



Göteborgs universitet  
Naturvetenskaplig problemlösning

2001-05-18

## **Bestämning av bensenhalten i luften i södra Biskopsgården på Hisingen**

Kristian Davidsson  
Lisa Hedin  
Maria Strömvald

**Handledare:**  
Bertil Dynefors  
Jonny Andersson  
Hillevi Upmanis

## Summary

When petroleum products are handled or burned, benzene is emitted into the air. Benzene is injurious to one's health and may cause cancer. The European Union has introduced a guideline implying that the mean content of benzene, over a year in outdoor air, 2010 shall be less than  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . To make sure that the guideline is fulfilled by the member states a common method must be used. In this report one possible method is used and examined. Biskopsgården is a residential area located on Hisingen in Gothenburg near to Shell Refinery AB and several heavily trafficked roads. Measurements with passive diffusive samplers have been performed, during two weeks in March 2001, to delineate how the area is effected by emission of benzene. To examine whether the emission of benzene came from traffic or refinery the ratio between different hydrocarbons were studied. The results of the measurements were also compared with the contents of benzene calculated by the simulation program, Airviro. Since measurements only gave the mean content of benzene during a short period of time there was a need to estimate a mean content over a year to be able to compare with the environmental quality criteria. The computer program Airviro is based on the Gauss model to calculate the benzene concentration and uses data reported by the industries and calculated traffic emission. The two methods were compared to evaluate how they correspond.

The results from the first period showed that the concentration of benzene varied between  $0,5$  and  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . These results were in the same magnitude as the results from measurement performed by IVL, Swedish Environmental Research Institute, in central Gothenburg. The conclusion is that southern Biskopsgården is not more exposed to high concentrations of benzene than the central of Gothenburg provided that the wind is similar to the wind during the period of measurements. In the southern of Biskopsgården the measurements showed that the dominating source of emissions of benzene was the traffic. In the samples downwind from Shell refinery AB there was another rate between benzene and toluene than the rate in a typical traffic situation. The concentrations measured with the diffusive samplers were in all sites higher than the concentrations calculated by Airviro. The difference were examined statistically and found ensured that the simulations underestimate the concentration of benzene in the air. The Simulation model come handy to estimate the scattering of discharge but to use it for calculating the size of discharge the model has to be improved.

# 1 Inledning

Bensen är ett aromatiskt kolväte som är cancerogent. Ämnet frigörs till luften vid hantering och förbränning av petroleumprodukter varför förhöjda halter kan uppmätas i städer och intill stora trafikleder. Raffinaderier och fordonstrafik står för huvuddelen av bensenemissionerna till luften. Utsläppen sker genom avdunstning av oljeprodukter från otäta tankar och genom avgaser i form av oförbränd bensen.

Europeiska unionen har nyligen infört ett gränsvärde för bensen. En gemensam mätmetod behövs för att likvärdigt kunna uppskatta koncentrationerna av bensen. IVL Svenska miljöinstitutet AB gör med jämna mellanrum mätningar i flera svenska tätorter, däribland Göteborg.

Syftet med projektet är att bestämma bensenkoncentrationen i luften i bostadsområdet södra Biskopsgården, som utsätts för emissioner från både raffinaderi och trafik, och att avgöra hur stor del av bensenkoncentrationen som kommer från respektive källa. Passiva diffusionsprovtagare användes för att mäta medelhalten av lättflyktiga kolväten under två enveckorsperioder och simuleringsprogrammet Airviro användes för att beräkna kolvätehalten för samma period. För att se om de uppmätta halterna överensstämmer med de simulerade görs en statistisk utvärdering. Om resultaten samvarierar kan simuleringsprogrammet användas för att uppskatta bensenhalten.

Rapporten inleds med att ta upp hälsorisker och gränsvärden för bensen och en beskrivning av mätområdet och dess emissionskällor. Därefter presenteras metoden samt resultatet och slutligen diskuteras resultatet och slutsatserna presenteras.

## 2 Hälsorisker och gränsvärden

Bensen kan ge upphov till leukemi och andra cancersjukdomar samt genetiska skador. På grund av hälsoriskerna har Institutet för miljömedicin satt en lågrisknivå på  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vid långtidsexponering. Bensenhalter i den storleksordningen bedöms vålla cancer hos 1 av 100 000 personer. [1]

Europeiska Unionen har antagit ett direktiv rörande införandet av ett gränsvärde för bensen och en metod för att utvärdera koncentrationerna. Gränsvärdet för bensen har arbetats fram genom att beräkna vilken nivå som är ekonomiskt och samhällsmässigt möjlig att nå. Högsta tillåtna halt skall vara  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , som årsmedelvärde, med en toleransmarginal på  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Toleransmarginalen skall från och med 1 januari 2003 gradvis sänkas för att vara nere i noll den 1 januari 2010. [2, 3] I samband med EU-direktivet föreslår Naturvårdsverket att Sverige skall sätta en strängare miljö kvalitetsnorm, med ett årsmedelvärde för bensen i utomhusluft på  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , som skall vara uppfylld 1 januari 2010 [4].

