



# rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

## VOC-exponering vid skoterkörning



Per-Arne Svanberg och Anne Lindskog, IVL  
Mats Lahti, Miljökontoret i Kiruna Kommun

IVL B-1314

Göteborg, december 1998

|  |   |
|--|---|
| <b>Organisation/Organization</b><br>Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning<br><b>Adress/Address</b><br>Box 47086<br>402 58 GÖTEBORG<br><b>Telefonnr/Telephone</b><br>031-46 00 80   | <b>RAPPORTSAMMANFATTNING</b><br><b>Report Summary</b><br><b>Projekttitel/Project title</b><br>VOC- exponering vid skoterkörning<br><br><b>Anslagsgivare för projektet/Project sponsor</b> |
| <b>Rapportförfattare, author</b><br>Per-Arne Svanberg och Anne Lindskog, IVL samt Mats Lahti, Kiruna Kommun  |   |
| <b>Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report</b><br>VOC- exponering vid skoterkörning   |   |
| <b>Sammanfattning/Summary</b><br><p>I rapporten redovisas och diskuteras resultat från tre separata mätinsatser. Den första gäller upprepade VOC-mätningar vid Åkersjön i Krokoms kommun i samband med "Skoternas julafton", januari 1996. Syftet var dels att följa upp resultaten från föregående år och dels att testa personburen provtagning för bestämning av VOC-exponering. Den andra är en förundersökning kring VOC-exponering vid spårdragning med skoter. Syftet var att försöka uppskatta vilken effekt ett PFI (peroxid fuel injection) system har för emissionerna av VOC. Den tredje utgörs av mer omfattande mätning kring skillnader i VOC-exponering vid färd med skoter, med och utan PFI-system. Målsättningen var också att klarlägga hur exponeringen påverkas vid färd med flera skotrar i kolonn.</p> <p><b>Resultaten tyder på att:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• emissionen av VOC från skotrar minskas om dessa utrustas med PFI-system</li> <li>• reduceringen av enkla aromater, vid kolonnkörningen, var mellan 7 och 21%</li> <li>• skoterförare, som kör ensamma eller först i en kolonn, exponeras för VOC-halter som är mångfaldigt högre än vad man uppmäter som "urban bakgrund" i svenska tätorter.</li> <li>• åskådare till skotertävlingar kan exponeras för väsentligt högre halter än en ensam skoterförare, vilket också gäller passagerare på släde efter skotern</li> <li>• vid kolonnkörningen med 10 skotrar exponerades föraren av skoter nr 8 för ca 20 ggr högre halt än föraren av skoter nr 1.</li> </ul> <p><b>Summary</b><br/>         In this report results from three different measuring events are presented and discussed. The first is dealing with VOC measurements in connection with an annual event at Åkersjön in Krokoms, called "Skoternas julafton" and is partly a repetition of measurements performed the previous year. In addition to the comparison with earlier findings, the objective was to evaluate the use of personal sampling in determining individual exposure to selected VOC in connection with snowmobile traffic. The second study concerns VOC exposure of a snowmobile driver in connection with the preparation of ski-tracks. The study includes an attempt to estimate the effect of a PFI system (Peroxide Fuel Injection) on the emission of VOC. Also the third project is treating the effect of a PFI system on the VOC emission. In addition, the differences in exposure were studied as a function of the position of the individual driver in a row of 10 running snowmobiles.</p> <p><b>The results indicate that:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• the emission of VOC from a snowmobile is reduced when a PFI system is used;</li> <li>• the reduction of simple aromatics was between 7 and 21 % when the snowmobiles were driven in a row;</li> <li>• a snowmobile driver, when driving alone or as number one in a row, is exposed to levels of VOC several times higher than the levels normally found in urban background in Sweden;</li> <li>• as a spectator of snowmobile competitions or as a rider in a sledge one can be exposed to VOC concentrations substantially higher as compared with an isolated driver;</li> <li>• when driving in a row of 10, the driver of snowmobile number 8 was exposed to concentrations about 20 times higher as compared to the leading driver.</li> </ul> |   |
| <b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område, näringsgren eller vattendrag/Keywords</b><br>Skoter, luftföroreningar, VOC, bensen   |   |
| <b>Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data</b><br><b>IVL Rapport B 1314</b>  |   |
| <b>Beställningsadress för rapporten/Ordering address</b><br>IVL, Publikationsservice, Box 21060, S-100 31 Stockholm  |   |

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| <b>Sammanfattning//Summary</b>         | <b>Sidan</b> |
|--|--------------|
| <b>Bakgrund</b>                        | 1            |
| <b>Omfattning</b>                      | 2            |
| <b>Mätmetoder</b>                      | 2            |
| Diffusionsmätningar av VOC             | 3            |
| Diffusionsmätningar av NO <sub>2</sub> | 3            |
| Aktiv VOC-mätning                      | 3            |
| Aktiv mätning av aldehyder             | 4            |
| <b>Genomförda studier</b>              | 4            |
| <b>1. Åkersjön, 22-28 januari 1996</b> | 4            |
| 1.2 Anmärkning, mätplatser             | 4            |
| 1.3 Resultat                           | 5            |
| 1.4 Kortfattad resultatkommentar       | 6            |
| <b>2. Kiruna, april/maj 1997</b>       | 6            |
| 2.1 Resultat                           | 7            |
| 2.2 Kortfattad resultatkommentar       | 9            |
| <b>3. Kiruna, 22 mars 1998</b>         | 10           |
| 3.1 Resultat                           | 11           |
| 3.2 Kortfattad resultatkommentar       | 13           |
| <b>Diskussion</b>                      | 15           |
| <b>Tack</b>                            | 17           |
| <b>Referenser</b>                      | 17           |
| <b>Bilaga 1</b>                        |              |
| <b>Bilaga 2</b>                        |              |

## SAMMANFATTNING

I rapporten redovisas och diskuteras resultat från tre separata mätinsatser. Den första gäller upprepade VOC-mätningar vid Åkersjön i Krokoms kommun i samband med "Skoterns julafton", januari 1996. Syftet var dels att följa upp resultaten från föregående år och dels att testa personburen provtagning för bestämning av VOC-exponering. Den andra är en förundersökning kring VOC-exponering vid spårdragning med skoter. Syftet var att försöka uppskatta vilken effekt ett PFI (peroxid fuel injection) system har för emissionerna av VOC. Den tredje utgörs av mer omfattande mätning kring skillnader i VOC-exponering vid färd med skoter, med och utan PFI-system. Målsättningen var också att klarlägga hur exponeringen påverkas vid färd med flera skotrar i kolonn.

### Resultaten tyder på att:

- emissionen av VOC från skotrar minskas om dessa utrustas med PFI-system
- reduktionen av enkla aromater, vid kolonnkörningen, var mellan 7 och 21%
- skoterförare, som kör ensamma eller först i en kolonn, exponeras för VOC-halter som är mångfaldigt högre än vad man uppmäter som "urban bakgrund" i svenska tätorter.
- åskådare till skotertävlingar kan exponeras för väsentligt högre halter än en ensam skoterförare, vilket också gäller passagerare på släde efter skotern
- vid kolonnkörningen med 10 skotrar exponerades föraren av skoter nr 8 för ca 20 ggr högre halt än föraren av skoter nr 1.

## SUMMARY

In this report results from three different measuring events are presented and discussed. The first is dealing with VOC measurements in connection with an annual event at Åkersjön in Krokomb, called "Skoternas julafton" and is partly a repetition of measurements performed the previous year. In addition to the comparison with earlier findings, the objective was to evaluate the use of personal sampling in determining individual exposure to selected VOC in connection with snowmobile traffic. The second study concerns VOC exposure of a snowmobile driver in connection with the preparation of ski-tracks. The study includes an attempt to estimate the effect of a PFI system (Peroxide Fuel Injection) on the emission of VOC. Also the third project is treating the effect of a PFI system on the VOC emission. In addition, the differences in exposure were studied as a function of the position of the individual driver in a row of 10 running snowmobiles.

### **The results indicate that:**

- the emission of VOC from a snowmobile is reduced when a PFI system is used;
- the reduction of simple aromatics was between 7 and 21 % when the snowmobiles were driven in a row;
- a snowmobile driver, when driving alone or as number one in a row, is exposed to levels of VOC several times higher than the levels normally found in urban background in Sweden;
- as a spectator of snowmobile competitions or as a rider in a sledge one can be exposed to VOC concentrations substantially higher as compared with an isolated driver;
- when driving in a row of 10, the driver of snowmobile number 8 was exposed to concentrations about 20 times higher as compared to the leading driver.

## Bakgrund

Ett ökat miljömedvetande har, tillsammans med Sveriges implementering av EU:s Ramdirektiv om utvärdering och säkerställande av luftkvaliteten (96/62/EG), lett till ett behov av att kartlägga alla potentiella källor till miljöstörningar. Emissioner från industriella anläggningar är relativt väl kända och arbetet med att minska dessa har pågått under en längre tid. Införandet av katalysatorer har medfört att utsläppen från vägtrafiken har minskat. Förutom direktiven för luftkvalitet finns en rad direktiv som återverkar på utsläppen av avgaser från vägtrafiken; ett av de viktigare framtaget inom det s.k. Auto-Oil programmet (COM(96)248). Efter att man på detta sätt har hanterat de mest uppenbara källorna till miljöstörningar, flyttas intresset mot andra sektorer, t. ex. småskalig vedeldning, arbetsredskap, fritidsbåtar och snöskotrar. En utredning angående emissioner från arbetsfordon och arbetsredskap pågår (K. Persson, 1998).

