
	b	r^2	b	r^2	b	r^2
Virkir dagar	3.7	0.9	3.9	0.9	5.4	0.9
Laugardagar	3.9	0.8	4.1	0.9	5.4	0.8
Sunnudagar	4.5	0.9	5.4	0.6	6.7	0.8

þar sem N_c er fjöldi bíla, b er fasti og C_{NO_x} er styrkur NO_x . Í töflu 3.1 eru niðurstöður útreikninga á hallatölu og gæðum hennar, r^2 , sýnd. Í viðauka (tafla 6.1) eru gildi fyrir hvern dag sýnd.

Þar sem umferðarþunginn N_c er ákvarðaður af meðaltali mælinga árin 2005 og 2006 (mynd 2.4), en fjöldi ökutækja hefur breyst mikið (mynd 2.1), getur *fastinn* b breyst milli ára.

Gildið á b eykst nokkuð milli ára, nánast línulega, rétt eins og fjöldi ökutækja á sama tímabili. Gildið á b vex, þar sem sami fjöldi bíla þarf að útskýra aukinn styrk NO_x mengunar. Mikilvægast í þessum reikningum er þó að staðfest er að sambandið milli fjölda bíla og styrks NO_x mengunar er línulegt, en það sýna há gildi r^2 í töflu 3.1.

Á mynd 3.5 er styrkur PM_{10} , mældur á hálf tíma fresti, sýndur sem fall af styrk NO_x mældum á sama tíma við GRE árið 2005. Ef styrkur svifryks væri eingöngu vegna útblásturs bíla myndu gildin raða sér á línu með hallatölu á bilinu $1/400 - 1/150$ (sjá mynd 2.6); þannig að við styrk $C_{\text{NO}_x} = 800 \mu\text{g m}^{-3}$ væri styrkur svifryksmengunar $\sim 2 - 5 \mu\text{g m}^{-3}$. Hinsvegar er hallatalan, sem passar fyrir lágmarks styrk PM_{10} fyrir gefinn NO_x styrk, $1/20 - 1/10$; sem er um $8 - 40$ sinnum meira en það sem útblástur einn og sér útskýrir. Hægt er að finna algera lágmarks hallatölu $1/20$ og þá er magnið 8 sinnum meira (ef meðal umferðarhraðinn er undir 20 km/klst eða yfir 90 km/klst), en ef hallatalan er $1/10$ og hlutfall NO_x yfir $\text{PM}_{10} \sim 400$ (meðalhraði kringum $50 - 60 \text{ km/klst}$) þá er magnið 40 sinnum meira.

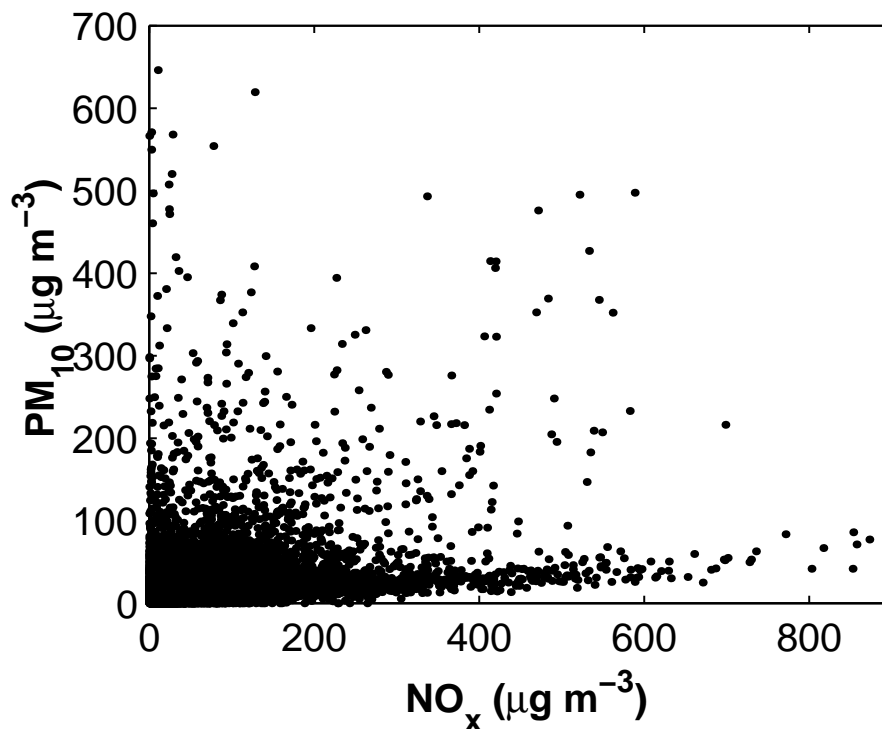
Hverjar sem þessar tölur eru nákvæmlega er alveg ljóst að verulegur hluti svifryks verður til við önnur ferli en útblástur bifreiða, eins og mælingar hérlandis (Skúladóttir and others, 2003) og erlendis gefa til kynna. Hér er hlutfallið milli malbiks og bremsuborða á móti sóti ~ 8 (mynd 2.7).

3.3 Áhrif nagladekkja

Ein áhugaverðasta spurning varðandi svifryk síðustu ár hefur verið hver áhrif nagladekkja eru á magn svifryks. En, eins og tafla 2.1 sýndi, eru upplýsingar um það mjög á reiki.

Okkar nálgun er tvennskonar, annars vegar berum við saman magn svifryks eftir mánuðum og hinsvegar skoðum við hvað þarf í líkanreikninga til að líkja sem best eftir mældum styrk.

Styrkur svifryksmengunar árin 2004 – 2006 á GRE og meðaltal áranna er sýnt á mynd 3.6.



