

Allmänbefolkningens exponering för bensen, toluen och xilen

**– personlig exponering, individrelaterade
stationära mätningar och bakgrunds-
mätningar i Göteborg**

**Gerd Sällsten docent, 1:e yrkes- och miljöhygieniker
Göran Ljungkvist, med dr, 1:e kemist
Lars Barregård, adj. professor, överläkare**

Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum, Göteborg
Yrkes- och miljömedicin, Sahlgrenska Universitetssjukhuset

Sahlgrenska akademien vid Göteborgs universitet

Göteborg 2003-12-16

Innehållsförteckning

<i>Sammanfattning</i>	3
<i>Bakgrund</i>	4
<i>Projektets syfte</i>	4
<i>Material och metoder</i>	5
Urval av försökspersoner	5
Exponeringsmätningar	5
Bakgrundsmätningar	6
Analyser	6
<i>Bakgrundsinformation</i>	7
<i>Statistiska metoder</i>	7
<i>Resultat</i>	8
Bakgrundsdata	8
Bakgrundsmätningar	8
Individrelaterade mätningar	9
Bensen	9
Toluen	11
Xylen	13
<i>Samband mellan olika mätplatser och ämnena</i>	15
Kvoten mellan toluen och bensen för olika mätplatser	16
Inverkan av olika faktorer	17
<i>Diskussion</i>	18
Validitet	18
Bensen	18
Toluen och xylen	19
Inverkan av olika faktorer	19
Variabilitet och mätstrategi	19
<i>Tack</i>	20
<i>Referenser</i>	21

Sammanfattning

Allmänbefolkningens exponering för några cancerframkallande ämnen undersöktes i Göteborg under oktober-november 2000 hos 40 slumpvis utvalda individer under sex dygn. Både personburna och andra individrelaterade mätningar (i sovrum och utanför bostaden) utfördes. Dessutom skedde samtidigt mätningar vid två stationära mätplatser i Göteborgs centrum. För flyktiga organiska ämnen användes diffusionsprovtagare, Perkin-Elmer med adsorbent Tenax TA. Sammanlagt utfördes 60 personburna mätningar och totalt har mer än 100 prover analyserats. Denna rapport redovisar resultaten för mätningar av bensen, toluen och xylen (summan av o-, m-, p-xylen och etylbensen). Resultaten från de två senare har utvärderats under 2003 med medel från Länsstyrelsen i Västra Götaland.

Medianvärdet för samtliga personburna mätningar av bensen var $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % konfidensintervall $0,9\text{-}1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), något högre vid de personburna mätningarna jämfört med samtidiga stationära mätningar i sovrum och utanför bostäder. Bensenexponeringen låg under den lågriskenivå för bensen ($1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) som Institutet för miljömedicin (IMM) angivit och lägre än tidigare undersökningar på allmänbefolkning i Göteborg och Borås. Sänkningen beror troligen på att bensenhalten i bensin reducerats fr.o.m. januari 2000 men andra faktorer som modernare bilpark och vädervariationer kan också ha inverkat. Som förväntat var bensenexponeringen högre bland rökarna jämfört med icke-rökare.

För både toluen och xylener var den personburna exponeringen signifikant högre än både inomhus- och utomhushalterna. Medianvärdet för de personburna mätningarna var $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % konfidensintervall $9,6\text{-}17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) för toluen och $7,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (95 % konfidensintervall $5,4\text{-}9,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) för xylen. Exponeringen för dessa ämnen ligger under de riktvärden som angivits av IMM. För båda ämnena var utomhushalterna klart lägre (median $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för toluen och $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ för xylen) och det fanns ingen signifikant korrelation mellan den personburna exponeringen och utomhushalterna. Stationära mätningar utomhus av toluen och xylen kan därför inte användas som underlag för en riskvärdering för människor.

För samtliga ämnen sågs höga korrelationer mellan de personburna mätningarna och inomhushalterna för respektive ämne. Det fanns en hög korrelation mellan personburna mätningar av bensen och utomhushalterna av bensen, toluen och xylen. Kvoten mellan toluen och bensen var signifikant lägre för utomhusmätningarna jämfört med den personburna exponeringen och inomhusmätningarna (3,2 mot 10 respektive 11).

Bakgrund

Inom Naturvårdsverkets program för hälsorelaterad för miljöövervakning av cancerframkallande ämnen i luft utfördes år 2000 undersökningar av allmänbefolkningen i Göteborg. Detta uppdrag växlar mellan olika platser i Sverige. Efter några år återkommer mätprojektet till samma stad, så att såväl tidstrender som skillnader mellan städer kan belysas. Resultaten avseende bensen och andra cancerframkallande ämnen har tidigare rapporterats (Sällsten et al 2001). I denna rapport redovisas resultaten för ytterligare organiska ämnen som undersökts i de insamlade proverna, nämligen toluen och xylen. Undersökningen av toluen och xylen har bekostats med medel från Länsstyrelsen i Västra Götaland. Dessa ämnen ingår normalt inte i den hälsorelaterade miljöövervakningen som bekostas direkt av Naturvårdsverket.

Stationära mätningar av organiska ämnen görs i Sverige, ofta i taknivå. Risken för människor beror emellertid på *personlig* exponering och riskvärderingar som underlag för eventuella gränsvärden eller riktvärden i utomhusmiljö bör för dessa ämnen baseras på populationernas personliga exponering. För att bedöma risken för människor krävs därför att man undersöker exponering eller visar att denna kan skattas genom bakgrundsmätningar ovan tak. Mätningar av personlig exponering är betydligt mera resurskrävande än stationära mätningar i olika punkter i omgivningen, men undersökningar från andra länder har visat att nivåerna personburet och ovan tak kan vara mycket olika. Få exponeringsmätningar har gjorts i allmänbefolkningen men genom Naturvårdsverkets hälsorelaterade miljöövervakning kommer vi i framtiden att få ett klart bättre underlag för riskvärdering av några cancerframkallande ämnen.

