



Foto: Dagfinn Kroslid, EA Lista

## **Eksponeeringskartlegging ved norske aluminiumverk**

-

### **Samlerapport for prosjektet: "Kartlegging av yrkeseksponering av betydning for utvikling av hallastma ved produksjon av primæraluminium" (HAPPA)**

Nils Petter Skaugset  
Hilde Notø  
Lars Jordbekken  
Elianne Seberg  
Dag G. Ellingsen  
Yngvar Thomassen



## Innholdsliste:

1. Samandrag	5
2. Abstract (på engelsk)	6
3. Konklusjonar	7
4. Bakgrunn	10
5. Målsetjingar	10
6. Definisjonar og forklaringar	11
6.1. Støv og aerosolfraksjonar	11
6.2. Helse relaterte aerosolfraksjonar	11
6.2.1. Inhalerbar aerosol fraksjon ( $f_{inh}$ )	12
6.2.2. Torakal aerosolfraksjon ( $f_{tor}$ )	12
6.2.3. Respirabel aerosolfraksjon ( $f_{res}$ )	12
6.2.4. Trakeobronkial aerosolfraksjon	13
6.2.5. Ekstratorakal aerosolfraksjon	13
7. Medverkande aluminiumverk	15
7.1. Elkem Aluminium Lista (EAL)	15
7.2. Elkem Aluminium Mosjøen (EAM)	15
7.3. Hydro Aluminium Karmøy (HAK)	15
7.4. Hydro Aluminium Årdal (HAA)	15
7.5. Hydro Aluminium Høyanger (HAH)	16
7.6. Sør-Norge Aluminium (SØRAL)	16
8. Prøvetaking	16
8.1. Prøvetakingsstrategi	16
8.2. Aerosolprøvetakarar	17
8.2.1. IOM	17
8.2.2. Respicon™ virtuell impaktor	17
8.2.3. Respirabel og torakal syklon	18
8.2.4. Direktevisande Respicon og Split 2	18
8.3. Gassprøvetakarar	19
8.3.1. Gassensorar	19
8.3.2. Gassfilter	19
9. Prøver samla med dei ulike prøvetakarane	20
10. Analysemetodar	22
10.1. Gravimetri	22
10.2. Fastsetjing av fluorid	23
10.2.1. Vassløseleg fluorid	23
10.2.2. Lutløseleg fluorid	23
10.2.3. Partikulært fluorid	23
10.2.4. Fluorid i gassform (HF) og SO <sub>2</sub>	23
10.2.5. Totalfluorid	24
11. Instrumentering	24
12. Kvalitetssikring	24
13. Resultat og diskusjon	24
13.1. Fastsetjing av helse relatert aerosol fraksjonar med ulike prøvetakarar	25
13.1.1. Respicon og IOM	25
13.1.2. Gassar	30
13.2. Samanlikning av ulike prøvetakar	34
13.3. Tidsoppløyst eksponering	36
13.3.1. Direktevisande målingar av SO <sub>2</sub>	36
13.3.2. Direktevisande målingar av aerosolar	41

13.4. Personvariasjon av eksponering	44
14. Effektiviteten av verneutstyr ved bruk	46
15. Ultrafine partiklar	47
16. Tilrådingar for framtidige eksponeringsmålingar	47
17. Referansar	53
18. Appendiks	55
18.1. Resultat fordelt på verk	55
18.2. Resultat fordelt på arbeidsstad	59
18.3. Resultat frå EAL januar 2003	62
18.4. Resultat frå EAL mars 2004	66
18.5. Resultat frå EAM februar 2003	70
18.6. Resultat frå SØRAL mars 2003	73
18.7. Resultat frå HAK mars/april 2003	76
18.8. Resultat frå HAA september 2003	80
18.9. Resultat frå HAH oktober 2003	85

## 1. Samandrag

I 2003 vart det gjennomført arbeidsmiljømålingar for utvalte arbeidsoperasjonar ved 6 av dei 7 norske aluminiumverka. For betre å kunne forstå den komplekse arbeidsatmosfæren i smeltehallane, som lengda på og variasjonen av forureiningar i innandingslufta, må ein bruke nye prøvetakingsstrategiar. Dette medfører bruk av aerosolprøvetakarar for dei helserelaterte aerosolfraksjonane. Personleg eksponering av 1037 skiftmålingar vart gjennomført. For HF og SO<sub>2</sub> vart det samla inn 854 prøver, for Respicon 1032, for IOM-prøvetakaren 864, for torakal sykklon 156 og for respirabel sykklon 88 prøver.

Prøvetakingsstrategien i prosjektet fokuserte på målingar av total- og vassløyeseleg-fluorid i dei respirable/torakale/inhalerbare fraksjonane, HF og SO<sub>2</sub>. For aerosolar og SO<sub>2</sub> vart det i tillegg nytta direktevisande instrument for å skaffe kunnskap om variasjonen i eksponeringa.

Den gjennomsnittlege personlege eksponeringa i hallar med prebake var statistisk sikkert ( $p < 0,05$ ) høgare enn den gjennomsnittlege eksponeringa i hallar med Søderberg. Resultata viser at mesteparten av det totale fluoridet er partikulært fluorid, med eit mindre bidrag frå gassformig HF (mindre enn 12 % av totalfluorid i prebake og mindre enn 20 % i Søderberg).

For både prebake- og Søderberghallar kjem det største bidraget til eksponeringa frå kortvarige episodar med høg eksponering. Tradisjonelle prøvetakingsstrategiar med bruka av tidsvege gjennomsnitt, kan føre til at dette blir oversett. Kontinuerleg overvaking av SO<sub>2</sub> over 597 arbeidsskift viser at ein oppnår 90 % av den samla eksponeringa over skiftet i løpet av 6 % av skifttida. For aerosolar ( $n=43$ ) oppnår ein 90 % av den kumulative eksponeringa i løpet av 49 % av skifttida for den respirable aerosolen, 44 % av skifttida for den torakale aerosolen og 36 % av skifttida for den inhalerbare aerosolen. Sidan mesteparten av eksponeringa kjem i løpet av desse episodane er det viktig å identifisere samanhengen mellom desse episodane, arbeidsoppgåver og utføring av arbeidsoppgåver for å finne optimale løysningar.

Ein test av brukseffektiviteten for vernemasker viste meir enn 95 % brukseffektivitet for vernemasker klassifisert med partikkelkarakterisering P3 (dei fleste brukar masker klassifisert som P3) samanlikna med den inhalerbare aerosolen utanfor maska.

Mengda ultrafine partiklar ( $d < 100$  nm) vart undersøkt under anodeskift. Resultata viser at talet på ultrafine partiklar auka frå omlag  $1 \cdot 10^5/\text{cm}^3$  til omlag  $1 \cdot 10^7/\text{cm}^3$  under denne arbeidsoperasjonen.

I framtida bør industrien fokusere på den aerosolfraksjonen som trenger forbi strupehovudet; den torakale aerosolfraksjonen. For rutinemålingar bør bruk av torakal sykklon med oppsamling av gassane HF og SO<sub>2</sub> vere fullgodt. Ein god måte for vidare å kunne undersøkje episodane med høge konsentrasjonar er å bruke direktevisande instrument saman med videofilming av det arbeidet som blir utført. Til dette kan ein t.d. nytte verktøyet PIMEX (Picture Mixed Exposure).

## 2. Abstract (på engelsk)

In 2003 the HAPPA-project started with collection of personal exposure measurements in 6 of the 7 Norwegian Aluminum smelters. To better understand the complex workroom air composition in smelter potrooms and the spatial and temporal variability in worker's exposure, new air monitoring strategies with the use of aerosol samplers for the health related aerosol fractions were required. Personal exposure of 1037 personal shift measurements were monitored. For HF and SO<sub>2</sub> both 854 samples, for Respicon 1032, for the IOM-sampler 864, for thoracic cyclone 156 and for respirabel cyclone 88 samples were collected.

The monitoring strategy in this project has focused on the measurements of total and water-soluble fluorides in respirable/thoracic/inhalable fractions, HF and SO<sub>2</sub>, and the use of direct reading instruments for SO<sub>2</sub> and aerosols for obtaining information about exposure variability.

The personal exposure in Prebake potrooms were significantly ( $p < 0,05$ ) higher than the mean exposure in Söderberg potrooms, with the only exception being HF, where the highest mean levels were found in Söderberg. Results are showing that total fluorides are mainly particulate fluorides, with only a small contribution of gaseous HF (less than 12% of the total fluorides in prebake and less than 20% in Söderberg).

For both Prebake and Söderberg, the main contribution to the occupational exposure in this industry is caused by episodes, typically short timed and with high concentrations. Traditional sampling procedures using time weight averages completely suppress this information. Continuous monitoring of SO<sub>2</sub> during 597 work shifts showed that 90% of the cumulative exposure was on average reached within 6% of the work hour. For aerosols (n=43) 90% of the cumulative exposure was on average reached within 49%, 44 % or 36 % of the working hour for the respirable, thoracic and inhalable fractions, respectively. Most of the exposure during a work shift is due to these peaks. It is therefore of great importance to identify the connection between working operation parameters and working procedure in order to obtain the best work practice.

A test of personal protection masks showed more than 95 % efficiency of the masks classified as P3 (the most used types) compared to the inhalable aerosol measured outside the masks.

Ultrafine particles were investigated during anode change, and during this work task the number of ultrafine particles increased from  $1 \cdot 10^5/\text{cm}^3$  to  $1 \cdot 10^7/\text{cm}^3$ .

In the future the industry should focus on the aerosol fraction penetrating below the larynx; i.e. the thoracic aerosol fraction. For routine measurements the use of a thoracic cyclone with additional collection of HF/SO<sub>2</sub> should be satisfactory. In order to investigate the nature of the high concentration episodes the use of direct reading instruments and PIMEX (Picture Mixed Exposure) with video recording of the worker could to be a good way to address the challenge of episode exposure.

### 3. Konklusjonar

Prosjektet har gjennomført personlege arbeidsmiljømålingar ved alle dei 7 norske aluminiumproduserande verka. Resultata i denne rapporten er frå 6 av dei norske verka, og gjev eit bilete av eksponeringa for dei forureiningane som er blitt fastsett.

Dei forureiningane som har blitt kvantifisert er helserelevante aerosolfraksjonar og gassane SO<sub>2</sub> og HF. I tillegg er mengda av partikulært fluorid og mengda vassløselege fluorid kvantifisert i dei ulike aerosolfraksjonane.

Samla sett viser resultata at for alle forureiningane som vart kartlagt i denne prøvetakingsperioden, med unntak av gassformig HF, var det statistisk signifikant ( $p < 0,05$ ) høgare personeksponering i prebakehallane enn i Søderberghallane. For HF var det gjennomsnittleg høgare personeksponering i Søderberghallane.

#### **Variasjon i eksponeringa frå dag til dag for same person og mellom personar:**

Variasjonar i den torakale aerosolfraksjonen (GM, geometrisk middelværdi) frå Respiconmålingane vart brukt til å studere variasjonen i eksponeringa mellom personar og samanlikne med dag til dag variasjonen i eksponeringa for same person. Resultata viser at variasjonen for ein arbeiddar innan ein gjeven jobbkategori frå dag til dag var større enn variasjonen mellom ulike arbeiddarar innan same jobbkategori.

Det er viktig at ein i framtida nyttar personlege arbeidsmiljømålingar for å forsikre seg om at nye tekniske løysningar og endringar i arbeidsrutinar også har ein positiv effekt på eksponeringsnivåa for dei ulike arbeidsoperasjonane.

#### **Samanlikning av aerosoleksponering målt med ulike prøvetakarar:**

Målt med IOM varierer den geometriske middelværdien for inhalerbar aerosol frå 1 000 µg/m<sup>3</sup> til 4 700 µg/m<sup>3</sup> avhengig av verk. Når ein måler den same aerosolfraksjonen med Respicon er verdien lågare, truleg kan dette forklarast med at oppsamlingseffektiviteten til Respicon ikkje er god nok for den grovaste delen av den inhalerbare aerosolen (den ekstratorakale aerosolfraksjonen). Det at ein i feltstudium ikkje er garantert at begge prøvetakarane er utsett for den same forureina fordi dei er lokalisert på litt forskjellige plassar i innandingssona kan gje bidrag til forskjell mellom målte verdiar. Den inhalerbare aerosolfraksjonen varierer frå 1 300 µg/m<sup>3</sup> til 4 000 µg/m<sup>3</sup> når ein nyttar Respicon som prøvetakar

For alle verk (målt med Respicon) er meir enn 60 % av den inhalerbare aerosolmassen i den grovaste delen av aerosolen, altså den ekstratorakale fraksjonen. Dette viser at størstedelen av aerosolmassen i innandingssona blir avsett i dei øvre luftvegane ovanfor strupehovudet. 40 % av den inhalerbare aerosolen kan passere forbi strupehovudet. Det er denne fraksjonen ein meiner er viktigast for utvikling av yrkessjukdomen astma/hallastma.

#### **Eksponering for fluorid:**

Nivåa på eksponeringa for partikulært inhalerbart fluorid viser store forskjellar mellom dei ulike verka, men den prosentvise fordelinga mellom dei ulike helserelevante fraksjonane (respirabel, torakal og inhalerbar) er relativt lik. Totalfluorid er her summen av inhalerbart partikulært fluorid (målt med Respicon) og gassformig fluorid samla opp på impregnerte filter. Spreiinga av resultata for totalfluorid mellom verka er stor. Resultata for HF viser at mengdene er små

samanlikna med mengda partikulært fluorid. Største bidraget til fluorideksponering kjem derfor frå dei partikulære aerosolfraksjonane og ikkje frå gass (HF).

Vidare kan man konkludere med at for den torakale fraksjonen (den delen av aerosolen som blir avsett nedanfor strupehovudet) viser resultata at mesteparten (70%) av det vassløyselege fluoridet kjem frå 40 % av den inhalerbare aerosolmassen. Med andre ord dess mindre partiklane er, dess større del av massen er fluorid.

### **Målingar med direktevisande utstyr og kortvarige høge eksponeringar:**

Ved bruka av direktevisande prøvetakingsutstyr vart det ved fleire høve i løpet av dei ulike prøvetakingsperiodane målt høge eksponeringar for aerosolar og gassar. Ei utfordringane i denne industrien er å få ned talet og nivåa på desse episodane. Dette gjeld både for aerosol og for gassar. Kortvarige episodar er ofte knytt til spesielle arbeidssituasjonar/oppgåver. Det er vist at det var dei kortvarige eksponeringsepisodane som utgjorde størstedelen av den gjennomsnittlege eksponeringa både for aerosolar og gassen SO<sub>2</sub>.

For direktevisande målingar av SO<sub>2</sub> viste gjennomsnittet (GM, frå n=595) at 50 % av den samla eksponeringa på skiftet for SO<sub>2</sub> skjer i løpet av 1,6 % av tida på skiftet (omlag 8 min. av eit heilt arbeidsskift). Medan den tilsavande tida for 90% av den samla eksponeringa på skiftet var på 27 min. av eit arbeidsskift (5,6 %).

### **Undersøking av vernemasker:**

Effektiviteten av fem ulike vernemasker vart undersøkt. Av desse viste dei med partikkelklassifisering P3 ein god oppsamlingseffektivitet (> 95 % basert på mengda av inhalerbar aerosol utanfor maska) ved dei forureiningsnivåa som var i hallane ved utprøvinga.

### **Ultrafine partiklar:**

Ultrafine partiklar (d<100 nm) var tilstades i dei hallane der det vart undersøkt. Desse partiklane dannast ved kondensasjon like over det flytande elektrolysebadet. Undersøkinga av ultrafine partiklar var avgrensa, men resultata viste forskjell mellom Søderberg-og prebaketeknologien, både med omsyn på talet av partiklar og partikkelstorleiksfordeling.

Samanlikna med det generelle nivået i ein prebakehall auka talet på ultrafine partiklar under anodeskift (frå 1\*10<sup>5</sup>/cm<sup>3</sup> til 1\*10<sup>7</sup>/cm<sup>3</sup>). Desse eksponeringsmålingane for ultrafine partiklar må sjåast på som eit pilotstudium. Talet på målingar og talet på undersøkte plassar er for lite til å kunne trekke meir sikre konklusjonar. Vidare arbeid er derfor nødvendig for å kunne seie noko meir om eksponeringa for ultrafine partiklar.

### **Tilrådingar for framtidige eksponeringsmålingar:**

Eksponeringsmålingar for vurdering av forureinar i arbeidsmiljøet i primær aluminiumindustri, med spesielt fokus på å førebygge astma og andre yrkesrelaterte luftvegslidingar må baserast på personleg prøvetaking. Dette i motsetning til stasjonære målingar.

Med bakgrunn i ynskje om å modernisere arbeidsmiljømålingar i aluminiumindustrien og med spesielt fokus på astmaproblematikken anbefalast det fyrst og fremst å



fokusere på forureiningskomponentar som kan penetrere til det **torakale** området i luftvegane (Vincent, 1995).

Bruk av direktevisande utstyr bør nyttast så mykje som mulig ettersom slikt prøvetakingsutstyr og vil vere til god hjelp for å kunne jobbe meir effektivt med kontinuerlege forbetringar av arbeidsmiljøet.

Eit tilrådt overvakingsprogram bør også være rasjonelt og helst minst mogeleg ressurskrevjande. Prøvetakarar for simultan prøvetaking av aerosolar og gassar er tilgjengeleg kommersielt.

Dette medfører at i denne industrien bør eksponeringsmålingar av den torakale aerosolfraksjonen og gassane SO<sub>2</sub> og HF, inkluderast i dei framtidige rutineovervakingsprogramma ved alle verka.

## 4. Bakgrunn

Frå norsk aluminiumindustri blir det stadig rapportert inn til Arbeidstilsynet om tilfeller av hallastma og andre luftvegslidingar (ref: [www.ams-aluminium.no/html/yrkessykdommer.html](http://www.ams-aluminium.no/html/yrkessykdommer.html)). Noko eksakt årsak til utviklinga av hallastma er til no ikkje kjent, men mange forureiningar er identifisert i arbeidsatmosfæren. I aerosolen (støvet) er det funnet m.a. flyktige polysykliske aromatiske hydrokarbonar (PAH), aluminium, aluminiumoksid, fluorid- og berylliumsambindingar, medan hydrogenfluorid og svoveldioksid er kjente gassar. Direktoratet for arbeidstilsynet foreslo i 2003 at normlista skulle innehalde ei ny normvurdering for hydrogenfluorid og for partikulært fluorid i arbeidsatmosfære. Aluminiumindustrien i Noreg ved Aluminiumindustriens Miljøsekretariat (AMS) og Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) viste til manglande eksponeringsdata, og foreslo ei utsetjing av revisjonen for desse stoffa i 3 - 5 år. Dette forslaget vart vedteke av styret for Direktoratet for arbeidstilsynet.

Den føreslåtte revisjonen av administrative normene for HF og fluorid, den mogeleg samanhengen mellom fluorideksponering og hallastma samt at industrien mangla informasjon om fluorideksponeringa målt med prøvetakingsutstyr som fylgjer dei helserelaterte aerosolfraksjonane, gjorde at dette prosjektet, kalla HAPPA-prosjektet vart starta i 2002.

## 5. Målsetjingar

Dette er målsetjingane for prosjektet tatt frå protokollen.

- Bruke nytt monitoreringsprogram på verka ved Lista, Husnes, Karmøy, Årdal, Høyanger og Mosjøen:
  - Val av prøvetakingsstrategi
  - Utarbeide monitoreringsprogram for norsk aluminiumindustri
  - Bruke moderne utstyr for å kartlegge kva for eksponeringsfaktorar som kan ha noko å seie for førekomst og utvikling av luftvegslidingar
  - Variabiliteten av aerosoleksponeringa skal undersøkast ved bruk av berbart direktevisande utstyr (Split 2 og Respicon)
  - Eksponering for støv skal undersøkjast ved bruk av utstyr for fastsetjing av respirabel, torakal og inhalerbar fraksjon
  - Eksponering for HF og SO<sub>2</sub> målast (monitorerast) parallelt med aerosoleksponering. Intensiteten av SO<sub>2</sub> vert fastsett med berbare gass-sensarar
  - Undersøkje innverknad av teknologi og driftsparametrar for yrkeseksponering i elektrolysehallane
  - Fastsetjing av totalmasse, vassløselige fluorid, partikulært fluorid og totalfluorid (gassformig og partikulært fluorid) i de ulike aerosolfraksjonane (respirabel, torakal og inhalerbar)
  - Tilbakemelding til styret i AMS og til dei deltakande verka, med utarbeiding av verksspesifikke delrapportar
- Avklare om fritt eksisterande nanopartiklar er ei aktuell problemstilling nær badsmelta i hallene
  - Eventuelt fastsetje eksponeringa for desse nanopartiklane
- Undersøkje effektiviteten av personleg verneutstyr ved bruk, med spesielt fokus på effektivitet i bruk og filtreringseffektiviteten av nanopartiklar

- Sluttrapportering og vitenskapleg publisering

## 6. Definisjonar og forklaringar

### 6.1. Støv og aerosolfraksjonar

Ein **aerosol** er definert som eit kva som helst disperst system av væske- eller fast fase partiklar løyst i ein gass (J.H.Vincent, 1995). Med andre ord alle partiklar, i væske eller fast form som eksisterer i lufta (eller i ei anna gassblanding). Eksemplar på naturleg danna aerosolar er t.d. snøstorm, skya etter eit vulkansk utbrot, tåke, og vanlige skyer. Sopp, virus og bakteriar i luft blir også rekna som naturleg førekomande aerosolar, medan lufta i ein fabrikkhall vil være ein menneskeskapt aerosol.

Det som vert kalla **støv** er eigentlig definert som ein aerosol av berre faste partiklar som ved mekanisk nedbrytning har fått ein partikkelstorleik frå sub- $\mu\text{m}$  til  $100\mu\text{m}$  (JEM, 2005,7,411-415). Partiklar i væskefase inngår ikkje i det vi vanlegvis kallar støv til forskjell frå ein aerosol som kan innehalde både faste partiklar og partiklar i væskeform.

**Totalstøv** er eit omgrep som er innarbeida i sambande med arbeidsmiljømålingar. For mange er det noko som man måler med ein såkalla totalstøvkasset. Dette er kassetten som tradisjonelt blir brukt i dei fleste eksponeringsmålingane, også i aluminiumindustrien.

Denne kassetten har vore mye brukt og er framleis i bruk når ein skal gjere arbeidsmiljømålingar. Med totalstøv meiner ein ofte alt partikulært materiale som kan tenkast å haldast svevande i luft (luftborne partiklar). Mange typar prøvetakarar har vært konstruert for å samle opp totalstøv og nokre av dei er framleis i utstrakt bruk. Det har i ettertid vist seg at oppsamlingskarakteristikken til dei forskjellige prøvetakarane varierar mykje, noe som førte til ulike resultat av målingar utført i same atmosfære.

I mange land tilrår ein framleis at "totalstøv" skal fastsetjast som ein mål for eksponering. I dag er mange norske administrative normene basert på bruk av "totalstøvkassetten".

**PM<sub>10</sub>** - nyttast ofte i aerosolmålingar i det ytre miljøet og er definert som ein underfraksjon av totalaerosol. Den har ein 50 % "cut-off" ved  $d_{ae}=10\ \mu\text{m}$ . Prøvetakarane nytta til PM<sub>10</sub> -målingar er konstruert slik at de utelèt de fleste partiklar over  $10\ \mu\text{m}$ . Dette gjer at kurvene for PM<sub>10</sub> og torakal fraksjon er nesten identiske opp til  $10\ \mu\text{m}$ , men deretter marginalt forskjellige (JEM), 2005,7,411-415.

### 6.2. Helserelaterte aerosolfraksjonar

I starten av 1970-åra byrja ein å sjå på menneskehovudet som ein prøvetakar, og med det vart fokuset endra frå å sjå på alle partiklar som er i lufta til å sjå på dei partiklane som det er mogleg å puste inn (inhalere) gjennom nase og munn. Ut frå eksperiment vart det funne at inhalasjonseffektiviteten til ein partikkel kunne forklarast ut frå den aerodynamiske diameteren ( $d_{ae}$ ) til den individuelle partiklen. Desse arbeida kuliminerte i midten av 1990-talet med ei internasjonal eining om eit sett harmoniserte tilrådingar som involverte International Standards Organisation

(ISO), Comité Européen de Normalisation (CEN) og American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Disse organisasjonane identifiserte tre kurvar som representerer helserelevante aerosolfraksjonar; kvar av kurvene definerer kva krav som skal stillast til oppsamlingseffektiviteten til ein luftprøvetakar som funksjon av aerodynamisk diameter for ein representativ arbeider. Desse tre fraksjonane er alle identifiserte med bakgrunn i aerosolfysikk og lungefysiologi. Fig. 6.1 viser oppsamlingseffektiviteten i prosent for dei ulike helserelevante aerosolfraksjonane. I fig. 6.2 er det gjeve ei skisse over kvar i luftvegane ein får avsett dei ulike aerosolfraksjonane.

### **6.2.1. Inhalerbar aerosol fraksjon ( $f_{inh}$ )**

Den fraksjonen/delen av den totale mengda partiklar i lufta (både faste og væske partiklar) som kjem inn i kroppen gjennom nase og/eller munn ved pusting. Den aerodynamiske diameteren er mindre eller lik  $100\ \mu\text{m}$ .

Denne fraksjonen er viktig for helseeffektar i alle stadar av respirasjonssystemet, som t.d. ved rhinitis, kreft i nase og lunge og andre luftvegslidingar.

### **6.2.2. Torakal aerosolfraksjon ( $f_{tor}$ )**

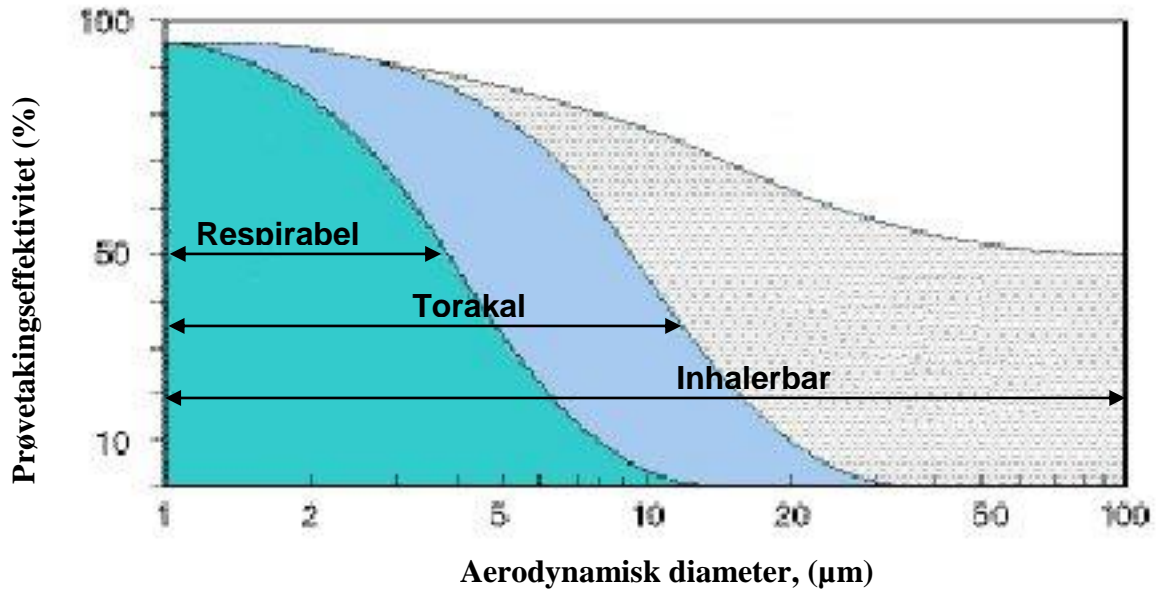
Denne fraksjonen inneheld partiklar som kan avsettast nedanfor strupehovudet (larynx) dvs. at dei trenger inn i den trakeobronkiale delen av lungene. Denne fraksjonen er viktig når det gjelde helseeffektar som astma, obstruktive lungelidingar (OLS og kroniske; KOLS), bronkitt og lungekreft. Partikkelstorleiken tilsvarer fraksjonen av den inhalerbar aerosolen som har eit 50 % "cut-off" ved ein aerodynamisk diameter på  $10\ \mu\text{m}$  og 1 % "cut-off" ved  $d_{ae} = 28\ \mu\text{m}$ .

### **6.2.3. Respirabel aerosolfraksjon ( $f_{res}$ )**

Denne fraksjonen inneheld dei partiklane som trenger inn i den alveolære delen av lungene, dvs. til bronkiar og alveolære blærer og kanalar. Fraksjonen er viktig ved t.d. utvikling av kroniske sjukdommar som emfysem og støvlungesjukdommar.

Partikkelstorleiken svarer til 50 % "cut-off" ved ein  $d_{ae} = 4\ \mu\text{m}$  og 1 % "cut-off" ved  $d_{ae} = 10\ \mu\text{m}$  for inhalerbar aerosol.

Torakal og respirabel aerosolfraksjon er begge underfraksjoner av den inhalerbare fraksjonen.



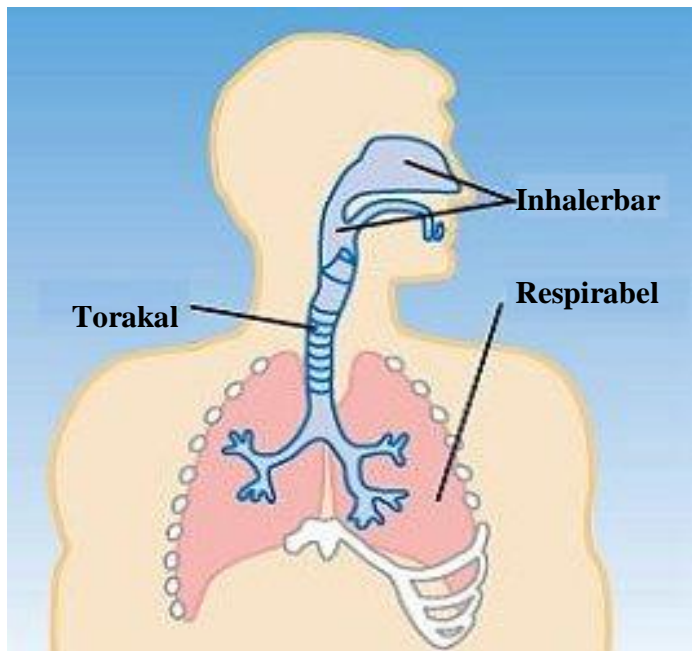
Figur 6.1. Kurver som viser respirabel- og torakal aerosolfraksjon som funksjon av aerodynamiske diameter, og som underfraksjon av inhalerbar fraksjon, NS-EN 481.

