

# HAPPA – Delrapport nr. 2:

## Effektivitet av vernemasker ved bruk



Foto: P. A. Drabløs, Hydro Aluminium Karmøy

Dato: 11.06.04

## **HAPPA – Delrapport nr. 2:**

### **Effektivitet av vernemasker ved bruk**

Nils Petter Skaugset, Yngvar Thomassen, Dag Ellingsen, Lars Jordbekken og Hilde Notø

Statens arbeidsmiljøinstitutt, P.b.8149 Dep., 0033 OSLO

STAMI-RAPPORT  
ÅRGANG 5  
NUMMER 3 • 2004

ISSN: 1502-0932

Rapporten er på 33 sider

**INNHALD:**

<b>1</b>	<b>SAMANDRAG</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INNLEIING</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>MASKETYPAR</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>3M 7500-serie</b> .....	<b>3</b>
<b>3.2</b>	<b>3M 4277</b> .....	<b>3</b>
<b>3.3</b>	<b>Sundström SR100</b> .....	<b>4</b>
<b>3.4</b>	<b>3M 9924</b> .....	<b>4</b>
<b>3.5</b>	<b>Airstream</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>METODE</b> .....	<b>4</b>
<b>4.1</b>	<b>Prøvetaking</b> .....	<b>4</b>
<b>4.2</b>	<b>Analysemetodar</b> .....	<b>6</b>
<b>4.3</b>	<b>Masser på filter</b> .....	<b>6</b>
<b>4.4</b>	<b>Sure gassar</b> .....	<b>6</b>
<b>4.5</b>	<b>Vassløyseleg fluorid</b> .....	<b>6</b>
<b>4.6</b>	<b>Totalfluorid</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>RESULTAT</b> .....	<b>8</b>
<b>5.1</b>	<b>Masse av aerosol</b> .....	<b>8</b>
<b>5.2</b>	<b>Sure gassar</b> .....	<b>14</b>
<b>5.3</b>	<b>Vassløyseleg fluorid</b> .....	<b>19</b>
<b>5.4</b>	<b>Totalfluorid</b> .....	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>DISKUSJON</b> .....	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>KONKLUSJON</b> .....	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>REFERANSAR</b> .....	<b>32</b>
	<b>APPENDIKS</b> .....	<b>33</b>

## 1 SAMANDRAG

Brukseffektiviteten av fem ulike vernemasker vart undersøkt ved å ta prøver utanfor vernemaska parallelt med prøver av lufta innanfor maska. Dei fem masketypane som vart undersøkt var; 3M 9924, 3M 7500, 3M 4277, Sundström SR100 og airstream. Desse masketypane vart valt ut frå at det er dei som er oftast brukt i norsk AI-industri.

Luftkonsentrasjonar av aerosol og gassar innanfor vernemaske har blitt samanlikna med verdiar for dei helserelevante aerosolfraksjonane (inhalerbar, torakal og respirabel) og gassar utanfor vernemaska. Sidan det ikkje eksisterer gode metodar for denne type undersøkingar, vart det etablert ein metode. Maskene vart punktert og det tilpassa slangar for å kunne ta prøver frå innsida av maskene.

Resultata fortel noko om maskeeffektivitet ved bruk, kalla brukseffektivitet. Det blir ikkje korrigert for skjegg, andletsform eller andre parametarar som kan påverke brukseffektiviteten.

I denne studien hadde ein 10 masker av kvar av masketypane. Dette er eit lite talmaterial å trekkje vitskapelege slutningar frå når ein har stor spreiding i resultata. Studien er derfor å rekne som ei pilotstudie og ikkje eit fullverdig vitskapeleg arbeid. Konklusjonane som ein dreg vil derfor berre vere indikasjonar.

Masketypane viser individuelt ein god brukseffektivitet samanlikna med inhalerbar aerosolfraksjon. Samanlikna med dei andre aerosolfraksjonane er der større forskjellar mellom masketypane. Maska av typen 3M 7500 viser ein generelt betre brukseffektivitet enn dei andre typane. Airstream viser ein trend i å ha noko lågare brukseffektivitet enn dei andre masketypane.

For gassane HF og SO<sub>2</sub> var nivå innanfor maska for lave til at ein kan trekke konklusjonar.

Masker klassifisert som P3 har strengare krav til totallekkasje enn masker klassifisert som P2. Resultata viser at brukseffektiviteten gjenspeglar dette kravet. P3-maskene hadde betre brukseffektivitet enn P2-maskene. Ein kan derfor vente seg eit betre vern av luftvegane ved å bruke masker klassifisert som P3 framfor masker klassifisert som P2.

## 2 INNLEIING

Vernemasker er i dag i utstrakt bruk ved norske aluminiumsmelteverk. Av den grunn var det eit ynskje å sjå nærmare på brukseffektiviteten av desse maskene.

På marknaden er det mange ulike produsentar av vernemaske for filtrering av luft. Dei ulike masketypane har ulikt design, noko som gjer dei betre eller dårlegare eigna for bruk ved ulike arbeidsoperasjonar og for ulike personar. Maskene blir klassifiserte og CE-merka etter type og filtreringseffektivitet, og etter sine respektive standardar. Alle produsentane dokumenterer filtreringseffektivitet, levetid osv. Derfor vart det bestemt at dei parametrane som det skulle fokuserast på, var brukseffektivitet for aerosol i forhold til dei ulike helserelevante aerosolfraksjonane (e.g. inhalerbar, torakal og respirabel), og brukseffektivitet i forhold til dei aktuelle sure gassane (HF og SO<sub>2</sub>). Dette er fylgjeleg ikkje ein studie av filtereffektivitet.

Av protokollen i HAPPA-prosjektet [1] går det fram at fire av dei mest nytta halvmasketypane og ein type airstreamhjem skulle testast ved bruk. Av kvar masketype hadde ein 10 stk tilgjengeleg. Kvar av maskene skulle nyttast i eitt skift og av ulike personar. Det var også fastset at prøvetakinga skulle gjerast samstundes med den ordinære prøvetakinga i HAPPA-prosjektet, fordelt på verka Hydro Aluminium Karmøy og Hydro Aluminium Årdal. Personar frå både Söderberg- og Prebakehallar og med ulike arbeidsoperasjonar var med i studia. Sidan talmaterialet er lite (berre 10 av kvar masketype) er arbeidet å rekne for ei pilotstudie.

## 3 MASKETYPAR

Masketypane vart valt ut av Aluminiumindustriens Miljøsekretariat (AMS) og STAMI. Tre av masketypane er klassifisert iht. internasjonale standardar som FFP3, og to som FFP2. For å forenkle vil masker klassifisert som FFP2 bli omtala som P2 og FFP3 som P3. Krav til totallekkasje er strengare for masker av typen P3 enn av P2. P2 masker er ikkje klassifisert med omsyn på gassar. P3 maskene er oftast i kombinasjon med gassfilter. Klassifiseringskodane er gitt i appendiks.

### 3.1 3M 7500-serie

Produsent: 3M

Klassifisering:

Partikkelfilter: 3M 6057 Partikkelfilter P3 etter EN143 [2]

Gassfilter: ABE1 etter EN141:2000 [3]

Prøvetakinga vart utført ved Hydro Karmøy.



Kilde: [www.3m.no](http://www.3m.no)

### 3.2 3M 4277

Produsent: 3M

Klassifisering:

Gass og partikkelfilter:

FFABE1P3D etter standard: EN405:2002 [4]

Prøvetakinga vart utført ved Hydro Karmøy.



Kilde: [www.3m.no](http://www.3m.no)

### 3.3 Sundström SR100

Produsent: Sundström Safety AB, Sverige

Klassifisering:

Partikkelfilter: P3 etter prEN140:1996 [5]

Gassfilter: ABE1 etter EN141:1990 [6]

Prøvetakinga vart utført ved Hydro Karmøy.



Kilde: [www.srsafety.se](http://www.srsafety.se)

### 3.4 3M 9924

Produsent: 3M

Klassifisering:

Partikkelfilter: FFP2 etter standard: EN149:2001 [7]

I tillegg inneheld maskene eit absorpsjonssjikt av kol mot lukter og ufarlege nivå av sure gassar ved konsentrasjonar under administrativ norm.

Prøvetakinga vart utført ved Hydro Årdal.



Kilde: [www.3m.no](http://www.3m.no)

### 3.5 Airstream

Produsent: 3M

Klassifisering:

Partikkelfilter: P2 etter EN146 [8]

Prøvetakinga vart utført ved Hydro Årdal.



Kilde: [www.3m.no](http://www.3m.no)

## 4 METODE

### 4.1 Prøvetaking

Det vart utvikla ein metode for prøvetaking av aerosol og gass innanfor filtermasker ved bruk. Noverande prøvetakingsutstyr for dei helse relaterte aerosolfraksjonane er ikkje mogeleg å plassere innanfor ei maske, utan at dei mistar sine karakteristika. Plassering av prøvetakingsutstyr utanfor maskene med prøvetaking innanfor maskene er heller ikkje mogeleg utan å endre prøvetakingskarakteristikken.

Metoden for prøvetaking innanfor maska nyttar ein slange som går gjennom maska, koplå til ein tradisjonell "totalstøv"-kassett plassert utanfor maska. Ein tradisjonell "totalstøv"-kassett vil truleg ikkje endre karakteristikk i nemneverdig grad ved tilkopling til slange. For prøvetakinga utanfor maska, vart moderne aerosolprøvetakarar for dei helerelaterte aerosolfraksjonane nytta.

For å kunne ta prøver frå innsida av maskene under bruk, måtte alle maskene punkterast. I punkteringspunktet vart det festa ein slange. Om lag 30 cm frå maska vart det montert ein Milliporekassett (Millipore artikkel nr. M00025A0). Kassetten inneheldt eit partikkelfilter (25 mm, 5,0 µm polyvinylkloridfilter (PVC), Millipore artikkel nr. PVC502500) og eit impregnert gassfilter. Gassfiltra vart laga ved å impregnere 25 mm cellulose støtteplater (Millipore artikkel nr. AP1002500) med 10% (w/v) KOH-løysning.



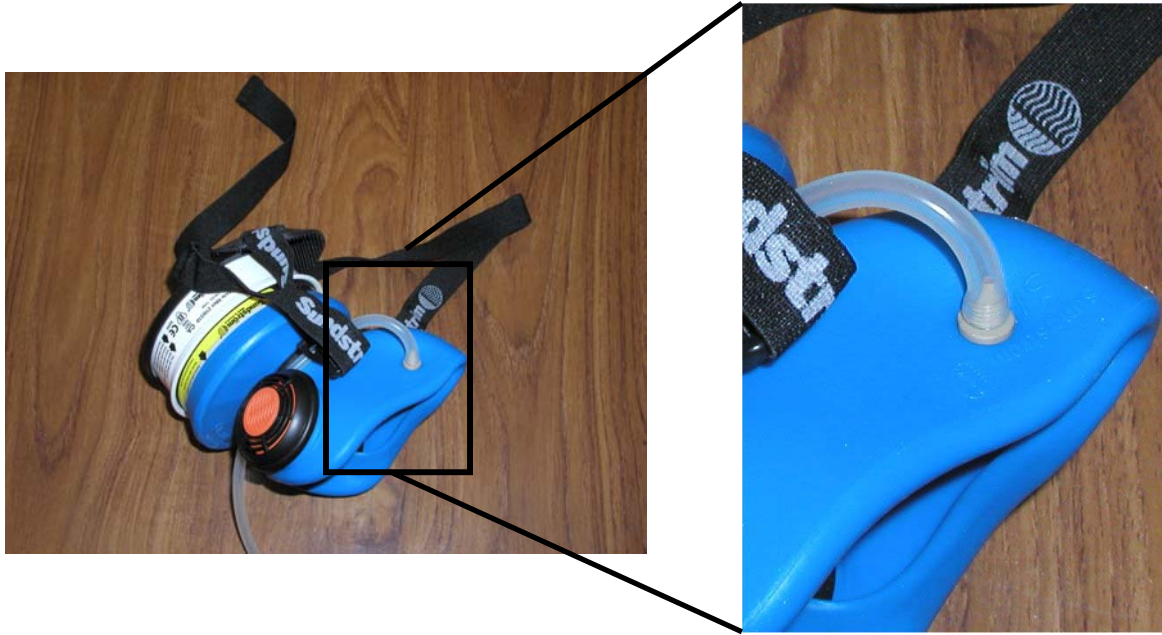


Foto: P.A. Drabløs, Hydro Aluminium Karmøy

Fig. 1: Sundström SR 100 maske med punktering for prøvetaking på innsida. Forstørret utsnitt til høyre.

