Rapport
från YMK
Yrkesmedicinska kliniken
Sahlgrenska sjukhuset

Datum

JÄMFÖRANDE STUDIER AV KOLRÖR (SKC) OCH DOSIMETER (3M) I FÄLT VID MÄTNING AV STYREN, XYLEN OCH ETYLBENSEN RESPEKTIVE ETYLACETAT.

Yrkesmedicinska kliniken

Göteborg oktober 1983

Gerd Sällsten Stig Hagberg

834.31.60 RA 2419 84-10

Yrkesmedicinska kliniken
Sahlgrenska sjukhuset
S:t Sigfridsgatan 85
412 66 GÖTEBORG

Telefon
031 - 83 06 15
Då vx är stängd 031 - 83 06 17, -18, -19

FÖRORD

Föreliggande arbete har utförts som projektarbete vid Arbetarskyddsstyrelsens kurs för yrkeshygieniker 1982-83. Arbetet har utförts av Gerd Sällsten och Stig Hagberg under handledning av Per Övrum /Jan Scullman, Arbetarskyddsstyrelsen.

Handledarens uppgift har varit att under arbetets gång lämna råd och anvisningar beträffande arbetets uppläggning samt medverka i den slutliga bedömningen av rapporten.

Stockholm i oktober 1983

Ulf Ulfvarson
Kursledare

Författarna framför ett varmt tack till personalen vid Yrkestoxikologiska laboratoriet, Sahlgrenska Sjukhuset, som utfört analyserna samt till Katarina Malmström som skrivit ut manuskripten.

JÄMFÖRANDE STUDIER AV KOLRÖR (SKC) OCH DOSIMETER (3M 3500) I FÄLT VID MÄTNING AV STYREN, XYLEN OCH ETYLBENSEN RESPEKTIVE ETYLACETAT.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING Sid

SAMMANFATTNING 1

1. INLEDNING 3

2. BESKRIVNING AV MÄTMETODERNA SAMT DERAS FÖR- OCH NACKDELAR 4

3. MÄTSTRATEGI 7

4. ANALYSFÖRFARANDE 10

5. UTVÄRDERINGSMETODER 11

6. RESULTAT OCH DISKUSSION 14

6.1 Erhållna koncentrationsnivåer 16

6.2 Linjär regression och korrelation, kolrör-dosimeter 17

6.3 T-test för parade prov, kolrör-dosimeter 18

6.4 Procentuell differens, kolrör-dosimeter 18

6.5 Jämförelse av resultaten från mätning av styren, kolrör(hö) - kolrör(vä) respektive dosimeter(hö) - dosimeter(vä) 19

6.6 Jämförelse med andra fältstudier 20

6.7 Möjliga felkällor 22

7. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER 25

REFERENSER 27

Bilaga 1 Beskrivning av mätplatserna

Bilaga 2 Mätresultat kolrör - dosimeter

Bilaga 3 Histogram, Procentuella differenser för kolrör - dosimeter

Bilaga 4 Mätresultat kolrör (hö) - kolrör (vä) respektive dosimeter (hö) - dosimeter (vä)

SAMMANFATTNING

Vid exponeringsmätningar av organiska lösningsmedel används som regel kolrörsmetoden. Under de senaste åren har en ny metod, s k passiva dosimetermetoden, introducerats. Denna bygger på upptag av lösningsmedel ur luft genom diffusion, varför någon pump ej behövs. I denna studie har överensstämmelsen mellan kolrör (SKC) och dosimeter 3M (3500) studerats vid mätningar i tre olika miljöer. Jämförelsen gäller mätning av styren i plastbåtsindustri, xylen och etylbensen i silkscreentryckeri samt etylacetat i ett rulloffsettryckeri.

För styren, xylen och etylbensen erhålls en mycket god överensstämmelse mellan metoderna. Linjär regression ger en lutning nära 1,0 och hög korrelationskoefficient.

De erhållna resultaten kan för närvarande anses gälla för de koncentrationsintervall, som uppmätts i de olika miljöerna: styren 1-145 mg/m^3, xylen 9-113 mg/m^3 och etylbensen 3-38 mg/m^3.

För etylacetat erhålls lägre värden med dosimeter jämfört med kolrör. Linjär regression ger lutningen 0,82 vilket statistiskt signifikant är skilt från 1,0 ($p<0,05$).

Orsaken härtill kan inte avgöras i en fältstudie. Tänkbara felkällor är provtagningshastigheten, luftfuktigheten och varierande luftkoncentrationer. Vidare är etylacetat jämfört med styren, etylbensen och xylen ett polärt ämne, vilket också kan ha betydelse. För att närmare studera orsaken till denna avvikelse måste laboratorieförsök under kontrollerade betingelser utföras.

Våra resultat visar således att dosimeter kan användas i stället för kolrör vid mätning av styren, xylen och etylbensen. För etylacetat har undersökningen ej givit samma goda korrelation. Ovanstående gäller för luftkoncentrationer i de nivåer vi studerat.

Nyckelord: Kolrör (SKC), Dosimeter (3M), Metodjämförelse, Fältstudier, Styren, Xylen, Etylbensen, Etylacetat.

1. INLEDNING

Vid exponeringsmätningar används som regel kolrörsmetoden för provtagning av organiska lösningsmedel (1). Under de senaste åren har s k passiva dosimetrar introducerats för provtagning av lösningsmedel. Metoden bygger på upptag av lösningsmedel ur luft genom diffusionsprincipen (2).

Det finns många undersökningar, där man jämfört kolrör och dosimetrar för provtagning av organiska ämnen. Det rör sig emellertid oftast om rena laboratorieförsök. Jämförelsen gäller vanligen ett enda ämne och ej blandningar. I ett tiotal undersökningar har jämförelsen skett under verkliga betingelser ute på arbetsplatser (3).

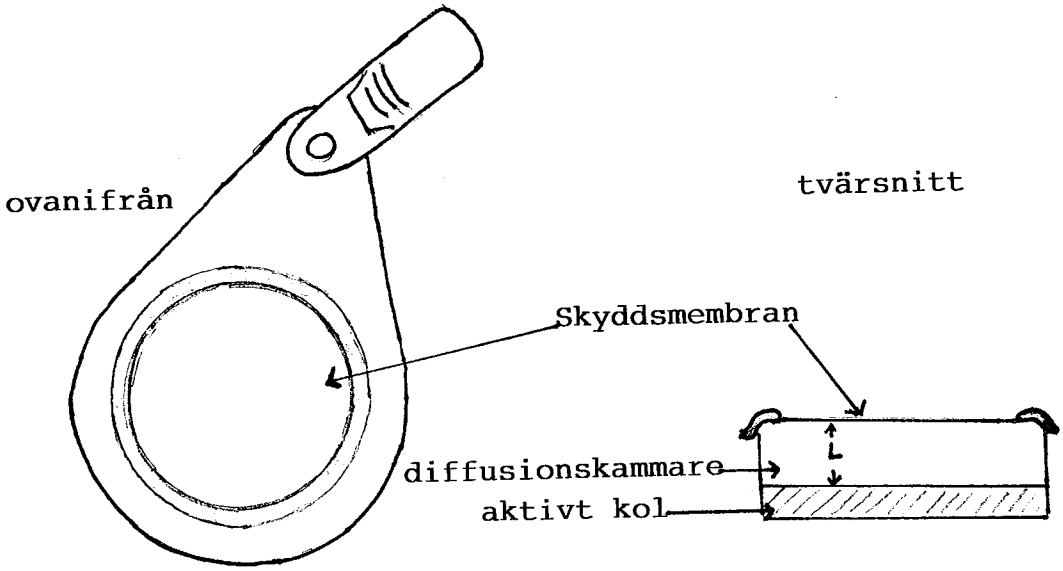
I fältstudier utsätts proverna för fluktuationer i koncentration och lufthastighet på ett helt annat sätt än vad som är fallet i laboratorieförsök. Till detta kommer inverkan av olika omgivningsfaktorer, som också kan påverka resultaten, t ex förekomst av andra ämnen, luftfuktighet, temperatur och mänskligt relaterade faktorer. Det är därför viktigt att förutom laboratorietest även utföra undersökningar i fält.

I denna studie har jämförelse av kolrör och dosimeter 3M 3500 utförts i tre olika miljöer. Jämförelsen gäller mätning av styren i en plastbåtsindustri, xylen och etylbensen vid ett silkscreentryckeri och etylacetat vid ett rulloffsettryckeri. En beskrivning av de olika mätplatserna finns i bilaga 1.

2. BESKRIVNING AV MÄTMETODERNA SAMT DERAS FÖR- OCH NACKDELAR

Principen för kolrörsmetoden är att lösningsmedel i luften adsorberas på aktivt kol i ett rör, då luften sugs igenom röret med hjälp av en batteridriven pump. En förutsättning för att kunna bestämma koncentrationen är att pumpen ger ett väldefinierat stabilt flöde så att den provtagna luftvolymen kan beräknas.
I praktiken har det visat sig att pumparna kräver noggrann kalibrering och skötsel för att fungera tillfredsställande. Under provtagningen finns risk att veck kan uppstå på den slang, som är ansluten mellan kolrör och pump, eller att utrustningen hindrar arbetstagaren. I trånga utrymmen, där mycket höga koncentrationer kan uppstå, föreligger explosionsrisk vid användning av de vanligaste pumparna. Fördelen med kolrörsmetoden är att flödet kan styras med avseende på koncentration och tid, så att analyserbara mängder erhålles eller att överbelastning av kolet undviks. En annan fördel är att kolröret är uppbyggt av två separerade delar, analys- resp. kontrolldel, vilket vid analys möjliggör kontroll av eventuell överbelastning.

Dosimetrar fungerar enligt diffusionsprincipen och är uppbyggda av ett skyddsmembran, en diffusionskammare samt aktivt kol (se fig 1).



Figur 1. 3M 3500 Dosimeter

Vid provtagning diffunderar lösningsmedel p g a koncentrationsgradienten i diffusionskammaren genom skyddsmembranet till kolytan. Diffusionsflödet följer Fick's lag, som i integrerad form skrives:

$$W = D \cdot \frac{A}{L} \cdot (C - C_o)$$

W = diffusionsflödet ng/s

D = diffusionskoefficenten för ämnet cm^2/s

A = tvärsnittsytan cm^2

L = diffusionskammarens längd cm

C_o = omgivningens koncentration vid den aktiva ytan ng/cm^3

C = omgivningens koncentration ng/cm^3

Om adsorbenten tar upp ämnet fullständigt är koncentrationen invid ytan noll (Co=0). Under provtagningstiden t har adsorbenten uppsamlat massan M (W.t) enligt

$$M = D \cdot \frac{A}{L} \cdot C \cdot t$$

$D \cdot \frac{A}{L}$ anges av fabrikanten som provtagningshastigheten för ämnet i cm^3/s. Ur denna ekvation kan medelkoncentrationen beräknas. För att ekvationen skall gälla krävs ett stillastående diffusionsskikt, ett fullständigt upptag, konstant diffusionskoefficient, kort responstid samt en viss lägsta lufthastighet förbi dosimetern. Vid en studie med Gasbadge-dosimeter konstaterades att en lufthastighet på 7,6 cm/s är tillräckligt. (2)

Jämfört med kolrör har dosimetrar några nackdelar. Då provtagningshastigheten är konstant kan mätning under kortare arbetsmoment medföra att uppsamlad mängd blir för liten. Vidare kan den större tvärsnittsytan ge problem vid stänk. I motsats till kolrör saknar de flesta dosimetrar kontrollskikt, vilket innebär att man inte kan kontrollera eventuell överbelastning. Utvecklingen av dosimetrar går emellertid mot system som tar hänsyn till dessa faktorer.