Bensen är ett vida spritt ämne med säkerställd cancerframkallande effekt och finns i motorbensin och -avgaser. Det alstras också vid vedeldning och i cigaretttrök. Även toluen och xylen bildas vid förbränning men dessa ingår också i ett flertal produkter t.ex. färger, lacker och lim. Dessa ämnen är inte klassade som cancerframkallande men kan i höga koncentrationer påverka det centrala nervsystemet.

Projektets syfte

- att värdera allmänbefolkningens exponering för luftföroreningarna bensen, toluen och xylener vad avser genomsnitt och spridning mellan och inom individer
- att försöka kvantifiera betydelsen av rökvanor, trafiksituation och andra potentiella källor
- att ge underlag för en (förbättrad) riskvärdering för allmänbefolkningen
- att jämföra personlig exponering med halter i bakgrundsluft.

Material och metoder

Eftersom huvudsyftet var att övervaka allmänbefolkningens exponering utfördes mätningar på slumpvis utvalda personer från allmänbefolkningen. Genom upprepade mätningar hos samma individer erhöles ett mått på hur nivåerna varierar inom och mellan individer. Mätningar gjordes även vid två fasta mätstationer i centrala Göteborg för att belysa nivåerna i urban bakgrund. Dessutom utökades undersökningen i Göteborg med stationära mätningar i och utanför bostaden hos en del av försökspersonerna (finansierat med medel från Västra Götalandsregionen). Tillstånd från etisk kommitté inhämtades från etiska kommittén vid Göteborgs universitet (Dnr Ö 408-00).

Urval av försökspersoner

Personer mellan 20–50 år boende i Göteborgs kommun slumpades från folkbokföringsregistret. Åldersgränserna valdes för att omfatta personer i yrkesaktiv ålder. Målet var att få 40 deltagare. Födelsedag (1-31), månad (1-12) och födelseår (1950-1980) slumpades och av personer som var födda samma år och dag slumpades en ut.

Ett informationsbrev där studien beskrevs sändes till 63 slumpmässigt utvalda individer. I en första omgång sändes brev till cirka 50 personer och därefter i omgångar ytterligare brev för att nå 40 deltagare. Bland de 63 personerna fanns 7 som inte längre bodde i Göteborg. De kvarvarande kontaktades per telefon och om detta ej lyckades per brev eller vid personligt besök i bostaden. Kontakt erhöles med 54 personer, medan 2 ej kunde nås via telefon eller brev, trots påminnelse. Av dem som kontaktats accepterade 40 att delta i studien, medan 14 avstod då de inte hade tid, var bortresta eller p g a språksvårigheter. Andelen som accepterade att delta i undersökningen var således 71 % (40/56) av målgruppen.

Exponeringsmätningar

Allmänt om provtagningen

Personburen provtagning för **bensen, toluen och xylen** gjordes under 6 på varandra följande dygn. Ett schema gjordes där provtagning hos 2-7 personer påbörjades per dag (måndag, onsdag, fredag). Fp fick en provtagningstid, även om vederbörande var bortrest del av tiden. Om försökspersonen överhuvudtaget inte var i Göteborg under den aktuella mätperioden valdes en annan mätperiod. Lördagar och söndagar ingick med en andel som ungefär motsvarar helgdagars relation till vardagar. Stationära mätningar utfördes även i sovrummet och utanför bostaden hos 20 av försökspersonerna samtidigt med de personburna mätningarna.

Upprepad personburen mätning gjordes inom 3-4 veckor hos 20 av individerna. Totalt utfördes således mätningar på 40 individer.

Samtliga mätningar utfördes mellan 9 oktober och 8 december år 2000. Försökspersonerna fick en särskild provtagningsinstruktion för diffusionsprovtagarna.

Bensen, toluen och xylen

Vid mätning av bensen, toluen och xylen användes diffusionsprovtagare från Perkin-Elmer. Denna består av ett 90 mm långt stålrör fyllt med ca 300 mg adsorbent, i detta fall Tenax® TA (2,6-difenyl-pfenyloxidpolymer), som hålls på plats av stålnät. Vid lagring och transport är rören förslutna i båda ändar med muttrar. Före och efter provtagning förvaras provtagarna inneslutna i aluminiumfolie i rumstemperatur.

Bakgrundsmätningar

Stationära mätningar utomhus genomfördes under samma period som exponeringsmätningarna på två platser i Göteborgs centrum: dels på Femmanhusets tak = Mätpunkt för Göteborgs Miljöförvaltning och dels vid Kungssportsplatsen = IVLs mätpunkt i Urban-nätet. Mätningarna utfördes under fem veckor med en veckas provtagningsperiod.

Analyser

Bensen, Toluen och xylen

Analyserna av diffusionsprovtagarna utfördes vid laboratoriet på Yrkes- och miljömedicin vid Sahlgrenska Universitetssjukhuset i Göteborg. De utfördes med automatisk termisk desorption (ATD 400, Perkin-Elmer) kopplad till en gaskromatograf (Autosystem, Perkin-Elmer) försedd med flamjonisationsdetektor (FID). Med xylen avses i denna rapport summan av o-, m-, och p-xylen samt etylbensen. Minsta detekterbara mängd angavs till 0.6 ng/prov och analyserat ämne (bensen, toluen, etylbensen, m,p-xylen samt o-xylen). Perkin Elmer-provtagarnas upptagningshastighet för bensen är bestämd till 0.41 ml/min, vilket ger en detektionsgräns på 0.2 µg/m³ för sexdygnsmätningarna. För toluen har en upptagshastighet på 0.45 ml/min och för etylbensen, m,p-xylen och o-xylen har 0.55 ml/min använts vilket för sexdygnsmätningarna ger samma detektionsgräns för de enskilda ämnena som för bensen. Som kontrollprov vid kalibreringen användes en standard tillverkad av NMI i Holland. Överensstämmelsen ansågs acceptabel om skillnaden mellan kontrollprov och egen standard inte är större än ±5 %.

Bakgrundsinformation

Försökspersonerna fick svara på allmänna frågor i en enkät samt för varje provtagningsdygn fylla i en dagbok. Syftet med dagboken och enkäten var att belysa under hur stor del av mättiden försökspersonen vistats i hemmet, utomhus etc. samt förekomsten av aktiviteter som kan ha inneburit särskild exponering för de aktuella ämnena genom exempelvis rökning, bilkörning, vedeldning eller liknande.