IVL Svenska miljöinstitutet AB mäter bensenhalter i ett antal av Sveriges tätorter. I Göteborg är vintermedelvärdehalten av bensen  $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Medianen för vintermedelvärdehalten i svenska tätorter, uppmätt av IVL, är  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Det lägsta värdet,  $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , uppmättes i Motala och det högsta värdet,  $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , uppmättes i Lycksele. [5]

### 3 Beskrivning av mätområdet och dess utsläppskällor

Södra Biskopsgården valdes som detektionsområde av bensen eftersom området innehåller bostäder och är belastat av bensenemissioner från både trafik och raffineringsindustri.

#### 3.1 Bostadsområden och industrier

På södra Hisingen norr om Älvsborgsbron norra fäste ligger bostadsområdena Biskopsgården och Lundby. Söder om Biskopsgården och väster om Lundby ligger Lundby industriområde med några mindre industrier.

#### 3.2 Shell Raffinaderier AB och Skarvikshamnen

Söder om Lundby industriområde ligger Shell Raffinaderier AB. Shell svarar för en fjärdedel av Sveriges behov av oljeprodukter och raffinerar årligen fyra miljoner ton råolja. Raffinaderiets huvudprodukt är dieselolja men även gasol, bensin, flygfotogen och lågsvavliga eldningsoljor framställs [6, 7]. Shell Raffinaderi AB uppgav 1999 ett totalt utsläpp av lättflyktiga kolväten till luft på 1513 ton. Emissionerna från raffinaderiområdet varierar något i sin sammansättning men den genomsnittliga bensenhalten är ungefär 0.5 procent av det totala utsläppet av lättflyktiga kolväten. [8, 9]

Under den senaste tioårsperioden har verksamheten på Shells raffinaderi på Hisingen varit likvärdig i raffineringens mängd, men vissa av produkternas sammansättning har förändrats. Bland annat minskades halten av bensen i bensin minskat från ungefär 5 procent till maximalt 1 procent år 2000 [4]. Shell har minskat läckage av kolväten genom att täta cisternerna där lättflyktiga produkter lagras. Därutöver har läckaget från pumpar minskats med hjälp av bättre packningar. [7]

Söder om Shell raffinaderier AB vid Göta älvs strand ligger Skarvikshamnen. Där lastas petroleumprodukter från de tre raffinaderierna på Hisingen och emissionerna av kolväten bedöms vara ungefär 1500 ton per år [7, 10]. Eftersom det är raffinaderiernas produkter som lastas i hamnen beräknas andelen bensen av det totala utsläppet av lättflyktiga kolväten även här vara 0,5 procent.

#### 3.3 Trafik

Området kring Biskopsgården och Shell raffinaderi AB är starkt trafikerat. På vägarna i området passerar i medeltal 95 000 fordon per dygn. Mest trafikerade är Älvsborgsbron, Lundbytunneln och Torslandavägen med 56 700, 36 400 respektive 28 300 fordon per dygn. Hisingsleden, Oljevägen och Yrvädersgatan är något mindre trafikerade med 18 800, 14 800 respektive 13 700 fordon per dygn. Bräcke Östergårdsgatan, tidigare Bräckeleden, har i sammanhanget lite genomfartstrafik, endast 2 500 fordon per dygn.[11]

Trafiken i området utgörs av 85 till 90 procent personbilstrafik varav 2 procent är dieseldrivna bilar. Resterande 10 till 15 procent är tung trafik [11] det vill säga bussar och lastbilar som huvudsakligen drivs med dieselolja. Den totala emissionen av lättflyktiga kolväten från fordonstrafiken i området har sammanräknats till 3212 ton

per år [10]. Emissionen av bensen från trafik sker genom att avgaserna innehåller oförbränt bränsle och genom läckage från otäta tankar [12]. Bensen innehåller maximalt 1 procent bensen [7] och dieselolja cirka 0.1 procent bensen [12]. Sammantaget utgör bensen cirka 0.9 procent av det totala utsläppet av lättflyktiga kolväten från fordonstrafiken.

Under de tio senaste åren har trafikflödet i området runt Shells raffinaderier ökat. Även en omdirigering av trafiken har skett. Den främsta förändringen är tillkomsten av Lundbytunneln 1998 som bland annat medfört att trafikflödet på före detta Bräckeleden har minskat från 26 000 till 2 500 fordon per dygn.[11] Tunneln mynnar i Biskopsgården och har ersatt Bräckeleden som genomfartsled. Lundbytunneln är 2060 meter lång och självventilerad, det vill säga avgaserna från trafiken dras med ut när fordonen lämnar tunneln, så tunneltrafikens avgaser avgår vid tunnelmynningarna.

