



Bussförarens exponering för avgaser

Luftintag, bränsle, trängselskatt och körning i inner- och ytterstad

Karolinska Institutets folkhälsoakademi

2009:12

På uppdrag av
Stockholms läns landsting



**Karolinska
Institutet**

Karolinska Institutets folkhälsoakademi (KFA) etablerades den 1 januari 2009 i samband med att Stockholms läns landstings Centrum för folkhälsa gick över till Karolinska Institutet (KI).

KFA bedriver folkhälsovetenskaplig forskning och utbildning samt strategiskt och praktiskt folkhälsoarbete på regional och nationell nivå. En grundtanke är att praktik och teori ska stimulera varandra och ge synergieffekter, till nytta för vården och befolkningen. KFA ska vara en plattform för utveckling av metoder och redskap samt för en bred implementering av åtgärder för att förbättra befolkningens hälsa.

Målet är att vara ett regionalt, nationellt och internationellt kunskapsnav som förstärker de folkhälsovetenskapliga inslagen i medicinsk utbildning och forskning samt i det strategiska och praktiska folkhälsoarbetet. Visionen är att ha en sådan ämnesmässig bredd och kvalitet att KFA räknas till en av de främsta School of Public Health i världen.

KFA:s långsiktiga arbete leds av styrelse och en föreståndare som samordnar, stimulerar och utvecklar folkhälsovetenskapen vid KI, i samverkan med KI:s övriga beslutande organ. Stockholms läns landsting beställer stora delar av sitt folkhälsoarbete från Karolinska Institutets folkhälsoakademi.

Författare: Annika Carlsson, yrkeshygieniker, Institutet för miljömedicin (IMM)
Nils Plato, docent och yrkeshygieniker, IMM
Per Gustavsson, professor, överläkare, enhetschef, IMM
Magnus Alderling, statistiker, Institutionen för folkhälsovetenskap

Foto
omslag: Solveig Edlund

ISBN: 978-91-86313-12-8

Karolinska Institutets folkhälsoakademi
171 77 Solna

E-post: info@kfa.ki.se
Telefon: 08-524 800 00
www.ki.se/kfa

Rapporten kan beställas eller laddas ner från
Folkhälsoguiden, www.folkhalsoguiden.se

Förord

Trafiken är en av de största hälsoriskfaktorerna som påverkar många av oss i Stockholms län. Yrkesgrupper som vistas i trafiken är förstas särskilt utsatta. För bussförare är avgaser och luftföroreningar såväl ett folkhälso- som ett arbetsmiljöproblem.

Denna rapports jämförelse av bussförarnas utsatthet för luftföroreningar med och utan trängselskatt visar att det inte går att dra några enkla slutsatser av att minskad trafik alltid och omedelbart förbättrar situationen för dem som vistas i trafiken dagligen. Samtidigt som det naturligtvis på sikt torde vara en fördel med mindre trafik för att minska luftföroreningarna, finns andra faktorer som påverkar – sådant som däck, vägbeläggning, klimat.

En viktig slutsats är hur bussarna, chaufförernas arbetsmiljö, utformas. Betydelsen av luftintagets placering är en lärdom som bussföretag, trafikhuvudmän och bussfabrikanter kan dra av denna rapport. Med relativt enkla medel kan således chaufförernas situation snabbt förbättras. Vad som är en modern miljöbuss kan därmed behöva en bredare definition som inbegriper bussförarnas arbetsmiljö.

Stockholm, september 2009

Birgitta Rydberg
Landstingsråd (FP) för sjukvård och folkhälsa

Tack

Vi tackar alla bussförare vid Busslinks (tidigare Connex) bussgarage i Solna (Råstagaraget) och vid Busslinks bussgarage på Södermalm (Söderhallarna) som medverkat i denna studie. Vi vill också tacka chefer, andra arbetsledare med flera vid de båda garagen som medverkat till att denna studie har kunnat genomföras.

Sammanfattning

Trängselskatt infördes på försök i Stockholms innerstad första halvåret 2006 i syfte att minska trafiken samt att förbättra miljön och hälsan hos befolkningen. Under försöket minskade trafiken över tullarna med 20–25 procent under vardagsdygnet.

Syftet med denna studie var att följa upp en undersökning från 2006⁽¹⁾ om hur exponeringen för motoravgaser bland bussförare påverkades under försöket med trängselavgifter. Undersökningen 2006 reste en rad frågetecken då exponeringen visade sig vara högre under trängselskatteförsöket än före, trots minskad trafik. Exponeringen var också högre i Solna och Sundbyberg jämfört med innerstaden. I denna rapport presenterar vi hur exponeringen förändrades när försöket var avslutat och trängselskatten borttagen, med fokus på olika faktorer som kan ha påverkat exponeringen.

Kvävedioxid (NO₂) är en väletablerad indikator för exponering för motoravgaser (särskilt exponering för dieselavgaser) och används i denna studie som ett mått på avgasexponering. Exponeringen för kvävedioxid mättes med en personburen provtagare på bussförare som körde i innerstaden våren 2007 då ingen trängselskatt togs ut. Motsvarande provtagningar genomfördes i området utanför tullarna (Solna och Sundbyberg). I den tidigare undersökningen mättes exponeringen på samma sätt – i december 2005 före trängselskattens införande och under pågående trängselskatteförsök i mars och april 2006. Totalt togs 614 heldagsprover med passiva diffusionsprovtagare specifika för NO₂. Provtagarna levererades från och analyserades av IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

Undersökningen visar att bussförarnas exponering för NO₂ var något lägre utan trängselskatt våren 2007 än motsvarande period med trängselskatt året innan, i såväl innerstaden som Solna och Sundbyberg. Medelxponeringen för NO₂ under ett arbetspass en vardag i innerstaden under trängselskatteförsöket var 78 µg (mikrogram)/m³ jämfört med normalveckorna året efter då värdet låg på 73 µg/m³, trots att det var mindre trafik under försöket. För förarna i Solna och Sundbyberg var exponeringen för NO₂ på vardagarna under försöket 105 µg/m³ och 95 µg/m³ under en normalvecka året efter. Under en extremvecka med inversion våren 2007, då koncentrationen av avgaser och andra luftföroreningar var mycket hög i marknivå på grund av stabil skiktning, var exponeringen däremot betydligt högre.

Vid samtliga undersökningstillfällen, utom extremveckan med inversion, var exponeringen för förarna i Solna och Sundbyberg signifikant högre än för förarna i innerstaden. Spridningen var stor i de uppmätta halterna, särskilt i Solna och Sundbyberg.

En närmare analys av materialet visar att en stor del av förarna med högst exponering av NO₂ i Solna och Sundbyberg hade kört nya bussar med luftintag nedtill fram. Medelxponeringen för dessa förare var 86 procent högre än för förare av alla övriga bussar där luftintag fanns på taket. Skillnaden är statistiskt signifikant och oberoende av bakgrundsvärden och tidpunkt. När de nya bussarna med luftintag nedtill fram undantogs var exponeringen för förarna i

Solna och Sundbyberg något lägre än för förarna i innerstaden. De som körde bussar i Solna och Sundbyberg med luftintag på taket exponerades lika mycket oavsett om bussarna drevs med etanol eller med diesel.

Halten NO₂ som samtliga förare exponerades för ligger klart under nuvarande nationella gränsvärden för arbetsmiljön. Exponeringen var dock 1,7 gånger högre än bakgrunds-nivån på de mest trafikerade gatorna i Stockholms innerstad, Hornsgatan och Sveavägen, mätt under samma tid. För förare som körde bussar med luftintag nedtill fram var halten NO₂ nästan tre gånger högre.