Vädret under den aktuella perioden kartlades med avseende på temperatur och vind. Det gjordes dels genom registrering med Tinytag och dels genom att information hämtades från Miljöförvaltningen i Göteborg.

Statistiska metoder

Som mått på genomsnittskoncentrationer beräknades aritmetiskt medelvärde (AM), geometriskt medelvärde (GM) och medianvärde. För medianen beräknades även ett 95 % konfidensintervall (95 % KI). Vid beräkning av samband mellan två variabler användes Spearmans rangkorrelation. Vid jämförelse mellan grupper användes Wilcoxon's rangsummetest. För jämförelse mellan parade prover användes Student's t-test. För beräkning av variabilitet inom och mellan individer användes nested variansanalys. Vid beräkningarna har statistikprogrammet SAS använts. Som gräns för statistisk signifikans användes $p < 0,05$.

Resultat

Bakgrundsdata

Personburna mätningar utfördes på 40 individer, varav 27 kvinnor och 13 män. Medelåldern var 35 år (range 20-50 år). 11 personer var bosatta i villa eller radhus och 29 personer i lägenhet. 14 personer var rökare och 26 personer icke-rökare. Av icke-rökarna uppgav 10 personer att de utsatts för passiv tobaksrök men endast under en begränsad tid (≤ 3 timmar) under de sex dygnen.

Under mätperioden var genomsnittstiden för vistelse utomhus 8,3 (range 0,9-18,5) timmar vilket är knappt 6 % av den sex dygn långa mätperioden. Personerna vistades i hemmet under i genomsnitt 65 % av mättiden och den totala genomsnittstiden för vistelse inomhus var 131 (range 112-141) timmar, vilket utgör 91 %.

Under mätperioden var medeltemperaturen 8,8 °C (range 3,9-17,5°C) med en medelvindhastighet på 4,3 m/s. Under mätperioden föll det mycket regn, i genomsnitt 6 mm/dygn under oktober och november.

Bakgrundsmätningar

Resultaten från de stationära veckomätningarna utomhus i centrala Göteborg under fem veckor redovisas i tabell 1. Vid åtta mättillfällen skedde parallell bensenmätning med rör (även här Tenax) som levererades och analyserades av IVL. Medianhalten på proven analyserade av IVL blev för bensen 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (range 1,0-2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) vilket kan jämföras med motsvarande prover analyserade vid Yrkes- och miljömedicin vilka gav 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (range 0,9-1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Motsvarande värden för toluen var 3,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (range 2,3-3,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) respektive 3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (range 3,1-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) och för xylen 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (range 1,9-4,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) respektive 2,9 (range 2,4-8,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabell 1. Luftföroreningskoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid två stationära mätplatser i centrala Göteborg vid fem veckomätningar under mätperioden 10 oktober – 14 november 2000.

Ämne	Femmans hustak		Kungsportsplatsen	
	Median	Range	Median	Range
Bensen	1,1	0,9-1,5	1,1*	0,9-1,6
Toluen	3,4	3,1-10	3,8*	3,2-6,3
Xylen**	2,9	2,4-8,0	3,0*	2,6-5,2

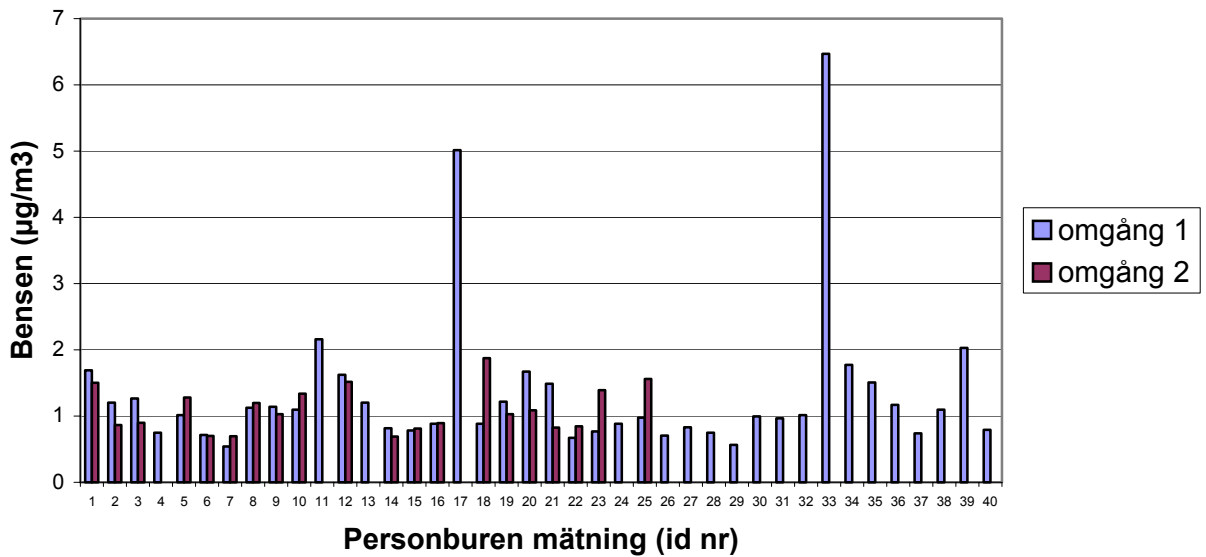
* Resultat från fyra mätveckor på grund av förlust av ett prov.

** Avser summan av o-, m-, p-xylen och etylbensen

Individrelaterade mätningar

Bensen

Samtliga mätresultat från de personburna mätningarna av bensen framgår av figur 1. Spridningen mellan olika mätningar hos samma individ kan ibland vara stor. Beräkningar av variabiliteten inom- och mellan individer visade att inom-individvariabiliteten (variabiliteten mellan bensen-exponeringen vid olika mättillfällen hos samma individ) utgjorde 58 % av den totala variabiliteten.



Figur 1. Bensenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburna mätningar. Upprepade mätningar utfördes på 20 personer (omgång 2).