## 4 Metod

### 4.1 Mätutrustning

Mätningen av kolvätehalten i luften gjordes med passiva diffusionsprovtagare. Provtagarna är rör som innehåller adsorbenten Tenax TA. Röret är förslutet vid leveransen och öppnas i ena änden vid utplacering. Efter en lämplig tid, som är beroende av halten föroreningar i luften, försluts röret och provtagarna tas in. På platser med höga halter finns risk för att adsorbenten blir full vid för lång exponering och på motsvarande sätt måste exponeringstiden på platser med låga halter vara tillräckligt lång så att adsorberad mängd överskrider detektionsgränsen. Vid analysen extraheras de adsorberade ämnena i en gaskromatograf och provets innehåll av bensen, toluen, etylbensen, m-p-o-xylen, oktan och nonan bestäms. Dessa ämnen är karaktäristiska för mänsklig nedsmutsning av stadsluft. Medelhalten bensen i luften beräknas med hjälp av provets exponeringstid. De passiva diffusionsprovtagarna anges ha ett mätfel på mindre än  $\pm 10$  procent vid mätning av koncentrationer högre än  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [13]. [12, 14]

### 4.2 Tidpunkt för mätning och mätpunkternas placering

Mätningen av bensenhalten i luften på södra Biskopsgården utfördes under 19 till 26 mars och 26 mars till 2 april år 2001. Bensenhalterna varierar med årstiden och är högst på vintern för att sedan sjunka och vara lägst på sommaren. Mätperioden valdes för att efterlikna ett årsmedelvärde. De passiva kolväteprovtagarna placerades ut enligt Figur 1. Provtagarna med nummer 1 till 8, 11 och 12 har placerats för att täcka in raffinaderiets emissioner vid västliga, sydliga och östliga vindar, då dessa vindar, sett under tio år, är främst representerade under mätperioden. Provtagarna har placerats med avsikt att utsläppens avståndsdämpning, både från raffinaderiet och från tunnelmynningen, skall kunna avläsas i resultatet. Provtagare nummer 13 har placerats i Lundbytunneln för att få en tydlig bild av hur sammansättningen av kolväten ser ut i trafikemissioner. Detta för att kunna avgöra om provtagare på andra mätpunkter har mätt emissioner från raffinaderi eller trafik. Då höga kolvätehalter förväntades i tunneln byttes provtagare nummer 13 efter halva veckan för att inte riskera att den skulle bli full. För att avgöra utsläppshalterna framför raffinaderiet, sett i sydlig vind, samt Shells utsläpp vid eventuell nordlig vind, har provtagare nummer 9 placerats ut. Provtagare nummer 5 har satts upp för att se hur stora bakgrundshalterna

är på Hisingen. Söder om Hisingen ligger Göteborgs stad och för att avgöra stadens utsläppspåverkan vid sydostlig vind är provtagare nummer 10 utplacerad. Närmare beskrivning av provtagarnas placering ges i Tabell 1, där även mätplatsernas omgivning beskrivs med hjälp av fem kategorier. Provtagarna önskades placeras i samma nivå som det luftrum människor vistas i men för att provtagarna skulle få hänga i fred sattes de upp i träd och lyktstolpar på cirka fyra meters höjd. Det är även standardhöjd för mätning med passiva diffusionsprovtagare så att jämförelse mellan olika mätningar skall vara möjlig [14].



**Figur 1:** Karta över södra Biskopsgården med omgivning där de 13 mätplatserna är markerade.

**Tabell 1:** I Tabellen beskrivs mätplatsernas placering och kategori. Kategori A betecknar mycket tung trafik och dålig ventilation, B mycket tung trafik och god ventilation, C lokaltrafik, D grönområde och S är i närheten av Shell raffinaderi AB.

Nummer	Mätplats	Kategori
1	Vårvädersgatan	C
2	Blidvädersgatan	C
3	Hagelvädersgatan	C
4	Ruskvädersgatan	C
5	Skogen	D
6	Shell nordvästra hörnet	S
7	Shell norra mitten	S
8	Shell nordöstra hörnet	S
9	Shell södra mitten	S
10	Färjenäs	C
11	Utmarksgatan	C
12	Bräcke Östergård	B
13	Lundbytunnel	A

### 4.3 Gauss spridningsmodell

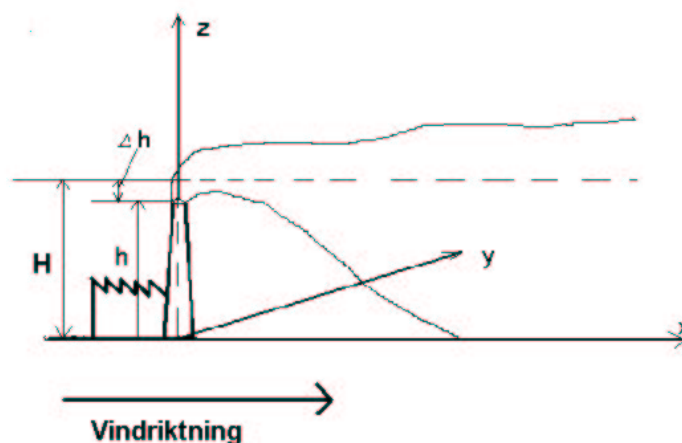
Passiva provtagare ger endast upplysning om en förorenings koncentration i luften under en begränsad mättid. Vid uppskattning av förorenings årsmedelkoncentration används spridningsmodeller som utifrån angivna emissionsmängder och vindförhållanden beräknar föroreningarnas spridning och koncentrationer i ett område. Miljöförvaltningen Göteborg använder beräkningsprogrammet Airviro som bygger på Gauss spridningsmodell. Programmet använder sig av en emissionsdatabas, som innehåller beräknade emissionsmängder från källor i området, och av vinddata. Vindriktning och vindhastighet registreras främst vid Järnbrottsmasten, väster om centrala Göteborg, men även vid vissa mindre vindstationer. I programmet kan en källa beroende av dess karaktär anges som en punktkälla, ytkälla eller linjekälla.