Den klara fördelen med dosimetrar jämfört med kolrör är att dosimetrarna är lätta att handha och att någon pump inte behövs. Detta förenklar mätningar på flera personer samtidigt på samma arbetsplats. Den relativt höga inköpskostnaden för kolrörspumpar kan nämligen medföra att en fullständig kartläggning av exponeringen inte kan göras.

Kostnaden för ett kolrör resp. en dosimeter är cirka 6 kr resp. 50 kr. Till kolrörsmetoden skall även kostnaderna

för inställning och kalibrering läggas. Det senare tar ca 15 minuter per pump. Kostnaden blir härigenom ungefär densamma för de två metoderna.

3. MÄTSTRATEGI

Mätningarna har utförts personburet under normala betingelser. Provtagningsutrustningen, ett kolrör och en dosimeter, har placerats intill varandra på höger axel. Vid mätning av styren har kolrör/dosimeter placerats på både höger och vänster axel.Mätningarna har utförts på hög- och lågexponerade personer för att en så stor spännvidd på mätresultaten som möjligt skall erhållas.

För kolrörsmetoden har pumpar av fabrikat Sipin använts. Dessa har kalibrerats med såpbubbelmätare till ett flöde på 30 ml/min för provtagning av etylacetat, xylen och etylbensen samt 25 ml/min för styren. För provtagning med kolrör används normalt flöden mellan 20-30 ml/min för bestämning av medelexponeringen. Kolrören har varit av fabrikat SKC innehållande 100/50 mg aktivt kol.

Provtagningstiden har varierat mellan tre och fyra timmar, motsvarande ett förmiddagsprov och ett eftermiddagsprov. Detta är enl NIOSH den lämpligaste mätstrategin för bedömning av dagsmedelexponering (4).

Mätning har skett under tre hela arbetsdagar vid plastbåtsindustrin, två hela arbetsdagar vid screentryckeriet samt 2 1/2 arbetsdagar på rulloffsettryckeriet. Totalt har 76 provpar insamlats för styren och 30 provpar för xylen + etylbensen resp.etylacetat.

Vid varje mätomgång har provtagningen med kolrör och dosimeter startats och avbrutits samtidigt i ett utrymme med ringa föroreningskoncentration. Nollprov av kolrör och dosimeter har medsänts för analys vid varje provomgång. I samband med vissa arbetsmoment har korttidsprov under 15 minuter eller arbetsmomentprov tagits med kolrörsmetoden (flöde 200 ml/min) för att få en uppfattning om hur koncentrationen varierat.

Vid beräkning av luftvolymen för kolrörsmetoden har pumpens slagvolym multiplicerad med antalet slag använts. Denna provtagningsvolym har kontrollerats genom jämförelse med volymberäkning enligt flöde x tid och skillnaden har varit mindre än ± 2%.

För dosimetrarna har de av fabrikanten angivna provtagningshastigheterna använts: styren 27,3 ml/min (5);etylacetat 34,5 ± 0,6 ml/min; xylen 27,3 ± 0,5 ml/min och etylbensen 27,3 ml /min (6). Provtagningshastigheten för etylacetat och xylen har framtagits genom laboratorietest, medan värdet för etylbensen och styren är teoretiskt framräknat. Volymfelet vid mätning av etylacetat och xylen med dosimeter blir omkring ±2% d v s samma som för kolrörsmetoden.

För styren har fabrikanten senare utfört laboratorietest och anger numera provtagningshastigheten till 26,8 ± 0,8 ml/min (6).

Både kolrör och dosimetrar har en begränsad kapacitet för upptag av lösningsmedel. Vanligen anges för olika ämnen det antal mg, som kolet maximalt bör belastas med (6,7).

I nedanstående tabell anges den procentuella kapacitetsbelastningen vid en föroreningskoncentration motsvarande nivågränsvärdet och en provtagningstid på 4 timmar:

Ämne	Kapacitet, mg		NGV	% kapacitetsbelastning	
	kolrör	dosimeter	mg/m^3	kolrör	dosimeter
Styren	18	>25	110	4	<3
Etylacetat	12,5	10	700	40	58
Xylen	-	>25	350	-	<10
Etylbensen	16	>25	350	16	<10

Enligt ovanstående är risken för överbelastning av kolet liten vid en genomsnittskoncentration, som understiger nivågränsvärdet.

Lokalens temperatur och luftfuktighet har registrerats med en kalibrerad termohygrograf placerad mitt i lokalen. Då temperaturen avvikit från 25°C med mer än 5°C har provtagningsvolymen för kolrörsmetoden korrigerats (1) och en korrektionsfaktor för dosimetrarna enligt fabrikantens anvisningar använts (6).

Lufthastigheten i arbetstagarnas vistelsezon har uppmätts med Wallac termoanemometer. Vid samtliga mätplatser har lufthastigheten varierat mellan 0,1-0,2 m/s.

4. ANALYSFÖRFARANDE

Efter provtagning har proverna förvarats i kylskåp vid 4°C under 1-2 veckor i avvaktan på analys.

Proven har analyserats enligt normala rutiner vid Yrkestoxikologiska laboratoriet, Yrkesmedicinskt Centrum. För desorption av de adsorberande ämnena tillsätts 2,0 ml koldisulfid (CS_2) till 3M's dosimeter och 1,0 ml till kolrörets analysskikt. Proverna skakas sedan under 60 minuter i skakapparat. Efter detta överförs lösningen till specialflaskor passande till gaskromatografens autoinjektor. Vid analys av etylacetat, xylen och etylbensen har en internstandard använts (1 ml penthran/l CS_2). Standardlösningar motsvarande 100, 50 respektive 10% av nivågränsvärdet har beretts utan aktivt kol närvarande, på grund av olika kol i dosimeter och kolrör. Analysen har utförts på en gaskromatograf av märket HewlettPackard modell 5830A kopplad till autoinjektor HB 7675A och terminal HP 18850A.

Gaskromatografiska betingelser:

Kolonn: 5% SP-1200, 1,75% Bentone 34 på Supelcoport 100-200 mesh

Detektor:FID

Bärgas: N_2 (25 ml/min styren, 17 ml/min etylacetat, 20 ml/min xylen)

Kolonntemperatur: styren 140° C, etylacetat, xylen,etylbensen temperaturprogrammering 80 till 130° C.

Injektortemperatur: 250° C.

Detektortemperatur: 250° C.

Vid analysen injicerades dubbelprov och analysresultaten (ytorna) fick då inte skilja mer än 5%. Vid beräkning av provmängden har medelvärdet använts. Motsvarande kolrör och dosimeter har analyserats efter varandra. Kolrörens kontrollskikt, som analyserats separat, har ej innehållit några detekterbara mängder av lösningsmedel.
Analyssvaren har korrigerats för desorptionsgraden, som bestämts vid 50 respektive 10% av nivågränsvärdet (3 prov per nivå). Standardlösningar har satts till dosimeter (2 ml) och kolrör (1 ml). Proverna har skakats i 60 min och därefter analyserats som vanligt, samtidigt med den rena standardlösningen. Medelvärdet för desorptionsgraden vid de två nivåerna har använts vid beräkningarna (se tabell nedan). Skillnaden uppgår som mest till ± 1% för de enskilda nivåerna.

Ämne	Desorptionsgrad %	
	Kolrör	Dosimeter
Styren	92	92
Etylacetat	91	97
Xylen	99	100
Etylbensen	100	102

5. UTVÄRDERINGSMETODER

För varje ämne har resultaten från provparen (kolrör och dosimeter) analyserats genom linjär regression och korrelation. Eftersom kolrörsmetoden är den gängse metoden idag

har dess värde antagits som det "sanna" värdet och behandlats som den oberoende variabeln X.

Vid en fältundersökning är egentligen det sanna värdet okänt. Både kolrörsmetoden och metoden med passiv dosimeter är behäftade med fel och att välja ut värdet från den ena som oberoende variabeln är egentligen felaktigt (8). En statistisk analys där man tar hänsyn till att båda metoderna är behäftade med fel är dock mycket komplicerad och i de flesta undersökningar användes därför linjär regression.

Linjens ekvation $Y = a + b \cdot X$

a = intercept

b = linjens lutning

har beräknats med kolrörsvärdena som X och dosimetervärdena som Y.

Vid en lutning på 1,0 och ett intercept lika med 0 överensstämmer metoderna helt. För linjens lutning har det 95% konfidensintervallet beräknats. Korrelationskoefficienten ger ett mått på datapunkternas avvikelse från regressionslinjen. Ett värde på 1,0 anger perfekt korrelation.

Ett annat sätt att undersöka om det är någon systematisk skillnad mellan metoderna är användandet av t-test för parade prover (9). Medeldifferensen $\bar{d}$ med 95% konfidensgräns har beräknats, liksom t-värdet, vilket testats mot nollhypotesen att medeldifferensen är 0.

Enligt Tuggre och Hawkinson (10) är användning av t-test i detta fall felaktigt för att bevisa att metoderna är ekvivalenta. T-test grundar sig nämligen

på differensen mellan medelvärdena för de olika metoderna. Medelvärdena kan vara lika, men de enskilda proven i provparen kan skilja sig mycket från varandra, varför metoderna ändå inte kan sägas vara likvärda. Enligt författarna är regressionsanalys lämpligast, men de rekommenderar den analys som tar hänsyn till att ingen av metoderna ger sant värde. I litteraturen anges ibland t-test för parade prov och därför har detta trots allt tagits med vid utvärderingen.

För att ge en bild av det systematiska felet mellan metoderna har den procentuella differensen (%diff)

$$\% \text{ diff} = \frac{\text{dosimetervärdet} - \text{kolrörsvärdet}}{\text{kolrörsvärdet}}$$

plottats i histogram indelat i 10% klassintervall. Ett positivt värde på % diff anger att dosimetern givit högre värde och ytan på stapeln anger hur många prov av det totala som finns inom intervallet (% av proven).

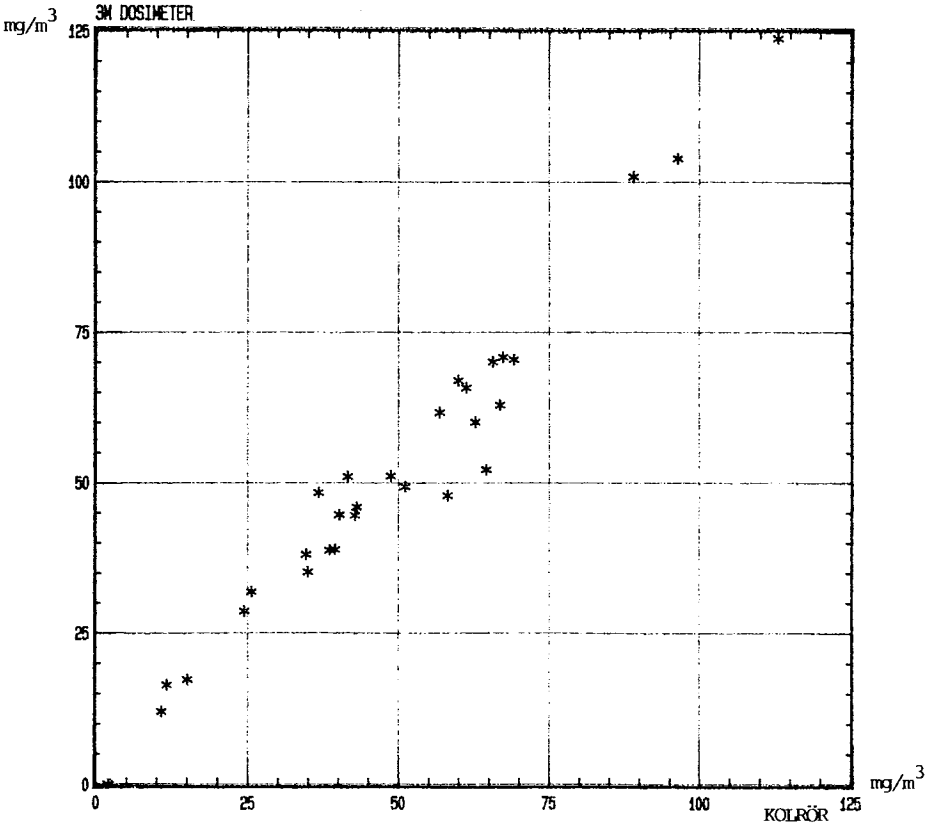
För styren där mätning skett både på höger och vänster sida har motsvarande analyser för jämförelse mellan kolrör höger-vänster sida respektive dosimeter höger-vänster sida utförts. Den procentuella differensen har beräknats ur

$$\% \text{ diff} = \frac{\text{metodvärde vänster} - \text{metodvärde höger}}{\text{metodvärde höger}}$$