#### 6.2.4. Trakeobronkial aerosolfraksjon

Differansen mellom torakal og respirabel aerosolfraksjon. Filter nr. 2 i respiconprøvetakaren samler opp denne fraksjonen. Den består av partiklar som blir avsett nedanfor strupehovudet, men ikkje så langt ned som til den alveolære delen av lungene.

#### 6.2.5. Ekstratorakal aerosolfraksjon

Denne fraksjonen er differansen mellom inhalerbar og torakal aerosolfraksjon (blir samla opp av filter nr. 3 i respiconprøvetakaren). Dette er fraksjonen med den største partikkelstorleiken av den inhalerbare aerosolen og den avsettes derfor i dei øvre luftvegane (nase/munn).



**Figur 6.2: Skisse over luftvegane med plassering av dei ulike helserelaterte regionane av luftvegssystemet.**

Med utgangspunkt i desse kriteria tilrår mellom andre Direktoratet for arbeidstilsynet (2002) i si orientering; 450 "Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske stoff og biologiske forurensingar i arbeidsatmosfære" at ein må ta omsyn til desse fraksjonane med tanke på vurdering av helsefare, og velje prøvetakingsutstyr som oppfyller krava til oppsamlingseffektivitet for dei ulike fraksjonane. Det er difor naturleg og føremålstenleg at ei grunnleggjande kartlegging av eksponeringshøva i elektrolysehallane i aluminiumindustrien fokuserar på alle desse tre helserelaterte aerosolfraksjonane.

## 7. Medverkande aluminiumverk

Aluminiumindustriens miljøsekretariat (AMS) er eit partsamansett samarbeidsorgan for nordiske primæraluminiumverk med 11 medlemsverk. I prosjektet har det vore gjort målingar ved 6 av dei 7 norske verka.

### 7.1. Elkem Aluminium Lista (EAL)

Verket har tre hallar, alle med søderbergteknologi. Felles for dei tre hallane er bruk av sekundærøksid og bruk av primærøksid berre i spesielle tilfeller.

Hall 1: Søderberg med punktmatning (også kalla ny Søderberg).

Hall 2: Søderberg med punktmatning. Forhøgd mantel på halve hallen.

Hall 3: Søderberg med punktmatning og anodetoppdeksel (anodeavsug). Eige reinseanlegg for anodegass.

Dei gjer yrkeshygieniske rutinemålingar på dei fleste av arbeidsoperasjonane.

### 7.2. Elkem Aluminium Mosjøen (EAM)

Verket har fire hallar, alle med prebaketeknologi. Felles for dei fire hallane er bruk av sekundærøksid. Har blitt ombygd frå Søderberg til prebake.

Der er yrkeshygieniske rutinemålingar av: omnspassar, boltetrekkar, tappar, avviksgruppe, målar/drift/service, brennarsotar, digelverkstadsoperatør, dagoperatør gassreins, gasskappeskiftar, katodeverkstad, støypeoperatør, massefabrikkoperatør, kranreparatør/revisjon.

### 7.3. Hydro Aluminium Karmøy (HAK)

Verket har seks hallar, to med søderbergteknologi og fire med prebaketeknologi. Felles for alle seks hallane er bruk av sekundærøksid.

Hall A/B: Søderberg med punktmatning

Hall C/D/E/F: Prebake

Der er rutine på arbeidsmiljømålingar av: cellepassar, køyretøyoperatør, anodeskifting, tapping, digelrom, anodetransport.

### 7.4. Hydro Aluminium Årdal (HAA)

Verket har fem hallar, to med søderbergteknologi og tre med prebaketeknologi. I prebakehallane blir det brukt sekundærøksid, medan ein i Søderberghallane nyttar primærøksid.

Hall A/B/C: Prebake

Hall E/F: Søderberg med punktmatning

Der er rutine på arbeidsmiljømålingar av: cellepassar, køyretøyoperatør, anodeskifting, tapping, digelrom, anodetransport.

## 7.5. Hydro Aluminium Høyanger (HAH)

Verket har to hallar, ein med Søderberg- og ein med prebaketeknologi. I prebakehallen brukar dei sekundærøksid medan primærøksid i Søderberghallen.

Hall A: Prebake  
Hall C: Søderberg med punktmating/knivmating

Der er rutine på arbeidsmiljømålingar av: kranførar, golvarbeidar, truckførar, tappar, feiar, driftsmålar, brikettkøyrar, omnspassar, boltetrekkar, oksidkøyrar.

## 7.6. Sør-Norge Aluminium (SØRAL)

Verket har to hallar, begge med prebaketeknologi. Det blir nytta sekundærøksid.

Det blir utført regelmessige arbeidsmiljømålingar på: Omnspassar, kolskiftar, koordinator, RR-operatør, arbeidsleiar, stampar.

# 8. Prøvetaking

## 8.1. Prøvetakingsstrategi

Etter protokollen skulle ein ta prøver på 10 personar på kvart skift. Det skulle gjerast målingar ved formiddags- og ettermiddagsskifta i 5 påfølgjande dagar for kvar hall. Dette gjer at ein teoretisk skulle kunne måle:

1 000 aerosolprøver med Respicon, der 50 er tidsoppløyste målingar med Respicon  
1 000 inhalerbare aerosolprøver med IOM  
100 respirable aerosolprøver med respirabel sykklon  
100 torakale aerosolprøver med torakal sykklon  
1 000 SO<sub>2</sub> prøver på filter  
1 000 HF prøver på filter  
600 SO<sub>2</sub> prøver med tidsoppløyst signal med dataloggar  
300 NO<sub>2</sub> prøver med tidsoppløyst signal med dataloggar



## 8.2. Aerosolprøvetakarar

### 8.2.1. IOM

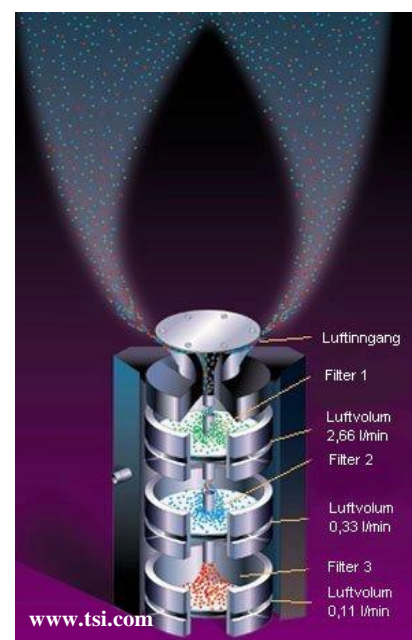
IOM-prøvetakaren er utvikla ved Institute of Occupational Medicine i Edinburg og er konstruert som ein personlig prøvetakar for inhalerbar aerosol (Mark og Vincent, 1986). Den nyttar 25 mm filter og skal ha ein luftgjennomstrømmingsfart på 2 L/min. Testing i vindtunnel og i felt har vist at den fylgjer kurva for inhalerbar aerosol vist i figur 6.1. Ulempa med denne prøvetakaren er at den er noe utsett for sprut/punktstøving, kjensleg for vindretning og vindhastighet over et visst nivå, og den måler berre den inhalerbare aerosolfraksjonen.



Figur 8.1. Ein arbeidstakar påmontert utstyr

### 8.2.2. Respicon™ virtuell impaktor

Prøvetakaren samlar opp aerosol på tre filter med diameter på 37 mm, som gjer det mogeleg å fastsetje dei helserelevante (respirable, torakale og inhalerbare) aerosolfraksjonane. Total luftstraum gjennom prøvetakaren skal vere 3,11 L/min, og ulik luftstraum gjennom kvart filtersteg og utforming av impaktoren gjer at aerosol med kjent aerodynamisk diameter blir samla opp på dei ulike filtra. Respirabel aerosol blir samla opp på filter 1, trakeobronkial på filter 2 og ekstratorakal fraksjon på filter 3. Respicon (fig. 8.2) er testa ut som ein stasjonær prøvetakar til å fylgje kriteria for inhalerbar aerosol (Li et al., 2000). Det er vist i t.d. nikkelindustrien på Kola (Russland) at Respicon kan nyttast som



Figur 8.2. Respiconprøvetakar

ein personleg prøvetakar dersom ein brukar ein korreksjonsfaktor for den ekstratorakale fraksjonen (Koch, et al., 2002). Ein slik korreksjonsfaktor må etablerast for den spesifikke industrien, fordi fordelinga mellom dei ulike partikkelstorleikane kan vere forskjellig mellom ulike industriar. Prosjektet må derfor ta parallelle prøver med Respicon og IOM for å finne ein riktig korreksjonsfaktor for aluminiumindustrien.

### **8.2.3. Respirabel og torakal syklon**

Syklonar er ein annen type prøvetakingsutstyr som baserer seg på å dele aerosolen i forskjellige partikkelstorleik ved hjelp av sentrifugalkrefter i motsetning til de fleste andre prøvetakarar som nyttar gravitasjonskrafta. To typar syklonar er nytta . Den eine er berekna for respirabel aerosolfraksjon (SKC, UK) med et filter på 25 mm og ein luftgjennomstrømningsfart på 2,2 L/min. Den andre for torakal aerosolfraksjon (BGI, USA) har et filter på 37 mm og luftgjennomstrømningsfart på 1,6 L/min. Syklonar har vært mye brukt og oppsamlingseffektivitet er vel dokumentert (Vincent, 2007), men ulempa er at for kvar fraksjon man ynskjer å undersøke, trenger man ein syklon med egen pumpe. Resultata frå syklonane skal samanliknast med tilsvarende fraksjon frå Respicon for å sjå om det er samanheng mellom prøvetakarane i denne type industri.

### **8.2.4. Direktevisande Respicon og Split 2**

Split 2 er ein direktevisande dataloggar for aerosolar med måleområde 0,01 til 200 mg/m<sup>3</sup> for aerosol med diameter mellom 0,1 og 100 µm basert på IOM-prøvetakaren. Med dataloggaren er det mogeleg å logge opp til 21500 datapunkt før data må lastast ned på ein PC. Fastsetjingsprinsippet for aerosol er måling av lysspreiing av infraraud stråling. Strålingskjelda er retta 90 grader på ein fotodetektor, og når den infraraude strålen treff aerosolen, vil dette føre til lysspreiing. Saman med den gravimetrisk analysen får ein aerosolkonsentrasjon i mg/m<sup>3</sup>. Luftstraumen gjennom prøvetakaren skal vere 2,0 L/min.

I den direktevisende respiconprøvetakaren er det tre fotodetektorar for fastsetjing av aerosol. Saman med gravimetrisk fastsetjingar får ein gjort om detektorsignalet til partikulære konsentrasjonar i mg/m<sup>3</sup>. Måleområdet for impaktoren er opp til 200 mg/m<sup>3</sup> for kvar fotodetektor. Saman med prøvetakaren er det ein dataloggar for lagring av data. Dataloggaren må skjermast for elektromagnetisk stråling med ein jernboks.

Tidoppløyste målingar ble brukt til å skaffe informasjon om toppeksposering og identifisering av partikulære forureiningskjelder samt å estimere eksponering ved spesifikke arbeidsoperasjonar. Det var derfor viktig å fylgje opp arbeidstakarane med skjema med tidspunkt og arbeidsoppgåve.

## 8.3. Gassprøvetakarar

### 8.3.1. Gassensorar

Direktevisande gassensorar er nyttige hjelpemiddel til å sjå på toppeksponeering for SO<sub>2</sub>. Så lenge ein brukbar direktevisande HF-sensor ikkje er utvikla, er den informasjonen ein får om fluorid i gassform, basert på kumulativ eksponering, midla over prøvetakingstida. Ein direktevisande HF sensor med datalogging vart prøvd ut, men den var ikkje god nok for denne industrien.

NO<sub>2</sub> kunne ein tenkje seg blir danna ved bluss. Det vart derfor teke NO<sub>2</sub>-prøver parallelt med SO<sub>2</sub>-prøvene.

Direktevisande gassmålingar av SO<sub>2</sub> og NO<sub>2</sub> vart utført med Dräger Pac III (Dräger Aktiengesellschaft, Lübeck, Tyskland) og Neotox-XL (Neotronics Limited, Takeley, UK) gassensorar. HF-sensoren som vart prøvd ut, var ein Gasman II (Crowcon Ltd., UK). Gassdeteksjonen er basert på diffusjon av gass gjennom ein membran inn til ein elektrokjemisk sensor. Gasskonsentrasjonen vart registret kontinuerleg som funksjon av tid og lagra ved hjelp av ein innebygd dataloggar. Lagringsintervalla var kvart 10. sekund. Oppløysinga var på 0,1 ppm og ei fastsetjingsgrense på 0,2 ppm. Sensorane vart kalibrert med kjent gasskonsentrasjon mellom prøvetakingane på kvart verk.

### 8.3.2. Gassfilter

HF og andre sure fluoridgassar vart samla opp på impregnerte gassfilter fordi det til no ikkje har eksistert nokon god direktevisande berbar sensor for HF.

**Tabell 8.1: Oversikt over prøvetakingsutstyr som vart nytta til dei ulike aerosolfraksjonane**

Tilgjengeleg prøvetakingsutstyr	Helserelevante aerosolfraksjonar (jf. Fig. 6.1)/gass					Gassar		
	Respirabel	Trakeo-bronkial	Ekstratorakal	Torakal	Inhalerbar	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	HF
IOM	-	-	-	-	X	-	-	-
Respicon®	X	X	X	X <sup>#</sup>	X <sup>#</sup>	-	-	-
Syklon	X <sup>*</sup>	-	-	X <sup>*</sup>	-	-	-	-
Millipore kassett med impregnerte støtteplater	-	-	-	-	-	-	X	X
Direktevisande gass sensorar,	-	-	-	-	-	X	X	X
- Dräger	-	-	-	-	-	X	X	-
- Neotox	-	-	-	-	-	X	X	-
- Gasman II	-	-	-	-	-	-	-	X <sup>†</sup>

<sup>#</sup> Vert utrekna frå dei andre fraksjonane

<sup>\*</sup> Anten respirabel eller torakal fraksjon

<sup>†</sup> Ny HF- sensor vart prøvd ut

## 9. Prøver samla med dei ulike prøvetakarane

I tabellane 9.1 - 9.7 er det gjeve ein oversikt over talet på prøver fordelt på verk og arbeidsfunksjon som var blitt utført. Innhaldet i dei ulike arbeidsoperasjonane varierer mellom dei ulike verka. Ein meir detaljert oversikt er gjeve i rapportane til dei einiskilde verka.

**Tabell 9.1: Oversikt over talet på prøver tatt ved Elkem Aluminium Lista i januar 2003.**

	Respicon	IOM	Syklon (torakal)	Syklon (respirabel)	Gass (HF/SO <sub>2</sub> )	Sensor (SO <sub>2</sub> )
Omnspassar	58	24	6	5	24	31
Måler	11	6	-	1	6	9
Tapper	21	9	1	1	9	13
Gasskappeskiftar	12	8	1	1	8	6
Avvik	31	6	4	-	6	16
Boltetrekkar	8	6	1	2	7	3
Digelverkstad	6	5	-	2	5	2
Totalt	147	64	13	11	65	80

**Tabell 9.2: Oversikt over talet på prøver tatt ved Elkem Aluminium Lista i mars 2004.**

	Respicon	IOM	Syklon (torakal)	Syklon (respirabel)	Gass (HF/SO <sub>2</sub> )	Sensor (SO <sub>2</sub> )
Omnspassar	31	30	11	2	31	16
Måler	12	12	4	2	12	5
Tapper	13	12	2	1	11	6
Gasskappeskiftar	12	12	3	1	11	9
Avvik	17	17	3	3	17	8
Boltetrekkar	9	9	2	-	9	4
Digelverkstad	4	3	1	-	3	4
Totalt	98	96	26	9	94	52

**Tabell 9.3: Oversikt over talet på prøver tatt ved Elkem Aluminium Mosjøen i februar 2003.**

	Respicon	IOM	Syklon (torakal)	Syklon (respirabel)	Gass (HF/SO <sub>2</sub> )	Sensor (SO <sub>2</sub> )
Omnspassar	37	33	2	3	33	21
Anodeskift	37	31	6	3	31	22
Tapper	16	14	1	2	14	12
Digelrens	10	8	1	1	9	5
Totalt	100	86	10	9	87	60

**Tabell 9.4: Oversikt over talet på prøver tatt ved Hydro Aluminium Karmøy i mars/april 2003.**

	Respicon	IOM	Syklon (respirabel)	Gass (HF/SO <sub>2</sub> )	Sensor (SO <sub>2</sub> )
Anodeskiftar	77	53	5	53	52
Digelrens	10	9	1	9	3
Omnspassar	46	44	6	43	36
Gasskappeskiftar	9	6	2	6	6
Oksidkøyrar	20	20	1	20	5
Badtappar	10	9	1	9	6
Tapper (Begge haller)	28	26	2	26	9
<b>Totalt</b>	<b>200</b>	<b>167</b>	<b>18</b>	<b>166</b>	<b>117</b>

**Tabell 9.5: Oversikt over talet på prøver tatt ved Hydro Aluminium Årdal i september 2003.**

	Respicon	IOM	Syklon (torakal)	Syklon (respirabel)	Gass (HF/SO <sub>2</sub> )	Sensor (SO <sub>2</sub> )
Anodeskift	27	24	8	3	24	22
Omnspassar	40	32	8	4	31	26
Boltetrekkar	10	10	3	1	9	8
Stell/Avvik	30	24	4	1	23	18
Bluss/Miljø	20	20	5	2	20	13
Gassbrenner	10	8	3	2	6	8
Oksidkøyrar (Begge haller)	19	18	6	2	16	8
Tapper (Begge haller)	36	32	5	1	32	15
<b>Totalt</b>	<b>192</b>	<b>168</b>	<b>42</b>	<b>16</b>	<b>161</b>	<b>118</b>

**Tabell 9.6: Oversikt over talet på prøver tatt ved Hydro Aluminium Høyanger i oktober 2003.**

	Respicon	IOM	Syklon (torakal)	Syklon (respirabel)	Gass (HF/SO <sub>2</sub> )	Sensor (SO <sub>2</sub> )
Anodeskift	49	47	15	6	47	40
Kryssing	2	2	2	-	2	1
Feiar	5	5	2	1	5	3
Celleoperatør	35	35	10	3	35	22
Gasskappeskiftar	4	4	1	1	4	4
Måler	14	14	4	1	14	9
Oksidkøyrar	10	10	3	1	10	5
Boltetrekkar	15	14	3	1	14	7
Gassbrenner	8	8	1	1	8	8
Digelrens	6	6	2	-	6	3
Anoderens	11	11	5	1	11	1
Tapper (Begge haller)	34	33	10	2	33	15
Anodemontasje	2	2	-	-	2	-
<b>Totalt</b>	<b>195</b>	<b>191</b>	<b>55</b>	<b>18</b>	<b>191</b>	<b>118</b>

**Tabell 9.7: Oversikt over talet på prøver tatt ved Sør-Norge Aluminium, Husnes i mars 2003.**

	Respicon	IOM	Syklon (torakal)	Syklon (respirabel)	Gass (HF/SO <sub>2</sub> )	Sensor (SO <sub>2</sub> )
Anodeskift	41	38	4	1	38	26
Tapper	19	17	1	3	17	9
Omnspassar	35	32	3	2	31	23
Digelrens	5	5	2	1	4	2
Totalt	100	92	10	7	90	60

## 10. Analysemetodar

### 10.1. Gravimetri

Fastsetjing av masser på filter vart gjort med Sartorius MC5 og Sartorius 210P vektor, ved veging av filter før og etter eksponering. Arbeidet vart utført i STAMI sitt klimatiserte vegeom (20±1 °C, 40±2 % RH). Nedre fastsetjingsgrense var 0,08-0,4 mg/filter for Respicon(PVC-filter) og 0,01-0,08 og 0,04-0,09 mg/filter for høvesvis respirabel syklon og torakal syklon. For IOM-kassett med CA-filter var nedre fastsetjingsgrense 0,2-2 mg/filter.

Resultat for Respiconprøver vart utrekna etter formlane i brukarretteiinga (Hund, 2000) og kan sjåast i saman med Respiconprøvetakaren vist i figur 8.2:

$$C_{RESPIRABEL} = \frac{m_1 \cdot 1000}{Q_1 \cdot t_s}$$

$$C_{TORAKAL} = \frac{(m_1 + m_2) \cdot 1000}{((Q_1 + Q_2) \cdot t_s)}$$

$$C_{INHALERBAR} = \frac{(m_1 + m_2 + m_3) \cdot 1000}{((Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot t_s)}$$

$m_1$  = masse på filter 1 (respirabel aerosol),  $m_2$  = masse på filter 2 (trakeobronkial aerosol),  $m_3$  = masse på filter 3 (ekstratorakal aerosol)

$Q_1$  = 2,66 L/min (flow gjennom filter 1),  $Q_2$  = 0,33 L/min (flow gjennom filter 2),  $Q_3$  = 0,11 L/min (flow gjennom filter 3),

$t_s$  = prøvetakingstid i min

$$C_{INHALERBAR} = C_{TORAKAL} - C_{RESPIRABEL}$$

$$C_{EKSTRATORAKAL} = C_{INHALERBAR} - C_{TORAKAL}$$

## 10.2. Fastsetjing av fluorid

### 10.2.1. Vassløyseleg fluorid

Vassløyseleg fluorid er definert som den delen av fluorid i aerosolen som løyer seg i ionebytta vatn ved henstand i 90 min. ved romtemperatur. Fluorid ekstraherast frå eksponerte aerosolfilter ved bruk av sentrifugerøyr med volum på 50 mL (Alltech Maxi-Spin™ Filter Tube, art. nr. 100506, Deerfield, USA). Røra var av polypropylen og hadde ein filterinnsats med nylon membran (porestorleik 0,2 µm). Aerosolfiltra vart overført til filterinnsatsen, tilsett 150 µL bromid (Spectrascan®, 1000 mg/L, Teknolab A/S) som intern standard og 9,85 ml ionebytta vann. Alt ble godt ristet og satt til henstand i 90 minutt ved 20 °C før sentrifugering i 10 minutt ved 3000 omdreingar pr. minutt (RPM) .

Fluorid i eluatet vart fastsett ved ionekromatografi.

Nedre fastsetjingsgrense var 5 µg/filter for Respicon og IOM, 4 µg/filter for torakal sykklon og 7 µg/filter for respirabel sykklon.

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

### 10.2.2. Lutløyseleg fluorid

Etter eluering med vatn vart aerosolfilter og filterinnsats overført til eit nytt sentrifugerøyr, tilsatt 5 mL 0,5 M KOH-løysning og 225 µL fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), (Spectrascan®, 1000 mg/L, Teknolab A/S) som intern standard. Etter oppvarming på vassbad i mikrobølgjeomn på 75 °C i 90 min, vart røyra sentrifugert og eluatet fortynna til 15 mL med ionebytta vatn (>17,8 MΩ). Fastsetjing av fluoridnivå vart gjort med ionekromatografi. Nedre fastsetjingsgrense for lutløyseleg fluorid var 20 µg/filter.

Forsøk utført ved STAMI ved hjelp av scanningelektronmikroskop utstyrt med ein energidispersibel røntgen 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 partikulært fluorid i prøvene.

### 10.2.3. Partikulært fluorid

Partikulært fluorid er definert som summen av vassløyseleg og lutløyseleg fluorid.

### 10.2.4. Fluorid i gassform (HF) og SO<sub>2</sub>

Impregnerte gassfilter (10 % (w/v) KOH-løysning) ble overført til 15 mL polypropylen reagensrøyr (Sarstedt, art. nr. 62.554.001, Nümbrecht, Tyskland), tilsatt intern standard (bromid, Br<sup>-</sup>) og ekstrahert med 10 mL 0,5 % (v/v) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-løysning. Ved prøvetaking på denne typen gassfilter vil svoveldioksid 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. 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 1,0-16 µg/filter F<sup>-</sup> og 4,1-12 µg/filter SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

### 10.2.5. Totalfluorid

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

I denne rapporten definerast totalfluorid som summen av partikulær inhalerbar fluorid målt med Respicon og fluorid i gassfase frå HF-filter. Sidan ein måler partikulært fluorid med respiconprøvetakaren, kan ikkje resultata direkte samanliknast med den tradisjonelle metoden for å måle partikulært fluorid ("totalstøvkasset" med gassfilter). Respiconprøvetakaren har eit karakteristikum som gjer at den skal fylgje kurven for inhalerbar aerosol, medan totalstøvkassetten er uspesifikk. Ein forventar derfor noko høgare verdiar for partikulært fluorid målt med respiconprøvetakaren enn dersom ein måler med "totalstøvkassetten".

## 11. Instrumentering

Analysane ble utført ved ionekromatografi med utstyr samansatt av ein Dionex DX-500 ionekromatograf (Dionex, Sunnyvale, CA, USA) utstyrt med ei gradientpumpe (GP40) og ein elektrokjemisk detektor (ED 40) med konduktivitetsselle. Til instrumentet er det kopla ein prøveinjektor (Gilson<sup>®</sup> 231 XL, Villiers-le-Bel, Frankrike) med ein prøvekapasitet på 80 prøver og eit prøveinnføringsvolum på 25 µL eller 10 µL. IonPac AS14A analytisk kolonne (250 X 4 mm) med IonPac AG14A førkolonne (50 X 4 mm) ble nytta. Instrumentet er også utstyrt med ein sjølvregenererande suppressor (Dionex ASRS-II, 4 mm). Styring av instrumentet, dataregistrering og omarbeiding av rådata vart utført med dataprogrammet Chromeleon<sup>™</sup>, versjon 6.40. Eluentløysingane var 8,0 mM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> / 1,0 mM NaHCO<sub>3</sub> med ein eluenthastighet på 1,0 mL/min. Ved tillaging vart eluentløysinga plassert på ultralydbad i 10 minutt for å fjerne oppløyst oksygen.

Kalibreringsløysingar vart laga ved å fortynne sertifiserte standardar levert av Teknolab A/S (Spectrascan<sup>®</sup>, 1000 mg/L) med ionebytta vann.

## 12. Kvalitetssikring

For å kvalitetssikre analyseresultata, vart eigne tillaga referansefilter med kjent analyttverdi av fluorid og sulfat analysert på tilsvarende måte som de reelle prøvene. Referansefilter vart analysert kvar analysedag og på den måten sikra korrekte analyseresultat.

## 13. Resultat og diskusjon

Resultata representerer konsentrasjonar av eksponeringsmålingane utført i dei gjevne tidsromma. Det er ikkje gjort nokon korreksjon av eksponeringsdata av prosesteteknisk art eller for ulike produksjonsparametrar. Luftkonsentrasjonane baserer seg på faktisk prøvetakingstid, den er ikkje normalisert til 8 timar. For verdiar lågare enn den nedre fastsetjingsgrensa (DL) er det nytta ½ DL.

I tabell 13.1 er det gjeve ei oppsummering av alle resultat frå prosjektet, til saman 1037 skiftmålingar vart utført.



**Tabell 13.1 Oppsummering av alle resultatene i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , N er talet på prøver, GM er den geometriske middelverdien, Min er den lågaste verdien og Maks er den høgste verdien,**

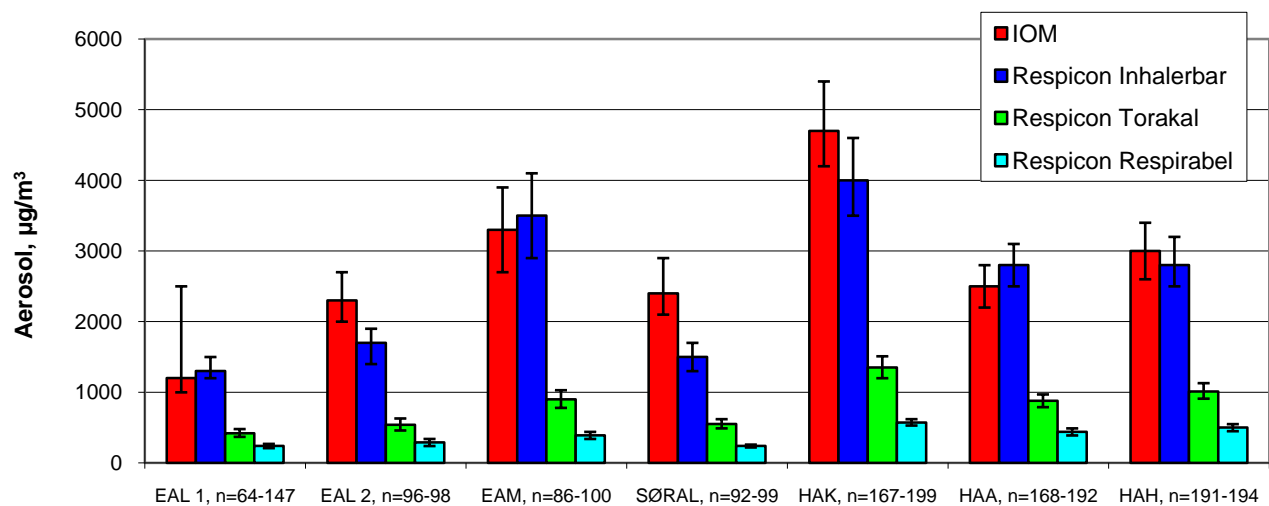
	N	GM	Min	Maks
Inhalerbar aerosol målt med IOM	864	2800	200	119000
Inhalerbart vassløyseleg fluorid målt med IOM	857	150	3	1300
Respirabel aerosol målt med Respicon	1032	390	36	6900
Torakal aerosol målt med Respicon	1031	810	65	18000
Inhalerbar aerosol målt med Respicon	1029	2500	130	66000
Respirabelt vassløyseleg fluorid målt med Respicon	1029	33	1,8	320
Torakalt vassløyseleg fluorid målt med Respicon	1030	61	3,4	670
Inhalerbart vassløyseleg fluorid målt med Respicon	1030	130	5,1	1400
Respirabelt lutløyseleg fluorid målt med Respicon	1027	25	3,2	740
Torakalt lutløyseleg fluorid målt med Respicon	1027	56	13	4000
Inhalerbart lutløyseleg fluorid målt med Respicon	1024	170	20	12000
Respirabelt partikulært fluorid målt med Respicon	1027	62	10	800
Torakalt partikulært fluorid målt med Respicon	1027	120	18	4600
Inhalerbart partikulært fluorid målt med Respicon	1024	310	28	12000
HF på impregnerte filter	854	71	1,4	960
Totalfluorid (Respicon, Inhalerbart partikulært fluorid + gassformig fluorid)	837	410	40	12000
Respirabel aerosol målt med respirabel sykklon	88	380	44	4100
Respirabelt vassløyseleg fluorid målt med respirabel sykklon	88	39	3,7	330
Respirabelt lutløyseleg fluorid målt med respirabel sykklon	88	23	5,0	230
Torakal aerosol målt med torakal sykklon	156	430	48	2700
Torakalt vassløyseleg fluorid målt med torakal sykklon	156	46	3,6	400
Torakalt lutløyseleg fluorid målt med torakal sykklon	156	22	5,9	270
SO <sub>2</sub> på impregnerte filter	854	100	1,9	2400

### 13.1. Fastsetjing av helsereelatert aerosol fraksjonar med ulike prøvetakarar

Eksponeringa til kvar person er samstundes blitt målt med minimum to prøvetakarar for dei helsereelatert aerosolfraksjonane. Nedanfor fyljer resultatene for prøvetakarane og ei samanlikning av prøvetakarane Respicon og IOM.