Bestämmelser om körning med snöskoter i Sverige, dock huvudsakligen syftande till att skydda mot skador på mark och vegetation och minimera störningar på fauna, flora och friluftsliv, återfinns i Terrängkörningslagen (TKL 1975:1313), Terrängkörningsförordningen (TKF 1978:594), Terrängtrafikkungörelsen (TTK 1972:594) samt Naturvårdslagen (NVL 1964:822). Naturvårdsverket har på regeringens uppdrag utarbetat förslag till föreskrifter om högsta marktryck för terrängfordon, "Barmarkskörning på kalfjäll", december 1997. I utredningen "Naturupplevelser utan buller - en kvalitet att värna om" konstateras att allemansrätten, som man ofta hänvisar till när frågan om allmänhetens bruk av snöskotrar diskuteras, inte ger någon allmän rätt till skoterfärder i naturen mot markägarens vilja. Men eftersom snöskoteråkning utan tillstånd av markägaren inte är förbjuden i TKL, kan allemansrätten ändå sägas ha haft mycket stor indirekt betydelse för utvecklingen. I Norge och Finland utgår man från ett generellt förbud och anger sedan undantag. I Norge skiljer man på nyttokörning, som tillåts då den sker i direkt samband med vissa näringars och myndigheters behov, och icke nödvändig körning, som i princip är förbjuden. På grund av den kraftigt ökande användningen av snöskotrar har nya bestämmelser införts för att få en strängare och mer enhetlig praxis i kommunerna vad gäller undantag från förbudet. I Finland finns, till skillnad från Sverige och Norge, inget krav på registrering av snöskotrar. För att få köra snöskoter på annans mark krävs markägarens tillstånd.

Av de störningar som snöskotertrafik medför behandlas störningar för mark, vegetation och djurliv i de lagar och förordningar som nämnts ovan. Störningar i form av buller uppmärksammades redan 1975. 20 år senare kan man konstatera att buller blivit ett problem i allt fler områden i fjällen, framför allt i tidigare tysta områden. Vägverket lämnade i maj 1995 förslag till en skärpt bullernorm för skotrar till Kommunikationsdepartementet ("Terrängskotrar - förslag till bullernorm" SP rapport 1995:35). Någon ny bullernorm har dock inte antagits.

Avgasutsläpp från snöskotrar har behandlats i tre utredningar, "Miljöklassning av snöskotrar", SOU 1995:97, "Hållbar utveckling i landets fjällområden", SOU 1995:100, samt "Avgasnorm för snöskotrar" (Egebäck och Tingvall, 1995). I miljöklassutredningen har man använt de emissionsfaktorer som tagits fram av Egebäck och Tingvall och uppdaterat tidigare beräknade utsläpp för 1988. Genom att

också väga in den ökade prestandan på moderna skotrar har man beräknat de totala kolväteutsläppen till storleksordningen 25 000 - 30 000 ton/år, d.v.s. 3 - 4 gånger större än 1988. Resultaten från de mätningar som IVL genomfört i Krokoms kommun antyder också att emissionen bör vara betydligt större än vad som framgår av de tidigare beräkningarna (Svanberg och Lindskog, 1995).

Antalet registrerade snöskotrar i Sverige var 1997 130 000 (Snöfo, 1998). Diskussionerna i media om eventuella inskränkningar i skoteranvändningen har varit intensiva och stundtals ganska upprörda. Skotern utgör ett viktigt transportmedel i områden där andra fordonstyper inte går att använda och har där stor betydelse för nyttotrafiken. Den är också av stort värde för friluftsliv och rekreation. 80% av alla snöskotrar som såldes under den senaste säsongen var bruks- och familjemaskiner, resten var utpräglade fritidssnöskotrar (Snöfo, 1998). Samtidigt kan man konstatera att snöskotertrafiken orsakar stora emissioner av kolväten och kolmonoxid och ger upphov till bullerstörningar, vilket kan skada såväl människors hälsa som djurliv och naturmiljö.

## Omfattning

I föreliggande rapport redovisas och diskuteras resultat från tre separata mätinsatser:

1. Upprepade VOC-mätningar vid Åkersjön i Krokoms kommun i samband med "Skoterns julafton", januari 1996
2. En förundersökning kring VOC-exponering vid spårdragning med skoter, med och utan PFI (peroxid fuel injection) system, april/maj 1997
3. Uppföljande och mer omfattande mätning kring skillnader i VOC-exponering vid färd med skoter, med och utan PFI system, mars 1998.

## Mätmetoder

Två mätförfaranden har använts, baserade på "passiv" respektive "aktiv" provtagning. Med passiv provtagning avses mätningar där provtagningen baseras på diffusion av gasformiga komponenter, dvs man utnyttjar molekylernas "strävan" efter utjämning för anrikning på en adsorbent och provluftsflödet utgörs således av molekylernas egna, temperaturberoende rörelser. Fördelarna med tekniken är bland annat att provtagarna i allmänhet kan göras små och att det inte krävs någon ström för insamlingen av prov. Diffusionsflödet kan dock i vissa fall vara för lågt för att under kort tid insamla nödvändig provmängd. Problem med blankvärden och efterföljande traditionella analysmetoder medför då att någon form av aktiv metod bör användas. De aktiva metoder som använts här baseras på att man med hjälp av batteridrivna pumpar exponerar adsorbenter under en bestämd tid och för ett känt provluftsflöde. Båda mätmetoderna kan användas för stationär eller personburen provtagning.

## Diffusionsmätningar av VOC

Tekniken för diffusionsprovtagning av VOC är ursprungligen en amerikansk metod för arbetsmiljömätningar vilken modifierats och anpassats vid IVL för mätningar i yttre miljön. Eftersom metoden baseras på att små mängder analyseras med stor noggrannhet, är tekniken i större utsträckning än vanligt känslig för kontaminering under förvaring och övrig provhantering. Mätningarna säkerställs därför med hjälp av en fältblank. Varje prov (adsorbentrör) följs således under hela mätcykeln av ett likadant adsorbentrör (fältblank) som, undantaget exponeringstiden, hanteras exakt lika som provröret, dvs det avvärms, analyseras före utsändandet, monteras vid mätpunkten utan att "öppnas" och analyseras när provet analyseras. Analys-och provtagningsmetod beskrivs utförligare i **bilaga 1**, som är en sammanfattning av ett avsnitt hämtat från den senaste rapporten inom URBAN-projektet (Svanberg et al., 1998). Metoden har även publicerats (Mowrer et al., 1996). I föreliggande arbete har passiva VOC-mätningar endast utförts stationärt, dvs ej personburet. Till skillnad mot det traditionella genomförandet (veckovist, mån-måndag) har dock exponeringarna i de flesta fall utförts under kortare tid (1/4, 1-2 och 4 dygn).

## Diffusionsmätningar av NO<sub>2</sub>

Både stationära och personburna mätningar av NO<sub>2</sub> utfördes med diffusionsprovtagare utvecklade vid IVL. Metoden beskrivs utförligare i **bilaga 2**, som är en sammanfattning av ett avsnitt hämtat från den senaste rapporten inom URBAN-projektet (Svanberg et al., 1998). Vid den personburna mätningen fästes provtagaren med dubbelhäftande tejp på en broschplatta som i sin tur fästes på kläderna (kragen el likn) i anslutning till personens inandningszon.

## Aktiv VOC-mätning

Samma typ av adsorbent och analysmetod som vid de passiva mätningarna har använts. Aktiva mätningar har utförts både stationärt och personburet. I båda fallen kopplades adsorbentrören direkt till batteridrivna pumpar (SKC) och konstantflöde ordnades med hjälp av kapillär rör och/eller pumparnas egna elektroniska konstantflödeshållning. Provlufsflödena mättes med rotametrar och kontrollerades strax efter start och omedelbart före mätstopp. Tiden bestämdes i allmänhet med tidtagarur och tidsräknare på pump. Undantaget tiden för exponering var adsorbentrören förslutna och invirade i aluminiumfolie. Varje mättillfälle avslutades med att ett flertal av överskottet av adsorbentrör avdelades för efterföljande analys som transport-och fältblanker, dvs rören hanterades och ingick i provtagningsutrustningen i fält men var hela tiden förslutna.



## Aktiv mätning av aldehyder

För provtagningen användes adsorbentrör kopplade till batteridrivna pumpar. Adsorbentrören består av Sep-Pak C<sub>18</sub>-kolonner impregnerade på IVLs laboratorium med 2,4-dinitrofenylhydrazin. Detta reagens bildar med aldehyder en stabil produkt, aldehydhydrazon. Efter provtagningen elueras kolonnerna med acetonitril. Analysen utförs på en vätskekromatograf försedd med en UV-detektor.