Luftintagets placering på bussar verkar ha stor betydelse för exponering för NO₂. För att förhindra att bussförare exponeras för onödigt mycket trafikavgaser rekommenderar vi därför att luftintagen sätts på taken.

INNEHÅLL

1. Bakgrund och syfte	9
2. Metoder och mätstrategier.....	9
2.1 Material.....	9
2.2 Metod.....	10
2.3 Statistiska metoder	11
3. Resultat.....	11
3.1 Uppmätta kvävedioxidnivåer för bussförarna	11
3.2 Fördelning av mätvärden.....	13
3.3 Busstyper.....	14
3.4 Kvävedioxidnivåer rapporterade av SLB-analys.....	17
3.5 Trafikflöden.....	18
4. Diskussion.....	18
4.1 Slutsatser.....	20
5. Referenser	21
Bilagor	22

1. Bakgrund och syfte

Hösten 2006 publicerade Arbets- och miljömedicin (då tillhörande Centrum för folkhälsa, Stockholms läns landsting)* en rapport om bussförarens exponering för avgaser före och under trängselskatteförsöket⁽¹⁾. Undersökningen reste en rad frågetecken eftersom exponeringen var oväntat högre under försöket trots mindre trafik. Exponeringen var dessutom högre för bussförarna i Solna och Sundbyberg än för bussförarna i innerstaden. Även detta var något oväntat, men vi bedömde att det kunde hänga samman med att bussarna i Solna och Sundbyberg var dieseldrivna medan bussarna i innerstaden drevs med etanol eller biogas.

I den tidigare undersökningen jämfördes exponeringen under trängselskatteförsöket våren 2006 med en period i december 2005 utan trängselskatt. Halten kvävedioxid (NO₂) i gatunivå på de mest trafikerade gatorna visade sig vara högre under våren än vad den varit under december månad de senaste åren. I denna studie valde vi därför att göra mätningar under våren 2007 – vid samma tidpunkt som under trängselskatteförsöket året innan. Ett antal förare som körde etanolbussar i Solna och Sundbyberg ingick även i studien för vi skulle kunna se om exponeringen var högre i diesalbussar.

Mätningarna gjordes i samarbete med arbetsledare och arbetstagare vid Busslinks (tidigare Connex) bussgarage i Solna (Råstagaraget) och Busslinks garage på Södermalm (Söderhallsgaraget). Arbetet har förankrats hos skyddskommittéerna vid de båda arbetsplatserna.

2. Metoder och mätstrategier

2.1 Material

Förare som kör i Stockholms innerstad representerades av bussförare från Söderhallsgaraget. Dessa var anställda av Busslink och körde etanol- och biogasdrivna bussar. Under arbetspassen växlade förarna mellan olika busslinjer, oftast mellan tre till fyra olika innerstadslinjer. Dessutom bytte de bussar och därmed också busstyper. Varje dag togs prover på tio förare och totalt togs prover under 97 arbetspass före trängselförsöket, 104 under försöket och 75 året efter trängselförsöket. Samma förare deltog vid alla provtagningstillfällena. Vid sista tillfället deltog dock bara sju av förarna.

Den andra gruppen bestod av förare som var stationerade vid Råstagaraget i Solna och körde bussar i Solna och Sundbyberg. De var då anställda av Connex, numera av Busslink. Vid de två första provtagningarna 2005 och 2006 var alla bussarna dieseldrivna. Vid mätningen 2007 ingick även nyinsköpta etanoldrivna bussar. I huvudsak togs prover på busslinjerna 506, 509 och 540 som till stor del trafikerar de stora trafiklederna i Solna och i viss mån Sundbyberg. Passen omfattade dock körning även på andra busslinjer. Varje dag togs prover på cirka tio förare och totalt genomfördes 101 provtagningar före

* Verksamheten övergick den 1 januari 2009 till Institutet för miljömedicin vid Karolinska Institutet.

försöket, 117 under försöket och 135 efter försöket. Ett antal förare deltog vid flera provtagningstillfällen.

På grund av felaktiga mätningar 2007 uteslöts tre mätningar i innerstaden och fyra i Solna och Sundbyberg.

I en loggbok fick föraren anteckna raster, körsträckor och speciella händelser under arbetspasset som till exempel kraftig köbildning eller driftstörningar på bussen. Upplägget på mätningarna skedde i samråd med representanter för bussförare och arbetsledning vid de båda garagen.

2.2 Metod

Under en tvåveckorsperiod före trängselskatteförsöket (december 2005) mättes den personburna avgasexponeringen avseende NO₂. Mätningarna upprepades sedan under pågående trängselförsök (mars och april 2006).

Året efter trängselförsöket, våren 2007, var vår avsikt att genomföra mätningar vecka 13 och vecka 16. Under de två veckorna runt påsk skulle inga mätningar göras. I Solna och Sundbyberg genomfördes mätningarna som avsett, men bland förarna i innerstaden uppstod ett missförstånd, vilket innebar att mätningar även genomfördes under påskveckorna.

Vid provtagningarna valde vi att mäta NO₂ eftersom det är en lämplig parameter för att mäta avgasexponering. Även partikelhalter hade kunnat mätas, men då hade en mer komplicerad mätutrustning krävts. Det hygieniska gränsvärdet för NO₂ som mått på avgaser är 2 000 µg/m³ i arbetslivet.⁽²⁾

Bussförarnas andningszon mättes åtta timmar per dag med en bärbar diffusionsprovtagare. Proverna analyserades därefter i ett laboratorium i Göteborg av IVL Svenska Miljöinstitutet AB, som även utvecklat provtagaren. Provsamlaren, som är cylindrisk med en diameter på 2,5 centimeter och en tjocklek på 1 centimeter, fästes nedanför vänster krage på förarna under provtagningen. Detektionsgränsen är ungefär 4,5 µg (mikrogram) NO₂/m³ vid åtta timmars provtagning.

Förarna uppmanades att ha mätarna på under raster och att dokumentera om de stängdes av. De uppmanades också att inte uppehålla sig i utrymmen med tobaksrök, då detta stör mätresultaten. Totalt nio prover från 2005 och 2006 uteslöts på grund av sådana händelser, inga uteslöts 2007.

Uppgifter om halten NO₂ i gaturummen på Hornsgatan, Sveavägen och ovan tak på Rosenlundsgatan samlas rutinemässigt in från stationära mätstationer av Stockholms luft- och bulleranalys (SLB-analys) vid Miljöförvaltningen i Stockholm. SLB-analys mätdata för de tidsperioder då vi utförde mätningarna på bussförarna sammanställdes och kompletterades med data över medelhalten NO₂ i olika tidsperioder vid dessa mätstationer under de senaste fem åren. I Solna skattas takvärdena med hjälp av spridningsmodeller. Det mått man kommit fram till är cirka 90 procent av takvärdena i innerstaden.

2.3 Statistiska metoder

Dataprogrammet SPSS 13.0 för Windows användes för all statistisk bearbetning. Mann-Whitneys t-test användes för att jämföra exponeringsnivån i innerstaden med Solna och Sundbyberg före, under och efter försöket, samt exponeringsnivån mellan tillfällena för innerstaden respektive Solna och Sundbyberg. Korrelation mellan de uppmätta exponeringsnivåerna hos förarna och den allmänna nivån i stadsmiljön (i taknivå) undersöktes med Pearsons korrelationskoefficient.