I tabell 2 redovisas medelvärden för de personburna mätningarna på samtliga individer och resultaten vid de upprepade mätningarna. I tabell 3 presenteras resultaten från de mätningar som samtidigt utfördes personburet, i sovrummet och utanför bostaden. Medianvärdet för samtliga personburna mätningar var $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med ett 95 % konfidensintervall (95 % KI) på $0,9$ - $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid de två mättillfällena var genomsnittskoncentrationen lika (tabell 2). Däremot fanns ingen signifikant korrelation mellan bensenkoncentrationen vid de två mättillfällena. Den individ som hade den högsta exponeringen ($6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) var rökare, hade tankat bilen (60 l) och vistats i bostad med vedeldning under 19 timmar.

Genomsnittskoncentrationen av bensen var något högre vid de personburna mätningarna jämfört med resultaten från de samtidiga stationära mätningarna i individernas sovrum och utanför bostaden (tabell 3). Skillnaden mellan de personburna mätningarna och sovrumsmätningarna var statistiskt signifikant. Resultaten från de personburna mätningarna korrelerade väl med både sovrumsmätningarna ($r_s=0,86$, $p<0,001$) och utomhusmätningarna ($r_s=0,72$, $p=0,004$).

Tabell 2. Bensenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid **personburna** mätningar. I tabellen redovisas aritmetiskt medelvärde (AM), geometriskt medelvärde (GM), geometrisk standarddeviation (GSD) och medianen samt lägsta och högsta värde (range). Resultaten för personer med upprepade mätningar (omg1 och omg2) redovisas även.

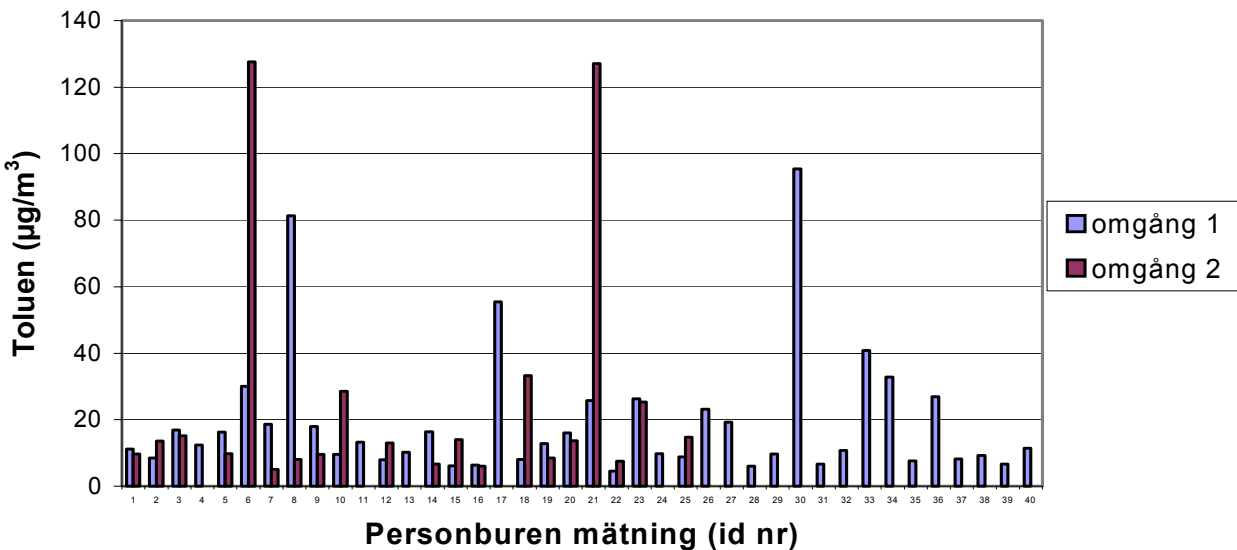
	AM	GM	GSD	Median	Range
Alla individer omg1, N=40	1,3	1,1	1,7	1,0	0,5-6,5
Individer (upprepade) omg1, N=20	1,1	1,0	1,4	1,1	0,5-1,7
Individer (upprepade) omg2, N=20	1,1	1,1	1,4	1,0	0,7-1,9

Tabell 3. Bensenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid mätningar utförda personburet, i individens sovrum samt utanför bostaden under samma mätperiod för 20 individer. I tabellen redovisas aritmetiskt medelvärde (AM), geometriskt medelvärde (GM), geometrisk standarddeviation (GSD) och medianen samt lägsta och högsta värde (range).

	AM	GM	GSD	Median	Range
Personburet	1,3	1,1	1,7	0,9	0,5-5
Sovrum	1,1	0,8	1,9	0,8	0,4-6
Utanför bostaden	0,9	0,9	1,3	0,9	0,5-1,8

Toluen

Samtliga mätresultat från de personburna mätningarna av toluen framgår av figur 2. Spridningen mellan olika mätningar hos samma individ kan ibland vara mycket stor. Beräkningar av variabiliteten inom- och mellan individer visade att inom-individvariabiliteten (variabiliteten mellan toluenexponeringen vid olika mättillfällen hos samma individ) utgjorde 75 % av den totala variabiliteten.



Figur 2. Toluenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburna mätningar. Upprepade mätningar utfördes på 20 personer (omgång 2).

I tabell 4 redovisas medelvärden för de personburna mätningarna på samtliga individer och resultaten vid de upprepade mätningarna. I tabell 5 presenteras resultaten från de mätningar som samtidigt utfördes personburet, i sovrummet och utanför bostaden. Medianvärdet för samtliga personburna mätningar var $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ med ett 95 % konfidensintervall (95 % KI) på $9,6\text{--}17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid de två mättillfällena var genomsnittskoncentrationen snarlika (tabell 4). Däremot fanns ingen signifikant korrelation mellan toluenkoncentrationen vid de två mättillfällena.

Genomsnittskoncentrationen av toluen var signifikant högre vid de personburna mätningarna jämfört med resultaten från de samtidiga stationära mätningarna i individernas sovrum och utanför bostaden (tabell 5). Halterna utanför bostaden var signifikant lägre än sovrumshalterna. Resultaten från de personburna mätningarna korrelerade väl med sovrumsmätningarna ($r_s=0,69$, $p<0,001$) men inte alls med utomhusmätningarna.