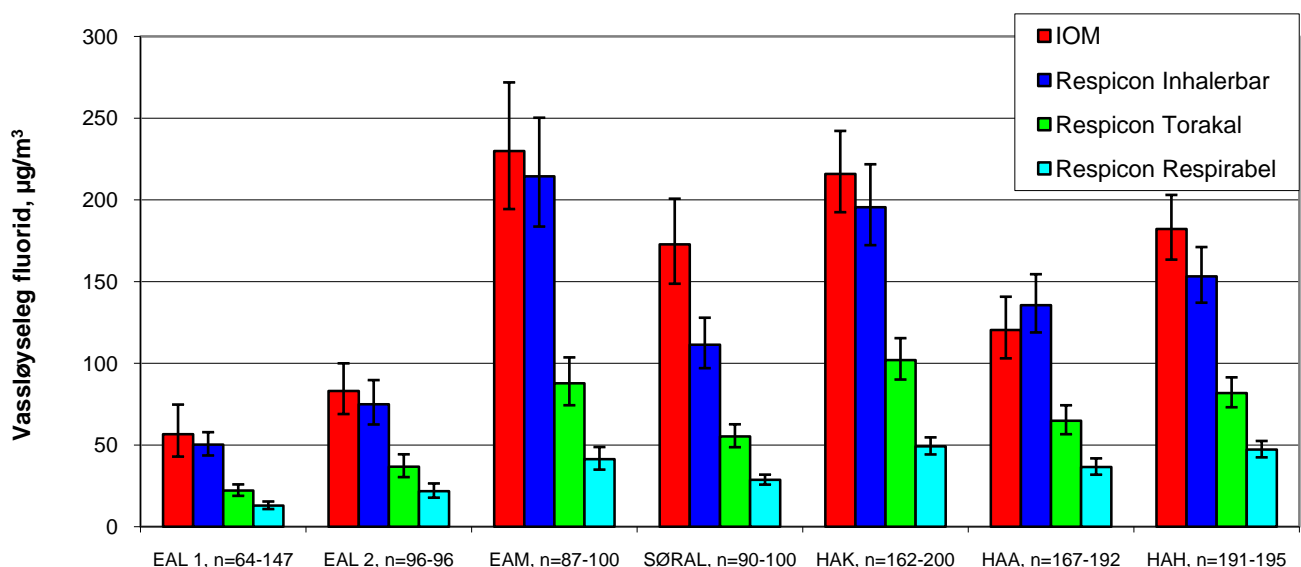
#### 13.1.1. Respicon og IOM

Det er i denne samanstillinga av resultatene brukt ein korreksjonsfaktor på 1,0 for dei ekstratorakale fraksjonane slik manualen for Respicon foreslår.



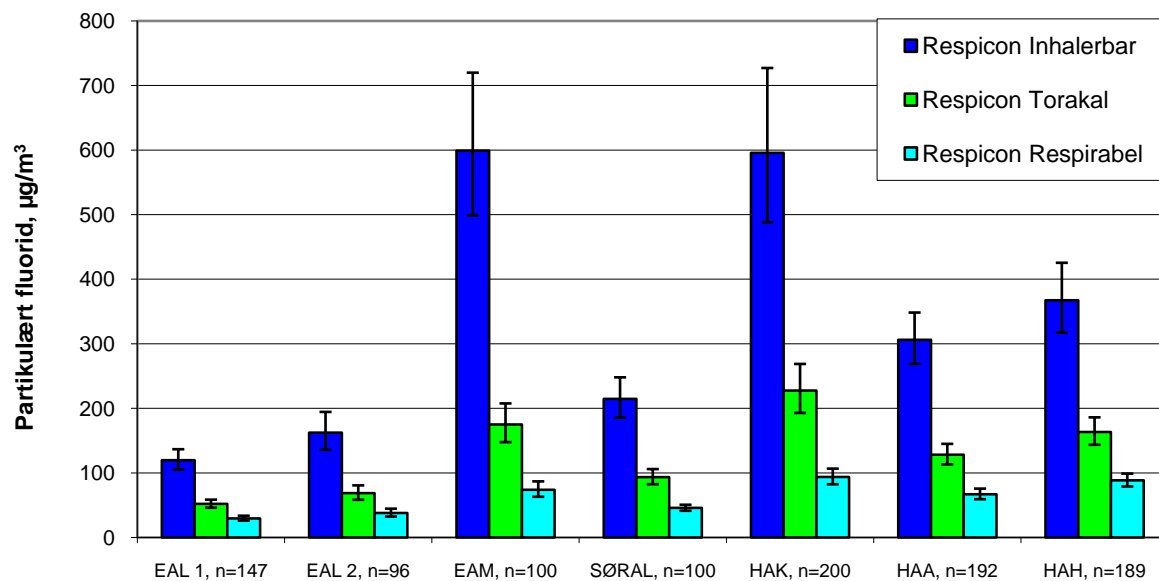
**Figur 13.1: Geometrisk middelverdi (GM) med 95 % konfidensintervall for dei ulike aerosolfraksjonane for Respicon og for IOM.**

Den geometriske middelverdien for inhalerbar aerosol målt med IOM varierar frå 1 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  til 4 700  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  avhengig av verk. Når ein målte den same aerosolfraksjonen med Respicon, er verdien lågare, truleg fordi Respicon ikkje har god nok oppsamlingseffektivitet for den grovaste delen av den inhalerbare aerosolen (den ekstratorakale fraksjonen). Dette kan det korrigerast for, noko som ikkje blir gjort i denne rapporten. Den inhalerbare aerosolfraksjonen varierer i geometrisk middelverdi frå 1300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  til 4000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  når ein nyttar Respicon som prøvetakar.



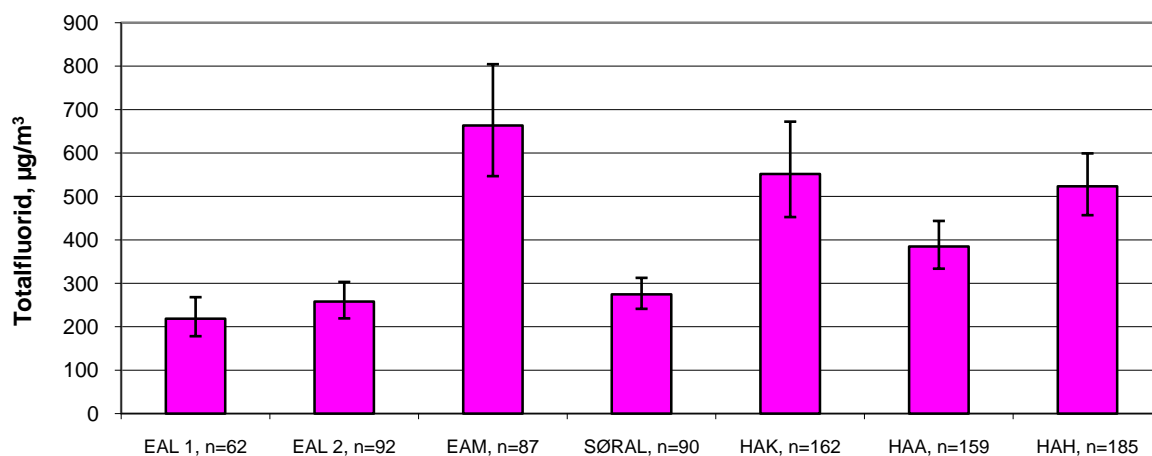
**Figur 13.2: Geometrisk middelverdi (GM) med 95 % konfidensintervall for vassløyslege fluorid av dei ulike aerosolfraksjonane for Respicon og IOM.**

I fig. 13.2 er det sett på det vassløyslege fluoridet målt for dei helse-relaterte aerosolfraksjonane med Respicon og den inhalerbare aerosolfraksjonen med IOM. Ved ei samanlikning av dei to inhalerbare målinga (Respicon og IOM) har ein same trend som for massen av aerosolen, at verdiane med Respicon er noko lågare enn verdiane frå IOM-prøvetakaren.



**Figur 13.3: Geometrisk middelværdi (GM) med 95 % konfidensintervall for partikulært fluorid fordelt på dei ulike aerosolfraksjonane frå Respicon.**

I fig. 13.3 er fordelinga av det partikulære inhalerbare fluoridet på dei ulike helse-relaterte aerosolfraksjonane gjeve. Sjølv om dei prosentvise fordelingane mellom dei ulike helse-relaterte aerosolfraksjonane er relativt lik, er det store skilnader mellom verka i nivået av eksponeringa.



**Figur 13.4: Geometrisk middelværdi (GM) med 95 % konfidensintervall for totalfluorid; summen av gassformig fluorid (målt med gassfilter) og inhalerbart partikulært fluorid (målt med Respicon).**

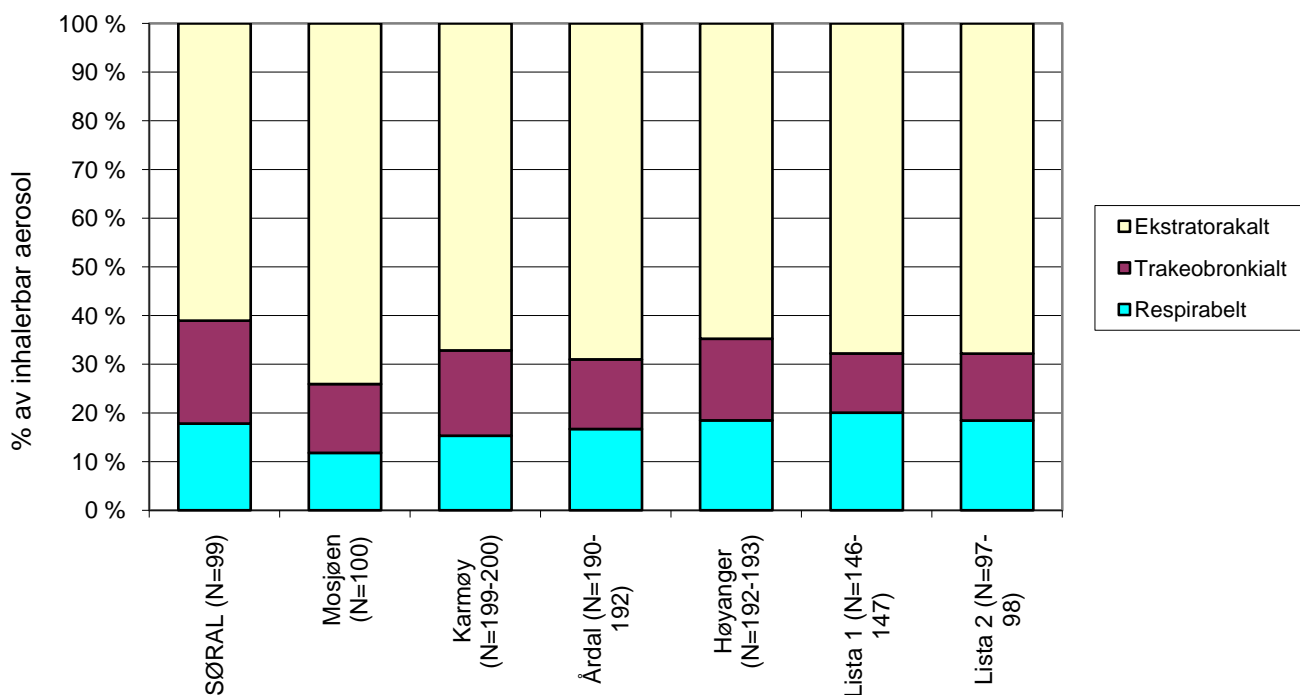
Frå fig. 13.4 har ein den totale eksponeringa for fluorid ved dei ulike verka. Totalfluoridet er summen av inhalerbart partikulær fluorid målt med Respicon og gassformig fluorid samla opp på impregnert filter.

Både den inhalerbare aerosolfraksjonen (summen av respirabel, trakeobronkial og ekstratorakal fraksjon frå Respicon), den torakale aerosolfraksjonen (summen av respirabel og trakeobronkial fraksjon frå Respicon) og den respirable

aerosolfraksjonen for alle verka har stor variasjon i resultatata, både mellom verka og også mellom jobbkategoriene innanfor det same verket. Den geometriske middelvarden for den inhalerbare aerosolen varierer for arbeidarar i prebakehallane frå 1400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  til 7800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

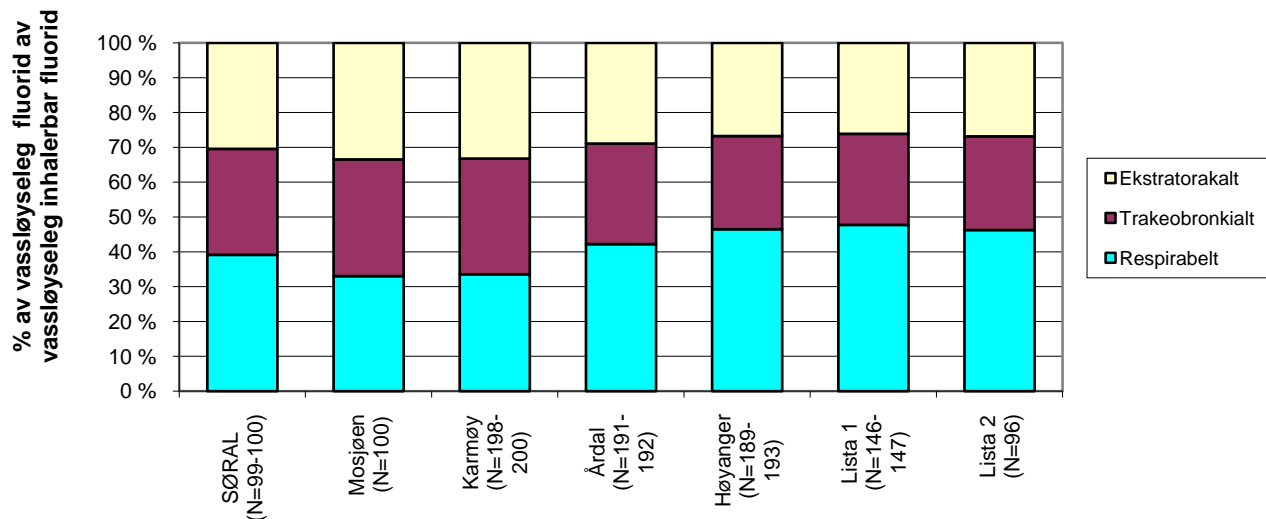
Spreiinga i totalfluoridresultata er stor. Nokre arbeidsstadar har lita spreiging medan andre har stor spreiging.

Av dei eksponeringane som var fastsett, er det den totale fluorideksponeringa som skil seg ut som den største utfordringa. Resultata for HF viser at mengdene er små samanlikna med mengda partikulært fluorid. Største bidraget til fluorideksponering kjem derfor frå dei partikulære fluoridfraksjonane og ikkje frå gass.



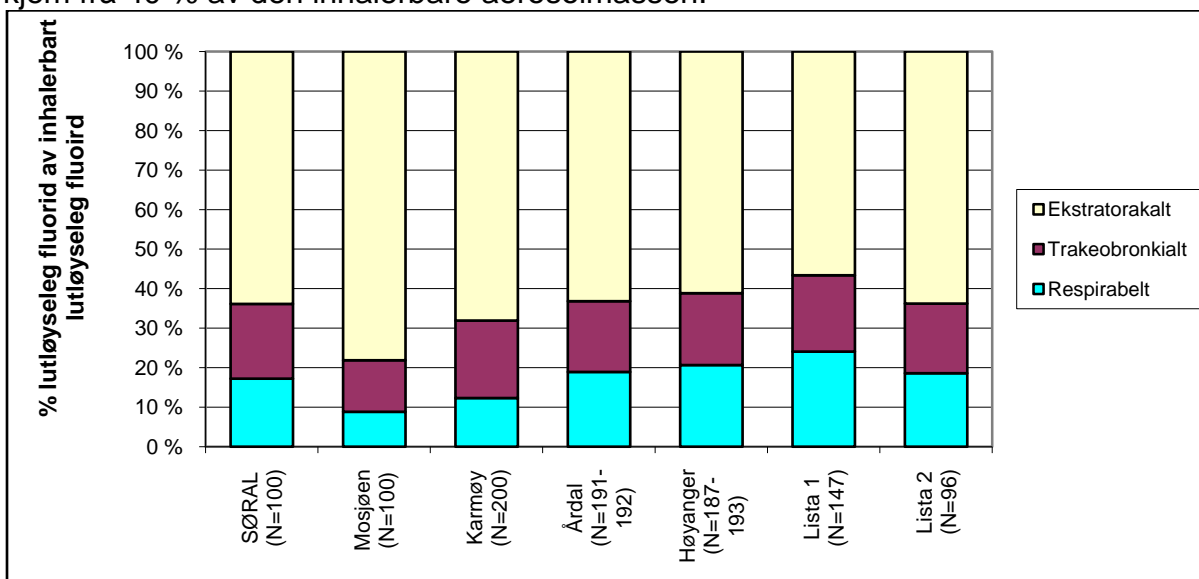
**Figur 13.5: Prosentfordeling av aerosol for dei helsesrelaterte fraksjonane målt med Respicon (med korreksjonsfaktor 1.0 for den ekstratorakale fraksjonen).**

Av figur 13.5 ser ein at for alle verk er meir enn 60 % av den inhalerbare aerosolmassen å finne i den grovaste delen av den inhalerbare aerosolen, altså den ekstratorakale fraksjonen. Det er dermed slik at størstedelen av aerosolen som ein pustar inn ved arbeid utan vernemaske i aluminiumindustrien, blir avsett i dei øvre luftvegane. Fordelinga viser også at under 40 % av den inhalerbare aerosolen passerar forbi stupehovudet (torakal aerosolfraksjon).



**Figur 13.6: Prosentvis fordeling av vassløseleg fluorid i den vassløselege inhalerbare aerosolfraksjonen.**

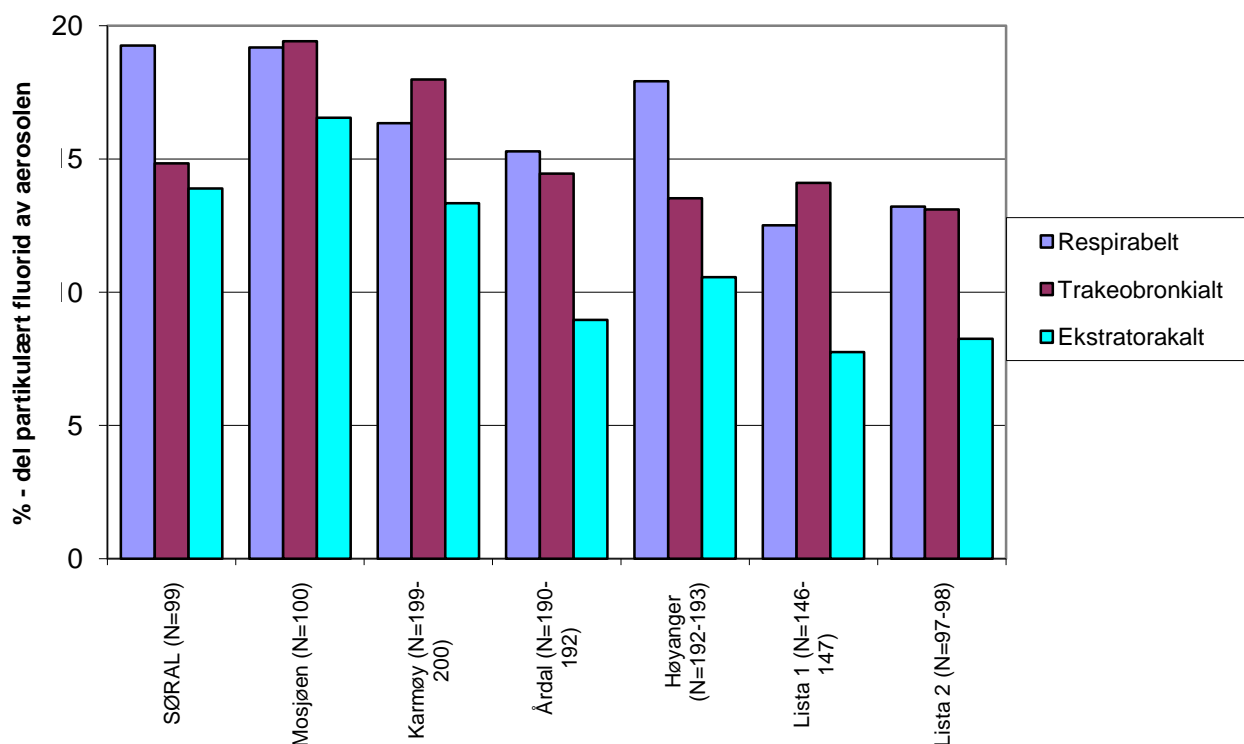
Av fluoridmengda funnet i vassekstrakta (figur 13.6) kjem opp mot 70 % frå dei trakeobronkiale og respirable fraksjonane (den torakale aerosolfraksjonen). Saman med aerosolfordelinga blir det at mesteparten (70 %) av den vassløselige fluoridet kjem frå 40 % av den inhalerbare aerosolmassen.



**Figur 13.7: Prosentvis fordeling av lutløseleg fluorid i den inhalerbare lutløselege aerosolfraksjonen.**

Ved å sjå på det lutløseleg fluoridet (figur 13.7) går det fram at største delen lutløseleg fluorid er i den ekstratorakale fraksjonen.

Saman med den prosentvise fordeling av vassløselege fluorid får ein at vassløselig fluorid kjem frå den finare aerosolen (den torakale), medan det blir løyst ut meir lutløseleg fluorid frå dei større partiklane. Denne fordelinga mellom vassløseleg og lutløseleg fluorid kan indikere kjelda til eksponeringa.

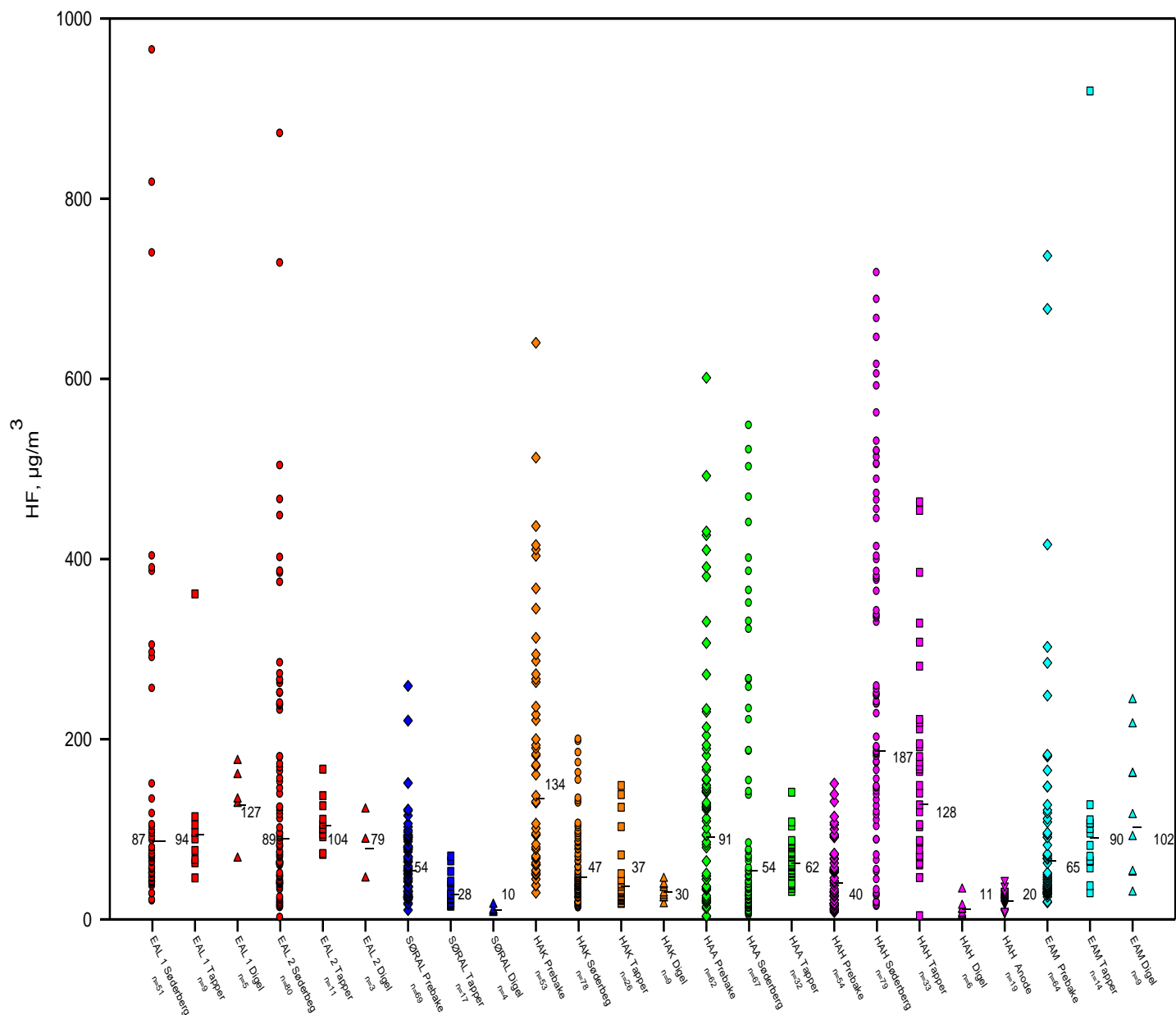


**Figur 13.8: Del (i %) partikulært fluorid av aerosol for dei ulike helserelaterte aerosolfraksjonane.**

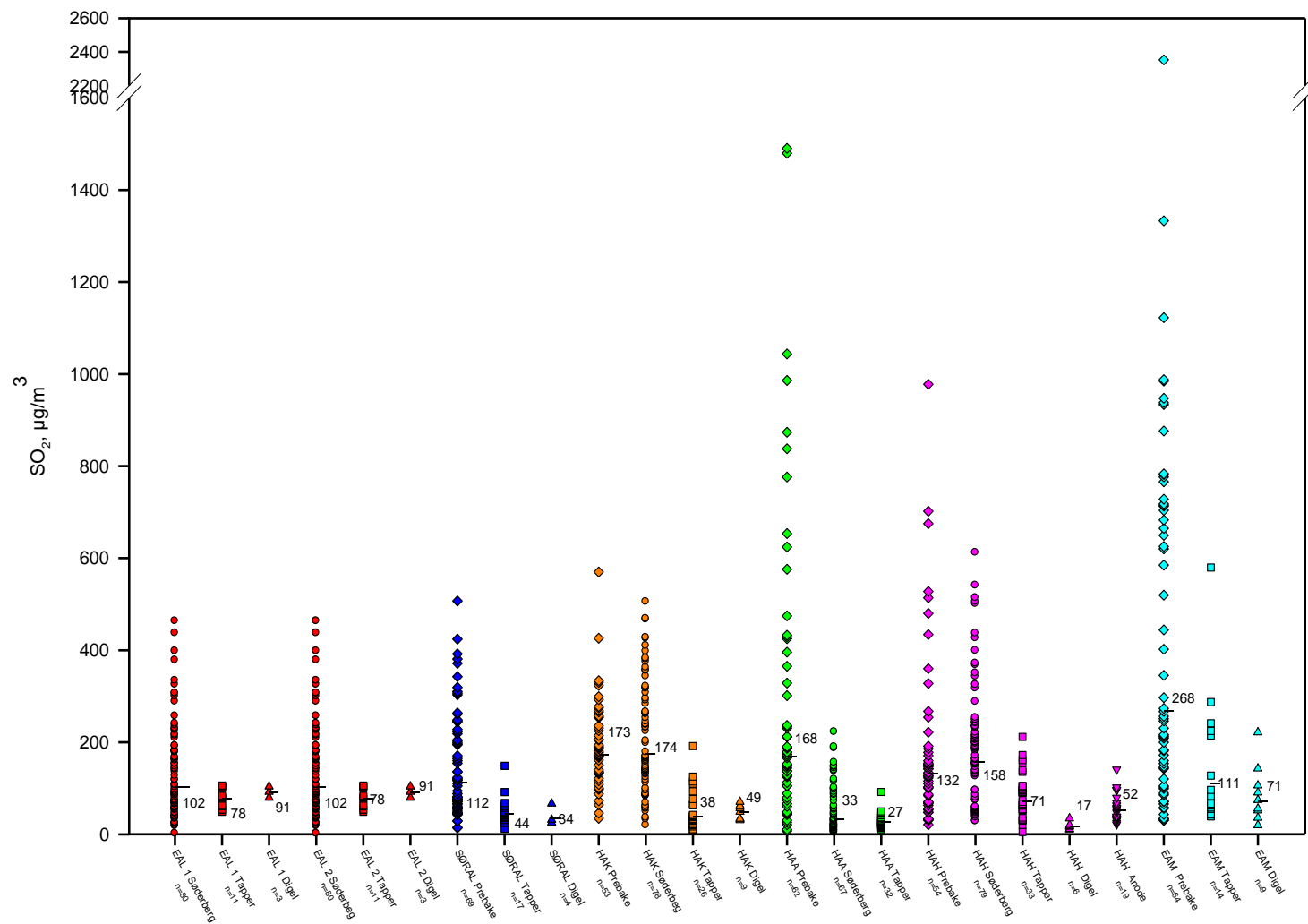
Vassløseleg og lutløseleg fluorid summerast til det vi kallar partikulært fluorid. Ei samanlikning av fordelinga av partikulært fluorid mot dei ulike helserelaterte aerosolfraksjonane blir vist i figur 13.8. Det denne figuren viser er at dess mindre partiklane er, dess større del av massen er fluorid. Den prosentvise fordelinga varierer mellom dei ulike verka og mellom dei ulike helserelaterte aerosolfraksjonane.