Mann-Whitneys t-test är tillämpligt under förutsättning att de två grupper man jämför är oberoende av varandra. Då mätningar genomfördes på samma personer flera gånger under varje provtagningsperiod har detta kriterium inte uppfyllts till fullo, eftersom exponeringsnivån är beroende av individfaktorer som körstil med mera. Emellertid fanns det en mycket stor variabilitet i mätresultaten, och det gällde även för mätningar som genomförts på samma individ. Då individfaktorn verkar ha haft ett litet inflytande på exponeringen har vi i den statistiska analysen betraktat mätresultaten som oberoende av varandra.

3. Resultat

3.1 Uppmätta kvävedioxidnivåer för bussförarna

Totalt 614 personburna heldagsmätningar av NO₂ genomfördes, varav 551 på vardagar och 63 under helger.

Vid mätningen våren 2007 året efter försöket var exponeringen den första mätveckan, vecka 13, mycket hög på grund av inversion, det vill säga koncentration av höga halter av luftföroreningar vid marknivå. Bakgrundsvärdena låg ungefär dubbelt så högt som normalt och särredovisas därför i tabeller och diagram. Under vecka 14–16 var bakgrundsvärdena normala, mittemellan mätningarna 2005 och 2006. De var endast något lägre de två första veckorna då påskhelgen inföll.

Medelxponeringen för förarna i innerstaden var 78 µg/m³ på vardagar under försöket, och 73 µg/m³ de normala veckorna (utan inversion) efter försöket. Det var ingen signifikant skillnad mellan påskveckorna och veckan efter. För förarna i Solna och Sundbyberg var exponeringen 105 µg/m³ under försöket och 95 µg/m³ den normala veckan efter försöket. Under vecka 13 var exponeringen betydligt högre i såväl innerstaden som Solna och Sundbyberg.

Halten NO₂ var således högre under försöket våren 2006 än normalveckorna våren 2007 efter försöket, i såväl innerstaden som Solna och Sundbyberg (inte statistiskt signifikant). Förarna i Solna och Sundbyberg hade vid alla tillfällen utom inversionsveckan en statistiskt signifikant högre exponering än innerstadsförarna (tabell 1 och diagram 1).

	Stockholms innerstad				Solna och Sundbyberg			
	Antal (n)	Medelvärde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sd $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Trafikerade gator $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Antal (n)	Medelvärde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sd $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Trafikerade gator $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Före försöket, dec 2005	90	67	23	52	80	84	33	44
Under försöket, våren 2006	95	78	19	68	96	105	41	53
Efter försöket, våren 2007:								
vecka 13 med inversion	33	111	26	114	61	121	51	105
vecka 14–16	32	73	20	53	64	95	51	48

n = antalet provtagningsdagar
Medelvärde = aritmetiska medelvärdet
Sd = standardavvikelsen
Trafikerade gator är medelvärdet av halten NO_2 på Sveavägen och Hornsgatan under provtagnings tiden.

Tabell 1. Exponering för NO_2 på vardagar hos bussförare i Stockholms innerstad respektive Solna och Sundbyberg – före, under och efter trängselskattförsöket. Medelvärde och standardavvikelse (Sd) anges i μg (mikrogram) / m^3 .

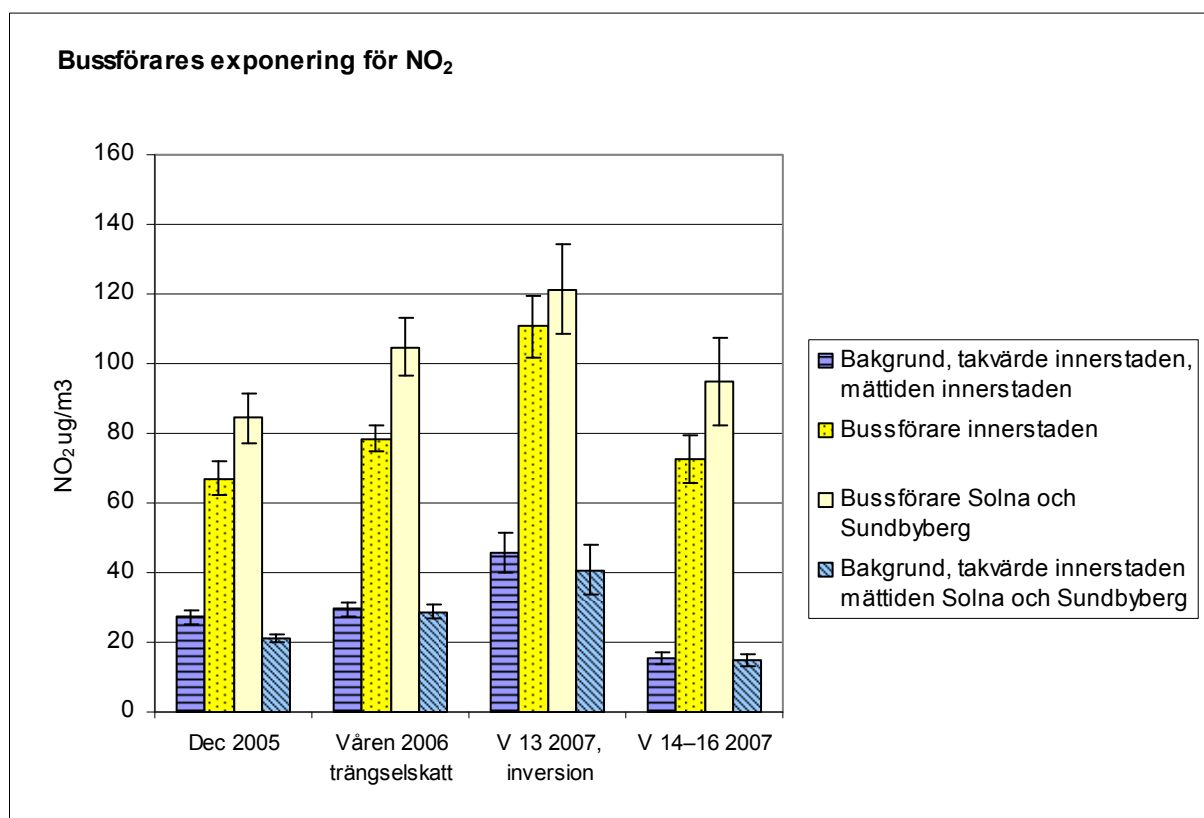


Diagram 1. Exponering för NO_2 på vardagar hos bussförare i Stockholms innerstad respektive Solna och Sundbyberg – före, under och efter trängselskattförsöket. Medelvärde (tjocka staplar) och konfidensintervall (tunna linjer) anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Staplarna bredvid visar bakgrundsvärden i taknivå i innerstaden under den aktuella mättiden. Signifikantest visade ingen skillnad mellan exponeringen under trängselskattförsöket och normalveckorna året efter försöket, varken i innerstaden eller i Solna och Sundbyberg.

Under helgerna var exponeringen lägre än på vardagarna i såväl innerstaden som Solna och Sundbyberg. För förarna i innerstaden var exponeringen lägre under normalveckorna våren 2007 ($36 \mu\text{g}/\text{m}^3$) än under försöket våren 2006 ($48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (inte statistiskt signifikant). Våren efter försöket gjordes endast mätningar på helgerna den extrema veckan (vecka 13) i Solna och Sundbyberg. Värdena var då höga, $86,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tabell 2 i bilagan). Det finns ingen tydlig skillnad mellan olika pass, morgon, kväll och delade pass (tabell 2 i bilagan).