Tabell 4. Toluenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid **personburna** mätningar. I tabellen redovisas aritmetiskt medelvärde (AM), geometriskt medelvärde (GM), geometrisk standarddeviation (GSD) och medianen samt lägsta och högsta värde (range). Resultaten för personer med upprepade mätningar (omg1 och omg2) redovisas även.

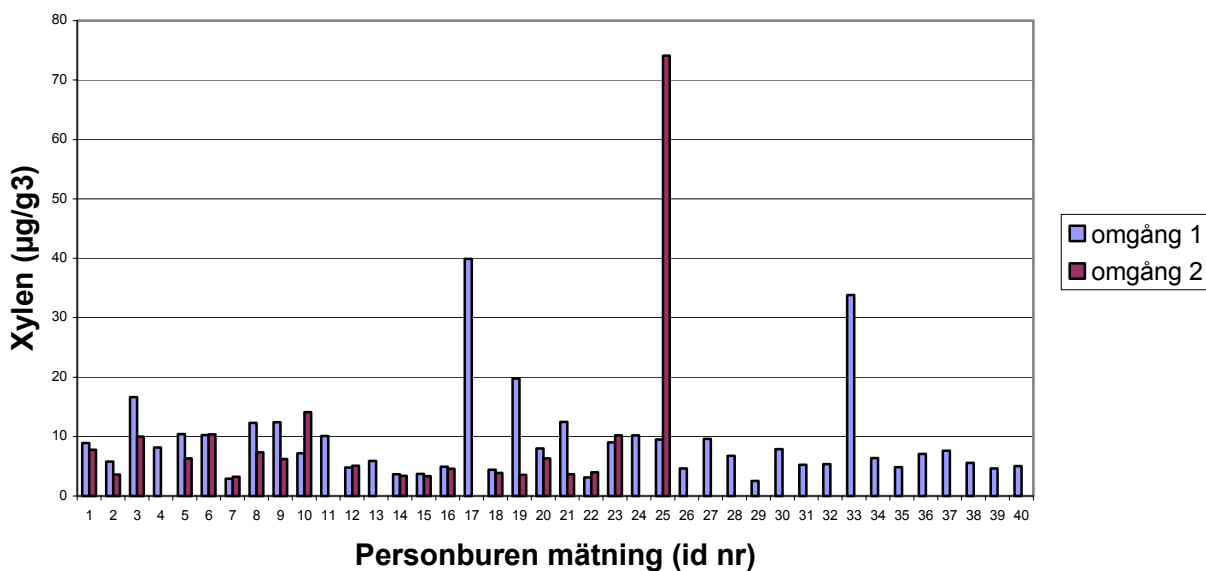
	AM	GM	GSD	Median	Range
Alla individer omg1, N=40	19	14	2,0	12	4,5-95
Individer (upprepade) omg1, N=20	17	14	2,0	14	4,5-81
Individer (upprepade) omg2, N=20	25	15	2,4	13	5,0-128

Tabell 5. Toluenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid mätningar utförda personburet, i individens sovrum samt utanför bostaden under samma mätperiod för 20 individer. I tabellen redovisas aritmetiskt medelvärde (AM), geometriskt medelvärde (GM), geometrisk standarddeviation (GSD) och medianen samt lägsta och högsta värde (range).

	AM	GM	GSD	Median	Range
Personburet	16	13	1,8	12	4,5-56
Sovrum	13	9,6	2,0	8,8	4,1-64
Utanför bostaden	2,9	2,7	1,5	2,8	1,4-7,4

Xylen

Samtliga mätresultat från de personburna mätningarna av xylen framgår av figur 3. Spridningen mellan olika mätningar hos samma individ kan ibland vara stor. Beräkningar av variabiliteten inom- och mellan individer visade att inom-individvariabiliteten (variabiliteten mellan xylen-exponeringen vid olika mättillfällen hos samma individ) utgjorde 63 % av den totala variabiliteten.



Figur 3. Xylenkoncentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid personburna mätningar. Upprepade mätningar utfördes på 20 personer (omgång 2). Med xylen avses summan av o-,m-,p-xylen och etylbensen.

I tabell 6 redovisas medelvärden för de personburna mätningarna på samtliga individer och resultaten vid de upprepade mätningarna. I tabell 7 presenteras resultaten från de mätningar som samtidigt utfördes personburet, i sovrummet och utanför bostaden. Medianvärdet för samtliga personburna mätningar var 7,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ med ett 95 % konfidensintervall (95 % KI) på 5,4-9,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vid de två mättillfällena var genomsnittskoncentrationen snarlika (tabell 6). Det fanns en signifikant korrelation mellan xylenkoncentrationen vid de två mättillfällena ($r_s=0,45$, $p<0,05$).

Genomsnittskoncentrationen av xylen var signifikant högre vid de personburna mätningarna jämfört med resultaten från de samtidiga stationära mätningarna i individernas sovrum och utanför bostaden (tabell 7). Halterna utanför bostaden var signifikant lägre än inomhushalterna. Resultaten från de personburna mätningarna korrelerade väl med sovrumsmätningarna ($r_s=0,71$, $p<0,001$) men inte med utomhusmätningarna.

Tabell 6. Koncentrationen av xylener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid **personburna** mätningar. I tabellen redovisas aritmetiskt medelvärde (AM), geometriskt medelvärde (GM), geometrisk standarddeviation (GSD) och medianen samt lägsta och högsta värde (range). Resultaten för personer med upprepade mätningar (omg1 och omg2) redovisas även.

