

BILAVGASER

GÖTEBORG

ANALYSER

HALTER

HÅLLPLATSER

P-HUS

CYKLISTER

FOTGÄNGARE

Kolväten i Göteborgsområdets luftmiljö

Expositionsläge och åtgärdsunderlag

Göran Petersson

Kemisk Miljövetenskap
Chalmers tekniska högskola

Rapport från en undersökning utförd under första halvåret 1979 på uppdrag av Naturvårdsenheten vid Länsstyrelsen i O-län. Undersökningen har finansierats av samma länsstyrelse. De praktiska analyserna har utförts av Lena Månbladh och Mary Mattsson vid institutionen för teknisk kemi.

Göteborg 19 juni 1979

INNEHALLSFÖRTECKNING

1. Sammanfattning
2. Kolväten som luftföroreningar.
 - 2.1. Kolväten - organiska luftföroreningar
 - 2.2. Bensen, toluen och xylene
 - 2.3. Göteborgsluftens kolvätemönster. Koncentrationer och väderförhållanden
 - 2.4. Kolvätenas ursprung
 - 2.5. Internationella jämförelser
 - 2.6. Skadeeffekter och hälsorisker
3. Jämförande kolväteanalyser som åtgärdsunderlag
 - 3.1. Analysstrategi
 - 3.2. Avstånd till biltrafik
 - 3.3. Hållplatser och gatukorsningar
 - 3.4. Den bilåkandes exponering
 - 3.5. Parkeringshus
 - 3.6. Aromatiska kolväten från industrier
4. Referenslitteratur

1. SAMMANFATTNING

Bensen, toluen, xylen och andra aromatiska kolväten förekommer i mätbara mängder överallt i Göteborgsområdets luftmiljöer. Bilavgaser utgör den helt dominerande källan till befolkningens exposition för dessa kolväten. Koncentrationerna i trafikmiljön är jämförbara med dem i Los Angeles och andra miljonstäder på grund av flera för Sverige ogynnsamma faktorer. Industriella utsläpp bidrar jämfört med bilavgaser obetydligt till befolkningens exposition för t ex xylen utom i närheten av en industri som Volvo.

Jämförelser mellan olika trafikmiljöer ger ungefär följande relativa koncentrationer;

Tätortsmiljöer ca 100 m från bilar	1
Vanlig gatumiljö med biltrafik	5-10
Trafikpunkter med bilköbildning	10-20
Inuti bilar under stadskörning	10-40
Inuti parkeringshus	40-100

Bilavståndet har alltså en avgörande betydelse för luftföroreningar från bilavgaser vilket ger mycket stora möjligheter till förbättringar. Ut efter gångbanor och cykelbanor och vid hållplatser och andra samlingspunkter ger en separation på 50-100 m från bilar en expositionsminskning till ca en tiondel. En liknande radikal förbättring för besökare liksom för boende och arbetande vid en gata erhålls om biltrafiken tas bort vid just denna gata. Den enskilde kan minska sin egen (och sina barns) exposition kraftigt genom att undvika bilmiljöer och särskilt bilåkning i tätorter.

2. KOLVÄTEN SOM LUFTFÖRORENINGAR

2.1. Kolväten - organiska luftföroreningar. När det gäller tätorternas luftproblem har uppmärksamheten tidigare främst riktats mot oorganiska föroreningar. Bland dessa märks svaveldioxid, kväveoxider, kolmonoxid, ozon och bly. De kolinnehållande, mer komplicerat uppbyggda organiska föreningarna har däremot tidigare oftast bestämts som en grupp genom mätning av luftens innehåll av organiskt kol. Detta är otillfredsställande eftersom denna grupp innehåller oerhört många komponenter som kan ha mycket olika egenskaper. Under det senaste decenniet har tillräckligt känslig analysmetodik för bestämning av enskilda organiska luftföroreningar i olika luftmiljöer utvecklats och använts på flera håll i världen. Det har då visat sig att de s k kolvätena, dvs föreningar som innehåller enbart kol- och väteatomer, nästan alltid utgör det dominerande organiska inslaget i stadsluft. Kolvätena är i sin tur en mycket heterogen grupp av föreningar. Föreliggande rapport behandlar främst de flyktiga monocykliska aromatiska kolvätena bland vilka återfinns välkända och omdebatterade föreningar som bensen, toluen och xylen. I Sverige har dessa kolväten tidigare studerats vid en undersökning av luften i Vänersborg (1). De aromatiska kolvätena visade sig utgöra uppemot hälften av mängden organiska föroreningar i trafikmiljön. Bensen har också analyserats i några Stockholmsmiljöer i en studie för Naturvårdsverket (2). En studie av organiska luftföroreningar i inomhusmiljöer visar på minst lika höga koncentrationer som i omgivande yttre luftmiljö (3).

Bland kolvätena i stadsmiljön återfinns utöver den här behandlade gruppen också betydande mängder av andra lättflyktiga komponenter samt små mängder av de uppmärksammande, i flera fall cancerogena polycykliska aromatiska kolvätena. Kolvätena dominerar bland de hundratala organiska komponenter som hittills har identifierats i flera internationella undersökningar (4). Syre- och kväveinnehållande föreningar bildade som fotokemiska reaktionsprodukter från kolväten kan dock förväntas finnas i ännu större antal och dessutom finns t ex många klorföreningar. Det bör alltså framhållas att denna rapport bara täcker en mycket liten om än väsentlig del av antalet organiska luftföroreningar.

2.2. Bensen, toluen och xylen. De flyktiga aromatiska kolvätenas grundstruktur karakteriseras av en sexring av kolatomer som är samman-kopplade på ett speciellt sätt vilket ofta markeras med en cirkel. Grundstrukturen svarar mot bensen som är det mest välkända och också mest fruktade av dessa kolväten. Närstående kolväten har en eller flera kolvätegrupper (alkylgrupper) bundna till kolatomerna i ringen och kal-las alkylbensener. De enklaste alkylgrupperna är metyl- och etylgrupperna (CH_3 resp C_2H_5). Strukturer och namn för de aromatiska kolvätena med 6-8 kolatomer ges i Fig. 1. Genom att två metylgrupper kan sitta i inbördes olika position utgörs dimetylbensen, som oftast går under namnet xylen, av tre olika föreningar med något olika egenskaper.