## Genomförda studier

En kortfattad beskrivning av bakgrund, upplägg och omfattningen hos de tre mätningarna följer nedan.

### 1. ÅKERSJÖN, 22-28 JANUARI 1996

De uppmärksammade resultaten från mätningarna vid skoterträffen kallad "Skoterns julafton" 27-29 januari 1995 vid Åkersjön ledde bland annat fram till att IVL och Miljö- och Hälsoskyddskontoret (MHK) i Krokoms kommun skickade in en gemensam forskningsansökan till dåvarande OK Miljöstiftelse. Förhoppningen stod till att projektet skulle kunna samordnas med en, enligt uppgift, planerad introduktion av mer miljövänligt bränsle till skotrar. Även andra kontakter togs för att om möjligt få medel till en mer omfattande uppföljning av mätningarna. Trots ett uttalat positivt intresse från olika aktörer beviljades inte vår ansökan.

I brist på medel beslutade dock MHK/Krokoms kommun att på egen bekostnad upprepa en begränsad del av mätningarna under motsvarande skoterarrangemang 1996. Tyngdpunkten förlades till diffusionsmätningar av VOC i anslutning till skoterlederna kring Åkersjön strax före och under det veckoslut som arrangemanget genomfördes. Med hjälp av intresserade personer på plats och genom samordning med ett projekt kring teknikutveckling inom Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning, kompletterades mätomfattningen med några aktiva VOC-mätningar, personburet och stationärt. Likaså utökades de passiva VOC-mätningarna något. Totalt insamlades 11 passiva och 9 aktiva VOC-prover.

### 1.2 Anmärkning, mätplatser

Stationsbenämningarna och utformningen av mätningarna på respektive plats överensstämmer väl med de som redovisas i föregående rapport (Svanberg och Lindskog, 1995). Observera dock att man av rädsla för åverkan och sabotage valde att förlägga mätplatserna på ett något mer undångömt ställe vid mätningen 1996 än 1995. I några fall medförde detta också att mätningen genomfördes på större avstånd till själva skoterleden. Avståndet varierade från ca 6 m till ca 20 m. Under arrangemangets första dag/dygn genomfördes extra passiva mätningar vid ytterligare tre mätplatser, i tabeller nedan betecknat med tillägget max. Placeringen av dessa gjordes i omedelbar anslutning till skoterleden vid tre av de "ordinarie" mätplatserna.

### 1.3 Resultat

Eftersom mätvärdena för oktan, butylacetat och nonan genomgående var i nivå med metodens detektionsgräns har vi valt att enbart redovisa enkla aromater i tabellerna nedan.

**Tabell 1.1** Resultat från diffusionsmätningar av VOC vid Åkersjön 22-28 januari 1996, halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

| Mätplats           | Mätperiod     | bensen | toluen | etylbens. | m,p-xylen | o-xylen |
|--------------------|---------------|--------|--------|-----------|-----------|---------|
| Hotellet 1         | 960122-960126 | 1.3    | 2.5    | 0.4       | 1.1       | 0.4     |
| Hotellet 1         | 960126-960128 | 2.4    | 8.1    | 1.0       | 3.5       | 1.3     |
| Hotellet 1, max    | 960127-960128 | 19.6   | 73.7   | 11.6      | 35.3      | 14.8    |
| Åkersjön 2, Drivan | 960122-960126 | 0.7    | 0.9    | <         | 0.3       | <       |
| Åkersjön 2, Drivan | 960126-960128 | 1.7    | 6.0    | 0.8       | 2.8       | 1.0     |
| Åkersjön 2, max    | 960127-960127 | 48.3   | 178.1  | 26.6      | 80.6      | 35.1    |
| Åkersjön 3         | 960126-960128 | 16.0   | 77.2   | 10.9      | 37.8      | 13.5    |
| Åkersjön 4, Övre   | 960122-960126 | 0.8    | 1.2    | 0.2       | 0.5       | 0.2     |
| Åkersjön 4, Övre   | 960126-960128 | 1.3    | 2.9    | 0.4       | 1.2       | 0.4     |
| Åkersjön 5         | 960126-960128 | 1.8    | 5.1    | 0.7       | 2.3       | 0.8     |
| Åkersjön,sjön max  | 960127-960128 | 13.1   | 47.0   | 7.0       | 21.3      | 9.2     |

**Tabell 1.2** Resultat från aktiv VOC-mätning (stationär och personburen), Åkersjön 27 januari 1996, halterna anges i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

| Prov/placering               | 960127                             | bensen | toluen | etylben. | m,p-xylen | o-xylen |
|------------------------------|------------------------------------|--------|--------|----------|-----------|---------|
| DS1/Dragrace stolpe/16 min   | 12 <sup>30</sup> -12 <sup>46</sup> | 294    | 1283   | 305      | 2179      | 783     |
| DS2/Dragrace stolpe/ 16 min  | 12 <sup>55</sup> -13 <sup>11</sup> | 152    | 722    | 116      | 730       | 264     |
| DK1/Omr. kant / 16 min       | 12 <sup>30</sup> -12 <sup>46</sup> | 659    | 2690   | 598      | 4247      | 1677    |
| DK2/Omr. kant / 16 min       | 12 <sup>55</sup> -13 <sup>11</sup> | 487    | 1903   | 455      | 3546      | 1233    |
| Eric1/pers.buren / 20 min    | 12 <sup>41</sup> -13 <sup>01</sup> | 180    | 319    | 176      | 1290      | 388     |
| PAS1/pers.buren / 20 min     | 12 <sup>41</sup> -13 <sup>01</sup> | 280    | 861    | 303      | 2296      | 746     |
| PAS3/pers.buren / 20 min     | 14 <sup>17</sup> -14 <sup>37</sup> | 175    | 576    | 149      | 894       | 331     |
| Eric2/förare / 38 min        | 13 <sup>27</sup> -14 <sup>05</sup> | 189    | 683    | 164      | 1820      | 682     |
| PAS2/passag.+ i släde/38 min | 13 <sup>27</sup> -14 <sup>05</sup> | 346    | 1731   | 407      | 4577      | 1917    |

De stationära aktiva mätningarna genomfördes samtidigt vid två platser i anslutning till ”dragracetävlingen”. En provtagare placerades ca 1.5 m över mark på stolpe (DS1 och DS2) intill en gångväg inom det område där man parkerade skotrarna och en annan i kanten (DK1 och DK2) mellan tävlingsområdet och ett parkeringsområde för bilar och bussar.

De personburna aktiva mätningarna genomfördes i tre fall (Eric1, PAS1 och PAS3) i andningszon på personer som uppehöll och rörde sig bland publiken till ”dragracetävlingen”. Vidare exponerades ett prov (Eric2) i andningszonen på en förare under färd med skoter (Yamaha XLV, 60hk, 1983 års modell) och avslutningsvis exponerades ett i andningszonen på en passagerare (PAS2), som under ca hälften av tiden åkte i kälke efter skotern (Polaris, 128 hk, 1996 års modell) och resten omedelbart bakom föraren på skotern (PAS2). I de båda senare fallen framfördes skotrarna längs skoterleden vid Åkersjön inklusive en tur, i högre

hastighet, ut på sjön. Det inbördes avståndet mellan skotrarna var relativt stort (>40-50m) och endast ett fåtal andra skotrar uppehöll sig, under provtagningsstillfället, längs den aktuella sträckningen av leden.

#### 1.4 Kortfattad resultatkommentar

En jämförelse mellan resultaten från de passiva mätningarna vid Åkersjön 1995 och 1996 visar att belastningen 1996 var väsentligt mycket lägre än 1995. Detta gäller speciellt proverna från veckosluten då skoterarrangemangen genomfördes. Sannolikt förklaras skillnaderna till stor del av:

- skillnader i vädret. Under mätningen 1995 var de spridningsmässiga förhållandena mycket ogynnsamma ur luftkvalitetssynpunkt, dvs låg temperatur och vindsstillastill medan det var (för tiden) hög temperatur och blåstigt 1996. De planerade extra mätningarna för söndagen 1996 ställdes in pga töväder med kraftig vind.
- att väsentligt färre skotrar uppehöll sig i området 1996 (den allmänna uppfattningen på plats var att det var knappt hälften så många 1996 som 1995).
- att ”snöbristen” sannolikt kan ha medfört kortare körtid / skoter i området 1996.

”Snöbristen” medförde att skoteråkningen längs leden och, inte minst, att färdas i kälke efter skotern blev mindre behagligt. Detta var också huvudorsaken till att ”passageraren” flyttade från kälken till skotern vid mätningen, betecknad PAS2. Det är oklart vilken betydelse den förändrade körrytmen kan ha haft för emissionen från skotern. Vanligtvis ökar dock emissionen med ökande antal inbromsningar och accelerationer.

Resultaten från de aktiva mätningarna visar att exponeringen för bensen i området intill ”dragracetävlingen” varierade mellan 150 och 650  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Motsvarande värden för toluen, etylbensen och summa xylen (meta+para+ortoxylen) blev 320-2,690; 115-600 respektive 1,000-6,500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Resultaten diskuteras vidare i senare avsnitt.