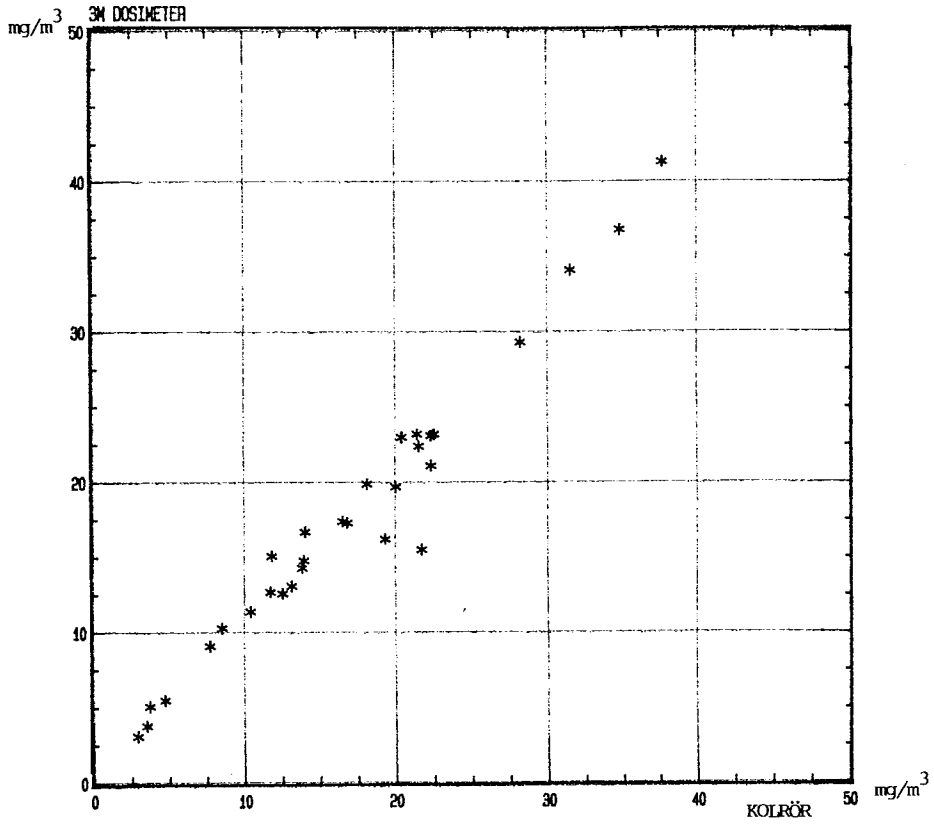
Ett positivt värde på % differensen anger att provtagningen på vänster sida givit högre värde.
Vid linjär regression har resultaten från höger sida behandlats som den oberoende variabeln X.

6. RESULTAT OCH DISKUSSION

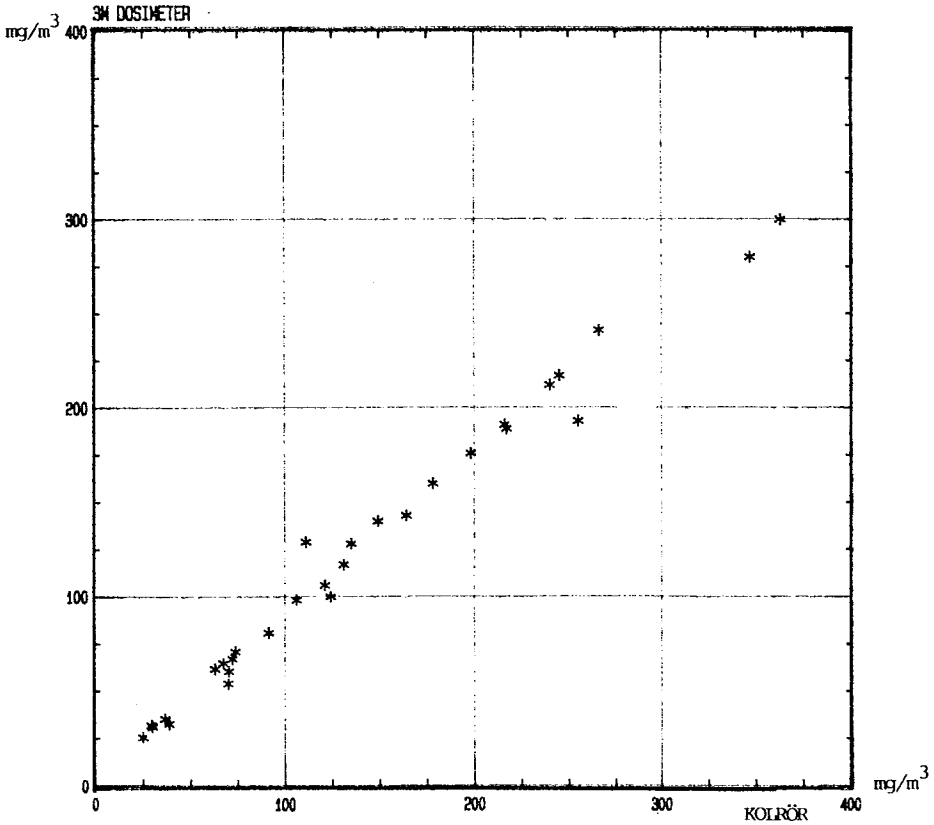
Figurerna 2-5 visar mätresultaten för jämförelsen mellan dosimeter och kolrör från de tre olika mätplatserna plottade i x,y-diagram. I tabellerna 1-6, bilaga 2 redovisas siffervärdena för provparen.



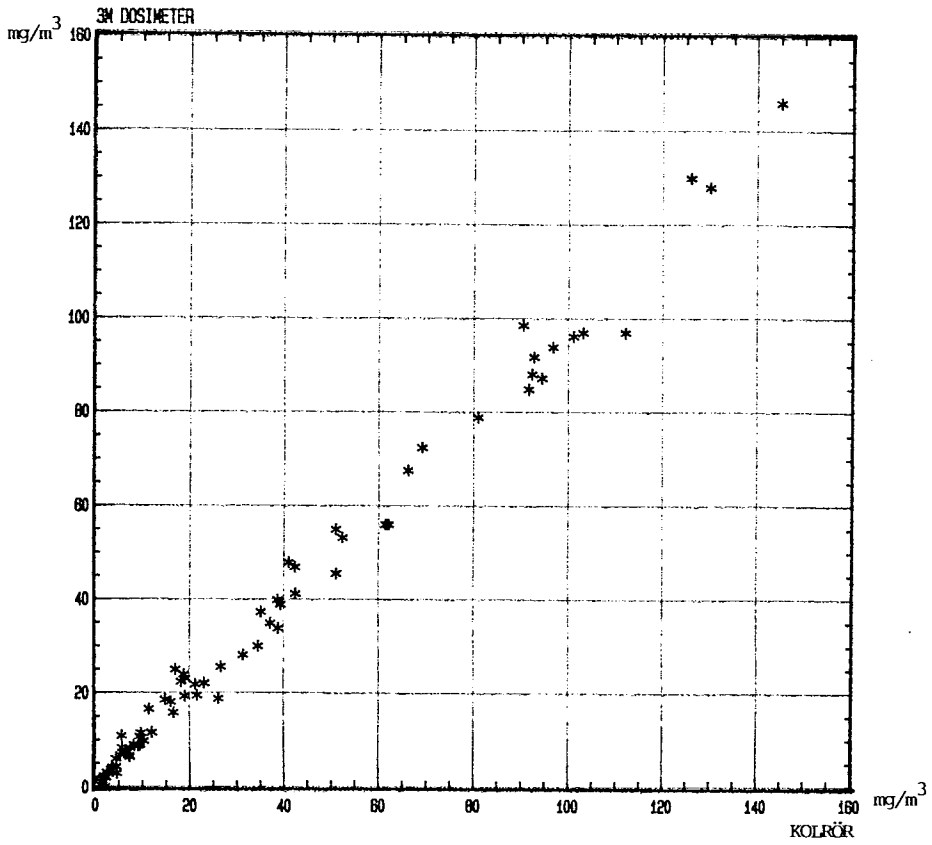
Figur 2. Xylen n = 30



Figur 3. Etylbensen n = 30



Figur 4. Etylacetat n = 30



Figur 5. Styren n = 76

6.1 Erhållna koncentrationsnivåer

Vid screentryckeriet erhölls värden mellan 9-113 mg/m^3 xylen och 3-38 mg/m^3 etylbensen. Gällande nivågränsvärde för xylen respektive etylbensen är 350 mg/m^3 i äldre fabrikslokaler och 220 mg/m^3 i nya eller ombyggda anläggningar. De erhållna värdena för etylbensen ligger således långt under nivågränsvärdet. Korttidsprover under 15 min (N=10), som tagits under arbete vid maskinerna, visar på nivåer mellan 70-240 mg/m^{3}xylen och 20-80 mg/m^{3}etylbensen.

Vid mätning av etylacetat i rulloffset-tryckeri har nivåer mellan 25 -363 mg/m^3 erhållits, vilket som högst motsvarar ungefär halva nivågränsvärdet (700 mg/m^3). Momentprover visar dock att kolrör och dosimeter under rengöringsmomenten exponerats för nivåer som ligger betydligt över de medelvärden som erhålls vid fyra timmars provtagning (tabell 7, bilaga 2). Vid mätning av etylacetat utsätts proverna således för höga exponeringar under en begränsad tid istället för en relativt jämn nivå som är fallet i screentryckeriet.

Vid mätning av styren har koncentrationer mellan 1-145 mg/m^3 erhållits, vilket kan jämföras med gällande nivågränsvärde på 110 mg/m^3.

6.2 Linjär regression och korrelation, kolrör-dosimeter

I tabell I anges resultaten från beräkning av linjär regregression och korrelation för jämförelsen mellan kolrör och dosimeterpar för respektive ämne.

Tabell I. Jämförelse av kolrör (x) och 3M dosimeter (y).

			Linjär regression		Korrel. koeff.r	t-test parade prov	
Ämne	Antal provpar	Range mg/m^3	Lutning,b 95% konf.gräns	Intercept a		$\bar{d}$ 95% konf.gräns	t-värde
Etylacetat	30	24,9-363	0,82 ± 0,04	9,2	0,992	-16 ± 2,3	-4,63 ***
Xylen	30	8,7-113	1,03 ± 0,09	1,3	0,978	2,9 ± 2,0	2,91 **
Etylbensen	30	2,9-37,7	1,02 ± 0,08	0,5	0,980	0,8 ± 0,7	2,34 *
Styren	76	0,7-145	0,97 ± 0,02	1,1	0,995	-0,1 ± 0,9	-0,28
varav	25	38,8-145	0,96 ± 0,07	1,3	0,985	-1,6 ± 2,2	-1,55
	26	8,1-38,6	0,88 ± 0,14	3,1	0,937	0,7 ± 1,3	1,02
	25	0,7-7,4	1,11 ± 0,25	0,2	0,887	0,6 ± 0,5	2,19 *

* $p<0,05$
** $p<0,01$
*** $p<0,001$

För samtliga ämnen har mycket höga korrelationskoefficienter erhållits, vilket visar ett klart samband mellan de två metoderna. Linjens lutning är nära 1,0 för xylen etylbensen och styren. För etylacetat erhålls ett klart lägre värde, 0,82, vilket är statistiskt signifikant skilt från 1,0 ($p<0,05$).Detta indikerar någon form av systematiskt fel.