Gauss spridningsmodell är en enkel modell för att beskriva luftföroreningars spridning. I modellen beräknas spridningen av en förorening vara normalfördelad och koncentrationerna av föroreningen beräknas i ett tvärsnitt vinkelrätt mot vindriktningen. En utsläppssituation kan, som illustreras i Figur 2, vara varma rökgaser från en skorsten. Den varma röken stiger i luften för att sedan transporteras i vindens riktning. Koncentrationen av det utsläppta ämnet i punkten  $(x, y, z)$  beräknas enligt

$$k(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \cdot \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

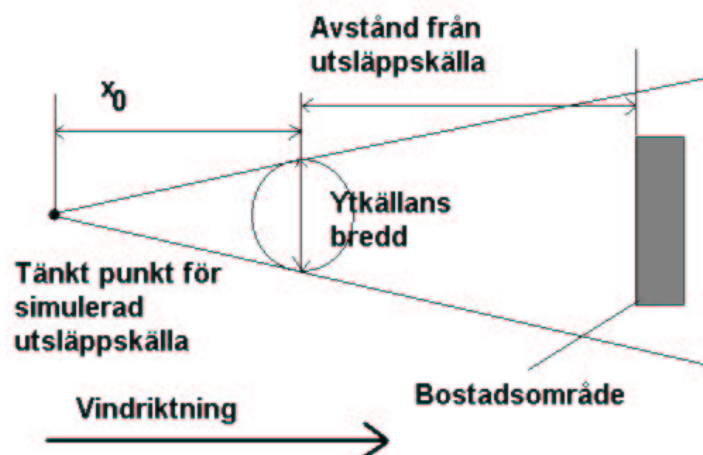
där  $Q$  är utsläppets storlek,  $u$  är vindhastigheten,  $H$  är skorstenshöjden  $h$  plus en rökgasstigning  $\Delta h$ ,  $x$  är avstånd från utsläppskällan i vindriktningen,  $y$  är avståndet horisontellt från utsläppets centrumlinje och  $z$  är höjden över marken.

Standardavvikelserna för utspridningen i horisontal- respektive vertikalled,  $\sigma_y$  och  $\sigma_z$ , är beroende av atmosfärens stabilitet och avståndet,  $x$ , från utsläppskällan. Första faktorn i ekvationen beskriver transporten av föroreningen med vinden i  $x$ -led. Andra och tredje faktorn i ekvationen ger utbredningen av föroreningen i sid- respektive höjddled. Spridningen i sidled kan beskrivas med en term då den antas kunna breda ut sig obehindrat. I höjddled behövs två termer för att beskriva hur föroreningen antas bete sig efter kontakt med marken så kallad spegelskorsten.



**Figur 2:** Ett utsläpp från en skorsten med höjden  $h$  har en rökgasstigning på  $\Delta h$  och en utbredning av rökgaserna i  $x$ -,  $y$ - och  $z$ -led då vinden blåser utmed  $x$ -axeln.  $H$  är  $h$  och  $\Delta h$  tillsammans.

Utsläppen från ett raffinaderi eller industriområde sker inte i en punkt utan från många små punkter över en stor yta. Detta kan simuleras genom att se det diffusa ytutsläppet som ett punktutsläpp i en tänkt punkt på ett visst avstånd  $x_0$  från områdets centrum i motsatt riktning i förhållande till vindriktning, se Figur 3. Vid diffusa utsläpp antas utsläppet ske i marknivå, transporteras med vinden samt breda ut sig i sidled.



**Figur 3:** Schematisk bild av ett diffust utsläpp, sett uppifrån, med en tänkt punktkälla en sträcka  $x_0$  från utsläppets centrum i motsatt riktning i förhållande till vindriktningen.

Utsläpp från fordonstrafik anges som många punktutsläpp efter en linje i vägens sträckning det vill säga en linjekälla. Emissioner från en tunnel simuleras som punktutsläpp vid tunnelmynningarna.

[15, 16]



#### 4.4 Uppmätta halter i förhållande till simulerade halter

Vid simulering av bensenhalter i södra Biskopsgården har miljöförvaltningens simuleringsprogram Airviro använts. De uppgifter som finns i den emissionsdatabas som programmet använder sig av är angivna som totalt utsläpp av lättflyktiga kolväten. Av de källor som ingår i simuleringsområdet är fordonstrafiken samt Shell raffinaderi AB och Skarvikshamnen de dominerande källorna av lättflyktiga kolväten och därmed även bensen [10]. Andelen bensen av totalutsläppet av lättflyktiga kolväten är för Shell och Skarvikshamnen 0,5 procent och 0,9 procent för trafiken. Vid beräkningen av bensenhalten på mätplatserna simuleras kolväteemissionerna från trafiken och ytkällorna var för sig. Värdena från de båda simuleringarna läggs ihop efter att de har multiplicerats med respektive procentsats.