3.2 Fördelning av mätvärden

Fördelningen av medelvärdena på vardagarna våren 2007 för Stockholms innerstad respektive Solna och Sundbyberg redovisas i diagram 2 och 3. Diagrammen visar att det var betydligt fler mättdagar med hög halt av NO_2 i Solna och Sundbyberg än i innerstaden.

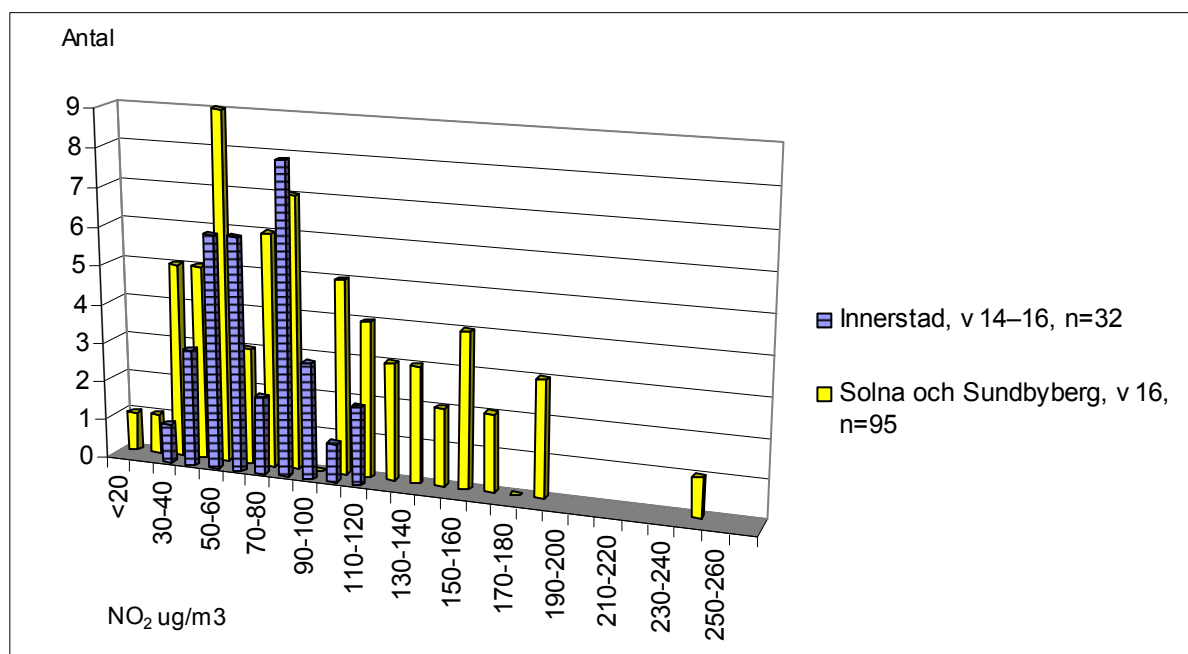


Diagram 2. Fördelning av bussförarnas exponering för NO_2 på vardagar under normalveckorna 14–16 2007 i Stockholms innerstad respektive Solna och Sundbyberg.

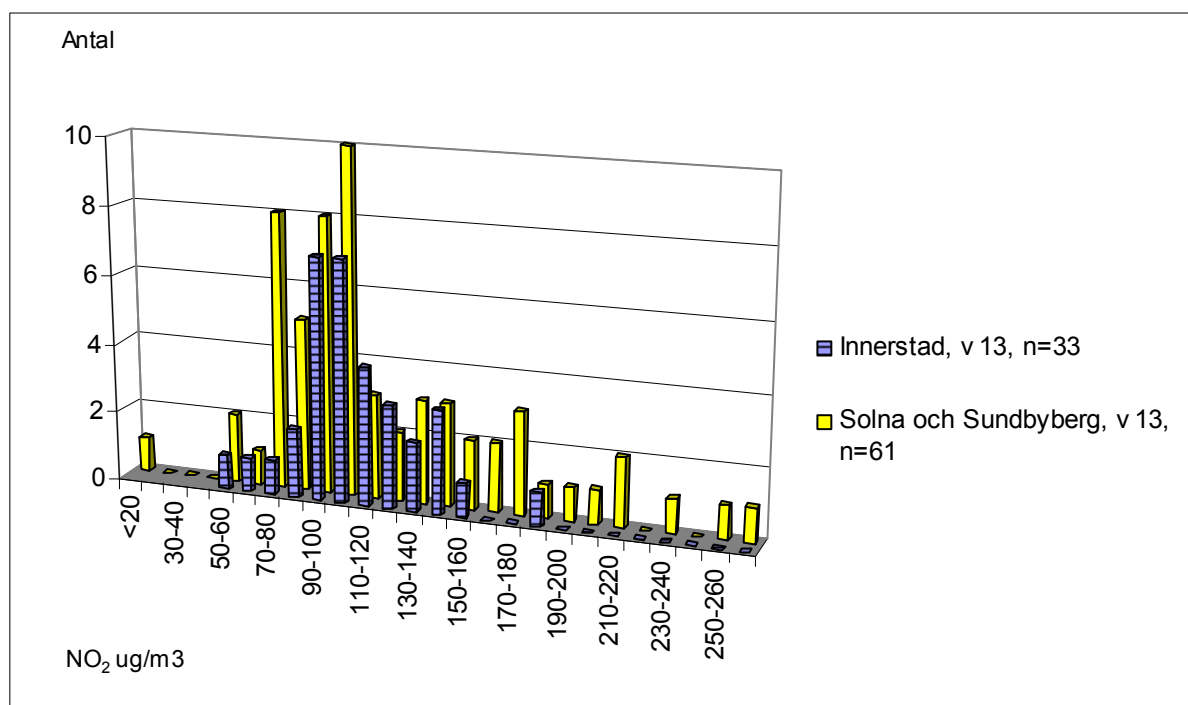


Diagram 3. Fördelning av bussförarnas exponering för NO₂ på vardagar under extremveckan med inversion (vecka 13) 2007 i innerstaden respektive Solna och Sundbyberg.

3.3 Busstyper

I Stockholms innerstad användes endast etanol- och biogasbussar under mätperioderna. Tidigare användes enbart dieseldrivna bussar i Solna och Sundbyberg, men under den senaste tiden har även etanolbussar börjat användas. I denna studie gjordes under våren 2007 nio heldagsmätningar och tolv halvdagsmätningar med etanolbussar.

De bussförare i Solna och Sundbyberg som körde etanolbuss (enbart Scaniabussar) hela dagen hade signifikant lägre exponering för NO₂ än de som körde dieselbuss (både Volvo- och Scaniabussar). En närmare analys av materialet visar dock att skillnaden mellan etanolbussar och dieselbussar troligen inte berodde på drivmedel utan framför allt på busstyp. De som körde Scantias dieselbussar hade betydligt lägre exponering än de som körde Volvos dieselbussar. Ingen signifikant skillnad fanns mellan dieselbussar och etanolbussar av märket Scania (diagram 4).