För xylen, etylbensen och styren har positiva värden nära noll erhållits på intercept,medan etylacetat givit ett högre positivt värde.

6.3 T-test parade prov, kolrör-dosimeter

I tabell I anges det erhållna t-värdet för parade prover. Signifikanstest indikerar en skillnad mellan kolrör och dosimetrar för etylacetat, xylen och etylbensen samt i det lägsta koncentrationsområdet för styren. Medeldifferensen är dock praktiskt försumbar,i storleksordning 1 mg/m^3, för styren, xylen och etylbensen.

6.4 Procentuell differens, kolrör - dosimeter

I bilaga 3 figur 1-5 presenteras histogram över den procentuella differensen mellan provparen och antalet provpar inom varje intervall. För xylen och etylbensen, figur 1 och 2 syns en anhopning mellan 0 till +10% differens,d v s att dosimeterresultaten i de flesta fall givit högre värden än kolrören. För etylacetat, figur 3, gäller det

motsatta. Resultaten från dosimetrarna har givit lägre värden än kolrören. Huvuddelen av resultaten ligger mellan 0 till -20% differens.

I figur 4 och 5 presenteras histogrammen över mätresultaten för styren, dels för totala antalet prov och dels för proven indelade i olika koncentrationsområden. I det låga koncentrationsområdet 0,7-7 mg/m^{3}ser man en större spridning mot en positiv differens, d v s att resultaten från dosimetern ger högre värde än kolröret. För huvuddelen av de 76 provparen ligger differensen mellan -20 till +20% (figur 4) och i det högsta koncentrationsområdet 39-145 mg/m^3 mellan -10 till +10%.

6.5 Jämförelse av resultaten från mätning av styren med kolrör (hö) - kolrör (vä) respektive dosimeter (hö) - dosimeter (vä)

För styren presenteras histogram över jämförelsen mellan provtagning med kolrör respektive dosimeter på höger och vänster sida i figur 1 och 2, bilaga 4 (erhållna mätdata tabell 1, bilaga 4). Man ser en större spridning hos kolrör jämfört med dosimeter. Det är intressant att konstatera att den procentuella skillnaden mellan höger och vänster sida för kolrör, omkring ±20%, är likartad med den som erhölls mellan kolrör och dosimeter med utrustningen placerad på samma sida. Någon signifikant skillnad mellan höger och vänster sida för respektive metod påvisas emellertid inte med t-test (tabell II).

De erhållna mätresultaten har plottats i x,y diagram, vilka återfinns i bilaga 4 figur 3 o 4. Lutningen på linjen är omkring 1 för båda metoderna (tabell II).

Tabell II. Jämförelse av kolrör respektive dosimeter på höger (x) och vänster (y) axel.

	Linjär regression			Korrel. koeff.r	t-test parade prov		
Styren	Antal prov	Lutningen, b 95% konf.gräns	Intercept a		$\bar{d}$ 95% konf.gräns	sd	t-värde
Kolrör höger-vänster	37	1,05±0,07	-0,45	0,982	1,2 ± 2,4	7,1	1,06
Dosimeter höger-vänster	37	0,99±0,04	0,33	0,993	0,2 ± 1,4	4,1	0,25

6.6 Jämförelse med andra fältstudier

Resultat från undersökningar med olika fabrikat av dosimetrar går inte direkt att jämföra, eftersom resultaten är beroende av konstanter givna av tillverkarna. Alla dosimetrar för lösningsmedel fungerar dock enligt diffusionsprincipen och om diffusionshastigheten är korrekt angivna bör en viss överensstämmelse finnas, förutsatt att inga andra felkällor påverkat resultaten.

I litteraturen finns tolv olika fältstudier för jämförelse av passiva dosimetrar och kolrör för organiska ämnen (3,11-14). För styren finns två fältstudier, som båda utförts i plastbåtsindustrier (11,12). I studien utförd av NIOSH har jämförelsen skett med dosimeter av fabrikat Gasbadge och kolrör. Totala antalet provpar var 16. Man fann

en signifikant korrelation på 0,994 och vid linjär regression lutningen 0,90. T-test för parade prover visade ingen signifikant skillnad mellan metodernas medelvärden. Detta överensstämmer väl med resultaten i vår studie. Vi fick dock ett något högre värde på lutningen, 0,97.
I Arbetarskyddsstyrelsens undersökning konstateras att för dosimetrarna 3M, Pro-Tek och kolrör överensstämmer halterna för styren bra. Deras fältundersökningen har utförts med stationär provtagning under fyra timmar och vid totalt fem tillfällen. Totala antalet prov är 10 per metod. Ingen statistisk analys har utförts. Den procentuella differensen mellan 3M och kolrör var i % :-12,5; 0; 7,6; 5,1 och -6,4. Dessa värden har beräknats ur de diagram vari resultaten presenterades och stämmer väl överens med resultaten i vår studie.

För xylen har Gasbadge-dosimetern och kolrör jämförts i en fältstudie med både stationär och personburen provtagning (13). Totala antalet provpar var 37. Linjär regression gav lutningen 1,20 och korrelationskoefficienten 0,936.I vår undersökning erhölls en något bättre överensstämmelse mellan metoderna, r=0,978 och lutningen 1,03.
I samma undersökning presenterades även resultat för etylacetat och etylbensen. Totala antalet provpar var 10 resp 7. Förhållandet mellan dosimeter och kolrör angavs som 0,90 ± 0,28 för etylacetat och 0,93 ± 0,29 för etylbensen. Vid motsvarande beräkningar på våra resultat erhålls 0,91 ± 0,09 för etylacetat och 1,07 ± 0,12 för etylbensen.

6.7 Möjliga felkällor

Det finns många möjliga felkällor i fältstudier, dels sådana som har med själva provtagningsprincipen och analysmetoden att göra, dels sådana som beror på olika omgivningsfaktorer. Nedan diskuteras några exempel.

Provtagningshastigheten för dosimetern kan vara felaktig angiven. I denna ingår dels parametrar som har med dosimeterns konstruktion (A,L) att göra, dels diffusionskoefficienten, som är relaterad till ett visst ämne. I vissa fall har provtagningshastigheten bestämts i laboratorieförsök, medan den i andra fall beräknats teoretiskt. Det finns åtminstone nio olika sätt att beräkna diffusionskoefficienten (3). Om värdet är för högt på provtagningshastigheten erhålls ett lägre värde på dosimetern, vilket leder till ett lägre värde på lutningen och vice versa. Detta kan vara orsaken till det lägre värdet på lutningen för etylacetat. Mot detta talar att provtagningshastigheten för etylacetat är bestämd genom laboratorietest.

Temperatur och tryck påverkar diffusionskoefficienten. En temperaturökning från 25 till 30°C medför ett fel som dock är mindre än en procent (3).

Även lufthastigheten påverkar provtagningshastigheten. En minsta lufthastighet förbi dosimetern är ett krav ($\geqslant$ 7,6 cm/s). Om luften blir stillastående ökar avståndet L och koncentrationen utanför dosimetern blir inte längre samma som omgivningskoncentrationen. Vid de undersökta arbets-

platserna har lufthastigheten varierat mellan 10 till 20 cm/s. Det finns undersökningar som visar att höga lufthastigheter vinkelrätt mot dosimetern eller turbulens kan öka provtagningshastigheten. I en undersökning där Gasbadgedosimetern exponerades för styren vid 0,22 respektive 0,44 m/s ökade provtagningshastigheten med 35,5% (15). Vid personburen provtagning förekommer säkert tillfällen med höga lufthastigheter och turbulens. I vår fältstudie överensstämmer dock resultaten för styren mellan kolrör och dosimeter.

Förlust från kolet kan ske, när koncentrationen varierar från hög exponering under kort tid följd av låg exponering vid hög luftfuktighet, 70% RH (16). Kolrör har visat sig vara mindre känsliga för detta jämfört med passiva dosimetrar, troligen p g a att kolet i kolrör har större tillgänglig aktiv yta än kolet i dosimetrarna. Detta kan vara en orsak till att dosimetern givit lägre resultat för etylacetat än kolrören, eftersom exponeringen i huvudsak skett under själva rengöringen och luftfuktigheten varierat mellan 45 till 67% .
En ytterligare orsak kan vara att etylacetat är polärt och sådana ämnen har visat sig ge lägre resultat vid hög relativ luftfuktighet (80%) både på kolrör och dosimetrar. Dosimetrarna har emellertid påverkats mest (12).

Stänk på dosimetern kan ge ett för högt värde. Den exponerade ytan är klart större för dosimetern än för kolrör. I vår studie har dosimetrarna inspekterats och eventuella stänk noterats. Det har i enstaka fall rört sig om knapp-

nålsstora "prickar" eller färgstänk på plastkanten runt dosimetern. För dessa prover har ingen tydlig skillnad av mätresultaten erhållits. Man kan dock misstänka att dosimetrar och kolrör skulle ge väsentligt skilda resultat vid t ex sprutmålning.

Provtagningsutrustningens placering kan innebära att olika resultat erhålls. Resultaten från styrenmätningen i plastbåtsindustrin visar emellertid en god överenskommelse mellan värdena erhållna på höger och vänster sida. I våra jämförande studier mellan kolrör och dosimeter har provtagningsutrustningen placerats alldeles intill varandra i andningszon på försökspersonerna. Detta bör således ha inneburet att kolrör och dosimeter exponerats likartat.

Problem associerade med bestämningen av provmängden på kolet är de samma för både dosimeter och kolrör och bör inte ha påverkat den ena metoden mer än den andra. Desorptionsgraden kan däremot utgöra en felkälla.
Desorptionsgraden beror på ett flertal faktorer bl a desorptionsvolymen, provmängden på kolet, typ av aktivt kol, närvaron av andra ämnen samt desorptionsmetoden (17,18, 19).
I denna studie har samma metod för bestämning av desorptionsgrad använts för kolrör och dosimeter. Vidare har samma volym använts som vid analys av proverna. Desorptionsgraden har bestämts för de olika ämnena enskilt. I blandningar av opolära ämnen eller vid förekomst av ett polärt och ett opolärt ämne påverkas ej det enskilda

ämnets desorptionsgrad. Blandningar av polära ämnen medför däremot ändrad desorptionsgrad (17). Desorptionsgraden för etylacetat, som är ett polärt ämne, kan således påverkas om det förekommer andra polära ämnen. Vatten är ett polärt ämne som finns i luften. Eventuellt kan denna påverkan vara olika för kolrör och dosimetern p g a olika aktivt kol.

Mättnad av kolet kan ge upphov till förluster. I våra undersökningar har kolrörets kontrollskikt ej innehållit analyserbara mängder. Eftersom kapaciteten inte skiljer sig nämnvärt för de provtagna ämnena bör inte heller dosimetrarna ha blivit mättade.

För att studera inverkan av omgivningsfaktorer såsom luft fuktighet, lufthastighet och koncentrationsvariationer krävs laboratorieundersökningar under kontrollerade betingelser.

7.SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER.

I denna jämförande fältstudie av kolrör (SKC) och dosimeter (3M) för mätning av styren, xylen och etylbensen resp etylacetat erhålls en mycket god överensstämmelse mellan metoderna för styren, xylen och etylbensen. Vid linjär regression erhålles för dessa ämnen en lutning nära 1,0 och en hög korrelationskoefficient. Det är således fullt

möjligt att använda dosimeter istället för kolrör för dessa ämnen. För mätning av styren har detta stor betydelse, eftersom en anvisning kräver årliga mätningar av styren i luft.