Överensstämmelse mellan simuleringsprogrammets beräknade bensenkoncentrationer och de uppmätta koncentrationerna krävs om programmet skall kunna användas för att beräkna ett korrekt långtidsmedelvärde. Överensstämmelsen mellan de båda metoderna utvärderas statistiskt genom att skillnaderna mellan dem testas i ett tvåsidigt T-test. Testet används när värdemängden är normalfördelad men består av få värden. Den relativa skillnaden mellan de uppmätta halterna,  $m_i$ , och de beräknade halterna,  $s_i$ , skattades med konfidensintervallet

$$\frac{\ln m_i - \ln s_i}{n} \pm t_{\alpha/2} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (95 \%)$$

där  $t_{\alpha/2}$  är ett tabellvärde för T-fördelningen,  $\alpha$  är signifikansnivå,  $S$  är

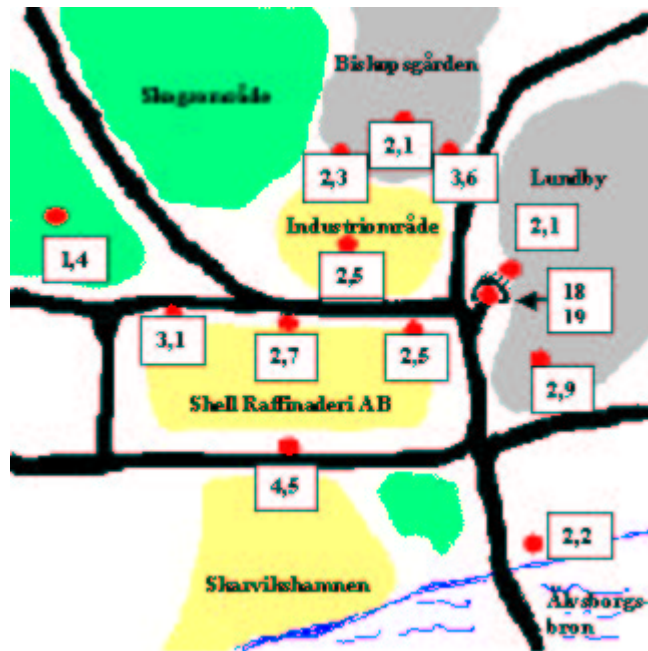
standardavvikelsen för differenserna och  $n$  är antalet mätvärden. Konfidensgraden valdes till 95 procent vilket medför en signifikansnivå på 0,05. Frihetsgraden för testet är antalet värden minus ett, alltså 11. Testet utförs efter de två hypoteserna

$H_0$ : uppmätt = simulerat och  $H_1$ : uppmätt  $\neq$  simulerat.

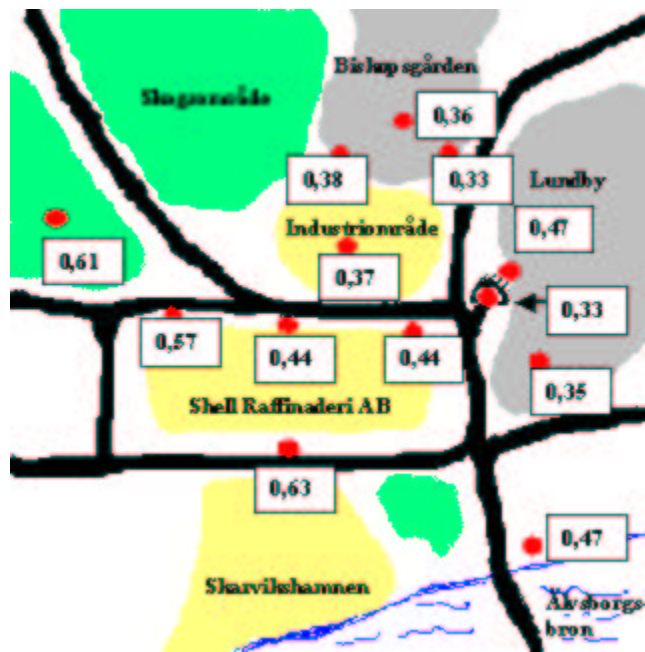
Om värdet noll tillhör konfidensintervallet visar det på att uppmätta och simulerade halter överensstämmer, det vill säga  $H_0$  är sann. Är däremot konfidensintervallet negativt eller positivt kan det med 95 procents säkerhet avgöras att de uppmätta halterna är mindre respektive större än de simulerade. Faktorn som skiljer mellan de båda mätserierna ges av exponenten av konfidensintervallet.[17]

## 5 Resultat

Resultatet från första mätperioden presenteras i Figur 4. Bortsett från Lundbytunneln varierade bensenhalten på de 12 övriga mätplatserna mellan 1,4 och 4,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  med medianen 2,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Det finns två värden på mätplats 13 i Lundbytunneln eftersom provtagaren byttes efter halva mätperioden. Under första delen av veckan var bensenhalten 18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  och under andra delen av veckan var den 19  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kvoten mellan bensen och toluen presenteras i Figur 5. Vid mätplats 13 i Lundbytunneln är kvoten 0,33 och kan ses som en representativ kvot för trafikemissioner. Kvoterna på platserna 5, 6 och 9, som alla är belägna i närheten av Shell raffinaderier AB, är högre än 0,33 och skiljer sig mest från kvoten för trafikemissioner.