Prøvetakinga av inhalerbart støv på utsida vart gjort med ein IOM prøvetakar (SKC, 225-70) pakka med eit 25 mm, 5,0  $\mu\text{m}$  partikkelfilter (Millipore artikkel nr. SMWP02500). I serie med denne kassetten vart det montert ein Milliporekassett (Millipore artikkel nr. M000025A0) som var pakka med gassfilter. Parallelt med dette vart det brukt ein Respicon virtuell impaktor (Hund, Tyskland). Respicon er konstruert slik at den skil dei helserelevante aerosolfraksjonane på tre ulike filter (37 mm, 5,0  $\mu\text{m}$  PVC, Millipore artikkel nr. PVC503700). Ut frå desse tre filtra kan ein kvantifisere dei helserelevante aerosolfraksjonane i arbeidaren si innandingszone.

Til prøvetaking av Respicon vart det nytta SKC høg volum pumper (SKC INC. Katalognr, 224-PCXR8) med ein luftgjennomstrømningsfart på 3,11 L/min.

For prøvetaking med IOM-filterkasset og gassprøvetaking vart det nytta PS101 pumper (produsert av STAMI) med ein luftgjennomstrømningsfart på 2,0 L/min. Resultat frå prøvetakinga med IOM vil ikkje bli presentert i denne rapporten. IOM måler inhalerbar aerosol og er med i prosjektet for å samanlikne med Respicon. Prøvene tatt på innsida av filtermaskene hadde ein luftgjennomstrømningsfart på 1,5 L/min med bruk av PS101 prøvetakingspumper. Normalt skulle denne prøvetakinga vore gjort med ein luftgjennomstrømningsfart på 2,0 L/min, men sidan dette viste seg ikkje å fungere med dei høge fuktnivåa inne i maskene, vart det nytta 1,5 L/min. Denne reduksjonen har truleg liten innverknad på prøvetakingskarakteristikken av denne typen kassett.

For alle masketypane er det opp til arbeidaren å skifte filter. Dette skal gjerast når maskene gjev høg pustemotstand, eller seinast når ein oppdagar lukt/smak av forureinar. Parallellprøvetakinga gjorde at arbeidarene ikkje kunne bytte maske under det skiftet kor prøvetakinga føregjekk. Dette hadde størst verknad for dei som nytta 3M 9924 masker fordi dei normalt bytter maske ofte.

## 4.2 Analysemetodar

### 4.3 Masser på filter

Fastsetjing av masser på filter vart gjort med Satorius MC5 og Satorius 210P veker, ved veging av filter før og etter eksponering. Arbeidet vart utført i STAMI sitt klimatiserte vegeom. Nedre fastsetjingsgrense var 200 µg/filter for PVC-filter.

Resultat for Respicon prøver vart utrekna etter formlane i brukarretteleinga [9]:

$$C_{\text{RESPIRABEL}} = \frac{m_1 * 1000}{(Q_1 * t_s)}, m_1 = \text{masse på filter 1 i mg}, Q_1 = 2,66 \text{ l/min}, t_s = \text{prøvetakingstid i min}$$

$$C_{\text{TORAKAL}} = \frac{(m_1 + m_2) * 1000}{((Q_1 + Q_2) * t_s)}, m_1 = \text{masse på filter 1 i mg}, Q_1 = 2,66 \text{ l/min}, t_s = \text{prøvetakingstid i min}, m_2 = \text{masse på filter 2 i mg}, Q_2 = 0,33 \text{ l/min}$$

$$C_{\text{INHALERBAR}} = \frac{(m_1 + m_2 + m_3) * 1000}{((Q_1 + Q_2 + Q_3) * t_s)}, m_1 = \text{masse på filter 1 i mg}, Q_1 = 2,66 \text{ l/min}, t_s = \text{prøvetakingstid i min}, m_2 = \text{masse på filter 2 i mg}, Q_2 = 0,33 \text{ l/min}, m_3 = \text{masse på filter 3 i mg}, Q_3 = 0,11 \text{ l/min}$$

### 4.4 Sure gassar

Impregnerte gassfilter vart ekstrahert med 10 mL 0,5 % (v/v) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-løysning og tilsett internstandard (bromid, Br<sup>-</sup>). SO<sub>2</sub> vil med prøvetaking på denne typen gassfilter kunne reagere til sulfat eller til sulfitt. Den svake hydrogenperoksid-løysninga vart brukt for å omdanne eventuell sulfitt til sulfat. Etter henstand i 2 timar vart fastsetjinga utført ved bruk av ionekromatografi (Dionex DX500 utstyrt med ein leiingsevnedetektor (ED40), ei Dionex AS14A kolonne med ei AG14A førkolonne). Prøveresultata frå ionekromatografen vart så omrekna frå fluorid (F<sup>-</sup>) til hydrogenfluorid (HF) og frå sulfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) til svoveldioksid (SO<sub>2</sub>). Nedre fastsetjingsgrenser var 5 µg/filter for HF og 10 µg/filter SO<sub>2</sub> i serien frå prøvetakinga på Karmøy. I serien med prøvetakinga frå Årdal var nedre fastsetjingsgrense 1 µg/filter for HF og 7 µg/filter for SO<sub>2</sub>.

### 4.5 Vassløyseleg fluorid

Vassløyseleg fluorid er definert som den delen av fluorid i aerosolen som løyser seg i vatn ved henstand i 90 min ved romtemperatur.

Aerosolfilter vart overført til Maxi-spinn sentrifugerør med filterinnsats med 0,2 µm nylon membran filter (Alltech, Katalog. nr. 100506). Deretter vart det tilsett 10 ml ionebytta vatn (>18 MΩ) til filterinnsatsen og sentrifugert etter henstand i 90 min. Fastsetjing av fluoridnivå vart gjort med bruk av ionekromatografi. Nedre fastsetjingsgrense var 3 µg/filter. I denne fastsetjinga vart bromid (Br<sup>-</sup>) nytta som internstandard.

Utrekning av dei vassløyselege fluorid i dei helserealterte aerosolfraksjonane vart utført på same måte som for massane på filtra.

### 4.6 Totalfluorid

Totalfluorid er definert som summen av vassløyseleg fluorid og fluorid som går i løysning etter behandling av aerosolfilteret med 0,5 M KOH og oppvarming på vassbad i mikrobølgeovn til 75°C i 90 min.

Totalfluorid i denne rapporten er ikkje det same som og kan ikkje samanliknast med totalfluorid nytta tidlegare i Al-industrien.



Forsøk utført ved STAMI ved hjelp av scanningelektronmikroskop utstyrt med ein energidespersibel fluorescensdetektor har vist at etter behandlinga med 0,5 M KOH inneheldt ikkje filteret detekterbare mengder fluorid. Av dette har ein grunn til å hevde at summen av vassløyseleg fluorid og fluorid ekstrahert med 0,5 M KOH utgjør total mengde fluorid i prøvene.

Etter vassekstraksjonen vart filterinnsats med aerosolfilter overført til eit nytt sentrifugerør, tilsatt internstandard (fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ )) og 5 mL 0,5 M KOH. Etter oppvarming til på vassbad i mikrobølgeovn  $75^\circ\text{C}$  i 90 min vart røra sentrifugert og filtratet fortynna til 15 mL med vatn (ionebytta,  $>18\text{ M}\Omega$ ). Fastsetjing av fluoridnivå vart gjort med bruk av ionekromatografi. Nedre fastsetjingsgrense for totalfluorid var  $10\text{ }\mu\text{g}/\text{filter}$ .

Utrekning av totalfluorid i dei helserealterte aerosolfraksjonane (Respicon filtra) vart utført på same måte som for utrekninga av masse av aerosol på filter [9].

## 5 RESULTAT

### 5.1 Masse av aerosol

Tabell 4.1 viser at luftkonsentrasjonen av totalmassen målt innanfor maskene var mellom 110 og 410  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dersom ein samanliknar med inhalerbar fraksjon på utsida, ser ein ei god brukseffektivitet. Masketyperen 3M 7500 viser seg å være noko betre enn 3M 9924 og Airstream. Når ein samanliknar med den torakale aerosolfraksjonen vil masketyperen 3M 7500 vere betre enn 3M 9924 og Airstream, og 3M 4277 og SR100 vere betre enn Airstream. Brukseffektiviteten er mykje dårlegare dersom ein samanliknar med respirabel aerosol.

Tabell 4.1: Luftkonsentrasjon av masse på filter etter masketype.  
Geometrisk gjennomsnitt (G.gj.) med 95% konfidensintervall (KI).  
Brukseffektivitet i forhold til dei ulike helsesrelaterte aerosolfraksjonane.

			Luftkonsentrasjon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$					Brukseffektivitet, %				
			Masketype					Masketype				
			3M 7500 – serie n=7	3M 4277 n=7	Sundström SR100 n=8	3M 9924 n=9	Air- stream n=9	3M 7500 – serie	3M 4277	Sundström SR100	3M 9924	Air- stream
Innanfor maske		G.gj. KI	110 30-350	210 50-870	270 50-1300	310 180-530	410 260-670	-	-	-	-	-
Utanfor maske	Inhalerbart	G.gj.	6900	6500	7300	2900	3900	98 <sup>1,2</sup>	97	96	89 <sup>1</sup>	89 <sup>2</sup>
		KI	3200-15000	3100-14000	4300-12000	2100-4100	2000-7500	95-99	85-99	85-99	82-94	82-94
	Torakalt	G.gj. KI	1800 930-3500	1800 1200-2900	2100 1200-3700	970 770-1200	1500 700-1600	94 <sup>3,4</sup> 80-98	89 <sup>5</sup> 48-98	87 <sup>6</sup> 58-96	68 <sup>3</sup> 50-79	60 <sup>4,5,6</sup> 47-70
	Respirabelt	G.gj. KI	760 540-1100	580 360-920	840 490-1400	460 350-610	440 290-650	85 <sup>7</sup> 54-95	64 -36-90	68 <sup>8</sup> -14-91	33 <sup>7</sup> -6-57	5 <sup>7,8</sup> -46-38

1,2,3,4,5,6,7,8 – Like tal i den heva skrifta fortel at dei geometriske gjennomsnitta er statistisk signifikant forskjellig frå kvarandre ved 0,05 nivå.