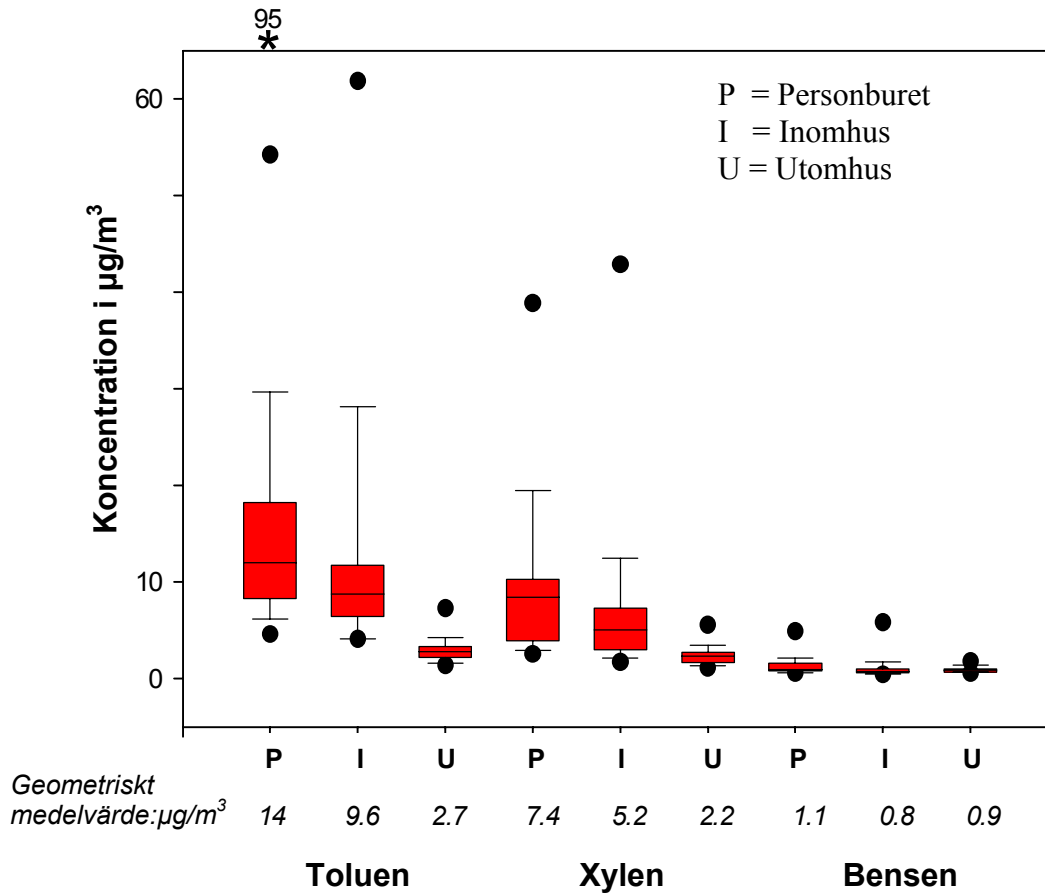
	AM	GM	GSD	Median	Range
Alla individer omg1, N=40	9,0	7,4	1,8	7,1	2,5-40
Individer (upprepade) omg1, N=20	8,5	7,4	1,8	8,4	2,9-20
Individer (upprepade) omg2, N=20	9,5	6,2	2,0	5,7	3,2-74

Tabell 7. Koncentrationen av xylener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vid mätningar utförda personburet, i individens sovrum samt utanför bostaden under samma mätperiod för 20 individer. I tabellen redovisas aritmetiskt medelvärde (AM), geometriskt medelvärde (GM), geometrisk standarddeviation (GSD) och medianen samt lägsta och högsta värde (range).

	AM	GM	GSD	Median	Range
Personburet	9,5	7,3	2,0	8,4	2,5-40
Sovrum	7,3	5,2	2,1	5,1	1,7-44
Utanför bostaden	2,4	2,2	1,4	2,3	1,1-5,6

Samband mellan olika mätplatser och ämnena

I nedanstående figur presenteras resultaten från de olika mätplatserna. I ovanstående text har dessa kommenterats för respektive ämne. För samtliga ämnen var den personburna exponeringen signifikant högre än inomhushalterna och mycket högre än utomhushalterna för toluen och xylen.



Figur 4. Mediankoncentration och 5 %- respektive 95 %-percentiler samt geometriska medelvärden för respektive ämne och provplats (N=40 för personburna mätningar och N=20 för inomhus- och utomhusmätningarna). Xylen innefattar o-,p-m-xylen och etylbensen.

I tabell 8 presenteras korrelationsmatrisen för de olika ämnena och mätplatserna. För de enskilda ämnena har sambanden även presenterats i ovanstående text. De personburna mätningarna visade hög korrelation med inomhushalterna men inte med utomhushalterna för ämnena toluen och xylen. De personburna mätningarna av bensen korrelerade med utomhushalterna av alla tre ämnena. Utomhushalterna av bensen, toluen och xylen visade samtliga en hög korrelation sinsemellan. Det fanns signifikanta korrelationer mellan inomhushalterna av xylen och bensen respektive xylen och toluen. Däremot fanns ingen signifikant korrelation mellan inomhushalterna av toluen och bensen.

Tabell 8. Korrelationsmatris (Spearman) för bensen (B), toluen (T) och Xylen (X) vid olika mätplatser (n=20). P = personburet, I = inomhus, U = utomhus. Värde i fetstil: $p < 0,05$.

	B/P	B/I	B/U	T/P	T/I	T/U	X/P	X/I	X/U
B/P	1								
B/I	0,86	1							
B/U	0,72	0,78	1						
T/P	0,18	0,05	-0,1	1					
T/I	0,23	0,34	0,18	0,69	1				
T/U	0,65	0,68	0,84	0,05	0,21	1			
X/P	0,61	0,40	0,20	0,54	0,52	0,28	1		
X/I	0,41	0,53	0,21	0,46	0,68	0,34	0,71	1	
X/U	0,64	0,70	0,78	0,18	0,36	0,94	0,35	0,47	1

Kvoten mellan toluen och bensen för olika mätplatser

Kvoten mellan toluen och bensen var signifikant lägre för utomhusmätningarna (mediankvot toluen/bensen=3.2) jämfört med den personburna exponering (toluen/bensen=10) och inomhushalterna (toluen/bensen=11). Rökarna hade signifikant lägre kvot (mediankvot toluen/bensen=8) jämfört med icke-rökare som endast utsatts för passiv rök i mindre än en timme (toluen/bensen=16).