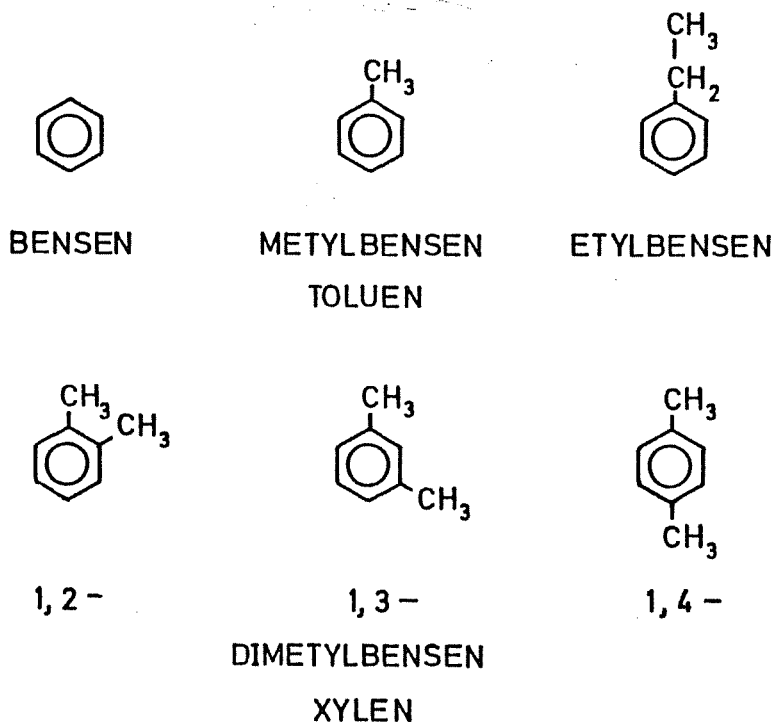


Fig. 1. Aromatiska kolväten med 6-8 kolatomer.

Bensen, toluen och xylen är de mest omdiskuterade och i stadsluft oftast analyserade (4) av de flyktiga aromatiska kolvätena. För att få en sam-tidig bild av förekomst och dygnsvariation av dessa i Göteborgs trafik-miljö gjordes analyser från Länsstyrelsens byggnad nära centrum under ett i sju analysperioder uppdelat dygn. Resultaten för bensen och toluen åter-ges i övre diagrammet i Fig. 2, medan det nedre diagrammet ger resultaten för xylen och för den närstående föreningen etylbensen.

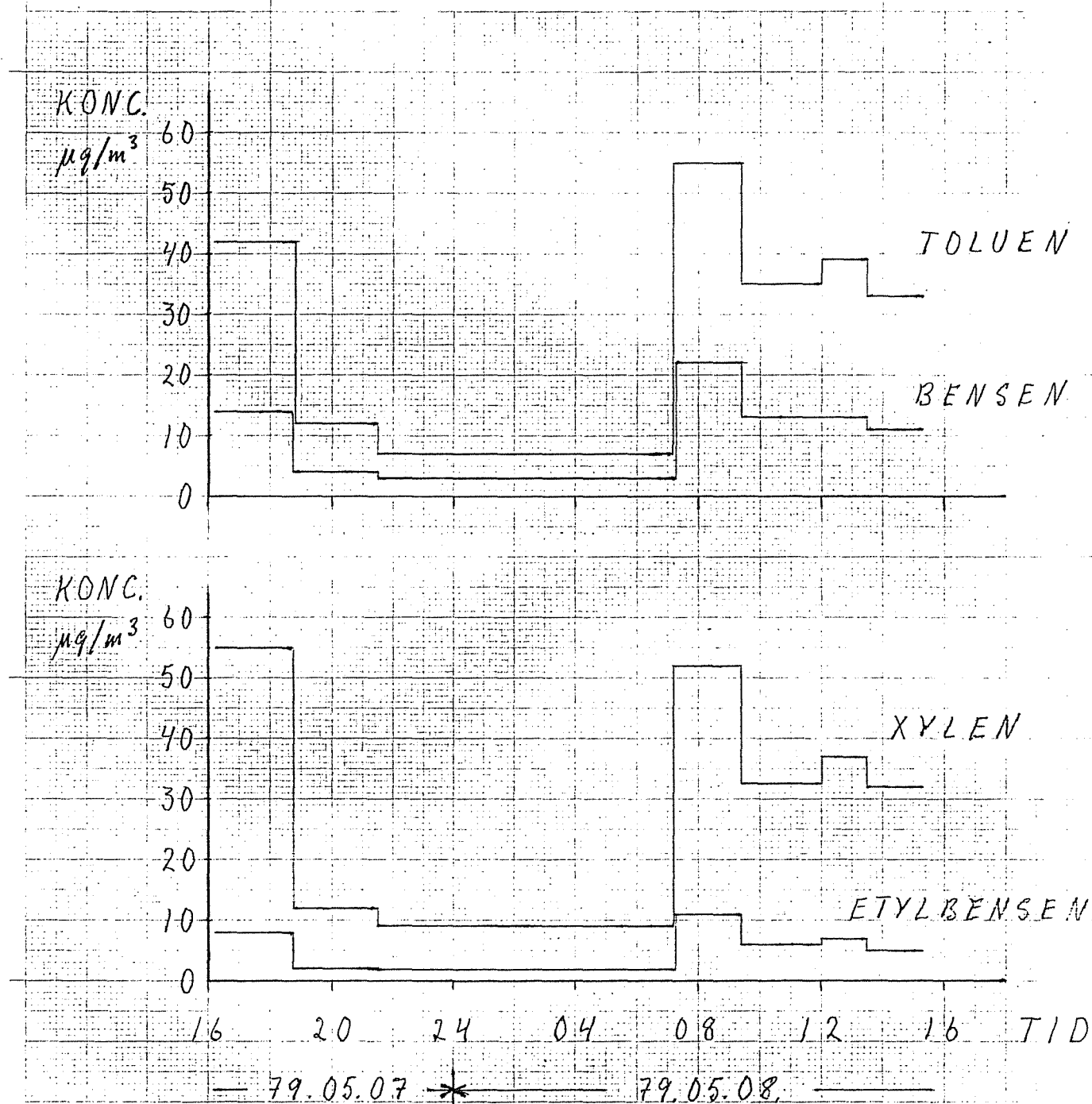


Fig. 2. Dygnsvariation för några aromatiska kolväten i luft vid Länsstyrelsens byggnad i Göteborg. Mätunkt: Fönster på 1:a våningen mitt på byggnaden ut mot Stora Badhusgatan 3 m över gatunivån. Väderförhållanden 1979-05-08 kl 08: + 6 °C, svag SSV vind, 1011 millibar, 90% luftfuktighet. Lätt regn förekom mellan kl 20 och kl 06. Resultaten bygger på gaskromatografisk analys av sju luftprover (0.3-1.1 l) upptagna efter varandra enligt diagrammen.