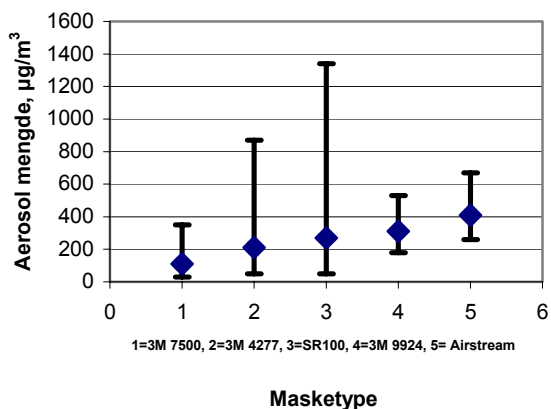


Fig. 2: Luftkonsentrasjon av aerosol innfor maska, G.gj. og 95% KI

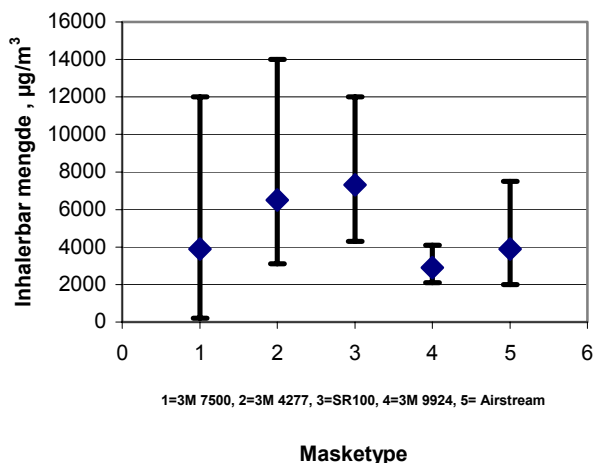


Fig.3: Luftkonsentrasjon av inhalerbar fraksjon, G.gj. og 95% KI

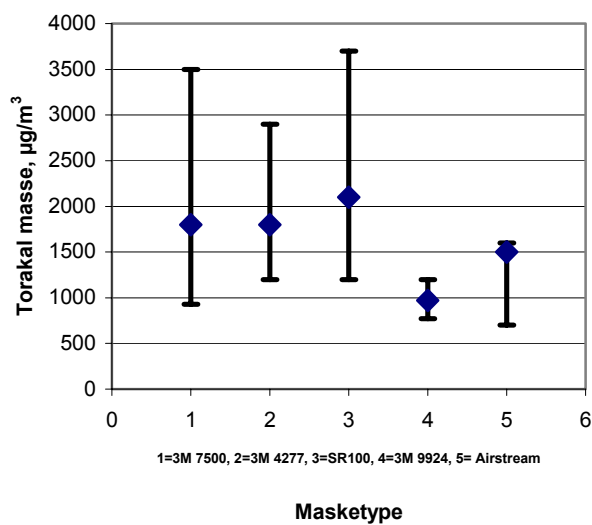


Fig. 4: Luftkonsentrasjonen av torakal fraksjon, G.gj. og 95% KI

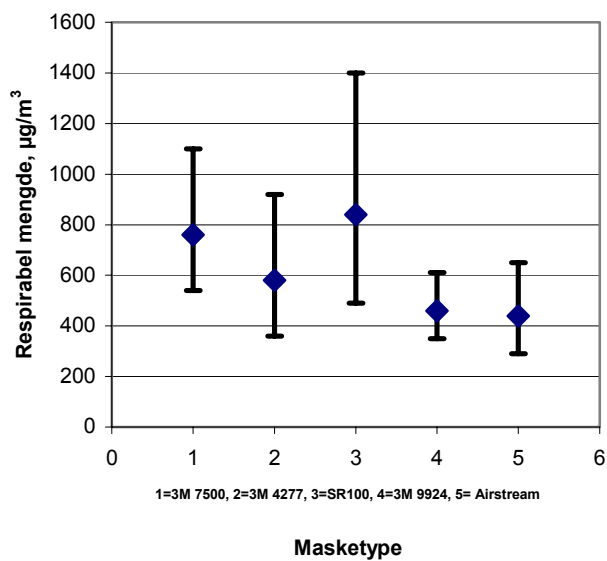


Fig. 5: Luftkonsentrasjon av respirabel fraksjon, G.gj. og 95% KI

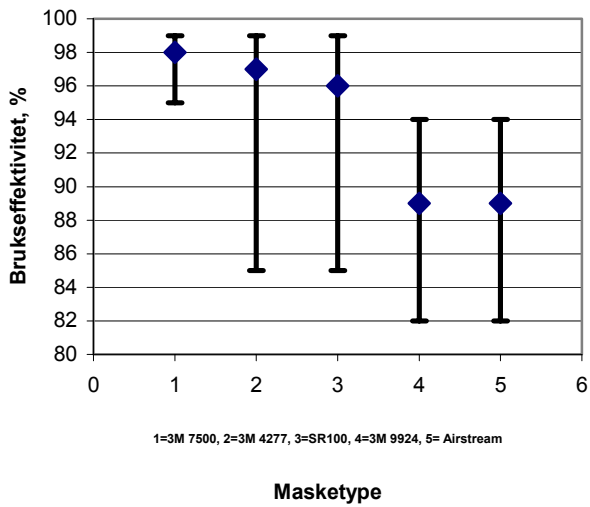


Fig. 6: Brukseffektivitet samanlikna med inhalerbar aerosolfraksjon, G.gj og 95% KI

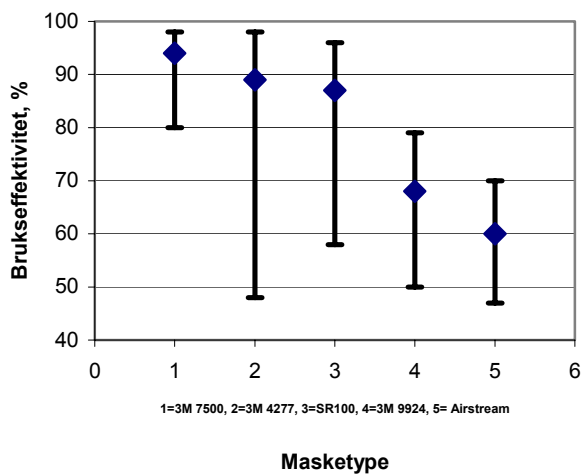


Fig.7: Brukseffektivitet samanlikna med torakal aerosolfraksjon, G.gj. og 95% KI

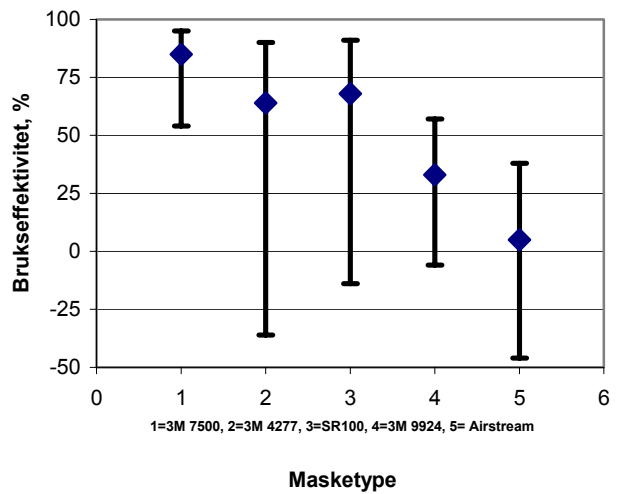


Fig. 8: Brukseffektivitet samanlikna med respirabel, aerosolfraksjon, G.gj. og 95% KI

Tabell 4.2 viser at når ein delar inn maskene etter partikkelfilterklassifisering (P2 og P3) finn ein klare forskjellar i brukseffektivitet. Dette gjeld for samanlikning med alle tre aerosolfraksjonane.

Tabell 4.2: Luftkonsentrasjon av masser på filter etter klassifisering (P2 og P3). Geometrisk gjennomsnitt (G.gj.) med 95% konfidensintervall (KI). Brukseffektivitet i forhold til dei ulike helserelevante aerosolfraksjonane.

			Luftkonsentrasjon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Brukseffektivitet, %	
			Klassifisering		Klassifisering	
			P2	P3	P2	P3
			n=18	n=22		
Innanfor maske		G.gj.	360	190	-	-
		KI	260-500	93-380		
Utanfor maske	Inhalerbart	G.gj.	3400	6900	89 <sup>1</sup>	97 <sup>1</sup>
		KI	2400-4700	5100-9500	85-92	95-99
	Torakalt	G.gj.	1000	1900	64 <sup>2</sup>	90 <sup>2</sup>
		KI	820-1200	1500-2500	56-72	82-95
	Respirabelt	G.gj.	450	720	9 <sup>3</sup>	74 <sup>3</sup>
		KI	360-560	570-910	-7-40	52-86

<sup>1,2,3</sup> – Like tal i den heva skrifta fortel at dei geometriske gjennomsnitta er statistisk signifikant forskjellig frå kvarandre ved 0,05 nivå.

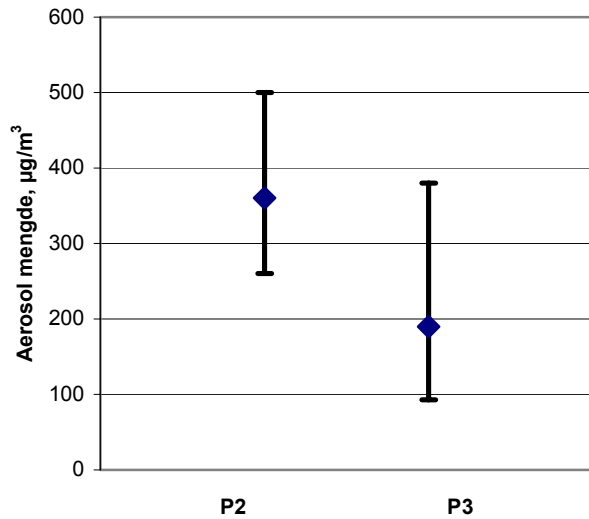


Fig.9: Luftkonsentrasjon av aerosol innfor maska, G.gj. og 95% KI

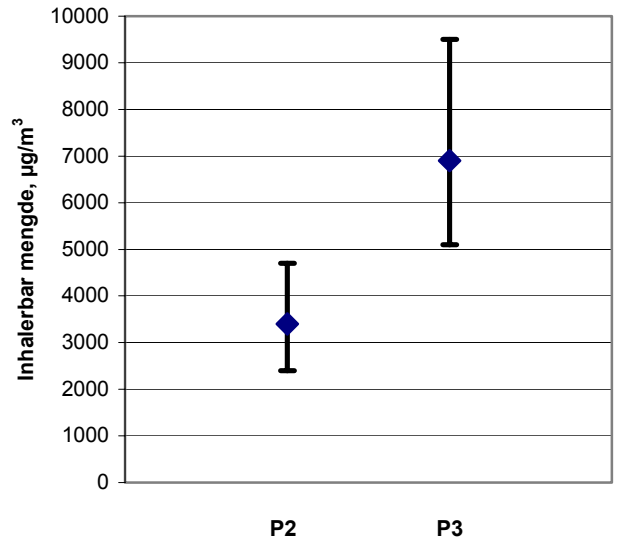


Fig. 10: Luftkonsentrasjon av Inhalerbar mengde G.gj. og 95% KI

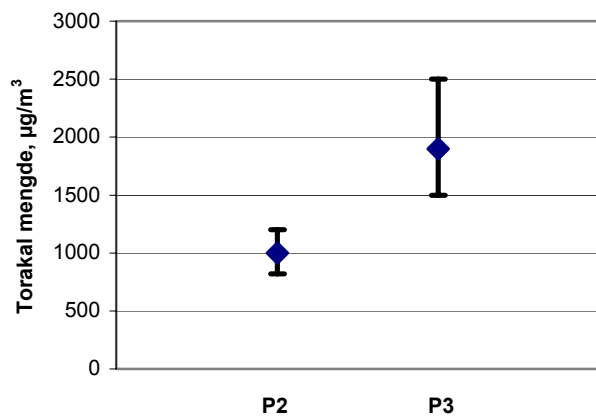


Fig. 11: Luftkonsentrasjon av torakal fraksjon, G.gj. og 95% KI

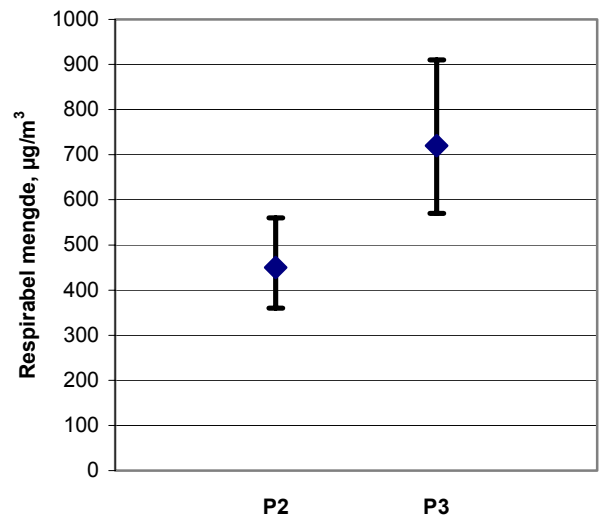


Fig. 12: Luftkonsentrasjon av respirabel fraksjon, G.gj. og 95% KI

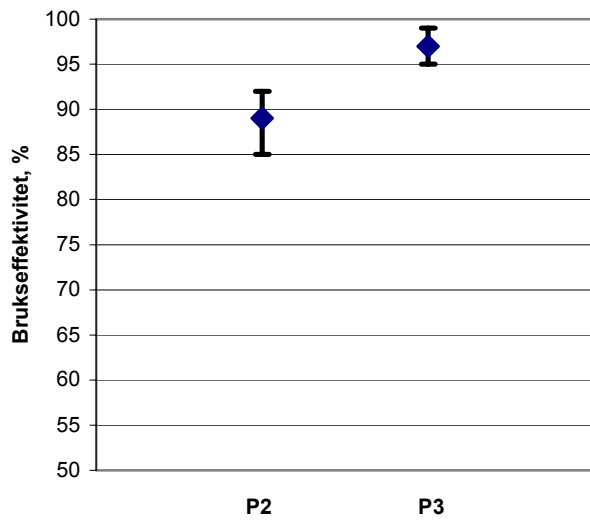


Fig. 13: Brukseffektivitet samanlikna med inhalerbar aerosolfraksjon, G.gj. og 95% KI