Inverkan av olika faktorer

Det fanns ingen skillnad i exponering för bensen, toluen eller xylen mellan kvinnor och män. Bensenkoncentrationen bland rökare (N=14) var signifikant högre ($p=0,003$) jämfört med icke-rökare som utsatts för passiv rök i mindre än en timme (N=21). Mediankoncentration för rökarna var $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och för dessa icke-rökare $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. För toluen och xylen sågs ingen skillnad med hänsyn till rökvanor. Inverkan av vissa andra enskilda parametrar såsom tankning av bil, vistelse i område med mycket trafik eller om man färdats med bil eller buss i större utsträckning var liten och inte statistiskt signifikant för något av ämnena. Bensenhalten i sovrum var signifikant högre i flerfamiljshus ($0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) jämfört med enfamiljshus ($0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Det fanns även en skillnad för toluen som dock inte var signifikant ($p=0.06$).

Diskussion

Validitet

Urvalet av försökspersoner gjordes slumpmässigt och bortfallet var ej oacceptabelt stort (29 %) och då det i de flesta fall fanns rimliga orsaker till att utvalda personer ej kunde delta bedömer vi den undersökta gruppen vara representativ för befolkningen i Göteborg i aktuell ålder.

Den använda diffusionsprovtagaren har undersökts i fältundersökningar utomhus och jämförts med ett direktvisande BTX-instrument (Wideqvist et al 2003). För bensen sågs signifikant högre halter med diffusionsprovtagaren medan toluen gav likvärdiga resultat vid jämförelse över en vecka. Våra utomhusvärden för bensen kan därför eventuellt vara något för höga.

Bensen

Exponeringskällor för bensen antas främst vara exponering för bilavgaser, tobaksrök och vedeldning. Lågrisknivån för bensen har av Institutet för Miljömedicin (IMM) angivits till $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vilket baseras på en riskbedömning extrapolerad från personlig exponering vid yrkesexponering (Victorin 1998). De personburna mätningarna visade att genomsnittsexponeringen med 95 % sannolikhet låg under detta värde.

Medianvärdet, $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, för de personburna mätningarna av bensen var klart lägre än i tidigare svenska undersökningar (Barregård et al 1999, Berglund och Khamas 1999, Sällsten et al 2000). Två undersökningar i Göteborg under 1999 med samma mätmetod visade en genomsnittsexponering vid personburna mätningar på cirka $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Barregård et al 1999, Sällsten et al 2000). Även de stationära bakgrundsmätningarna gav nu en genomsnittskoncentration på $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sänkningen kan bero på att bensenhalten i bensin reducerats fr.o.m. januari 2000 till maximal tillåten nivå på högst 1 volyms %, men andra faktorer som modernare bilpark och vädervariationer kan också ha betydelse. En nedåtgående trend stöds av resultaten från bakgrundsmätningar i URBAN-projektet där det varit en sjunkande trend för samtliga provtagningsorter från 92/93 tom 99/00 (SCB 2000). Månadsmedelvärdena var dock cirka 40 % lägre under perioden oktober-december 2000 jämfört med motsvarande period året innan (Karin Sjöberg, IVL, personlig uppläsning).

I nyligen genomförda undersökningar inom Hälsorelaterad miljöövervakning i Umeå (2001) och Stockholm (2003) uppmättes medianhalter på $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respektive $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i ett slumpmässigt urval i allmänbefolkningen (Modig et al 2001, Kruså et al 2003).

Medianen för bensen vid sovrumsmätningarna låg något lägre än de personburna mätningarna, vilket var förväntat och överensstämmer med resultat från tidigare undersökningar (Gonzales-Flesca et al 1999, Cocheo et al 2000, Loh et al 2001, Skov et al 2001, Kinney et al 2002). Det fanns en hög korrelation mellan de personburna mätningarna och sovrumsmätningarna, vilket även visats en tidigare undersökning i Hagfors (Loh 2001).

I tidigare undersökningar har bensenkoncentrationen utomhus i allmänhet varit klart lägre än vid de personburna mätningarna (Barregård et al 1999, Sällsten et al 2000, Cocheo et al 2000, Skov et al 2001). Resultaten från denna undersökning visade en liten skillnad mellan personburna och stationära mätningar utanför bostaden eller i bakgrunden. Anledningen kan vara slumpen eller att exponeringen från bilavgaser reducerats genom införande av lägre bensenhalt i bensin.

Toluen och xylen

I Sverige finns vad vi vet inga tidigare uppgifter om allmänbefolkningens exponering för toluen eller xylen. I de miljöövervakningsundersökningar som sker i landet ingår inte analys av dessa ämnen, då man numera använder en provtagare med ett annat adsorbentmaterial. För toluen och xylen finns ingen lågrisknivå angiven men IMM har angivit riktvärden på 37 µg/m³ respektive 43 µg/m³ (IMM 1992) där hänsyn tagits till ämnenas påverkan på det centrala nervsystemet. De personburna mätningarna visade att genomsnittsexponeringen med 95 % sannolikhet för både toluen och xylen låg under dessa värden.

Vi fann att utomhushalterna var signifikant lägre än halterna både inomhus och personburet. I en studie bland barn i Danmark fann man också klart lägre utomhushalter än personburet (Raaschou-Nielsen et al 1997). Även i andra studier i Europa och USA har man funnit lägre halter utomhus än inomhus (Schneider et al 2001, Kim et al 2001, Kinney et al 2003). I två av studierna var halterna inomhus av xylen (summa xylener + etylbensen) snarlika de vi funnit (Schneider et al 2001, Kim et al 2001). I en studie från USA, där mätningar skedde på studenter, fann man ungefär samma koncentrationer vid de personburna mätningarna av både toluen och xylen som vi (Kinney et al 2002) men inomhus- och utomhushalterna var något högre.

Inverkan av olika faktorer

Rökarna hade en högre bensenexponering än icke-rökarna. Rökarna får förstås i sig en betydligt större mängd bensen till följd av att de även direkt inhalerar bensen i själva tobaksröken. Bensenhalten i sovrum var något högre i flerfamiljshus jämfört med enfamiljshus vilket eventuellt kan bero på skillnad i rökvanor eller trafiktäthet vid bostäderna. I denna undersökning kunde vi inte se någon tydlig inverkan av faktorer som tankning av bil, vistelse i miljö med mycket trafik m.m. Anledningen är troligen att dessa moment i tid endast utgör en liten andel av den totala mätperioden.