De studerade kolvätena var fullt mätbara för samtliga upptagna luftprover. Ett lätt regn föll från mitten av andra mätperioden och under natten vilket genom regnets lufttvättande effekt torde ha bidragit till att sänka värdena för kvällen och natten något mer än vad som är normalt. Särskilt höga koncentrationer erhöles under morgonen vid trafiktoppen in mot centrum på den enkelriktade gatan vid mätpunkten. Samvariationen för de fyra komponenternas koncentrationer är slående och de inbördes koncentrationsförhållandena är mycket lika dem som erhöles i Vänersborg (1). Detta visar att kolvätena nästan uteslutande härrör från trafikemissioner. Genom att analyserna gjordes under relativt gynnsamma väderförhållanden så illustrerar de att människor som vistas i närheten av en trafikerad gata praktiskt taget kontinuerligt exponeras för så höga halter av bl a bensen, toluen och xylen att dessa föreningar kan analyseras i varje andetag luft.

2.3. Göteborgsluftens kolvätemönster. Koncentrationer och väderförhållanden.

I Fig. 3 återges en analys för en trafikmiljö i Göteborg med den gaskromatografiska analysteknik (1) som genomgående använts för denna studie. Varje topp svarar mot en förening och toppytan är ungefär proportionell mot mängden. Toppytan mäts automatiskt även för de "avbrutna" toppar som bara delvis får plats på skrivarpapperet. Analysen täcker främst kolväten med från sex till tio kolatomer. Små molekyler återfinns till vänster i analysen och stora till höger. De identifierade lätta aromatiska kolvätena med 6-9 kolatomer är klart dominerande och har markerats med sina respektive strukturer. Många alkylbensener med 10-11 kolatomer återfinns längst till höger i analysen. De talrika övriga komponenterna utgörs till stor del av icke-cykliska s k parafinkolväten. Bland dessa har de oögrnade s k n-alkanerna med olika antal kolatomer i kedjan markerats.

Den återgivna analysen är i sina huvuddrag karakteristisk för den kolvätebild som genomgående återfinns i Göteborgs trafikmiljöer. Även om endast ett fåtal komponenter diskuteras för de flesta av de i denna rapport redovisade analyserna så uppvisar alltså varje analys en liknande komplexitet.

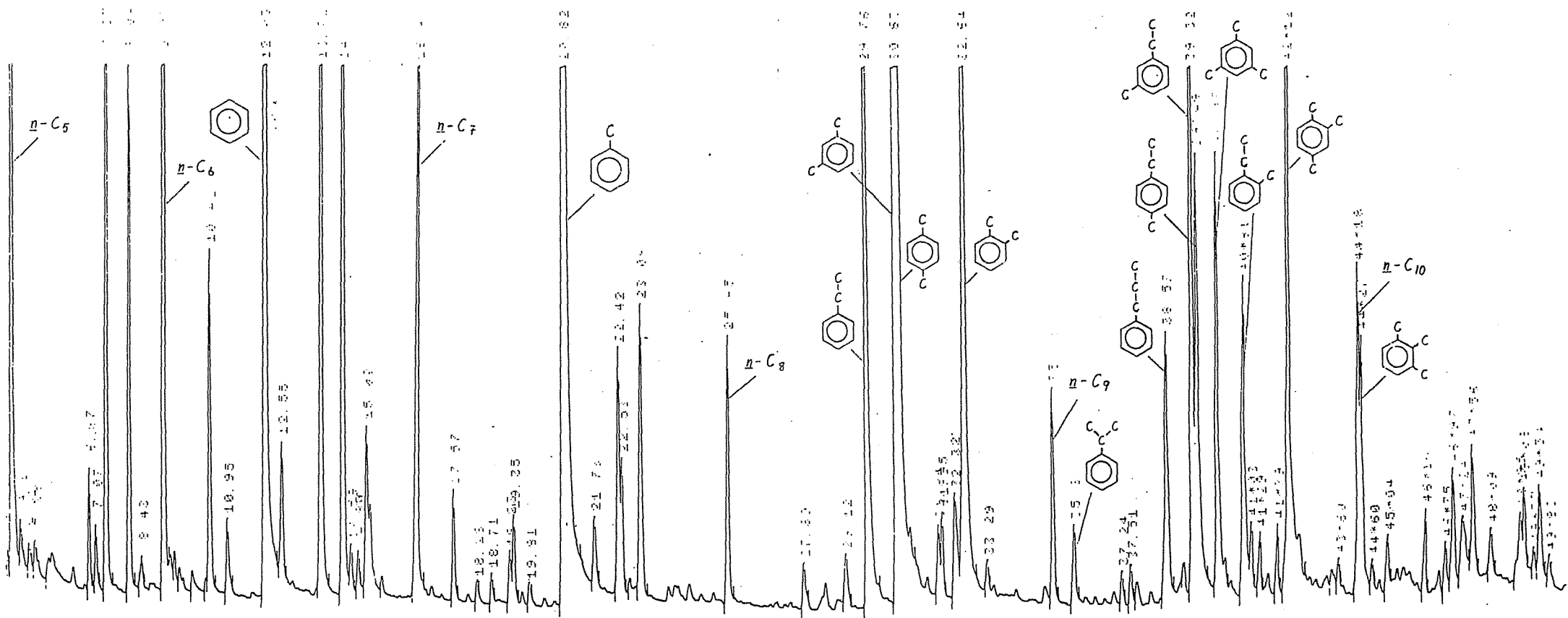


Fig. 3. Luftföroreningsmönster för kolväten i Göteborgs trafikmiljöer.

Analys av innehållet i 0.5 l luft upptaget under 10 min på spårväghållplatsen vid Vasa sjukhus 1979-02-12 kl 10 då vinden var svag SO och temperaturen -6°C .