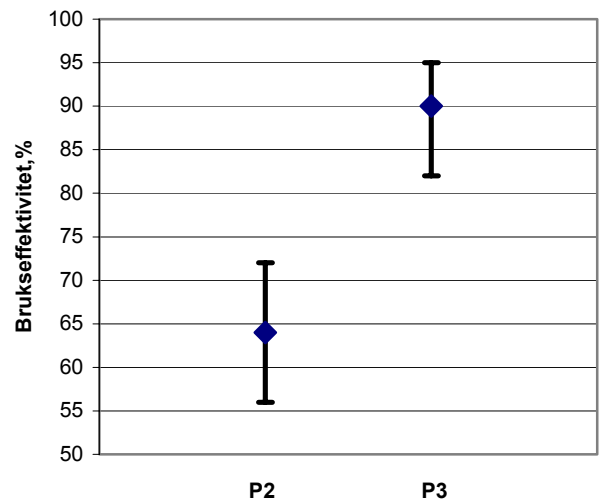


Fig. 14: Brukseffektivitet samanlikna med torakal aerosolfraksjon, G.gj. og 95% KI

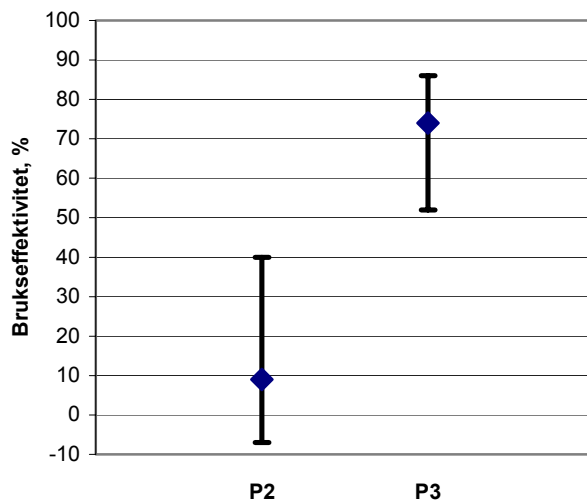


Fig. 15: Brukseffektivitet samanlikna med respirabel aerosolfraksjon, G.gj. og 95% KI



## 5.2 Sure gassar

Lave verdiar for HF innanfor maskene gjer at samanlikning blir vanskeleg, men at det generelt ser ut til at maskene har god brukseffektivitet for HF.

Konsentrasjonane er svært lave og problem med å reprodusere desse lave nivåa gjer at ein ikkje kan trekkje slutningar om brukseffektivitet for SO<sub>2</sub>.

Tabell 4.3: Geometrisk gjennomsnitt (G.gj.) med 95% konfidensintervall (KI) av gassane HF og SO<sub>2</sub> i µg/m<sup>3</sup>.  
Brukseffektivitet i forhold til konsentrasjonar av HF innanfor og utanfor maskene.

			Luftkonsentrasjon, µg/m <sup>3</sup>					Brukseffektivitet, %				
			Masketype					Masketype				
			3M 7500 - serie n=6	3M 4277 n=6	Sundström SR100 n=6	3M 9924 n=8	Air- stream n=9	3M 7500 -serie	3M 4277	Sundström SR100	3M 9924	Air- stream
Innanfor maske	HF	G.gj. KI	5 1-25	12 1-130	6 1-44	1 0-2	5 1-34	-	-	-	-	-
	SO <sub>2</sub>	G.gj. KI	13 3-57	18 3-110	17 3-98	41 12-150	49 22-100	-	-	-	-	-
Utanfor maske	HF	G.gj. KI	92 42-200	77 34-170	86 40-180	62 25-160	110 53-240	94 <sup>1</sup> 85-98	84 <sup>2</sup> 4-97	93 <sup>3</sup> 35-99	99 <sup>1,2,3</sup> 96-100	95 85-99
	SO <sub>2</sub>	G.gj. KI	21 15-30	17 12-24	18 10-33	73 23-220	78 37-170	-	-	-	-	-

<sup>1,2,3</sup> – Like tal i den heva skrifta fortel at dei geometriske gjennomsnitta er statistisk signifikant forskjellig frå kvarandre ved 0,05 nivå.

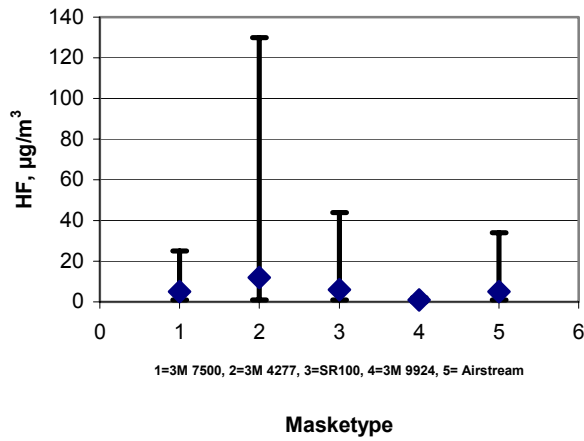


Fig. 16: HF innafor maska,  
G.gj. og 95% KI

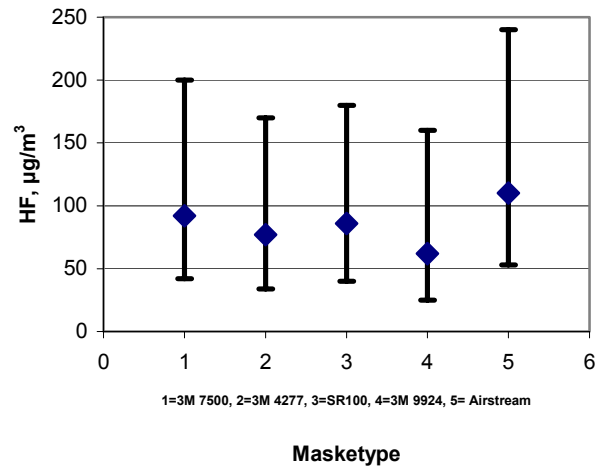


Fig. 17: HF utanfor maska,  
G.gj. og 95% KI

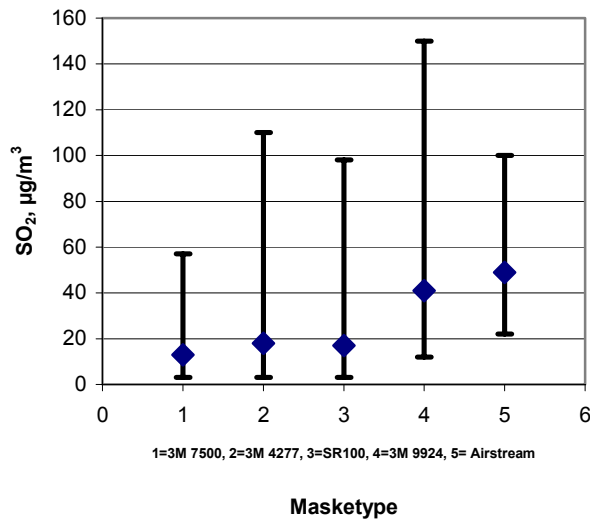


Fig. 18: SO<sub>2</sub> innafor maska,  
G.gj. og 95% KI

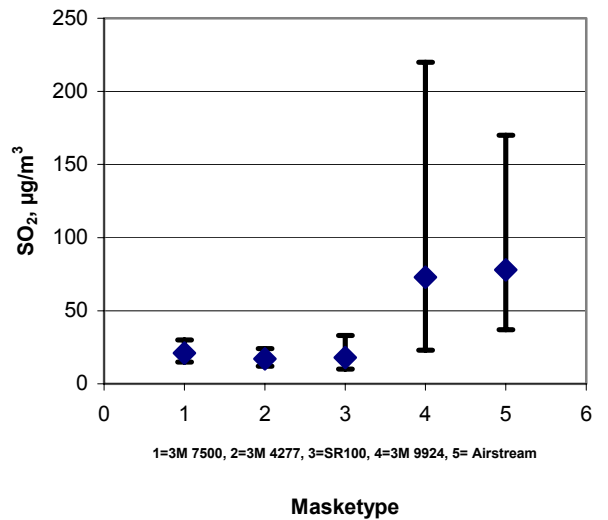


Fig. 19: SO<sub>2</sub> utanfor maska,  
G.gj. og 95% KI

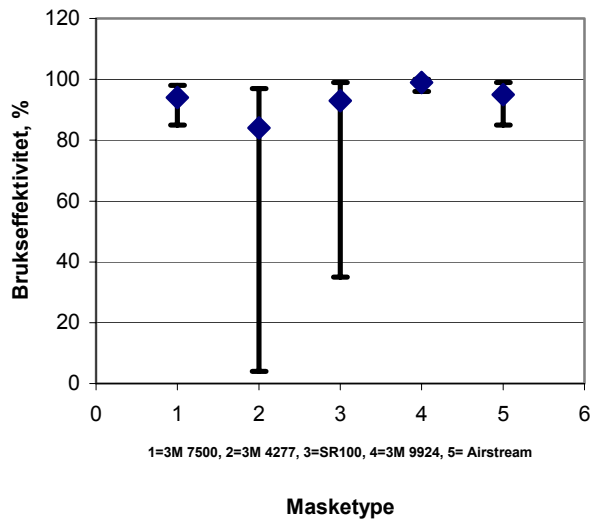


Fig.20: Brukseffektivitet av HF, G.gj. og 95% KI

Av tabell 4.4 ser ein at maskene med P2 klassifisering er betre enn P3, men fordi mange av verdiane innanfor maskene ligg under eller nær fastsetjingsgrensa blir uvissa i målingane stor. Ein kan difor ikkje trekkje slutningar av desse resultatata.

Tabell 4.4: Geometrisk gjennomsnitt (G.gj.) med 95% konfidensintervall (KI) av HF og SO<sub>2</sub> i µg/m<sup>3</sup> etter klassifisering. Brukseffektivitet av HF i forhold til konsentrasjonar innanfor og utanfor maskene.

			Luftkonsentrasjon, µg/m <sup>3</sup>		Brukseffektivitet, %	
			Klassifisering		Klassifisering	
			P2	P3	P2	P3
			n=17	n=18		
Innanfor maske	HF	G.gj. KI	2 1-6	7 3-18	-	-
	SO <sub>2</sub>	G.gj. KI	45 24-85	16 7-34	-	-
Utanfor maske	HF	G.gj. KI	86 50-150	85 59-120	98 <sup>1</sup> 95-99	91 <sup>1</sup> 81-96
	SO <sub>2</sub>	G.gj. KI	75 42-140	19 15-23	-	-

<sup>1</sup> – Like tal i den heva skrifta fortel at dei geometriske gjennomsnitta er statistisk signifikant forskjellig frå kvarandre ved 0,05 nivå.