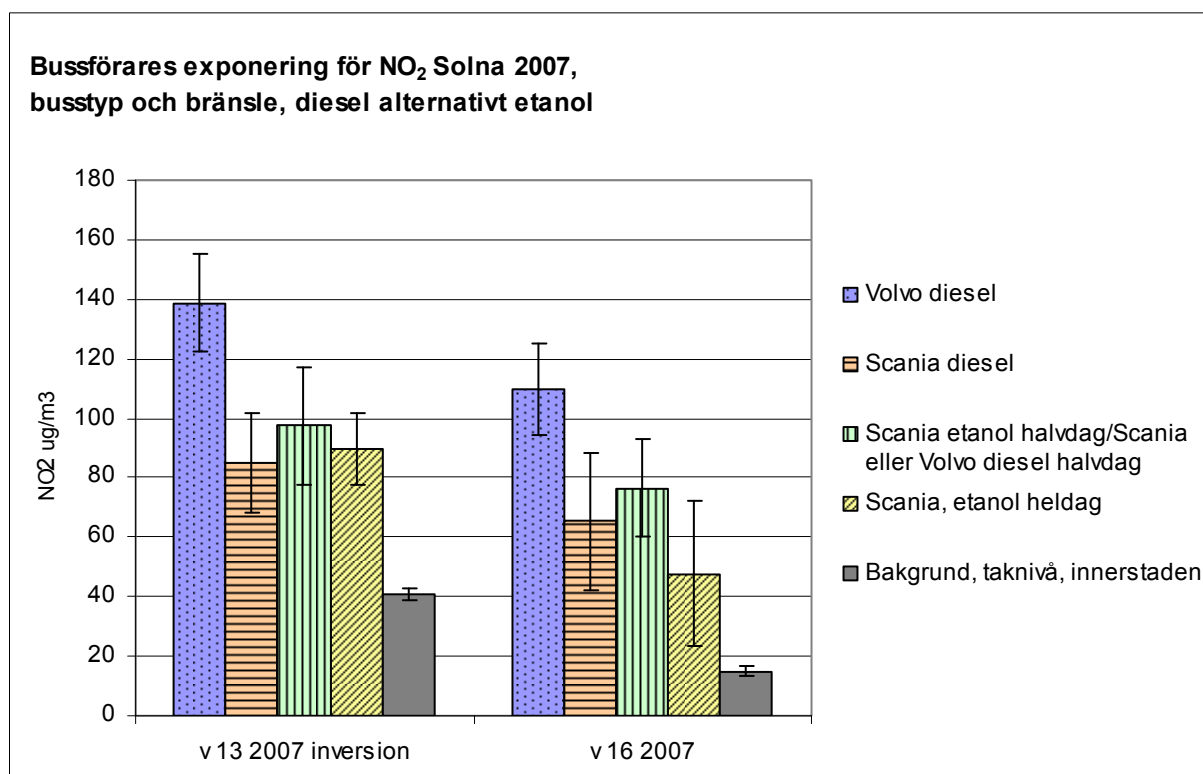


Diagram 4. Exponering för NO₂ på vardagar 2007 hos bussförare i Solna och Sundbyberg. I diagrammet jämförs dieselbussar (Volvo och Scania) med etanolbussar (Scania). Medelvärde (tjocka staplar) och konfidensintervall (tunna linjer) anges i µg/m³. Ingen signifikant skillnad finns mellan dieselbussar och etanolbussar av märket Scania.

Skillnaden var också tydlig mellan de nyare och de äldre Volvobussarna. Exponeringen för NO₂ var kraftigt förhöjd i de nyare Volvobussarna. För Scaniabussarna var tendensen den motsatta – exponeringen var i regel lägre i de nyare bussarna (diagram 5).

Nio av de tio förarna med högst exponering under samtliga mättillfällen hade kört nya Volvobussar. Detsamma gällde för de två bussförare med högst exponering på helgerna.

Exponeringen var 86 procent högre i bussar med luftintag nedtill fram jämfört med de bussar som hade luftintag på taket. Det fanns ingen tydlig skillnad mellan kortvagnar och ledvagnar hos de nyare Volvobussarna – båda typerna hade högre exponering än de äldre Volvobussarna och Scaniabussarna. På de nya Volvobussarna var luftintaget nedtill fram och på de äldre uppe på taket, framtill och på sidan. De äldre bussarna utom en med ledvagn hade avgasutsläpp bakåt. Bussen med ledvagn hade avgasutsläpp vid andra hjulparet till vänster, men denna buss användes bara vid ett enda mättillfälle 2005. Av de nya Volvobussarna hade kortvagnen avgasutsläpp bakåt och ledbussarna motorn och avgasutsläppet på sidan, vid främre hjulet till vänster.

Samtliga etanoldrivna bussar i Solna och Sundbyberg var av märket Scania och hade avgasröret riktat bakåt och luftintag på taket. Även Scantias dieselbussar hade luftintaget på taket och avgasröret riktat bakåt.

Bussförarens exponering för kvävedioxid, Solna och Sundbyberg, dieselbussar efter märke och ålder

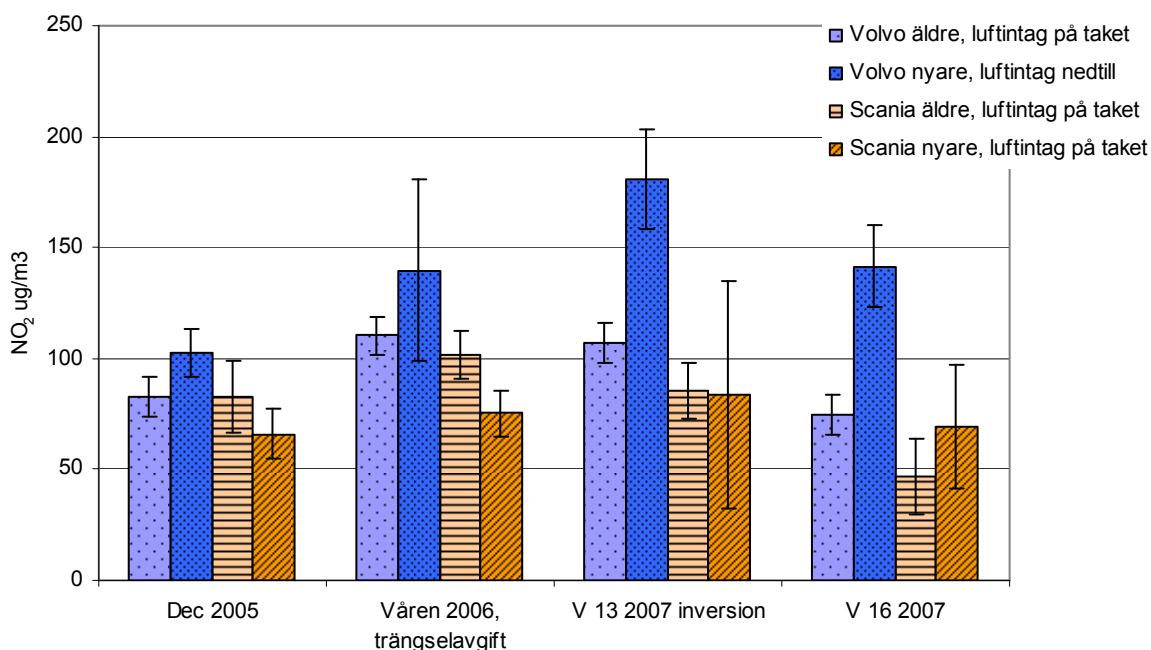


Diagram 5. Exponering för NO₂ på vardagar hos förare som körde dieseldrivna bussar i Solna och Sundbyberg, fördelat på busstyp. Medelvärde (tjocka staplar) och konfidensintervall (tunna linjer) anges i µg/m³. Exponeringen i de nya Volvobussarna med luftintag i gatunivå var totalt sett signifikant högre jämfört med övriga bussar.

