Arbets- och miljömedicin Väst

Sahlgrenska akademin
VID GÖTEBORGS UNIVERSITET
Avdelningen för yrkesmedicin

Rapport från Arbets- och miljömedicin nr 105

Emission av oljeaerosol med minimalsmörjningsteknik vid metallbearbetning

Linnéa Lillienberg[1], docent, 1:e yrkeshygieniker
Annette Pfeifer[1], civ ing
Rolf Sköld[2], professor

[1]Arbets- och miljömedicin, Göteborg
[2] Institutionen för teknisk ytkemi CTH, Göteborg.

Göteborg, oktober 2004

ISSN 1650-4321
ISBN 91-7876-104-2

Arbets- och miljömedicin

S:t Sigfridsgatan 85
412 66 Göteborg

Telefon 031 – 343 81 03
Telefax 031 – 40 97 28
E-post yrkesmedicin@ymk.gu.se
Hemsida www.ymk.gu.se

Förord

Emission av oljeaerosol vid skärande bearbetning med minimalsmörjningsteknik har undersökts vid trycklufsdriven och koldioxidkyld smörjteknik. Vid tryckluftsdriven minimalsmörjning var ca 50% av genererad oljeaerosol respirabel medan i stort sett all oljeaerosol är respirabel med koldioxidkyld olja. Tillsats av antimistadditiv ökade partikelstorleken vid tryckluftsdriven minimalsmörjning, vilket resulterade i procentuellt mindre mängd respirabel aerosol. Med koldioxidkyla blev effekten marginell.

En relativt stor andel av den genererade oljeaerosolen kan antas avgå till omgivande luft, varför processer med minimalsmörjning bör byggas in och utrustas med effektiva utsug.

Denna studie har tillkommit på initiativ av Rolf Sköld och är ett samarbetsprojekt mellan Avdelningen för Arbets- och miljömedicin och Institutionen för teknisk ytkemi, Chalmers Tekniska Högskola. Forskningsmedel har erhållits från Rådet för Arbetslivsforskning som senare överfördes till Vinnova. I studien har vi samarbetat med Volvo Teknisk Utveckling och delar i projektet ingår i Sofia Haargaards examensarbete. Vi vill tacka Nils Lindskog, Sofia Haargaard och andra på Volvo Teknisk Utveckling för värdefulla synpunkter under studiens gång. Vi vill också tacka personalen på Arboritec i Jörlanda för att vi fick hyra lokal för experimentanläggningen. Vi tackar också medarbetarna på ROS Kemiteknik AB för teknisk hjälp.

Innehållsförteckning

Förord ... 2

Sammanfattning ... 5

Bakgrund ... 7

Målsättning ... 8

1. Försök i experimentanläggning ... 9

Material ... 9
Generering av aerosol vid TMS ... 9
Generering av aerosol vid KMS ... 10

Försöksuppställning ... 11
Tryckluftsdriven minimalsmörjning (TMS) ... 12
Koldioxidkyld minimalsmörjning (KMS) ... 13

Mätmetoder ... 13

Utförda försök ... 15
Försöksserie 1 ... 15
Försöksserie 2 och 3 ... 16

Statistiska beräkningar ... 17

Resultat ... 17
Försöksserie 1 ... 17
Försöksserie 2 ... 21
Försöksserie 3 ... 24

Diskussion ... 29

2. Mätning av oljeaerosol vid minimalsmörjning i verkstadsmiljö ... 30

Material och metoder ... 30

Resultat ... 30

Diskussion ... 31

3. Test av ventilationsfilter för rening av oljebemängd luft ... 32

Försöksanordning ... 32

Material och metoder ... 33

Resultat ... 34

Diskussion ... 36

Referenser ... 37

Sammanfattning

Tryckluftsdriven minimalsmörjning (TMS) och minimalsmörjning med koldioxidkyld olja (KMS) är smörjsystem, som i framtiden kan komma att ersätta konventionella skärvätskesystem vid metallbearbetning. Vid minimalsmörjning appliceras en liten mängd (<1ml/min) olja på verktyget och det gods som skall bearbetas. Eftersom all olja förbrukas behövs inga tillsatser. Det finns knappast någon information om hälsorisker för operatörerna vid minimalsmörjning eller vilka halter av skärvätskeaerosol som genereras.

I projektet undersöktes hur olika faktorer påverkar emissionen av aerosoler både vid användning av tryckluft (1 bar övertryck) och koldioxid (ca 65 bar övertryck). Försöken har utförts i en testanläggning och faktorer som testats var viskositet, flödeshastighet på oljan, tillsats av additiv och typ av olja. Dessutom redovisas mätningar av oljedimma på ett företag med skärande bearbetning och användning av minimalsmörjningsteknik. Ett elektrostatiskt ventilationsfilter har testats med avseende på genombrott av oljeaerosol vid generering av oljeaerosol med KMS teknik. Koncentrationen av oljeaerosolen mättes med Respicon TM med datalogger DSS8 (inhalerbar, trakeobronkial och extratorakal fraktion), IOM/button provtagare (inhalerbar fraktion) och Climet partikelräkningsinstrument. Koldioxid mättes med Anagas CD 98.

Vid tryckluftsdriven minimalsmörjning var ca 50% av oljeaerosolen respirabel medan 80-100% var respirabel (viskositet < 100 cSt) med koldioxidkyld olja. Viskositeten hade liten eller ingen effekt på mängden genererad inhalerbar oljeaerosol för oljor med viskositet mellan 87-229 cSt. Med ökad viskositet på oljan ökade den procentuella andelen aerosol i de extratorakala och trakeobronkiala fraktionerna samtidigt som den procentuella andelen respirabel aerosol minskade. Antimistadditiv ökade partikelstorleken, vilket resulterade i procentuellt lägre respirabel mängd aerosol vid TMS teknik. Med KMS teknik blev effekten marginell på fördelning av oljeaerosol i respirabel, trakeobronkial och extratorakal fraktion.

En relativt stor andel av den genererade oljeaerosolen kan antas avgå till omgivande luft, varför processer med minimalsmörjning bör byggas in och utrustas med effektiva

utsug. Vid KMS teknik är det också viktigt att ha kontroll på koldioxidhalten i omgivande luft.

I verkstadsföretag med skärande bearbetning renas luften ofta med filterteknik och återförs till arbetslokalerna. Vid minimalsmörjning med stor andel respirabla partiklar är det stor risk att partiklar < 1 μm inte fastnar i partikelfiltret utan återförs till lokalen.

Bakgrund

På många arbetsplatser med skärande bearbetning används kyl- och smörjmedel i stora skärvätskesystem och ett stort antal maskinoperatörer exponeras för skärvätske-aerosol. De stora skärvätskesystemen kräver olika tillsatser för god teknisk prestanda och bra hållbarhet på skärvätskan samtidigt som stora mängder skärvätska/olja konsumeras. Tempot i verkstadsindustrin har under senare år ökat i takt med ökad konkurrens. Detta har medfört en teknikutveckling för att förbättra/optimera verktyg och skärteknik och samtidigt öka lönsamheten. Tryckluftsdriven minimalsmörjning (TMS)[1-3] och minimalsmörjning med koldioxidkyld olja (KMS)[4-5] är exempel på sådan utveckling.

Vid minimalsmörjning appliceras oljan direkt på verktyg och gods som skall bearbetas, samtidigt som betydligt mindre mängder olja behövs. Genom att oljan förbrukas behövs inga tillsatser som alkali, emulgatorer, korrosionsinhibitorer, biocider mm och inte heller några utrymmeskrävande skärvätskesystem. De mängder smörjmedel som förbrukas är marginella i förhållande till de mängder skärvätskor som normalt försvinner genom förluster med spånor, bearbetat gods och genom läckage. Själva grundtanken med minimalsmörjning är att man genom finfördelning av smörjmedel kan belägga en liten yta med en liten mängd smörjmedel. För att kallas minimalsmörjning skall åtgången av olja ligga på mindre än 1 ml/min. Vanligen används mindre mängder och en åtgång på 20-150 ml smörjmedel/8 tim skift är vanligt. Koldioxidkyld minimalsmörjning är en teknik som hitintills endast testats i försöksanläggningar. En nackdel med minimalsmörjning är att det inte är lika lätt att avlägsna spånor som i konventionella skärvätskesystem, vilket sannolikt bromsat utvecklingen.

Vid användning av konventionella skärvätskesystem alstras skärvätskeaerosol, som operatören inandas och vid hantering av verktyg och våta metallytor sker hud-exponering. Det finns ett flertal studier som visat på irritativa effekter i andningsvägar, kronisk bronkit, astma och hudbesvär[6-8]. Vid minimalsmörjning appliceras oljan med tryckluft på verktyg och metall som skall bearbetas, men kommer också att spridas i luften som en skärvätskeaerosol. Det finns liten kunskap om de exponeringsnivåer och

partikelstorlekar som operatörerna exponeras för vid minimalsmörjning och inte heller vilka faktorer som påverkar aerosolkoncentration och partikelstorleksfördelning[1].

Målsättning

Syftet med projektet var att undersöka faktorer som påverkar emissionen av skärvätske-aerosol vid tryckluftsdriven minimalsmörjning (TMS) och minimalsmörjning med koldioxidkyld olja (KMS) i en försöksanläggning. Vidare ingick att mäta halten olje-aerosol i verkstadsmiljö och att testa genombrott på ett elektrostatiskt ventilationsfilter vid generering av oljeaerosol. Från resultaten i försöksanläggningen och mätningar av oljedimma i verkstadsmiljö var målsättningen att bedöma hälsorisker vid arbete med TMS och KMS.

Faktorer som testats i experimentanläggningen var hur mängden oljeaerosol påverkades av oljans viskositet, flödeshastighet på oljan vid generering, tillsats av additiv och typ av olja. Genererad oljeaersol provtogs på filter och mättes med direktvisande instrument. Filtren har analyserats gravimetriskt och med ljusspridning med avseende på inhalerbar, torakal och respirabel mängd.

Genom samarbete med Volvo, Teknisk Utveckling har resultat erhållits från mätningar av oljeaerosol i verkstadsmiljö vid tryckluftsdriven minimalsmörjning.

Genombrott på ventilationsfilter mättes vid generering av oljeaerosol från en olja med låg viskositet vid generering med koldioxidkyld olja.

1. Försök i experimentanläggning

Material

Generering av aerosol vid TMS

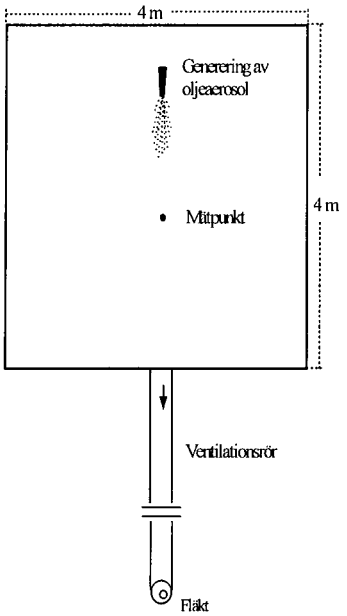
Aerosol-Booster TKM S100

För generering av oljedimma användes en Aerosol-Booster TKM S100. Oljan leds via en oljepump in i systemet medan tryckluften genereras av en kompressor. Med pumpen kan mängden olja i ml/min varieras. I systemet blandas olja med luft till en vätske-aerosolblandning med partiklar i nanometerområdet. Aerosolen kan transporteras i luften över långa distanser. När blandningen når dysan kondenserar aerosolen på grund av partiklarnas acceleration och ett samtidigt snabbt tryckfall. Dysstorleken var 0,3 mm.