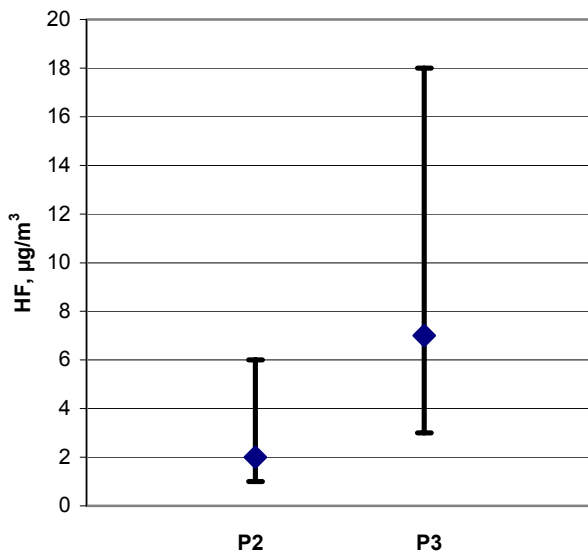


Fig.21: HF innafor maska,  
G.gj. og 95% KI

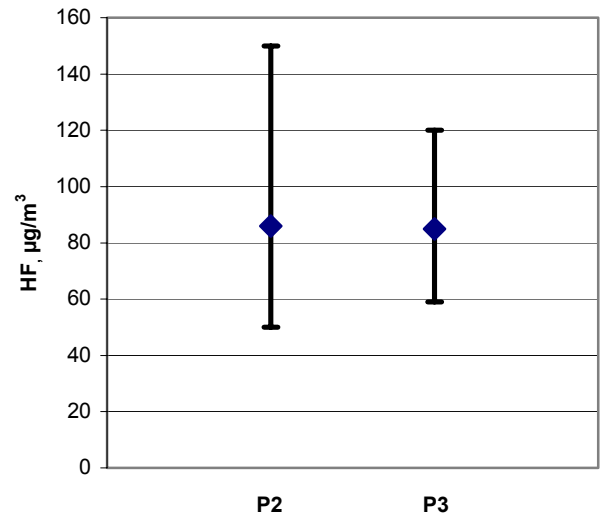


Fig. 22: HF utanfor maska,  
G.gj. og 95% KI

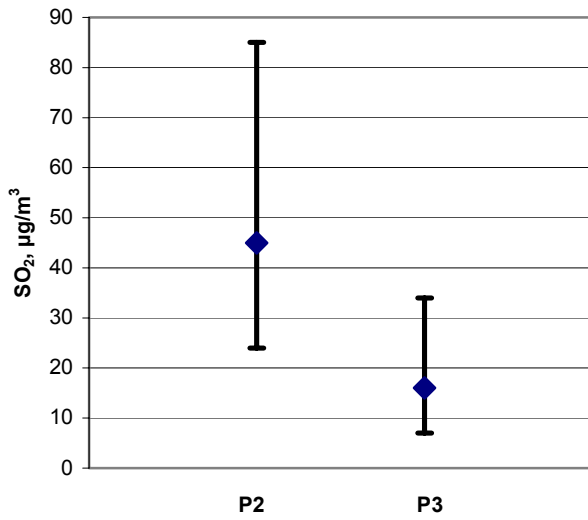


Fig.23: SO<sub>2</sub> innafor maska,  
G.gj. og 95% KI

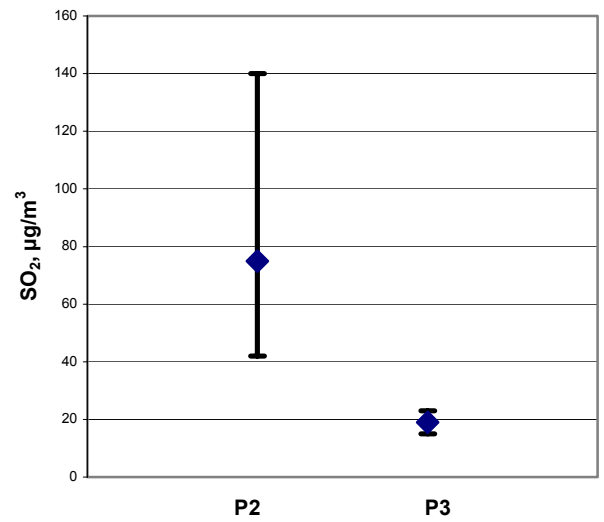


Fig. 24: SO<sub>2</sub> utanfor maska,  
G.gj. og 95% KI

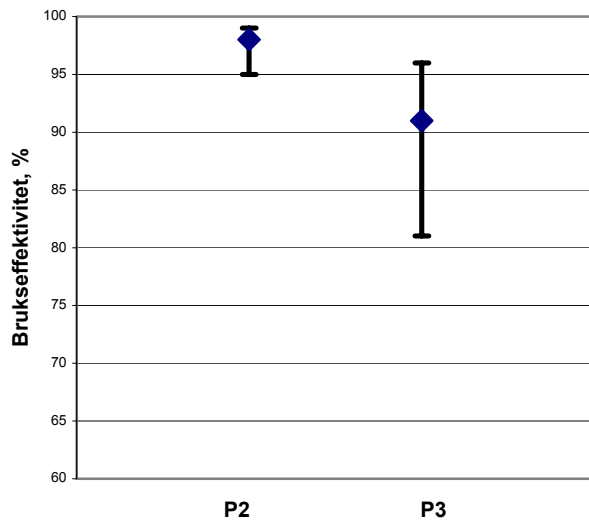


Fig.25: Brukseffektivitet av HF, G.gj. og 95% KI

### 5.3 Vassløyseleg fluorid

I tabell 4.5 er det gjeve verdiar for vassløyseleg fluorid innanfor og utanfor maskene. Som massen av aerosolar i tabell 4.1 viser, ser ein også her ein god brukseffektivitet samanlikna mot inhalerbar fraksjon. Ved samanlikning med torakal fraksjon ser ein større forskjellar mellom maskene. Uavhengig av kva fraksjon ein samanliknar med ser det ut som maska 3 M 7500 viser den beste brukseffektiviteten. Brukseffektiviteten for Airstream ligg noko lågare enn dei andre masketypane.

Tabell 4.5: Geometrisk gjennomsnitt (G.gj.) med 95% konfidensintervall (KI) av vassløyselege fluorid i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Brukseffektivitet i forhold til vassløyselege fluorid i dei ulike helsesrelaterte aerosolfraksjonane.

			Luftkonsentrasjon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$					Brukseffektivitet, %				
			Masketype					Masketype				
			3M 7500 -serie n=7	3M 4277 n=7	Sundström SR100 n=8	3M 9924 n=9	Airstream n=9	3M 7500 -serie	3M 4277	Sundström SR100	3M 9924	Air- stream
<b>Innanfor maske</b>		<b>G.gj.</b> <b>KI</b>	10 4-28	23 6-98	36 7-180	21 11-43	34 15-76	-	-	-	-	-
<b>Utanfor maske</b>	<b>Inhalerbart</b>	<b>G.gj.</b> <b>KI</b>	250 130-480	260 170-490	290 150-560	190 120-310	180 110-320	96 <sup>1</sup> 88-99	91 64-98	88 60-96	89 79-94	81 <sup>1</sup> 67-89
	<b>Torakalt</b>	<b>G.gj.</b> <b>KI</b>	120 64-240	130 72-250	140 64-300	90 55-150	92 54-160	92 <sup>2,3</sup> 76-97	82 34-95	74 <sup>2</sup> 23-91	76 59-86	63 <sup>3</sup> 40-77
	<b>Respirabelt</b>	<b>G.gj.</b> <b>KI</b>	63 40-100	54 29-100	67 35-130	50 27-83	49 30-80	84 <sup>4,5</sup> 55-94	57 -35-86	46 <sup>4</sup> -71-83	57 25-75	30 <sup>5</sup> -40-65

1,2,3,4,5,6,7,8 – Like tal i den heva skrifta fortel at dei geometriske gjennomsnitta er statistisk signifikant forskjellig frå kvarandre ved 0,05 nivå.

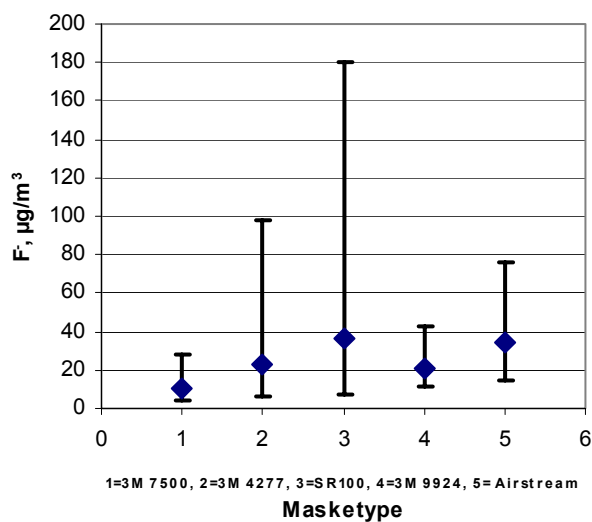


Fig. 26: Vassløyselege fluorid innanfor maska, G.gj. og 95% KI  
G.gj. og 95% KI

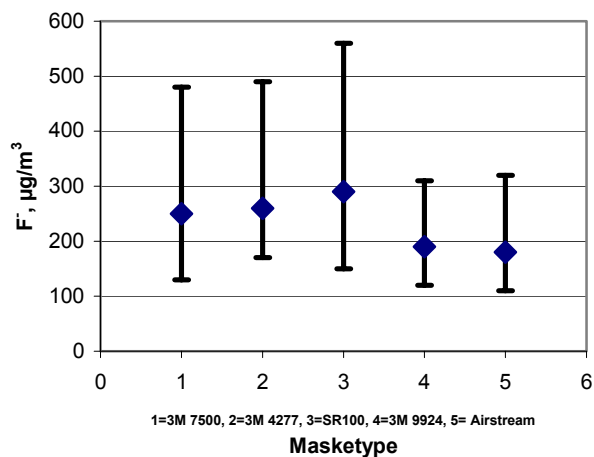


Fig. 27: Vassløyselege fluorid i den inhalerbare aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI

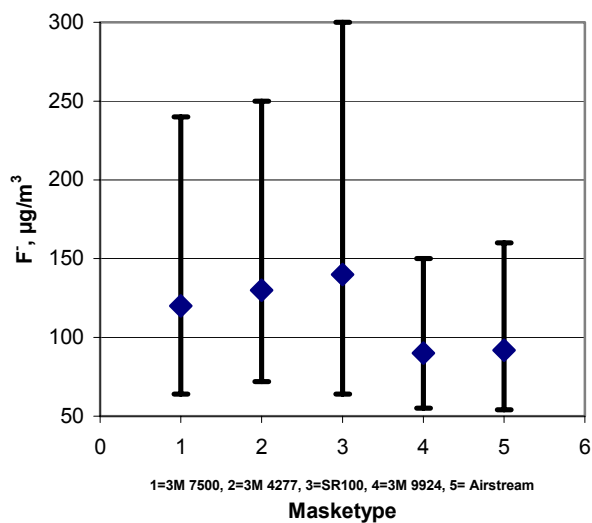


Fig. 28: Vassløyselege fluorid i den torakale aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI  
G.gj. og 95% KI

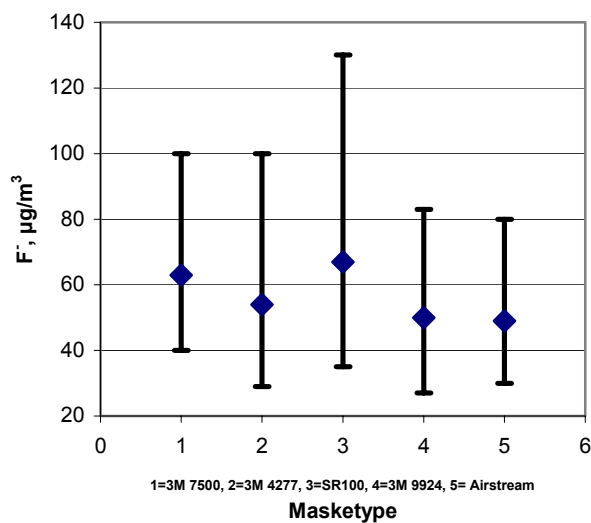


Fig. 29: Vassløyselege fluorid i den respirable aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI



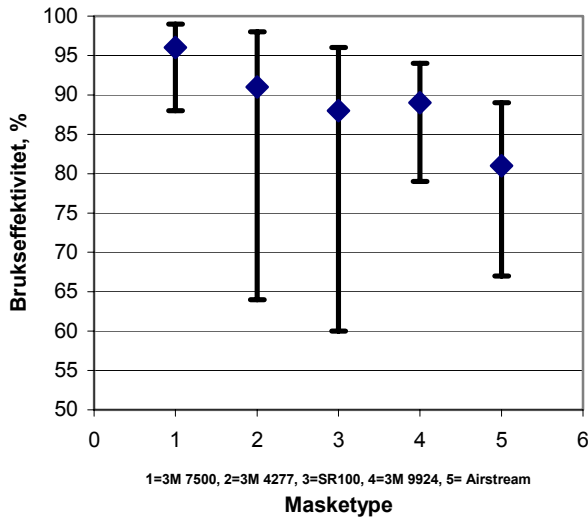


Fig. 30: Brukseffektivitet samanlikna med vassløyseleg inhalerbart fluorid, G.gj. og 95% KI