Dosimetrarna är lätta att handha och fordrar inte lika mycket praktiskt förberedelse-arbete inför en mätning. Under själva mätningen i fält kräver dock både kolrör och dosimeter en aktiv övervakning för att rätt kunna bedöma erhållna resultat.

Våra resultat gäller för de koncentrationsintervall som erhållits på arbetsplatserna för respektive ämne. För användning vid högre koncentrationsnivåer måste andra jämförande studier utföras.

Etylacetat ger ett lägre värde på lutningen (0,82), vilket antyder någon form av systematiskt fel. Det går inte att säga vad felet kan vara utifrån en fältstudie, men tänkbara felkällor är provtagningshastigheten, luftfuktigheten och mycket varierande koncentration. Vidare är etylacetat ett mer polärt ämne än styren, xylen och etylbensen, vilket också kan ha betydelse. För att studera orsaken måste laboratorieförsök under kontrollerade betingelser utföras.

REFERENSER

1. Provtagning med adsorptionsrör och analys med gaskromatograf. Metodserien nr 1013, Arbetarskyddsstyrelsen (1979).

2. Tomkins, FC. och R.L. Goldsmith: A new Personal Dosimeter for Monitoring of Industrial Pollutants. Am. Ind. Hyg. Assoc.J. 38:371-377 (1979)

3. Rose, V.E. och Perkins, J.L.: Passive dosmetry - State of the art review. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 43:605-621 (1982)

4. Leidel, N.A. et al: Occupational exposure sampling strategy manual. DHEW (NIOSH) Publication No. 77-173 (1977)

5. 3M. 3M Brand Organic vapor monitor product No. 3500. (1980)

6. 3M. Organic Vapor Monitor 3500 Analysis Guide (1983)

7. MDA: Charcoal tube user guide, 2nd edition (1979)

8. Natrella, M.G.: Experimental Statistics, National Bureau of Standards Handbook 91, V.S. Government Printing Office, Washington, D.C. (1963)

9. Colton,T.: Statistics in medicine. Little, Brown and Company (1974)

10. Tuggle, R.M. och Hawkinson, R.W.: Incorrect use of t-test. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 42: 325-326 (1981)

11. Boeniger, M.F. et al: A field comparison of two passive organic monitors with charcoal tubes under singular and multiple exposure conditions. Presented on the 19th Annual American Industrial Hygiene Conference - Chicago (May, 1979).

12. Scullman, J.et al: Jämförande dosimetertest med avseende på aceton och styren. Undersökningsrapport 1983:12, Arbetarskyddsstyrelsen.

13. Johansson, C.E.: Standardiserade mät- och analysrutiner i färgfabriker. Slutrapport. Nitro Consult AB,Analystjänst (1979).

14. Nise, G och Widholm, B: Jämförelse mellan passiva dosimetrar, kolrör och motordrivna sprutor för bestämning av toluenhalten i luft. Undersökningsrapport 1981:VI, Arbetarskyddsstyrelsen.

15. Samini, B. och Falbo.L: Validation of Abcor (NMS) Organic vapor dosimeter under various concentrations and air velocity conditions. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 44:402-408 (1983)

16. Gregory E.D. och Elia V.J.: Sample retentivity properties of passive organic vapor samples and charcoal tubes under various conditions ..... Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 44:88-96 (1983)

17. Posner, J.C. och Okenfuss, J.R.: Desorption of organic analytes from activated carbon. 1:Factors affecting the process. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 42:643-646 (1981)

18. Krajewski, J. et al: Comparison of methods for determination of desorptions efficiencies. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 41:531-534 (1980)

19. Evans P. och Horstman: Desorption efficiency determination methods for styrene using charcoal tubes and passive monitors. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 42:471-474 (1981).

Beskrivning av mätplatserna

Plastbåtstillverkning

Vid företaget tillverkas båtar i armerad polyesterplast. Skrov, däck och andra plastade detaljer tillverkas genom sprutuppläggning i form. Tillverkningen omfattar både bruksbåtar och fritidsbåtar. Skroven har ofta en längd över 8 meter.

Plastningsarbetena utföres huvudsakligen i en spruthall på 20 x 40 m. I denna finns en sprutbox med en bredd av 16 m och ett djup på 4,6 m. Intill sprutboxen finns en separat box för gelcoatering, bredd 4 m och djup 7,5 m. Luft tillförs lokalen genom två "textilkorvar" som sitter i taket. All frånluft går genom sprutbox och gelcoateringsbox. Antalet arbetare i spruthallen varierar något från dag till dag men är som högst åtta. Arbetsstyrkan vid sprutboxen brukar vara en sprutare och tre rollare. Ute i själva spruthallen kan under tiden andra arbeta med målnings- och monteringsarbete.

I en annan byggnad finns ett sliprum och en monteringshall. I sliprummet utföres plastning endast i begränsad omfattning, exempelvis topcoateras däcksluckor till båtarna. I monteringshallen kan det förekomma en del plastningsarbete men då oftast i liten omfattning. Totalt arbetar cirka sex personer i dessa lokaler.

Den huvudsakliga lösningsmedelsexponeringen utgörs av styren i samband med plastningsarbete och vid vistelse i

sprutlokalen. Verktyg rengörs i aceton, men detta sker under mycket kort tid och medför ringa exponering för aceton.

Offsettryckeri

Vid företaget sker tryckning av böcker, veckotidningar och reklammaterial i flerfärgstryck. I tryckerilokalen, som är 1200 m^2 och 7 m hög finns 4 rulloffsetmaskiner och 2 arkmaskiner. Varje tryckpress har fyra eller fem tryckverk, ett för vardera färgerna gult, rött, blått och svart. För tryckning används Heatset-färger, vilka innehåller lösningsmedel med kokpunkt mellan 200° och 300° C. Färgerna tillförs tryckverken automatiskt vid tryckning. Vid varje maskin arbetar 3-5 personer, varav en är förste tryckare, en andre tryckare och övriga biträden. På avdelningen arbetar totalt 42 personer uppdelade i två skift.

Principen för offsettryck bygger på att tryckplåtarna är preparerade så att tryckytorna beläggs med färg, medan övriga ytor beläggs med vatten. Vid offsettryckning överförs tryckfärgen till papperet via ett system av valsar. Tryckplåten rullas först mot fuktvalsarna och därefter mot färgvalsarna. Slutligen rullas plåten mot en gummidukskläd cylinder (gummivals) och avsätter färgen på gummiytan. Gummivalsen rullas vidare mot pappersbanan och papperet färgbelägges.

Lösningsmedelsexponering uppstår vid rengöring i rulloffsetmaskinerna under produktion, vid plåt- och färgbyte samt vid fredagsrengöring. Rengöring under produktion sker

cirka varannan timme under cirka 2 min/tryckverk med en blandning av etylacetat/fotogen. Vid de övriga rengöringsmomenten, som tar mellan 15 min - 1 timma används oftast enbart etylacetat. Rengöringsarbetet utförs huvudsakligen av andretryckaren och biträdena.

Vid rengöring tappas etylacetat och fotogen från dunkar ner i två diskhoar. En trasa av mjukt engångspapper doppas sedan i något eller båda lösningsmedelsbaden. Därefter tvättas gummivalsarna under drift genom att den indränkta trasan tryckes mot den roterande valsen. Trasan förs sakta över ytan. Efteråt kastas trasan i en plåtcontainer försedd med lock. Vid rengöring används skyddshandskar.

Vid större rengöring som t ex vid plåtbyte och fredagsrengöring stoppas tryckpressen och tryckaren får manuellt trycka runt valsarna. Rengöringen kan omfatta både gummivalsar, plåtcylindrar, fuktlåda, fingerskydd och allmän rengöring på och runt tryckpressen. Beroende på antal personer vid pressen rengörs ett eller två tryckverk per man. Vissa detaljer såsom fuktlådor och fingerskydd plockas ur tryckverken och rengörs vid arbetsbänk. Vid tre rulloffsetmaskiner har punktutsug och riktad styrluft installerats vid varje tryckverk. Punktutsugets kapacitet är 500 m^3/h. Styrluften har en hastighet på omkring 30 m/s i donets mynning (Ø 1 cm). Vid diskhoarna finns lock och punktutsug. Samtliga punktutsug vid en maskin är kopplade till samma fläkt och används endast under tvättmomenten. Vid den fjärde rulloffsetmaskinen (GMA) som är den största, har punktutsug inte installerats, eftersom det är

oklart hur länge maskinen ytterligare skall vara i produktion. I lokalen finns allmänventilation med tilluft längs långväggarna och utsug i taket. Luftomsättningen är cirka 40 oms/h.

Screentryckeri

Vid företaget sker tryckning av flerfärgsaffischer i sex automatiska screenpressar (fabrikat SAM). Varje maskin är cirka 45 m lång, varav torkugnen är omkring 7 m. I två maskiner sker tryckning av affischer i format 120 x 160 cm och i de övriga 75x 105 cm. Tryckformen utgörs av en duk uppspänd på en plan ram. Vid tryckning matas det material som ska tryckas fram under ramen. Denna sänks, färgen strykes ut och pressas genom duken med en rakel. Efter tryckning sker torkning vid passage genom varmluftstork. För att erhålla flera färger och nyanser på en affisch måste denna passera screenpressen i flera omgångar. De använda färgerna är Sericol "fyrfärgsserien". Vid användningen späder tryckarna färgen med xylen (teknisk kvalitet) eller xylen och Supersol, som huvudsakligen innehåller trimetylbensen och metyletylbensen. I 20 l färg tillsätts 15 l xylen eller 10 l xylen och 5 l Supersol.
Åtgången per maskin varierar mellan 20-40 l utspädd färg per dag.
Vid varje maskin arbetar en tryckare och ett biträde med övervakning, tillförsel av färg, byte av tryckformar och färg samt rengöring av färgraklar och verktyg. Rengöringen utförs av biträdena. Verktygen tvättas med xylen i ett separat utrymme.

Lösningsmedel avdunstar i arbetslokalen (45m x 27m x 6m) från de färgbelagda tryckformarna och affischerna samt vid spädning av färg, som utförs i lokalen. P g a att man ofta byter tryckformar är det svårt att kapsla in eller montera punktutsug i närheten av den föroreningsgivande ytan. Vid företaget har tilluft i form av jetstrålar placerats i början av varje maskin och riktade mot torkugnen, där utsug finns. Vid färgblandningen finns inga utsug.

Provplats: Screentryckeri.

Xylen (mg/m^3) Antal provpar:30

Miljö: andra ämnen: etylbensen 3-40 mg/m^3, trimetylbensen c:a 5 mg/m^3
Temp: 19-20°C
R.H.:50 % Lufttryck: 980-990 mbar

Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 diff.	% diff.	Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 diff.	%diff.
8,7	9,9	1,2	14	51,1	49,4	1,7	3
10,8	12,1	1,3	12	56,8	61,7	4,9	9
11,7	16,5	4,8	41	58,1	47,9	-10,2	-18
15,1	17,4	2,3	15	59,9	67,0	7,1	12
24,4	28,7	4,3	18	61,2	65,8	4,6	8
25,6	31,9	6,3	25	62,7	60,1	-2,6	-4
34,6	38,1	3,5	10	64,5	52,2	-12,3	-19
34,9	35,2	0,3	1	65,6	70,1	4,5	7
36,7	48,4	11,7	32	66,8	62,9	-3,9	-6
38,5	38,8	0,3	1	67,3	70,9	3,6	5
39,4	38,9	-0,5	-1	69,1	70,5	1,4	2
40,1	44,7	4,6	11	89,0	101	12	13
41,5	51,1	9,6	23	96,3	104	7,7	8
42,7	44,6	1,9	4	113	124	11	10
43,0	46,0	3,0	7				
48,7	51,2	2,5	5				

Bilaga 2

Tabell 1. Xylen

Provplats. Screentryckeri.