Mynd 3.5: Hálfímagildi PM_{10} sem fall af NO_x , mælt við GRE árið 2005.

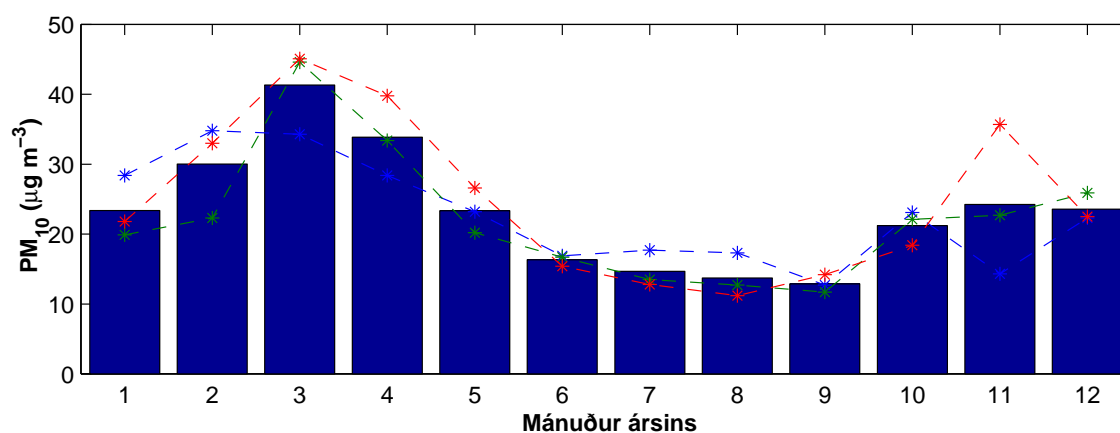
Þegar við berum saman magn svifryks í mánuði eru að minnsta kosti tvær leiðir mögulegar. Ein er að taka meðaltal sumarmánaða (án nagladekkja) og vetrarmánaða, og hin er að bera saman mánuðina með hæðsta og lægsta gildi.

Hlutfallið milli mesta mánaðarstyrks á svifryki og lægsta fyrir þessi 3 ár er hæðst 4.0 og lægst 2.7. Hámarkið er í febrúar 2004 og í mars 2005 og 2006, en lágmarkið í september 2004 og 2005, en ágúst 2006. Fyrir meðaltal árána 2004 – 6 er hlutfallið 3.2. Hlutfallið milli vetrarmánað (jan-apr og nóv-des) og sumarmánaða (maí-okt) er 1.5 – 2.0, fyrir þessi 3 ár.

Mögulega er hægt að túlka þetta sem muninn á svifryki vegna allra þátta í umferð auk nagladekkja á móti öllum þáttum án nagladekkja. Taka þarf tillit til þess að með því að bera saman staka mánuði geta verið stakir atburðir, sandstormar eða mengun frá fjarlægum stöðum, haft áhrif á hlutfallið. Eins eru nagladekk komin undir bíla á mismunandi tímum á veturna og því meðaltal yfir vetur og sumar erfið.

3.4 Samantekt

- Sýnt hefur verið fram á að línulegt samband er milli styrks NO_x mengunar (C_{NO_x}) og umferðarþunga (N_c). Nákvæmur fjöldi bíla að baki NO_x mengunar er ekki alveg ljós, þar sem umferðartalningar voru framkvæmdar í Ártúnsbrekku, en mælingar á NO_x eru gerðar við Grensásveg. Línulegt samband helst hinsvegar, þar sem gildið á b í jöfnu 3.2 skalast aðeins til. Þetta er vegna þess að breytileiki



Mynd 3.6: Svifryksmengun, mánaðarmeðaltöl, við Grensásveg árin 2004 – 6 (brotalínur) og meðaltal (súlu).

Í umferðarþunga breytist ekki mikið, hámark að morgni og eftirmiðdag á virkum dögum til dæmis, þrátt fyrir að fjöldi bíla breytist eitthvað.

- Samkvæmt uppgefnum gildum á magni NO_x og PM_{10} í útblæstri bifreiða, er ljóst að meginhluti svifryksmengunar er vegna annara þátta en útblásturs.
- Með samanburði á magni svifryks yfir sumarmánuði og vetrarmánuði (nagladekkjatímabil), og milli mánaða með mesta styrk og minnsta styrk svifryksmengunar, fæst að hlutur nagladekkja (og/eða vetrarveðurs) er á bilinu 1.5 – 4 sinnum meira en á sumrin.

Kafli 4

Áhrif veðurfars

4.1 Vindur

Áhrif vinds eru nokkuð vel þekkt. Þeim er lýst með svokölluðu Pasquill-Gifford líkani,

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right], \quad (4.1)$$

þar sem

$$\theta = 0.017453293(12.5 - 1.0857 \ln x),$$

$$\sigma_y = 465x \tan(\theta),$$

$$\sigma_z = ax^b,$$

þar sem stuðlarnir a og b eru háðir veðurskilyrðum.

Aðalatriðið í útreikningum eru áhrif vindsins, þar sem mælingarnar eru gerðar nálægt upptökum. En styrkurinn breytist í öfugu hlutfalli við vindhraðann, $C \propto 1/u$. Hér ber þó að athuga að fyrir svifrykið getur aukinn vindhraði einnig ýft upp uppsafnað ryk. Þetta sést vel á mynd 4.1 þar sem styrkur NO_x fylgir greinilega $1/u$ -falli, meðan svifrykið er mun óreglulegra.