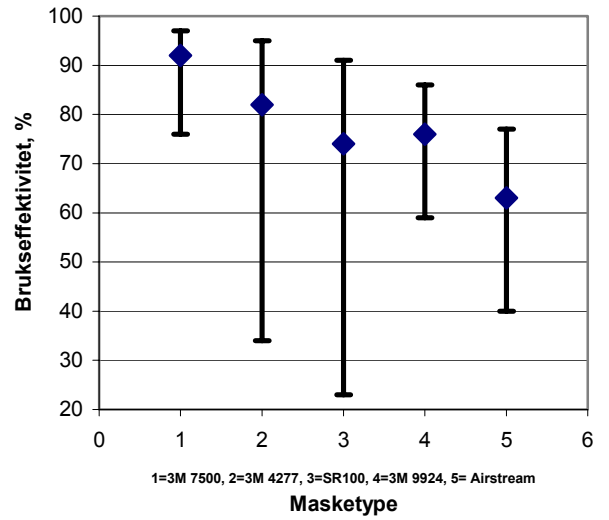


Fig. 31: Brukseffektivitet samanlikna med vassløyseleg torakalt fluorid, G.gj. og 95% KI

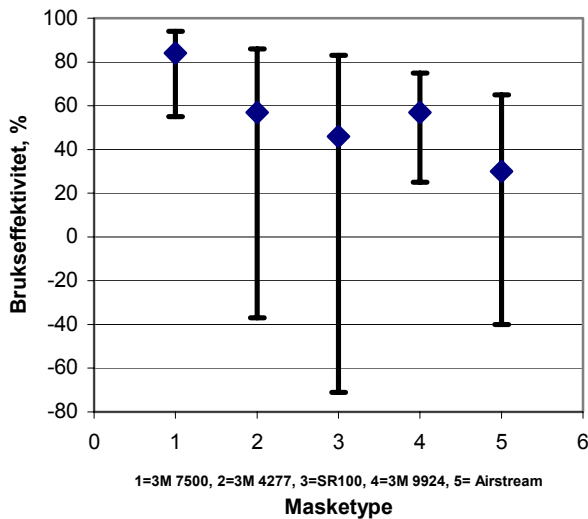


Fig. 32: Brukseffektivitet samanlikna med respirabelt vassløyseleg fluorid, G.gj. og 95% KI

I tabell 4.6 er det samanlikna vassløyselege fluorid for P2 og P3 maskene. Sjølv om gjennomsnitta ikkje er statistisk signifikante frå kvarandre, viser det ein klar trend om at P3 masker har større brukseffektivitet enn P2 masker. At brukseffektivitetane ikkje er statistisk forskjellige skuldast spreininga i talmaterialet.

Tabell 4.6: Geometrisk gjennomsnitt (G.gj.) med 95% konfidensintervall (KI) av vassløyselege fluorid i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  etter klassifisering. Brukseffektivitet i forhold til dei ulike helse-relaterte aerosolfraksjonane.

			Luftkonsentrasjon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Brukseffektivitet, %	
			Masketype		Masketype	
			P2	P3	P2	P3
			n=18	n=22		
Innanfor maske		G.gj.	27	21	-	-
		KI	17-44	10-42		
Utanfor maske	Inhalerbart	G.gj.	190	270	86	92
		KI	140-260	200-360	79-90	86-95
	Torakalt	G.gj.	91	130	70	89
		KI	66-130	94-180	58-79	71-91
	Respirabelt	G.gj.	49	61	45	66
		KI	36-68	46-81	17-64	39-81

<sup>1,2,3</sup> – Like tal i den heva skrifta fortel at dei geometriske gjennomsnitta er statistisk signifikant forskjellig frå kvarandre ved 0,05 nivå.

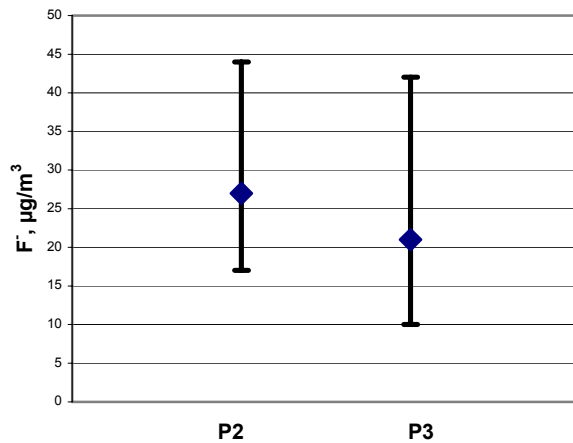


Fig. 33: Vassløyselege fluorid innanfor maska, G.gj. og 95% KI

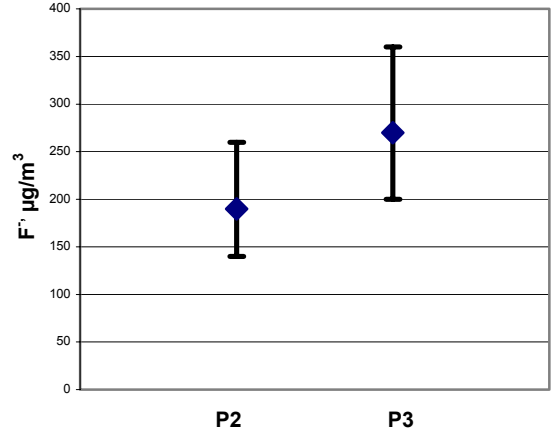


Fig. 34: Vassløyselege fluorid i den inhalerbare aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI

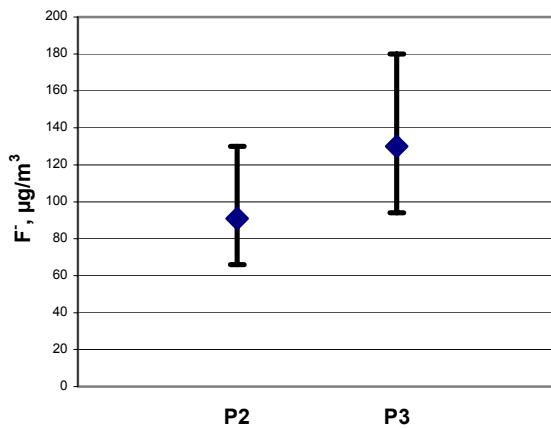


Fig. 35: Vassløseleg fluorid i den torakale aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI

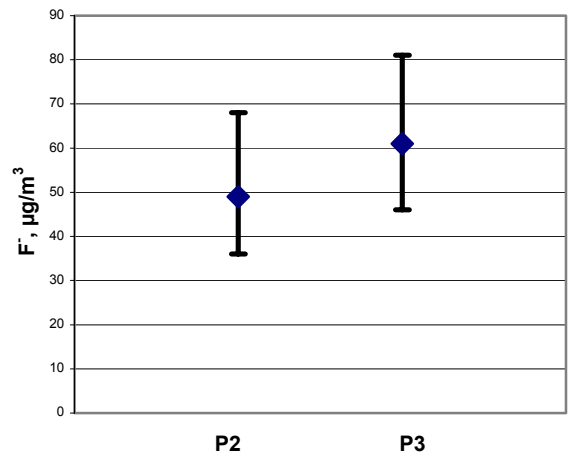


Fig. 36: Vassløseleg fluorid i den respirable aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI

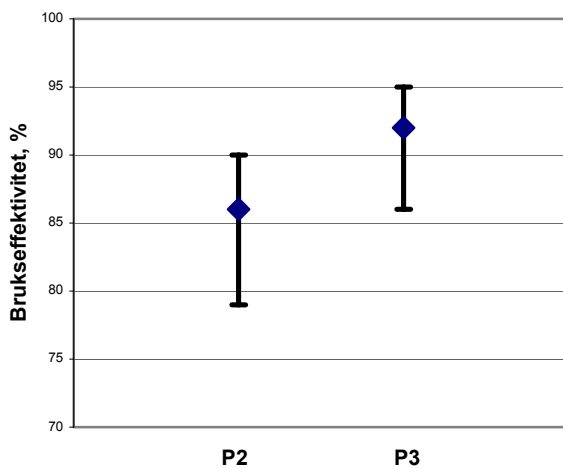


Fig. 37: Brukseffektivitet samanlikna med vassløseleg inhalerbart fluorid, G.gj. og 95% KI

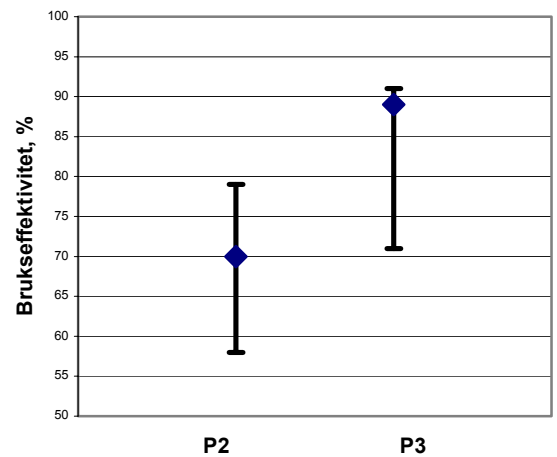


Fig. 38: Brukseffektivitet samanlikna med vassløseleg torakalt fluorid, G.gj. og 95% KI

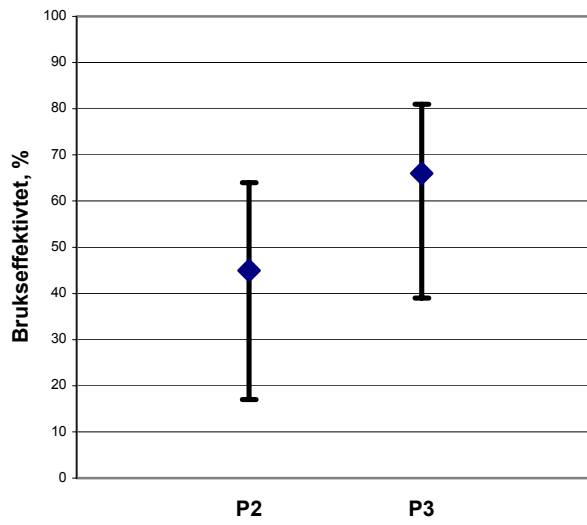


Fig. 39: Brukseffektiviteten samanlikna med respirabelt vassløyseleg fluorid, G.gj. og 95% KI

## 5.4 Totalfluorid

Brukseffektiviteten for alle maskene er god ved samanlikninga av totalfluorid i tabell 4.7. Ved å samanlikne med dei andre totalfluoridfraksjonane får ein statistisk signifikante forskjellar mellom fleire av masketypane. Ved alle samanlikningane viser det seg at 3M 7500 har den beste brukseffektiviteten, medan brukseffektiviteten for Airstream er noko dårlegare.

Tabell 4.7. Geometrisk gjennomsnitt (G.gj.) med 95% konfidensintervall (KI) av totalfluorid i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .  
Brukseffektivitet i forhold til totalfluorid i dei ulike helse-relaterte aerosolfraksjonane.

			Totalfluorid, $\mu\text{g}/\text{m}^3$					Brukseffektivitet, %				
			Masketype					Masketype				
			3M 7500 – serie n=7	3M 4277 n=7	Sundström SR100 n=8	3M 9924 n=9	Airstream n=9	3M 7500 –serie	3M 4277	Sundström SR100	3M 9924	Air- stream
Innanfor maske		G.gj. KI	21 8-57	36 8-180	82 13-530	43 19-95	64 26-160	-	-	-	-	-
Utanfor maske	Inhalerbart	G.gj. KI	640 210-2000	810 270- 2500	830 260-2700	420 230-740	420 220-780	97 <sup>1</sup> 89-99	95 68-99	90 73-96	90 78-95	83 <sup>1</sup> 69-91
	Torakalt	G.gj. KI	220 87-550	290 110-760	290 90-910	150 89-260	160 93-290	92 <sup>2,3,4</sup> 73-98	85 15-97	71 <sup>2</sup> 25-89	72 <sup>3</sup> 50-84	56 <sup>4</sup> 24-75
	Respirabelt	G.gj. KI	92 55-160	92 42-200	120 46-290	76 43-130	78 47-130	81 <sup>5,6</sup> 43-93	52 -110-89	29 <sup>5</sup> -120-77	44 -4-70	8 <sup>6</sup> -92-56

1,2,3,4,5,6 – Like tal i den heva skrifta fortel at dei geometriske gjennomsnitta er statistisk signifikant forskjellig frå kvarander ved 0,05 nivå.