I ett optimalt system bör flödet vara < 0,3 ml/min (< 20 ml/h).

Figur 1. Genereringsanläggning av oljeaerosol

Försöksanläggning TMS



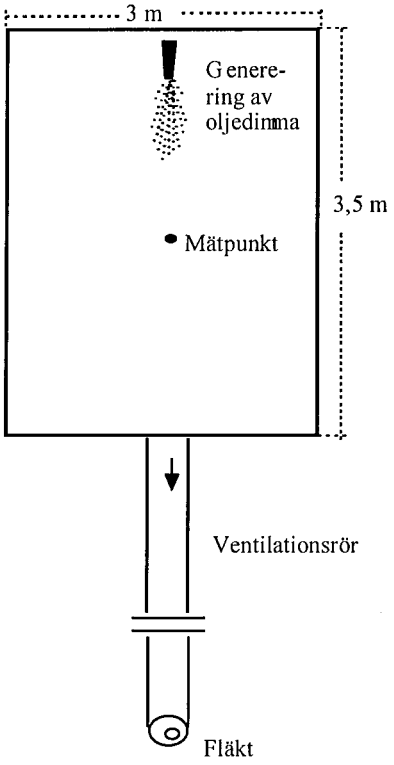
En försöksanläggning har byggts upp med yttermåtten 4 x 4 x 3 m (längd x bredd x höjd). För att ventilera ut den genererade oljedimman efter varje försök monterades ett ventilationsrör i mitten på ena långsidan med mittpunkten på ca 1 meters höjd. Röret hade en diameter på 300 mm och en längd på 3 m och var försett med en fläkt som var reglerbar i 10 steg. Dysan för generering av oljeaerosol placerades i mitten på andra långsidan på 3 m avstånd från ventilationsröret och på 1,6 m höjd, figur 2. Dysan placerades så att oljeaerosolen riktades horisontellt mot ventilationsröret.

Figur 2. Genereringskammare för TMS, sett ovanifrån

Provtagningspunkten bestämdes till 1,3 m från dysan och 1,6 m från ventilationsröret. Vid ett oljeflöde på 0,5 ml/min var lufthastigheten i mätpunkten 0,1-0,16 m/s. Provtagarna monterades på ca 15 cm avstånd från varandra. Oljeflödena varierades i försöken mellan 0,1-1,2 ml/min.

Generering av aerosol vid KMS

Vid generering av oljedimma med koldioxid under tryck blev det svårare att nå en balanserad nivå i kammaren. Kammaren isolerades bättre och storleken minskade till 3,5 x 2 x 2 m (längd x bredd x höjd), figur 3. Avståndet mellan dysan och mätpunkten var 1,8 m och mellan mätpunkten och ventilationsröret 1,1 m. Provtagarna monterades på samma sätt som tidigare på 15 cm avstånd till varandra på en linje vinkelrätt mot aerosolstrålen. Lufthastigheten mättes i mätpunkten vid generering av koldioxid och olika inställningar på fläkten. Kompressorn för koldioxiden gav en pulserande gasström, vilket medförde att lufthastigheten i mätpunkten varierade. Lufthastigheten var 0,5-1,2 m/s med fläktreglaget på 1, 0,3-1,4 m/s vid inställning 2, 0,3-1,6 m/s vid inställning 4, 0,5-2,2 m/s vid inställning 7.



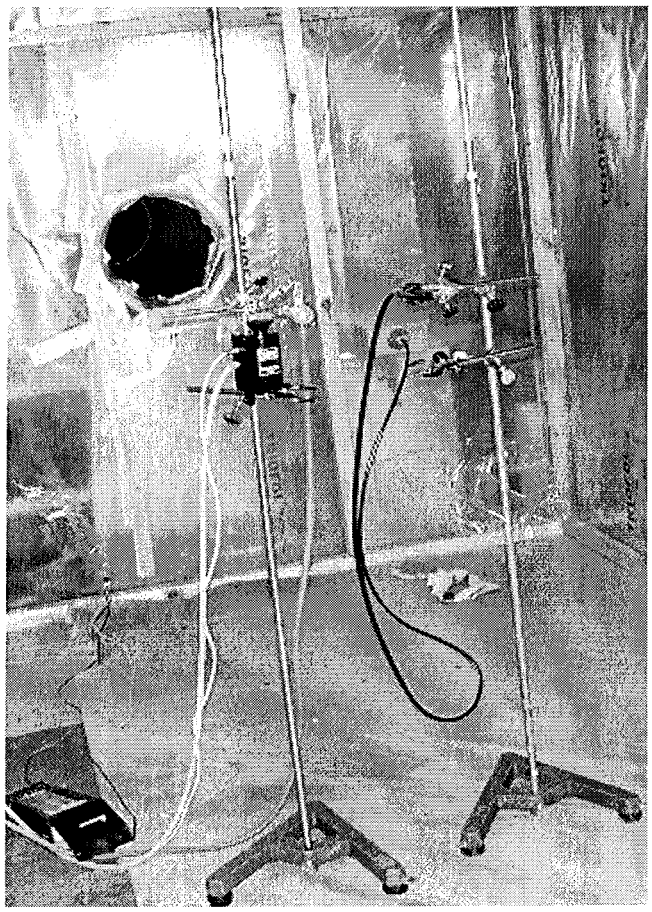
Trycket på koldioxiden var 60-70 bar.

Figur 3. Genereringskammare för KMS, sett ovanifrån

Försöksuppställning

Provtagningsutrustningen placerades i försöksanläggningen. Fläkten ställdes in på steg 1 vid generering av aerosol med TMS och på 3 eller 4 när försök gjordes med KMS. Oljeaerosol genererades under 10-15 minuter tills koncentrationen låg på en jämn nivå (mättes med partikelinstrumentet). Efter detta startades provtagningsutrustningen och försöket genomfördes. Efter provtagningsperioden stängdes provtagningsutrustningen av och generering av oljeaerosol avslutades. Kammaren evakuerades genom att fläkten sattes på steg 10 (max). Mellan försök med olika oljor sköljdes systemet med isopropanol.

Provtagningstider och oljeflöden valdes med hänsyn till att provtagningsutrustningen skulle kunna provta mängder över detektionsgränsen vid vägning. Provtagningstiderna låg på 15-20 minuter och oljeflödena mellan 0,25 och 1,0 ml/min.



Figur 4. Placering av provtagningsutrustning

Figur 5. Generering av oljeaerosol

Tryckluftsdriven minimalsmörjning (TMS)

Vid TMS försöken användes en tvådimensionell försöksdesign (2^3) med 3 faktorer (Umetrics Corporation). Förutom flöde och olika oljor skulle även kompressortryck ingå. Det visade sig senare att trycket hela tiden var 1 bars övertryck beroende på ett tekniskt fel i genereringsanläggningen, vilket resulterade i att varje försök i extrempunkterna utfördes 2 ggr och i mittpunkten 6 ggr. Försöken delades upp i 2 försöksserier, försök 2 och 3. Vid generering av oljeaerosol användes tre olika oljeflöden (0,3, 0,75 och 1,2 ml/min). För Planto Mikro utan antimist additiv och Acculube användes flödena 0,3 och 1,2 ml/min medan alla 3 oljeflödena användes vid försöken med oljorna Plante mikro med antimist additiv och Shell Garia. Koncentrationen oljeaerosol mättes dels med Respicon (glasfiberfilter) och dels med IOM provtagare (cellulosaacetatfilter) på samma sätt som i försöksserie 1 ovan. Dessutom användes en optisk partikelräknare, Climet 7300 med spädenhet på 1:100.

Koldioxidkyld minimalsmörjning (KMS)

Vid motsvarande försök med KMS användes oljeflöden på 0,1, 0,2 och 0,5 ml/min för generering av oljeaerosol där varje försök gjordes minst 2 gånger. Koncentrationen av oljeaerosol mättes med Respicon (glasfiberfilter), button provtagare och partikelräknaren Climet CI 500 från samma tillverkare som Climet 7300. Till partikelräknaren kopplades en spädenhet med spädning 1:100 eller 1:1000. Koldioxidhalten kontrollerades med en enkel CO_2-mätare.

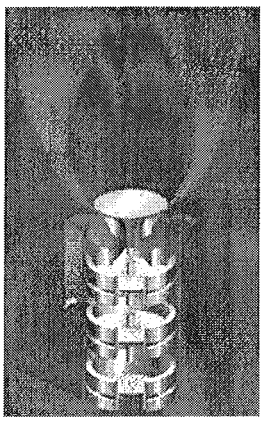
Mätmetoder

Koncentrationen av oljeaerosol mättes med

1. Respicon TM med datalogger DSS8, glasfiberfilter
2. Climet, partikelräknare
3. IOM provtagare (för inhalerbar fraktion), cellulosaacetatfilter
4. IOM button sampler (för inhalerbar fraktion), cellulosaacetatfilter
5. cyklon (för respirabel fraktion)
6. Anagas CD 98 för mätning av CO_2

Filter för samtliga provtagningsutrustningar förvägdes enligt standardproceduren för dammvägning i klimatkammare (50% RH och temperatur 23°C) på Yrkes- och miljömedicin. Laboratoriet är certifierat av SWEDAC för vägning av filter.

Respicon TM



Figur 6. Respicon

Respicon är en gravimetrisk och fotometrisk partikelprovtagare som mäter fem storleksfraktioner på 3 provtagningsfilter av 37 mm storlek [9]. Luften sugs in via en cirkulär insugningsspalt där partiklarna separeras i 3 storleksfraktioner genom en 2-stegs impaktion, figur 6. I varje steg mäts aerosolfraktionen kontinuerligt med ljusdioder (3 fotometrar). Instrumentet är konstruerat för att provta enligt EN-standard 481, figur 7.

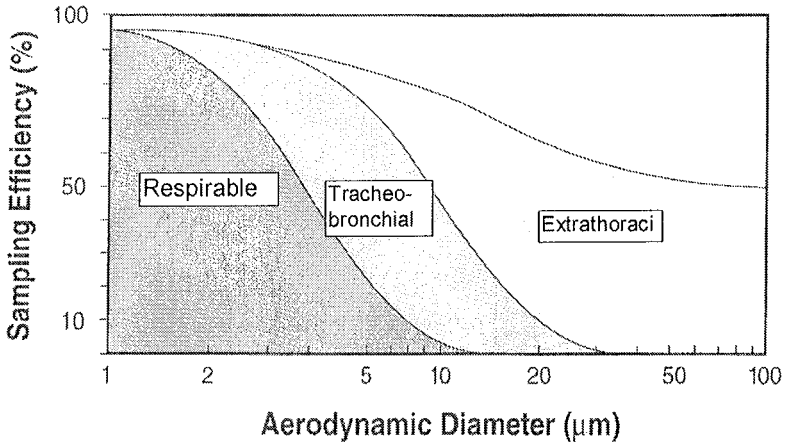
Instrumentet mäter:

Inhalerbar fraktion, cut off på 100 µm

Torakal fraktion, cut off på 10 µm

Respirabel fraktion, cut off på 4 µm

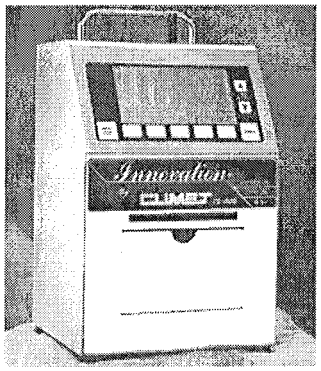
Vidare kan man beräkna den extratorakala och trakeobronkiala fraktionen genom att beräkna skillnader mellan fraktionerna.