## 2. KIRUNA, APRIL/MAJ 1997

I samverkan mellan Miljökontoret Kiruna Kommun, Friluftsförbundet Kiruna, OK Norbotten och Institutet för Vatten-och Luftvårdsforskning (IVL) i Göteborg genomfördes VOC-mätningar, huvudsakligen personburna, vid två tillfällen under april/maj 1997. Syftet var i första hand att försöka klarlägga hur förarens exponering vid spårdragning med Friluftsförbundets skoter (Aktiv Grizzly SE, modell 1990, 38 hk) förändrades när skotern utrustades med en PFI-tillsats (Peroxid Fuel Injection). Avsikten var från början att testen med respektive utan PFI-tillsats skulle genomföras vid ett och samma tillfälle för att minska betydelsen av yttre faktorer som t ex vädervariationer. Detta visade sig dock inte genomförbart, utan mätningarna utfördes vid två tillfällen, 24 april respektive 5 maj 1997. Båda mätningarna genomfördes med samma mätomfattning, tillvägagångssätt och körsträcka. Projektet betraktas som en förundersökning innefattande ett test av användbarheten hos valda mätmetoder och mätstrategier.

Skoterfärden startade vid parkeringsplatsen för att därefter följa leden till Ädnamvare, ca 6 km åt SV, där man vände och åkte samma väg tillbaka, total körsträcka således ca 12 km. Den första delen av leden mot Ädnamvare går över myrmark med lågväxt björk. Den sista kilometern utgörs av relativt kuperad terräng med vändplatsen högst belägen ca 175 m över startplatsen

Personburna mätningar av VOC som 10-min medelvärden utfördes i inandningszonen på föraren vid 6 tillfällen. Det första provet insamlades som dubbelprov (1a+1b), dvs två adsorbenttröror monterades intill varandra på föraren och exponerades under samma tid. Prov 3, 4 och 5 var enkelprov på föraren. Parallellt med enkelprov 6 och 8 på föraren insamlades också prover (7 och 9) på passagerare i släde efter skotern. Motsvarande märkning i 2:dra mätomgången startar med prov 10a och 10b osv. Vidare utfördes mätning av NO<sub>2</sub> med hjälp av diffusionsprovtagare, två placerade på föraren, en på passageraren samt en på stängselstolpe vid start/stopplatsen, ca 1.2 m över mark. Dessa exponerades under hela tur-och returrejan. Under de första ca 60 minuterna av resan insamlades dessutom ett prov för aldehydbestämning. Valet av exponeringstid i de senare fallen gjordes med utgångspunkt i förväntade halter och på basis av metodernas detektionsgränser.

## 2.1 Resultat

Vädret var:

- 1997-04-24 (mellan ca kl 13<sup>00</sup> och 15<sup>30</sup>) soligt, temperaturen -2 till -4 °C, svag sydvästlig vind och ca 5 cm nysnö.
- 1997-05-05 (mellan ca kl 20<sup>30</sup> och 23<sup>00</sup>) mulet, temperaturen -1 till -4 °C (fallande), svag nordvästlig vind (tilltagande) och lätt snöfall
- 

I Tabellerna 2.1 och 2.2 har resultaten från den personburna VOC-mätningen sammanställts. Observera att för det första resultatet från dubbelprovet på föraren (Tabell 2.1 prov 1a och 1b) anges > värden för halterna av toluen och m+p-xylen. Orsaken var att vi underskattade förväntade resultat och valde ett för lågt "mätområdet" för analysutrustningen. Vid medelvärdesberäkningen för dubbelprovet har vi därför valt det värde som uppmättes i parallellprovet.

**Tabell 2.1** Resultat från personburen VOC-mätning vid färd med skoter i Kiruna 1997-04-24, ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

|          | Prov | bensen | toluen | oktan | butyl-<br>acetat | etyl-<br>bensen | m+p-xylen | o-xylen |
|----------|------|--------|--------|-------|------------------|-----------------|-----------|---------|
| förare   | 1a   | 114    | >416   | 14    | 1                | 109             | >305      | 137     |
| förare   | 1b   | 137    | 821    | 19    | 1                | 144             | 496       | 185     |
| förare   | *1mv | 126    | 821    | 17    | 1                | 127             | 496       | 161     |
| förare   | 2    | 791    | 5287   | 136   | 8                | 1070            | 3420      | 1740    |
| förare   | 3    | 592    | 4098   | 103   | 6                | 774             | 2594      | 1008    |
| förare   | **4  | 274    | 1745   | 41    | 2                | 311             | 1092      | 405     |
| förare-1 | 5    | 60     | 339    | 8     | 0                | 58              | 204       | 72      |
| passag-1 | 6    | 121    | 776    | 17    | 1                | 138             | 467       | 174     |
| förare-2 | **7  | 66     | 374    | 8     | 1                | 57              | 211       | 70      |
| passag-2 | **8  | 232    | 1555   | 36    | 2                | 280             | 968       | 358     |

\*1mv = medelvärdet av dubbelprovet 1a och 1b

\*\* =  $\pm 15\%$  pga osäkerhet i tidsangivelsen (+ 2 min)**Tabell 2.2** Resultat från personburen VOC-mätning vid färd med skoter utrustad med PFI-system i Kiruna 1997-05-05, ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

|            | Prov | bensen | toluen | oktan | butyl-<br>acetat | etyl-<br>bensen | m+p-xylen | o-xylen |
|------------|------|--------|--------|-------|------------------|-----------------|-----------|---------|
| R/förare   | 10a  | 104    | 666    | 19    | 1                | 108             | 392       | 140     |
| R/förare   | 10b  | 106    | 679    | 19    | 1                | 111             | 399       | 144     |
| R/förare   | 10mv | 105    | 672    | 19    | 1                | 109             | 395       | 142     |
| R/förare   | 12   | 168    | 1073   | 27    | 2                | 202             | 722       | 269     |
| R/förare   | 13   | 125    | 732    | 18    | 1                | 140             | 503       | 192     |
| R/förare   | 14   | 50     | 272    | 7     | 1                | 50              | 177       | 68      |
| R/förare-3 | 15   | 37     | 173    | 4     | 1                | 26              | 100       | 38      |
| R/passag-3 | 16   | 211    | 1304   | 32    | 2                | 230             | 836       | 315     |
| R/förare-4 | 17   | 14     | 54     | 2     | 2                | 8               | 32        | 13      |
| R/passag-4 | 18   | 41     | 237    | 5     | 1                | 41              | 147       | 56      |

\*10mv = medelvärdet av dubbelprovet 10a och 10b

Resultaten från aldehydprovtagningen visas i Tabell 2.3 tillsammans med analysresultatet för "fältblank", vilket är ett prov som ingår i all provberedning och provhantering på laboratoriet och i fält med undantag för exponeringen.

**Tabell 2.3** Resultat från bestämning av aldehyder.

|            | Prov<br>nr | HCHO<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | HCHO<br>$\mu\text{g}/\text{prov}$ | Acetald.<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Acetald.<br>$\mu\text{g}/\text{prov}$ |
|------------|------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 98-04-24   | A1         | 4.2                              | 0.177                             | 4.3                                  | 0.178                                 |
| 98-05-05   | A2         | 15.2                             | 0.462                             | 18.2                                 | 0.556                                 |
| Fält blank | A blank    | 9.0                              | 0.275                             | 4.1                                  | 0.126                                 |

Resultaten från diffusionsmätningarna av NO<sub>2</sub> visas i Tabell 2.4. Observera att i detta fall presenteras enbart medelvärdet för ”dubbelproven” på föraren, se vidare under ”Kortfattad resultatkommentar” nedan, och att bakgrunden gäller för start/målområdet.

**Tabell 2.4** Resultat från \*bestämning av NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>).

|             | 97-04-24 | 97-05-05 |
|-------------|----------|----------|
| Förare      | 6.0      | 6.0      |
| Passagerare | 33.2     | 14.2     |
| Bakgrund    | 8.3      | 3.6      |

\* Metodens detektionsgräns har i föreliggande fall uppskattats till ca 25 µg/m<sup>3</sup>.

## 2.2 Kortfattad resultatkommentar

Vi kan inledningsvis konstatera att resultaten från både HCHO-och NO<sub>2</sub>- mätningarna är under och/eller alltför nära metodernas detektionsgränser för att noggrannheten i resultatangivelserna skall anses acceptabla. Det är dock möjligt att acetaldehydhalten under den andra körningen (med PFI-system) är något förhöjd och detsamma gäller för NO<sub>2</sub>-värdet för passageraren i den första testen.

Av VOC-mätningarna framgår att resultaten för två av proverna avviker markant från övriga, förare prov 2 och 3 1997-04-24. Här uppmättes de genomgående högsta värdena och också det efterföljande provet uppvisar markant förhöjd halt jämfört med övriga resultat. Det inbördes förhållandet mellan de analyserade ämnena överensstämmer dock väl med kvotförhållandet i övriga resultat.

Beräknade medelvärden för de uppmätta halter av enkla aromater som föraren och passageraren exponerades för i de båda försöken har sammanställts i Tabell 2.5 nedan. Resultaten för oktan och butylacetat har utelämnats pga att värdena var låga och i nivå med metodens detektionsgräns. För den första testen redovisas också medelvärdet för föraren då proverna 2, 3 och 4 undantagits.