### 13.1.2. Gassar

Einskildverdiane av HF- og SO<sub>2</sub> – målingane er vist i figurane 13.9 og 13.10. Resultata viser stor spreing innanfor gruppene, men likevel moderate geometriske gjennomsnittsnivå. Når det gjeld einiskildverdiar, er det verdiar som klart skil seg ut som høge. Det er viktig å presisere at oppdelinga er gjort med omsyn på arbeidsstadane; prebake, Søderberg, digelverkstad, tappar (uavhengig om tappinga blir gjort i prebake- eller Søderberghall) og anodereins.



Figur 13.9: Alle dei målte HF-konsentrasjonane (i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fordelt på verk og jobbkategori. Tala i figuren viser geometriske middelværdiar for dei ulike kategoriane



Figur 13.10: Alle dei målte  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonar (i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fordelt på verk og jobbkategori. Tala i figuren viser geometriske middelværdir for dei ulike kategoriane



Det er viktig å presisere at oppdelinga i tabell 13.2 er gjort med omsyn på arbeidsstadane; prebake, Søderberg, digelverkstad, tappar (uavhengig om tappinga blir gjort i prebake- eller Søderberghall) og anodereins.

**Tabell:13.2: Oversikt over nokre av komponentane der arbeidsstadane har signifikant\* forskjellig GM**

Komponent	Signifikant forskjellige arbeidsstadar
IOM, inhalerbar aerosol	Prebake og Søderberg
	Prebake og Tappar
Respicon, inhalerbar aerosol	Prebake og Søderberg
	Prebake og Anode
	Prebake og Digelreins
	Prebake og Tappar
Respicon, torakal aerosol	Prebake og Søderberg
	Prebake og Tappar
Respicon, respirabel aerosol	Prebake og Søderberg
Vassløyeseleg fluorid frå IOM	Prebake og Søderberg
	Prebake og Tappar
	Søderberg og Anode
	Søderberg og Digelreins
	Søderberg og Tappar
	Digelreins og Tappar
Respicon, vassløyeseleg inhalerbart fluorid	Prebake og Søderberg
	Prebake og Anode
	Prebake og Tappar
	Søderberg og Digelreins
	Søderberg og Tappar
	Anode og Digelreins
	Digelreins og Tappar
Respicon, vassløyeseleg torakalt fluorid	Prebake og Søderberg
	Prebake og Anode
	Prebake og Tappar
	Søderberg og Tappar
	Søderberg og Digelreins
	Anode og Digelreins
	Digelreins og Tappar
Respicon, vassløyeseleg respirabelt fluorid	Prebake og Søderberg
	Prebake og Anode
	Søderberg og Digelreins
	Søderberg og Tappar
	Anode og Digelreins
HF	Prebake og Søderberg
	Prebake og Anode
	Prebake og Digelreins
	Prebake og Tappar
	Søderberg og Anode
	Søderberg og Digelreins
	Søderberg og Tappar
	Anode og Tappar
	Anode og Digelreins
	Digelreins og Tappar
Totalfluorid	Prebake og Søderberg
	Prebake og Anode
	Prebake og Tappar
	Søderberg og Digelreins
	Søderberg og Tappar

\*signifikant forskjellige med  $p < 0,05$

### 13.2. Samanlikning av ulike prøvetakar

Koch et al. (2002) viser at med ein stasjonær prøvetakar på ein mannekeng kan høvet mellom IOM og Respicon gje ein korreksjonsfaktor for den ekstratorakale fraksjonen opp mot 1,8 dersom aerosolen berre inneheld ekstratorakale partikkelstorleikar. I feltforsøk vil forskjellen kunne vere større.

For å kunne samanlikne dei to prøvetakarane for inhalerbar aerosol bør visse kriterium oppfyllest;

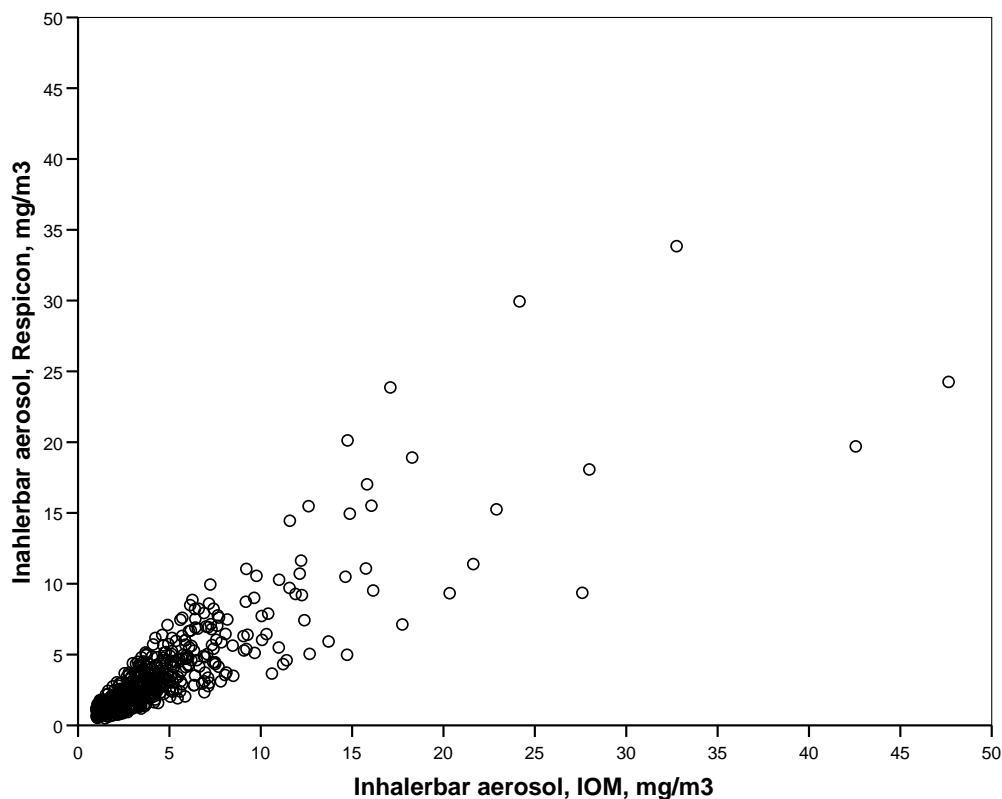
- i) at prøvetakinga har vore gjort i same tidsrom. Vi har valt å aktesepere maksimalt 10 % forskjell i prøvetakingstid mellom dei to prøvetakarane. Dette kriteriet reduserer talet på parallelle par frå 855 til 761.
- ii) Alle verdiar ved ei slik samanlikning skal være større enn nedre fastsetjingsgrense for både IOM eller Respicon. Dette reduserte talet på par til 658.
- iii) Etter Tsai et al. (1995), er det brukt kriterium for å ikkje ta med verdiar der det truleg har vore noko i vegen med anten IOM-prøva eller Respicon-prøva, at høvet mellom dei to prøvetakarane ikkje er truleg statistisk. Kriteriet utelet IOM-Respicon par etter formelen:

$$7 \geq \text{IOM/Respicon} \geq 2/3$$

Vi har valt å bruke eit strengare kriterium:

$$3 \geq \text{IOM/Respicon} \geq 2/3$$

Etter bruk av dette kriteriet var det igjen 504 parallelle IOM og Respicon par til samanlikninga. Figur 13.11 viser verdiane for dei 504 para med parallelle prøver.



**Figur 13.11: Figuren viser konsentrasjonen mellom dei parallelle målte eksponeringsmålingane for inhalerbar aerosol prøveteke med IOM- og Respiconprøvetakarar.**

Samanhengen mellom inhalerbar aerosol målt med IOM og Respicon kan uttrykkast ved likninga/modellen:

$$\text{Inhalerbar aerosol}_{IOM} = 1,1 * \text{Inhalerbar aerosol}_{Respicon} + 0,01 * \% \text{- del Ekstratorakal aerosol}_{Respicon}$$

Denne modellen beskriv samanhengen godt, med ein  $R^2=0,867$ .

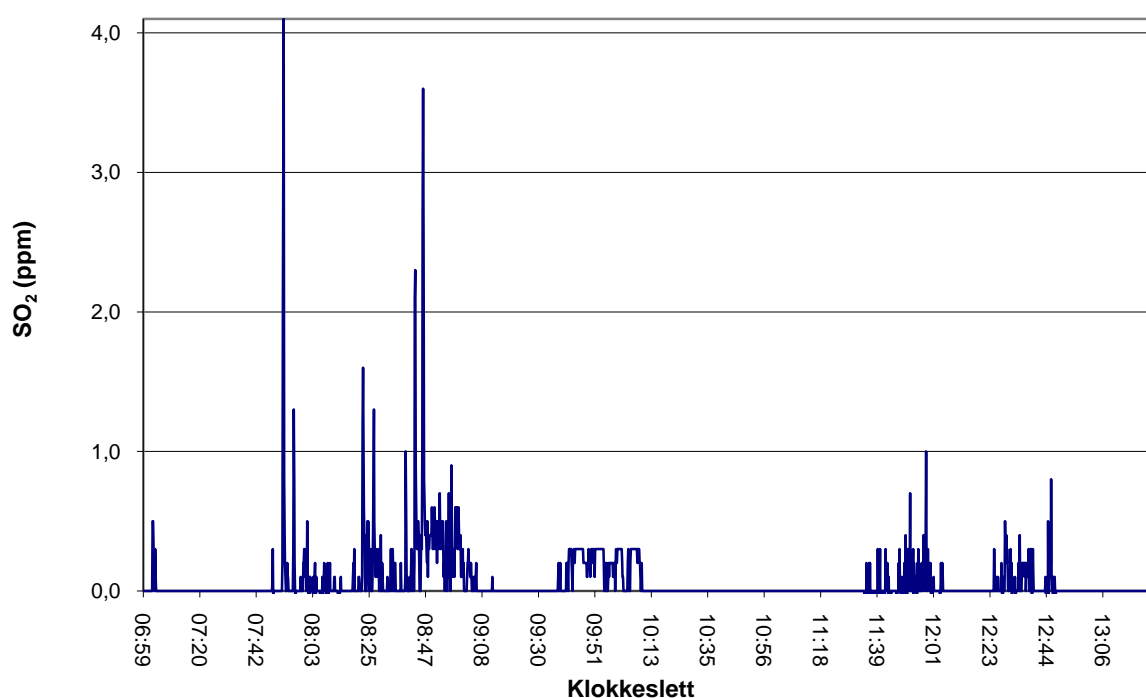
Resultata frå denne samanlikninga stemmer godt med andre funn, sjølv om dei valte å korrigere med ein faktor (Koch et al. 2002). Modellen opnar for ulik korreksjon avhengig av prosentdel ekstratorakal aerosol, men vil alltid ligge i intervallet 1,1 – 2,1 (0 – 100 % ekstratorakal aerosol).

Det har vore hevda at der er ein samanheng mellom gassane HF og  $SO_2$ . Svovel kjem inn i cellene via anodemassen som vart nytta, medan fluoridet er i råstoffet. Vi finn ingen god samanheng mellom HF og  $SO_2$  når ein ser på heile talmaterialet frå alle verka. Det er derimot godt mogeleg at der er gode samanhengar innafor arbeidsgrupper ved eit bestemt verk/hall. Dette gjenstår å sjå nærmare på. Det er tydeleg at  $SO_2$  er avhengig av mengda svovel i anodemassen, og kan derfor variere med leveranse av anodemasse. Sidan samanhengane mogelegvis er på verksnivå kan ein ikkje seie noko generelt om forholdet mellom HF og  $SO_2$  for heile industrien.

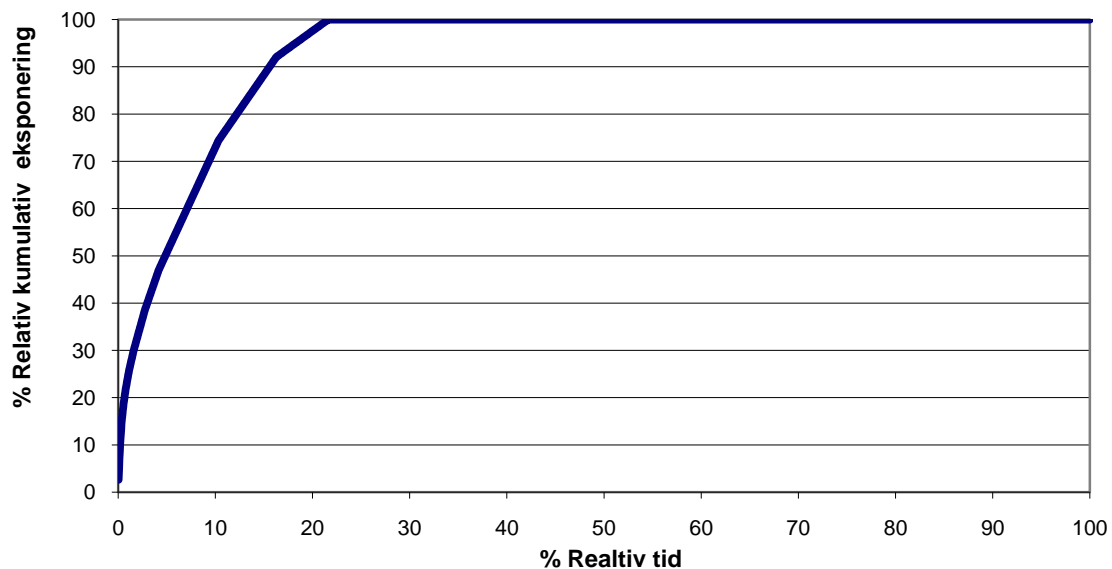
## 13.3. Tidsoppløyst eksponering

### 13.3.1. Direktevisande målingar av SO<sub>2</sub>

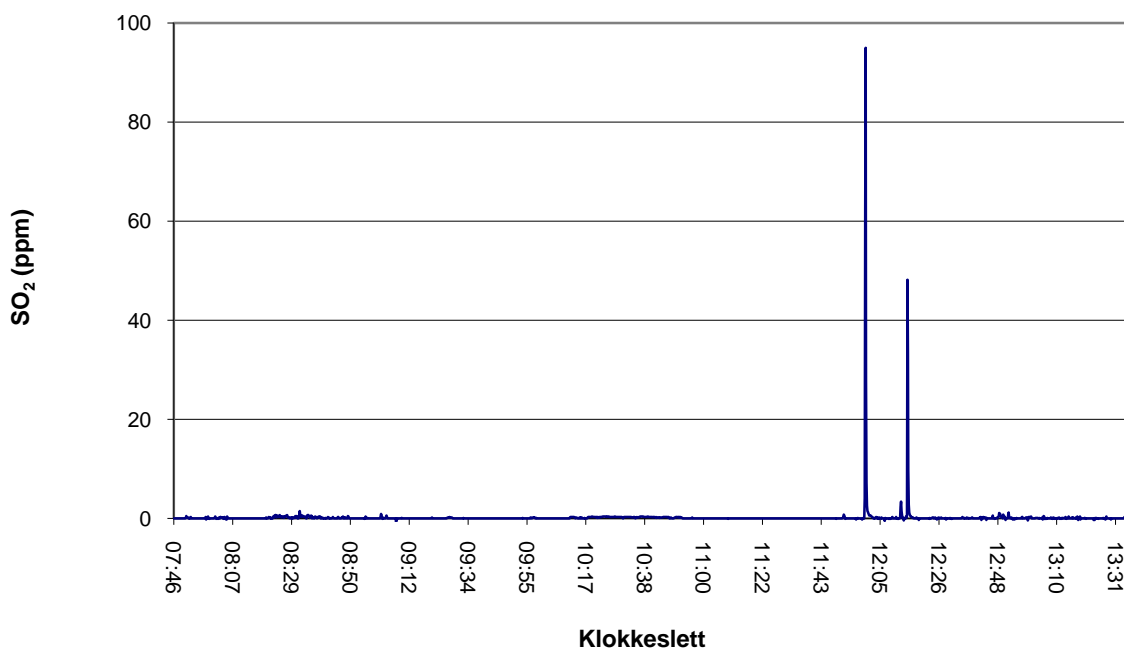
Eit direktevisande instrument gjev informasjon om eksponeringa som funksjon av tid, noko som blir vist i figurane 13.12 og 13.14. Eksponeringa kan være svært ulik avhengig av type arbeid utført. I begge desse eksempla er det vist for anodeskiftar i prebake. Oppsummering av SO<sub>2</sub>-eksponeringa ved kvart verk er gjevne i appendiks. Ved å sjå på tida som skal til for å oppnå 50 % og 90 % av eksponeringa kan ein bruke dei direktevisande målingane til å sjå på kor lang tid av skiftet eksponeringa strekkjer seg over. Figurane i 13.13 og 13.15 viser kumulative eksponering mot relativ tid for dei eksponeringane vist i figurane 13.12 og 13.14.



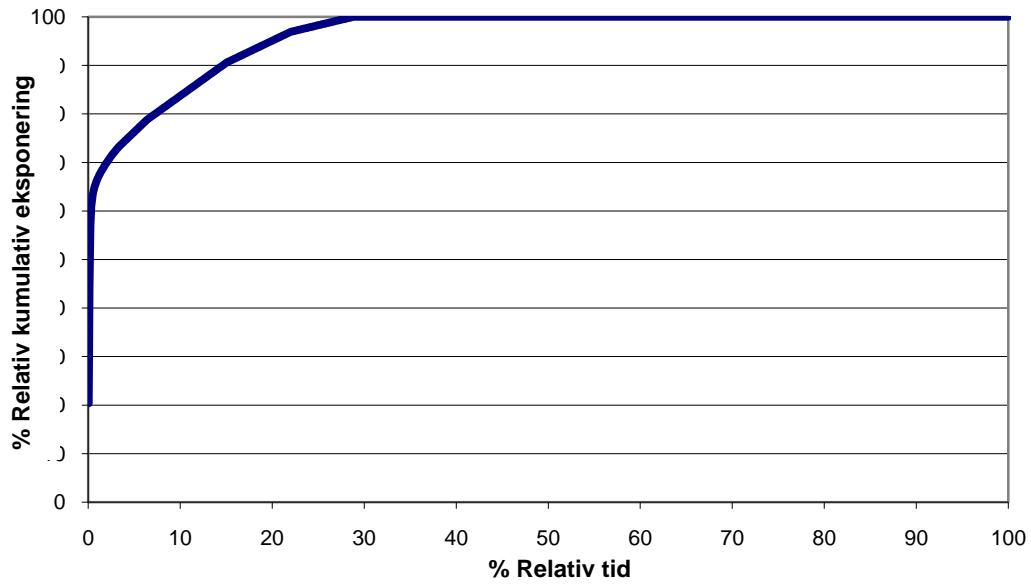
Figur 13.12: SO<sub>2</sub>-variabilitetsmåling under anodeskift i ein prebakehall.



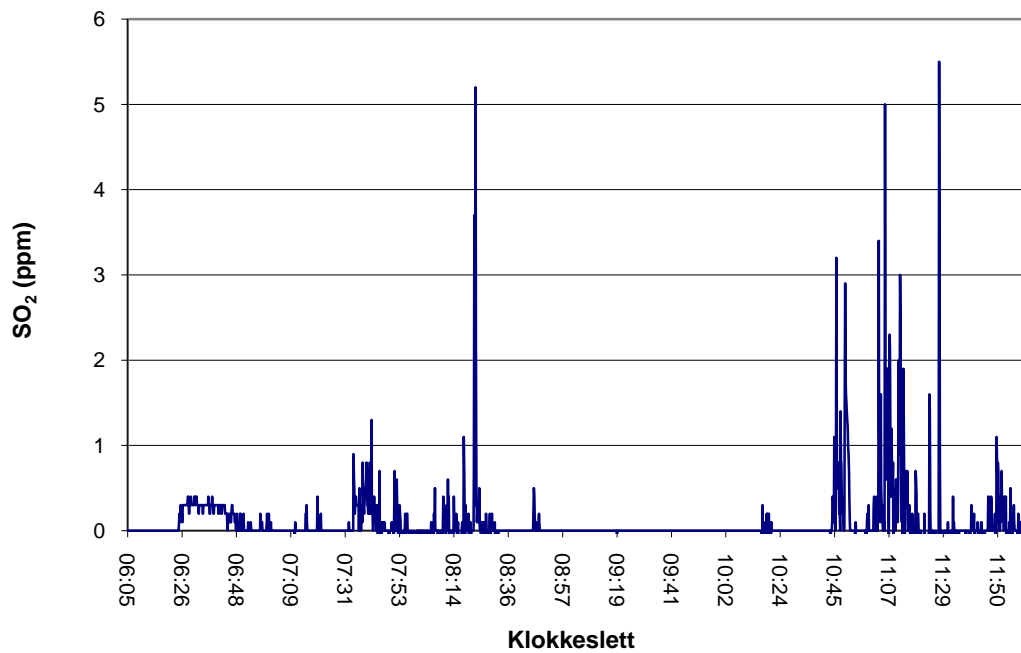
Figur 13.13 Relativ kumulativ SO<sub>2</sub>-eksponering som funksjon av relativ tid av den tidsoppløyste SO<sub>2</sub>-loggen vist i fig. 13.12



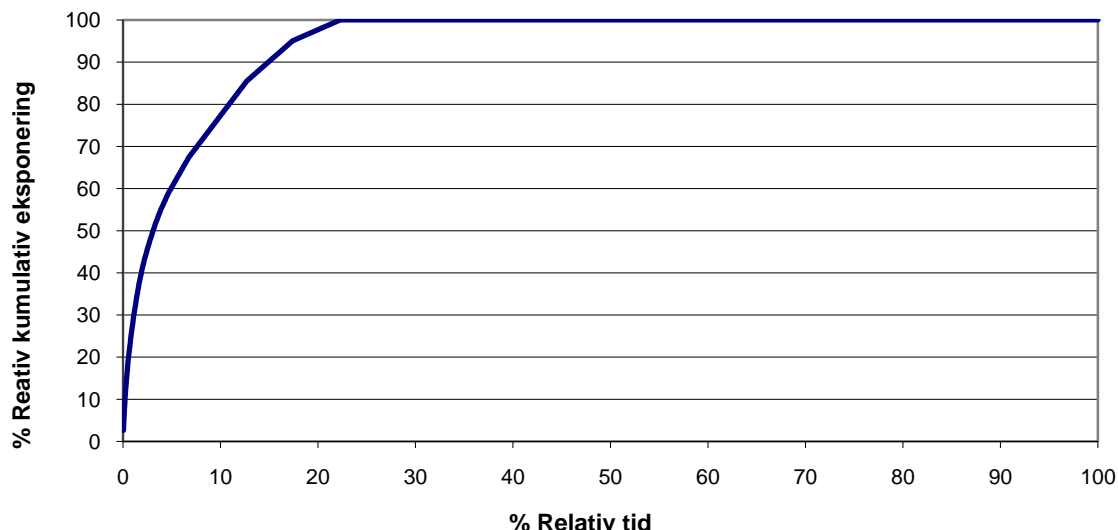
Figur 13.14: SO<sub>2</sub>-variabilitetsmåling under anodeskift i ein prebakehall.



Figur 13.15: Relativ kumulativ SO<sub>2</sub>-eksponering som funksjon av relativ tid av den tidsoppløyste SO<sub>2</sub>-loggen vist i fig. 13.14



Figur 13.16: SO<sub>2</sub>-variabilitetsmåling under avviksarbeid i ein Söderberghall.



**Figur 13.17: Relativ kumulativ SO<sub>2</sub>-eksponering som funksjon av relativ tid av den tidsoppløyste SO<sub>2</sub>-loggen vist i fig. 13.16**

Som figurane 13.12 – 13.17 viser er det berre ein liten del av arbeidsdagen som har SO<sub>2</sub> eksponering.

Gjennomsnittleg (GM) for alle 597 direktevisande SO<sub>2</sub>-målingane viser at 50 % av den kumulative eksponeringa skjer i løpet av 1,6 % av tida på skiftet (noko som utgjer omlag 8 min av eit arbeidsskift). Medan den tilsvarande tida for 90 % av den kumulative eksponeringa er 5,6 % (noko som tilsvarer 27 min av eit arbeidsskift). Dette fortel at eksponeringa er prega av kortvarige episodar og at desse episodane utgjer all eller størstedelen av eksponeringa. Ved samanlikning mellom dei ulike verka var der signifikant forskjell mellom Karmøy og dei andre verka. På tross av signifikante forskjellar skjer eksponeringa i løpet av liten del av skiftet også ved Karmøy (50 % kumulativ eksponering på 3,5 % av tida og 90 % kumulativ eksponering på 13 % av tida).

Gass-sensarar med logging er nyttige hjelpemiddel for identifisering av toppeksponeering og variasjonen av eksponeringa gjennom eit arbeidsskift. For alle gassloggarane er det rekna tidsoppløyste konsentrasjonsfigurar, gjennomsnittleg konsentrasjon (ppm) og maksimalverdi. I tillegg vart toppane over ein gjeven verdi identifisert ved å rekne talet på toppar, kor lenge dei varer (sek.) og integrert episode (ppm\*s) som toppane representerer.

**Tabell 13.3: Direktevisande SO<sub>2</sub> med datalogging, tabellen viser N - talet på episodar/toppar over ein gjeven verdi, GM – geometrisk gjennomsnittet for verdien, Min, - den minste registrerte verdien og Maks - den høgste registreerte verdien.**

	N	GM	Min	Maks
Tal på toppar over 0,2 ppm	593	20	1	165
Tid for toppar over 0,2 ppm		942	10	17100
Integrert episode for toppar over 0,2 ppm (ppm*s)		351	1	37700
Tal på toppar over 0,5 ppm	542	8	1	71
Tid for toppar over 0,5 ppm		298	10	8920
Integrert episode for toppar over 0,5 ppm (ppm*s)		173	1	34600
Tal på toppar over 1,5 ppm	394	4	1	27
Tid for toppar over 1,5 ppm		98	10	3740
Integrert episode for toppar over 1,5 ppm (ppm*s)		125	1	30700
Tal på toppar over 2,0 ppm	353	3	1	27
Tid for toppar over 2,0 ppm		76	10	3230
Integrert episode for toppar over 2,0 ppm (ppm*s)		114	1	29200
Tal på toppar over 5,0 ppm	194	2	1	13
Tid for toppar over 5,0 ppm		39	10	1280
Integrert episode for toppar over 5,0 ppm (ppm*s)		113	1	23300

I tabellen 13.3 er det gjeve ein oversikt over SO<sub>2</sub>-målingane gjort med direktevisande datalogger. Generelt er verdiane lave, med eit gjennomsnitt på 0,07 ppm. Av totalt 605 dataloggingar hadde 593 verdiar over 0,2 ppm og med ein geometrisk middelvei på 20 toppar pr. skift med ei gjennomsnittleg tid på 942 sekund noko som gjev ein estimert integrert episode på 351 ppm \*s. I alt 353 målingar hadde episodar over den verdien som gjeld for eit 8-timarsskift (les: administrative normer), men det var i gjennomsnitt berre 3 episodar over denne verdien, som i gjennomsnittet varte i 76 sekund.

Den HF sensoren som vart utprøvd, viste seg ikkje å ha god nok oppløysning og respons til at ein kan nytte den for dei konsentrasjonsområda som ein har i denne industrien.