Tabell 1. Luftkoncentrationer av aromatiska kolväten utefter Avenyn. ^{1,2}

	1979-02-12	1979-03-15
	k1 15.20	k1 17.30
	Nästan lugnt	Måttlig NO vind
	-10 ⁰ C	0 ⁰ C
	µg/m ³	µg/m ³
Bensen	84	27
Toluen	206	72
Etylbensen	40	13
Xylen (3 st komponenter)	194	72
Trimetylbensener (3 st)	77	29
Etylmetylbensener (3 st)	63	20
Propylbensener (2 st)	14	4

- ¹ Luftproverna har upptagits med bärbar utrustning under promenader mellan Götaplatsen och Stora teatern.
- ² Mängdrelationerna inom grupperna med 2-3 adderade besläktade kolväten är likartade dem som redovisats för Vänersborg (1). Närmare halva mängden xylen utgörs sålunda av 1,3-dimetylbensen medan återstoden fördelas relativt jämnt på 1,2- och 1,4-dimetylbensen.

I Tabell 1 ges exempel på vilka koncentrationer av aromatiska kolväten som kan förekomma i en representativ och välkänd trafikmiljö i Göteborg. Koncentrationsförhållandena mellan de enskilda komponenterna är nästan identiska för de två analyserna och svarar mot den ovan nämnda typiska kolvätebildens. Den stora skillnaden i absolutkoncentrationer återspeglar främst den effekt som skilda väderförhållanden ger. Februarianalysen representerar relativt ogynnsamma förhållanden med stabil luftskiktning över snötäckt mark medan marsanalysen torde svara mot ungefär normala ventilationsförhållanden och koncentrationer.

Bland de väderfaktorer som ger en gynnsam situation med låga koncentrationer märks främst regn och vind. Värden betydligt under dem för marsanalysen har då erhållits i ett par fall. Luftens vertikala omblandningsförhållanden påverkar situationen i hög grad. Stabil luftskiktning nära marken erhålls ofta vid kraftig värmeutstrålning särskilt nattetid och över snötäckt mark. Under vinterhalvåret och även på morgonen under sommarhalvåret uppstår därför ofta situationer med höga halter av aromatiska kolväten. Många meteorologiska faktorer spelar dock in på ett komplicerat sätt och det kan nämnas att koncentrationer i nivå med dem för februarianalysen uppmättes även vid en analys på eftermiddagen den 30:e maj. Analyser som bedömts som otypiska med hänsyn till väderförhållanden redovisas i övrigt inte i denna rapport.

2.4. Kolvätenas ursprung. Jämförelser mellan luftens kolvätebild och kolvätemönstret för olika emissionskällor ger goda möjligheter att dra slutsatser om varifrån luftförorenande kolväten kommer.

Tabell 2. Procentuell sammansättning av aromatiska kolväten med 6-9 kolatomer i bensen och luft.

	Bensen ¹ (jfr ref 5)	Avenyn ² Göteborg	Edsgatan ³ Vänersborg
Bensen	10	12	11
Toluen	30	30	28
Etylbensen	7	6	6
Xylen	31	29	29
Trimetylbensener	11	11	13
Etylmetylbensener	9	10	11
Propylbensener	2	2	2

¹ Kvalité med för Göteborgsområdet nära genomsnittlig sammansättning.

² Medelvärden för de två ovan redovisade analyserna.

³ Analys 1979-02-20 uteder Vänersborgs centrala affärsgata (1).

I Tabell 2 jämförs kolvätesammansättningen för bensin med kolväteinnehållet i luft. Av den långtgående överensstämmelsen kan man dra slutsatsen att de aromatiska kolvätena i luften nästan uteslutande härrör från bensin och främst utgörs av oförbrända komponenter i avgaser från bensindrivna motorer. En systematisk förskjutning mot högre koncentrationer för de lättare kolvätena skulle erhållas vid stora bidrag från ren avdunstning av bensin (6). Markanta sådana förskjutningar observerades bara vid analyser i P-hus med tappstationer och för ett par analyser i månadsskiftet maj-juni vid utetemperaturer på ca 30°C. Andelen bensen är dock ofta något högre i luft än i bensin vilket troligen främst förklaras av att bensen förbränns i mindre utsträckning än övriga aromatiska kolväten. Gentemot paraffinkolvätena i bensin ökar alla de aromatiska kolvätenas andel klart från drivmedel till avgaser och luft (6).

Av andra petroleumprodukter innehåller dieselolja och brännoljor små eller obetydliga mängder av de studerade aromatiska kolvätena. Industriella lösningsmedel innehåller ofta olika alkylbensener men normalt nästan ingen bensen. Eftersom sammansättningen vanligen avviker kraftigt från bensin skulle större bidrag från sådana lösningsmedel påverka analysbilden. Sådan påverkan har erhållits vid analyser i omedelbar närhet av industrier men vid analyser i trafikmiljön dominerar genomgående avgasmönstret totalt.

2.5. Internationella jämförelser. De ovan återgivna resultaten från två analyser på Avenyn i Göteborg har valts som typiska för en mindre gynn-sam resp en normal luftsituation. En utförlig studie av förhållandena i centrala Los Angeles för alkylbensener (7) visar på värden som snarast ligger under den övre Göteborgsnivån. Vid utvalda hårt trafikbelastade punkter i centrala Toronto har uppmätts värden för bensen och toluen (8) som ligger i nivå med de övre värdena från Avenyn. Dessa värden ligger emellertid över eller långt över resultat som rapporterats från ett flertal andra storstäder i Europa, USA och Sydafrika (4). I vissa fall kan dock låga rapporterade koncentrationer bero på provtagningspunkter på avstånd från trafik eller på vädrets inverkan som alltid försvårar jämförelser mellan publicerade luftanalysresultat.

Förekomsten av internationellt sett höga koncentrationer av bensen och alkylbensener i svenska tätorter bekräftas av resultat från Vänersborg (1) och av rapporterade mycket höga bensenhalter vid ett par gator i Stockholm (2). Flera orsaker torde ligga bakom de höga halterna. Bland dessa märks den högre aromathalten i västeuropeisk bensin jämfört med bensin i USA och andra delar av världen. Störst betydelse har dock troligen vårt kalla klimat som vintertid gynnar uppkomsten av markinversioner och också medför stora kolväteemissioner vid kallstarter. Dessutom går den fotokemiska nedbrytningen av kolväten i luften mycket långsammare vid nordliga breddgraders låga temperaturer och svaga ljus. Flera faktorer samverkar alltså till uppkomsten av en mycket ogynnsam situation i Sverige med avseende på aromatiska kolväten.