Figur 7. Avskiljning av luftburna partiklar enligt EN standard 481

Climet CI 500 och 7300

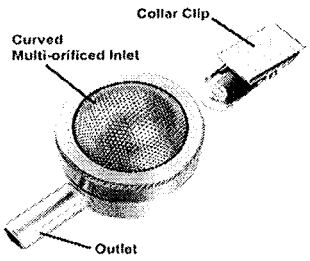
Climet CI 500 är en optisk partikelräknare som mäter 6 storleksfraktioner, >0,3-0,5, 0,5-1,0, 1,0-5, 5-10 och >25 µm. Cl 500 användes vid KMS-försöken medan en äldre modell, Climet 7300, användes vid TMS-försöken. Instrumenten kalibreras 1 gång/år av leverantören. En spädningsenhet på 1:100 och 1:1000 har använts för att späda aerosolen. Provtagaren kan ställas in för olika lång provtagningstid. Genom att välja olika provvolymer kan provtagningstiden/prov varieras från 21 sek till flera timmar. I dessa försök har provtagningstiden/prov varit 21 sek.



Figur 8. Climet CI 500

IOM och "Button" provtagare

Vid TMS försöken användes IOM provtagaren för inhalerbar aerosol med ett provtagningsflöde på 2 l/min. På grund av fluktuationer i lufthastigheten vid generering av oljeaerosolen med KMS och svårighet att placera provtagaren i exakt samma läge vid olika försök användes istället en "button" provtagare med sfärisk insugningsenhet och ett provtagningsflöde på 4 l/min, figur 9. I några försök har också en cyklon (SKC) för provtagning av respirabel aerosol använts för jämförelse med Respicon.



Figur 9. Button provtagare

CO2-provtagare

Vid KMS försöken användes ett direktvisande instrument för koldioxid från Environmental Instruments, Anagas CD 98. Instrumentet bygger på IR-detektion och mäter kontinuerligt procentuell mängd koldioxid i luften.

Utförda försök

Försöksserie 1

I den första försöksserien testades hur viskositeten påverkade genereringen av olje-aerosol genom att jämföra tre oleater med stor skillnad i viskositet. Viskositeten mättes med en Brookfield viscometer, Spindle RV1, speed 20 vid 24 °C. I försöksserien genererades oljeaerosol med flödeshastigheter mellan 0,25 till 1,0 ml/min. Försöken gjordes dels med tryckluft (TMS) dels med koldioxidkyld (KMS) generering av olje-aerosol. I försöksserien användes Respicon med glasfiberfilter för att mäta inhalerbara, respirabla, trakeobronkiala och extratorakala fraktioner och IOM provtagaren (cellulosaacetatfilter) för inhalerbar fraktion.

Några kemiska och fysikaliska egenskaper för de tre oleaterna framgår av tabell1.

Tabell 1. Fysikaliska och kemiska egenskaper för oleaterna

Olja	Viskositet cSt (centistokes)	Densitet g/cm^3 (20°C)	Tillstånd vid rumstemp.	Flampunkt (°C)	Löslighet i vatten
Metyloleat Priolube 1400	16 (24°C)	0,880	Gul vätska	180	Olöslig
Neopentylglykoldioleat Priolube 1446	97 (24°C)	0,900	Gul vätska	>280	Olöslig
Trimetylolpropantrioleat Priolube 1427	229 (24°C)	0,900	Gul vätska	>300	Olöslig

Försöksserie 2 och 3

I den andra och tredje försöksserien användes tre vanliga esteroljor och en fettalkohol, vilka används som smörjmedel inom verkstadsindustrin. Några kemiska och fysikaliska egenskaper för dessa oljor framgår av tabell 2.

Tabell 2. Fysikaliska och kemiska egenskaper för esteroljor och fettalkoholer

Olja	Viskositet cSt	Densitet g/cm^3 (25°C)	Tillstånd vid rumstemp.	Flampunkt (°C)	Löslighet i vatten
Plante Mikro 10-SR med antimist additiv (biologiskt nedbrytbar ester)	35 (25°C)	0,863	Gul, flytande, svag lukt	>206	Knappt blandbart
Plante mikro 10-SR utan antimist additiv (biologiskt nedbrytbar ester)	29 (24°C)	0,858	Gul, flytande, svag lukt	>206	Knappt blandbart
Shell Garia SL 601 (synt. fettsyraester)	48 (40°C)	0,920	Flytande gulbrun, karakteristisk lukt	>220	Något löslig
Acculube LB 5500 (fettalkohol)	52 (20°C)	0,842	Flytande, grön, ingen lukt	160	Olöslig

I försöksserie 2 undersöktes hur tillsats av antimistadditiv påverkade halten genererad oljeaerosol vid olika oljeflöden med både TMS och KMS teknik.

I försöksserie 3 jämfördes tre olika oljor, en syntetisk fettsyraester, Shell Garia, en fettalkohol, Acculube och en ester med additivtillsats, Plante Mikro. Även vid dessa försök jämfördes genererad oljeaerosol vid olika oljeflöden och TMS resp. KMS teknik.

Statistiska beräkningar

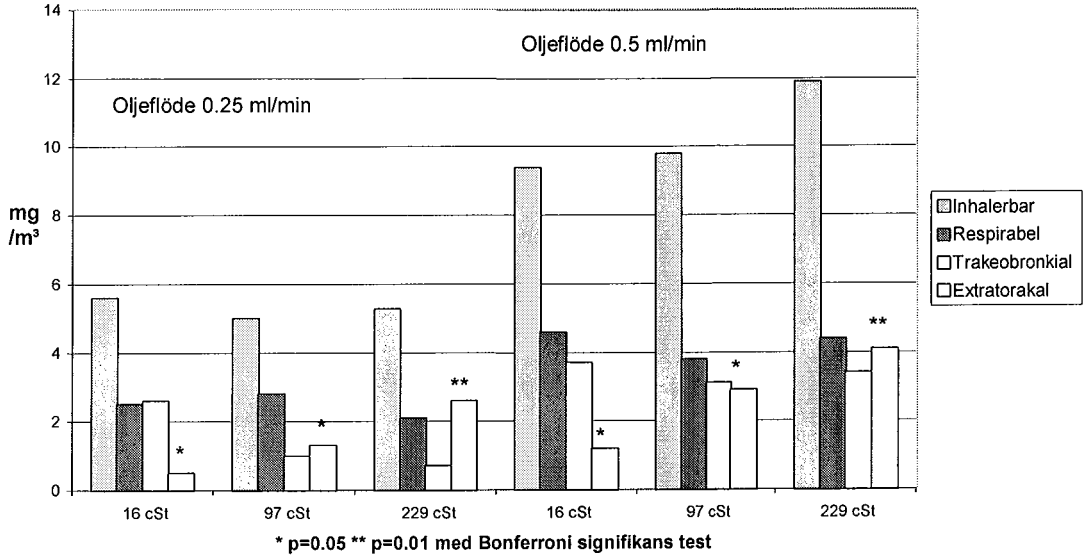
De statistiska beräkningarna är utförda med SAS software version 8e och excel 2000. Beräkningarna omfattade medelvärden, SD (standardavvikelse), test av normalfördelning enligt Shapiro Wilks och Kolmigorov. Tvåvägs variansanalys enligt Anova för inhomogena data med Bonferroni signifikanstest har utförts med Proc GLM.

Resultat

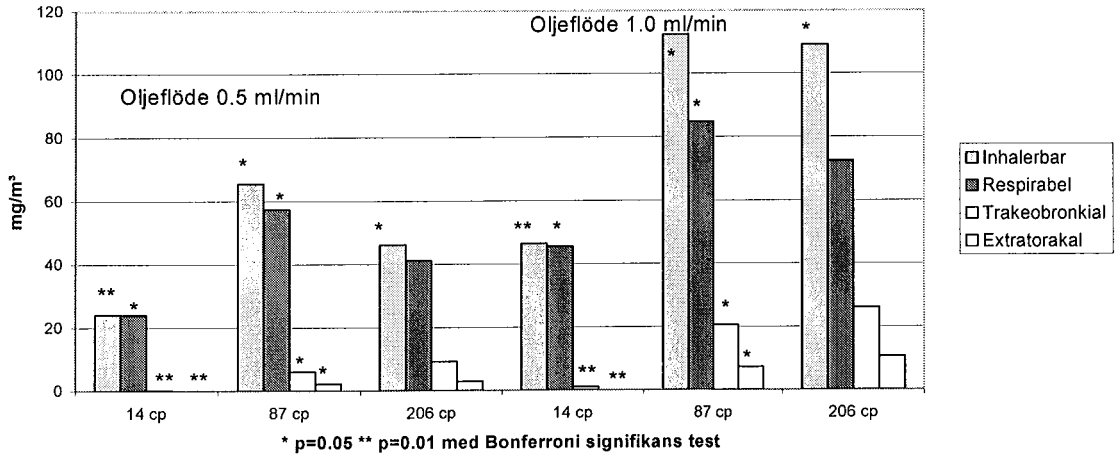
Försöksserie 1

Resultaten från mätserierna för oleater var acceptabelt normalfördelade, varför all statistisk analys har gjorts på ologaritmerade värden.

Ett fördubblat flöde vid generering av oljeaerosol gav också dubbla mängden oljeaerosol i luften mätt med Respicon, figur 10, 11 och tabell 3. Viskositeten hade liten effekt på totalmängden inhalerbar oljeaerosol oberoende om TMS eller KMS teknik användes. Däremot gav oljor med hög viskositet en signifikant ökning i extratorakala fraktionen (större mängd stora partiklar) både med TMS och KMS teknik. En hög viskositet gav även en signifikant ökning i trakeobronkiala fraktionen med KMS teknik, figur 11, 12 och tabell 4. Vid generering med KMS teknik erhölls ungefär halverad mängd inhalerbar oljeaerosol för metyloleat jämfört med de två övriga oleaterna. Detta beror sannolikt på att metyloleat vid koldioxidkyld generering delvis förångas och att oljan i gasfas passerar provtagningsfiltren. Vid koldioxidkyld generering var mängden koldioxid (CO_2) i genereringskammaren ca 2% (20 000 ppm).