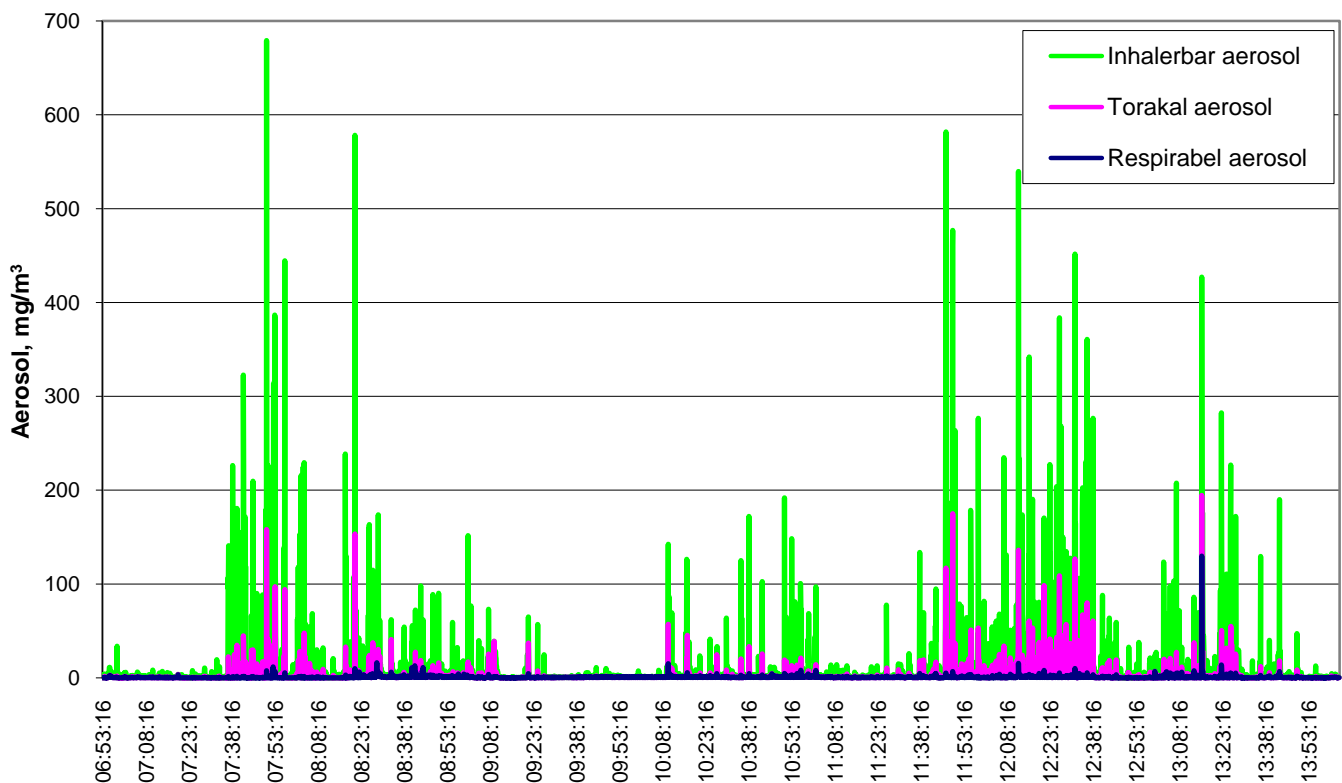
Det var ein teoretisk sjanse for å danne NO<sub>2</sub> i elektrolyseprosessen. Prosjektet nytta derfor direktevisande NO<sub>2</sub>-sensorar for eventuelt å kunne måle denne eksponeringa. Vi fann ikkje verdiar over den nedste fastsetjingsgrensa for utstyret. Der er såleis ingen verdiar å rapportere eller diskutere. Ein kan slå fast at NO<sub>2</sub>-eksponering ikkje var mogeleg å fastsetje for dei arbeidsoperasjonane som vart undersøkt i dette prosjektet.



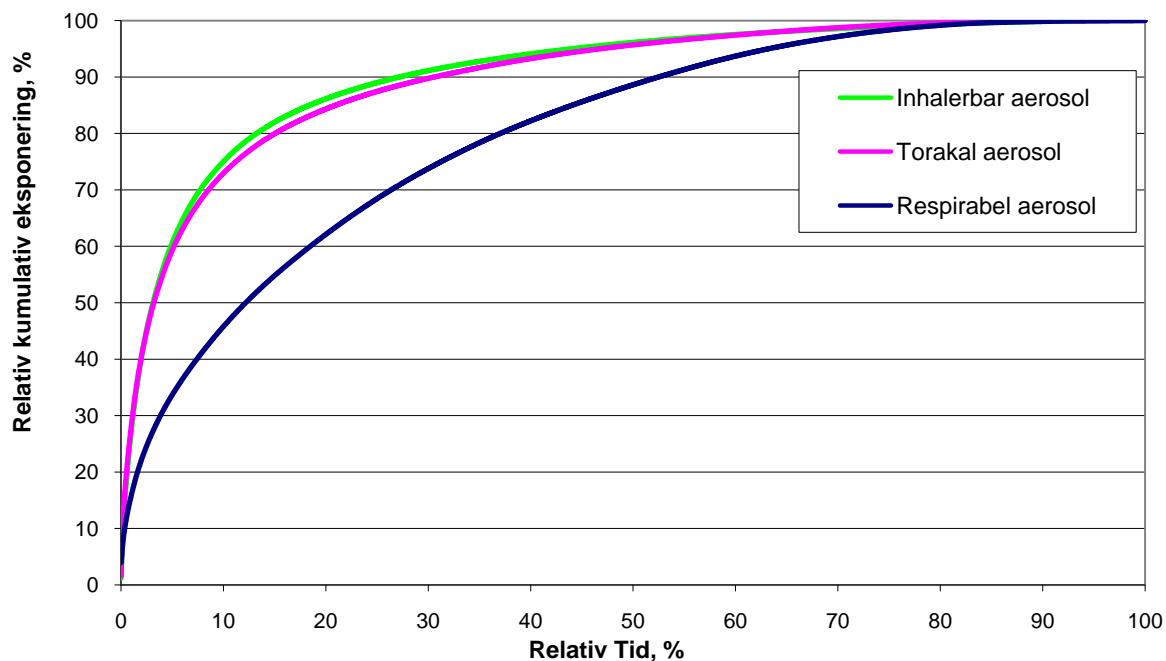
### 13.3.2. Direktevisande målingar av aerosolar

I prosjektet vart det nytta ein direktevisande Respicon- og ein direktevisande IOM-prøvetakar.

Split-2 (direktevisane IOM) viste seg å ha ein intern luftlekkasje, noko som gjorde at den skapte problem for dei fyrste målingane. Utstyret vart i ettertid modifisert til å fungere som den var tenkt. Sidan ein ikkje hadde så mange målingar med denne typen utstyr, er det ikkje mogeleg å seie noko generelt ut frå bruken av Split-2. Resultata vist er derfor frå bruken av den direktevisande Respiconprøvetakaren. I figur 13.18 er det vist aerosoleksponeinga for ein anodeskiftar. Det er klart at eksponeringa ikkje er homogent fordelt utover arbeidsskiftet, men kjem som episodar ved utføring av ulike arbeidsoperasjonar. I figuren får ein eit inntrykk av eksponeringsnivå. Ved einstilte høve er eksponeringa høg, men varer svært kort tid. Med ei tett og individuell oppfølging er det mogeleg å identifisere eksponeringskjeldene og vurdere tiltak.

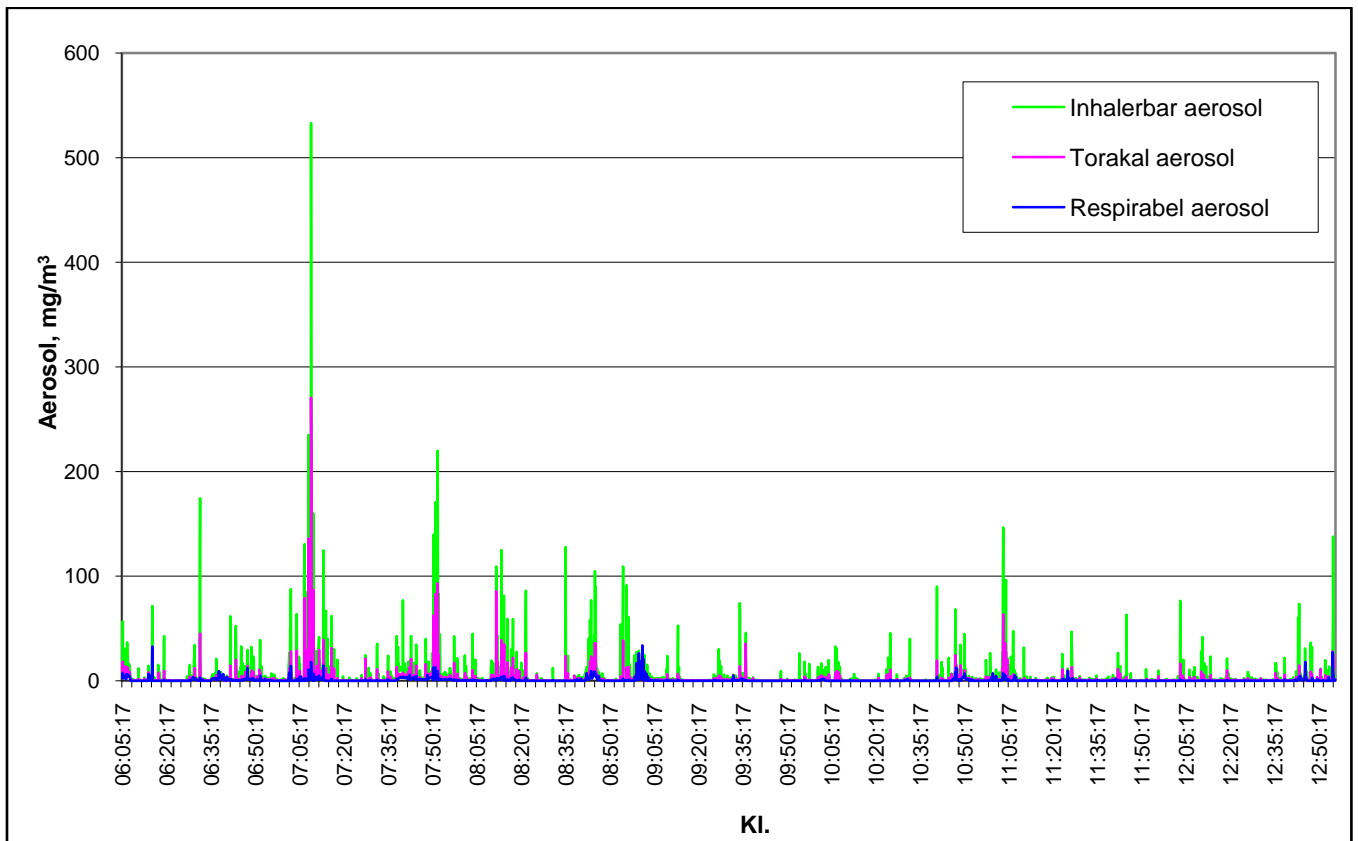


**Figur 13.18: Eksempel på tidsoppløyst måling med Respicon av ein anodeskiftar i ein prebakehall**

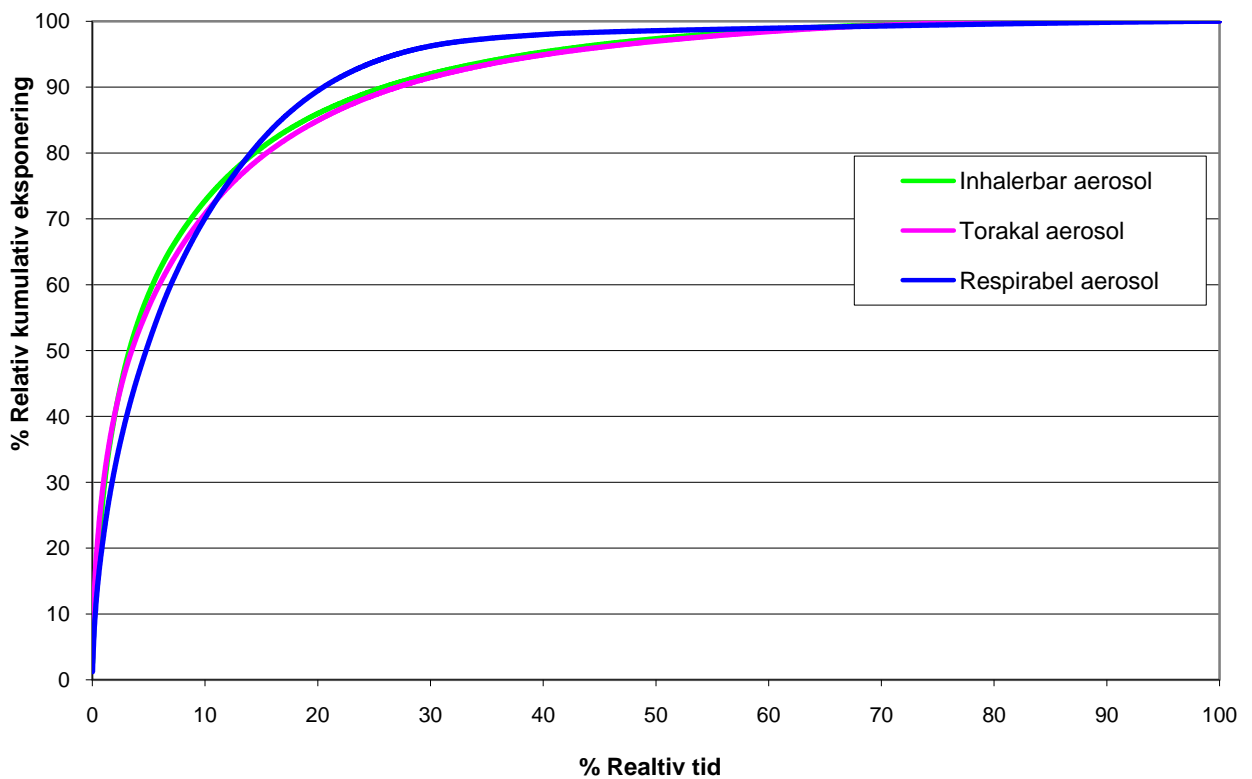


**Figur 13.19: Kumulativ eksponering mot relativ tid for Respiconmålinga vist i fig. 13.18**

Figur 13.19 viser dei ulike kumulative kurvar for dei ulike aerosolfraksjonane frå den direktevisane Respiconprøva vist i figur 13.18. Til saman har ein 43 målingar med direktevisande Respicon. Dette talmaterialet er for lite til å kunne dele opp og samanlikne verk og arbeidsoperasjonar. Gjennomsnittleg viser desse 43 målingane at 50 % av den respirabel kumulative eksponeringa er i løpet av 13,5 % av skifttida og 90 % av den respirable kumulative eksponeringa i løpet av 49 % av skifttida. For torakal aerosol viser gjennomsnittet at 50 % kumulativ eksponering er i løpet av 9 % av tida medan 90 % skjer i løpet av 44 % av tida. For inhalerbar aerosol er tida 6 % og 36 % for høvesvis 50 % og 90 % kumulativ eksponering. Tala viser at eksponeringa for dei ulike aerosolfraksjonane er forskjellig. Dess større partikkelstorleik aerosolen har, dess kortare relativ tid tek det å nå 50 % og 90 % kumulativ eksponering.



Figur 13.20: Eksempel på tidsoppløyst måling med Respicon av ein person i ei avviksgruppe i ein Söderberghall.



Figur 13.21: Kumulativ eksponering mot relativ tid for Respiconprøva vist i figur 13.20.

### 13.4. Personvariasjon av eksponering

Til å sjå på variasjonen i eksponeringa mellom personar og dag til dag variasjon for same personar har vi valt å bruke den torakale aerosolfraksjonen frå Respiconmålingane. I det statistiske grunnlaget nyttar ein blanda modellar (Mixed models) med krav om ein skal ha minimum 3 personar og 6 målingar innan kvar jobbkategori. Ein ser så på variasjonen (geometrisk standardavvik, GSD) mellom arbeidarar (between worker, bw) og dag til dag variasjonen for same arbeidar (within worker, ww).

**Tabell 13.4: Dag til dag variasjon og variasjon mellom arbeidarar for målingane utført ved Elkem Lista i 2003 og 2004**

Verk	Jobb kategori	K (personar)	N (målingar)	AM	GM	GSD	GSDww	GSDbw
<b>Lista1</b>	All	77	147	0.58	0.42	2.13	1.93	1.46
	Omnpassar	31	58	0.46	0.37	1.94	1.96	1
	Awik	16	31	0.90	0.67	2.07	1.98	1.30
	Gasskappeskiftar	4	12	1.08	0.81	2.30	2.36	1
	Målar	5	11	0.37	0.33	1.56	1.40	1.41
	Tappar	13	21	0.41	0.37	1.58	1.45	1.34
	Boltetrekkar	7	8	0.15	0.13	1.71	1.22	1.66
<b>Lista2</b>	All	54	97	0.71	0.53	2.14	1.58	1.94
	Omnpassar	17	30	0.57	0.51	1.60	1.32	1.54
	Awik	10	17	0.85	0.78	1.53	1.17	1.50
	Gasskappeskiftar	4	12	0.85	0.68	2.10	1.77	1.70
	Målar	5	12	0.54	0.35	2.51	1.92	2.00
	Tappar	9	13	0.66	0.61	1.56	1.70	1
	Boltetrekkar	9	9	0.18	0.16	1.55	1.54	1.09
<b>Lista 1+2</b>	All	103	244	0.63	0.46	2.15	1.85	1.59
	Omnpassar	42	88	0.50	0.41	1.87	1.81	1.21
	Awik	20	48	0.88	0.71	1.89	1.71	1.42
	Gasskappeskiftar	4	24	0.96	0.74	2.17	2.22	1
	Målar	8	23	0.46	0.34	2.05	1.92	1.35
	Digelrens	4	10	1.40	0.84	2.59	1.67	3.09
	Tappar	19	34	0.51	0.45	1.66	1.56	1.29
	Boltetrekkar	12	17	0.16	0.15	1.63	1.53	1.27

**Tabell 13.5: Dag til dag variasjon og variasjon mellom arbeidarar for målingane utført ved Elkem Mosjøen i 2003**

Verk	Jobb kategori	K (personar)	N (målingar)	AM	GM	GSD	GSDww	GSDbw
<b>Mosjøen</b>	All	55	100	1.18	0.90	2.04	1.83	1.46
	Omnpassar	21	37	0.87	0.78	1.57	1.34	1.40
	Digelrens	5	10	1.47	1.35	1.56	1.61	1
	Tappar	9	16	1.03	0.86	1.90	1.73	1.42
	Anodeskift	21	37	1.48	0.94	2.60	2.30	1.60

**Tabell 13.6: Dag til dag variasjon og variasjon mellom arbeidarar for målingane utført ved Sør-Norge Aluminium i 2003**

Verk	Jobb kategori	K (personar)	N (målingar)	AM	GM	GSD	GSDww	GSDbw
<b>Sørdal</b>	All	49	99	0.69	0.55	1.86	1.89	1
	Omnspassar	23	36	0.70	0.54	1.93	1.78	1.36
	Tappar	11	19	0.67	0.57	1.71	1.76	1
	Anodeskift	17	39	0.67	0.52	1.89	2.01	1

**Tabell 13.7: Dag til dag variasjon og variasjon mellom arbeidarar for målingane utført ved Hydro Karmøy i 2003**

Verk	Jobb kategori	K (personar)	N (målingar)	AM	GM	GSD	GSDww	GSDbw
<b>Karmøy</b>	All	109	200	1.83	1.35	2.23	1.67	1.92
	Omnspassar	27	46	1.32	1.17	1.70	1.72	1
	Gasskappeskiftar	3	9	2.24	1.82	2.02	2.08	1
	Digelrens	4	10	0.85	0.82	1.29	1.35	1
	Tappar	18	28	0.93	0.79	1.78	1.52	1.50
	Anodeskift	48	77	2.89	2.38	1.89	1.55	1.62
	Oksidkøyning	12	20	0.57	0.47	1.93	1.51	1.63
	Badtapping	5	10	1.70	1.47	1.92	1.40	2.04

**Tabell 13.8: Dag til dag variasjon og variasjon mellom arbeidarar for målingane utført ved Hydro Årdal i 2003**

Verk	Jobb kategori	K (personar)	N (målingar)	AM	GM	GSD	GSDww	GSDbw
<b>Årdal</b>	All	88	192	1.13	0.88	2.00	1.72	1.53
	Omnspassar	19	40	1.09	0.94	1.73	1.68	1.20
	Tappar	16	36	0.93	0.82	1.67	1.56	1.29
	Boltetrekkar	5	10	0.57	0.41	2.23	2.55	1
	Anodeskift	12	27	1.17	1.05	1.57	1.42	1.34
	Oksidkøyning	10	19	0.46	0.40	1.77	1.70	1.24
	Gassbrennar	5	10	0.99	0.89	1.60	1.42	1.39
	Stell/awik	14	30	1.67	1.45	1.74	1.33	1.62
	Bluss/miljø	10	20	1.66	0.96	2.50	2.35	1.40

**Tabell 13.9: Dag til dag variasjon og variasjon mellom arbeidarar for målingane utført ved Hydro Høyanger i 2003**

Verk	Jobb kategori	K (personar)	N (målingar)	AM	GM	GSD	GSDww	GSDbw
<b>Høyanger</b>	All	73	195	1.42	1.01	2.20	1.89	1.58
	Omnspassar	15	29	1.47	1.28	1.72	1.47	1.44
	Målar	6	14	1.19	1.12	1.37	1.37	1
	Tappar	16	35	1.54	1.25	1.82	1.47	1.59
	Boltetrekkar	7	15	1.22	1.03	1.73	1.69	1.17
	Anodeskift	25	46	1.51	1.04	2.58	2.29	1.58
	Oksidkøyning	4	10	0.58	0.41	2.29	2.28	1.13
	Gassbrennar	3	8	1.70	1.44	1.90	1.53	1.88
	Anoderesns	4	11	2.56	1.23	2.66	2.84	1

Frå tabellane 13.4 til 13.9 har ein at med få unntak er dag til dag variasjonen for same arbeidar ( $GSD_{ww}$ ) større enn variasjonen mellom arbeidarar ( $GSD_{bw}$ ). Generelt tyder det på at det som er avgjerande for eksponeringa, er jobben som skal utførast og den varierer i eksponering frå dag til dag. Denne variasjonen er for dei fleste jobbkategoriene ved dei fleste verka større enn variasjonen mellom arbeidarar som skal utføre den same jobben.

## 14. Effektiviteten av verneutstyr ved bruk

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 aluminiumindustri.

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 slangar tilpassa 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 talmateriale til å trekkje vitenskaplege slutningar frå når ein har stor spreiding i resultata. Studien er derfor å rekne som ei pilotstudie og ikkje eit fullverdig vitenskapleg 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 (>95 % samanlikna med inhalerbar aerosol) enn P2-maskene (>85 % samanlikna med inhalerbar aerosol). Ein kan derfor vente seg eit betre vern av luftvegane ved å bruke masker klassifisert for aerosolar som P3 framfor masker klassifisert som P2.

Den fullstendige rapporten kan fåast ved å ta kontakt med STAMI eller AMS (STAMI-rapport Nr. 3, 2004: HAPPA-delrapport 2: Effektivitet av vernemasker ved bruk).

## 15. Ultrafine partiklar

Ultrafine partiklar har blitt karakterisert i arbeidsatmosfæren på forskjellige plasser i Søderberg- og prebakehallene ved Hydro Aluminium Karmøy. Totale partikkelkonsentrasjonar og partikkel storleiksfordelingar som funksjon av mobilitetsdiameter vart kontinuerlig målt over lengre tidsperiodar. I tillegg vart prøver av luftbårne partiklar samla inn ved termoforetisk avsetning på koparrgitter. Kopargittra vart undersøkt ved transmisjonselektronmikroskopi for fastsetjing av partiklane sin morfologi. Forureiningane til hallene frå elektrolysecellene i Søderberg- og prebakehallane vart studert. Spesielt ble arbeidsatmosfæren under anodeskift i prebakehallane studert.

Midla bakgrunn partikkelkonsentrasjon vart fastsett til 20000 partiklar/cm<sup>3</sup> for den eine prebakehallen med 10 gonger høgare toppkonsentrasjonar under anodeskiftoperasjonar. Hallen med søderbergteknologi førte til meir forureining for ultrafine partiklar med midla konsentrasjonar i storleiksorden 80000 partiklar/cm<sup>3</sup>. Den målte midla storleiksfordelinga av partiklane som funksjon av tid viste ein bimodal struktur med ein maksimal konsentrasjon ved eller under 10 nm og et anna maksimum ved partikkelstorleik på 50-100 nm.

Dei luftborne partiklane viste eit stort tal forskjellige morfologiske strukturer som blant anna omfatta lange tynne fiber, kjedeliknande agglomerat og forskjellige former av krystallittar. Berre ein liten fraksjon av partiklane med storleik rundt 10 nm kunne identifiserast på TEM bileta, noko som indikerte at disse partiklane kunne være flyktige.

Meir detaljert informasjon om disse partiklane kan bli tilgjengelig ved nærmarar mikroanalytiske undersøkingar.

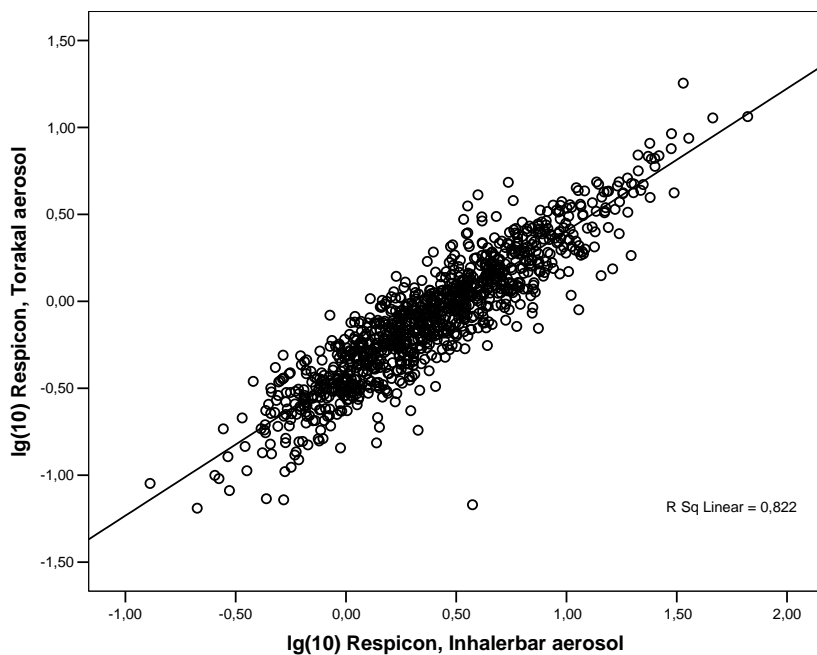
Den fullstendige rapporten kan fåast ved å ta kontakt med STAMI eller AMS (Delrapport 1: Karakterisering av eksponering for ultrafine partiklar i elektrolysehaller ved produksjon av primæraluminium , STAMI-rapport 2003/6 og AMS/MS-rapport 39-03).

## 16. Tilrådingar for framtidige eksponeringsmålingar

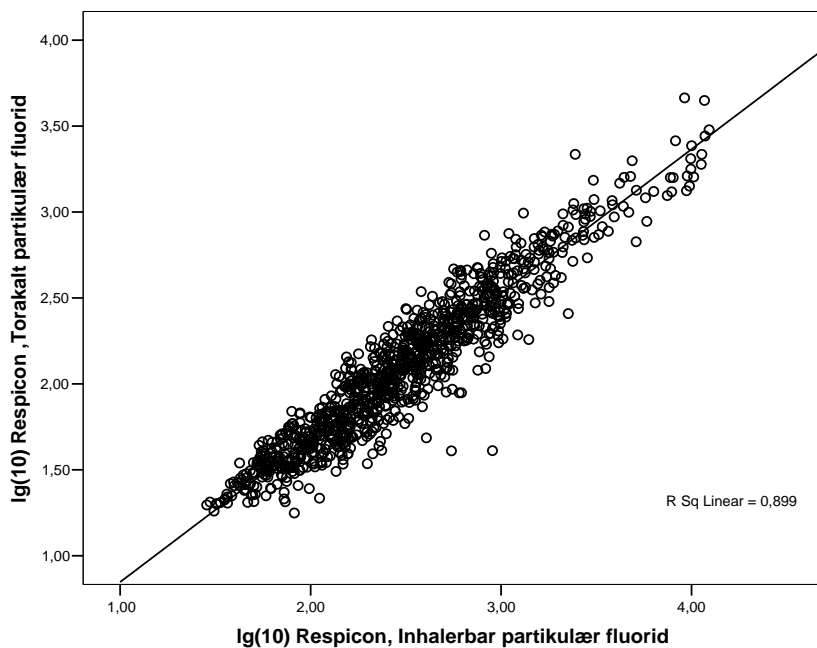
Eksponeringsmålingar for vurdering av arbeidsmiljøet må baserast på personleg prøvetaking fordi arbeidsatmosfæren som ein arbeidar opplever varierer, sjølv mellom arbeidstakarar som jobbar fysisk nær kvarandre. Dette er klart vist i denne undersøkinga ved den tydelege variasjonen mellom operatørar for alle forureiningsparametrane. Vidare viser undersøkinga at den personlege eksponeringa er svært variabel over arbeidsdagen med klart definert "topp-eksponering"/episodar ved identifiserte arbeidsoperasjonar. For å kunne redusere den totale eksponeringa for operatørane er det derfor viktig å fokusere på dette. Bruk av direktevisande utstyr bør vere til god hjelp for å kunne jobbe med kontinuerlege forbetringar av arbeidsmiljøet.

Med bakgrunn i ynskje om å modernisere arbeidsmiljømålingar i Al-industrien og med spesielt fokus på astmaproblematikken anbefalast det fyrst og fremst å fokusere på forureiningskomponentar som kan penetrere til det torakale området i luftvegane

(Vincent, 1995). Dette medfører eksponeringsmålinger av den torakale aerosolfraksjonen og gassar. Eit overvåkingsprogram bør også være rasjonelt og helst minst mogeleg ressurskrevjande. Utvalet av kommersielt tilgjengelege torakale prøvetakarar for simultan prøvetakinga av gassar og torakal aerosol er uheldigvis i dag svært avgrensa, men tilgjengeleg.