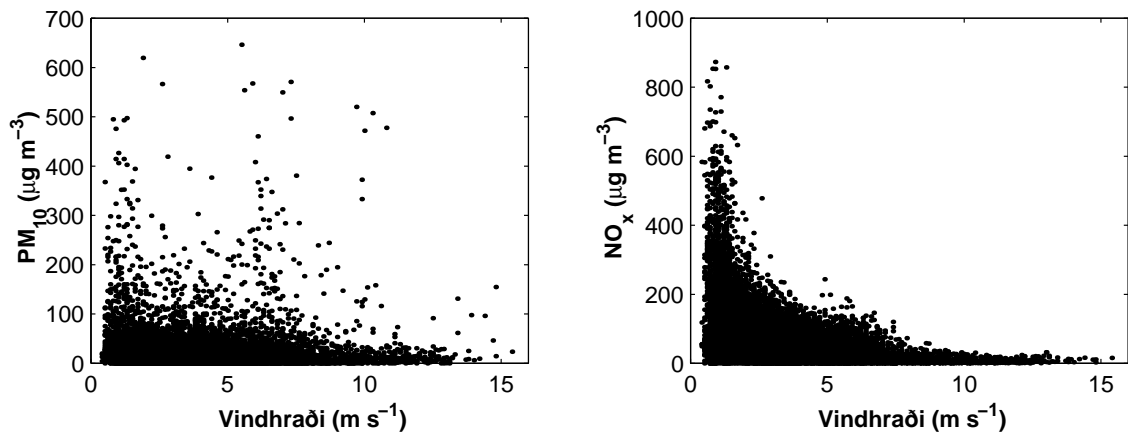
Með því að skoða tíðni þess að ákveðinn styrkur svifryks mælist við gefinn vindhraða, sjá mynd 4.2, má sjá að ekki er um alveg einfalt samband vindhraða og styrks svifryksmengunar að ræða.

4.2 Rigning

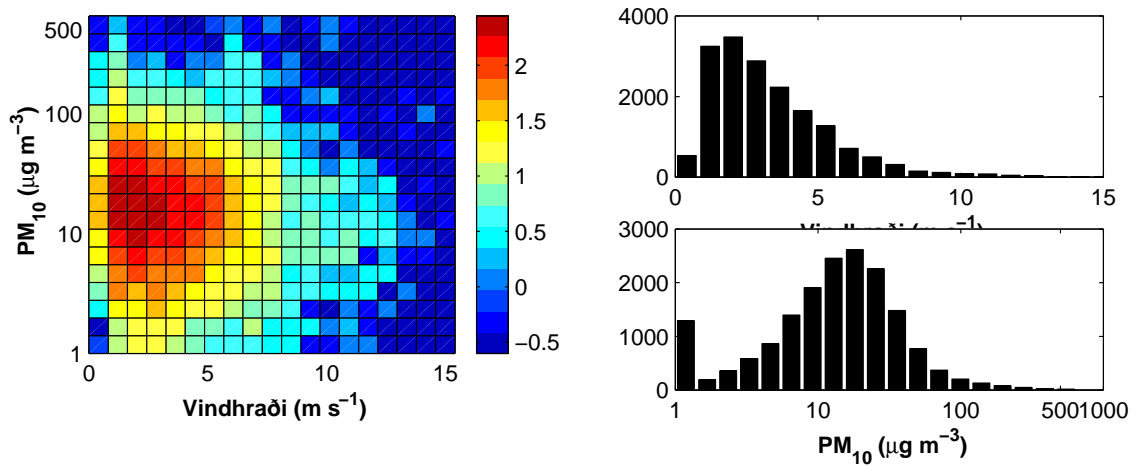
Áhrif rigningar á gastegundir eru almennt séð frekar lítil. Áhrifin eru töluverð á svifryk, en engu að síður getur mælst hár styrkur svifryks í upphafi rigninga; sem oft eru samfara sterkum vindi.

Með því að skoða tíðni þess að ákveðinn styrkur svifryks mælist við gefið gildi úrkomu, sjá mynd 4.4, má sjá að ekki er um alveg einfalt samband rigningar og styrks svifryksmengunar að ræða.

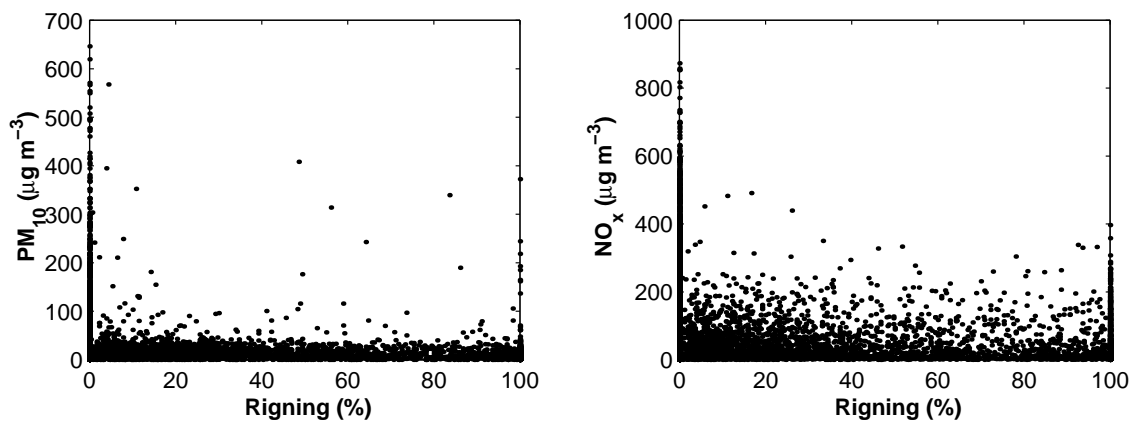
En á svifryk eru þau mikil, eins og mynd 4.5 sýnir glögg.