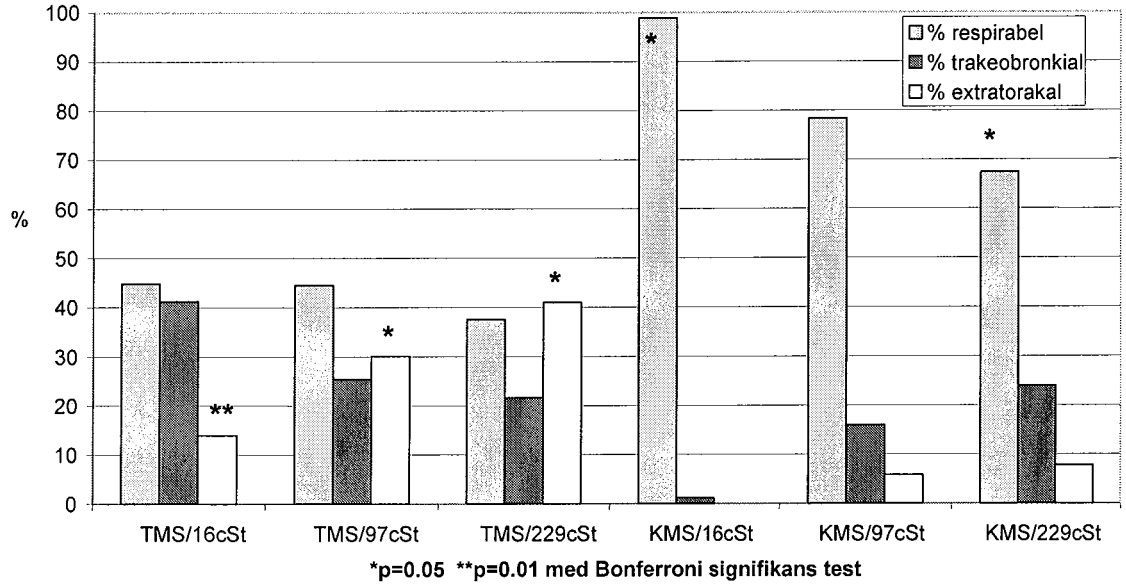
Figur 10. Oljeaerosol vid TMS generering vid två oljeflöden för 3 oleater av olika viskositet. 16 cSt=metyloleat, 97 cSt= Neopentyl glykoldiloleat, 229 cSt= trimetylol propantrioleat



Figur 11. Oljeaerosol vid KMS generering vid två oljeflöden för 3 oleater av olika viskositet

Vid tryckluftsgenererad aerosol utgjordes ca 40% av respirabel fraktion, 20-40% av trakeobronkial fraktion och 15-40% av extratorakal fraktion. Den procentuella andelen aerosol i den extratorakala fraktionen ökade med ökad viskositet samtidigt som andelen i den trakeobronkiala fraktionen minskade (ej signifikant). Vid generering med koldioxidkyla (KMS) utgjordes aerosolen till största delen av respirabel fraktion (99%) för oljor med låg viskositet (<20 cSt).

Andelen i respirabla fraktionen minskade till 70-80% med högre viskositet (>90 cSt), samtidigt som de procentuella andelarna i trakeobronkiala och extratorakala fraktionerna ökade, figur 12.



Figur 12. Procentuell fördelning av oljeaerosol i storleksfraktioner för tre oleater av olika viskositet genererade med TMS och KMS teknik.

Tabell 3. Variansanalys med minsta kvadratmetoden och Bonferroni test med TMS och KMS.

Fraktion / Oleat	Inhalerbar	Respirabel	Trakeobronkial	Extratorakal	IOM Inhalerbar
TMS					
Metyloleat	7,5	3,5	3,1	0,9*[1]	15,4**[2]
Neopentyl glykoldiloleat	7,4	3,3	2,0	2,1*[1]	39,2**[2]
Trimetylol propanetrioleate	8,6	3,2	2,0	3,4**[1]	31,7**[2]
0.25 ml/min	5.3**[3]	2,5**	1,4**	1,5**	
0.5 ml/min	10,4**[3]	4,3**	3,4**	2,7**	
KMS					
Metyloleat	35,3**[4]	34,8**[5]	0,5**[3]	0**[3]	53,5**[4]
Neopentyl glykoldiloleat	89,0**[4]	71,1**[5]	13,2**[3]	4,7**[3]	109,9**[2]
Trimetylol propantrioleate	77,7*[4]	54,8	16,1*	6,7*[3]	-
0.5 ml/min	45,3**[3]	39,5**	4,1**	1,7**	
1.0 ml/min	89.4**[3]	67,6**	15,8**	5,9**	

**[1] Neopentyl glykoldiloleat signifikant skilt från metyloleat och trimetylol propantrioleat
**[2] Alla oleaterna är signifikant skilda från varandra
**[4] Metyloleat signifikant skilt från neopentyl glykoldiloleat och trimethylol propanetrioleate
**[5] Metyloleat signifikant skilt från neopentyl glykoldiloleat
***[3] Flödet 0,25 ml/min signifikant skilt från 0.5 ml/min och 0,5 ml/min är signifikant skilt från 1.0 ml/min

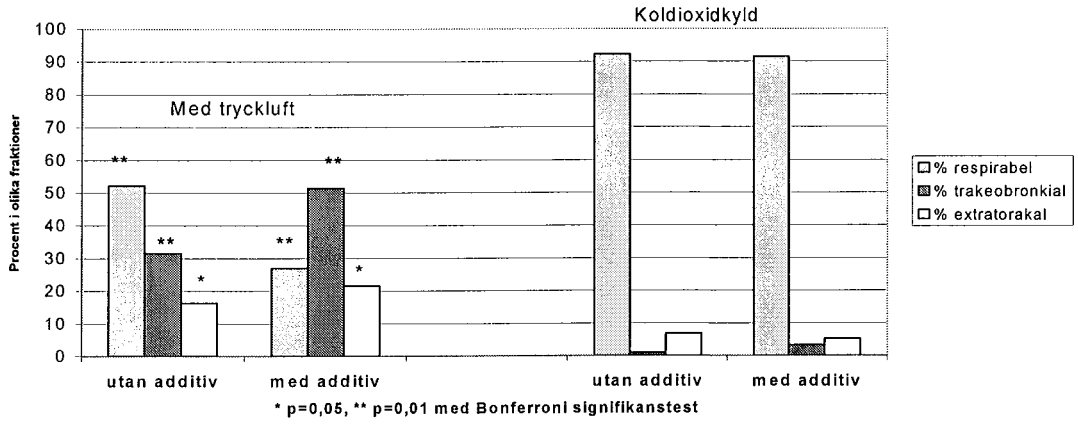
Tabell 4. Procentuell fördelning av oljeaerosol mellan olika storleksfraktioner beroende på typ av oleat och genereringsteknik. Mätresultat med Respicon instrument.

Metod	**Oljeaerosol**	**% respirabel halt (SD)**	**% trakeobronkial (SD)**	**% extratorakal (SD)**
TMS	Metyloleat	44,8 (10,6)	41,2 (7,1)	14,0 (9,1)
TMS	Neopentyl glykoldiloleat	44,5 (15,9)	25,4 (17,2)	30,1 (9,2)
TMS	Trimetylol propanetrioleat	37,5 (10,4)	21,6 (15,8)	41,0 (16,7)
KMS	Methyloleat	98,8 (1,1)	1,2 (1,1)	0 (0)
KMS	Neopentyl glykoldiloleat	78,3 (7,3)	16,0 (5,2)	5,8 (2,4)
KMS	Trimetylol propanetrioleat	67,3 (9,9)	24,0 (8,9)	7,7 (3,7)
	Genereringsflöde			
TMS	0.5 ml/min	41,0	29,7	29,4
TMS	1.0 ml/min	37,2	40,0	22,8
KMS	0.5 ml/min	78,1	16,3	4,9
KMS	1.0 ml/min	77,9	16,2	5,9

Försöksserie 2

I försöksserie 2 med en biologiskt nedbrytbar ester med och utan tillsats av antimist additiv var resultaten acceptabelt normalfördelade med Respicon instrumentet, IOM och Button provtagarna medan flertalet mätresultat med partikelinstrumenten (Climet 7300 och CI 500) inte var normalfördelade. Vid logaritmering var resultaten normalfördelade förutom inom storleksområdet >0,3-0,5 µm. Vid de statistiska analyserna har logaritmerade värdena använts för partikelinstrumenten medan övriga resultat inte logaritmerats.

Vid generering av olja med tryckluft (TMS) minskade procent respirabel halt olje-aerosol signifikant vid tillsats av antimistadditiv samtidigt som de procentuella mängderna oljeaerosol i trakeobronkial och extratorakal fraktion ökade signifikant, figur 13 och tabell 5. Även vid generering med koldioxidkyla (KMS) ökade den procentuella halten aerosol i den trakeobronkiala fraktionen vid tillsats av antimistadditiv även om skillnaden inte var signifikant. I absoluta mängder (mg/m^3) ökade också halterna i trakeobronkiala och extratorakala fraktionerna med TMS generering men ökningen var signifikant endast i trakeobronkiala fraktionen, tabell 6. Den undersökta oljan, Plante Mikro 10-SR, är en olja med relativt låg viskositet, 29 resp. 35 cSt utan och med additiv, där > 90% av aerosolen är respirabel vid generering med koldioxidkyla oberoende om additiv satts till oljan, figur 13.



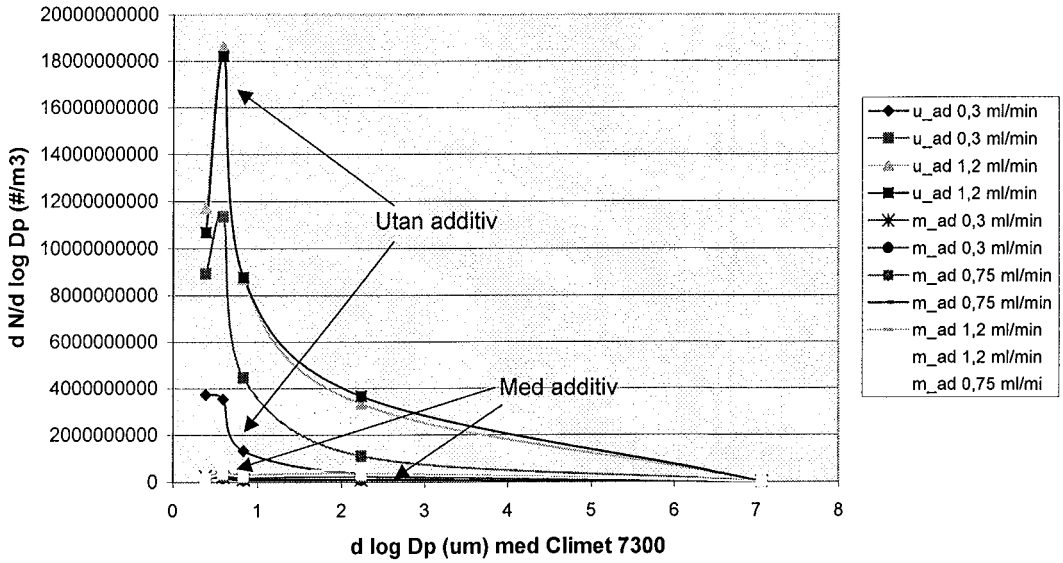
Figur 13. Procentuell fördelning i olika fraktioner av Plante Mikro med och utan antimistadditiv genererad med tryckluft (TMS) och koldioxidkyla (KMS).