**Tabell 2.5** Medelxponering av enkla aromater för passagerare och förare vid mätningarna 1997-04-24 och 1997-05-05.

|                              | bensen | toluen | bensen | m+p-xylen | o-xylen |
|------------------------------|--------|--------|--------|-----------|---------|
| 1997-04-24 förare            | 270    | 1926   | 331    | 1216      | 472     |
| 1997-04-24 förare (ej-2,3,4) | 84     | 511    | 81     | 304       | 101     |
| 1997-05-05 R/förare          | 83     | 496    | 89     | 322       | 120     |
| 1997-04-24 passageraren      | 177    | 1166   | 209    | 717       | 266     |
| 1997-05-05 passageraren      | 126    | 770    | 136    | 491       | 185     |

Som framgår blev medelhalten under första testen 1997-04-24 högre både för föraren och passageraren jämfört med testen 1997-05-05 då skotern utrustats med PFI system. Resultaten för föraren 1997-05-05 motsvarar mellan 61 och 68% av värdena från

mätningen 1997-04-24 och motsvarande jämförelse med uppgifterna för passageraren blev mellan 65 och 71%. Underlaget är dock alltför litet för några mer långtgående slutsatser.

Den väsentligaste slutsatsen av resultaten bedöms vara att tekniken med personburen aktiv VOC-provtagning fungerat tillfredställande medan den aktiva HCHO-metoden fungerat sämre och att valet av mätmetod för NO<sub>2</sub> var olämpligt. I de senare fallen blir exponeringstiderna/volymererna alltför små för att halterna skall kunna anges med acceptabel noggrannhet. För NO<sub>2</sub> gäller att ett metodbyte till aktiv provtagning krävs för att erhålla mätvärden med en noggrannhet på ±10%-nivån vid oförändrad exponeringstid. Av resultaten här kan man dock konstatera att NO<sub>2</sub>-halterna, i båda fallen, med marginal underskrider nivåerna för de svenska gränsvärdena för förekomst och halt av NO<sub>2</sub> i utomhusluft (75 µg/m<sup>3</sup> och 110 µg/m<sup>3</sup> som 98%-il för dygns- respektive timmedelvärden). Således blir slutsatsen att det ur hälsoeffektsynpunkt inte primärt krävs enskild mätning av NO<sub>2</sub> i liknande mätsituationer

### 3. KIRUNA, 22 MARS 1998

I samverkan mellan Miljökontoret Kiruna Kommun, Lapplands Jägarregemente, I 22 Kiruna och Institutet för Vatten-och Luftvårdsforskning (IVL) i Göteborg genomfördes personburna mätningar av VOC och aldehyder vid fyra tillfällen under förmiddagen den 22 mars 1998. Syftet var i första hand att försöka klarlägga hur förarens exponering förändrades när skotern utrustades med en PFI-tillsats (Peroxid Fuel Injection) samt vilken betydelse fordonspositionen har för exponeringen, då flera skotrar framförs i kolonn.

I testen ingick 20 skotrar med förare, värnpliktiga med befäl från I 22. Skotrarna var av märket Ockelbo 8000 eller Lynx 5900 som alla var utrustade med likadana motorer, Rotax 503. Hälften av skotrarna var försedda med PFI-tillsats.

Mätningarna utfördes vid färd i ett område i närheten av Kiruna. Sträckan "Varggropen – 4:de kilometern mot Kurravaara" kördes tur och retur två gånger. Den första tur-och returfärden genomfördes med 10 skotrar utrustade med PFI-tillsats och den andra med 10 skotrar utan extra tillsatser. Vid båda tillfällena framfördes skotrarna i kolonn med "normalt" inbördes avstånd (ca 10 m). VOC-prover insamlades på föraren till skoter 1, 2, 4, 8 och 10 samt aldehydprover på nr 3 och 9. Provbyten, undantaget aldehydmätningen, genomfördes vid vändplatsen, varför vardera två provomgångar från färd med respektive utan PFI-tillsats erhöles. Provtagningarna startades och stoppades samtidigt och exponeringstiden under den första delresan blev ca 12 minuter och för övriga tre ca 18 minuter. VOC-provtagningen på föraren till skoter nr 4 samt båda aldehydprovtagningarna genomfördes som dubbelprover, dvs samtidig exponering av två adsorbenttrör placerade intill varandra. Observera att aldehydprovtagningarna stoppades vid vändplatsen men återupptogs på samma adsorbenttrör vid tillbakaresan. Erfarenheterna från test 2 ovan visade att vi, trots speciella förberedelser på lab och ett ökat provtagningsflöde, sannolikt behövde åtminstone 2-3 gånger så lång exponeringstid för aldehyderna som för de andra VOC-proverna.

Färdvägen, genom lågväxande blandskog och en del mindre myrområden, var småkuperad och i huvudsak färdades man längs en kraftledningsgata.

### 3.1 Resultat

Vädret var:

- växlande molnighet, temperatur runt 0 °C, svag vind till vindstilla och uppehåll.

Resultaten från VOC-mätningarna har sammanställts i fyra tabeller, Tabell 3.1 - 3.4 nedan. Märkningen 4a och 4b gäller redovisningen av dubbelproverna från skoter nummer 4 i kolonnen. Resultaten redovisas i den ordning som provomgångarna insamlades den 22 mars 1998 (kl 08<sup>00</sup> – 12<sup>00</sup>).

I Tabell 3.5 visa resultat från bestämningen av aldehyder vid färd med skoter utrustad med respektive utan PFI-tillsats.

**Tabell 3.1** VOC-resultat från första färden till vändplatsen. Alla skotrar försedda med PFI-tillsats. Halterna anges i  $\mu\text{g m}^{-3}$ .

| Skoter      | 1   | 2    | 4a   | 4b   | 8    | 10   |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|
| bensen      | 75  | 480  | 1151 | 1028 | 1483 | 1666 |
| toluen      | 247 | 1394 | 3535 | 3125 | 4955 | 4596 |
| oktan       | 6   | 49   | 113  | 99   | 150  | 205  |
| butylacetat | 0   | 8    | 22   | 19   | 29   | 0    |
| etylbenzen  | 47  | 307  | 767  | 677  | 1049 | 1251 |
| m+p-xylen   | 135 | 861  | 2214 | 1958 | 3078 | 3470 |
| o-xylen     | 71  | 377  | 933  | 832  | 1309 | 1476 |
| nonan       | 1   | 13   | 28   | 25   | 34   | 51   |

**Tabell 3.2** VOC-resultat från första färden tillbaka från vändplatsen. Alla skotrar försedda med PFI-tillsats. Halterna anges i  $\mu\text{g m}^{-3}$ .

| Skoter      | 1   | 2   | *4a | **4b | 8    | 10   |
|-------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| bensen      | 92  | 128 | –   | –    | 1495 | 1034 |
| toluen      | 322 | 396 | –   | –    | 5533 | 3992 |
| oktan       | 10  | 12  | –   | –    | 174  | 110  |
| butylacetat | 1   | 0   | –   | –    | 37   | 24   |
| etylbenzen  | 64  | 60  | –   | –    | 1181 | 827  |
| m+p-xylen   | 182 | 205 | –   | –    | 3483 | 2496 |
| o-xylen     | 88  | 94  | –   | –    | 1521 | 1046 |
| nonan       | 2   | 2   | –   | –    | 36   | 18   |

\* = provet ej korrekt förslutet under transporten till lab.

\*\* = resultaten tyder på att provet utsatts för någon form av ”störning”. Observera att 4a och 4b kommer från samma ”mätplats”.



**Tabell 3.3** VOC-resultat från andra färden till vändplatsen. Alla skotrar utan PFI-tillsats. Halterna anges i  $\mu\text{gm}^{-3}$ .

| Skoter     | *1 | **2   | ***4a | 4b   | 8    | 10   |
|------------|----|-------|-------|------|------|------|
| bensen     | –  | (53)  | –     | 1210 | 1751 | 1279 |
| toluen     | –  | (169) | –     | 4071 | 5369 | 4258 |
| oktan      | –  | (4)   | –     | 129  | 172  | 133  |
| butylac.   | –  | (0)   | –     | 26   | 34   | 28   |
| etylbenzen | –  | (20)  | –     | 911  | 1116 | 920  |
| m+p-xylen  | –  | (74)  | –     | 2808 | 3448 | 2766 |
| o-xylen    | –  | (42)  | –     | 1180 | 1402 | 1148 |
| nonan      | –  | (0)   | –     | 31   | 35   | 30   |

\* = ej analyserat pga otät förslutning samt att adsorbentmaterial läckt ut i provförpackningen

\*\* = pumpen stannat under provtagningen, halterna underskattade

\*\*\* = provet ej korrekt förslutet under transporten till lab.