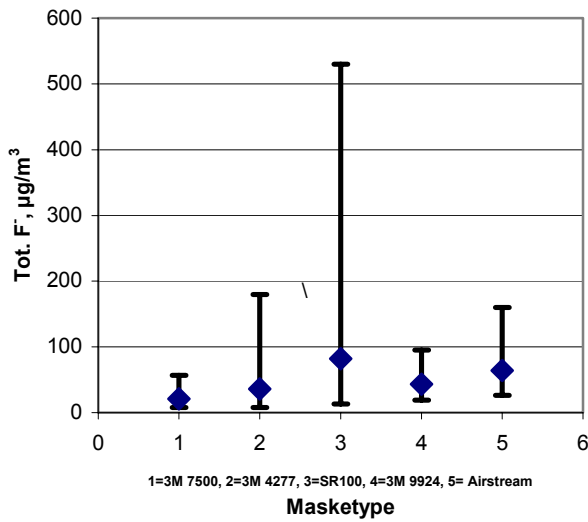


Fig. 40: Totalfluorid innanfor maska, G.gj. og 95% KI

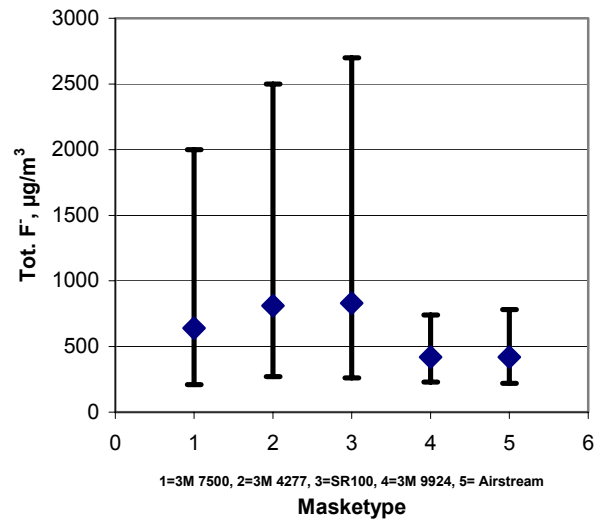


Fig. 41: Totalfluorid i den inhalerbare aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI

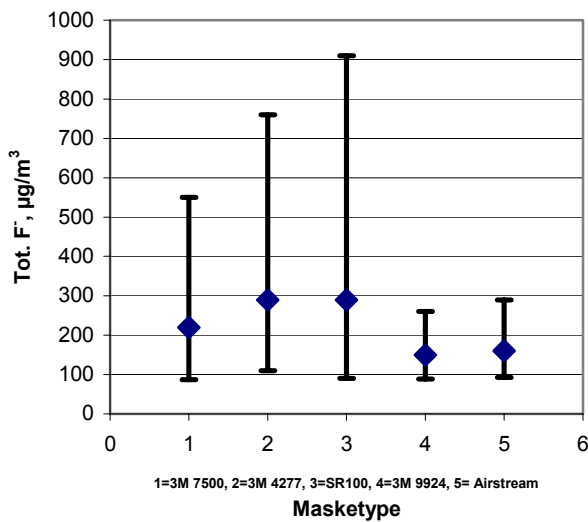


Fig. 42: Totalfluorid i den torakale aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI

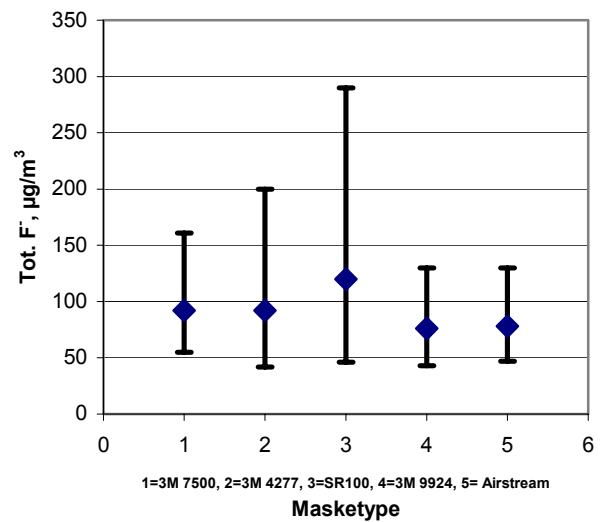


Fig. 43: Totalfluorid i den respirable aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI

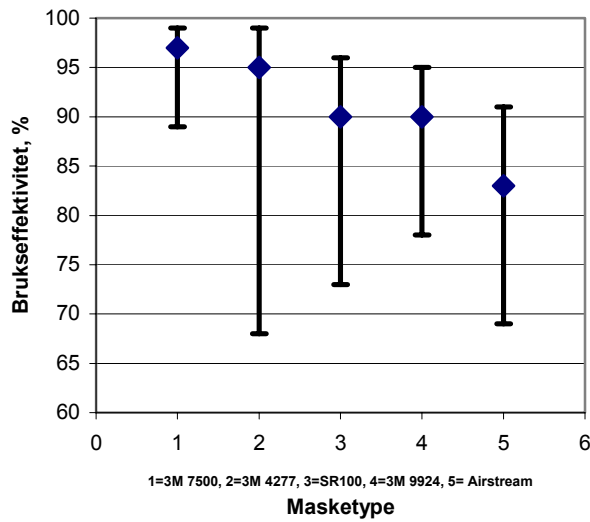


Fig. 44: Brukseffektivitet samanlikna med totalfluorid i den inhalerbare fraksjonen, G.gj. og 95% KI

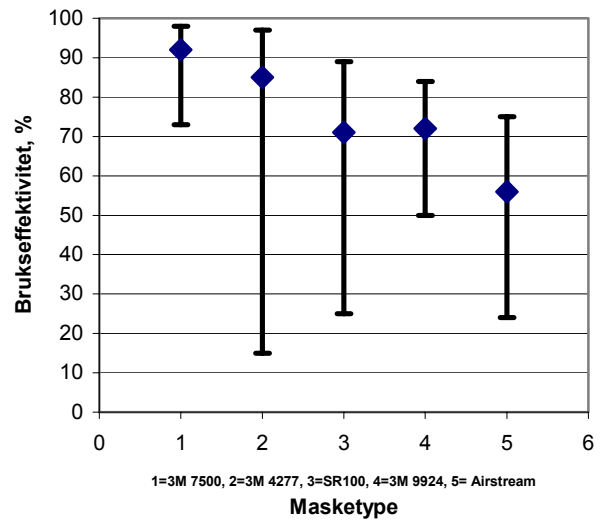


Fig. 45: Brukseffektivitet samanlikna med totalfluorid i den torakale fraksjonen, G.gj. og 95% KI

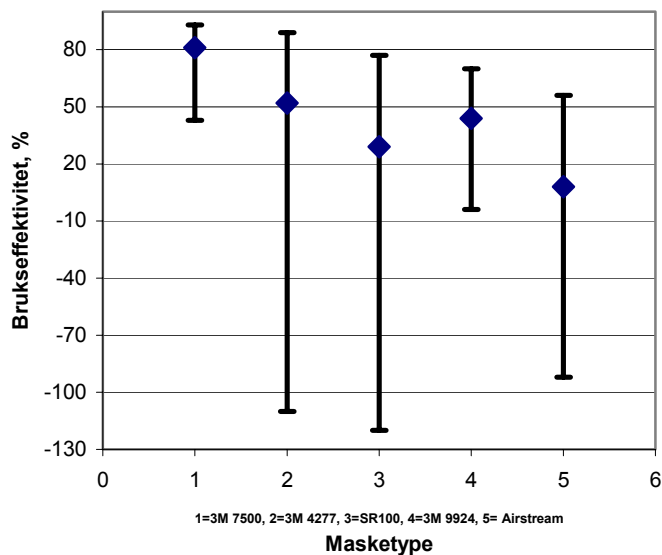


Fig. 46: Brukseffektivitet samanlikna med totalfluorid i den respirable fraksjonen, G.gj. og 95% KI



Som det kjem fram i tabell 4.8 er der statistisk signifikante forskjellar mellom P2 og P3 masker ved samanlikning både med inhalerbart og torakalt totalfluorid. Ved samanlikning med respirabelt totalfluorid er ikkje forskjellen statistisk signifikant.

Tabell 4.8: Geometrisk gjennomsnitt (G.gj.) med 95% konfidensintervall (KI) av totalfluorid i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  etter klassifisering. Brukseffektivitet i forhold til dei ulike helse-relaterte aerosolfraksjonane.

			Luftkonsentrasjon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Brukseffektivitet, %	
			Masketype		Masketype	
			P2	P3	P2	P3
			n=18	n=22		
Innanfor maske		G.gj.	55	42	-	-
		KI	31-98	18-96		
Utanfor maske	Inhalerbart	G.gj.	420	760	88 <sup>1</sup>	95 <sup>1</sup>
		KI	290-600	440-1300	79-92	89-97
	Torakalt	G.gj.	160	260	65 <sup>2</sup>	84 <sup>2</sup>
		KI	110-220	160-430	49-76	70-92
	Respirabelt	G.gj.	77	100	28	59
		KI	55-110	69-150	-12-54	22-78

<sup>1,2</sup> – Like tal i den heva skrifta fortel at dei geometriske gjennomsnitta er statistisk signifikant forskjellig frå kvarandre ved 0,05 nivå.

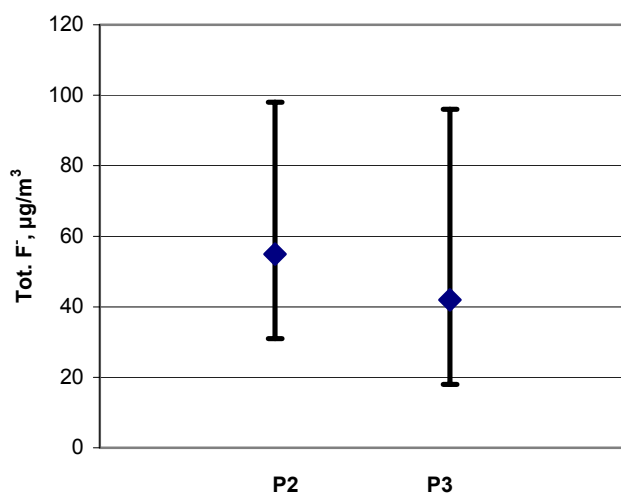


Fig. 47: Totalfluorid innanfor maska, G.gj. og 95% KI

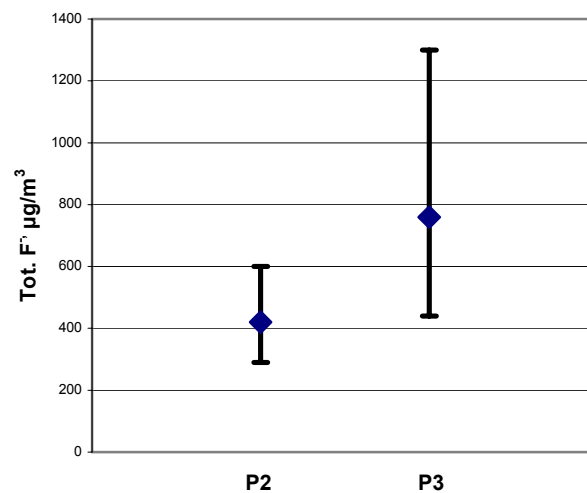


Fig. 48: Totalfluorid i den inhalerbare aerosolfraksjonen, G.gj. og 95%KI

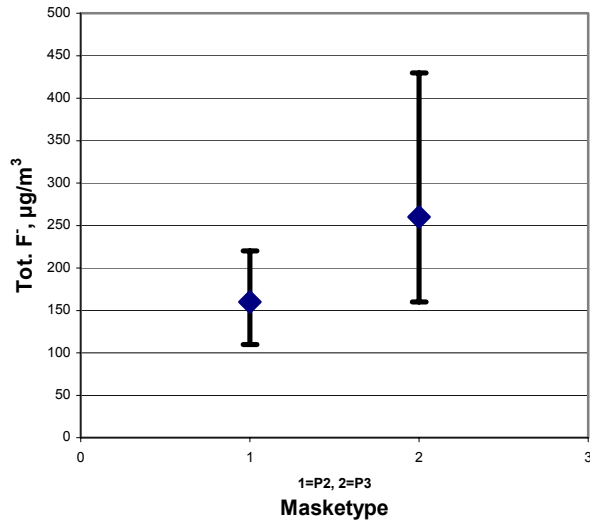


Fig. 49: Totalfluorid i den torakale aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI