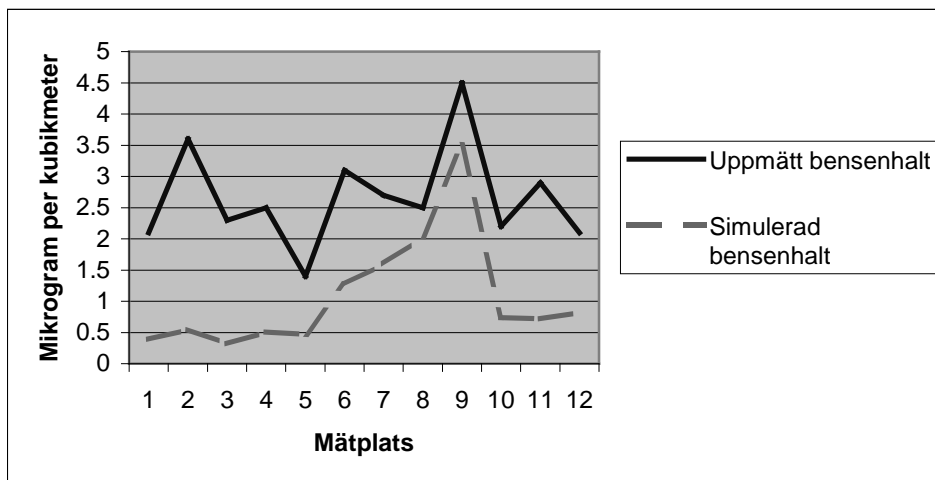
**Figur 4:** I figuren visas bensenhalten i de 13 mätpunkterna för den första mätperioden. Halterna ges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .



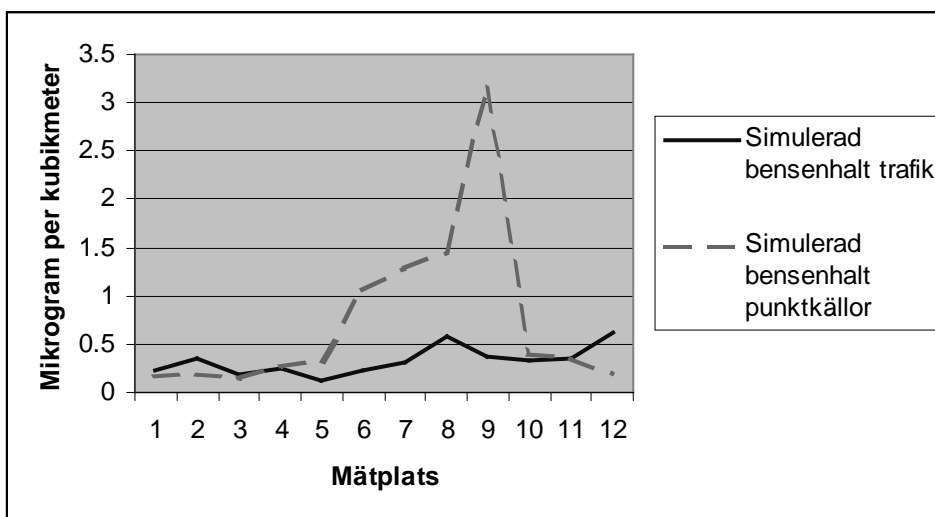
**Figur 5:** I figuren visas kvoten mellan bensen och toluen på de 13 mätplatserna från första mätperioden.

De simulerade bensenhalterna för mätpunkterna 1 till 12 varierade mellan  $0,32$  och  $2,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$  utom för mätplats 9 där bensenhalten uppgår till  $3,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I Figur 6 visas de simulerade och de uppmätta bensenhalterna. I samtliga mätpunkter är de simulerade värdena lägre än de uppmätta halterna dock kan en samvariation anas. De simulerade halterna av bensen för trafik varierade mellan  $0,19$  och  $0,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . För punktkällorna varierade de simulerade bensenhalterna mellan  $0,14$  och  $0,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  utom för mätpunkt 6, 7, 8 och 9 där bensenhalten är högre  $1,45$  till  $3,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De

simulerade halterna för trafik respektive punktkällor presenteras i Figur 7. Det högsta värdet simulerades i mätplats 9. Simulerade bensenhalter för mätplats 13 saknas eftersom mätplatsen var belägen i en tunnel.



**Figur 6:** I figuren visas uppmätt och simulerad bensenhalt från första mätperioden.



**Figur 7:** I figuren visas simulerad bensenhalt för trafiken respektive punktkällorna under första mätperioden.

På grund av förseningar i rapporteringen från analysföretaget IVL har resultaten från andra mätperioden ej varit möjliga att behandla innan slutförandet av rapporten.

## 5.1 Resultat av T-testet

Konfidensintervallet för de relativa skillnaderna mellan de uppmätta och de simulerade halterna är  $1,13 \pm 0,38$ . Intervallet är positivt och innehåller inte värdet noll vilket tyder på att de uppmätta bensenhalterna är högre än de simulerade. De beräknade värdena skall multipliceras med en faktor mellan 2,11 och 4,52 för att överensstämma med de uppmätta.