**Tabell 3.4** VOC-resultat från andra färden tillbaka från vändplatsen. Alla skotrar utan PFI-tillsats. Halterna anges i  $\mu\text{gm}^{-3}$ .

| Skoter     | 1   | 2    | 4a   | 4b   | 8    | 10   |
|------------|-----|------|------|------|------|------|
| bensen     | 106 | 642  | 1330 | 2337 | 2029 | 880  |
| toluen     | 279 | 2548 | 4346 | 7553 | 6238 | 2962 |
| oktan      | 9   | 75   | 133  | 230  | 198  | 95   |
| butylac.   | 0   | 17   | 27   | 46   | 40   | 20   |
| etylbenzen | 57  | 507  | 931  | 1619 | 1284 | 635  |
| m+p-xylen  | 200 | 1452 | 2899 | 5014 | 3995 | 1873 |
| o-xylen    | 90  | 634  | 1182 | 2049 | 1602 | 794  |
| nonan      | 9   | 16   | 28   | 51   | 40   | 21   |

**Tabell 3.5** Resultat från bestämningen av aldehyder vid färd med skoter utrustad med respektive utan PFI-tillsats. Halterna anges  $\mu\text{gm}^{-3}$ .

|          | Skoter | Prov  | Form-<br>aldehyd<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|----------|--------|-------|--|
| Med PFI  | *nr3   | 3/1 a | 15   |
| Med PFI  | *nr3   | 3/1 b | 47   |
| Med PFI  | *nr9   | 9/1 a | 39   |
| Med PFI  | *nr9   | 9/1 b | 43   |
| Utan PFI | nr3    | 03/04 | 62   |
| Utan PFI | nr3    | 04/04 | 65   |
| Utan PFI | nr9    | 08/04 | 72   |
| Utan PFI | nr9    | 09/04 | 69   |

\* = koppling mellan provmärkingar och flödesuppgifter oklara

### 3.2 Kortfattad resultatkommentar

I den begränsade datamängd som föreligger kan även enstaka mätdata bortfall försämra möjligheterna att upptäcka eventuella oegentligheter i de kvarstående resultaten. Det förefaller dock inte osannolikt att prov 4b i den avslutande provomgången (Tabell 3.4) kan ha blivit ”oegentligt påverkat”. Bedömningen baseras dels på den goda överensstämmelsen och de uppmätta halterna i dubbelprovet från den första omgången (Tabell 3.1) och dels på det kvarstående resultatet för skoter nr 4 i den tredje mätningen (Tabell 3.3) och hur dessa värden förhåller sig till 4a och 4b i den fjärde omgången. Det finns dock inga anmärkningar på provtagningsprotokollen från mätningarna i fält eller från analysarbetet på IVL-lab som styrker antagandet. I det fortsatta utvärderingsarbetet har vi således, trots osäkerheten, valt att använda det beräknade medelvärdet för 4a och 4b i den avslutande mätomgången.

Trots mätdata bortfallet har vi bildat medelvärden för de uppmätta halterna av enkla aromater för tur- och returresorna, med respektive utan PFI-tillsats. Undantaget ett enskilt värde för toluen och resultaten för exponeringen av föraren till skoter nr 10, blev alla resultat lägre för färden med skotrarna utrustade med PFI-tillsats. I Tabell 3.6 nedan redovisas belastningen vid färd med PFI-tillsats som procent av motsvarande värden vid färd utan PFI-tillsats.

**Tabell 3.6** Jämförelse mellan medelxponeringen av enkla aromater vid tur- och returresan med skotrarna utrustade med respektive utan PFI-tillsats, värdena anges i procent enligt:  $C_{PFI}/C_{Utan} * 100$

| Skoter     | 1   | 2  | 4  | 8  | 10  |
|------------|-----|----|----|----|-----|
| bensen     | 79  | 47 | 70 | 79 | 125 |
| toluen     | 102 | 35 | 66 | 90 | 119 |
| etylbenzen | 98  | 36 | 66 | 93 | 134 |
| m+p-xylen  | 79  | 37 | 61 | 88 | 129 |
| o-xylen    | 88  | 37 | 63 | 94 | 130 |

Som framgår av Tabell 3.6 tycks inte PFI-tillsatsen ha haft någon större betydelse för exponeringen av föraren på den första skotern. Resultaten för skoterposition 2, 4 och 8 tyder däremot på att PFI-tillsatsen medfört att exponeringen här reducerats väsentligt. För skoterposition 8 förelåg inget mätdata bortfall och här varierar reduktionen mellan 7 - 21 %. Resultaten för föraren av skoter nr 10 (inget data bortfall) förvånar. Det förefaller dock sannolikt att skillnaderna, åtminstone till en del, förorsakats av skillnader i vind- och turbulensförhållanden mellan de båda tur- och returresorna. En annan förklaring skulle kunna vara att t ex skoter nr 9 i den första turen (med FTI-tillsats) fungerade dåligt, dvs emitterade mer VOC än övriga skotrarna i kolonnen.

I syfte att belysa betydelsen av framförandet av skotrarna i kolonn, har vi avsatt medelresultaten från de båda skoterfärderna för var och en av skotrarna 2, 4, 8 och 10 relativt nr 1, dvs vi normaliserar värdena med resultatet för skoter nr 1 satt till 1. Resultaten för enkla aromater visas i Tabell 3.7 och 3.8 nedan.

**Tabell 3.7** Variation i medalexponering i en kolonn om 10 skotrar, utrustade med PFI-tillsats, relativt exponeringen av föraren till den 1:a skotern.

| Skoter     | 1 | 2 | 4  | 8  | 10 |
|------------|---|---|----|----|----|
| bensen     | 1 | 4 | 13 | 18 | 16 |
| toluen     | 1 | 3 | 12 | 18 | 15 |
| etylbenzen | 1 | 3 | 13 | 20 | 19 |
| m+p-xylen  | 1 | 3 | 13 | 21 | 19 |
| o-xylen    | 1 | 3 | 11 | 18 | 16 |

**Tabell 3.8** Variation i medalexponering i en kolonn om 10 skotrar, utan PFI-tillsats, relativt exponeringen av föraren till den 1:a skotern.

| Skoter     | 1 | 2 | 4  | 8  | 10 |
|------------|---|---|----|----|----|
| bensen     | 1 | 6 | 15 | 18 | 10 |
| toluen     | 1 | 9 | 18 | 21 | 13 |
| etylbenzen | 1 | 9 | 19 | 21 | 14 |
| m+p-xylen  | 1 | 7 | 17 | 19 | 12 |
| o-xylen    | 1 | 7 | 15 | 17 | 11 |

Av Tabellerna 3.7 och 3.8 framgår tydligt att en skoterförare i mitten av en kolonn om 10 skotrar exponeras för halter av enkla aromater som är ca 20 ggr högre än vad föraren av den första skotern utsätts för. Redan skoterförare nr 2 exponeras för halter som är 3 – 9 ggr högre jämfört med skoterförare 1.

Formaldehydresultaten är alla klart högre än vad som kan förväntas gälla för förekomst och halt i bakgrundsluft och renluftsområden i Sverige. Halterna är också höga i jämförelse med vad som kan förväntas förekomma som urban bakgrundshalt i svenska tätorter. Jämförelsen mellan första och andra tur-och returresan tyder på att formaldehydhalten (HCHO) var ca 50% högre vid resan med skotrar utan PFI-tillsats. Underlaget är dock fortfarande litet och sambanden därmed osäkra.

## DISKUSSION

Emissionen av kolväten vid skoterkörning består huvudsakligen av oförbränt bränsle (Laveskog, 1995). Emissionen vid tomgångskörning är hög. Vid olika belastning uppskattas utsläppet av oförbränt bränsle till mellan 15 och 40 % av den tillförda bränslemängden. Emissionen är således kopplad både till belastning och till bränsleförbrukning. Genom utveckling av förgasare och styrning av bränsletillförseln är bränsleförbrukningen i moderna snöskotrar lägre än tidigare. För 1995 års modeller anges den till mellan 1.5 och 2.5 l/mil (Snöfo).

PFI-system, som bland annat 10 av skotrarna på I 22 är utrustade med, skall bidra till ett bättre bränsleutnyttjande och en lägre emission. Våren 1997 genomförde SMP Svensk Maskinprovning AB i Umeå mätningar av PFI-systemets funktion på en tvåtaktsmotor med variabla avgasportar avsedd för snöskoter, Rotax 583 RAVE. Mätningarna visade att reduktionen av totalkolväteemissionen varierade mellan 10 och 50 %. Den största reduktionen erhöles vid tomgång då emissionen var som störst. Vid den belastning och det varvtal som motsvarar "normal" körning utan släp erhöles en reduktionen på 12 %. Vi har inte kunnat finna någon laboratorietest som studerat reduktionen av enskilda kolväten. Eftersom tillförseln av väteperoxid bör leda till en ökad oxidation där komponenternas reaktivitet är av betydelse, är det troligt att systemet verkar selektivt och att graden av reduktion varierar.

I föreliggande studie redovisas resultat som tyder på att emissionen av enkla aromatiska kolväten, som utgör en mindre del av den totala kolväteemissionen, vid körningar med skotrar utrustade med PFI-system kan ha varit mellan 7 och 21 % lägre än för motsvarande skotrar utan reningsutrustning. Uppskattningen baseras i första hand på de exponeringsmätningar som utfördes på förarna i I 22:s kolonnkörningar. Osäkerheterna är dock relativt stora, inte minst med tanke på svårigheterna att genomföra två efter varandra följande skoterfärder under identiska förhållanden.