Bussförarens exponering för NO₂ i innerstaden respektive Solna och Sundbyberg utan nya Volvobussar

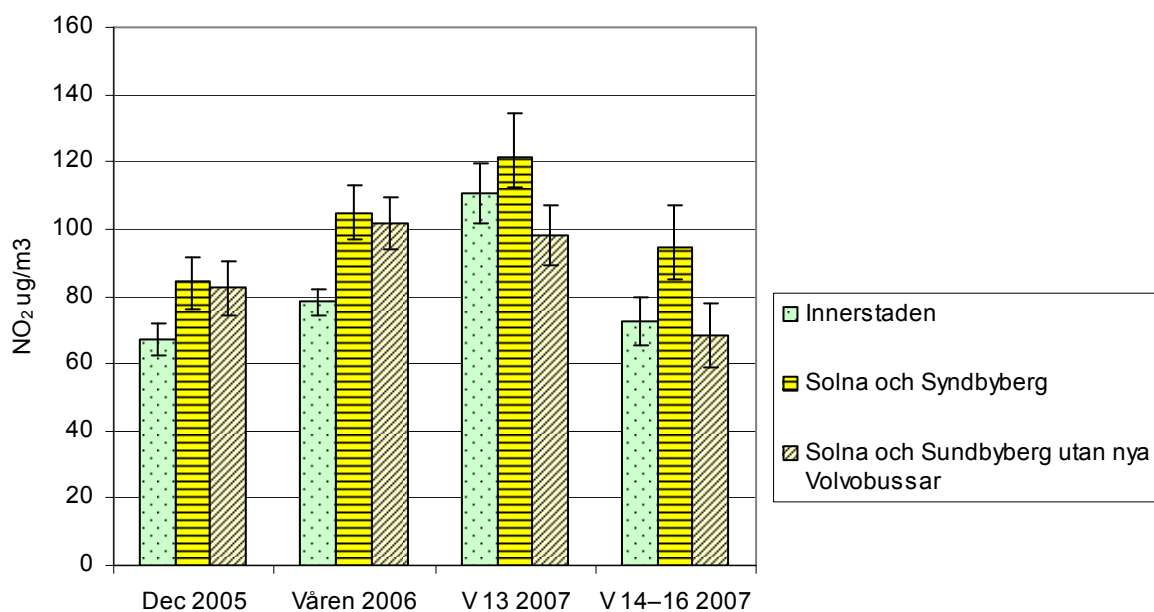


Diagram 6. Exponering för NO₂ på vardagar hos bussförare i Stockholms innerstad respektive Solna och Sundbyberg med och utan nya Volvobussar – före, under och efter trängsel-skatteförsöket. Medelvärde (tjocka staplar) och konfidensintervall (tunna linjer) anges i µg/m³.

I innerstaden användes endast etanol- och biogasbussar. Samtliga bussar hade avgasröret riktat bakåt, i allmänhet nedtill, utom på de nyaste Volvobussarna som hade avgasröret upptill på samma nivå som luftintaget på äldre bussar. Luftintagen sitter oftast på taket framtill samt mitt på bussarna, men på de nyaste Volvobussarna fanns även luftintag nedtill fram. Busstyp finns bara angivet för den sista mätningen våren 2007.

Eftersom förarna bytte buss och linje flera gånger dagligen finns det få mätningar som bara gäller en busstyp. Till exempel finns det bara två mätningar med enbart biogasbussar. Dessa hade ungefär samma halt av NO₂ som övriga mätningar. Totalt gjordes 16 mätningar med enbart etanolbussar, även dessa med ungefär samma halt som övriga mätningar (tabell 3 i bilagan). Det finns ingen mätning i innerstaden med enbart nyare Volvobussar med luftintag nedtill.

3.4 Kvävedioxidnivåer rapporterade av SLB-analys

Data om halter av NO₂ i omgivningsmiljön togs fram för att vi skulle få en uppfattning om i hur hög grad bussförarnas exponering för NO₂ samvarierar med bakgrundsvärdena i gatunivå på trafikerade gator, ovan tak i innerstaden och i landsbygd. NO₂ i allmänna miljön härrör huvudsakligen från trafik men även andra förbränningskällor och långväga transport bidrar (tabell 5a och 5b i bilagan).

I innerstaden var korrelationen mellan bussförarnas exponering och gatuvärdena under samma tidpunkter (medeltal på Sveavägen och Hornsgatan) 0,66 (diagram 7). Korrelationen mellan bussförarnas exponering och takvärdena under samma tider var 0,52 och mellan bussförarnas exponering och mätpunkten i landsbygd 0,3. Korrelationen med halten NO₂ i gatunivå var förhållandevis hög om man betänker att endast tre hårt trafikerade gator mätts.

I Solna var korrelationen med bakgrundsvärdena dålig: korrelationsfaktor 0,26 för trafikerade gator i innerstaden, 0,20 för takvärden och 0,17 för landsbygd.

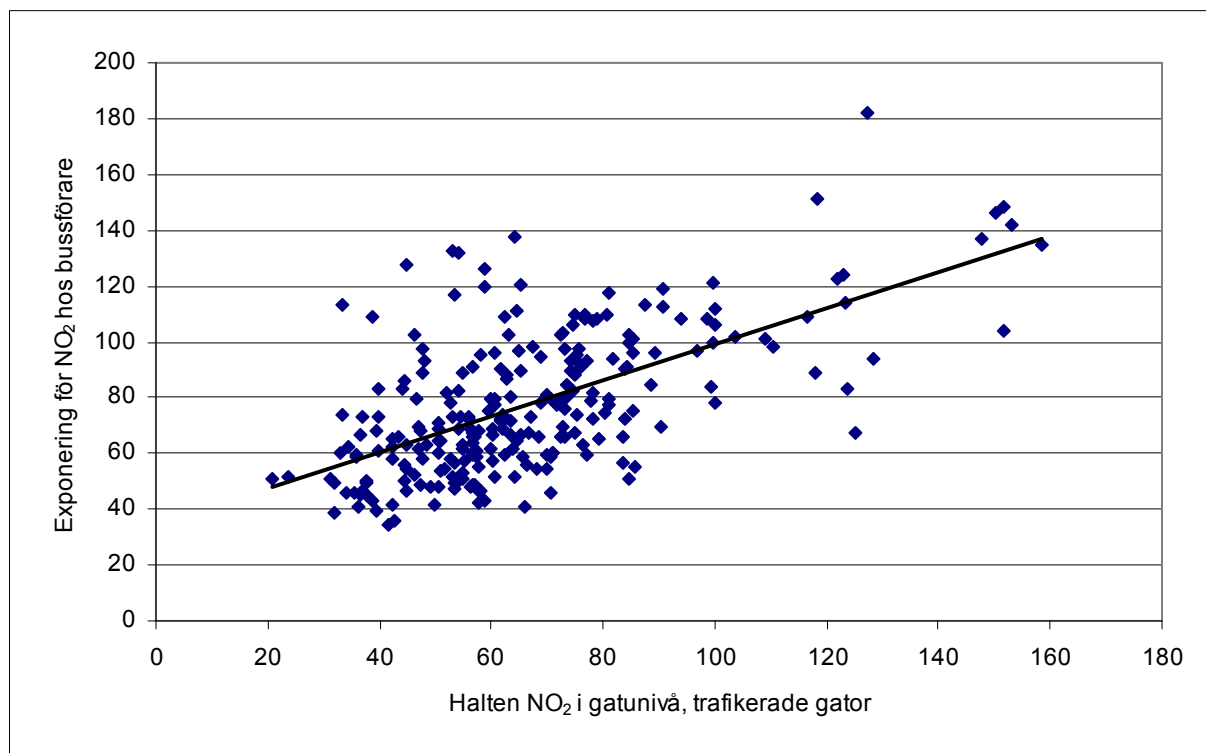


Diagram 7. Samband mellan bussförarnas exponering för NO₂ och bakgrundshalten i gatunivå i medeltal på Sveavägen och Hornsgatan under samma tid. Korrelationskoefficient 0,66.