## 5.2 Väderdata

Vädersituationen under mätperioden skilde sig från det väder som förväntades när placeringen av provtagarna bestämdes. Under mätperioden var den dominerande vindriktningen ostlig mellan nordost till ostsydost. Vindstyrkan varierande mellan 0.5 och 7.5 m/s med mest förekommande vindstyrkor på 5 m/s.

Vädret var klart och ingen nederbörd föll under perioden [18]. Temperaturen gick på nätterna ner till omkring  $-5^{\circ}\text{C}$  och var på dagarna som högst  $+5^{\circ}\text{C}$ . [19, 20]

## 6 Diskussion och slutsats

Bensenhalten i södra Biskopsgården på Hisingen i Göteborg har under mätperioden varit i samma storleksordning som halterna i centrala Göteborg och andra svenska tätorter. Det visar att luftkvaliteten i södra Biskopsgården, vid liknande vindförhållande som under mätperioden, inte är sämre i bensenhänseende trots närhet till petroleumindustri och stora trafikleder. I förhållande till Europeiska unionens kommande gränsvärde för bensen är de under veckan uppmätta halterna av bensen låga. Om Sverige däremot antar naturvårdsverkets miljökvalitetsnorm ligger bensenhalten i södra Biskopsgården på gränsen till det tillåtna. Vindsituationen under mätperioden medför dock att de uppmätta halterna inte kan ses som representativa för ett årsmedelvärde men ger en uppfattning om halternas storleksordning.

Eftersom luften i en tunnel är isolerad från andra emissioner än trafikemissioner visar provet från mätplats 13 kvoten 0,33 mellan bensen och toluen i ett typiskt trafikutsläpp. I några av de övriga proven är kvoten mellan bensen och toluen något avvikande vilket visar på att provtagarna blivit påverkade av kolväteemissioner från andra källor än trafiken. Den knappa skillnaden mellan kvoterna på mätplatserna 1, 2, 3, 4 och 11 och den typiska trafikkvoten tyder dock på att trafiken är den dominerande källan till bensenhalten i dessa mätpunkterna. På mätplatserna 5, 6, 9 som stor del av tiden varit utsatta för emissioner från Shell raffinaderi AB syns en ökning av bensenhalten i förhållande till toluenhalten. Vid mätningar 1996 var kvoten mellan bensen och toluen för trafikemissioner 0,5 [21] men eftersom bensenhalten i bensin sänktes 2000 har kvoten förändrats.

Eftersom de passiva diffusionsprovtagarna sitter ute under en vecka går det inte att se om kolvätekoncentrationen varierar med vindriktning eller tidpunkt på dygnet. Det går därför inte att avgöra hur stor andel av den uppmätta bensenhalten som varje källa bidragit med. Om det skall gå att avgöra hur stor del av de uppmätta bensenhalterna som härrör från Shell raffinaderi AB och Skarvikshamnen respektive fordonstrafiken bör provtagarna sitta ute under en kortare period med stabila vindförhållanden. Med en aktiv mätare som bara behöver någon timmes exponeringstid kan lämpliga vindförhållanden inväntas så att mätplatsen med visshet antingen utsätts för emissioner ifrån till exempel Shell raffinaderi AB eller inte påverkas av dem.

Passiva diffusionsprovtagare är enkla att använda och ger en uppfattning om halterna av bensen i luften men de uppmätta halterna ger ett tidsbegränsat medelvärde, i vårt fall veckomedelvärde. Med simuleringsprogrammet Airviro kan en koncentration beräknas som ett medelvärde över en längre tid. Det visade sig dock att simuleringsprogrammet underskattar bensenhalterna. De beräknade halterna av bensen måste multipliceras med en faktor mellan 2,11 och 4,52 för att överensstämma med de uppmätta. Även om felmarginalen för de passiva diffusionsprovtagarna räknas med i konfidensintervallet så ligger faktorn, som skiljer de båda serierna åt, mellan 1,90 och 5,00, vilket fortfarande tyder på att simuleringsprogrammet underskattar bensenhalten. Programmet kan dock fortfarande vara användbart för att skaffa sig en uppfattning om utsläppets spridning däremot behöver programmet eller dess indata förbättras om det skall vara användbart vid beräkning av föroreningshaltens storlek.

Enligt simuleringarna skulle trafiken och punktkällorna, som utgörs av Shell raffinaderi AB och Skarvikshamnen, bidra lika mycket till bensenhalterna i området.

Det är endast i mätpunkterna 6, 7, 8 och 9 som är placerade i nära anslutning till Shell raffinaderier AB som punktkällorna står för det dominerande bidraget. I jämförelse med kvoterna i de uppmätta proven verkar simuleringsprogrammet underskatta trafikens inverkan i mätområdet.

Simuleringsprogrammet Airviro har brister som medför skillnader mellan uppmätta och simulerade halter. Simuleringsprogrammet tar inte hänsyn till topologin och eftersom bensenhalten kan variera med höjden relativt utsläppen har det betydelse för resultatet. Avvikelsen antas dock vara liten i förhållande till bensenhalten på platsen. Vindriktningen som används i simuleringen är en sammanslagning av huvudvinddata registrerat vid Järnbrottsmasten en knapp mil sydsydväst om mätområdet och vindstationer som korrigerar för lokala vindförhållanden. Trots korrektion kan vindriktningen på enskilda platser på grund av topografin avvika ytterligare. Simuleringsprogrammet tar inte heller hänsyn till hur kolväten bryts ner eller reagerar med andra ämnen i luften. Med den vind som rått under mätperioden, ungefär 5 m/s, och på det aktuella avståndet från emissionskällorna hinner dock kolvätena i luften transporteras till provtagarna innan betydande nedbrytning skett.