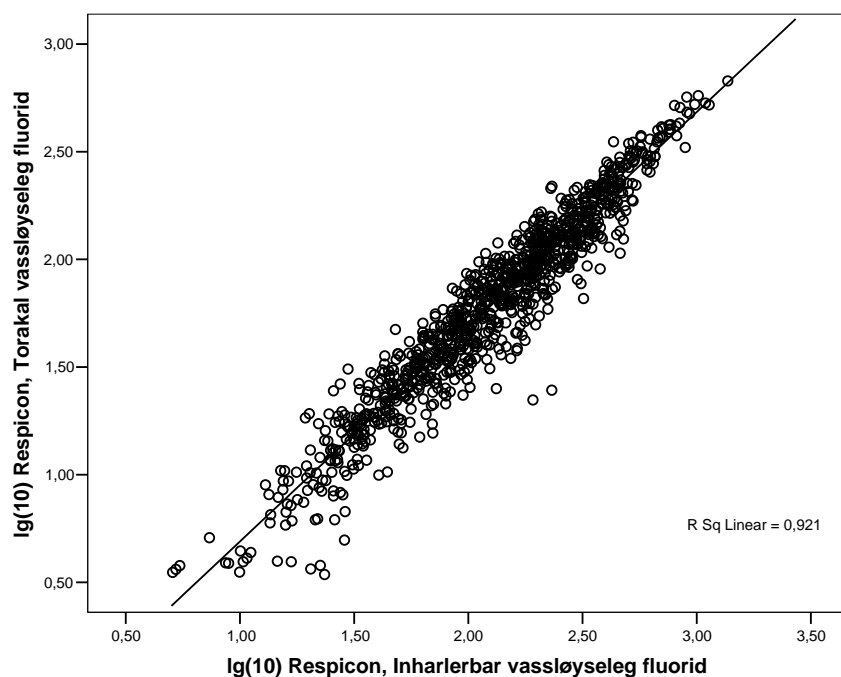


**Fig.16.1: Samanlikning mellom konsentrasjonar av inhalerbar aerosol og torakal aerosol, begge aerosolfraksjonane prøvetatt med Respicon**



**Fig. 16.2: Samanlikning mellom konsentrasjonen av inhalerbar partikulær fluorid med torakal partikulær fluorid, begge prøvetatt med Respicon.**

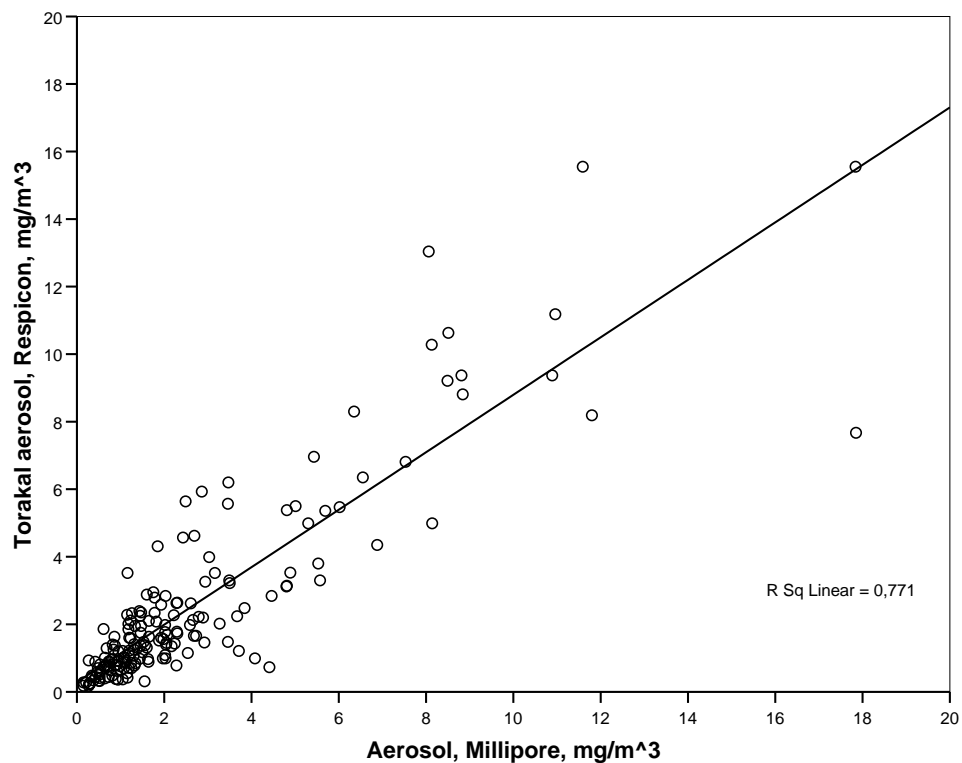




**Fig. 16.3: Samanlikning mellom konsentrasjonen av inhalerbar vassløseleg fluorid med torakal vassløseleg fluorid, begge prøvetatt med Respicon.**

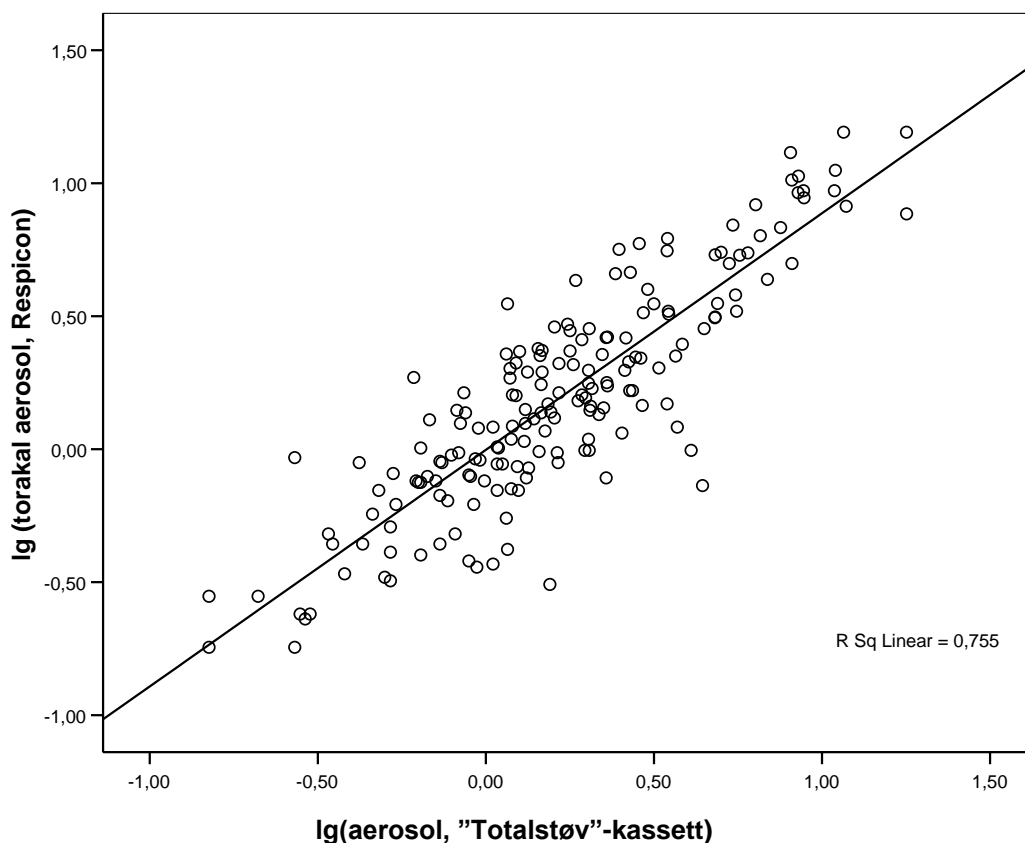
Frå figurane 16.1, 16.2 og 16.3 kjem det klart fram at samanhengane både for total masse, vassløseleg fluorid og partikulært fluorid er så god at det burde være nok å ta prøver av anten den torakale eller den inhalerbare aerosolfraksjonen. Ved berre å ta prøve av den torakale fraksjonen kan ein difor estimere den inhalerbare aerosolfraksjonen. Denne samanhengen er funnen basert på alle målingane i både prebake og Søderberg, med alle dei ulike jobbkategoriane.

I utvidinga av prosjektet med prøvetaking på Karmøy og Sunndalsøra vart det gjort ei samanlikning med den tradisjonelle "totalstøv"-kassetten. Det er tidlegare vist at denne kassetten underestimerer den inhalerbare aerosolen (Werner et. al. 1996). Graden av underestimering er avhengig av partikkelstorleiksfordelinga.



**Fig. 16.4: Samanlikning av konsentrasjonen av aerosol målt med "Totalstøv"-kassetten med og torakal aerosol målt med Respicon.**

Fordelinga av resultatane frå dei ulike prøvetakarane og forureiningane viser seg ikkje å være normalfordelte. For å kunne nytte vanlege statistiske metodar som krev normalfordelte data, måtte ein lg-transformere alle data.



**Fig. 16.5: Samanlikning av Aerosol målt med "Totalstøv"-kassetten med torakal aerosol målt med Respicon lg transformerte data.**

Dersom ein ser på samanhengen mellom aerosol målt med "Totalstøv"-kassetten og den torakale aerosolen målt med Respicon, kan ein uttrykke fylgjande lineære samanheng:

$$(1) \lg(\text{Torakal Aerosol}_{\text{Respicon}}) = -0,002 + 0,890 \times \lg(\text{Aerosol}_{\text{"Totalstøv"-kasset}})$$

med  $R^2 = 0,755$

Med 95 % konfidensintervall frå 0,814 til 0,965 for verdien 0,890 og frå  $-0,037$  til  $-0,032$  for verdien  $-0,002$

Ein annan strategi er å samanlikne forholda  $\left(\frac{\text{Torakal Aerosol}_{\text{Respicon}}}{\text{Aerosol}_{\text{"Totalstøv"-kasset}}}\right)$  mellom dei to

prøvetakarane direkte på parallelle prøver. Sidan forholda ikkje er normalfordelte må ein bruke lg-transformerte verdiar av forholda. Datasettet vart valt delt inn i 3 konsentrasjonsgrupper med omlag like mange målingar i kvar av gruppene. Inndelinga og resultat er gjeve i tabell 16.1.

**Tabell 16.1: Resultat av analysen av forholdet mellom torakal aerosol målt med Respicon og aerosol målt med "Totalstøv"-kassetten.**

Nivå torakal aerosol, mg/m <sup>3</sup>	Talet på målinger, n	Gjennomsnitt (lg(Torakal Aerosol/Aerosol "Totalstøv"-k.))	95 % Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre grense	Øvre grense		
DL – 0,980	60	-0,0912	-0,1500	-0,0325	-0,78	0,54
0,981-2,220	60	-0,0416	-0,0929	0,0098	-0,62	0,48
2,221-17,85	59	0,0546	0,0083	0,1009	-0,37	0,48
Totalt	179	-0,0265	-0,0575	0,0045	-0,78	0,54

Logaritmisert gjennomsnittleg forhold mellom torakal aerosol målt med Respicon og aerosol målt med "Totalstøv"-kassetten blir –0,0265. Forholdet mellom torakal aerosol målt med Respicon og "Totalstøv"-kassetten kan derfor uttrykkest:

$$(2) \lg \frac{\text{Torakal Aerosol}_{\text{Respicon}}}{\text{Aerosol}_{\text{"Totalstøv"-kassetten}}} = 0,0265 \text{ med } 95\% \text{ konfidensintervall } (-0,0575 - 0,0045)$$

ved å rekne om, kan ein uttrykke forholdet slik:

$$(3) \text{Torakal aerosol}_{\text{Respicon}} = 0,94 \times \text{Aerosol}_{\text{"Totalstøv"-kassetten}}, \text{ med } 95 \% \text{ konfidensintervall } 0,88 - 1,01$$

Det ser derfor ut som om ein kan bruke enten likning (1) eller likning (3) til å estimere den torakale personlege eksponeringa der ein har brukt "Totalstøv"-kassetten. Modellane 1 og 3 modellerar ikkje den torakale eksponeringa likt. I modell 1 vil ein ha eit større prosentvis avvik dess høgare målt "Totalstøv"-eksponering, medan i modell (2) er forholdet konstant (94%), uavhengig av eksponeringsnivå.

Fortsetninga for tilrådingar av ny målestrategi er at ein brukar utstyr som er spesifikk for den aerosolfraksjonen ein har valt å fokusere på. I høve problemstillinga med astma vurderer vi primært å fokusere på den torakale aerosolfraksjonen og gassar fordi dette når ned til målorganet. Det er også eit poeng at prøvetakinga blir harmonisert mellom alle verk og mellom dei ulike arbeidsoperasjonane.

Tilrådingane frå prosjektet er å nytte ein torakal aerosolprøvetakar (torakal sykklon) kombinert med oppsamling av gass på impregnerte støtteplater. Vi meiner også at ut frå dei eksisterande rammevilkåra (les: Administrative normer) vil fastsetjing av torakal aerosol, torakalt partikulært fluorid og gassane HF/SO<sub>2</sub> være nok for rutinemessing overvaking av arbeidsmiljøet.

For å kunne redusere talet på episodar er det viktig at ein brukar direktevisane utstyr. Dette gjeld for både gassar og aerosolar. Direktevisane utstyr saman med PIMEX (Picture Mixed Exposure), der ein fylgjer utvalte arbeidsoperasjonar med video kan være viktig og eit nødvendig hjelpemiddel til å kunne gjere målretta tiltak for reduksjon av den personlege eksponeringa. Det er derfor tilrådeleg at eksponeringsutsette arbeidsoperasjonane blir gjennomgått grundig ved bruk av direktevisande utstyr og PIMEX.

## 17. Referansar

Helmut Hund GmbH, Dust Sampling Instrument – Respicon – *Technical Description and Instruction Manual*, Version: 3.0, December 2000, <http://hund.de>.

Hurlbut CS and Klein C, *Manual of Mineralogy 19th edition*: John Wiley & Sons. NY, USA, 1971.

Nieboer E, Thomassen Y, Chashchin V, and Odland JO, Occupational exposure assessment of metals, *J of Environ Monit.* 2005; 7: 412-415.

Koch W, Dunkhorst W, Lödding H, Thomassen Y, Skaugset NP, Nikanov A, Vincent J, Evaluation of the Respicon® as a personal sampler in industrial environments, *J of Environ Monit.*, 2002; 4: 657-662.

Koch W, Dunkhorst W, Thomassen Y, Skaugset NP, Ellingsen DG, Jordbekken L og Drabløs PA, HAPPA — Delrapport nr 1: Karakterisering av eksponering for ultrafine partikler i elektrolysehaller ved produksjon av primæraluminium, *STAMI-rapport 2003/6*.

Li S-N, Lundgren DA, Rovell-Rixx, D, Evaluation of six inhalable aerosol samplers, *Am Ind Hyg Assoc J.* 2000; 61: 506-516.

Mark D and Vincent JH, A new personal sampler for airborne total dust in workplaces. *Ann of Occup Hyg.* 1986; 30: 89-102.

Miller JC and Miller JN, *Statistics for Analytical Chemistry*. British Library Cataloguing in Publishing Data. 1993.

Morris JB, Smith FA, Regional deposition and absorption of inhaled hydrogen fluoride in the rat. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1982; 62: 81-89.

Norseth, T., *STAMI, Kriteriedokument for svoveldioksid*, 2002.

NS-EN 481 Arbeidsplassluft – Definisjoner av partikkelstørrelse for måling av luftbårne partikler.

Skaugset NP, Thomassen Y, Ellingsen DG, Jordbekken L og Notø H, HAPPA – Delrapport nr. 2: Effektivitet av vernemasker ved bruk, *STAMI-rapport 2004/3*.

Tsai PJ Vincent J, Wahl G, Maldonado G, Occupational exposure to inhalable and total aerosol in the primary nickel production industry. *Occu Environ Med.* 1995; 52: 793-799.

Vincent JH, *Aerosol Science for Industrial Hygienists*, 1995, Pergamon, Oxford, UK.

Vincent JH Progress towards implementation of new aerosol industrial hygiene standards, with special reference to the aluminium industry. *Sci Tot Environ.* 1995; 163: 3-9.

Vincent, J.H, *Aerosol Sampling, Science, Standards, Instrumentation and Applications*, 2007, Wiley & Sons, West Sussex, UK.

Werner MA, Spear TM and Vincent JH, Investigation into the impact of introducing workplace aerosol standards based on the inhalable fraction, *Analyst*, 1996; 121: 1207-1214.

Whitford GM, The physiological and toxicological characteristics of fluoride. *J Dent Res.* 1990; 69: 539-549.

World Health Organization (WHO). *Environmental Health Criteria 188*. Nitrogen oxides (second edition), WHO, Geneva, Switzerland, 1997.

World Health Organization (WHO). *Environmental Health Criteria 227*. Fluorides. WHO, Geneva, Switzerland, 2002.

## 18. Appendiks

### 18.1. Resultat fordelt på verk

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Max
<b>Inhalerbar aerosol, IOM, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	64	1700	1200	1000	2500	500	9200
Mosjøen	86	5400	3300	2700	3900	200	119000
SØRAL	92	3400	2400	2100	2900	600	2800
Karmøy	167	6800	4700	4200	5400	800	65000
Årdal	168	3900	2500	2200	2800	700	111000
Høyanger	191	4400	3000	2600	3400	800	33000
Lista 2	96	3100	2300	2000	2700	400	15000
<b>Vassløseleg fluorid, IOM, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	64	99	57	43	75	6,9	416
Mosjøen	87	292	230	194	272	27	754
SØRAL	90	211	173	149	201	3,5	868
Karmøy	162	279	216	192	242	34	1291
Årdal	167	170	120	103	141	2,8	578
Høyanger	191	231	182	163	203	3,9	715
Lista 2	96	119	83	69	100	3,2	495
<b>Respirabel aerosol, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	330	240	210	270	40	2100
Mosjøen	100	470	390	340	440	50	2100
SØRAL	100	280	240	220	260	160	1700
Karmøy	200	680	570	530	620	80	2600
Årdal	192	590	440	390	490	50	4300
Høyanger	195	640	500	450	550	50	6900
Lista 2	98	420	290	240	340	40	4400
<b>Torakal aerosol, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	580	420	370	480	70	4800
Mosjøen	100	1200	900	780	1030	120	11000
SØRAL	99	690	550	490	620	280	3500
Karmøy	200	1800	1350	1200	1510	150	8700
Årdal	192	1100	880	790	970	100	12000
Høyanger	195	1400	1010	910	1130	90	18000
Lista 2	98	750	540	460	630	60	6800
<b>Inhalerbar aerosol, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	1800	1300	1200	1500	270	14000
Mosjøen	100	5000	3500	2900	4100	380	46000
SØRAL	99	1900	1500	1300	1700	460	13000
Karmøy	199	6400	4000	3500	4600	480	36000
Årdal	192	3900	2800	2500	3100	450	66000
Høyanger	194	4200	2800	2500	3200	130	34000
Lista 2	98	2300	1700	1400	1900	210	23000

				95 % konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>Respirabelt vassløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	24	13	11	15	1,9	191
Mosjøen	100	59	41	35	49	8,2	256
SØRAL	100	33	29	26	32	6,6	94
Karmøy	199	64	49	44	55	6,3	197
Årdal	192	53	37	32	42	2,0	299
Høyanger	195	62	47	42	52	5,5	319
Lista 2	96	34	22	18	26	1,8	224
<b>Torakalt vassløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	36	22	19	26	3,4	221
Mosjøen	100	122	88	74	104	9,6	674
SØRAL	100	68	55	49	63	15	221
Karmøy	200	145	102	90	115	12	576
Årdal	192	93	65	57	74	3,5	521
Høyanger	195	109	82	73	91	8,7	567
Lista 2	96	56	37	30	44	3,6	532
<b>Inhalerbart vassløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	73	50	44	58	7,3	404
Mosjøen	100	278	214	184	250	20	1368
SØRAL	100	142	111	97	128	22	542
Karmøy	200	279	195	172	222	20	1016
Årdal	192	189	136	119	155	5,1	1135
Høyanger	195	203	153	137	171	20	905
Lista 2	96	110	75	63	90	5,2	1092
<b>Respirabelt lutløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	21	14	13	16	7,6	208
Mosjøen	100	44	30	26	36	8,4	218
SØRAL	100	19	16	14	18	8,5	78
Karmøy	200	80	39	33	46	8,0	585
Årdal	192	43	26	22	29	3,2	745
Høyanger	192	59	36	32	42	8,3	582
Lista 2	96	21	14	12	17	7,7	247
<b>Torakalt lutløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	37	27	24	30	14	371
Mosjøen	100	134	83	69	100	16	1756
SØRAL	100	48	36	31	41	15	276
Karmøy	200	314	110	90	135	14	3881
Årdal	192	90	55	48	63	13	675
Høyanger	192	154	74	64	86	15	4045
Lista 2	96	46	29	25	34	14	807
<b>Inhalerbart lutløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	99	65	57	75	20	767
Mosjøen	100	641	371	303	455	39	8646
SØRAL	100	142	99	85	117	25	796
Karmøy	200	1363	351	277	445	20	11523
Årdal	192	254	158	137	183	21	1704
Høyanger	189	462	195	164	232	24	8293
Lista 2	96	156	84	70	102	20	4041



				95 % Konfidensintervall		Min	Maks
	N	AM	GM	Nedre	Øvre		
<b>Respirabelt partikulært fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	44	30	26	34	10	357
Mosjøen	100	103	74	63	87	20	438
SØRAL	100	52	46	41	51	16	148
Karmøy	200	144	94	82	107	14	756
Årdal	192	97	67	59	76	12	796
Høyanger	192	121	88	79	99	16	800
Lista 2	96	55	38	32	45	10	472
<b>Torakalt partikulært fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	73	52	46	59	18	460
Mosjøen	100	256	175	148	208	31	2430
SØRAL	100	116	93	83	106	33	442
Karmøy	200	459	228	193	269	26	4457
Årdal	192	183	128	113	145	20	967
Høyanger	192	264	163	144	186	26	4613
Lista 2	96	102	69	58	81	20	1339
<b>Inhalerbart partikulært fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	147	172	120	105	137	31	1037
Mosjøen	100	919	599	499	720	61	10013
SØRAL	100	284	215	186	248	59	1338
Karmøy	200	1642	596	488	727	42	12368
Årdal	192	443	306	269	348	30	2471
Høyanger	189	667	367	317	425	54	9198
Lista 2	96	266	162	136	194	28	5134
<b>HF frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	65	141	90	73	111	20	965
Mosjøen	87	110	72	60	86	19	920
SØRAL	90	56	44	38	51	7,4	259
Karmøy	166	95	62	54	71	12	640
Årdal	161	121	68	57	81	3,0	601
Høyanger	191	159	83	69	99	4,2	717
Lista 2	94	141	91	74	111	1,4	872
<b>Totalfluorid, (Inhalerbart partikulært fluorid + F frå impregnert filter), µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	62	316	219	178	268	56	1953
Mosjøen	87	1013	663	547	805	93	10153
SØRAL	90	337	275	241	313	70	1415
Karmøy	162	1353	552	453	672	68	11794
Årdal	159	551	385	334	444	41	2499
Høyanger	185	821	523	457	599	67	9206
Lista 2	92	345	258	219	303	40	1360
<b>Aerosol, Respirabel syklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	11	250	190	110	330	40	590
Mosjøen	9	560	440	250	780	170	1100
SØRAL	7	320	290	190	450	180	670
Karmøy	18	540	520	440	600	290	980
Årdal	16	450	400	300	530	130	900
Høyanger	18	680	460	310	680	150	4100
Lista 2	9	410	320	180	560	120	1000

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>Vassløseleg fluorid, Respirabel sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	11	25	14	6,7	29	3,7	102
Mosjøen	9	73	50	24	106	11	202
SØRAL	7	39	36	24	55	18	77
Karmøy	18	68	57	42	77	20	175
Årdal	16	42	32	22	48	14	107
Høyanger	18	78	54	35	82	17	287
Lista 2	9	73	39	16	93	8,2	327
<b>Lutløseleg fluorid, Respirabel sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	11	19	10	5,3	21	5,5	93
Mosjøen	9	79	48	22	107	18	233
SØRAL	7	16	15	8,7	25	5,1	29
Karmøy	18	25	15	9,4	25	5,2	129
Årdal	16	73	49	28	85	5,0	185
Høyanger	18	34	26	18	39	7,2	96
Lista 2	9	26	18	9	35	5,0	91
<b>Aerosol, Torakal sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	13	400	320	200	510	60	860
Mosjøen	10	730	580	330	1010	150	1900
SØRAL	10	450	370	220	600	110	1100
Årdal	42	490	410	330	500	60	1300
Høyanger	55	660	540	440	650	50	2700
Lista 2	26	370	310	240	400	60	1300
<b>Vassløseleg fluorid, Torakal sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	13	49	28	14	56	4,3	162
Mosjøen	10	120	85	44	164	20	394
SØRAL	10	57	43	26	73	22	155
Årdal	42	64	48	37	62	7,4	179
Høyanger	55	83	63	51	78	8,3	403
Lista 2	26	38	24	16	34	3,6	209
<b>Lutløseleg fluorid, Torakal sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	13	19	14	8,6	22	6,6	57
Mosjøen	10	73	53	30	94	15	275
SØRAL	10	30	24	14	40	7,8	72
Årdal	42	23	17	14	22	5,9	75
Høyanger	55	46	32	25	41	9,4	228
Lista 2	26	19	12	9,0	17	6,2	123
<b>SO<sub>2</sub> frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Lista 1	65	127	67	51	88	7	820
Mosjøen	87	356	203	160	257	20	2352
SØRAL	90	126	89	74	106	12	507
Karmøy	166	172	128	112	146	9	570
Årdal	161	140	59	48	72	4	1491
Høyanger	191	164	109	96	125	5	1623
Lista 2	94	132	99	83	117	2	463

## 18.2. Resultat fordelt på arbeidsstad

				95 % Konfidensintervall		Min	Maks
	N	AM	GM	Nedre	Øvre		
<b>Aerosol, IOM, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	304	5300	3290	2960	3670	200	650
Søderberg	362	3700	2650	2430	2900	370	240
Anoderens	19	4100	2410	1570	3690	830	330
Digelrom	36	3300	2900	2400	3510	550	70
Tappar	143	2500	2450	2140	2800	580	1200
<b>Vassløseleg fluorid, IOM, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	300	278	212	193	233	2,8	1291
Søderberg	360	147	100	90	110	3,2	697
Anoderens	19	194	151	106	215	49	566
Digelrom	37	302	258	205	324	22	754
Tappar	141	204	161	140	185	3,1	684
<b>Respirabel aerosol, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	357	550	420	390	450	50	2700
Søderberg	448	520	360	340	390	40	6900
Anoderens	19	540	330	230	470	150	4900
Digelrom	41	490	390	320	470	140	2900
Tappar	167	480	400	370	440	50	2400
<b>Torakal aerosol, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	356	1400	980	890	1070	100	11000
Søderberg	448	1000	710	650	770	60	12000
Anoderens	19	1700	800	520	1240	220	18000
Digelrom	41	1100	870	710	1070	270	6800
Tappar	167	950	760	690	840	160	6900
<b>Inhalerbar aerosol, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	356	5000	3070	2760	3410	290	46000
Søderberg	447	3600	2290	2100	2490	130	66000
Anoderens	19	3700	1940	1230	3060	530	34000
Digelrom	41	2900	2120	1700	2640	650	23000
Tappar	166	2700	2010	1810	2240	340	26000
<b>Respirabelt vassløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	356	60	45	42	49	6,6	256
Søderberg	446	38	23	20	25	1,8	319
Anoderens	19	34	23	15	34	5,5	218
Digelrom	41	67	52	42	64	14	224
Tappar	167	54	42	38	47	8,4	266
<b>Torakalt vassløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	357	131	92	84	101	8,7	674
Søderberg	446	61	39	35	42	3,4	521
Anoderens	19	91	54	33	88	12	567
Digelrom	41	142	113	91	140	31	532
Tappar	167	97	75	67	84	10	519

	95 % konfidensintervall						Min	Maks
	N	AM	GM	Nedre	Øvre			
<b>Inhalerbart vassløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>								
Prebake	357	268	193	177	212	20	1368	
Søderberg	446	122	81	74	88	5,1	1135	
Anoderens	19	176	108	66	176	24	905	
Digelrom	41	268	216	176	266	64	1092	
Tappar	167	183	144	130	161	22	814	
<b>Respirabel lutløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>								
Prebake	357	72	40	35	44	8,4	585	
Søderberg	443	25	17	16	19	3,2	269	
Anoderens	19	66	28	16	51	8,3	582	
Digelrom	41	45	28	21	37	8,7	247	
Tappar	167	43	24	21	28	7,3	745	
<b>Torakalt lutløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>								
Prebake	357	256	106	93	122	15	3881	
Søderberg	443	50	35	32	37	14	535	
Anoderens	19	313	72	34	149	15	4045	
Digelrom	41	117	73	54	98	16	807	
Tappar	167	79	49	43	56	13	1068	
<b>Inhalerbart lutløseleg fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>								
Prebake	356	1068	360	309	420	24	11523	
Søderberg	441	148	91	83	100	20	1520	
Anoderens	19	730	188	89	395	38	8293	
Digelrom	41	385	208	151	287	24	4041	
Tappar	167	248	143	124	166	23	6950	
<b>Respirabelt partikulært fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>								
Prebake	357	132	89	81	98	16	756	
Søderberg	443	64	43	40	46	10	486	
Anoderens	19	100	53	32	87	16	800	
Digelrom	41	111	82	65	104	24	472	
Tappar	167	97	71	63	79	18	796	
<b>Torakalt partikulært fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>								
Prebake	357	387	208	186	233	26	4457	
Søderberg	443	112	77	71	83	18	967	
Anoderens	19	404	132	70	249	27	4613	
Digelrom	41	259	192	151	243	49	1339	
Tappar	167	176	130	116	146	30	1586	
<b>Inhalerbart partikulært fluorid, Respicon, µg/m<sup>3</sup></b>								
Prebake	356	1336	588	516	671	44	12368	
Søderberg	441	270	177	162	193	28	2471	
Anoderens	19	906	309	161	594	70	9198	
Digelrom	41	654	438	337	568	88	5134	
Tappar	167	431	297	263	336	46	7750	
<b>HF frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>								
Prebake	302	107	70	63	77	3,0	737	
Søderberg	355	151	83	74	93	1,4	965	
Anoderens	19	22	20	16	26	7,9	44	
Digelrom	36	68	40	28	59	4,8	244	
Tappar	142	96	67	59	77	4,2	920	