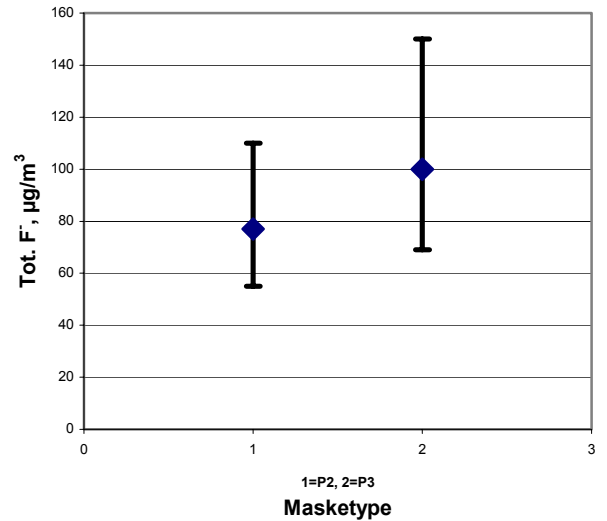


Fig. 50: Totalfluorid i den respirable aerosolfraksjonen, G.gj. og 95% KI

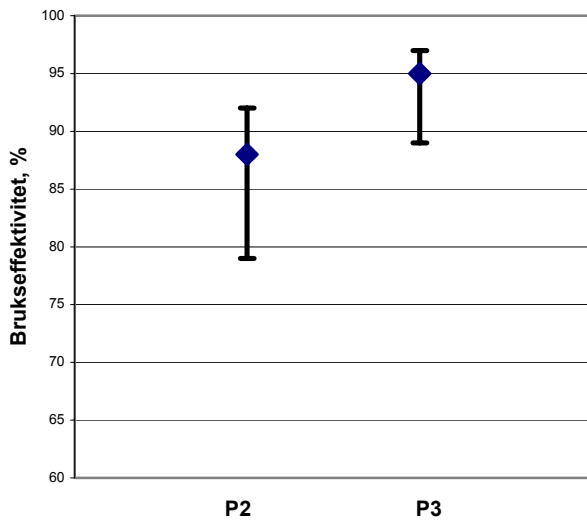


Fig. 51: Brukseffektivitet samanlikna med totalfluorid i den inhalerbare fraksjonen, G.gj. og 95% KI

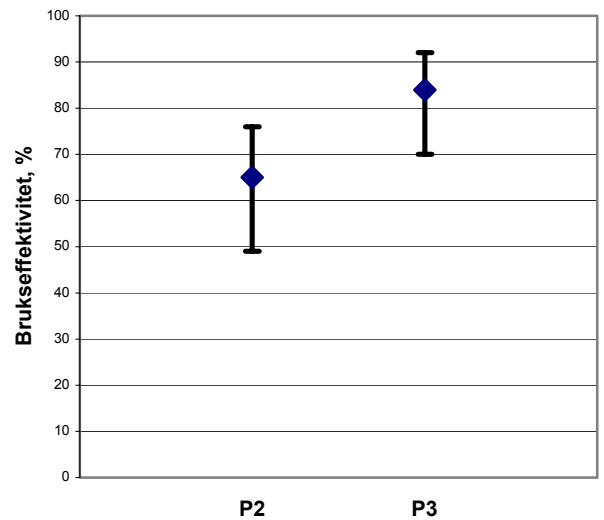


Fig. 52: Brukseffektivitet samanlikna med totalfluorid i den torakale fraksjonen, G.gj. og 95% KI

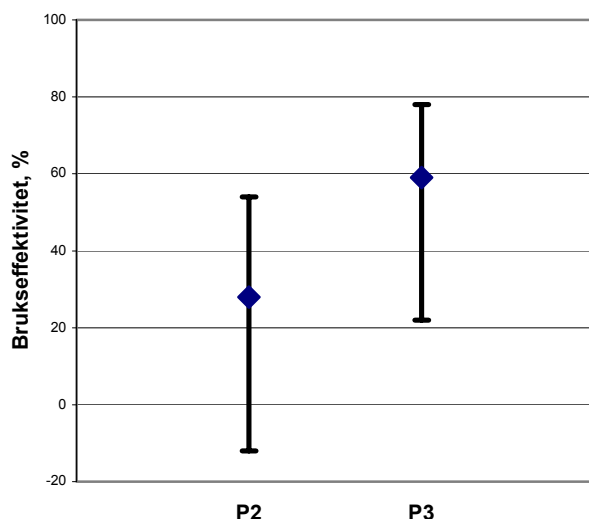


Fig. 53: Brukseffektivitet samanlikna med totalfluorid i den respirable fraksjonen, G.gj. og 95% KI

## 6 DISKUSJON

Samanlikning av støv innanfor maska med det inhalerbare støvet utanfor, viser at alle maskene har ein god brukseffektivitet. Ved samanlikning med torakal eller respirabel fraksjon viser resultatane at maskene har varierende brukseffektivitet. Trenden er at 3M 7500 maska har den beste brukseffektiviteten av dei maskene som er testa, medan Airstream viser eit noko lågare resultat.

P2 samanlikna mot P3 viser klare forskjellar mellom maskene uavhengig av kva aerosolfraksjon ein samanliknar med. Bruk av masker klassifisert som P3, gjev ein større grad av vern enn masker klassifisert som P2.

Prøvetakingsutstyr for prøvetaking på innsida av vernemaska var ikkje det same som ein har nytta på utsida. Det var fordi det ikkje er mogeleg å bruke prøvetakingsutstyr for dei helserelevante aerosolfraksjonane innanfor maska utan å øydelegge prøvetakingskarakteristika for desse typene aerosolprøvetakarar. Prøvetakaren Respicon er eit verktøy laga for å ta prøve av dei helserelevante aerosolfraksjonane, medan "totalstøv"-kassetten samlar ein mindre spesifikk aerosol. Studier har vist at "totalstøv"-kassetten samlar opp partiklar med ein oppsamlingseffektivitet nær den torakale aerosolfraksjonen. Ein kan derfor ikkje samanlikne dei ulike helserelevante aerosolfraksjonane direkte. Samanlikningane er difor gjort mellom funn innanfor maska mot dei ulike helserelevante aerosolfraksjonane som om dei skulle vere direkte samanliknelige.

Ei samanlikning med inhalerbar fraksjon vil vere ei samanlikning med den delen av aerosolen som ein kan tenkje seg at ein utan vernemaske ville kunne puste inn. Innafor maska har truleg partiklar ei anna partikkelstorleiksfordeling enn utanfor. Det kan difor vere meir riktig å samanlikne resultat frå innsida med torakal eller respirabel fraksjon.

I andre samanhengar kor det er nytta transport av aerosol gjennom ein slange, har deponering i slangen vist seg å vere minimal. Ei eventuell deponering i slagen vil kunne gje ein betre brukseffektivitet enn reelt, altså ei overestimering av brukseffektiviteten. Høge fastsetjingsgrenser for støv på filter gjer at ein har stor uvisse i samanlikninga der eksponeringsnivået er lavt (innanfor maska).

Samanlikning av gassar har stor uvisse grunna lave nivå både innanfor og utanfor maska. I kva grad gass vil adsorberast i fukten frå utandinga er ikkje kjent, men vil truleg kunne bidra til ei underestimering av nivået innanfor maska.

Fastsetjingsgrenser for fluorid er lågare enn grensene for fastsetjing av masser, uvissa i samanlikningane blir derfor minst når ein samanliknar fluoridverdiane og ikkje massane.

I utgangspunktet har ein teke prøver av 10 personar med dei ulike masketypane. Av årsaker som pumpestopp, filterfeil eller operatørfeil, har ein måtta forkasta nokre av prøvene.

Filtermaskene testa ved to ulike verk (Hydro Aluminium Karmøy og Hydro Aluminium Årdal). Brukseffektiviteten er derfor undersøkt ved ulike eksponeringsnivå og arbeidsoperasjonar.

Brukseffektivitet vil vere påverka av; kor godt maska er tilpassa, ansiktsform, bruksfrekvens, skjeggvekst og masketype. Og vil såleis vere eit mål for desse parametrane samla. Like masker vil derfor ha stor spreining i brukseffektivitet. Sidan ein har denne store spreinga, samt at talet på masker av kvar type var avgrensa, er denne studien å rekne som ei pilotstudie, der ein kan så trendar i talmaterialet.

## 7 KONKLUSJON

Spreinga i resultata viser at talmaterialet er for lite til å kunne trekkje klare og vitskapleg baserte konklusjonar. Dersom ein ynskjer det, må det gjerast ei større studie som tek omsyn til den store spreinga av resultata i designet. Resultat vil på tross av dette gje ein god indikasjon på brukseffektiviteten av dei utprøvde maskene.

Der er ein statistisk signifikant forskjell i brukseffektiviteten mellom gruppa P3-masker mot gruppa P2-masker for alle helserelevante aerosolfraksjonar av totalfluorid. Masker klassifisert som P3 har for dei målte parametrane generelt ein høgare brukseffektivitet enn masker klassifisert som P2.

For sure gassar (HF og SO<sub>2</sub>) var eksponeringsnivåa både utanfor innanfor maskene så lave og med så stor spreining at ein ikkje kan trekke konklusjonar.

Av alle maskene som er undersøkt, viser resultata ein tendens til at masketypen 3M 7500 viser høgast brukseffektivitet for dei målte parametrane. Typen Airstream viser generelt ein trend med noko lågare brukseffektivitet enn dei andre maskene.

Det viser seg at partikkelbunde fluorid (vassløseleg fluorid og totalfluorid) er dei beste parametane å vurdere brukseffektiviteten av vernemasker med.

## 8 REFERANSAR

- [1] Protokoll HAPPA-prosjektet
- [2] EN143
- [3] EN141:2000
- [4] EN405:2002
- [5] prEN140:1996
- [6] EN141:1990
- [7] EN149:2001
- [8] EN146
- [9] Respicon manual, versjon 3.0, desember 2000

## APPENDIKS

### Hovudtypar av gass-/dampfilter

Gass-/dampfilter finns i ulike typar og klasser. Typane er gjeve av bokstavkodar og fargekodar. Einskilde av filtra er kombinasjonsfilter, som dekker fleire typar. Klassene er gjeve med tall. Klasse 1 filter har mindre volum enn klasse 2 filter.

Bokstavkode	Bruk
A	Mot organiske dampar frå stoff med kokepunkt over 65°C, som spesifisert av produsenten.
B	Mot uorganiske gassar og dampar, som spesifisert av produsenten.
E	Mot sure gassar og dampar, som spesifisert av produsenten.
D	Maska er testa og møter tilleggskrava til støvmengde (clogging test) i standarden.

Klasse	Definisjon
1	Mot konsentrasjonar under 1000 ppm (0,1 vol.%). Konsentrasjonane må ikkje vere større enn 10x av stoffene sine administrative normer når filteret blir brukt i kombinasjon med halvmasker (frå 3M). Konsentrasjonane må ikkje vere større enn 200x stoffene sine administrative normer når filteret blir brukt i kombinasjon med heilmasker (frå 3M).
2	Mot konsentrasjonar under 5000 ppm (0,5 vol.%). Konsentrasjonane må ikkje vere større enn 10x av stoffene sine administrative normer når filteret blir brukt i kombinasjon med halvmasker (frå 3M). Konsentrasjonane må ikkje vere større enn 200x stoffene sine administrative normer når filteret blir brukt i kombinasjon med heilmasker (frå 3M).