2.6. Skadeeffekter och hälsorisker. Bensen är en cancerogen förening som kan orsaka mutationer genom reaktion med arvsmassan i levande organismer (9). Vid jämförande riskbedömningar för kemiska föreningar som omger oss i miljön har bensen topprankats (10). Förklaringen till att förekomsten av bensen i nuvarande omfattning ändå tillåts är främst bensinens stora betydelse. Gränsvärden och produktbestämmelser är ju resultat av avvägningar mellan hänsyn till hälsa och miljö och hänsyn till tekniska och ekonomiska intressen. För närvarande pågår sålunda rättsliga förhandlingar om den amerikanska arbetsmiljömyndighetens (OSHA) krav på sänkning av det hygieniska gränsvärdet för bensen. I Sverige är gränsvärdet för bensen betydligt högre än det av OSHA föreslagna samtidigt som de flesta andra cancerogena föreningar knappast alls accepteras i arbetsmiljön.

Alkylbensener är sedan länge välkända nervpåverkande och nervskadande föreningar. Farhågor om fosterskador från bl a xylol (11) har också blivit väl kända under det senaste årets debatt om kolväten i Göteborg. En omvärdering av bedömningen av alkylbensenernas farlighet pågår för närvarande i Sverige i samband med att man vid undersökningar utförda av Arbetarskyddsstyrelsen konstaterat skador vid expositioner under nuvarande hygieniska gränsvärden (12). Liksom för andra nervskadande föreningar som bly torde barn utgöra den mest utsatta riskgruppen.

Den fråga som kanske här ligger närmast till hands är i vilken grad människor i olika stads- och trafikmiljöer påverkas. Det framhålls ofta att de aktuella koncentrationerna absolut sett är mycket små. Andelen bensen i gatuluft kan t ex jämföras med en ärtä i ett ordinarie rum. Samtidigt är emellertid antalet molekyler bensen som t ex flandören på Avenyn inandas i varje andetag nästan ofattbart stort; tusen gånger större än antalet människor på jorden. I princip kan var och en av dessa molekyler ge en skada. Tidigare har man ofta optimistiskt antagit att en tröskelkoncentration existerar under vilken inga skador erhålls. Nya skadeeffekter upptäcks emellertid med bättre metoder vid allt lägre koncentrationer vilket bl a illustrerats av den i bilavgassammanhang välkända blyproblematiken. Det är därför naturligt att utgå ifrån att negativa effekter på hälsa och miljö erhålls även vid små koncentrationer åtminstone så länge dessa ligger långt över eventuella naturliga bakgrundskoncentrationer.

Även om man alltså måste räkna med hälsorisker från bensen och de enskilda alkylbensenerna så torde samverkande s k synergistiska effekter mellan olika föreningar utgöra det allvarligaste problemet. Redan antalet i luften förekommande kolväten är som visats ovan oöverskådligt stort och totala antalet organiska och oorganiska föreningar är många gånger större. I princip kan den negativa effekten av varje enskild förening förstärkas och förändras av närvaron av var och en av alla de övriga. Detta leder till att effekten av en viss förening inte kan förutsägas ens med ingående kunskaper om just denna förening. Det är också ett av flera skäl till att jämförelser med hygieniska gränsvärden blir helt missvisande eftersom dessa satts just med utgångspunkt från sådana kunskaper.

Det kan alltså knappast råda någon tvekan om att starka skäl finns för en minskning av människors exponering för bensen och alkylbensener via luft. Graden av skadeverkningar från vår nuvarande exposition kommer kanske att kunna klarläggas om ett eller ett par decennier. Åtgärder för att minska exponeringen kan däremot sättas in omedelbart.

3. JÄMFÖRANDE KOLVÄTEANALYSER SOM ÅTGÄRDSUNDERLAG

3.1. Analysstrategi. I stort sett allmän enighet råder numera om att tätorternas luftföroreningsituation speciellt med avseende på bilavgaser är oacceptabel. Om hälsoaspekten sätts främst blir det då en analytisk huvuduppgift att ta fram underlag för hur människornas exposition kan minskas. Denna analysuppgift kan troligen bäst lösas genom jämförande analyser för olika exponeringssituationer. Genom samtidiga eller nästan samtidiga analyser kan inverkan av olika väderförhållanden elimineras. Luftanalyser av denna typ ger i princip information som är användbar för flera målgrupper. Den enskilda människan kan sålunda använda den för att planera sin vardag så att expositionen minimeras medan beslutsfattaren får underlag för en riktig planering och utformning av t ex kommunikationer och bebyggelse.

De hittills oftast använda analyserna i fasta mätpunkter ger ofta en missvisande bild av luftföroreningsituationen.

Tabell 3. Jämförelse ¹ mellan Hälsovårdsnämndens mätstation ² och gångtrafikanter exponering utefter Avenyn.

	Mätstation $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Avenyn $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Bensen	5.8	27
Toluen	17	72
Etylbensen	3.4	13
Xylen	18	54

¹ 1979-03-15 kl 17, 0°C, mulet, måttlig NO vind.

² På tak 20 m över mark, Odinsgatan nära Göteborgs Central.

Av Tabell 3 framgår t ex att en analys i den mätpunkt som främst använts för luftanalyser i Göteborg kan ge mycket lägre värden än de som är aktuella i trafikmiljön. En andra jämförelse gjordes den 1 juni 1979 och då erhöles ca 10 ggr högre värden på Avenyn än vid mätstationen. Samtidigt påvisades vid den mycket höga lufttemperatur som då rådde höga koncentrationer av föreningar som sannolikt främst härrörde från det hus på vilket mätstationen är placerad. Mätningar av såväl totalt kolinnehåll som enskilda kolväten på en sådan mätstation kan alltså ge resultat som inte alls återspeglar föroreningsituationen i de miljöer där människor vistas.

Nedan diskuterade analyser för bensen och alkylbensener har genomgående kunnat inriktas på jämförande expositionsanalyser bl a genom att personburen provtagningsutrustning använts. Det bör framhållas att andra luftföroreningar såsom kolmonoxid, kväveoxid, bly, organiska halogenföreningar och samtliga grupper av kolväten torde förhålla sig på ett likartat sätt som bensen och alkylbensener med avseende på spridningsförhållandena. De slutsatser som kan dras från de gjorda analyserna blir därför i stort sett giltiga även för andra komponenter i bilavgaser.

3.2. Avstånd till biltrafik. De analysresultat som återges i Tabell 4 illustrerar betydelsen av avståndet till biltrafik för luftförorenings-situationen.

Tabell 4. Biltrafikavståndets betydelse vid gynnsam luftförorenings-situation.