Simuleringen grundas på en emissionsdatabas, EDB, som innehåller simuleringsområdets emissionskällor med respektive emissionsmängd vilken kan vara svår att uppskatta. Trafikens påverkan beräknas genom att mäta trafikvolymen och dess sammansättning och multiplicera med medelbilsmissionen. I det område mätningen utförts är det mycket trafik och ofta köbildning vilket gör att emissionen från trafiken kan vara underskattad. Punktkällornas utsläppsmängder är beräknade och uppskattningarna kan vara bristfälliga.

Andelen bensen i emissionerna av lättflyktiga kolväten från Shells raffinaderi har beräknats utifrån emissionsmängder i Shells miljörapport och Shells mätningar av lättflyktiga kolväten. Mätningar har gjorts med en optisk metod (DIAL), som mäter flödet av kolväte, och passiva diffusionsprovtagare, som ger sammansättningen. I rapporten anges endast resultat från prov som mätt koncentrationer högre än detektionsgränsen på  $0,02 \text{ mg/m}^3$  vilket för bensen är mycket höga koncentrationer. Detta gör att beräkningarna av andelen bensen av den totala kolväteemissionen från raffinaderiet sannolikt är något överskattade.

Under mätperioden var östlig vind dominerande varför emissionerna från raffineringsindustrin inte haft någon betydande inverkan på bensenhalten i södra Biskopsgården. Betydande halter av bensen har trots detta uppmätts. Vid rapportens slutförande var ej analysen av andra mätperiodens prov klar. Utvärdering av dessa resultat kan dock vara intressanta eftersom en annan vindriktning var dominerande under perioden och därmed kan även andra bensenkällor inverkat på södra Biskopsgården.

## 7 Källförteckning

- [1] Miljöhälsoutredningen, *Miljörelaterade hälsorisker*. Gotab 17298 Stockholm 1996. ISBN: 91-38-20360-X
- [2] Europiska Gemenskapernas Kommission  
*Förslag till Rådets Direktiv om gränsvärden för bensen och koloxid i luften Bilaga 1*  
Bryssel 98-01-12
- [3] EU-informationen, Gunilla Sallhed
- [4] Naturvårdsverket *Miljö kvalitetsnormen för bensen i utomhusluft* <http://www.environ.se>  
01-04-05.
- [5] Svanberg P.A., Lindskog A. m.fl. *Lufikvaliteten i Sverige sommaren 1999 och vintern 1999/00 – Resultat från mätningar inom URBAN-projektet*. IVL Svenska miljöinstitutet AB. Göteborg, september 2000
- [6] *Shells hemsida* [http://www.shell.se/om\\_shell/index.html](http://www.shell.se/om_shell/index.html)  
01-04-05
- [7] Studiebesök på Shell Kontaktperson: Björn Sigström
- [8] O'Connor S.J. m. fl. *Shell global solutions-Measurement of the VOC emissions from the Shell Raffinaderi, Göteborg autumn 1999*. Utgivningsdatum: 00-04-01.
- [9] *Miljörapport 2000 Shell Raffinaderi AB* Göteborg. Utgivningsdatum: 2001-03-26
- [10] Emmissionsdatabasen EDB, miljöförvaltningens Airviro
- [11] Hans-Erik Svensson Trafikkontoret Göteborg  
*Trafikkontoret Göteborgs hemsida* [www.trafikkontoret.goteborg.se](http://www.trafikkontoret.goteborg.se)  
01-05-11
- [12] Olle Ramnäs Kemisk miljövetenskap CTH
- [13] Mowrer J. m.fl. Diffusive Monitoring of C<sub>6</sub> - C<sub>9</sub> Hydrocarbons in Urban Air in Sweden, *The Analyst*, september 1996, vol.121 (1295-1300)
- [14] IVL Göteborg, Curt-Åke Boström 031-725 6212
- [15] Frennemo L och Arbetsenheten för miljövård vid Göteborgs Universitet  
*Spridning av luftföroreningar*  
Sverige, Treangeltryck, Göteborg, 1986. ISBN 91-7776-022-0
- [16] Lennart Frennemo Matematisktcentrum CTH
- [17] Milton J.S., Arnold J.C. *Introduction to probability and statistics*  
Tredje upplagan, McGraw-Hill Inc. Singapore. ISBN: 0-07-042623-6
- [18] *Lufnet, Miljöförvaltningen Göteborg* [www.miljo.goteborg.se/luftnet/](http://www.miljo.goteborg.se/luftnet/)  
01-05-10
- [19] Miljöförvaltningen Göteborgs vindsimulering
- [20] Miljöförvaltningen Göteborgs uppmätta väderdata
- [21] Barrefors G. Volatile hydrocarbons in ambient air –Gas chromatographic assessment, emissions and human exposure. Bibliotekets reproservice CTH Göteborg, 1996. ISBN: 91-7197-334-6