Etylbensen (mg/m^3) Antal provpar:30

Miljö: andra ämnen: xylen 9-115 mg/m^3, trimetylbensen c:a 5 mg/m^3
Temp: 19-20°C
R.H.:50% Lufttryck:980-990 mbar

Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 Diff.	%Diff.	Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 Diff	% Diff
2,9	3,1	0,2	7	16,8	17,3	0,5	3
3,5	3,8	0,3	9	18,1	19,9	1,8	10
3,7	5,1	1,4	38	19,3	16,2	-3,1	-16
4,7	5,5	0,8	17	20,0	19.7	-0,3	- 2
7,7	9,1	1,4	18	20,4	23,0	2,6	13
8,5	10,3	1,8	21	21,4	23,2	1,8	8
10,4	11,4	1,0	10	21,5	22,4	0,9	4
11,7	12,7	1,0	9	21,7	15,5	-6,2	-29
11,8	15,1	3,3	28	22,3	23,1	0,8	4
12,5	12,6	0,1	1	22,3	21,1	-1,2	-5
13,1	13,1	0	0	22,5	23,2	0,7	3
13,8	14,3	0,5	4	28,2	29,3	1,1	4
13,9	14,8	0,9	6	31,5	34,1	2,6	8
14,0	16,7	2,7	19	34,8	36,8	2,0	6
16,5	17,4	0,9	5	37,7	41,3	3,6	10

Bilaga 2
Tabell 2. Etylbensen

Provplats. Rulloffsettryckeri.

Etylacetat (mg/m^3) Antal provpar:30

Miljö: andra ämnen: fotogen c:a 15 mg/m^3
Temp: 25° C
R.H.: 45-67%, lufttryck 1010-1020 mbar

Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 diff.	% diff.	Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 diff.	% diff.
24,9	25,7	0,8	3	124	100	-24	-19
29,3	32,1	2,8	10	131	117	-14	-11
29,8	31,2	1,4	5	135	128	- 7,0	- 5
36,4	35,5	-0,9	-2	149	140	- 9,0	- 6
38,6	32,8	-5,8	-15	164	143	-21	-13
62,9	61,8	-1,1	-2	178	160	-18	-10
67,3	64,8	-2,5	-4	198	176	-22	-11
69,9	54,0	-15,9	-23	216	191	-25	-12
70,2	60,6	-9,6	-14	217	189	-28	-13
72,1	67,1	-5,0	-7	240	212	-28	-12
73,7	70,9	-2,8	-4	245	217	-28	-11
91,3	81,0	-10,3	-11	255	193	-62	-24
106	98,2	-7,8	-7	266	241	-25	- 9
111	129	18	16	347	280	-67	-19
121	106	-15	-12	363	300	-63	-17

Bilaga 2
Tabell 3. Etylacetat

Provplats: Plastbåtindustri.

Miljö: andra ämnen: aceton
Temp: 22°C
R.H. 40-50% Lufttryck 995-1005 mbar

Styren (mg/m^3) Antal provpar: 25 av 76

Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 Diff	% Diff	Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 Diff	% Diff
38,8	33,8	-5,0	-13	92,3	88,1	-4,2	-5
39,3	38,9	-0,4	-1	92,7	91,8	-0.9	-1
41,0	47,9	6,9	17	94,4	87,3	-7,1	-8
42,3	46,9	4,6	11	96,7	93,9	-2,8	-3
42,4	41,2	-1,2	-3	101	96,2	-4,8	-5
50,9	55,0	4,1	8	103	97,0	-6,0	-6
51,0	45,5	-5,5	-11	112	96,5	-15,5	-14
52,3	53,2	0,9	2	126	130	4,0	3
61,4	56,0	-5,4	-9	130	128	-2,0	-2
62,0	56,0	-6,0	-10	145	146	1,0	1
66,1	67,6	1,5	2				
69,1	72,5	3,4	5				
80,9	78,9	-2,0	-3				
90,4	98,6	8,2	9				
91,6	84,9	-6,7	-7				

Bilaga 2
Tabell 4 Styren

Provplats:Plastbåtsindustri

Styren (mg/m^3) Antal provpar:26 av 76

Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 Diff	% Diff	Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 Diff	% Diff
8,1	9,0	0,9	11	19,1	23,1	4,0	21
9,1	8,8	-0,3	-3	21,2	21,8	0,6	3
9,4	8,9	-0,5	-5	21,6	19,5	-2.1	-10
9,4	10,8	1,4	15	23,1	22,1	-1,0	-4
9,7	11,5	1,8	19	26,1	18,8	-7,3	-28
10,3	9,8	-0,5	-5	26,6	25,6	-1,0	-4
11,4	16,6	5,2	46	31,3	28,1	-3,2	-10
12,0	11,6	-0,4	-3	34,5	30,0	-4,5	-13
14,8	18,6	3,8	26	35,1	37,3	2,2	6
16,0	18,1	2,1	13	37,1	34,9	-2,2	-6
16,6	15,8	-0,8	-5	38,6	39,9	1,3	3
17,0	25,0	8,0	47				
18,2	22,4	4,2	23				
18,8	23,9	5,1	27				
19,0	19,3	0,3	2				

Bilaga 2

Tabell 5. Styren

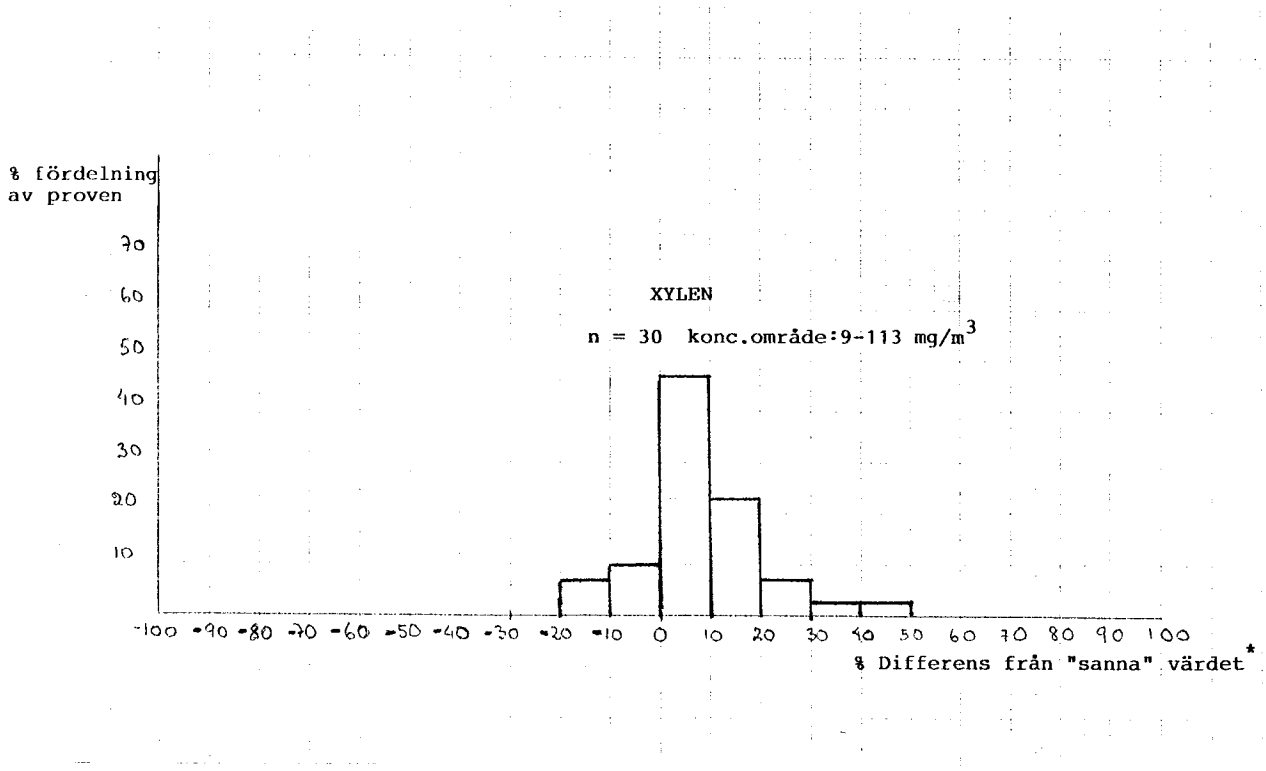
Provplats: Plastbåtsindustri

Styren (mg/m^3) Antal provpar: 25 av 76

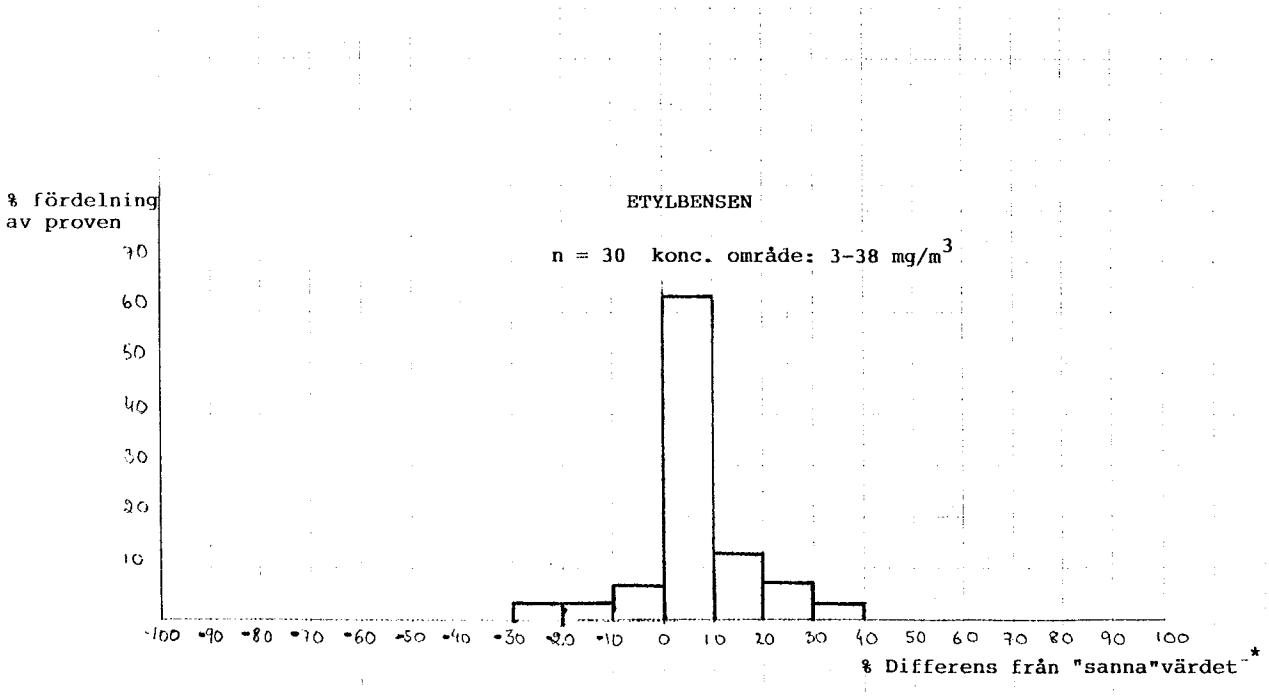
Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 Diff	% Diff	Kolrör	3M dosimeter	mg/m^3 Diff	% Diff
0,7	1,5	0,8	114	4,5	4,3	-0,2	-4
0,8	1,3	0,5	63	4,6	2,9	-1,7	-37
0,8	1,3	0,5	63	5,3	6,8	1,5	28
1,3	1,3	0	0	5,6	10,9	5,3	95
1,4	1,3	-0,1	-7	5,7	8,3	2,6	46
1,4	1,6	0,2	14	6,2	7,6	1,4	23
1,8	2,3	0,5	28	6,6	7,2	0,6	9
2,0	2,0	0	0	7,2	6,6	-0,6	-8
2,3	2,0	-0,3	-13	7,3	6,4	-0,9	-12
2,5	3,1	0,6	24	7,4	8,3	0.9	12
2,8	2,8	0	0				
3,5	3,8	0,3	9				
3,6	4,0	0,4	11				
3,7	4,1	0,4	11				
4,4	6,0	1,6	36				