	Avenyn ¹ promenad 79-05-03 kl 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gågator ¹ i centrum 79-05-03 kl 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bilfritt ² ytterområde 79-05-22 kl 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Bensen	13	3.8	0.5
Toluen	37	-	1.0
Etylbensen	7.1	2.8	0.2
Xylen	37	13	0.8

¹ Stora Teatern - Götaplatsen resp Kungsgatan mellan Västra och Östra Hamngatan, 3°C, 992 mbar och frisk V vind.

² Nära Brudaremossens TV-mast, 18°C, svag O vind.

Som synes är skillnaden stor mellan en trafikerad gata och en gågata även när som här trafikerade gator omger gågatan på bara ca ett kvarters avstånd. Analysen representerar ändå gynnsamma förhållanden och den minsta skillnad som uppmätts. Ett par andra analyser visar på ca 10 ggr högre koncentrationer på Avenyn än i gågateområdet i Centrum. Den tredje jämförelseanalysen är resultatet av försök att leta upp minimalt förorenad luft inom Göteborg. Analysen har därför gjorts på avstånd från biltrafik vid vind från bilfria områden och efter ett lufttvättande regn.

Av Tabell 4 liksom av en rad av de andra analyser som gjorts framgår att de stora vinsterna ur luftkvalitetsynpunkt kan erhållas genom att närmiljön görs bilfri. De som går eller cyklar utefter en viss gata liksom de som bor eller arbetar utefter den får alltså en avgörande luftmiljöförbättring endast om biltrafiken på just denna gata minskas eller tas bort. Det är alltså inte så att avgaserna från en viss stadsdel fördelas relativt jämnt över området ifråga. Dessa förhållanden ger redan nu den enskilda människan stora möjligheter att minska sin exponering för bilavgaser genom att välja vistelseplats och färdväg och genom att förlägga inköp och andra ärenden till miljöer på avstånd från biltrafik. Genomsnittligt torde ett kvarters avstånd till bilar och biltrafik innebära 5-10 gångers minskning av bilavgasexpositionen.

3.3. Hållplatser och gatukorsningar. Spårväghållplatser på gator med biltrafik ger exempel på ett arrangemang som leder till att många människor vistas i omedelbar närhet av biltrafik under inte obetydlig tid. I Tabell 5 visas vilka koncentrationer som kan förekomma och dessutom antyds vilka radikala förbättringar som kan åstadkommas om hållplatser separeras från biltrafik något hundratal meter. Det övre exemplet kan anses representera normala koncentrationer vid Sahlgrenska sjukhuset, medan den undre analysen återspeglar en ogynnsam situation vid Vasa sjukhus. Flertalet gjorda analyser pekar mot att en genomsnittlig minskning av avgasexpositionen på 10-20 gånger kan erhållas vid t ex de studerade sjukhushållplatserna om respektive gator görs bilfria.

Tabell 5. Spårväghållplatser och biltrafikavstånd

	Bensen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Toluen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Xylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Sahlgrenska sjukhuset			
Hp vid biltrafik	36	100	110
79-03-15 kl 17, svag 0 vind, 0°C			
Botaniska trädgården			
Kafé, 100-200 m från trafik	4.0	14	16
79-03-15 kl 17, svag 0 vind, 0°C			
Vasa sjukhus			
Hp vid biltrafik	93	230	220
79-02-12 kl 10, svag SÖ vind -6°C			
Slottsskogen, Björngårdsvillan,			
100-200 m från trafik	2.4	5.2	5.8
79-02-13 kl 10, måttlig NO vind, -6°C			

Avgasemissionerna blir speciellt stora i stillastående bilköer med många bilar tätt intill varandra. Detta leder till en ogynnsam situation vid gatukorsningar och trafikljus vilket återspeglas av resultaten i Tabell 6. Vid båda sjukhusen finns trafikljus i omedelbar anslutning till hållplatserna. Det första exemplet återger i stort sett genomsnittliga förhållanden medan det andra ger resultat vid en ogynnsam vädersituation. Det tredje exemplet jämför Sahlgrenska sjukhuset med de högsta värdena från den ovan diskuterade dygnsvariationsstudien vid Länsstyrelsen. Denna gjordes vid en punkt emellan två trafikljus där bilköer mindre ofta uppstår. De analyser som utförts tyder på att genomsnittligt ungefär dubbelt så höga halter erhålls vid gatukorsningar och trafikljus som i den genomsnittliga gatumiljön.

Tabell 6. Hållplatser och andra gatumiljöer.

	Bensen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Toluen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Xylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Sahlgrenska sjukhuset			
Hp vid biltrafik	36	100	110
79-03-15 kl 17, svag 0 vind, 0°C			
Avenyn promenad			
Stora Teatern - Götaplatsen	27	72	72
79-03-15 kl 17, svag 0 vind, 0°C			
Vasa sjukhus			
Hp vid biltrafik	151	350	320
79-02-12 kl 10, svag 0 vind, -10°C			
Avenyn promenad			
Götaplatsen - Vasagatan	84	210	190
79-02-12 kl 15, svag 0 vind, -10°C			
Sahlgrenska sjukhuset			
Hp vid biltrafik	30	93	98
79-05-08 kl 16, svag S vind, $+6^{\circ}\text{C}$			
Länsstyrelsen, fönster mot St			
Badhusgatan	22	55	52
79-05-08 kl 7-9, svag S vind, $+6^{\circ}\text{C}$			

Av de diskuterade resultaten framgår att en drastisk minskning av expositionen för spårvägsresande kan uppnås genom att spårvägs-gatorna görs bilfria. Även en mindre separation av hållplatser och biltrafik kan ge klara förbättringar av en storlek som är beroende främst av vilket biltrafikavstånd som kan åstadkommas. Stillastående bilköer vid trafikljus är ogynnsamma ur avgassynpunkt och borde därför dras bort från spårväghållplatser, övergångsställen och andra platser där många människor exponeras. Möjligen skulle detta kunna ske med hjälp av trafikljus som stoppar bilarna på ett visst avstånd framför nuvarande trafikljus.

3.4. Den bilåkandes exponering. I Tabell 7 ges två typiska exempel på koncentrationer inuti en bil under stadskörning. Oftast uppmäts vid jämförande analyser högre koncentrationer i bilar än för även de hårdast belastade av de ovan diskuterade yttre trafikmiljöerna.

Tabell 7. Exposition inuti bil under stadskörning.