Tabell 5. Variansanalys med minsta kvadratmetoden och Bonferroni test för olja med och utan additiv med TMS och KMS och procentuell fördelning i olika fraktioner.

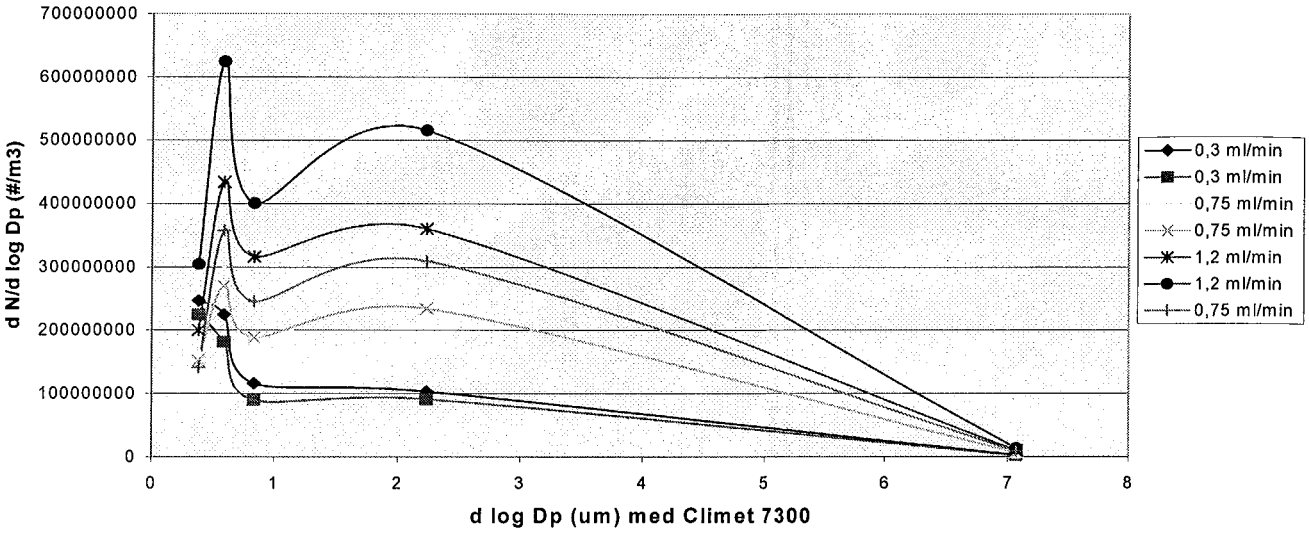
Metod	Olja	% respirabel (SD)	% trakeobronkial (SD)	% extratorakal (SD)
TMS	Plante mikro med additiv	27,0 (1,9)**	51,4 (0,8)**	21,6 (1,6)*
TMS	Plante mikro utan additiv	52,2 (16,9)**	31,5 (12,1)**	16,3 (5,3)*
KMS	Plante mikro med additiv	92,5 (1,9)	3,2 (2,3)	4,3 (3,4)
KMS	Plante mikro utan additiv	92,3 (4,6)	0,9 (1,1)	6,8 (4,2)

* p=0.05, ** p=0.01

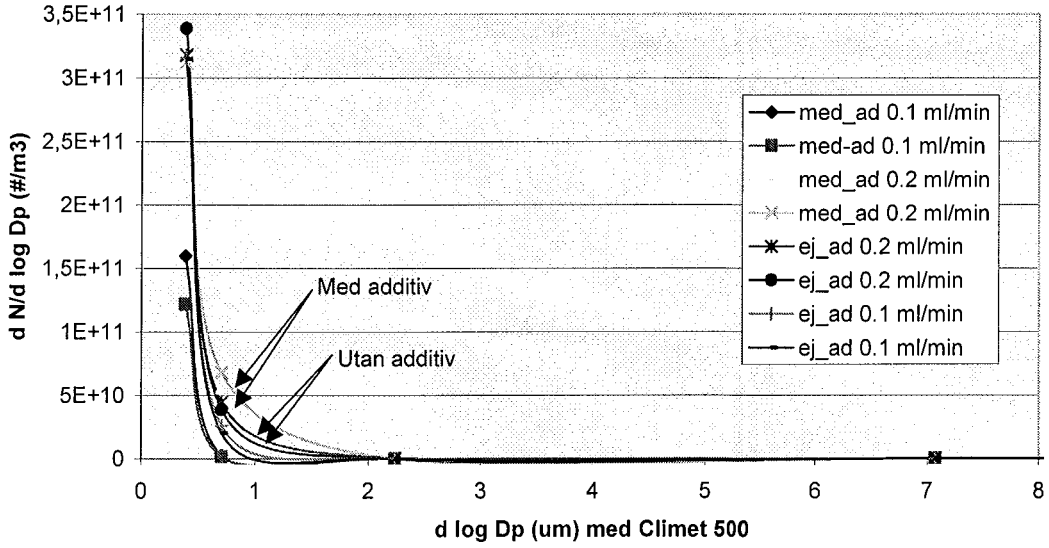
Resultaten från mätningar med partikelinstrumentet visade på en signifikant kraftig minskning av antalet respirabla partiklar (>0,3-0,5, 0,5-0,7, 0,7-1,0, och 1-5 µm) i oljaeaerosolen med tillsats av antimistadditiv och generering med TMS, figur 14, 15 och tabell 7. Vid generering av oljeaerosolen med koldioxidkyla blev skillnaderna inte lika stora. Det fanns dock en signifikant sänkning av antalet partiklar i storleksområdet 0,5-0,7 µm och en signifikant ökning i storleksområdet 5-10 µm, figur 16 och tabell 7.



Figur 14. Partikelstorleksfördelning vid generering av oljeaerosol med TMS teknik från olja med och utan antimistadditiv.



Figur 15. Partikelstorleksfördelning vid generering av oljeaerosol med TMS teknik från olja med antimistadditiv (mindre koncentrationsområde för antal partiklar än figur 14).



Figur 16. Partikelstorleksfördelning vid generering av oljeaerosol med KMS teknik från olja med och utan antimistadditiv.

Tabell 6. Aerosolkoncentrationer (mg/m^3) vid generering av aerosol med TMS och KMS av olja med och utan antimistadditiv. Variansanalys med minsta kvadratmetoden och Bonferroni signifikanstest.

Fraktion Olja	Inhalerbar Respicon	Respirabel	Trakeo- bronkial	Extratorakal	IOM/button Inhalerbar
TMS					
Plante mikro med additiv	29,1	7,7	15,3*	6,0	25,7
Plante mikro utan additiv	26,1	10,9	10,3*	4,9	29,2
0,3 ml/min	8,0***	2,9**	3,5***	1,6***	10,3*
1,2 ml/min	47,1***	15,8**	22,1***	9,3***	44,6*
KMS					
Plante mikro med additiv					19,9
Plante mikro utan additiv	19,0	17,5	0,1	1,5	18,9
0,1 ml/min (endast Plante Mikro utan additiv)					12,0***
0,2 ml/min	25,3	23,2	0,4	1,8	26,8***

p=0.05, ** p=0.01 *** p=0.001

Tabell 7. Totalmängd partiklar (d N/d log Dp (antal/m^3)) vid generering av aerosol med TMS och KMS av olja med och utan antimistadditiv. Variansanalys med minsta kvadratmetoden och Bonferroni signifikanstest.

Fraktion Olja	>0,3-0,5 µm Ln värden	0,5-0,7 µm ln värden	0,7-1,0 µm ln värden	1-5 µm ln värden	5-10 µm ln värden
TMS					
Plante mikro med additiv	19,3***	19,6***	19,1***	19,1**	15,6
Plante mikro utan additiv	22,8***	23,1***	22,2***	21,1**	14,8
0,3 ml/min	20,9	20,8*	20,0**	19,3**	14,2**
1,2 ml/min	21,2	21,9*	21,3**	20,9**	16,1**
KMS	>0,3-0,5 µm	0,5-1,0 µm	1-5 µm	5-10 µm	10-25 µm
Plante mikro med additiv	26,1	23,2**	19,0	16,9	14,2**
Plante mikro utan additiv	26,7	24,3**	18,5	17,9	11,9**
0,3 ml/min	26,1	22,7***	18,3	17,3	13,0
1,2 ml/min	26,7	24,8***	19,3	17,6	13,1

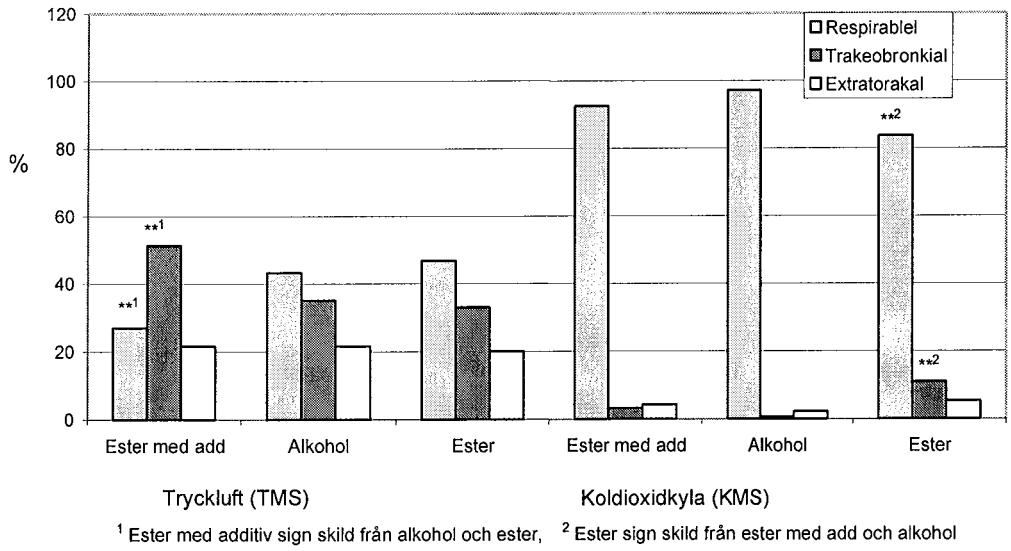
* p=0.05, ** p=0.01 *** p=0.001

Försöksserie 3

I försöksserie 3 jämfördes en syntetisk fettsyraester (Shell Garia), en fettalkohol (Acculube) och en ester med antimistadditiv (Plante Mikro). Resultaten från mätningarna med Respicon, IOM och Button provtagarna var acceptabelt normal-

fördelade och därför analyserats ologaritmerade. Logaritmerade värden har använts för mätresultat med partikelinstrument.

Vid generering med TMS teknik var den procentuella fördelningen av oljeaerosol i den extratorakala fraktionen ungefär 20% oberoende av vilken olja som testades. Den procentuella fördelningen i trakeobronkiala fraktionen för ester med additiv var signifikant skild från alkohol och fettsyraester (ca 50% mot 30% för de två övriga oljorna), figur 17, tabell 8.