				95 % konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>Totalfluorid (Inhalerbart partikulært fluorid + HF frå impregnert filter), µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	299	1232	631	556	716	61	11794
Søderberg	343	419	286	261	315	40	2499
Anoderens	19	927	346	187	640	81	9206
Digelrom	36	595	458	359	585	102	3049
Tappar	140	552	412	367	463	88	7916
<b>Aerosol, Respirabel sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	28	450	390	310	480	130	1100
Søderberg	42	510	360	280	470	40	4100
Anoderens	1	250	250				
Digelrom	5	700	680	490	950	550	1100
Tappar	12	400	360	270	480	170	840
<b>Vassløseleg fluorid, Respirabel sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	28	59	46	34	61	11	175
Søderberg	42	54	31	22	43	3,7	327
Anoderens	1	22	22				
Digelrom	5	109	101	62	167	77	202
Tappar	12	54	43	28	66	14	151
<b>Lutløseleg fluorid, Respirabel sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	28	58	37	25	55	5,1	192
Søderberg	42	28	16	11	22	5,0	146
Anoderens	1	15	15				
Digelrom	5	84	53	14	205	18	233
Tappar	12	25	20	13	31	5,0	71
<b>Aerosol, Torakal sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	53	550	440	360	540	50	1400
Søderberg	72	460	370	310	430	60	2700
Anoderens	5	480	450	270	740	280	800
Digelrom	6	990	860	450	1630	350	1900
Tappar	20	650	560	420	740	160	1600
<b>Vassløseleg fluorid, Torakal sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	53	74	60	49	72	15	179
Søderberg	72	47	30	24	37	3,6	403
Anoderens	5	45	33	11	104	12	92
Digelrom	6	170	139	68	288	63	394
Tappar	20	103	88	67	117	26	286
<b>Lutløseleg fluorid, Torakal sykklon, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	53	47	35	29	44	7,8	228
Søderberg	72	18	14	11	16	5,9	76
Anoderens	5	35	21	5,4	85	9,4	95
Digelrom	6	94	61	20	181	18	275
Tappar	20	39	27	18	41	7,7	119
<b>SO<sub>2</sub> frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Prebake	302	259	163	146	182	7,3	2352
Søderberg	355	154	98	88	110	1,9	820
Anoderens	19	59	52	40	66	22	141
Digelrom	36	59	47	37	60	10	222
Tappar	142	66	48	42	54	5,1	580

### 18.3. Resultat frå EAL januar 2003

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>IOM, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	24	990	840	670	1100	480	2400
Avvik	6	4000	2500	740	8500	570	9200
Gasskappeskiftar	8	3300	2700	1400	5300	500	5900
Måler	6	2200	1400	470	4000	530	7000
Digelrens	5	1900	1700	770	3800	550	2500
Tappar	9	1100	920	620	1400	580	2700
Boltetrekkar	6	670	660	540	800	540	880
<b>IOM, inhalerbart vassløyselig fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	24	42	34	25	46	6,9	104
Avvik	6	195	92	17	488	9,5	416
Gasskappeskiftar	8	161	136	76	243	32	278
Måler	6	137	98	40	244	38	398
Digelrens	5	209	156	39	614	22	306
Tappar	9	100	84	52	134	33	245
Boltetrekkar	6	14	12	7,1	20	8,1	32
<b>RESPICON, respirabel aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	270	200	170	240	40	1800
Avvik	31	530	390	290	520	40	2100
Gasskappeskiftar	12	540	380	220	650	100	2000
Måler	11	260	150	100	210	40	230
Digelrens	6	300	290	220	390	200	400
Tappar	21	270	250	220	290	140	510
Boltetrekkar	8	80	70	50	120	40	160
<b>RESPICON, torakal aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	460	370	310	440	70	2600
Avvik	31	900	670	510	880	210	4800
Gasskappeskiftar	12	1100	810	470	1400	180	3000
Måler	11	370	330	240	450	190	1100
Digelrens	6	530	490	290	800	270	770
Tappar	21	410	370	300	460	180	800
Boltetrekkar	8	150	130	80	200	70	250
<b>RESPICON, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	1800	1300	1100	1500	420	14000
Avvik	31	2600	2100	1700	2600	620	8700
Gasskappeskiftar	12	3100	2500	1600	4000	520	7600
Måler	11	1100	950	660	1400	550	3700
Digelrens	6	1400	1300	870	1900	710	2000
Tappar	21	1000	910	720	1100	340	2400
Boltetrekkar	8	480	450	310	630	270	760

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON respirabelt vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	11	7,0	5,5	8,8	1,9	130
Avvik	31	45	26	17	39	2,1	191
Gasskappeskiftar	12	35	23	12	43	5,1	148
Måler	11	14	12	9	17	7,8	48
Digelrens	6	41	38	23	61	19	70
Tappar	21	29	23	17	31	8,7	108
Boltetrekkar	8	4,3	3,6	2,1	6,0	1,9	10
<b>RESPICON, torakalt vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	19	14	11	17	3,4	145
Avvik	31	60	38	27	55	3,6	221
Gasskappeskiftar	12	52	38	22	66	8,0	171
Måler	11	33	21	13	36	9,0	172
Digelrens	6	70	66	44	98	40	92
Tappar	21	40	32	24	43	10	142
Boltetrekkar	8	7,6	7,1	5,2	9,7	4,4	12
<b>RESPICON, inhalerbar vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	46	34	28	41	8,7	223
Avvik	31	110	82	62	109	20	404
Gasskappeskiftar	12	121	96	61	153	26	281
Måler	11	71	49	30	82	21	348
Digelrens	6	141	135	95	192	75	196
Tappar	21	69	60	46	77	22	176
Boltetrekkar	8	17	15	11	22	7,3	27
<b>RESPICON, respirabelt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	15	11	10	13	7,6	134
Avvik	31	40	24	17	35	8,2	208
Gasskappeskiftar	12	15	14	11	18	8,0	35
Måler	11	12	11	8,4	14	7,9	28
Digelrens	6	34	27	12	61	8,7	68
Tappar	21	15	13	11	16	8,8	35
Boltetrekkar	8	12	11	8,6	15	8,1	23
<b>RESPICON, torakalt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	28	22	19	25	14	238
Avvik	31	66	42	30	58	16	371
Gasskappeskiftar	12	32	30	23	38	21	63
Måler	11	30	23	15	35	14	118
Digelrens	6	66	52	22	125	16	111
Tappar	21	26	24	20	29	16	58
Boltetrekkar	8	20	19	16	23	14	29
<b>RESPICON, inhalerbart lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	71	50	41	61	20	415
Avvik	31	182	126	92	171	23	767
Gasskappeskiftar	12	113	90	57	143	31	245
Måler	11	83	56	34	95	25	400
Digelrens	6	166	136	61	305	36	303
Tappar	21	61	51	39	66	23	197
Boltetrekkar	8	33	32	25	40	21	50

	95 % Konfidensintervall						
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, respirabelt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	26	20	17	23	10	264
Avvik	31	85	53	37	75	11	357
Gasskappeskiftar	12	51	41	27	61	16	183
Måler	11	27	24	18	32	17	76
Digelrens	6	75	66	37	119	33	138
Tappar	21	43	38	30	47	20	118
Boltetrekkar	8	16	15	12	20	10	25
<b>RESPICON, torakalt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	47	37	32	43	18	383
Avvik	31	126	84	61	116	24	460
Gasskappeskiftar	12	85	72	50	104	30	234
Måler	11	62	46	29	71	26	290
Digelrens	6	136	121	67	218	56	193
Tappar	21	66	59	48	73	30	170
Boltetrekkar	8	27	27	23	31	22	35
<b>RESPICON, inhalerbart partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	58	117	86	71	104	31	554
Avvik	31	292	214	161	285	46	1037
Gasskappeskiftar	12	234	193	125	297	57	467
Måler	11	154	107	65	177	45	747
Digelrens	6	307	276	157	485	111	466
Tappar	21	130	114	89	145	46	306
Boltetrekkar	8	50	49	41	58	37	61
<b>HF frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	24	63	59	51	69	28	103
Avvik	6	494	325	100	1055	67	965
Gasskappeskiftar	8	286	253	152	419	70	403
Måler	6	81	77	53	111	55	133
Digelrens	5	133	127	80	202	68	176
Tappar	9	113	94	60	146	46	361
Boltetrekkar	7	36	33	23	48	20	58
<b>RESPICON, inhalerbart total fluorid (Inhalerbart partikulært F + HF frå filter), µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	22	163	146	118	180	65	421
Avvik	6	958	660	223	1952	141	1953
Gasskappeskiftar	8	508	477	349	653	278	837
Måler	6	285	230	119	447	137	799
Digelrens	5	402	378	233	614	232	600
Tappar	8	236	215	149	311	136	488
Boltetrekkar	7	84	82	66	103	56	113
<b>RESPIRABEL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	5	190	180	120	290	100	250
Måler	1	200	200				
Digelrens	2	570	570				
Tappar	1	320	320				
Boltetrekkar	2	50	50				



				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPIRABEL SYKLON, vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnpassar	5	10	9,3	4,8	18	3,7	14
Måler	1	15	15				
Digelrens	2	89	88				
Tappar	1	27	27				
Boltetrekkar	2	4,3	4,3				
<b>TORAKAL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnpassar	6	300	260	120	540	60	460
Avvik	4	530	450	160	1300	220	860
Gasskappeskiftar	1	570	570				
Tappar	1	600	600				
Boltetrekkar	1	90	90				
<b>TORAKAL SYKLON, vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnpassar	6	18	15	8,7	27	9,3	34
Avvik	4	76	57	12	270	15	142
Gasskappeskiftar	1	61	61				
Tappar	1	162	162				
Boltetrekkar	1	4,3	4,3				
<b>SO<sub>2</sub> frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnpassar	24	76	61	46	81	16	216
Avvik	6	439	247	57	1073	36	820
Gasskappeskiftar	8	327	293	189	454	122	526
Måler	6	53	50	35	73	34	90
Digelrens	5	69	65	41	104	37	100
Tappar	9	36	33	23	47	16	58
Boltetrekkar	7	27	19	8,1	44	7,0	76

## 18.4. Resultat frå EAL mars 2004

				95 % Konfidensintervall		Min	Maks
	N	AM	GM	Nedre	Øvre		
<b>IOM, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	31	2900	2300	1700	2900	720	15000
Avvik	17	3300	3100	2400	3900	1300	5900
Gasskappeskiftar	12	6400	5400	3700	7900	2300	14000
Målar	12	1900	1600	1100	2300	720	5200
Digelrens	3	5300	4900	1500	16000	290	6900
Tappar	12	2000	1900	1600	2300	1300	3400
Boltetrekkar	9	950	850	570	1300	370	1800
<b>IOM, inhalerbart vassløyselig fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	31	77	63	49	80	18	260
Avvik	17	149	110	63	191	3.2	318
Gasskappeskiftar	12	253	216	144	324	52	495
Målar	12	77	59	38	93	23	237
Digelrens	3	307	306	250	375	288	336
Tappar	12	117	114	96	135	65	153
Boltetrekkar	9	26	24	17	33	14	48
<b>RESPICON, respirabel aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	31	410	270	210	350	110	4400
Avvik	17	450	410	330	510	200	1000
Gasskappeskiftar	12	500	420	270	640	140	1000
Målar	12	370	200	110	380	40	2400
Digelrens	4	1300	940	230	3800	350	2900
Tappar	13	340	320	270	390	160	620
Boltetrekkar	9	90	90	60	120	40	130
<b>RESPICON, torakal aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	31	680	550	440	680	180	4100
Avvik	17	850	780	630	970	430	1600
Gasskappeskiftar	12	850	680	430	1100	150	1600
Målar	12	540	350	200	630	100	2400
Digelrens	4	2700	1900	430	8400	740	6800
Tappar	13	660	610	460	800	300	1100
Boltetrekkar	9	180	160	120	230	60	270
<b>RESPICON, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	31	2400	1900	1500	2500	430	10000
Avvik	17	2500	2200	1700	2800	960	4800
Gasskappeskiftar	12	3000	2500	1600	3800	540	5300
Målar	12	1100	860	540	1400	250	3500
Digelrens	4	8000	4500	670	30000	1400	23000
Tappar	13	1800	1700	1400	2000	880	2500
Boltetrekkar	9	560	510	350	730	210	1100
Boltetrekkar	9	5,4	4,4	2,6	7,4	1,8	15

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON respirabelt vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	29	17	15	12	18	5,6	54
Avvik	17	45	38	27	52	10	105
Gasskappeskiftar	12	63	52	34	80	19	146
Målar	12	13	11	7,0	17	2,1	21
Digelrens	4	115	101	40	251	59	224
Tappar	13	44	39	30	52	19	104
<b>RESPICON, torakal vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	29	29	26	22	32	6,5	80
Avvik	17	69	59	43	80	17	147
Gasskappeskiftar	12	87	72	46	112	25	179
Målar	12	22	18	12	29	3,8	52
Digelrens	4	247	206	72	584	131	532
Tappar	13	74	66	48	91	30	159
Boltetrekkar	9	11	9,3	5,8	15	3,6	18
<b>RESPICON, inhalerbart vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	29	69	59	48	74	14	164
Avvik	17	120	104	77	139	34	247
Gasskappeskiftar	12	192	157	100	248	40	344
Målar	12	47	39	26	59	16	130
Digelrens	4	446	337	95	1196	202	1092
Tappar	13	129	120	93	155	53	228
Boltetrekkar	9	23	20	12	33	5,2	52
<b>RESPICON, respirabel lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	29	11	10	8,7	12	7,7	30
Avvik	17	28	22	15	32	8,6	62
Gasskappeskiftar	12	29	21	13	36	8,3	79
Målar	12	10	10	9,3	11	9,2	14
Digelrens	4	109	67	10	456	20	247
Tappar	13	17	14	9,2	20	7,8	63
Boltetrekkar	9	9,7	9,7	8,9	11	8,1	12
<b>RESPICON, torakalt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	29	27	23	18	28	14	108
Avvik	17	54	41	28	62	15	133
Gasskappeskiftar	12	54	41	25	69	15	123
Målar	12	18	18	16	19	16	24
Digelrens	4	303	171	23	1282	53	807
Tappar	13	35	30	21	43	16	95
Boltetrekkar	9	17	17	16	19	14	21
<b>RESPICON, inhalerbart lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	29	94	73	56	96	20	394
Avvik	17	160	125	85	182	38	453
Gasskappeskiftar	12	205	159	92	274	21	481
Målar	12	42	39	30	50	24	100
Digelrens	4	1215	481	43	5328	140	4041
Tappar	13	108	100	76	130	42	176
Boltetrekkar	9	28	28	25	31	23	36

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, respirabelt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	29	28	25	22	30	13	78
Avvik	17	73	61	44	84	19	161
Gasskappeskiftar	12	92	74	47	116	28	225
Målar	12	23	22	18	27	12	34
Digelrens	4	224	177	50	621	89	472
Tappar	13	61	54	41	72	30	168
Boltetrekkar	9	15	15	12	18	10	27
<b>RESPICON, torakalt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	29	57	50	42	60	20	143
Avvik	17	123	102	73	143	33	280
Gasskappeskiftar	12	142	113	71	181	42	301
Målar	12	40	38	30	48	21	74
Digelrens	4	550	393	91	1694	189	1339
Tappar	13	110	97	72	133	46	253
Boltetrekkar	9	28	27	23	33	20	37
<b>RESPICON, inhalerbart partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	29	163	134	105	171	34	558
Avvik	17	280	232	166	323	76	670
Gasskappeskiftar	12	397	319	196	520	62	825
Målar	12	90	80	58	109	39	230
Digelrens	4	1660	858	119	6175	342	5134
Tappar	13	238	221	171	285	98	403
Boltetrekkar	9	52	49	39	63	28	88
<b>HF frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	31	102	76	54	107	1,4	448
Avvik	17	310	241	160	362	38	872
Gasskappeskiftar	11	212	150	73	307	13	503
Målar	12	71	62	44	87	24	172
Digelrens	3	85	79	23	275	46	122
Tappar	11	107	104	88	123	72	167
Boltetrekkar	9	23	21	15	29	13	46
<b>RESPICON, inhalerbart total fluorid (Inhalerbart partikulært F + HF frå filter), µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	29	255	222	182	270	91	738
Avvik	17	575	473	333	672	112	1360
Gasskappeskiftar	11	612	536	366	787	193	1192
Målar	12	157	147	115	187	78	261
Digelrens	3	584	565	266	1202	458	801
Tappar	11	323	313	264	372	204	452
Boltetrekkar	9	73	70	55	90	40	107
<b>RESPIRABEL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	2	240	240				
Avvik	3	800	780	420	1500	650	1000
Gasskappeskiftar	1	250	250				
Målar	2	150	140				
Tappar	1	250	250				

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPIRABEL SYKLON, vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	2	19	16				
Avvik	3	72	61	11	345	39	136
Gasskappeskiftar	1	327	327				
Målar	2	17	17				
Tappar	1	41	41				
<b>TORAKAL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	11	330	310	250	390	200	580
Avvik	3	430	420	210	860	330	580
Gasskappeskiftar	3	510	460	120	1800	320	870
Målar	4	230	190	60	640	60	340
Digelrens	1	1300	1300				
Tappar	2	400	390				
Boltetrekkar	2	120	110				
<b>TORAKAL SYKLON, vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	11	21	19	14	26	9,0	53
Avvik	3	38	35	9,4	130	19	53
Gasskappeskiftar	3	70	52	5,3	509	27	149
Målar	4	11	11	6,0	19	8,6	19
Digelrens	1	209	209				
Tappar	2	73	69				
Boltetrekkar	2	7,7	6,5				
<b>SO<sub>2</sub> frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	31	136	106	75	149	1,9	378
Avvik	17	198	177	137	229	71	463
Gasskappeskiftar	11	220	167	92	304	34	437
Målar	12	68	58	41	81	26	231
Digelrens	3	92	91	65	128	79	104
Tappar	11	80	78	64	94	49	106
Boltetrekkar	9	46	38	23	62	18	91

## 18.5. Resultat frá EAM februar 2003

	N	AM	GM	95 % Konfidensintervall		Min	Maks
				Nedre	Øvre		
<b>IOM, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	33	4400	3500	2700	4500	660	24000
Digelrens	8	5100	5000	4100	6000	3300	6200
Tappar	14	11000	3600	2000	6700	1700	120000
Anodeskiftar	31	3900	2600	1800	3800	200	12000
<b>IOM, inhalerbart vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	33	280	236	186	298	27	714
Digelrens	9	443	353	167	745	28	754
Tappar	14	273	258	210	316	155	484
Anodeskiftar	31	269	188	133	265	33	671
<b>RESPICON, respirabel aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	37	350	320	280	370	150	680
Digelrens	10	580	500	320	760	230	1200
Tappar	16	450	350	230	540	50	1100
Anodeskiftar	37	580	450	350	580	70	1900
<b>RESPICON, torakal aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	37	870	780	670	910	350	2100
Digelrens	10	1500	1400	980	1900	710	2500
Tappar	16	1000	860	610	1200	220	2600
Anodeskiftar	37	1500	940	680	1300	120	11000
<b>RESPICON, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	37	4400	3400	2600	4400	380	11000
Digelrens	10	4400	4200	3400	5200	2700	6600
Tappar	16	3600	2900	2100	4200	680	10000
Anodeskiftar	37	6400	3600	2400	5200	460	46000
<b>RESPICON respirabelt vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	37	27	24	21	29	11	76
Digelrens	10	115	92	54	156	31	221
Tappar	16	60	48	33	69	14	175
Anodeskiftar	37	75	53	39	72	8,2	256
<b>RESPICON, torakalt vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	37	71	61	50	74	23	178
Digelrens	10	235	215	155	299	115	405
Tappar	16	120	98	68	140	27	302
Anodeskiftar	37	143	95	68	132	9,6	674
<b>RESPICON, inhalerbart vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	37	218	186	152	227	48	485
Digelrens	10	458	445	372	532	309	711
Tappar	16	245	210	153	290	57	506
Anodeskiftar	37	304	205	147	285	20	1368
<b>RESPICON, respirabelt lutløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	37	26	21	17	26	8,6	73
Digelrens	10	71	48	24	95	10	218
Tappar	16	35	26	17	39	8,8	147
Anodeskiftar	37	59	42	31	57	8,4	195

				95 % Konfidensintervall		Min	Maks
	N	AM	GM	Nedre	Øvre		
<b>RESPICON, torakalt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	37	88	69	54	88	16	276
Digelrens	10	191	142	79	253	62	536
Tappar	16	88	67	45	102	19	250
Anodeskiftar	37	185	95	65	139	16	1756
<b>RESPICON, inhalerbart lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	37	554	391	291	526	64	1866
Digelrens	10	669	545	356	835	323	2228
Tappar	16	333	266	182	388	72	884
Anodeskiftar	37	854	367	237	567	39	8646
<b>RESPICON, respirabelt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	37	53	46	39	56	20	106
Digelrens	10	185	142	80	251	41	438
Tappar	16	94	76	54	108	25	283
Anodeskiftar	37	134	98	73	130	20	416
<b>RESPICON, torakal partikulær fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	37	159	132	107	163	39	427
Digelrens	10	426	364	237	557	179	941
Tappar	16	207	168	117	242	48	517
Anodeskiftar	37	327	194	137	275	31	2430
<b>RESPICON, inhalerbart partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	37	772	587	453	761	124	2253
Digelrens	10	1126	1009	731	1393	658	2939
Tappar	16	578	480	339	679	129	1391
Anodeskiftar	37	1158	585	394	870	61	10013
<b>HF frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	33	51	46	38	54	19	118
Digelrens	9	125	102	59	178	30	244
Tappar	14	141	90	57	142	30	920
Anodeskiftar	31	156	96	67	138	25	737
<b>RESPICON, inhalerbart totalt fluorid(Inhalerbart partikulært F + HF frå filter), µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	33	853	662	506	865	142	2339
Digelrens	9	1213	1091	776	1533	708	3049
Tappar	14	653	547	379	791	157	1398
Anodeskiftar	31	1289	628	405	972	93	10153
<b>RESPIRABEL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	3	270	260	150	450	230	340
Digelrens	1	1100	1100				
Tappar	2	260	250				
Anodeskiftar	3	880	820	250	2700	480	1100
<b>RESPIRABEL SYKLON, vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	3	27	23	3,9	132	11	47
Digelrens	1	202	202				
Tappar	2	32	29				
Anodeskiftar	3	103	102	60	173	81	125

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>TORAKAL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	2	540	510				
Digelrens	1	1900	1900				
Tappar	1	630	630				
Anodeskiftar	6	630	490	200	1200	150	920
<b>TORAKAL SYKLON, vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	2	60	59				
Digelrens	1	394	394				
Tappar	1	134	134				
Anodeskiftar	6	92	69	25	185	20	163
<b>TORAKAL SYKLON, lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	2	52	49				
Digelrens	1	275	275				
Tappar	1	32	32				
Anodeskiftar	6	53	45	22	94	15	84
<b>SO<sub>2</sub> frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	33	143	116	90	149	30	345
Digelrens	9	89	71	41	125	20	222
Tappar	14	156	111	69	179	39	580
Anodeskiftar	31	749	656	536	804	147	2352



## 18.6. Resultat frå SØRAL mars 2003

	N	AM	GM	95 % Konfidensintervall		Min	Maks
				Nedre	Øvre		
<b>IOM, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	32	4300	2600	1900	3700	630	28000
Digelrens	5	3100	3100	2200	4200	2100	3700
Tappar	17	2700	2300	1600	3100	600	6400
Anodeskiftar	38	3100	2300	1800	3000	630	9900
<b>IOM, inhalerbart vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	31	233	173	122	245	3,5	868
Digelrens	5	298	291	218	389	210	397
Tappar	17	177	152	113	205	39	383
Anodeskiftar	37	197	170	141	206	48	422
<b>RESPICON, respirabel aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	270	240	200	280	170	1200
Digelrens	5	350	300	150	610	180	660
Tappar	19	280	230	180	290	160	1400
Anodeskiftar	41	280	240	200	280	160	1700
<b>RESPICON, torakal aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	34	710	550	430	690	300	3000
Digelrens	5	970	900	530	1500	590	1600
Tappar	19	670	570	440	740	280	2500
Anodeskiftar	41	650	510	420	620	280	3500
<b>RESPICON, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	34	2400	1600	1200	2200	500	13000
Digelrens	5	2100	2000	1200	3300	1100	3100
Tappar	19	1900	1700	1300	2100	620	3600
Anodeskiftar	41	1500	1200	1000	1500	460	5900
<b>RESPICON respirabelt vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	36	31	26	37	11	94
Digelrens	5	51	51	41	63	42	67
Tappar	19	23	22	18	26	8,4	41
Anodeskiftar	41	33	28	24	34	6,6	79
<b>RESPICON, torakalt vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	75	61	49	76	16	221
Digelrens	5	145	138	90	211	96	203
Tappar	19	57	53	43	65	22	103
Anodeskiftar	41	57	47	38	57	15	179
<b>RESPICON, inhalerbart vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	164	127	99	163	30	542
Digelrens	5	269	247	139	441	144	437
Tappar	19	130	121	100	146	56	230
Anodeskiftar	41	113	87	70	109	22	431
<b>RESPICON, respirabelt lutløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	21	17	13	21	9,0	78
Digelrens	5	11	11	10	13	10	13
Tappar	19	14	12	9.2	15	8,5	75
Anodestifter	41	22	17	14	21	8,5	66

	95 % Konfidensintervall						
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, torakalt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	60	39	29	53	16	276
Digelrens	5	50	46	24	86	20	72
Tappar	19	38	32	25	42	15	133
Anodeskiftar	41	43	34	27	42	15	166
<b>RESPICON, inhalerbart lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	195	122	88	170	27	796
Digelrens	5	139	124	65	239	74	263
Tappar	19	117	105	83	133	43	231
Anodeskiftar	41	110	79	62	101	25	489
<b>RESPICON, respirabelt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	57	49	40	59	23	148
Digelrens	5	63	62	51	75	53	79
Tappar	19	38	35	30	42	18	92
Anodeskiftar	41	54	47	40	56	16	144
<b>RESPICON, torakalt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	134	102	80	130	35	442
Digelrens	5	195	185	117	291	116	268
Tappar	19	95	88	73	107	38	168
Anodeskiftar	41	100	82	68	100	33	346
<b>RESPICON, inhalerbart partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	359	253	191	336	59	1338
Digelrens	5	409	372	205	677	218	699
Tappar	19	247	230	191	277	115	461
Anodeskiftar	41	223	169	134	212	60	920
<b>HF frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	31	74	64	52	79	23	221
Digelrens	4	11	10	5.9	17	7,4	16
Tappar	17	32	28	22	36	15	70
Anodeskiftar	38	57	46	37	57	10	259
<b>RESPICON, inhalerbart total fluorid(Inhalerbart partikulært F +HF frå filter) , µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	31	423	343	273	432	145	1415
Digelrens	4	427	383	162	906	225	709
Tappar	17	274	258	216	309	144	483
Anodeskiftar	38	285	227	183	282	70	995
<b>RESPIRABEL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	2	220	220				
Digelrens	1	670	670				
Tappar	3	310	290	100	890	180	430
Anodeskiftar	1	220	220				
<b>RESPIRABEL SYKLON, vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	2	26	25				
Digelrens	1	77	77				
Tappar	3	38	37	19	72	28	47
Anodeskiftar	1	31	31				

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>TORAKAL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	3	370	350	130	930	260	550
Digelrens	2	950	940				
Tappar	1	200	200				
Anodeskiftar	4	330	280	90	860	110	590
<b>TORAKAL SYKLON, vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	3	29	28	13	60	22	39
Digelrens	2	144	143				
Tappar	1	26	26				
Anodeskiftar	4	42	37	16	85	26	80
<b>SO<sub>2</sub> frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	31	72	62	50	77	14	195
Digelrens	4	37	34	16	71	25	67
Tappar	17	51	44	33	58	12	149
Anodeskiftar	38	212	180	147	220	47	507

## 18.7. Resultat frå HAK mars/april 2003

	N	AM	GM	95 % Konfidensintervall		Min	Maks
				Nedre	Øvre		
<b>IOM, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	44	5600	4900	4300	5800	810	16000
Gasskappeskiftar	6	6800	5600	2800	11000	2400	17000
Digelrens	9	3000	2800	2300	3600	1900	4400
Tappar	26	2700	2300	1900	2900	970	10000
Anodeskiftar	53	12000	9500	7900	12000	1800	65000
Oksidkøyrar	20	2400	2000	1500	2600	830	6200
Badtappar	9	5200	4500	2900	7200	1700	9200
<b>IOM, inhalerbart vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	43	190	173	150	199	43	416
Gasskappeskiftar	6	224	209	138	317	130	384
Digelrens	9	289	279	227	343	201	467
Tappar	25	181	152	120	194	54	684
Anodeskiftar	51	486	444	392	501	140	1291
Oksidkøyrar	20	78	73	62	87	34	151
Badtappar	8	283	246	150	403	106	519
<b>RESPICON, respirabel aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	570	520	460	600	110	1100
Gasskappeskiftar	9	660	600	420	870	280	1400
Digelrens	10	400	390	310	480	240	570
Tappar	28	560	490	400	610	90	1300
Anodeskiftar	77	920	790	690	890	120	2600
Oksidkøyrar	20	370	300	210	420	80	1000
Badtappar	10	680	620	440	860	270	1100
<b>RESPICON, torakal aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	1300	1200	1000	1400	200	2700
Gasskappeskiftar	9	2200	1800	1100	3100	670	4200
Digelrens	10	850	820	690	990	490	1100
Tappar	28	930	790	640	990	160	3300
Anodeskiftar	77	2900	2400	2100	2800	570	8700
Oksidkøyrar	20	570	470	340	630	250	1700
Badtappar	10	1700	1500	920	2300	340	2600
<b>RESPICON, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	45	4900	4000	3300	5000	500	15000
Gasskappeskiftar	9	11000	7500	3600	15000	2200	31000
Digelrens	10	1600	1600	1400	1900	1200	2400
Tappar	28	1900	1600	1300	2000	500	8200
Anodeskiftar	77	10000	7900	6600	9300	1500	36000
Oksidkøyrar	20	1500	1200	900	1600	500	4600
Badtappar	10	6700	5200	2900	9500	900	12000