	Chalmers - Långedrag 79-01-09 kl 17 Måttlig SV vind, 0°C $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Chalmers - Centrum t o r 79-03-12 kl 13 Svag V vind, 2°C $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Bensen	52	76
Toluen	120	210
Etylbensen	25	44
Xylen	120	210

De höga koncentrationerna inuti bilar torde främst förklaras av att en bil ofta ligger direkt i avgasströmmen från en framförvarande bil. Som antyds av tabellen blir koncentrationerna normalt högst vid körning i centrala stadsdelar med många stopp och därmed sammanhängande korta bilavstånd. Vid körning i lågtrafikerade områden sjunker koncentrationerna till endast något tiotal procent av dem som erhålls vid stadskörning. I stillastående bilar är oavsett plats koncentrationerna av bl a bensen ofta mycket höga (2).

Som en följd av erhållna analysresultat från bilar studeras yrkeschaufförernas exposition för bensen och alkylbensener vidare inom ett pågående projekt för Arbetarskyddsfonden. Expositionen inuti bilar drabbar dock förstås alla bilåkande. Särskilt allvarlig kan situationen för barn vara med tanke på risker för nervskador. Det förefaller därför angeläget att barn liksom andra känsliga grupper av människor skyddas mot bilåkning åtminstone i tät trafik och bilköer. Att undvika sådan bilåkning ger samtidigt en möjlighet även för andra kategorier av människor att kraftigt minska sin exponering för bilavgaskomponenter.

3.5. Parkeringshus. De analyser som redovisas i Tabell 8 visar att koncentrationerna inuti parkeringshus genomsnittligt är mycket högre än i alla ovan diskuterade utomhusmiljöer. De två sista analysernas relativt låga värden var sålunda ca 3 ggr och 5 ggr högre än värden från samtidigt gjorda analyser vid "referenshållplatsen" vid Sahlgrenska sjukhuset resp under promenad utefter Avenyn. Uppenbarligen orsakas de höga värdena av ansamlingen av många bilar i kombination med sämre ventilationsförhållanden än utomhus. Situationen förvärras dessutom ofta av att tappstationer med åtföljande bensinavdunstning förläggs till parkeringshusen.

Tabell 8. Parkeringshus.¹

	Toluen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Etylbensen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Xylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Östra Nordstan 79-05-11 kl 13	850	170	950
Perukmakaren 79-05-11 kl 12	520	86	510
Perukmakaren 79-04-26 kl 13	220	30	170
Domus Avenyn 79-04-09 kl 13	370	56	260

¹ Prover upptagna under rundvandring i parkeringshusen. Bensen bestämdes endast för den tredje analysen ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) men kan antas finnas i proportionsvis lika hög eller högre koncentration i övriga fall.

Den tidigare nämnda undersökningen i Stockholm för Naturvårdsverket (2) redovisar bensenkoncentrationer som svarar mot ännu högre halter av aromatiska kolväten än i exemplen från Göteborg. Dessutom visas att liknande höga halter kan erhållas i villor med källarparkering för en enstaka bil. Parkering av bilar inomhus medför alltså mycket stora expositionsrisiker för avgaser jämfört med de flesta andra situationer. I och i närheten av byggnader där sådan parkering på kort sikt inte kan undvikas torde det finnas anledning att kontrollera expositionen åtminstone för människor som utsätts under längre tidsperioder.

3.6. Aromatiska kolväten från industrier. Resultaten av denna och andra (4,7) undersökningar visar att fordonsemissioner dominerar kolvätebildningen mycket kraftigt i stadsmiljön. För att få en bild av expositionen för aromatiska kolväten från industrier jämfört med bilavgaser gjordes analyser nära tätbebyggda områden inte långt från Hisingens industriområden med bl a Volvo och raffinaderier. Analyspunkter och analystillfällen valdes så att vinden kom från industriområdena och så att bilavgasinverkan undveks så långt som möjligt. De i övre delen av Tabell 9 återgivna resultaten visar att koncentrationerna av bensen och alkylbensener låg avsevärt lägre än för samtliga tidigare diskuterade trafikmiljöer och i själva verket relativt nära de lägsta koncentrationer som uppmätts i Göteborg.

Tabell 9. Områden med tänkbar stor industriell påverkan men utan betydande bilavgaspåverkan.

	Bensen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Toluen $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Xylen $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Tångudden, Älvsborgsfjorden			
79-05-03 kl 14, 5°C	1.3	1.7	4.7
Måttlig VNV vind, 992 mbar			
Vattentornet, Biskopsgården			
79-05-03 kl 13, 5°C	0.8	5.1	2.5
Måttlig VNV vind, 992 mbar			
Sportcentrum, Länsmansgården			
79-05-14 kl 16, 14°C	0.5	0.9	1.0
Svag SV vind, 1023 mbar			
Volvo, Torslanda, 200 m avst			
79-06-07 kl 10, 23°C	4.4	19	88
Svag S vind, 1020 mbar			

Det måste dock framhållas att de utförda analyserna endast är stickprover vilka dessutom tagits under en årstid med relativt gynnsamma väderförhållanden. Avsevärt högre halter kan sannolikt förekomma under ogynnsamma förhållanden. Högre halter erhålls också normalt i industriernas omedelbara närhet som framgår av de underst i Tabell 9 givna värdena för Volvo. Det avsnitt av analysen som återges i Fig. 4 illustrerar avvikelser från det normala bilavgasmönstret med förhöjda halter av xylén. Vid ett barndaghem nära Volvo uppmättes vid ett tillfälle med besvärande luftföroreningar (79-05-28) ca $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ xylén.