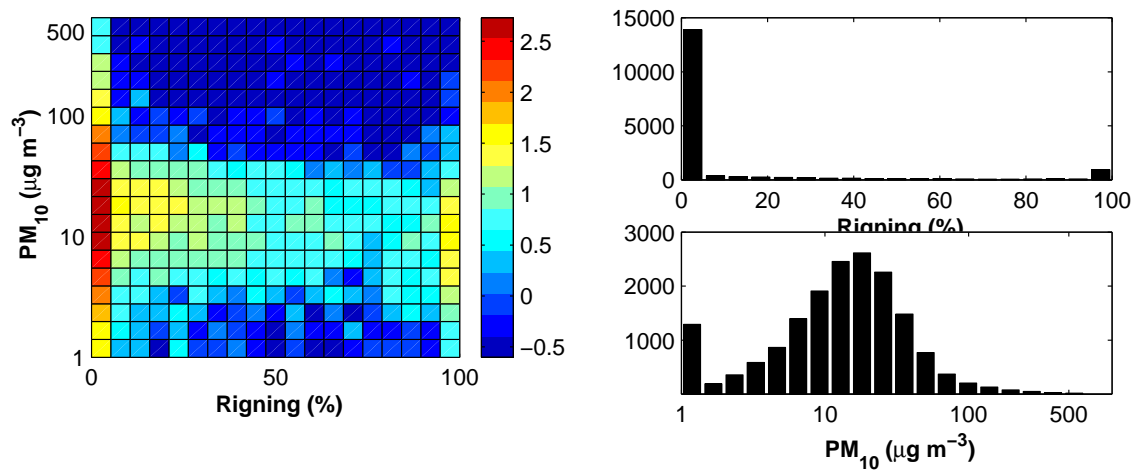
Mynd 4.1: Punktagröf af PM_{10} og NO_x sem falli af vindhraða.



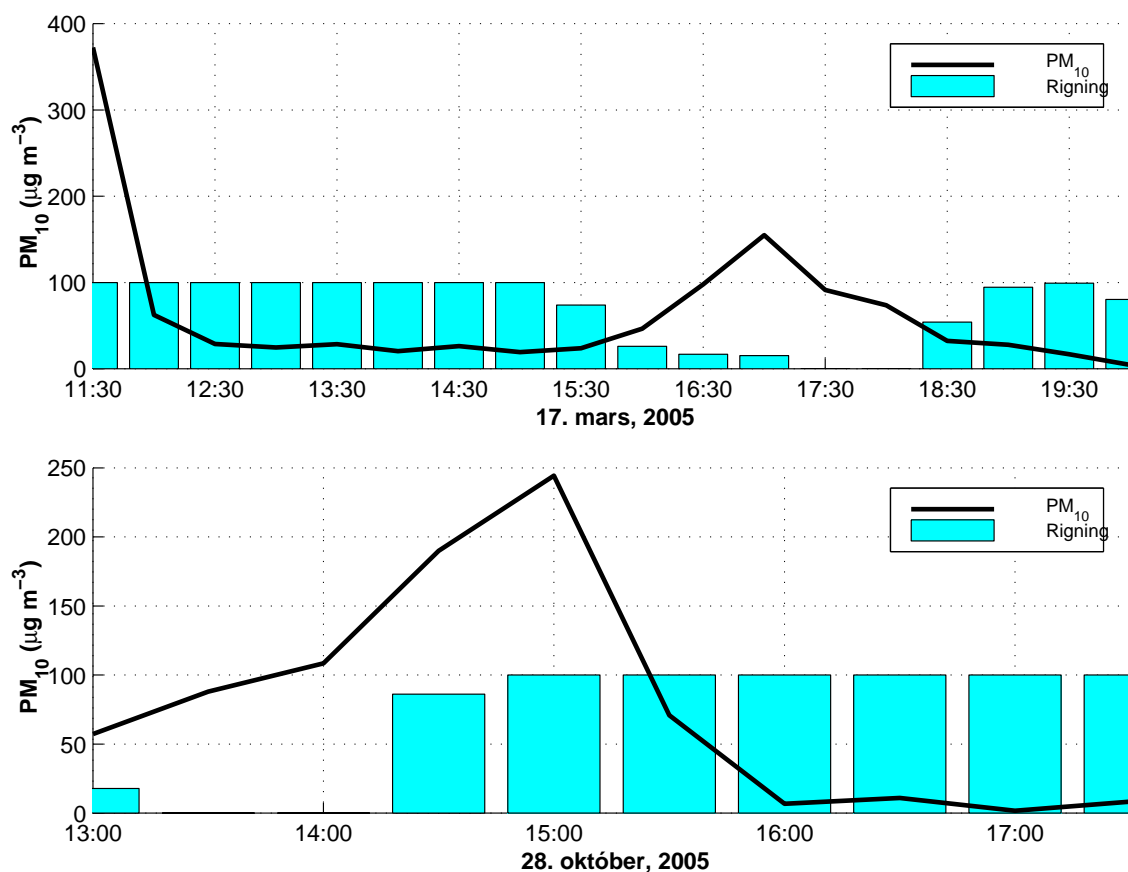
Mynd 4.2: Tíðni á mældum styrk svifryksmengunar og vindhraða. Litaskalinn er \log_{10} af fjölda klukkustunda sem gefið ástand varir.



Mynd 4.3: Punktagröf af PM_{10} og NO_x sem falli af rigningu.



Mynd 4.4: Tíðni á mældum styrk svifryksmengunar og úrkomu. Litaskalinn er \log_{10} af fjölda klukkustunda sem gefið ástand varir.



Mynd 4.5: Áhrif rigningar á styrk svifryksmengunar. Dæmi frá 17. mars og 28. október, 2005, við GRE-stöðina.

Kafli 5

Líkan



Til að kanna nánar þátt umferðar í styrk svifryksmengunar er hafin vinna við líkangerð.