Bilaga 2
Tabell 6. Styren

Halvdagsprov		Arbetsmomentprov	
Provtagn.tid min	Etylacetat konc mg/m^3	Rengöringsmoment tid min	Etylacetat konc mg/m^3
211	216	77	591
211	347	69	908
211	217	52	722
210	124	37	413
210	135	33	777
222	255	23	1265
211	106	30	271
230	121	39	279
230	164	40	713
230	131	27	959
230	149	35	720
230	198	32	384

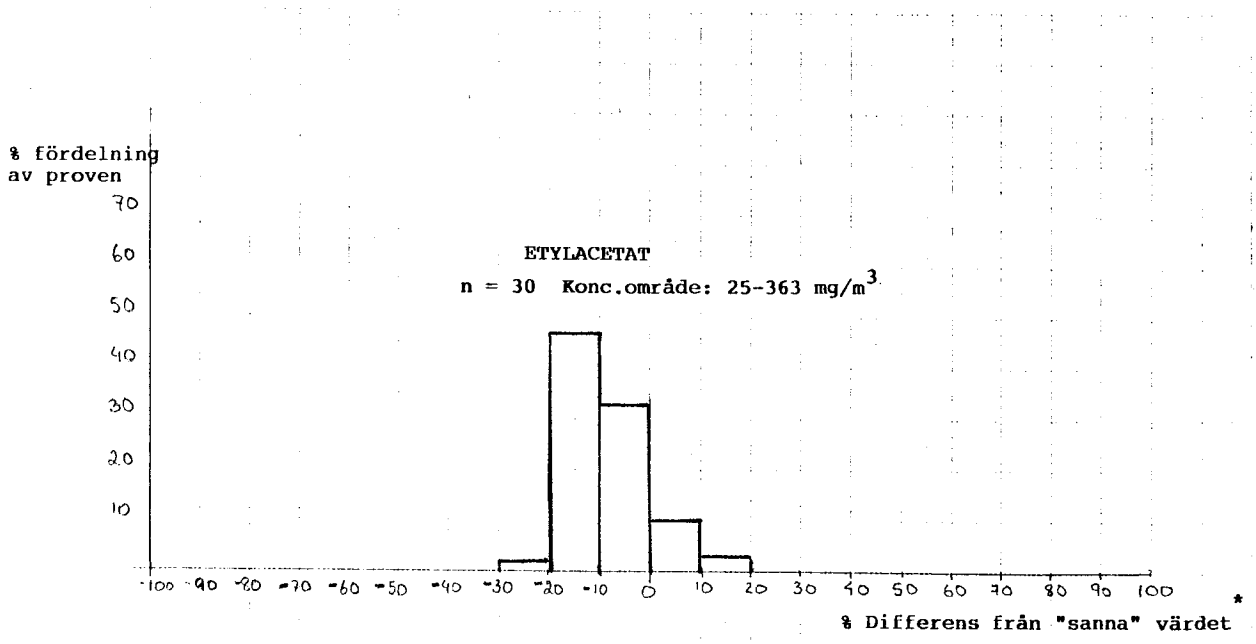


Figur 1. Xylen

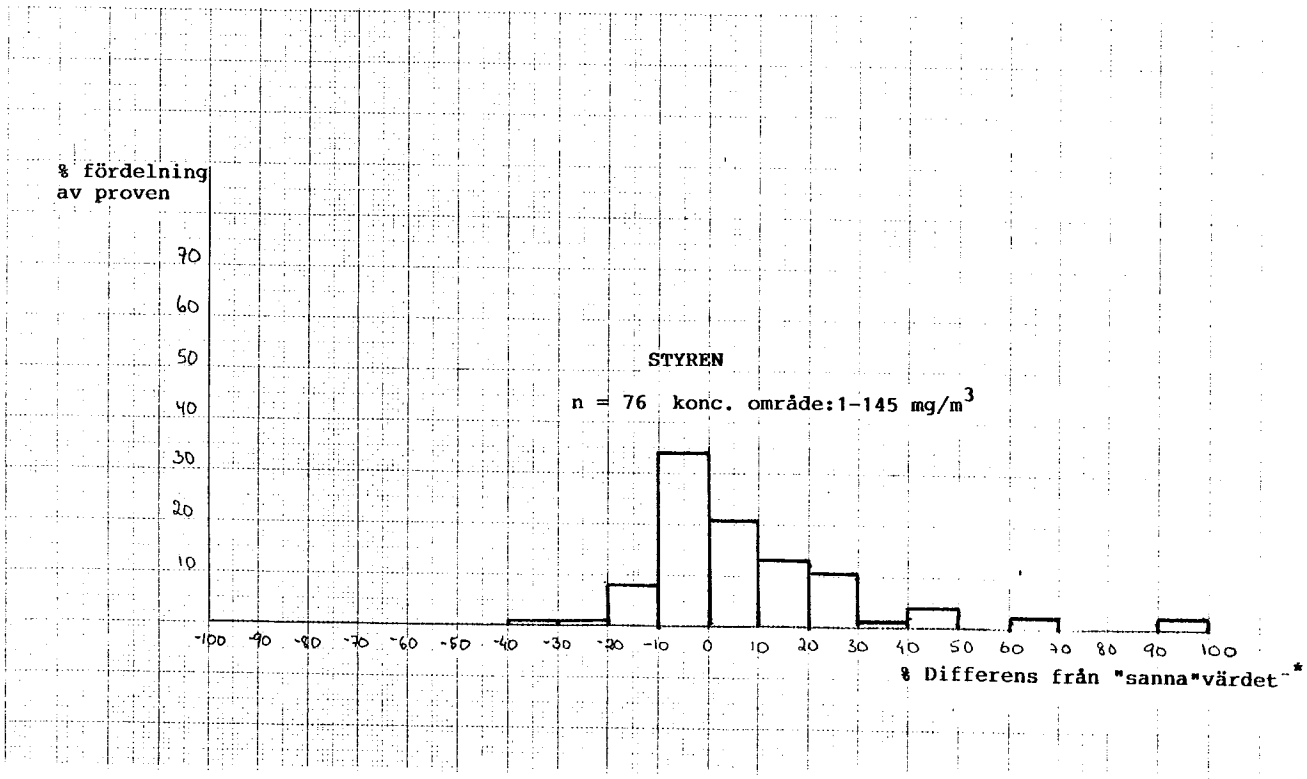


Figur 2. Etylbensen

$$* \text{ Diff.} = \frac{\text{Dos.värdet-kolrörsvärdet}}{\text{Kolrörsvärdet}} \cdot 100$$



Figur 3. Etylacetat



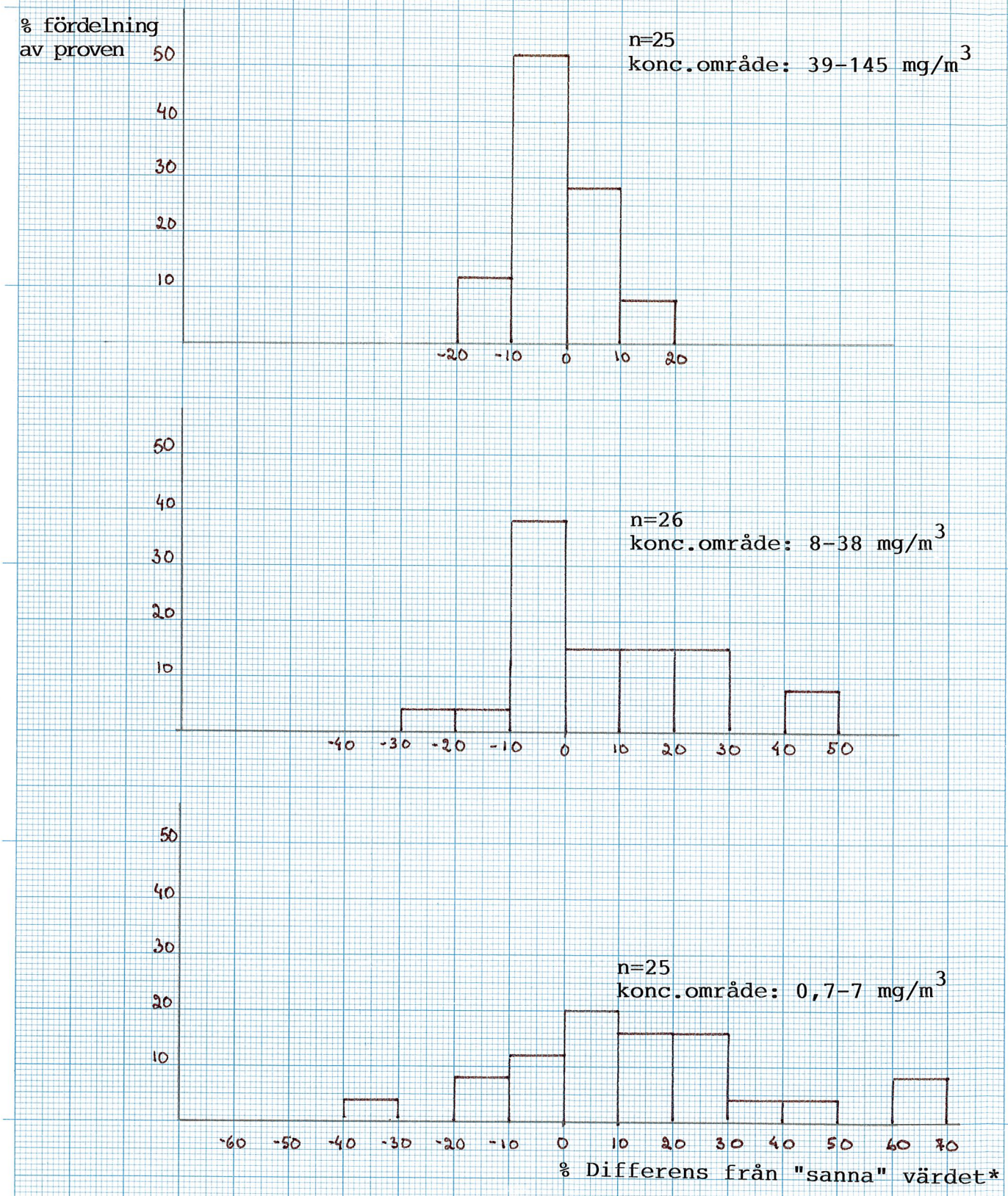
Figur 4. Styren

$$* \ \% \cdot \text{Diff.} = \frac{\text{Dos.värdet} - \text{kolrörsvärdet}}{\text{Kolrörsvärdet}} \cdot 100$$