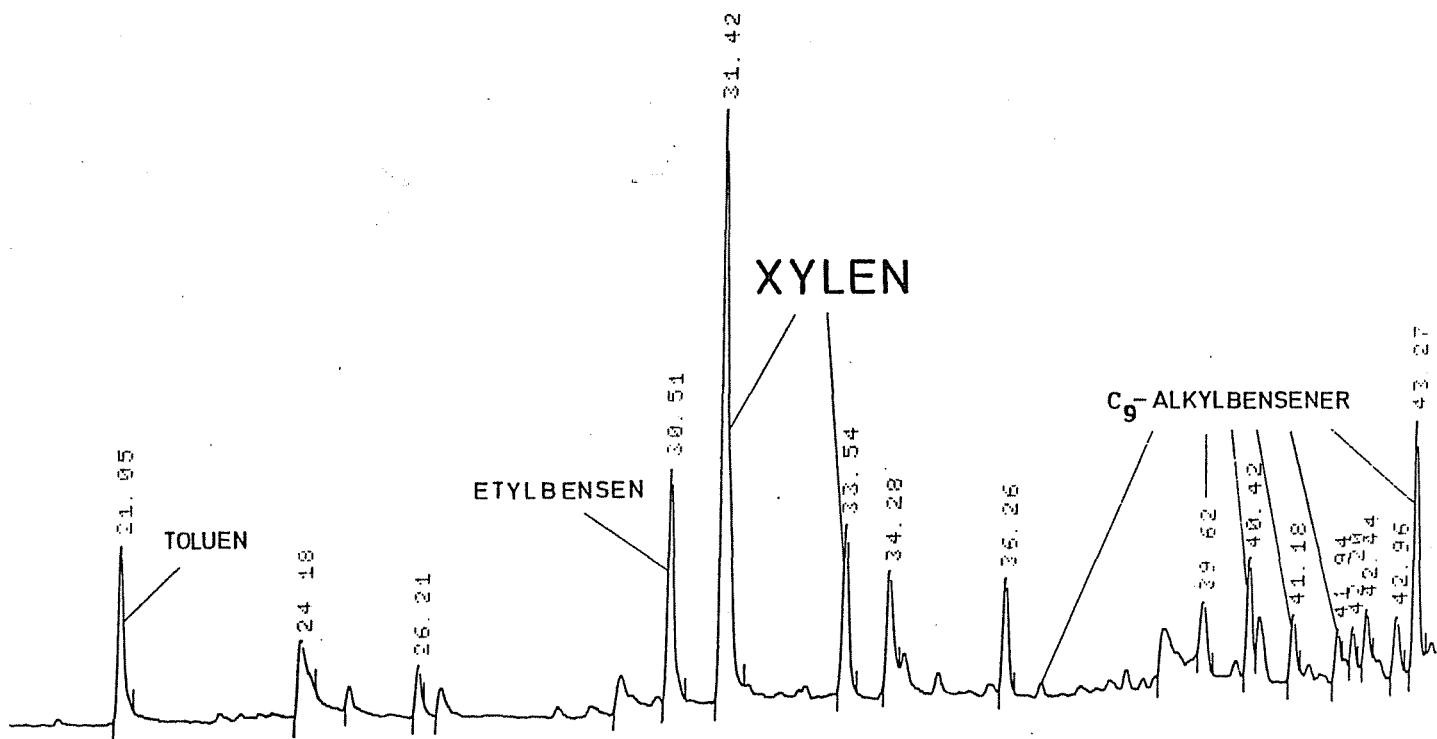


Fig. 4. Kolvätemönster från luftanalys ca 200 m från Volvo, Torslanda 1979-06-07 kl 10, 23°C, 1020 mbar och svag S vind.

När det gäller luftföroreningar från industrier är dock analysmetodiken som använts i denna rapport främst användbar för studier av föroreningsmönster och förekomst av enskilda föreningar. Exponeringsstudier försvåras av oregelbundenheten i de resulterande markkoncentrationerna. Om sådana analyser behöver användas som ett komplement till emissionskontroll inom industrin torde kontinuerliga analysmetoder vara att föredra. Sådan metodik för analys av bl a bensen, toluen och xylen finns nu utarbetad (13).

Av de gjorda mätningarna framgår att för befolkningsgenomsnittet är expositionen för särskilt bensen men även alkylbensener från industrier nästan försumbar jämfört med expositionen från bilavgaser. Detta innebär dock inte att industriella kolväteemissioner skulle vara varken acceptabla eller ofarliga. Vid den fotokemiska nedbrytningen av kolvätena i luften bildas nämligen i stort antal främst syreinhållande produkter (14) vilka oftast betraktas som farligare än kolvätena själva och än så länge bara delvis kan analyseras i luft. Nedbrytningen går relativt snabbt för xylen och andra alkylbensener (15) och produkterna torde drabba såväl när- som fjärrområden. Hälsoeffekter och ekologiska effekter av dessa produkter kan åtminstone i nuvarande läge inte överblickas.

4. REFERENSLITTERATUR

1. "Luft - buller i gatumiljön. Vänersborg 1979".
(Rapporten kan beställas från hälsovårdskontoret i Vänersborg).
2. A. Jonsson och S. Berg:
"Analys av 1,2-dibrometan, 1,2-diklorethan och bensen i omgivande luft". Statens Naturvårdsverk PM 1122, 1978.
3. I. Johansson:
"Determination of organic compounds in indoor air with potential reference to air quality". Atmospheric Environment 12 (1978) 1371.
4. C.W. Louw et al.:
"The determination of volatile organic compounds in city air....". Atmospheric Environment 11 (1977) 703.
5. "Dokumentation från symposium om bilavgaser 1978", Centrum för miljöteknik i Göteborg, meddelande nr 4 1978.
6. H. Mayrsohn et al.:
"Source reconciliation of atmospheric hydrocarbons 1974". Atmospheric Environment 11 (1977) 189.
7. A.P. Altshuller et al.:
"Hydrocarbon composition of the atmosphere of the Los Angeles Basin - 1967". Environ. Sci. Technol. 5 (1971) 1009.
8. S. Pilar and W.F. Graydon:
"Benzene and toluene distribution in Toronto atmosphere". Environ. Sci. Technol. 7 (1973) 628.
9. W.K. Lutz and C. Schlatter:
"Mechanism of the carcinogenic action of benzene; irreversible binding to rat liver DNA". Chem.-Biol. Interactions 18 (1977) 241.
10. M.E. Stephenson:
"An approach to the identification of organic compounds hazardous to the environment and human health". Ecotoxicology and Environmental Safety 1 (1977) 39.

11. P. Haglund och B. Kjellman:
"Behov av miljöanamnes vid leukemi och missbildning hos barn".
Läkartidningen 75 (1978) 3436.
12. "Lösningsmedel påverkar arbetare långt under gränsvärdena".
Arbetarskydd nr 5-1979.
13. N.E. Hester and R.A. Meyer:
"A sensitive technique for measurement of benzene and alkylbenzenes
in air".
Environ. Sci. Technol. 13 (1979) 107.
14. C.W. Spicer and P.W. Jones:
"The fate of aromatic hydrocarbons in photochemical smog systems;
toluene".
J. Air. Poll. Control. Assoc. 27 (1977) 1122.
15. G.J. Doyle et al.:
"Gas phase kinetic study of relative rates of reaction of selected
aromatic compounds....":
Environ. Sci. Technol. 9 (1975) 237.