Margir samverkandi þættir hafa áhrif á styrk svifryksmengunar. Áherslan hér er á þátt umferðar, enda sýna dægursveiflur í styrk svifryksmengunar greinilega áhrif umferðar. Þar sem útblástur getur aðeins útskýrt lítið brot af styrk svifryksmengunar, hlýtur rof á vegum, uppþryllun af götu og aðrar uppsprettur að vera mikilvægar.

5.1 Inngangur

Almennt er hægt að lýsa mengun frá línu-uppsprettu (e. line source) með jöfnunni,

$$C = \frac{E \times N_c \times F}{u \times (\sigma_z + h)}, \quad (5.1)$$

þar sem

E er útblástur í mg km^{-1} ,

N_c er fjöldi bíla á sekúndu,

F er fall háð vindstefnu miðað við línu, er um 1 þegar vindur hornrétt á línu og um 0 þegar samsíða,

u er vindhraði í m s^{-1} ,

σ_z er tvístrunarstuðull, háður fjarlægð frá línu,

h er hæð uppsprettu, 2 – 3 m fyrir umferð.

Þetta líkan er almennt ekki talið heppilegt nema til að reikna lengri tíma meðaltöl. Hinsvegar eru megináhrifin þau, eins og áður hefur verið nefnt, að styrkurinn er í öfugu hlutfalli við vindhraðann.

Hér að neðan lýsum við líkaninum sem þróað hefur verið (og verið er að þróa áfram).

5.2 Rauntímalíkan af styrk svifryksmengunar

Líkanið er þannig uppbyggt að það á að vera hægt að reikna breytileika í styrk svifryksmengunar með þeirri tímaupplausn sem tiltæk er, það er 30-mín.

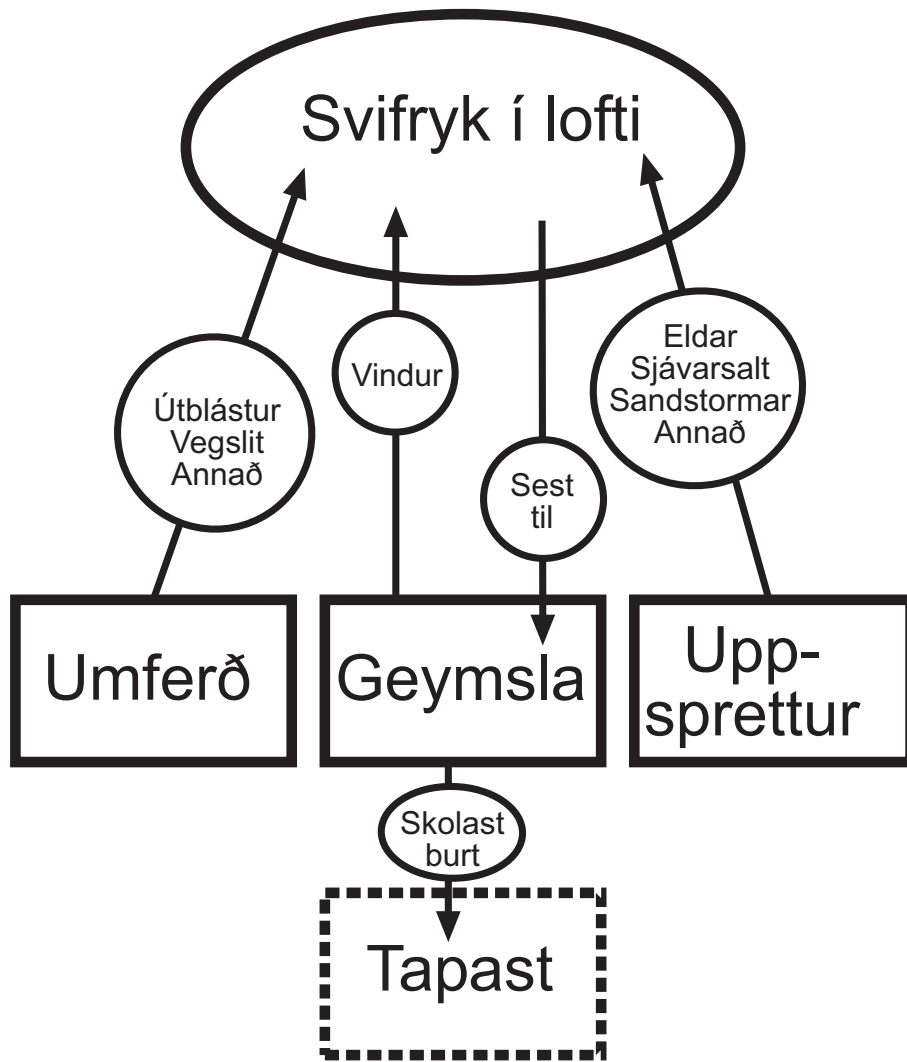
Uppbygging líkansins sem notað er til að reikna styrk svifryksmengunar í lofti er sýnd á mynd 5.1.

Svifryk sest til vegna þess að það fellur til jarðar (e. dry deposition) eða vegna rigningar (e. wet deposition). Rigning hefur veruleg áhrif og minnkar styrkurinn um 64% (e^{-1}) á aðeins 24 mínútum.