Figur 17. Procent oljeaerosol i olika fraktioner med Respicon vid TMS och KMS generering av oljeaerosol från ester med additiv, alkohol och fettsyraester.

Vid generering med koldioxidkyla tycks inte tillsats av additiv påverka den procentuella andelen i respirabel eller trakeobronkial fraktion. Den procentuella andelen för fettsyraestern var signifikant lägre i respirabla fraktionen och signifikant högre i den trakeobronkiala fraktionen jämfört med alkohol och ester med additiv, figur 17 och tabell 8.

Tabell 8. Procentuell fördelning i olika fraktioner mätt med Respicon för tre oljor vid generering med TMS och KMS. Variansanalys med minsta kvadratmetoden och Bonferroni signifikanstest.

Metod	Olja	% respirabel	% trakeobronkial	% extratorakal
TMS	Ester med additiv (PM)	25,7**[1](A/SG)	53,0**(A/SG)	21,3
TMS	Alkohol (A)	46,8**(PM)	33,1**(PM)	20,1
TMS	Fettsyraester (SG)	46,7**(PM)	31,1(PM)	22,2
KMS	Ester med additiv (PM)	92,5**(SG)	3,2**(SG)	4,3
KMS	Alkohol (A)	96,7***(SG)	0,7**(SG)	2,6
KMS	Fettsyraester (SG)	81,1***[2](A/PM)	13,5**(A/PM)	5,5

p=0,05, ** p=0,01 *** p=0,001, [1]Ester med additiv signifikant skild från alkohol och fettsyraester, [2]Fettsyraester signifikant skild från ester med additiv och alkohol.

Resultat från mätningar med partikelinstrument vid genering med tryckluft, visade att procentuell fördelningen i olika storleksfraktion var ungefär samma för fettsyraester och alkohol. Estern med antimistadditiv hade däremot högre andel partiklar i området >0,3-0,5 μm och signifikant lägre andel partiklar i området 0,5-0,7 μm och 0,7-1,0 μm. För partiklar genererade med KMS skiljde sig inte den procentuella fördelningen mellan olika oljor. Skillnaderna var visserligen signifikanta i de större storleksfraktionerna men här var samtidigt de procentuella andelarna låga (0,5% eller lägre), tabell 9.

Vid jämförelse av mängder uttryckta i mg/m^3, var mängden oljeaerosol i respirabla fraktionen signifikant högre för alkoholen jämfört med fettsyraester (SG) och ester med additiv vid generering med TMS tryckluft. Den inhalerbara mängden var samtidigt lägre för fettsyraestern jämfört med de två andra oljorna (ingen tabell).

Tabell 9. Procentuell partikelstorleksfördelning i olika fraktioner för tre oljor genererade med TMS och KMS. Variansanalys med minsta kvadratmetoden och Bonferroni signifikanstest.

Fraktion Olja	>0,3-0,5 µm %	0,5-0,7 µm %	0,7-1,0 µm %	1-5 µm %	5-10 µm %
TMS					
Ester med additiv (PM)	38,5	27,7*[1](A/SG)	15,9**[2](SG)	17,4	0,38
Alkohol (A)	28,0	41,8*(PM)	21,1	9,1	0,03
Fettsyraester (SG)	24,4	40,7*(A)	23,9**(PM)	10,9	0,05
KMS	>0,3-0,5 µm	0,5-1,0 µm	1-5 µm	5-10 µm	10-25 µm
Ester med additiv (PM)	90,9	9,0	0,1**(SG)	0,02***(SG)	0,0008***SG
Alkohol (A)	88,0	11,9	0,2*(SG)	0,01***(SG)	0,0001***SG
Fettsyraester (SG)	90,9	8,4	0,5*/**[3](PM/A)	0,11***[3](PM/A)	0,005***[3](PM/A)

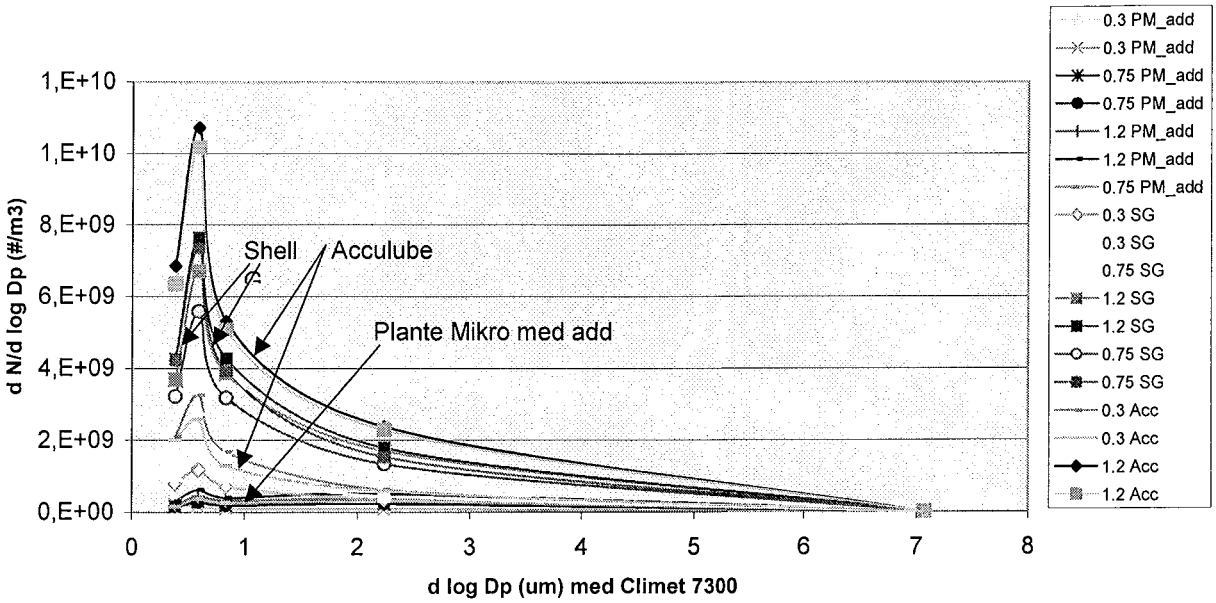
* p=0,05, ** p=0,01 *** p=0,001, [1]Plante mikro signifikant skild från Acculube och Shell Garia, [2]Plante mikro signifikant skild från Shell Garia, [3]Shell Garia signifikant skild från Plante mikro och Acculube

Vid generering av oljeaerosol med TMS teknik var totala antalet partiklar signifikant färre för ester med additiv i alla storleksfraktioner med undantag av 5-10 µm jämfört med alkohol och fettsyraester, tabel 10, figur 16. I försöken med generering av aerosol med KMS teknik uppmättes signifikanta skillnader i storleksområdet 1-5µm, 5-10µm och 10-25µm med lägst antal/m^3 av alkohol och högst för fettsyraester, tabell 10.

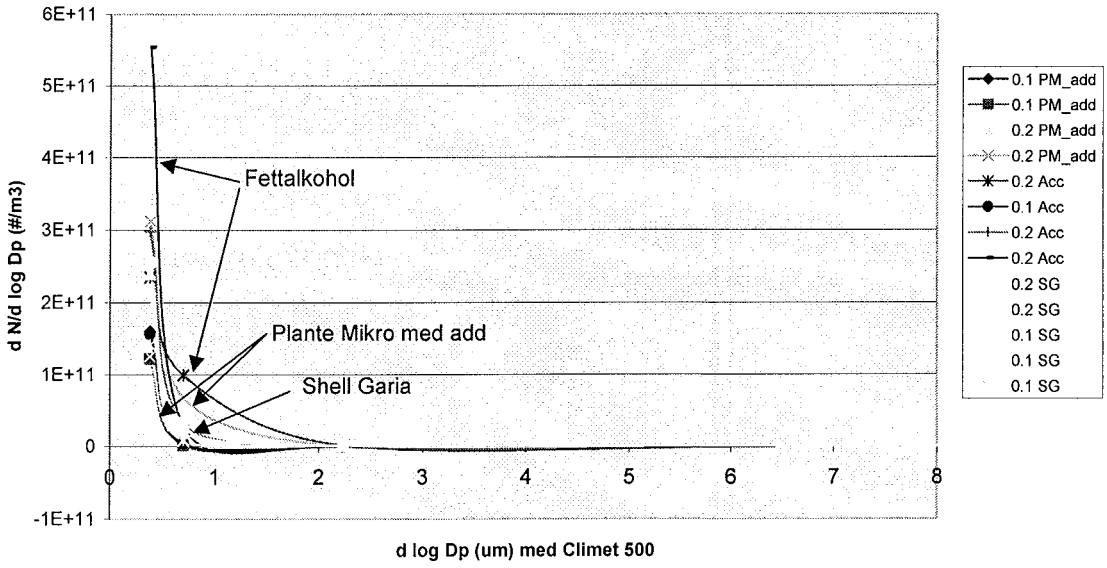
Tabell 10. Antal partiklar/m^3 i olika storleksfraktioner för tre oljor genererade med TMS och KMS. Variansanalys med minsta kvadratmetoden och Bonferroni signifikanstest.

Fraktion Olja	>0.3-0.5 µm antal/m^3	0.5-0,7 µm antal/m^3	0.7-1.0 µm antal/m^3	1-5 µm antal/m^3	5-10 µm[1] antal/m^3
TMS (ln värden)					
Ester med additiv	19,3***	19,6***	19,1***	19,1***	15,6**
Alkohol (A)	22.0**	22.4**	21.7*	20.9*	15.0
Fettsyraester (SG)	21.4**	21.9**	21.3*	20.5*	15.1
KMS (ln värden)	>0.3-0.5 µm	0,5-1,0 µm	1-5 µm	5-10 µm	10-25 µm
Ester med additiv	26,1	23,2	19,0**	16,9	14,2*
Alkohol (A)	26.2	23.4	16.4***	14.4**	10.8***
Fettsyraester (SG)	26.0	23.6	20.8***	19.3**	16.1***

* p=0.05, ** p=0.01 *** p=0.001, **** p=0.0001, [1]ej normalfördelad



Figur 18. Partikelstorleksfördelning av oljeaerosol för tre oljor (ester med additiv, fettalkohol och fettsyraester) genererad med TMS.



Figur 19. Partikelstorleksfördelning av oljeaerosol för tre oljor (ester med additiv, fettalkohol och fettsyraester) genererad med KMS.

Diskussion

Vid försöken planerades även att variera trycket vid den tryckluftsdrivna minimalsmörjningen (TMS). På grund av ett tekniskt fel var övertrycket hela tiden 1 bar. Freiler[1] har visat att mängden partiklar < 5 μm ökar kraftigt vid ökning av trycket. Det visar även våra försök eftersom huvuddelen av partiklarna vid KMS teknik (ca 65 bar) var respirabla. Försöksanläggningen förändrades något mellan försöken med TMS och KMS varför totalmängderna i försöken inte är jämförbara. Några försök med olja med additiv och TMS teknik i den modifierade anläggningen (för KMS försöken) visade att den inhalerbara mängden ungefär halverades jämfört med KMS teknik. Det går dock inte att direkt relatera dessa siffror till produktion eftersom aerosolen vid bearbetning träffar arbetsstycket och verktyget och inte som i våra försök enbart passerar munstycket.