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON respirabelt vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	40	34	29	41	9,5	111
Gasskappeskiftar	9	38	35	26	48	19	56
Digelrens	10	46	44	35	56	25	66
Tappar	28	42	37	30	45	12	144
Anodeskiftar	76	103	93	83	104	25	197
Oksidkøyrar	20	19	17	14	21	6,3	35
Badtappar	10	69	57	36	92	23	129
<b>RESPICON, torakal vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	76	67	56	79	19	172
Gasskappeskiftar	9	105	90	56	143	38	190
Digelrens	10	101	98	83	117	68	133
Tappar	28	77	62	48	78	19	413
Anodeskiftar	77	253	226	202	254	44	576
Oksidkøyrar	20	28	26	21	31	12	59
Badtappar	10	138	119	76	187	43	220
<b>RESPICON, inhalerbart vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	158	137	115	163	20	314
Gasskappeskiftar	9	253	208	123	351	91	463
Digelrens	10	182	178	152	208	139	294
Tappar	28	134	105	81	135	29	702
Anodeskiftar	77	474	425	380	475	94	1016
Oksidkøyrar	20	52	47	37	58	25	124
Badtappar	10	314	266	164	430	74	520
<b>RESPICON, respirabelt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	20	17	14	20	7,9	54
Gasskappeskiftar	9	18	16	10	24	8,1	31
Digelrens	10	30	26	17	40	8,7	53
Tappar	28	37	23	16	32	8,3	364
Anodeskiftar	77	169	135	115	159	9,3	585
Oksidkøyrar	20	13	11	9,3	14	7,9	37
Badtappar	10	32	25	14	44	8,3	63
<b>RESPICON, torakalt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	48	40	34	49	14	177
Gasskappeskiftar	9	69	53	28	99	19	128
Digelrens	10	73	69	54	89	40	110
Tappar	28	67	43	30	61	15	422
Anodeskiftar	77	728	536	446	643	44	3881
Oksidkøyrar	20	23	21	17	25	14	70
Badtappar	10	84	67	39	116	18	175
<b>RESPICON, inhalerbart lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	167	134	108	167	22	549
Gasskappeskiftar	9	316	217	102	461	52	771
Digelrens	10	190	185	156	220	128	245
Tappar	28	161	104	74	147	24	1059
Anodeskiftar	77	3256	2026	1608	2552	130	11523
Oksidkøyrar	20	52	40	29	55	20	189
Badtappar	10	387	271	137	538	38	1268

	95 % Konfidensintervall						
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, respirabelt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	60	53	45	62	21	147
Gasskappeskiftar	9	56	52	37	71	27	85
Digelrens	10	76	73	58	91	47	100
Tappar	28	80	64	51	82	22	389
Anodeskiftar	77	272	229	200	263	34	756
Oksidkøyrar	20	31	30	25	35	14	49
Badtappar	10	101	83	51	137	34	171
<b>RESPICON, torakalt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	125	109	93	129	35	242
Gasskappeskiftar	9	173	143	85	242	58	318
Digelrens	10	174	170	145	199	128	233
Tappar	28	144	111	85	146	36	601
Anodeskiftar	77	981	773	659	908	88	4457
Oksidkøyrar	20	51	48	40	56	26	100
Badtappar	10	222	188	117	304	61	364
<b>RESPICON, inhalerbart partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	46	325	274	227	332	42	863
Gasskappeskiftar	9	569	431	228	813	145	1234
Digelrens	10	372	365	317	421	270	535
Tappar	28	295	217	163	288	53	1760
Anodeskiftar	77	3730	2510	2037	3093	224	12368
Oksidkøyrar	20	104	89	68	114	45	313
Badtappar	10	701	548	308	973	112	1789
<b>HF frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	43	77	66	56	78	30	199
Gasskappeskiftar	6	59	48	22	104	17	131
Digelrens	9	31	30	23	37	17	45
Tappar	26	47	37	29	48	18	149
Anodeskiftar	53	180	134	108	167	30	640
Oksidkøyrar	20	21	20	18	23	12	35
Badtappar	9	74	66	43	100	28	129
<b>RESPICON, inhalerbar total fluorid(Inhalerbar partikulær F +HF frå filter), µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	43	392	339	285	404	77	1017
Gasskappeskiftar	4	685	528	130	2141	192	1271
Digelrens	9	407	400	346	463	306	578
Tappar	26	340	263	201	343	88	1892
Anodeskiftar	52	3433	2330	1815	2992	260	11794
Oksidkøyrar	20	124	111	90	137	68	335
Badtappar	8	768	583	287	1183	143	1911
<b>RESPIABEL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	6	500	470	320	700	290	830
Gasskappeskiftar	2	590	570			460	720
Digelrens	1	630	630				
Tappar	2	440	440			410	470
Anodeskiftar	5	610	580	370	900	380	980
Oksidkøyrar	1	520	520				
Badtappar	1	460	460				

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPIRABEL SYKLON, vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	6	52	44	24	82	25	111
Gasskappeskiftar	2	44	43			32	56
Digelrens	1	89	89				
Tappar	2	62	61			53	71
Anodeskiftar	5	110	101	57	179	54	175
Oksidkøyrar	1	20	20				
Badtappar	1	39	39				
<b>SO<sub>2</sub> frå impregnert filter</b>							
Omnspassar	43	236	208	177	244	85	505
Gasskappeskiftar	6	285	257	147	449	130	397
Digelrens	9	51	49	38	63	31	71
Tappar	26	51	38	27	52	8,9	192
Anodeskiftar	53	195	173	150	200	35	570
Oksidkøyrar	20	137	108	76	155	20	319
Badtappar	9	209	163	86	308	50	427

## 18.8. Resultat frå HAA september 2003

				95 % Konfidensintervall		Min	Maks
	N	AM	GM	Nedre	Øvre		
<b>IOM, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	32	3200	2500	1900	3200	900	11000
Tappar	32	5800	2200	1500	3100	700	110000
Boltetrekkar	10	2000	1700	1100	2500	1100	4000
Anodeskiftar	24	3200	2600	2000	3500	1000	6800
Oksidkøyrar	18	1500	1300	1000	1600	900	6300
Gassbrennar	8	2100	1800	1100	3000	1000	4300
Stell/avvik	24	5600	4500	3200	6200	1000	12000
Bluss/miljø	20	4500	3600	2600	5100	1000	11000
<b>IOM, inhalerbart vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	32	220	160	106	243	2,8	529
Tappar	31	198	148	98	223	2,8	463
Boltetrekkar	10	38	32	21	48	17	95
Anodeskiftar	24	235	221	191	257	108	399
Oksidkøyrar	18	55	48	37	63	17	128
Gassbrennar	8	102	96	72	129	62	165
Stell/avvik	24	224	175	115	265	3,2	578
Bluss/miljø	20	101	82	60	112	21	295
<b>RESPICON, respirabel aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	40	500	410	330	500	50	2400
Tappar	36	530	460	390	550	130	2400
Boltetrekkar	10	290	190	90	380	60	1200
Anodeskiftar	27	700	600	480	740	170	2700
Oksidkøyrar	19	270	210	150	300	60	780
Gassbrennar	10	390	350	250	500	140	580
Stell/avvik	30	900	730	580	930	210	2500
Bluss/miljø	20	820	470	290	750	60	4300
<b>RESPICON, torakal aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	40	1100	940	790	1100	280	3300
Tappar	36	930	820	690	970	250	2600
Boltetrekkar	10	570	410	230	730	160	2100
Anodeskiftar	27	1200	1100	880	1300	540	3600
Oksidkøyrar	19	460	400	310	530	100	1100
Gassbrennar	10	990	890	640	1300	450	2200
Stell/avvik	30	1700	1500	1200	1800	560	3500
Bluss/miljø	20	1700	960	630	1500	320	12000
<b>RESPICON, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	40	3000	2600	2200	3100	870	7600
Tappar	36	2900	2400	2000	3000	1000	7600
Boltetrekkar	10	1600	1300	810	2100	450	3000
Anodeskiftar	27	3300	2800	2200	3600	930	8700
Oksidkøyrar	19	1500	1200	900	1600	530	5400
Gassbrennar	10	3300	2900	1900	4200	1500	9000
Stell/avvik	30	6800	5800	4700	7200	2200	17000
Bluss/miljø	20	7900	4100	2500	6500	990	66000



				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON respirabelt vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	40	57	50	43	59	18	130
Tappar	36	61	53	45	63	22	242
Boltetrekkar	10	12	8,4	4,8	15	2,1	45
Anodeskiftar	27	88	79	66	95	28	209
Oksidkøyrar	19	11	10	8	13	4,1	29
Gassbrennar	10	22	21	15	29	10	38
Stell/avvik	30	71	52	37	73	2,0	299
Bluss/miljø	20	35	19	12	31	2,2	221
<b>RESPICON, torakalt vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	40	116	97	80	118	21	315
Tappar	36	111	97	81	116	38	284
Boltetrekkar	10	21	15	8,3	27	3,8	79
Anodeskiftar	27	128	117	99	139	45	221
Oksidkøyrar	19	19	17	13	22	5,9	41
Gassbrennar	10	53	46	32	68	24	130
Stell/avvik	30	114	88	64	121	3,5	345
Bluss/miljø	20	67	35	21	57	3,9	521
<b>RESPICON, inhalerbart vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	40	232	201	168	239	69	656
Tappar	36	234	203	170	244	80	624
Boltetrekkar	10	47	37	20	67	5,5	114
Anodeskiftar	27	243	220	184	264	81	502
Oksidkøyrar	19	46	37	28	51	15	192
Gassbrennar	10	123	102	65	160	43	337
Stell/avvik	30	220	177	129	243	5,1	523
Bluss/miljø	20	146	78	48	127	17	1135
<b>RESPICON, respirabelt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	40	38	30	24	38	8,8	134
Tappar	36	62	28	19	40	7,3	745
Boltetrekkar	10	30	14	7,2	28	9,2	197
Anodeskiftar	27	59	45	34	61	9,4	221
Oksidkøyrar	19	14	13	11	16	8,1	29
Gassbrennar	10	17	14	8	23	3,2	45
Stell/avvik	30	49	33	23	46	8,7	187
Bluss/miljø	20	40	19	11	32	7,7	269
<b>RESPICON, torakalt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	40	109	79	61	102	17	451
Tappar	36	83	49	35	68	13	675
Boltetrekkar	10	53	25	13	50	16	351
Anodeskiftar	27	132	96	71	129	35	620
Oksidkøyrar	19	26	23	19	29	14	53
Gassbrennar	10	58	40	22	73	14	244
Stell/avvik	30	98	71	52	98	15	321
Bluss/miljø	20	88	42	25	70	14	535

	95 % Konfidensintervall						
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, inhalerbart lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	40	363	263	204	340	61	1704
Tappar	36	250	179	134	238	30	928
Boltetrekkar	10	87	49	26	93	24	506
Anodeskiftar	27	281	225	171	297	60	653
Oksidkøyrar	19	65	47	33	66	21	357
Gassbrennar	10	207	133	69	257	34	944
Stell/avvik	30	280	211	157	283	31	789
Bluss/miljø	20	252	117	68	202	24	1520
<b>RESPICON, respirabelt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	40	95	83	70	98	34	248
Tappar	36	123	90	70	115	31	796
Boltetrekkar	10	41	23	13	44	12	242
Anodeskiftar	27	147	128	104	157	55	377
Oksidkøyrar	19	26	24	21	29	13	44
Gassbrennar	10	40	36	25	51	16	77
Stell/avvik	30	120	91	68	121	23	486
Bluss/miljø	20	75	41	26	65	12	411
<b>RESPICON, torakalt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	40	225	182	148	224	61	765
Tappar	36	194	157	127	195	54	732
Boltetrekkar	10	74	42	23	78	21	430
Anodeskiftar	27	259	221	177	277	87	750
Oksidkøyrar	19	45	43	36	51	20	77
Gassbrennar	10	112	89	56	143	40	374
Stell/avvik	30	212	172	133	222	43	564
Bluss/miljø	20	155	80	49	130	21	967
<b>RESPICON, inhalerbart partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	40	596	474	383	587	130	2360
Tappar	36	484	400	323	496	123	1312
Boltetrekkar	10	134	90	50	162	30	621
Anodeskiftar	27	524	454	365	565	158	1122
Oksidkøyrar	19	111	88	66	118	37	548
Gassbrennar	10	330	241	138	420	83	1280
Stell/avvik	30	501	410	321	523	84	1312
Bluss/miljø	20	398	202	122	336	50	2471
<b>HF frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnesspassar	31	113	95	75	122	14	230
Tappar	32	66	62	55	71	31	141
Boltetrekkar	9	15	14	9,2	21	4,0	26
Anodeskiftar	24	230	138	79	241	3,8	601
Oksidkøyrar	16	18	14	9,4	22	3,0	44
Gassbrennar	6	38	36	25	51	20	52
Stell/avvik	23	273	224	165	305	48	548
Bluss/miljø	20	68	43	29	62	12	521

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, inhalerbar total fluorid(Inhalerbar partikulær F + HF frå filter), µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	31	718	597	481	742	219	2498
Tappar	31	570	499	411	606	203	1361
Boltetrekkar	9	95	87	62	123	41	157
Anodeskiftar	23	755	668	531	839	190	1566
Oksidkøyrar	16	107	99	79	124	42	210
Gassbrennar	6	281	264	170	409	122	422
Stell/avvik	23	734	620	475	811	138	1730
Bluss/miljø	20	463	259	164	409	84	2499
<b>RESPIRABEL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	4	540	530	370	780	380	650
Tappar	1	510	510				
Boltetrekkar	1	200	200				
Anodeskiftar	3	640	610	220	1600	400	900
Oksidkøyrar	2	200	190			130	280
Gassbrennar	2	400	380			290	500
Stell/avvik	1	780	780				
Bluss/miljø	2	240	240			210	270
<b>RESPIRABEL SYKLON, vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	4	47	44	23	86	32	78
Tappar	1	14	14				
Boltetrekkar	1	14	14				
Anodeskiftar	3	85	80	25	248	47	107
Oksidkøyrar	2	17	17			16	19
Gassbrennar	2	21	21			21	21
Stell/avvik	1	88	88				
Bluss/miljø	2	17	17			17	18
<b>TORAKAL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	8	550	470	280	780	170	1300
Tappar	5	580	490	220	1100	220	1100
Boltetrekkar	3	320	230	10	4000	60	540
Anodeskiftar	8	610	570	420	780	310	950
Oksidkøyrar	6	260	230	120	450	70	410
Gassbrennar	3	410	350	60	2200	150	640
Stell/avvik	4	680	650	400	1100	410	820
Bluss/miljø	5	380	340	200	610	220	720

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>TORAKAL SYKLON, vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	8	84	79	60	105	56	150
Tappar	5	86	81	47	138	49	122
Boltetrekkar	3	11	11	4,4	27	7,4	15
Anodeskiftar	8	106	100	73	136	68	179
Oksidkøyrar	6	24	21	12	37	13	47
Gassbrennar	3	32	31	17	56	24	37
Stell/avvik	4	84	77	33	181	35	112
Bluss/miljø	5	23	21	13	35	13	35
<b>SO<sub>2</sub> frå impregnert filte, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	31	158	137	110	170	26	425
Tappar	32	29	27	23	31	11	92
Boltetrekkar	9	17	13	6,8	24	4,6	43
Anodeskiftar	24	522	322	191	543	7,3	1491
Oksidkøyrar	16	47	22	11	41	3,8	329
Gassbrennar	6	32	29	19	46	14	55
Stell/avvik	23	114	103	84	126	34	222
Bluss/miljø	20	25	22	18	28	12	79

## 18.9. Resultat frå HAH oktober 2003

				95 % Konfidensintervall		Min	Maks
	N	AM	GM	Nedre	Øvre		
<b>IOM, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	4400	3400	2600	4400	800	15000
Gasskappeskiftar	4	13000	12000	5700	26000	8200	24000
Måler	14	3400	2900	2000	4000	1600	9100
Digelrens	6	1900	1700	1000	2900	900	3000
Tappar	33	4500	3500	2700	4600	900	15000
Boltetrekkar	14	2900	2200	1400	3400	900	8500
Anodeskiftar	47	5200	3100	2300	4200	800	23000
Oksidkøyrar	10	1200	1100	900	1400	900	2600
Gassbrennar	8	6100	5200	3000	9100	1400	11000
Feiar	5	2300	1700	600	4700	900	6300
Anoderens	11	6000	3600	2000	6600	900	33000
Kryssing	2	1200	1200			1100	1300
Anodemontasje	2	1600	1500			1000	2300
<b>IOM, inhalerbart vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	224	188	153	232	49	598
Gasskappeskiftar	4	508	496	336	733	389	697
Måler	14	177	171	146	201	114	268
Digelrens	6	190	183	135	249	120	289
Tappar	33	270	211	150	297	3.9	660
Boltetrekkar	14	150	134	101	178	50	360
Anodeskiftar	47	262	200	158	253	32	715
Oksidkøyrar	10	58	52	37	74	26	105
Gassbrennar	8	264	245	170	352	121	436
Feiar	5	229	212	127	354	155	431
Anoderens	11	280	256	192	341	137	566
Kryssing	2	77	77			73	81
Anodemontasje	2	69	69			65	73
<b>RESPICON, respirabel aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	580	510	420	610	150	1400
Gasskappeskiftar	4	2600	1800	420	7700	880	6900
Måler	14	660	610	480	770	270	1400
Digelrens	6	250	240	160	360	140	390
Tappar	34	700	620	520	740	110	2300
Boltetrekkar	15	620	570	450	720	280	1300
Anodeskiftar	49	620	460	370	580	200	2000
Oksidkøyrar	10	320	270	160	440	50	790
Gassbrennar	8	720	650	430	980	370	1400
Feiar	5	380	360	220	570	240	580
Anoderens	11	760	430	240	760	220	4900
Kryssing	2	280	270			240	310
Anodemontasje	2	280	280			230	340

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, torakal aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	1300	1100	850	1300	220	4000
Gasskappeskiftar	4	3900	3000	860	11000	1500	9200
Måler	14	1200	1100	940	1400	830	2900
Digelrens	6	530	490	310	770	280	880
Tappar	34	1600	1300	1000	1600	410	6900
Boltetrekkar	15	1200	1000	760	1400	380	4300
Anodeskiftar	49	1400	980	750	1300	130	4500
Oksidkøyrar	10	580	410	230	740	90	2300
Gassbrennar	8	1700	1400	840	2500	530	3400
Feiar	5	750	700	420	1200	490	1400
Anoderens	11	2600	1200	640	2400	520	18000
Kryssing	2	430	420			330	530
Anodemontasje	2	480	480			470	480
<b>RESPICON, inhalerbar aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	3600	2800	2200	3600	530	14000
Gasskappeskiftar	4	13000	11000	3700	32000	7500	30000
Måler	14	3000	2900	2400	3500	1800	6300
Digelrens	6	1200	1100	800	1600	600	1900
Tappar	33	4500	3300	2600	4200	1100	26000
Boltetrekkar	15	3900	3100	2100	4500	1000	15000
Anodeskiftar	49	4800	3100	2300	4200	300	15000
Oksidkøyrar	10	1900	1100	500	2400	130	8400
Gassbrennar	8	6000	4600	2500	8800	1400	17000
Feiar	5	1900	1700	900	3200	850	2800
Anoderens	11	5700	3200	1700	6100	1200	34000
Kryssing	2	2100	1900				
Anodemontasje	2	1100	1100				
<b>RESPICON respirabelt vassløyeseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	80	57	42	77	10	319
Gasskappeskiftar	4	120	104	39	280	51	221
Måler	14	61	59	49	70	37	102
Digelrens	6	26	23	13	40	14	56
Tappar	34	88	77	64	92	20	266
Boltetrekkar	15	56	50	37	67	12	109
Anodeskiftar	49	48	37	30	46	8	140
Oksidkøyrar	10	30	28	22	36	15	51
Gassbrennar	8	53	46	30	71	26	122
Feiar	5	44	43	34	55	33	53
Anoderens	11	50	39	25	59	23	218
Kryssing	2	12	12				
Anodemontasje	2	8,1	7,7				

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, torakal vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	104	80	62	105	12	352
Gasskappeskiftar	4	182	154	54	436	91	362
Måler	14	81	76	63	92	50	176
Digelrens	6	55	48	28	84	31	121
Tappar	34	153	130	107	157	49	519
Boltetrekkar	15	78	68	50	92	15	225
Anodeskiftar	49	117	80	61	106	9	301
Oksidkøyrar	10	34	32	25	40	22	51
Gassbrennar	8	117	108	75	155	58	223
Feiar	5	89	84	54	131	64	150
Anoderens	11	141	108	69	169	53	567
Kryssing	2	23	23				
Anodemontasje	2	15	14				
<b>RESPICON, inhalerbart vassløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	158	129	102	163	24	432
Gasskappeskiftar	4	348	318	149	677	209	624
Måler	14	127	121	101	145	89	268
Digelrens	6	106	97	61	153	64	215
Tappar	34	262	223	185	270	86	814
Boltetrekkar	15	146	126	93	170	35	464
Anodeskiftar	49	253	176	133	233	20	628
Oksidkøyrar	10	50	46	35	62	26	88
Gassbrennar	8	269	253	183	349	154	380
Feiar	5	173	163	100	265	95	274
Anoderens	11	273	220	142	340	96	905
Kryssing	2	106	103				
Anodemontasje	2	31	31				
<b>RESPICON, respirabelt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	34	26	19	34	8	113
Gasskappeskiftar	4	71	53	13	226	19	155
Måler	14	37	31	22	44	15	95
Digelrens	6	21	14	6	33	9	72
Tappar	34	76	60	48	75	22	428
Boltetrekkar	13	27	25	19	33	11	44
Anodeskiftar	49	90	50	36	69	9	410
Oksidkøyrar	9	13	12	9	16	9	35
Gassbrennar	8	42	34	19	62	11	91
Feiar	5	39	36	22	60	26	58
Anoderens	11	107	66	36	119	22	582
Kryssing	2	12	12				
Anodemontasje	2	10	10				

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, torakalt lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	55	45	35	57	15	149
Gasskappeskiftar	4	145	111	26	472	34	286
Måler	14	53	46	35	62	27	154
Digelrens	6	53	31	11	86	16	205
Tappar	34	154	111	86	143	42	1068
Boltetrekkar	13	47	41	31	55	22	141
Anodeskiftar	49	264	127	87	184	16	1940
Oksidkøyrar	9	21	20	16	25	17	41
Gassbrennar	8	96	82	48	141	25	204
Feiar	5	85	78	46	134	52	153
Anoderens	11	528	204	95	439	49	4045
Kryssing	2	27	26				
Anodemontasje	2	18	18				
<b>RESPICON, inhalerbart lutløseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	34	119	97	77	122	36	362
Gasskappeskiftar	4	466	404	160	1022	265	939
Måler	14	99	88	68	116	44	271
Digelrens	6	109	69	25	186	24	394
Tappar	34	521	288	214	389	94	6950
Boltetrekkar	13	108	91	66	126	49	382
Anodeskiftar	48	883	440	297	650	35	4076
Oksidkøyrar	9	40	36	24	52	24	100
Gassbrennar	7	340	284	150	536	96	600
Feiar	5	211	191	100	363	94	311
Anoderens	11	1229	555	265	1162	165	8293
Kryssing	2	199	185				
Anodemontasje	2	46	46				
<b>RESPICON, respirabelt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	113	85	64	112	18	390
Gasskappeskiftar	4	191	161	55	469	86	377
Måler	14	98	93	78	112	61	198
Digelrens	6	47	38	20	73	24	128
Tappar	34	164	139	115	169	41	694
Boltetrekkar	13	84	77	59	101	42	154
Anodeskiftar	49	138	91	69	119	17	504
Oksidkøyrar	9	42	40	31	51	27	72
Gassbrennar	8	94	83	54	128	47	212
Feiar	5	83	82	65	103	67	105
Anoderens	11	158	107	64	178	45	800
Kryssing	2	24	24				
Anodemontasje	2	19	18				



				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, torakalt partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	159	128	100	163	27	447
Gasskappeskiftar	4	327	269	86	847	124	648
Måler	14	134	125	103	152	82	330
Digelrens	6	108	81	38	175	49	326
Tappar	34	307	244	197	303	91	1586
Boltetrekkar	13	125	112	87	145	69	366
Anodeskiftar	49	381	213	152	297	26	2166
Oksidkøyrar	9	53	52	42	63	40	86
Gassbrennar	8	214	192	127	291	83	428
Feiar	5	174	164	105	258	116	303
Anoderens	11	669	321	163	629	111	4613
Kryssing	2	50	50				
Anodemontasje	2	33	33				
<b>RESPICON, inhalerbart partikulært fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	34	277	229	183	287	70	751
Gasskappeskiftar	4	815	723	309	1691	491	1563
Måler	14	226	212	174	259	136	539
Digelrens	6	215	170	84	346	88	609
Tappar	34	783	524	405	677	193	7750
Boltetrekkar	13	254	220	163	297	134	847
Anodeskiftar	48	1141	636	446	907	56	4682
Oksidkøyrar	9	89	81	59	112	54	188
Gassbrennar	7	618	550	334	907	250	971
Feiar	5	384	357	207	616	189	584
Anoderens	11	1502	792	406	1544	262	9198
Kryssing	2	305	288				
Anodemontasje	2	77	77				
<b>HF frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	238	171	123	239	18	688
Gasskappeskiftar	4	585	575	404	820	413	666
Måler	14	474	463	407	527	329	717
Digelrens	6	14	11	5,5	23	4,8	33
Tappar	33	168	127	93	174	4,2	463
Boltetrekkar	14	212	185	137	251	88	562
Anodeskiftar	47	56	45	37	56	12	151
Oksidkøyrar	10	29	25	17	36	14	65
Gassbrennar	8	144	91	42	197	29	605
Feiar	5	14	13	7.2	24	8,2	26
Anoderens	11	22	20	15	28	8,6	37
Kryssing	2	40	38				
Anodemontasje	2	7,9	7,9				

	95 % Konfidensintervall						
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>RESPICON, inhalerbar total fluorid(Inhalerbar partikulær F + HF frå filter), µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	34	505	410	319	526	87	1201
Gasskappeskiftar	4	1370	1310	775	2215	1077	2147
Måler	14	677	656	568	757	478	1220
Digelrens	6	228	182	92	361	102	641
Tappar	33	958	712	569	891	260	7916
Boltetrekkar	12	449	394	290	537	217	1225
Anodeskiftar	46	1202	723	518	1008	83	4782
Oksidkøyrar	9	117	106	76	149	67	238
Gassbrennar	7	770	683	415	1122	359	1431
Feiar	5	397	374	229	613	213	592
Anoderens	11	1523	823	428	1581	285	9206
Kryssing	2	344	324				
Anodemontasje	2	85	85				
<b>RESPIRABEL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	3	710	670	230	1940	440	1020
Gasskappeskiftar	1	4060	4060				
Måler	1	640	640				
Tappar	2	680	660				
Boltetrekkar	1	1100	1100				
Anodeskiftar	6	270	250	170	370	150	390
Oksidkøyrar	1	310	310				
Gassbrennar	1	330	330				
Feiar	1	370	370				
Anoderens	1	250	250				
<b>RESPIRABEL SYKLON, vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	3	115	98	18	544	57	213
Gasskappeskiftar	1	287	287				
Måler	1	63	63				
Tappar	2	129	127				
Boltetrekkar	1	134	134				
Anodeskiftar	6	30	28	17	45	17	55
Oksidkøyrar	1	32	32				
Gassbrennar	1	26	26				
Feiar	1	45	45				
Anoderens	1	22	22				
<b>TORAKAL SYKLON, aerosol, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	10	600	520	360	740	280	1700
Gasskappeskiftar	1	2700	2700				
Måler	4	730	730	630	850	640	810
Digelrens	2	440	430				
Tappar	10	790	690	440	1100	160	1600
Boltetrekkar	3	500	460	120	1700	250	660
Anodeskiftar	15	710	570	360	900	50	1400
Oksidkøyrar	3	210	190	50	730	120	350
Gassbrennar	1	730	730				
Feiar	2	550	540				
Anoderens	2	650	640				
Kryssing	2	160	160				

				95 % Konfidensintervall			
	N	AM	GM	Nedre	Øvre	Min	Maks
<b>TORAKAL SYKLON, vassløyseleg fluorid, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	10	87	53	26	108	12	403
Gasskappeskiftar	1	211	211				
Måler	4	81	81	65	100	69	95
Digelrens	2	66	66				
Tappar	10	117	99	63	154	30	286
Boltetrekkar	3	53	47	10	231	23	79
Anodeskiftar	15	84	72	51	101	20	163
Oksidkøyrrar	3	27	22	2,5	194	8,3	44
Gassbrennar	1	69	69				
Feiar	2	55	55				
Anoderens	2	70	67				
Kryssing	2	17	16				
<b>SO<sub>2</sub> frå impregnert filter, µg/m<sup>3</sup></b>							
Omnspassar	35	180	163	138	192	58	399
Gasskappeskiftar	4	497	492	377	642	426	612
Måler	14	191	188	169	209	132	253
Digelrens	6	18	17	11	27	10	34
Tappar	33	85	71	55	91	5,1	212
Boltetrekkar	14	296	266	201	351	136	541
Anodeskiftar	47	240	161	126	205	33	1623
Oksidkøyrrar	10	48	46	38	56	28	75
Gassbrennar	8	92	70	39	126	29	325
Feiar	5	33	32	22	46	21	48
Anoderens	11	46	42	32	57	22	96
Omnspassar	2	52	48				
Anodemontasje	2	34	34				