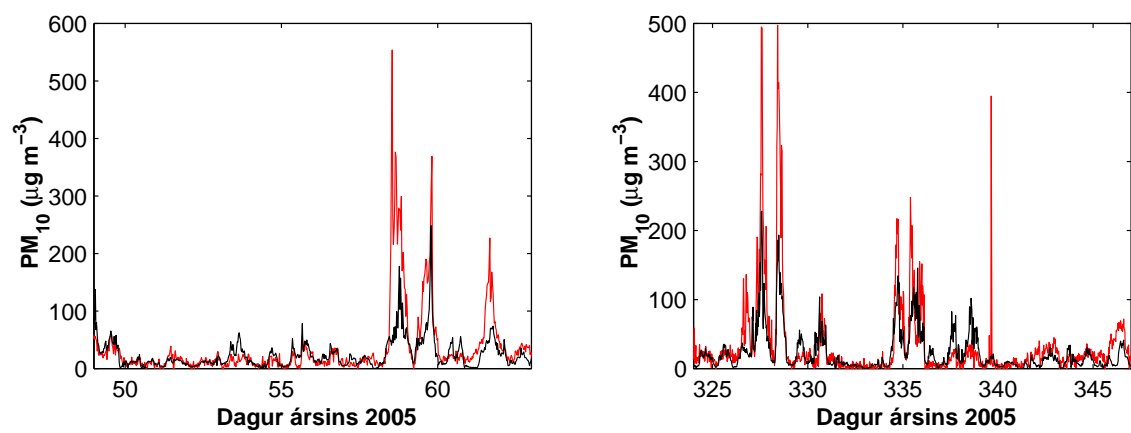
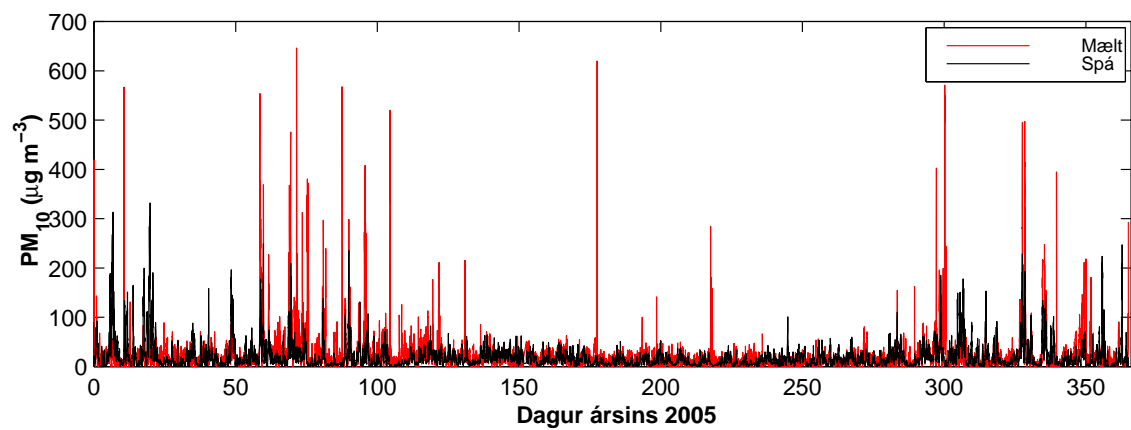
Áhrif vinds í að þyrlla upp ryki, rigingar og raka í að binda svifryk, uppspæningar á malbiki og aðra þætti þarf að skoða nánar. Í fyrstu tilraunum með líkanið hefur verið gert ráð fyrir því að vindur þyrli upp ryki, þeim mun meir sem vindurinn er sterkari. Einnig er magn svifryks sem myndast vegna umferðar tvöfalt meira á nagladekkjatímabili en sumrin. Enn vantar algerlega aðrar uppsprettur; en þó er sá þáttur sem kallast geymsla hafður með. Mynd 5.2 sýnir keyrslu fyrir árið 2005 við Grensásveg.

Mikil vinna er framundan í að skilja þau ferli sem stjórna styrk svifryksmengunar, sér í lagi þætti veðurs. Greinilegt er þó að umferð á þar verulegan hlut að máli. Á mynd 5.2 eru sýnd tvö tímabil, annað í kringum 25. febrúar og hitt kringum 2. desember, þar sem líkanið skýrir breytileikann í styrk svifryksmengunar vel.

Það er ljóst, eins og fyrri rannsóknir hafa sýnt (Skúladóttir and others, 2003), að útblástur útskýrir aðeins lítinn hluta af styrk svifryksmengunar. Frekari rannsóknir er þörf til að meta nánar þátt nagladekkja og veðurs í styrk svifryksmengunar.



Mynd 5.1: Flæðirit fyrir líkanreikninga á styrk svifryks-mengunar í andrúmslofti. Styrkur svifryksmengunar eykst vegna umferðar, uppsprettna og efnis úr geymslu, en minnkar vegna þess að ryk sest til. Úr geymslu tapast síðan efni, til dæmis þegar rigningar skola ryki burt. Hver þáttur er síðan mögulega samansettur úr mörgum smærri, þannig er til dæmis umferð notuð yfir útblástur, vegslit og annað sem tengist umferð.



Mynd 5.2: Mæld og reiknuð gildi fyrir styrk svifryksmengunar við Grensásveg árið 2005.