Det finns minst två väsentliga skäl för att minimera utsläppen av VOC. Således finns det ett antal europeiska överenskommelser där nationerna har förbundit sig att reducera utsläppen av VOC (t.ex. det så kallade VOC-protokollet inom EU och Reykjavik-överenskommelsen mellan de nordiska länderna). Dessa åtgärder är främst riktade mot behovet av att minska halten av marknära ozon. Vissa kolväten har också direkta hälsoeffekter. I samband med skoterkörning gäller detta bland annat bensen, som är klassat som ett cancerframkallande ämne (leukemi). Det yrkeshygieniska nivågränsvärdet (exposition under en arbetsdag) i Sverige är 1500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Inom EU pågår ett arbete med att fastställa ett gränsvärde för förekomst och halt av bensen i utomhusluft. Nivån förväntas hamna i intervallet 1-10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som årsmedelvärde. För närvarande jämförs ofta uppmätta halter med en av IMM föreslagen lågrisknivå för bensen, 1.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Värdet avser livtids exponering och motsvarar en risk beräknad till 1 dödsfall i cancer / 100 000 invånare.

Personlig exponering för flyktiga komponenter i skoteravgaser har även redovisats i en pilotstudie genomförd av Yrkesmedicin i Norr (Tjärner et al. 1998). De skoterförare som deltog i studien exponerades för bensenhalter mellan <50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  och 2500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vid två tillfällen då föraren exponerades för en bensenhalt på

<50 µg/m<sup>3</sup> fastställdes den samtidiga exponeringen av en passagerare i en öppen skoterpulka till ca 700 respektive 800 µg/m<sup>3</sup>, således mer än en faktor 10 högre.

Också av föreliggande studie framgår att förare av skoter i vissa fall exponeras för bensenhalter över nivån för det svenska yrkeshygieniska gränsvärdet. I resultaten återfinns värden för föraren av skoter nr 8 som i två fall överskrider gränsvärdesnivån (ca 1700 och 2000).

Observera att de personburna mätningarna av VOC på skoterförarna har, så långt möjligt, genomförts under körning med skoter, dvs man har monterat provtagningsutrustningen på föraren, startat provtagningen och därefter startat skotern och kört. När körningen avslutades stängdes skotern och efter en provflödeskontroll stoppades också provtagningen. Syftet har naturligtvis varit att försöka undvika exponering vid tomgångskörning. Representativiteten är således huvudsakligen kopplad till förare under färd med skoter. I fall av yrkesmässigt användande av skotern kan man, som en följd av fler stopp och sannolikt ryckigare körning, förvänta att exponeringen är väsentligt högre.

Emissionen från skotrar berör ju även personer som vistas i anslutning till skotertrafik. Resultaten från mätningarna kring Åkersjön, Krokoms kommun, antyder att även en relativt begränsad skotertrafik kan påverka närområdet i en omfattning jämförbar med icke direkt trafikbelastade områden i centrala delar av medelstora svenska tätorter. Medelhalten bland åskådarna till ”drag race”-tävlingen (Åkersjön, januari 1996) med skotrar har sammanställts nedan med motsvarande vinterhalvårsmedelvärden från VOC-mätningen inne i Östersunds centrum (Z-gränd).

|           | bensen | toluen | etylben. | m,p-xylen | o-xylen |
|-----------|--------|--------|----------|-----------|---------|
| Åkersjön  | 305    | 1168   | 281      | 2101      | 766     |
| Östersund | 4.4    | 10.9   | 1.4      | 4.6       | 1.8     |

Som framgår är halterna bland åskådarna mellan 70 och 450 ggr högre än medelbelastningen under vintern 1995/96 inne i centrala Östersund.

Motsvarande jämförelser mellan medelhalten i centrala Kiruna under vinterhalvåret 1997/98 och medelbelastningen (för båda tur-och returrenerna) för föraren av skoter nr 1 och 8 visas nedan.

|            | bensen | toluen | etylbensen | m+p xylen | o-xylen |
|------------|--------|--------|------------|-----------|---------|
| skoter nr1 | 94     | 282    | 56         | 179       | 85      |
| skoter nr8 | 1689   | 5524   | 1158       | 3501      | 1459    |
| Kiruna C   | 3.0    | 6.1    | 0.9        | 2.8       | 1.1     |

Jämförelsen visar att exponeringen av enkla aromater för föraren till den första skotern i medeltal var mellan 30 – 80 ggr högre än medelbelastningen i Kiruna centrum under vintern. Motsvarande värden för föraren till skoter nr 8 blev mellan 500 och 1300 ggr högre.

Sammanfattningsvis tyder resultaten på att:

- emissionen av VOC från skotrar minskas om dessa utrustas med PFI-system
- reduceringen av enkla aromater, vid kolonnkörningen, var mellan 7 och 21%
- skoterförare, som kör ensam eller först i en kolonn, exponeras för VOC-halter som är mångfaldigt högre än vad man uppmäter som "urban bakgrund" i svenska tätorter.
- åskådare till skotertävlingar kan exponeras för väsentligt högre halter än en ensam skoterförare, vilket också gäller passagerare på släde efter skotern
- vid kolonnkörningen exponerades föraren av skoter nr 8 för ca 20 ggr högre halt än föraren av skoter nr 1.

## TACK

Vi vill gärna tacka Eric Gustavsson, Krokomb, för medverkan i VOC-mätningarna kring Åkersjön 1996. Henrik Lampa från Miljökontoret och Roger Österhult från Friluftsförbundet, Kiruna tackas för medverkan i förundersökningen 1997. Ett tack också till Anders Fjällborg, Miljökontoret och Löjtnant Micael Lagervall och hans manskap från I 22 för medverkan i mätningarna i Kiruna mars 1998.

## REFERENSER

Egebäck, K-E., Tingvall, B. (1995) Avgasnorm för snöskotrar. Forskningsrapport, Tekniska Högskolan i Luleå, TULEA 1995:26.

Fransson-Steen, R., Ljungquist, S., Viktorin, K. (1994) Uppdaterad hälsoriskbedömning av bensen. IMM-rapport 3/94.

Laveskog, A. (1995) Avgasutsläpp från snöskotermotorer. Rapport MTC 9409 A.

Miljödepartementet (1995) Miljöklassning av snöskotrar, SOU 1995:97

Miljövårdsberedningen (1995) Hållbar utveckling i landets fjällområden, SOU 1995:100

Mowrer, J., Svanberg, P-A., Potter, A. and Lindskog, A. (1996) Diffusive monitoring of C<sub>6</sub>-C<sub>9</sub> hydrocarbons in urban air in Sweden. *Analyst*, **121**, pp. 1295-1300.

Naturupplevelser utan buller - en kvalitet att värna om. SOU 1991:51

Naturvårdslagen (NVL 1964:822).

Naturvårdsverket, Barmarkskörning på kalvfjäll, december 1997

Persson, K. (1998) Uppdaterad kartläggning av utsläpp till luft från arbetsmaskiner. Uppdrag från Naturvårdsverket. Utförare: IVL.

Snöfo, (1998) [www.snofo.a.se](http://www.snofo.a.se).

Svanberg, P-A. och Lindskog, A. (1995), Skoterns julafton. Luftkvalitetsmätningar i anslutning till skoterleder. IVL Rapport B-1215.

Svanberg, P-A., Lindskog, A. et al. (1998) Luftkvaliteten i Sverige sommaren 1997 och vintern 1997/98. IVL Rapport B-1302.

Terrängkörnings-förordningen (TKF 1978:594)

Terrängkörningslagen (TKL 1975:1313)

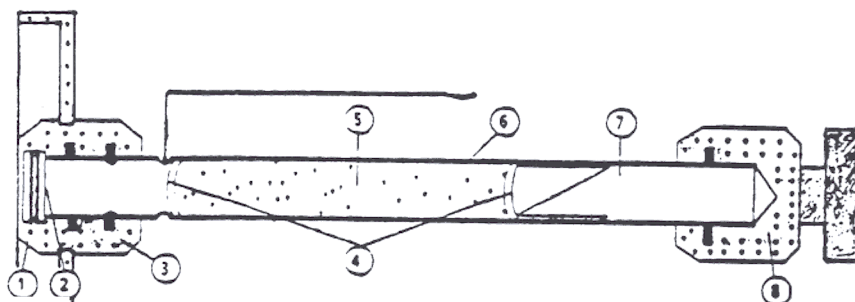
Terrängtrafikkungörelsen (TTK 1972:594)

Tjärner, D., Eriksson, K., Marqvardsen, I., Järholm, B. (1998) Personlig exponering för flyktiga komponenter i skoteravgaser. Rapport från Yrkesmedicinska enheten, Bodens sjukhus.

Vägverket (1995) Terrängskotrar - förslag till bullernorm, SP rapport 1995:35.