Variabilitet och mätstrategi

Uppläggningsmetoden med upprepade mätningar hos samma individ gjorde det möjligt att skatta variabiliteten inom respektive mellan individer. I denna studie var mätperioden sex dygn och för bensen utgjorde inomindividvariation, 58 % av den totala variabiliteten. Detta är som förväntat lägre än vad man fann vid dygnsmätningar där inomindividvariationen utgjorde 86 % av den totala variabiliteten (Barregård et al 1999). Med längre mätperioder får man således en säkrare skattning av individens genomsnittsexponering. Reduktionen är dock mindre än vad man teoretiskt

skulle förvänta, vilket kan bero på en större variabilitet i analysen vid lägre bensenhalter. Även för ämnena toluen och xylén dominerade inomindividvariationen, som var 75 % respektive 63 %.

Om man vill skatta olika tillfälliga faktorerers betydelse för exponeringen är det bättre att använda kortare mätperioder eller mätningar under själva momenten. Om en person t.ex. tankat bilen en gång under en sexdygnsmätning (2 minuter med $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bensen) ger detta moment en ökning av genomsnittshalten för bensen på endast $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Däremot ger mätningar under en längre tid en bättre uppskattning av genomsnittsexponeringen för individerna.

För samtliga ämnen var den personburna exponeringen signifikant högre än inomhushalterna och mycket högre än utomhushalterna för toluen och xylener. Det fanns inte heller någon korrelation mellan den personburna exponeringen och utomhushalterna för dessa ämnen. Stationära mätningar utomhus av toluen och xylén kan därför inte användas som underlag för en riskvärdering för människor.

Tack

Ett stort tack till Olof Johansson som ansvarade för analyserna, Carina Loh som ansvarade för fältinsamlingen och Gunnel Garsell för hjälp med layout av rapporten. Utvärderingen av toluen- och xylendata har finansierats av medel från Naturvårdsverket, Länsstyrelsen i Västra Götaland och Västra Götalandsregionen.

Referenser

Barregård L, Nordlinder R, Ljungkvist G, Söderholm A, Wahlström D, Lindskog A, Andersson J. BIG – Bensenexponering hos allmänbefolkning i Göteborg 1999. Rapport från Yrkesmedicin nr 77. Göteborg 1999.

Berglund T, Khamas A. Bensenexponering hos allmänbefolkning i Borås. Projektarbete. Läkarlinjen, Göteborgs Universitet, 1999.

Cocheo V, Sacco P, Boaretto C, De Saeger E, Ballesta PP, Skov H, Goelen E, Gonzales N, caracena AB. Urban benzene and population exposure. *Nature* 2000; 404:141.

Gonzales-Flesca N, Cicolella A, Bates M, Bastin E. Pilot Study of Personal, Indoor and Outdoor Exposure to Benzene, Formaldehyd and Acetaldehyde. *Environmental Science and Pollution Research* 1999; 6(2): 95-102.

IMM. Hälsorelaterad miljöövervakning – ett programförslag. IMM-rapport 7/92. Stockholm 1992.

Kim YM, Harrad S, Harrison RM. Concentrations and sources of VOCs in urban domestic and public microenvironments. *Environ. Sci. Technol.* 2001;35:997-1004.

Kinney PL, Chillrud SN, Ramstrom S, Ross J, Spengler JD. Exposure to multiple air toxics in New York City. *Environ Health Perspect* 2002, 110: 539546.

Kruså M, Bellander T. Preliminär rapport från Miljöövervakningsundersökning Stockholm 2003. Arbets och Miljömedicin. Stockholm

Loh C, Andersson C, Ferm M, Ljungkvist G, Lindahl R, Barregård L, Sällsten G. Vedrök i Hagfors – befolkningens exponering för luftföroreningar vintern 2000. Rapport från Yrkes- och miljömedicin nr 83. Göteborg 2001.

Modig L, Forsberg B, Hagenbjörk-Gustafsson A, Järvholm B, Levin J-O, Lindahl R, Rhén M, Segerstedt B, Sundgren M, Sunesson A-L, Broström-Lunden E. Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – Exponering och halter i Umeå 2001. Naturvårdsverket, 2001 (Rapport till Naturvårdsverket, Programområde: Hälsorelaterad miljöövervakning),
<http://www.imm.ki.se/national/datavard/introsidan.asp>

Raaschou-Nielsen O, lohse C, Thomsen BL, Skov H, Olsen JH. Ambient air levels and the exposure of children to benzene, toluene, and xylenes in Denmark. *Environmental research* 1997;75:149-159.

SCB. Luftkvalitet i tätorter vintern 1999/2000. Programmet för miljöstatistik, Stockholm dec 2000. Beställningsnummer MI 24 SM 0001.

Schneider P, Gebefügi I, Richter K, Wölke G, Schnelle J, Wichmann HE, Heinrich J, INGA study group. Indoor and outdoor BTX levels in German cities. *Sci Total Environ* 2001;267:41-51.

Skov H, Hansen AB, Lorentzen G, Andersen HV, Löfström P, Christensen CS. Benzene exposure and the effect of traffic pollution in Copenhagen, Denmark. *Atmospheric Environment* 2001;35:2463-2471.

Sällsten G, Barregård L, Johansson, Lindahl R, Loh C. Allmänbefolkningens exponering för bensen och aldehyder. <http://www.vmc.ymk.gu.se/bensen.htm>

Sällsten G, Björklund J, Johansson O, Melin J, Lindahl R, Loh C, Östman C, Barregård L. Cancerframkallande ämnen i tätortsluft – personlig exponering, individrelaterade mätningar och bakgrundsmätningar i Göteborg 2000. Rapport från Yrkes- och miljömedicin nr 90, Göteborg 2001. <http://www.imm.ki.se/national/datavard/introsidan.asp>

Victorin K. Risk assessment of carcinogenic air pollutants. IMM-rapport 1/98. Stockholm 1998.

Wideqvist U, Vesly V, Johansson C, Potter A, Broström-Lundén, Sjöberg K, Jonsson T. Comparison of measurement methods for benzene and toluene. *Atmospheric Environment* 2003;37:1963-1973.