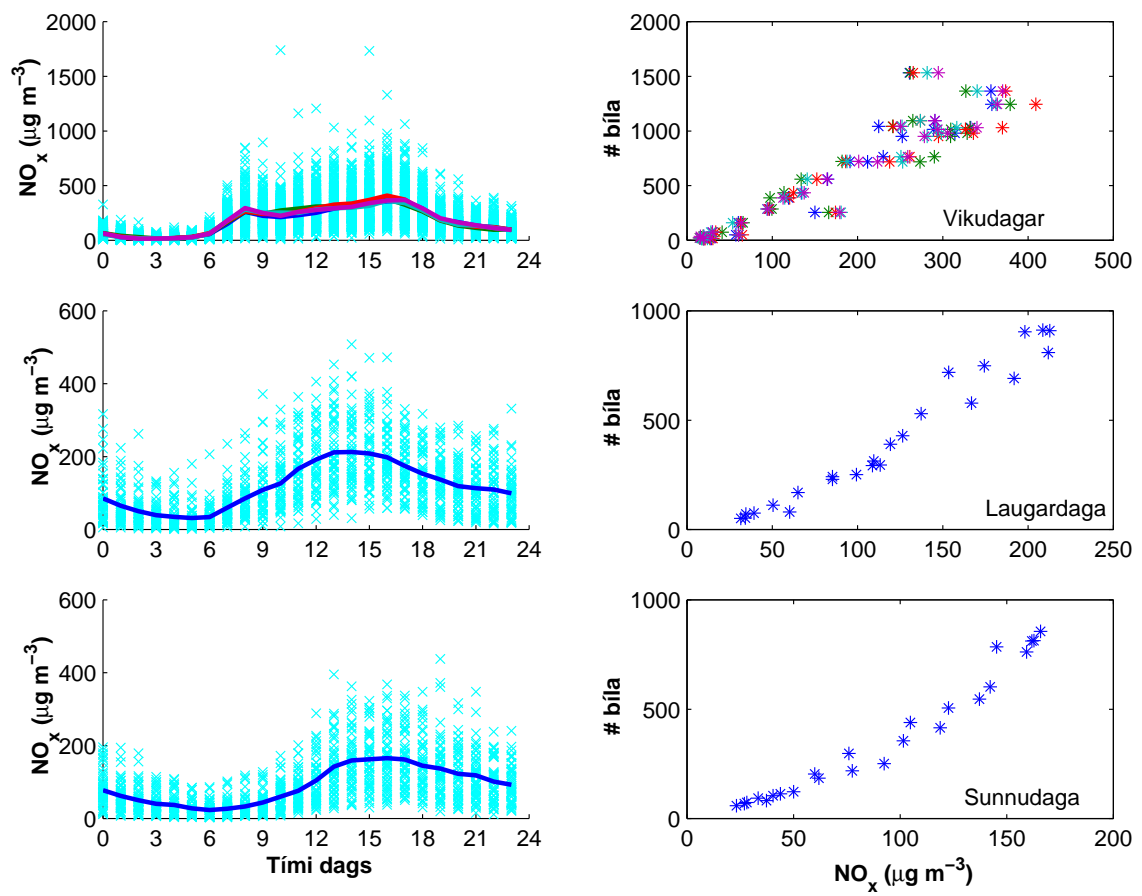
Kafli 6

Viðaukar

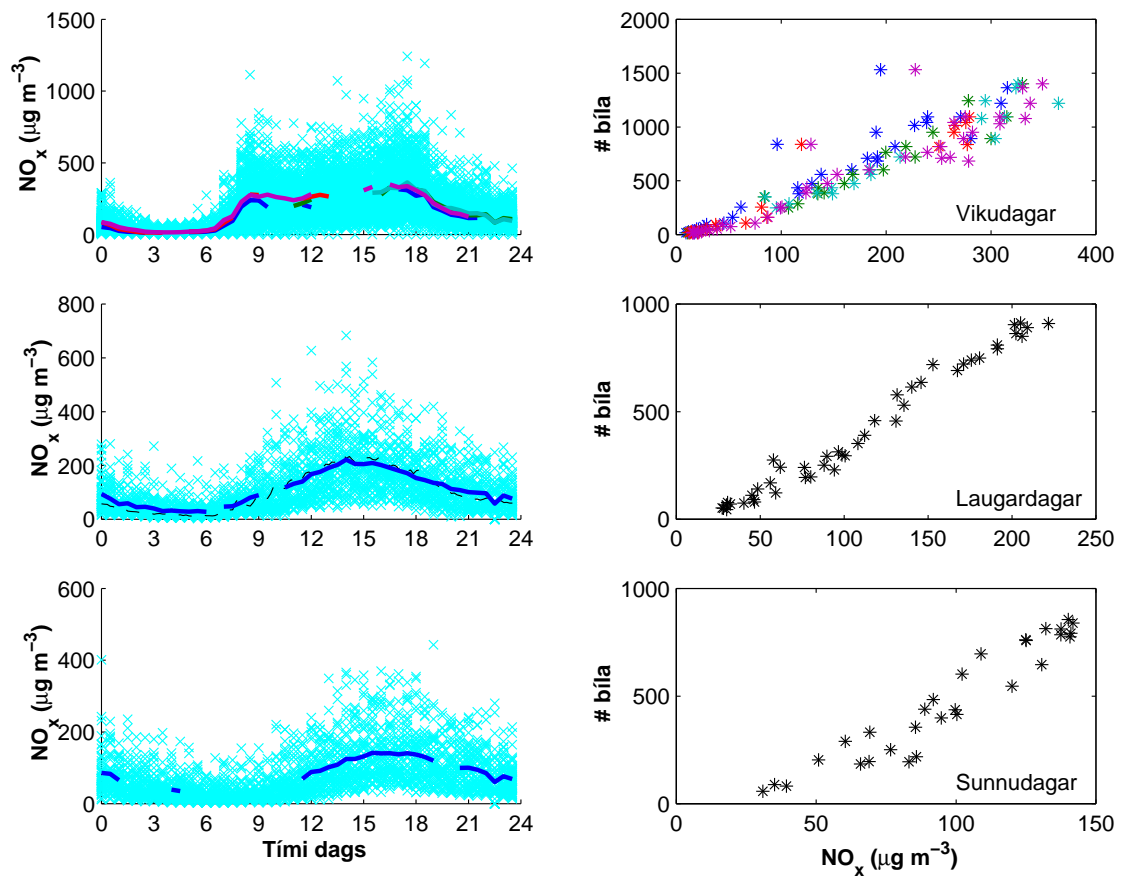
6.1 NO_x og umferðarþungi

Tafla 6.1: Samband fjölda bíla og NO_x , $C_{\text{NO}_x} = aN_c$

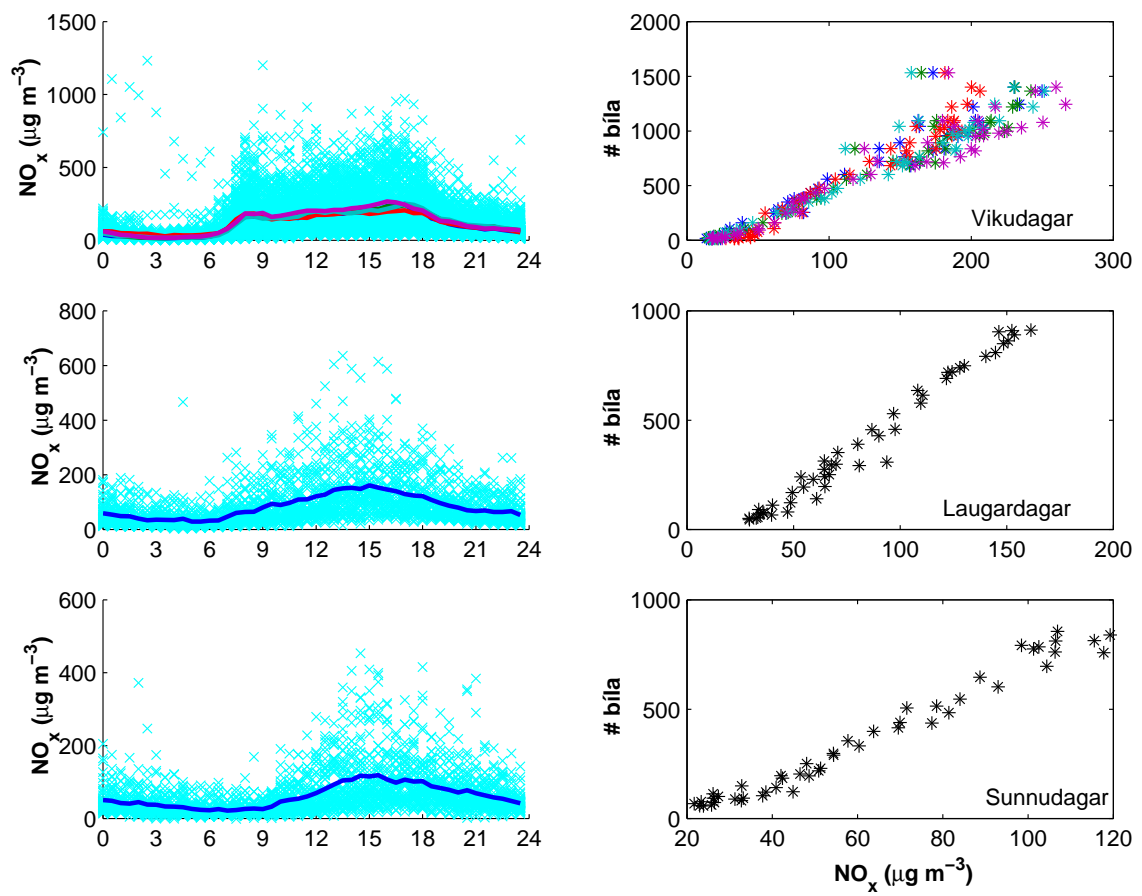
	2004		2005		2006		2004	2005	2006
	a	r^2	a	r^2	a	r^2	1/a	1/a	1/a
Sun	0.2216	0.8455	0.185	0.611	0.149	0.797	4.5	5.4	6.7
Mon	0.2637	0.8581	0.223	0.839	0.180	0.900	3.8	4.5	5.6
Tue	0.2721	0.8013	0.274	0.876	0.189	0.872	3.7	3.7	5.3
Wed	0.2822	0.8251	0.266	0.912	0.172	0.797	3.5	3.8	5.8
Thu	0.2678	0.8582	0.274	0.846	0.185	0.858	3.7	3.7	5.4
Fri	0.2761	0.876	0.267	0.839	0.198	0.870	3.6	3.7	5.0
Sat	0.2559	0.8319	0.245	0.914	0.184	0.814	3.9	4.1	5.4



Mynd 6.1: Mælingar á NO_x við GRE-stöðina árið 2004.



Mynd 6.2: Mælingar á NO_x við GRE-stöðina árið 2005.



Mynd 6.3: Mælingar á NO_x við GRE-stöðina árið 2006.

Heimildir

- Böðvarsdóttir, A. R. 2006. Mælingar á loftmengandi efnum í Reykjavík 2005. *UHR-2006*.
- Böðvarsdóttir, A. R. 2007. Mælingar á loftmengandi efnum í Reykjavík 2006. *UHR-2007*.
- Environmental Protection Agency. 2006. Air quality. <http://epa.gov/pm/naaqsrev2006.html>.
- Johansson, C. 2005. Health effects of particles. *Nordic workshop on PM10*.
- Krzyzanowski, M., B. Kuna-Dibbert and J. Schneider, editors. 2005. *Health Effects of Transport-related Air Pollution*. WHO Press.
- Þór Sigurðarson, S. 2006. Áhrif svifryks á heilsufar og dánartíðni. *Málþing um svifryk, Norræna Húsinu, 24. apríl (umhverfisraduneyti.is/afgreidsla/auglysingar/nr/802)*.
- Skúladóttir, B., A. Thorlacius, S. Larssen, G. G. Bjarnason and H. Þórðarson. 2003. Method for determining the composition of airborne particle pollution: Composition of particle air pollution in reykjavik. *ITÍ0313/HTD13*.