### Bestämning av lätta kolväten med diffusionsprovtagare.

Vid provtagningen används diffusionsprovtagare i rostfritt stål från Perkin Elmer. Dessa består av ett rör innehållande en adsorbent (här Tenax-TA), som hålls på plats av stål nät i falsade skåror. Vid lagring och transport är rören förslutna i båda ändarna och provtagningen startas genom att den ena förslutningen ersätts av en diffusionstillsats. Denna tillsats ger provtagaren en fast, förutbestämd diffusionssträcka samtidigt som den har ett stål nät ytterst för att motverka problem med turbulens och fukt. Eftersom provtagaren i första hand är utvecklad för provtagning inomhus, har IVL låtit tillverka en speciell diffusionstillsats med bräm (se figur 1.1) för att förhindra att vattendroppar vandrar in i röret. Under provtagning hänger provtagarna lodrätt med öppningen nedåt. En fältblank bestående av ett adsorbentrör, vars förslutningar ej tas bort, är monterat parallellt med diffusionsprovtagaren (se figur 1.2). Provtagningen avslutas genom att röret försluts på nytt. Adsorbentrören renas före användandet genom avvärmning med heliumgasgenomströmning. Renheten kontrolleras genom att rören analyseras omedelbart innan de sänds ut till mätstationerna.

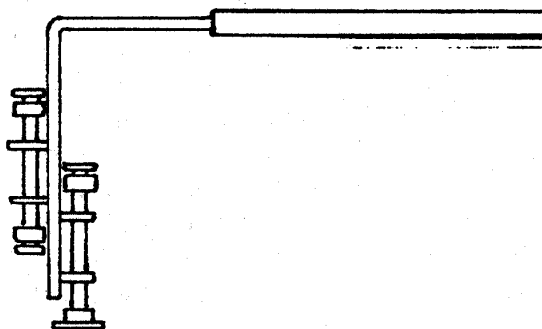


**Figur 1.1.** Diffusiv provtagare för kolväten: 1) låsring, 2) rostfritt stål nät, 3) specialkonstruerad diffusionstillsats, 4) rostfria stål nät, 5) adsorbent, 6) provtagningsrör, 7) fasthållande fjäder och 8) förslutning.

Analysen utförs med en automatinjektor, A TD-400 från Perkin Elmer, kopplad till en högupplösande gaskromatograf med flarnjonisationsdetektor. Halterna beräknas utifrån de analyserade mängderna med hjälp av en för metoden given formel innehållande diffusionskonstanten för ämnet, diffusionssträckan, arean och exponeringstiden. För etylbensen saknas uppgift om diffusionskonstant varför halten beräknas med diffusionskonstanten för m,p-xylen.

För kalibrering används standardrör från TNO i Holland. Dessa standardrör har i sin tur kontrollerats genom jämförelse med en certifierade referensstandard från BCR (European Community Bureau of Reference), bestående av Tenax-rör innehållande 1  $\mu\text{g}$  av vardera bensen, toluen och m-xylen. Vid varje analystillfälle analyseras ett oexponerat rör som instrumentblank.





**Figur 1.2.** Montage av VOC-provtagare under exponeringstiden.

De mätresultat som redovisas i denna rapport har korrigerats för blankvärden. I de fall koncentrationerna varit lägre än detektionsgränsen har denna angivits. På resultaten från alla fältblanksanalyserna beräknades medianvärden för alla komponenterna. Medianvärdet användes som blankvärde för korrektion av resultaten från analysen av proverna. På resultaten från alla instrumentblanksanalyserna beräknades medelvärde och standardavvikelse för alla komponenterna. Som detektionsgräns används ett värde 3 gånger standardavvikelsen.

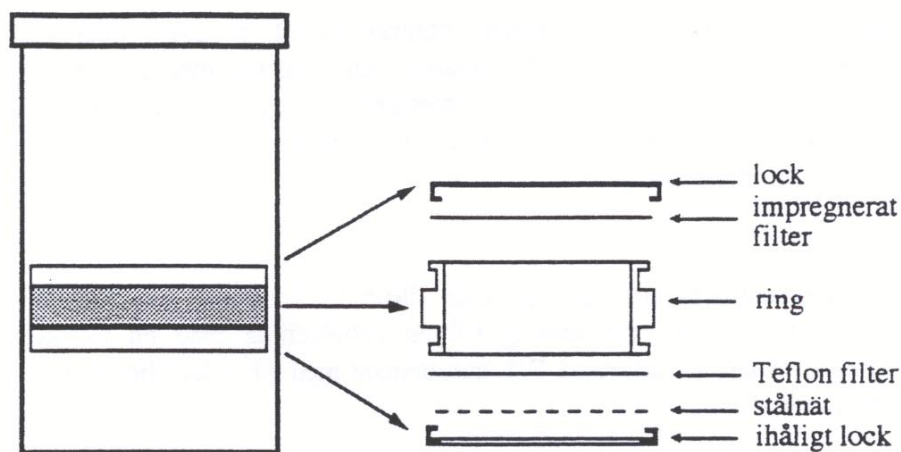
**Tabell 1.1** Detektionsgränser och blankvärden för VOC i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  inom URBAN-projektet 1996/97

|                 | Bensen | Toluen | Oktan | Butylac | Etylbens | MP-<br>xylene | O-<br>xylene | Nonan |
|-----------------|--------|--------|-------|---------|----------|---------------|--------------|-------|
| Detektionsgräns | 0.16   | 0.18   | 0.12  | 0.10    | 0.02     | 0.07          | 0.12         | 0.10  |
| Blankvärde      | 0.13   | 0.11   | 0.05  | 0.05    | 0.04     | 0.04          | 0.04         | 0.05  |

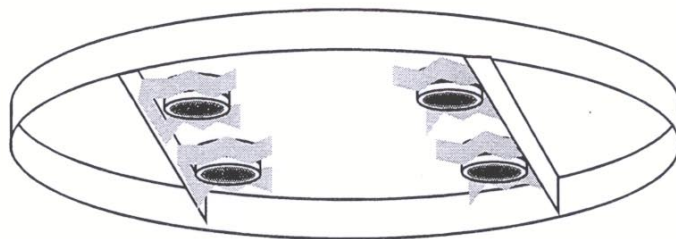
## Diffusionsmätningar av NO<sub>2</sub>

I nedanstående **figur 2.1** visas schematiskt uppbyggnaden av en diffusionsprovtagare samt förvarings-transportburk. Själva provtagaren är 12 mm hög och 25 mm i diameter.

Vid mätpunkterna användes spislock (kokplatteskydd) som regnskydd. Dessa, fastskruvade på en ca 0.5 m lång aluminiumplattstång, monterades på stolpar och liknande så att exponeringen kom att ske ca 3.5 m över mark och ca 0.3 - 0.5 m ut från stolpen. Metoden förutsätter att provpunkten får ett "öppet" och välventilerat läge. Under regnskydden placerades provtagarna horisontellt i verktygshållare, se **figur 2.2**.



**Figur 2.1** NO<sub>2</sub>-diffusionsprovtagare med förvaringsburk.



**Figur 2.2** Montering av NO<sub>2</sub> provtagare under regnskydd

**Provhantering, diffusionsprovtagare**

Tillverkning och preparering av provtagningsmaterial, har skett i så nära anslutning till tidpunkten för utskick som möjligt. Impregneringslösningarna kontrolleras med avseende på fastställda kvalitetsgränser genom att blankprover tas ut för omedelbar analys vid varje tillverkningstillfälle. Ett antal blankprover (kompleta provtagare) från varje tillverkningstillfälle förvaras också på laboratoriet i transportförvaringsburkarna tills provtagarna från samma tillverkningsomgång har returnerats för analys efter avslutad provtagning. Blankproverna behandlas då på samma sätt som proven. I väntan på analys förvaras provtagarna mörkt och svalt.

**Mätprincip och analysmetoder .**

Mätprincipen för diffusionsprovtagarna baseras på att de gaser man vill mäta diffunderar en viss sträcka in i provtagaren och reagerar med ett ämne på det impregnerade filtret. Utifrån diffusionshastigheten och vissa andra fysikaliska storheter samt analysvärdet på reaktionsprodukten, kan medelhalten under exponeringstiden beräknas .

**NO<sub>2</sub>**

När NO<sub>2</sub> absorberas på det impregnerade filtret bildas nitrit, som kan analyseras spektrofotometriskt efter omvandling till en azoförening med en mycket stark ljusabsorbans. Analysen utförs på IVL automatiskt med ett "FIA "-instrument (Flow Injection Analysis)

## IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbete för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

### Forsknings- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie).

IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden.

IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt.

IVLs hemsida: [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsserie registreras i IVLs A-serie.

Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



#### **IVL Svenska Miljöinstitutet AB**

Box 210 60, SE-100 31 Stockholm  
Hälsingegatan 43, Stockholm  
Tel: +46 8 598 563 00  
Fax: +46 8 598 563 90

#### **IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd**

Box 470 86, SE-402 58 Göteborg  
Dagjämningsgatan 1, Göteborg  
Tel: +46 31 725 62 00  
Fax: +46 31 725 62 90

Aneboda, SE-360 30 Lammhult  
Aneboda, Lammhult  
Tel: +46 472 26 20 75  
Fax: +46 472 26 20 04