Vid våra mätningar har ett relativt nytt instrument för mätning av aerosol (Respicon) använts där man samtidigt kan mäta koncentrationen i respirabla, trakeobronkiala och extratorakala fraktionerna. Summan av fraktionerna dvs. den inhalerbara mängden jämfördes med den inhalerbara mängden som uppmättes vid samtidig provtagning med Button-provtagaren (n=20). Button-provtagaren visade en något högre halt men korrelationen var hög med R^2=0,89 och y = 1,2x. Resultaten är i överensstämmelse med andra jämförelser av instrumentet [9-11].

2. Mätning av oljeaerosol vid minimalsmörjning i verkstadsmiljö

Oljeaerosol har mätts av Sofia Haargaard, Volvo Teknisk Utveckling i industrimiljö vid tillverkning av motordelar till bilar. Minimalsmörjning användes vid borrning och gängning i aluminiumblock. För generering av oljedimma användes tryckluftsdriven smörjning med en anläggning av märket TKM HCS 250.

Material och metoder

Mätningen utfördes dels med stationär provtagning på filter enligt NIOSH metod 5026 (1994) för provtagning av oljedimma dels med ett partikelinstrument, APS TSI 3310, som mäter aerodynamiskt i partikelstorlekar mellan 0,49-32 µm uppdelat på 58 storleks-intervall. Mätningarna utfördes vid 2 tillfällen.

Ett filter placerades i huvudhöjd på grinden till gängningsoperationen och vid andra mättillfället dessutom ett filter på motsvarande sätt på grinden till borrningsoperationen. Tre filter placerades på olika nivå på ett stativ (stativ 1) innanför grinden rakt framför bearbetningsstället och på 0,5 m avstånd från detta. Två filter placerades på 2 stativ på 1,5 m avstånd från bearbetningsstället. Stativen stod till höger resp. till vänster om stativ 1.

Resultat

Halten oljedimma vid grinden till gängningsoperationen var 0,6 mg/m^3 vid både första och andra mättillfället, tabell 11. Vid grinden till borrningsoperationen var halten 0,2 mg/m^3 vid andra mättillfället. På stativ 1 varierade halterna mellan 1,4 och 2,8 mg/m^3 vid första mättillfället och 1,4-4,3 mg/m^3 vid andra mättillfället. På stativ 2 på 1,5 m från bearbetningen var halterna 1,0 och 2,0 mg/m^3 vid första och 1,4 och 1,8 mg/m^3 vid andra mättillfället.

Tabell 11.Mätning av oljedimma vid borrning och gängning med minimalsmörjning.

Mätpunkter	Mättillfälle 1 Konc (mg/m3)	Mättillfälle 2 Konc (mg/m3)
Grind gängning	0,6	0,6
Grind borrning	-	0,2
Stativ 1, överst	1,9	1,4
Stativ1, mitt	2,8	4,3
Stativ 1, nederst	1,5	1,9
Stativ2, överst, vänster	1,0	1,4
Stativ 2, lägst, höger	2,0	1,8

Med APS partikelinstrument visades att partiklarna i oljeaerosolen hade ett storleksintervall mellan 0,5 och 10 µm. Aerosolen hade samma mönster oberoende av provplats även om antalet partiklar/cm^3 varierade med minskande antal med avstånd från bearbetningen. Aerosolen hade en topp med maxantal partiklar runt 0,8 µm och en mindre topp med maxantal runt ca 2 µm och en antydan till en liten topp med max runt 7 µm.

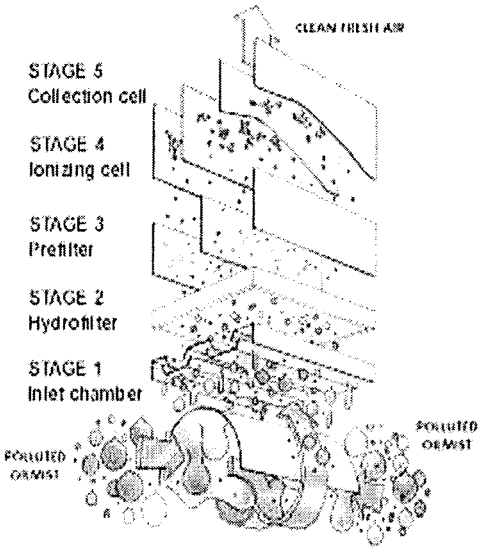
Diskussion

Bearbetningen utfördes i en helautomatisk process där inga operatörer befann sig innanför grindarna vid bearbetning. Operatörerna kan dock befinna sig i området nära grindarna och då exponeras för halter runt 0,6 mg/m^3, vilket kan jämföras med nivågränsvärdet för oljedimma på 1 mg/m^3. Partikelstorleken varierade mellan 0,5 och 10 µm oberoende av avstånd från bearbetningen. Resultaten från försöksanläggningen vid TMS försöken gav ca 50% respirabel halt vilket någorlunda överensstämmer med dessa resultat. Mätplatserna nära bearbetningen visade att operationen genererade oljedimhalter som låg på 1,4-4,3 mg/m^3 ca 0,5 m från avverkningsstället. Lokalen var stor och hade en god allmänventilation. I mindre verkstadslokaler med sämre allmänventilation kan aerosolhalterna vid avverkning sannolikt bli betydligt högre. För att minska exponeringen kan processen byggas in och utrustas med effektiva utsug.

3. Test av ventilationsfilter för rening av oljebemängd luft

Vid användning av minimalsmörjning i ett slutet eller öppet system genereras oljeaerosol, som kan komma ut i omgivande luft i arbetslokalen. Detta gäller även i ett slutet system vid kontroller, byte av verktyg eller andra ingrepp när systemet öppnas. Ett sätt att rena luften i lokalen är filtrering genom filter och sedan återföring av luften till arbetslokalen. I projektet genomfördes ett försök i laboratoriemiljö där oljeaerosol genererad med koldioxidkyla (KMS) passerade ett specialfilter. Syftet var att testa om filtret effektivt kunde rena luften, och att luften sedan skulle kunna återföras till arbetslokalen.

Filtret var ett kombinerat mekaniskt-elektrostatiskt filter, figur 20, som används i industrin för rening av oljedimhaltig luft. Enligt tillverkaren kan partiklar < 2 µm avlägsnas. För att filtret ska vara verksamt får koncentrationen för oljedimma inte överskrida 1 mg/m^3, vilket motsvarar det hygieniska gränsvärdet för oljedimma.



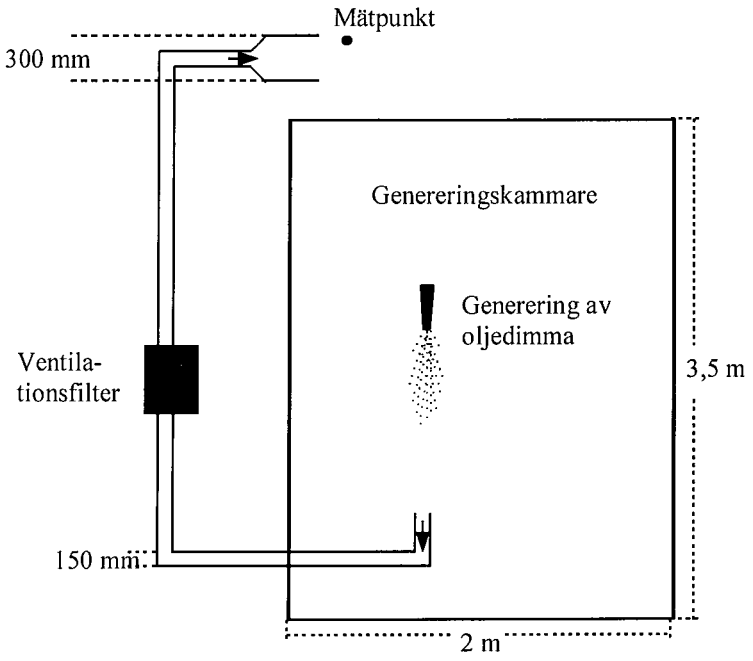
Figur 20. Ventilationsfiltret i genomskärning.

I filtrets första 3 steg sker filtreringen mekaniskt och enligt tillverkaren fastnar 80% av partiklarna. Den elektrostatiska filtreringen sker i steg 4 och 5. Enligt specifikationen kan den uppsamlade oljan återanvändas och den renade luften kan återföras till lokalen utan värmeförlust.

Försöksanordning

Filtret var monterat på utsidan av försökskammaren, figur 21. Rördiametern på ingångs- och utgångssidan var 150 mm. På utgångssidan vidgades röret efter ca 3 meters längd till 300 mm för att minska lufthastigheten i mätpunkten. Mätpunkten för partikel-

räknarens (Climet CI-500) mätsond var ca 20 cm framför utblåset i höjd med rörets nedre kant. Den uppmätta lufthastigheten i denna punkt var 1 m/s. Dysan, genom vilken oljedimman genererades i försökskammaren, placerades på 1,5 meters avstånd från ingångssidan av röret till filtret.



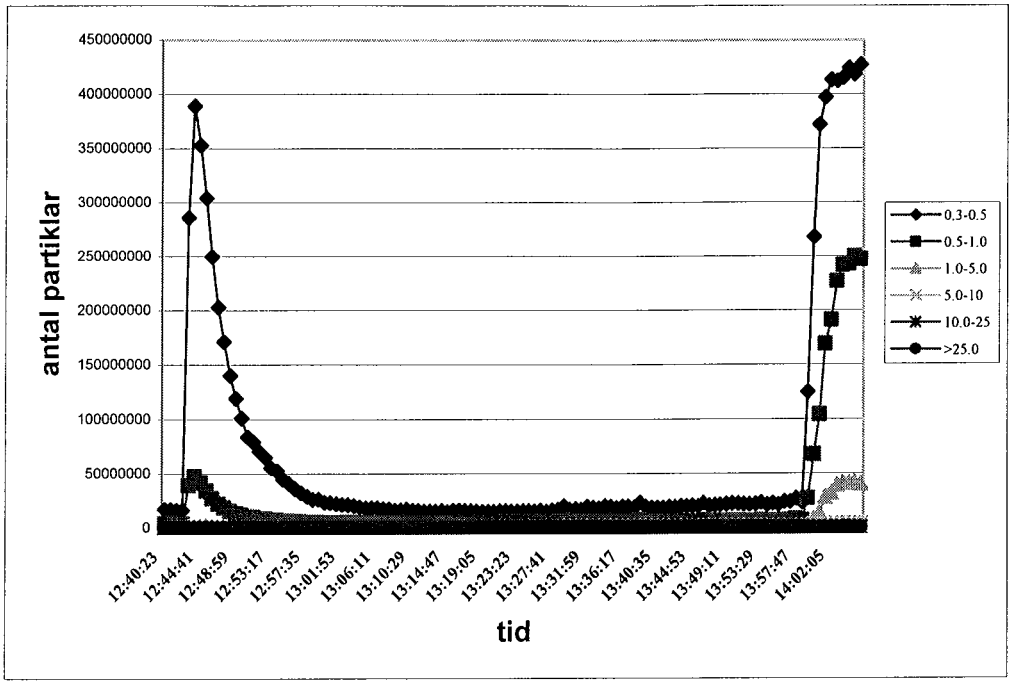
Figur 21. Genereringskammare, sett ovanifrån