3.5 Trafikflöden

Trafikmängden genom betalstationerna under trängselskatteförsöket sjönk med cirka 20 procent jämfört med motsvarande period tidigare år ⁽³⁾. Trafiken på Sveavägen sjönk från 24 131 fordon per dag i april 2005 till 22 596 fordon per dag vid samma tidpunkt året efter (6,4 procent). I december 2005 trafikerades Sveavägen av 33 569 fordon per dag ⁽⁴⁾. Det var således 28,1 procent färre bilar vid mätningen i april 2006 jämfört med mätningen i december 2005. Trafikflödena genom betalstationerna var 19 procent högre våren 2007 jämfört med samma tid året innan.

Data saknas över hur trafikflödet förändrades under försöket på de gatusträckningar som de undersökta busslinjerna trafikerar.

4. Diskussion

Exponeringen för NO₂ var högre hos bussförare i såväl innerstaden som Solna och Sundbyberg under trängselskatteförsöket 2006 jämfört med de normala veckorna året efter utan trängselskatt (inte statistiskt signifikant). Detta trots att trafikflödet i innerstaden under trängselskatteförsöket var betydligt lägre. Under en extremvecka våren 2007 med inversion var exponeringen dock högre. En trängselskatt borde rimligtvis medföra en lägre exponering för innerstadsförarna. I stället noterades en ökning under trängselskatteförsöket,

även om den inte är statistiskt signifikant. De oväntade resultaten kan bero på flera olika faktorer.

Ett fordon och särskilt dieselfordon avger betydligt mer NO₂ vid belastning än vid tomgång. Emissionerna av NO₂ ökar sedan exponentiellt vid belastning. I innerstaden minskade köerna, vilket sannolikt ledde till mindre tomgångskörning och högre hastigheter. Det i sin tur belastade motorerna mer, vilket till viss del skulle kunna förklara de högre halterna NO₂ i mars och april 2006.

Tyngre fordon står för 70 procent av avgasrelaterade utsläpp av NO₂ ⁽⁵⁾. Minskningen av framför allt bensindrivna personbilar genom betalstationerna kan ha resulterat i en proportionellt större andel dieseldrivna nyttofordon i innerstaden under försöken. Bussförarna framförde också teorin att de kan ha stått still en extra stund vid hållplatserna med öppna dörrar under trängselskatteförsöket eftersom tidtabellerna inte ändrats och framkomligheten var betydligt bättre.

Det finns några studier som undersökt förarens exponering från det egna fordonet. Miljö- och hälsoskyddsförvaltningen i Stockholm gjorde 1983 en noggrann mätning inne i ett flertal dieseldrivna innerstadsbussar. En inte oväsentlig del av halterna NO₂ bestod av avgaser som trängde in genom dörrarna när dessa stod öppna vid busshållplatserna ⁽⁶⁾.

Exponeringen för bussförarna i Solna och Sundbyberg var statistiskt signifikant högre än för förarna i innerstaden – före, under och normalveckorna efter pågående trängselskatteförsök. Att exponering var högre trots lägre takvärden antog vi hängde samman med att man i Solna och Sundbyberg använde dieseldrivna bussar medan bussarna i Stockholms innerstad drevs med etanol eller biogas.

En dieseldriven buss släpper ut cirka 50 procent mer NO₂ än en etanolbuss från sent 1990-tal och cirka tre gånger mer än en ny etanoldriven buss ⁽⁶⁾. Tidigare studier visar att större delen av exponeringen för bussförare kommer från andra fordon i trafiken, inte från det egna fordonet ⁽⁷⁾. Mätningarna 2007 bekräftade detta då det visade sig att det inte var så stor skillnad mellan etanolbussar och dieselbussar om man skilde mellan Scaniabussar och Volvobussar. Om mätningarna i nya Volvobussar med luftintag nedtill togs bort var exponeringen i Solna och Sundbyberg 2007 lägre än i innerstaden. De nya Volvobussarna kördes nästan inte alls i innerstaden. 2005 och 2006 var antalet nya Volvobussar så lågt att resultatet inte påverkades nämnvärt om de togs bort.

Exponeringen för dem som körde nya Volvobussar med luftintag nedtill var signifikant högre än för dem som körde de andra busstyperna. De nya Volvobussarna är de enda som har luftintag i gatunivå. Det fanns dock ingen skillnad mellan de nya Volvobussarna med kortvagnar med avgasutsläpp bakåt och de nya Volvobussarna med ledvagnar med avgasutsläpp på sidan.

Halten NO₂ som samtliga förare exponerades för ligger klart under nuvarande nationella gränsvärden för arbetsmiljön. Exponeringen var dock 1,7 gånger högre än bakgrunds-nivån på de mest trafikerade gatorna i Stockholms innerstad,

Hornsgatan och Sveavägen, mätt under samma tid. För förare som körde bussar med luftintag nedtill fram var halten NO₂ nästan tre gånger högre.

Enligt instruktioner som bussförarna fått skulle mätarna vara på under raster. I 91 prover stängdes ändå mätarna av under raster – ungefär lika många gånger under trängselförsöket som efter i innerstaden, men betydligt fler (30) efter försöket än under försöket (5) i Solna och Sundbyberg. Eftersom halten NO₂ normalt är lägre under rasterna blir konsekvensen att Solnas värden efter försöket överskattas. Det var ungefär lika hög andel av dem som körde nya Volvobussar, som bland samtliga förare, som stängde av mätarna under rasterna.

4.1 Slutsatser

Spridningen i de uppmätta halterna var stor, både under och efter försöket, i såväl Stockholms innerstad som Solna och Sundbyberg. Störst var spridningen i Solna och Sundbyberg.

De förare som kört bussar med luftintag i gatunivå framtill (nya Volvobussar) hade betydligt högre exponering för motoravgaser än de som kört övriga busstyper med luftintag på taket.

Det var ingen signifikant skillnad i exponering för förare som körde etanolbuss jämfört med dieselbuss, om enbart Scaniabussar jämfördes. Sannolikt påverkas exponeringen inte så mycket av den egna bussens utsläpp, utan mest av övrig trafik. Detta har även framkommit i andra studier.

Exponeringen av NO₂ för bussförarna var högre under trängselskatteförsöket våren 2006 då trafikintensiteten var lägre än perioderna utan trängselskatt i december 2005 och våren 2007 (bortsett från en extremvecka med inversion 2007). Eventuellt kan detta förklaras av att andelen dieseldrivna fordon, som avger mer NO₂ än bensindrivna fordon, sannolikt var högre under trängselskatteförsöket, att fordonen kunde hålla högre hastigheter vilket ökade utsläppen av NO₂ och att fordonen stod stilla längre vid hållplatserna med öppna dörrar.