Bilaga 3

Figur 5

STYREN



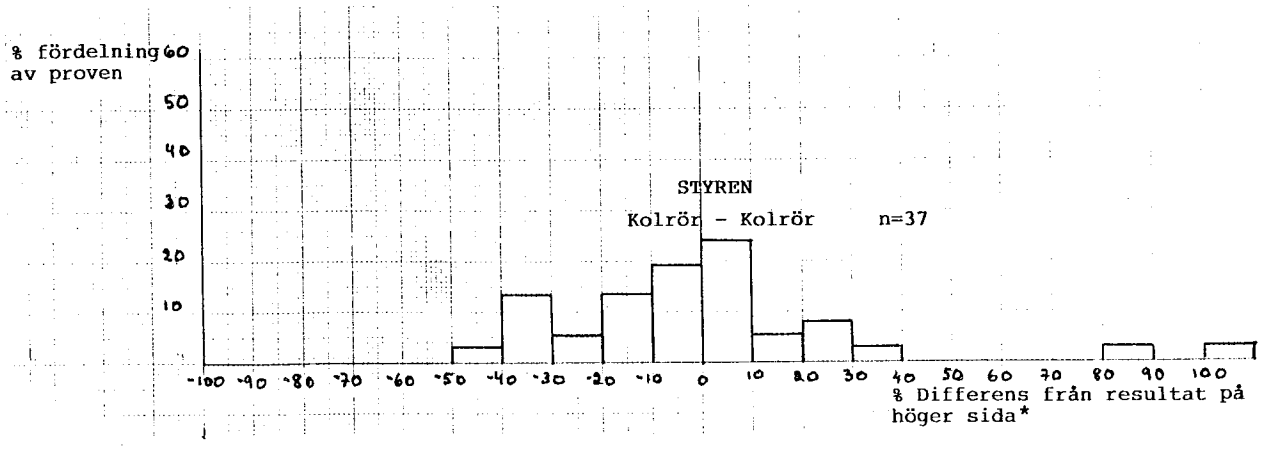
$$* \ \% \text{ Diff.} = \frac{\text{Dos.värdet} - \text{kolrörsvärdet}}{\text{kolrörsvärdet}} \cdot 100$$

73 25 01 - 514 A4 - 1 x 1 mm
ESSELTE
4441

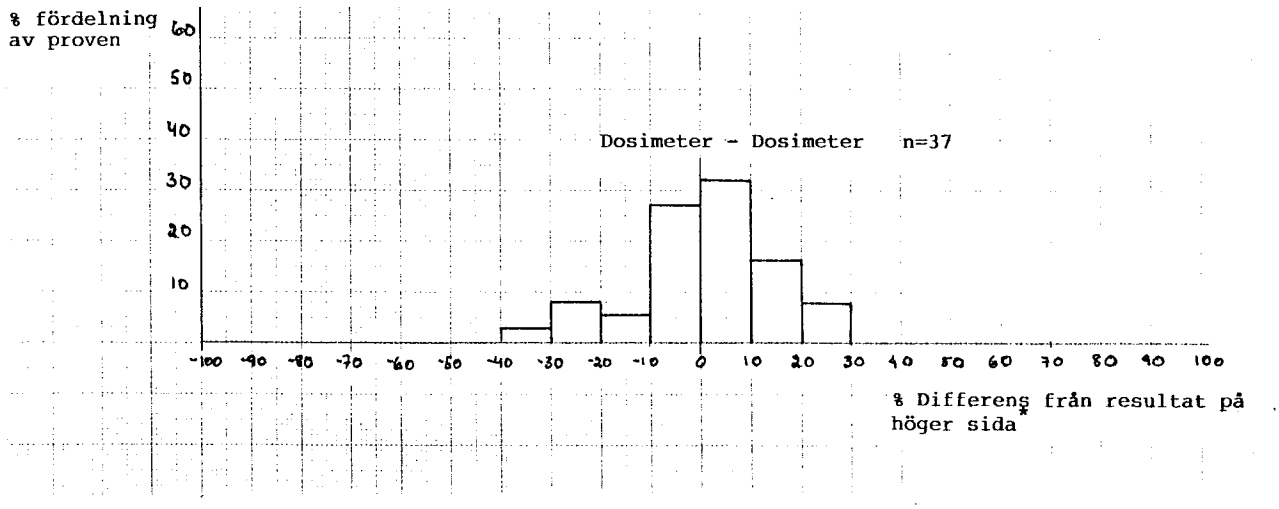
Bilaga 4
Tabell 1

Styren

Kolrör mg/m^3				Dosimeter mg/m^3			
höger	vänster	mg/m^3 diff	%diff	höger	vänster	mg/m^3 diff	%diff
126	130	4,0	3	130	128	-2,0	-2
103	91,6	-11,4	-11	97,0	84,9	-12,1	-12
96,7	101	4,3	4	93,9	96,2	2,3	2
92,3	94,4	2,1	2	88,1	87,3	-0,8	-1
90,4	112	21,6	24	98,6	96,5	-2,1	-2
80,9	92,7	11,8	15	78,9	91,8	12,9	16
66,1	69,1	3,0	5	67,6	72,5	4,9	7
52,3	61,4	9,1	17	53,2	56,0	2,8	5
50,9	62,0	11,1	2	55,0	56,0	1,0	2
42,4	51,0	8,6	2	41,2	45,5	4,3	10
42,3	41,0	-1,3	-3	46,9	47,9	1,0	2
39,3	38,6	-0,7	-2	38,9	39,9	1,0	3
38,8	21,2	-17,6	-45	33,8	21,8	-12	-36
35,1	37,1	2,0	6	37,3	34,9	-2,4	-6
31,3	26,6	-4,7	-15	28,1	25,6	-2,5	-9
26,1	18,8	-7,3	-28	18,8	23,9	5,1	27
19,1	18,2	-0,9	-5	23,1	22,4	-0,7	-3
19,0	23,1	4,1	22	19,3	22,1	2,8	15
17,0	34,5	17,5	103	25,0	30,0	5,0	20
16,6	11,4	-5,2	-31	15,8	16,6	0,8	5
16,0	21,6	5,6	35	18,1	19,5	1,4	8
10,3	9,4	-0,9	-9	9,8	8,9	-0,9	-9
9,7	12,0	2,3	24	11,5	11,6	0,1	1
9,4	5,6	-3,8	-40	10,8	10,9	0,1	1
9,1	6,2	-2,9	-32	8,8	7,6	-1,2	-14
8,1	5,3	-2,8	-35	9,0	6,8	-2,2	-24
7,3	7,4	0,1	1	6,4	8,3	1,9	30
7,2	6,6	-0,6	-8	6,6	7,2	0,6	9
5,7	4,4	-1,3	-23	8,3	6,0	-2,3	-28
4,5	3,7	-0,8	-18	4,3	4,1	-0,2	-5
3,6	3,5	-0,1	-3	4,0	3,8	-0,2	-5
2,8	2,3	-0,5	-18	2,8	2,0	-0,8	-29
2,5	4,6	2,1	84	3,1	2,9	-0,2	-6
2,0	1,8	-0,2	-10	2,0	2,3	0,3	15
1,4	1,4	0	0	1,3	1,6	0,3	23
1,3	0,8	-38	-38	1,3	1,5	0,2	15
0,8	0,7	-13	-13	1,3	1,5	0,2	15

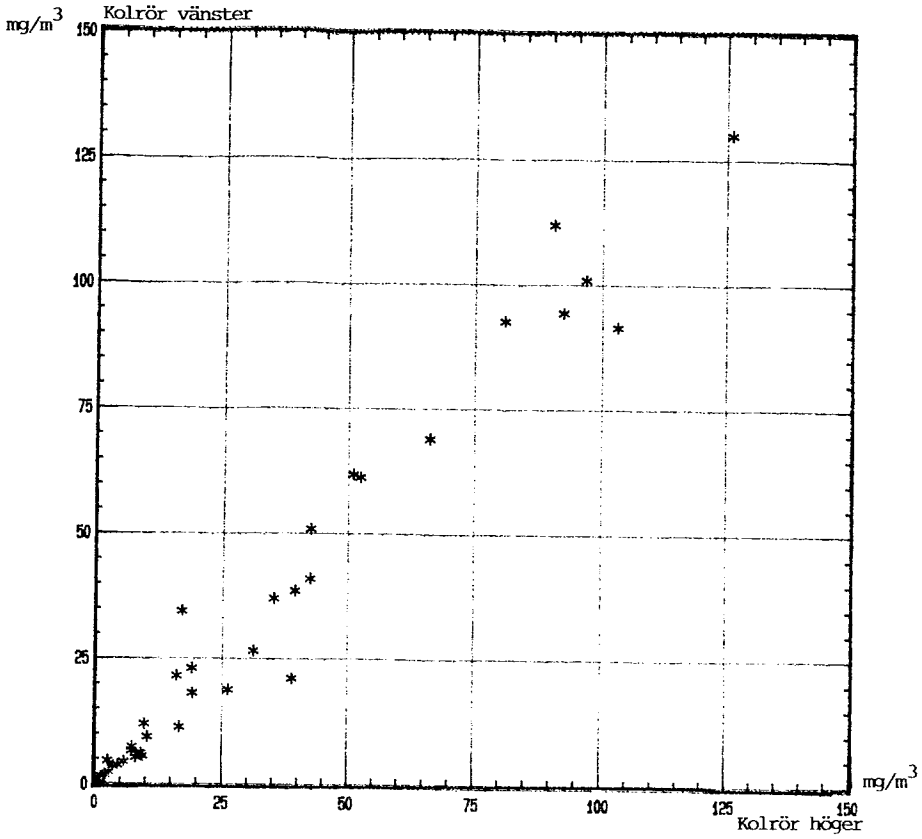


Figur 1. Styren Kolrör-kolrör

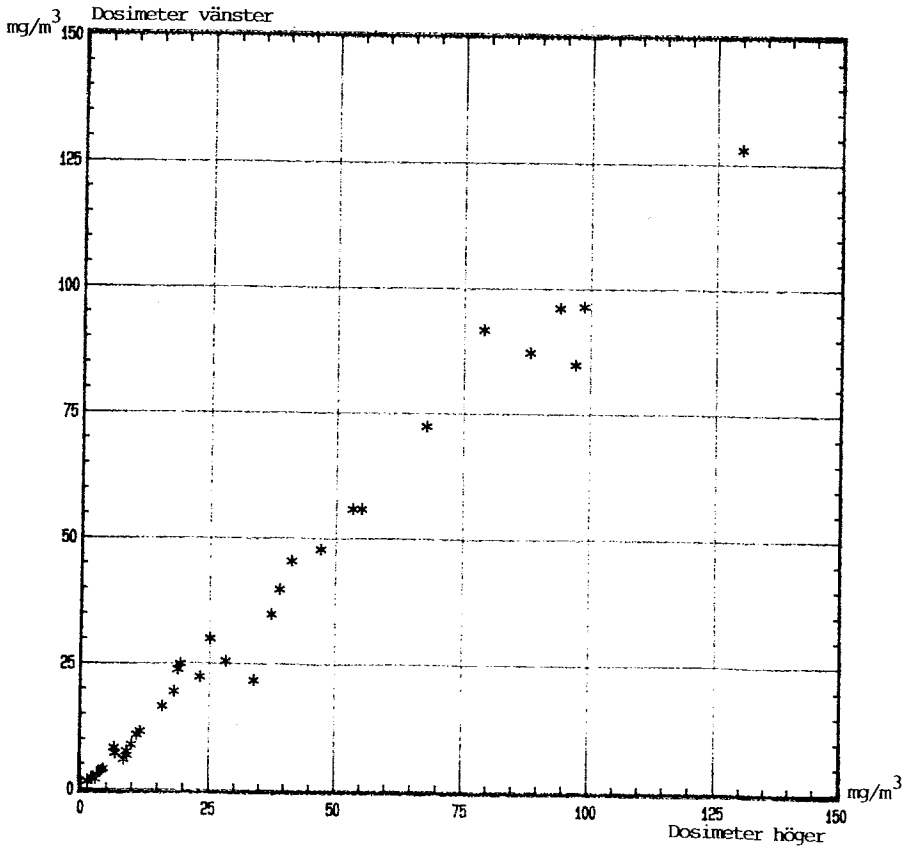


Figur 2. Styren Dosimeter-dosimeter

$$* \ \% \text{ Diff.} = \frac{\text{metodvärde vä-metodvärde hö}}{\text{metodvärde hö}} \cdot 100$$



Figur 3. Styren-kolrör n = 37



Figur 4. Styren - Dosimeter (3M) n = 37