Material och metoder

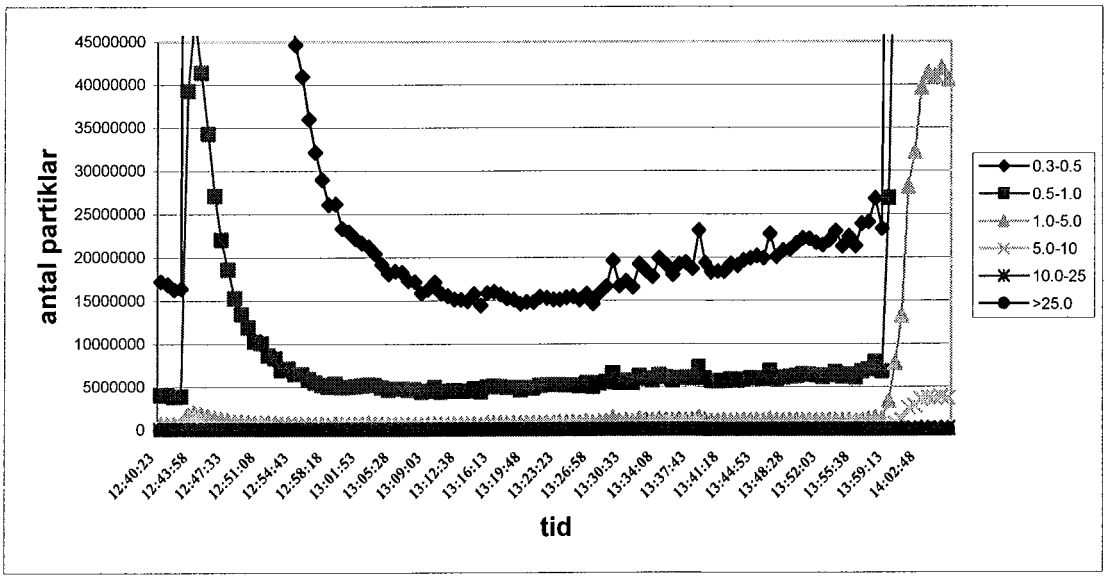
Vid försöket användes metyloleat, för specifikation se tabell 1. Innan försöket startade mättes partikelhalten efter filtret när filterfläkten var påslagen men ingen oljeaerosol eller koldioxid genererades (noll-värde). När partikelhalten var stabil (12:40-12:42, figur 22) startades genereringen av oljeaerosol med ett oljeflöde på 1 ml/min. Efter 3 minuter (kl. 12:45) stoppades genereringen av oljeaerosol, eftersom halten små partiklar som passerade filtret kraftigt ökade. Klockan 13:29 startades genereringen av oljeaerosol igen men nu med ett oljeflöde på 0,25 ml/min. Flödet ökades till 0,5 ml/min efter 9 minuter (kl. 13:38) och till 1 ml/min efter ytterligare 20 minuter (13:58).

Resultat

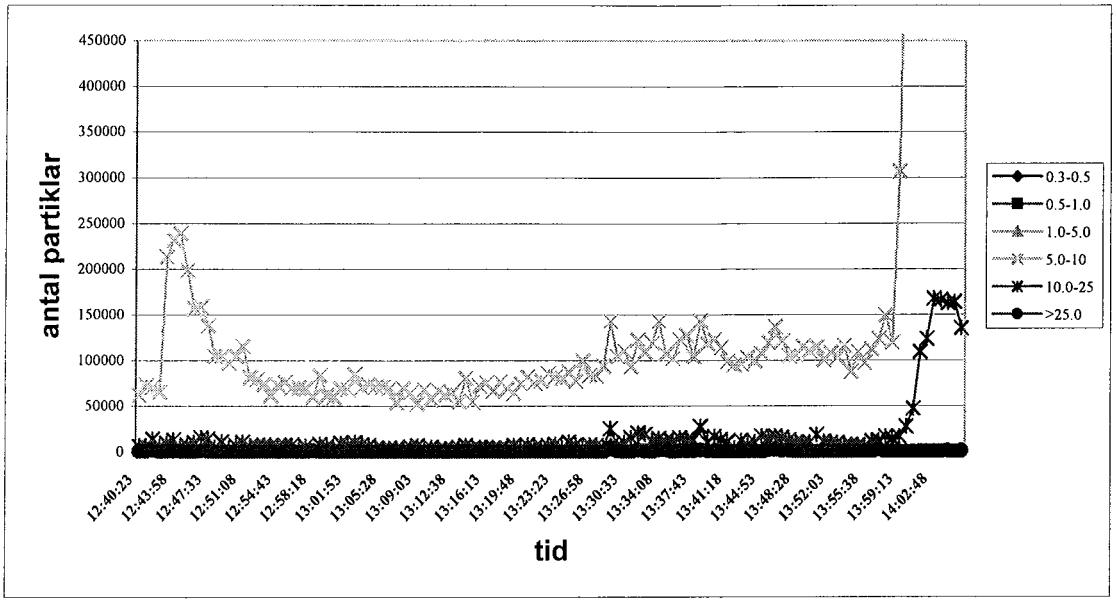
Av figur 22 a,b,c framgår att antalet partiklar i de olika fraktionerna som passerat filtret var stabilt med låga partikelhalter innan försöket startade. Redan 1 min efter att genereringen av olja med flödet 1 ml/min hade startat ökade aerosolhalten i de 4 minsta storleksfraktionerna (>0,3-0,5 μm, 0,5-1 μm, 1-5 μm, 5-10 μm). Efter att olje-genereringen stoppats sjönk antalet partiklar i de olika storleksfraktionerna sakta och nådde ursprungshalterna efter ca 12 minuter i intervallet 5-10 μm (figur 22 c), 15 minuter i intervallet 1-5 μm, 17 minuter i intervallet 0,5-1 μm och 26 minuter i intervallet >0,3-0,5 μm (figur 22 b). När oljan tillfördes med 0,25 resp. 0,5 ml/min ökade partikelantalet sakta igen. I de två minsta fraktionerna ökade partikelantalet med ca 60% jämfört med nollvärdet (0,3-1 μm) och i fraktionerna 1-5 μm och 5-10 μm ökade partikelantalet med ca 30% under sammanlagt 29 minuter. För de största partikelfraktionerna uppmättes ingen skillnad mot noll-värdet. Vid ökning av oljeflödet till 1 ml/min igen ökade antalet partiklar omedelbart i de minsta storleksfraktionerna. Vid dessa försök passerade inga mätbara partiklar i storleksområdet > 10 μm. Detta beror på att det knappast bildas några partiklar större än 10μm med koldioxidkyla (>90% respirabla partiklar). En ungefärlig beräkning av mängden oljedimma i utgående luft (efter filtret) vid flödet 1ml/min var 0,34 mg/m^3. Koncentrationen av metyloleat i kammaren var mellan 10-20 mg/m^3 vid de olika flöden som användes. Halten i aerosol-fas har sannolikt varit ungefär halverad beroende på att ca 50% av metyloelaten övergått till gasfas.



Figur 22 a. Antal partiklar i 6 storleksfraktioner som passerat filtret vid generering av oljeaerosol från metyloleat. Mätinstrument Climet CI 600 (a omfattar hela koncentrationsområdet och alla partikelstorlekar).



Figur 22 b. Antal partiklar 6 storleksfraktioner som passerat filtret vid generering av oljeaerosol med metyloleat. Mätinstrument Climet CI 600 (b omfattar koncentrationsområdet 0-45E+06 partiklar och alla partikelstorlekar).



Figur 22 c. Antal partiklar i 6 storleksfraktioner som passerat filtret vid generering av oljeaerosol med metyloleat. Mätinstrument Climet CI 600 (c omfattar koncentrationsområdet 0-45E+06 partiklar och partikelstorlekar från 5 µm och högre).

Diskussion

Denna typ av filter, som är utvecklat för filtrering av oljedimma, gav snabbt genombrott av låga halter små partiklar genererade vid KMS försöken. Vid testförsöken användes ett flöde på 1 ml/min, vilket är ca 3 gånger högre än rekommenderat vid industriell användning av minimalsmörjning. Även vid generering av olja med ett flöde på 0,25 ml/min erhölls en långsam ökning av antalet partiklar, som passerade filtret. Vid detta flöde ligger koncentrationen för metyloleat i försökskammaren vid ca 10 mg/m^3, vilket är 10 gånger högre koncentration än vad tillverkarna rekommenderar för användning av filtret.

Det går inte att utifrån detta pilotförsök uttala sig om filtrets kapacitet att avskilja oljeaerosol under industriella förhållanden och kontinuerlig användning. Resultaten tyder på att runt 5% av mängden oljeaerosol kan passera genom filtret redan från början om man har en oljeaerosol med stort antal små partiklar.

Referenser

1. Freiler C 1999 Lubricants for minimized lubrication systems. Fuchs DEA Schmirstoffe Mannheim Germany.

2. Klocke F, Beck T, Eisenblätter G, Lung D. 2000. Minimal Quantit of Lubrication (MQL) – Motivation, Fundamentals Vistas. Tribology 2000-Plus 929-942.

3. Mihic Peter. Minimalsmörjning vid svarvning, Verkstäderna Nr 2, 1999

4. Sköld R, Nya lösningar på skärvätskeproblemen del 1: minimalsmörjning och kylning. Verkstäderna Nr 9, 1998.

5. Sköld R, Nya lösningar på skärvätskeproblemen del 2: enklare, reningsbara och miljövänligare. Verkstäderna Nr 11, 1998.

6. Kriebel D, Sama SR, Woskie SR, Christiani DC Eisen EA, Hammond SK, Milton DK, Smith M, Virji MA. A field investigation of the acute respiratory effects of metal working fluids. I. Effects of aerosol exposures. Am J Ind Med. 31(6):756-66 (1997).

7. Robins T, Seixas N, Franzblau A, Abrams L, Minick S, Burge H, Schork MA. Acute respiratory effects on workers exposed to metalworking fluid aerosols in automotive transmission plan. Am J Ind Med 1997May;31(5):510-24.

8. Kennedy SM, Chan-Yeung M, Tescke K, Karlen B. Change in Airway Responsiveness among Apprentices Exposed to Metalworking Fluids. Am J Respir Crit Care Med, 1999;159:87-93.

9. Li SN, Lundgren DA, Rovell-Rixx D. Evaluation of six inhalable aerosol samplers. AIHAJ. 2000 Jul-Aug;61(4):506-16.

10. Koch W, Dunkhorst W, Lodding H, Thomassen Y, Skaugset NP, Nikano A, Vincent J. Evaluation of the respicon as a personal inhalable sampler in industrial environments.
J Environ Monit. 2002 Oct;4(5):657-62.

11. Teikari M, Linnainmaa M, Laitinen J, Kalliokoski P, Vincent J, Tiitta P, Raunemaa T. Laboratory and field testing of particle size-selective sampling methods for mineral dusts. AIHA J (Fairfax, Va). 2003 May-Jun;64(3):312-8.