Bussförarna i Solna och Sundbyberg hade signifikant högre exponering av NO₂ jämfört med förarna i innerstaden. Om Volvobussarna med luftintag nedtill utesluts var dock förarna i Solna och Sundbyberg inte mer exponerade än förarna i innerstaden 2007.

5. Referenser

1. Plato N, Carlsson A, Alderling M, Gustavsson P, *Bussförarens exponering för avgaser före och under Stockholmsförsöket* (2006) Rapport från Arbets- och miljömedicin 2006:6.
2. *Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar* (2006). Solna, Arbetsmiljöverkets författningssamling. AFS 2005:6.
3. *Utvärdering av Stockholmsförsökets effekter på biltrafiken*. Rapport juni 2006. Stockholm, Stockholms Stads Trafikkontor.
4. *Utvärdering av Stockholmsförsökets effekter på biltrafiken samt datalister från Utvärderingskansliet* (2006). Stockholm.
5. Lindqvist E (2005) *Samhällsnytta av förnybara drivmedel i Stockholms busstrafik*. Stockholm, Transek AB.
6. Westerlund K-G (1984) *Luftföroreningar i bussar som trafikerar Stockholms gator*. Miljö och hälsoskyddsförvaltningen, Stockholms kommun, Stockholm. Dnr 316/2299-84.
7. Wilhart P, Breum N, Hansen Å, Hartel O, Knudsen L (1996) *Eksponering för luftförorening i transportsektorn*. Arbetstilsynet, Köpenhamn. AMI Rapport nr 46.
8. Lewné M, Nise G, Lind M-L, Gustavsson P (2006) *Exposure to nitrogen dioxide and particles among taxi, bus and lorry drivers*. Int Arch Occup Environ Health. 79:220-6.

Bilagor

		Stockholms innerstad			Solna och Sundbyberg		
		Antal (n)	Medelvärde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sd $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Antal (n)	Medelvärde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sd $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>Före försöket, dec 2005</i>							
Vardagar	Morgon	59	69	27	31	73	28
	Kväll	7	63	13	39	91	32
	Delad tjänst	21	64	16	8	82	46
Helg	Totalt	4	57	28	15	79	17
<i>Under försöket, våren 2006</i>							
Vardagar	Morgon	70	77	18	35	109	26
	Kväll	5	81	13	50	109	42
	Delad tjänst	19	81	21	10	114*	65
Helg	Totalt	9	48	18	15	71	17
<i>Efter försöket, våren 2007</i>							
Vardagar, vecka 13 med inversion	Morgon	14	113	32	27	136	62
	Kväll	7	93	26	19	116	46
	Delad tjänst	13	114	18	15	102	24
Vardagar, vecka 14–16	Morgon	12	69	19	26	111	61
	Kväll	5	54	17	24	87	44
	Delad tjänst	12	81	18	13	75	34
Helg	V 13	2	85	28	10	86	74
	V 14–16	8	36	8	0		

Nästan alla förare som körde etanolbussar i Solna och Sundbyberg 2007 hade delad tjänst, vilket kan vara anledningen till den låga exponeringen. Samtliga etanolbussar hade luftintag på taket. Delad tjänst kör morgon och kväll med ledig tid mitt på dagen.
 * Anmälda läckage inne i bussen från eget fordon (n = 3)
 n = antal prov
 Medelvärde = aritmetiska medelvärdet i $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 Sd = standardavvikelse uttryckt i $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabell 2. Detaljfördelning av uppmätta exponeringshalter av NO₂ på vardagar och helger i Stockholms innerstad respektive Solna och Sundbyberg, före och under trängselskattförsök ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

		Stockholms innerstad			Solna och Sundbyberg		
		Antal (n)	Medelvärde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sd $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Antal (n)	Medelvärde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sd $\mu\text{g}/\text{m}^3$
<i>Vecka 13 2007</i>		33	111	26	61	121	51
Etanol	Halvdag				8	103	29
	Heldag	9	106	30	4	90	12
Diesel	Heldag	0			49	127	55
Biogas	Heldag	1	94	-	0		
<i>Vecka 14–16 2007</i>		32	73	20	64	95	51
Etanol	Halvdag	-	-				
	Heldag	7	82	25	5	48	28
Diesel	Halvdag				4	71	17
	Heldag	-	-		55	101	52
Biogas	Heldag	1	85		0	-	-
Förarna i innerstaden körde i allmänhet många olika bussar samma dag. Endast ett fåtal körde bussar med samma bränsle under en hel dag.							

Tabell 3. Exponering för NO₂ på vardagar våren 2007 hos bussförare i Stockholms innerstad respektive Solna och Sundbyberg, uppdelat på bränsletyp. Medelvärde och standardavvikelse (Sd) anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	Solna och Sundbyberg			Trafikerade gator i innerstaden
	Antal (n)	Medelvärde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sd $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<i>December 2005, före försöket</i>	80	84	33	44
Nya Volvo	2	102	8	49
Gamla Volvo	29	83	37	43
Scania, diesel	25	75	26	42
<i>Våren 2006, under försöket</i>	96	105	41	53
Nya Volvo	8	140	59	44
Gamla Volvo	38	110	41	55
Scania, diesel	36	91	27	55
<i>Vecka 13 2007, efter försöket, inversion</i>	49	127	55	104
Nya Volvo	17	181	47	103
Gamla Volvo	19	107	30	105
Scania, diesel	13	85	31	102
<i>Vecka 16 2007, efter försöket</i>	55	101	52	48
Nya Volvo	23	141	45	47
Gamla Volvo	19	75	32	48
Scania, diesel	11	65	40	50
n = antalet provtagningar Medelvärde = aritmetiska medelvärdet Sd = standardavvikelsen Trafikerade gator är medelvärdet av NO ₂ på Sveavägen och Hornsgatan under provtagningstiden.				

Tabell 4. Exponering för NO₂ på vardagar hos förare med dieslbussar i Solna och Sundbyberg. Medelvärde och standardavvikelse (Sd) anges i $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

År	Hornsgatan	Sveavägen	Medelvärde Hornsgatan och Sveavägen	Taknivå i innerstaden
2007	50,8	38,5	44,7	14,0
2006	46,6	38,2	42,5	17,4
2005	44,8	38,6	41,7	16,2
2004	49,7	40,1	44,7	17,9
2003	49,5	38,3	43,4	16,9
2002	51,0	38,9	44,8	17,2

Tabell 5a. Dygnsmedelvärden av NO₂ 1/1–30/6 under olika år i gatu- respektive taknivå (data från SLB-analys).

	Medelvärde Hornsgatan och Sveavägen		Taknivå i innerstaden	
År	4/12–22/12	27/3–13/5	4/12–22/12	27/3–13/5
2007	48,3	49,9	16,1	12,2
2006	46,0	48,5	15,9	16,3
2005	40,7	46,0	19,4	15,9
2004	36,6	47,2	17,6	18,7
2003	39,8	42,6	17,6	12,9
2002	44,3	47,9	22,9	17,3
2001	37,3	44,5	20,1	15,3

Tabell 5b. Dygnsmedelvärden av NO₂ i gatu- och taknivå under ungefär de tidsperioder då bussförarnas exponering undersöktes (data från SLB-analys).

ISBN: 978-91-86313-12-8

På uppdrag av
Stockholms läns landsting



**Karolinska
Institutet**