



Foto: Lars Jordbekken, Stami

Eksponeringskartlegging ved norske aluminiumverk

Delrapport for Hydro Aluminium Høyanger

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

Innholdsliste:

1.	Samandrag	4
2.	Konklusjon	5
3.	Bakgrunn for prosjektet	6
4.	Mål for prosjektet	6
5.	Definisjonar og forklaringar	7
5.1.	Støv og aerosolfraksjonar	7
5.2.	Helserelaterte aerosolfraksjonar	8
5.2.1.	Inhalerbar aerosol fraksjon (f_{inh})	9
5.2.2.	Torakal aerosol fraksjon (f_{tor})	9
5.2.3.	Respirabel aerosol fraksjon (f_{res})	9
5.2.4.	Trakeobronkial aerosolfraksjon	9
5.2.5.	Ekstratorakal aerosolfraksjon	10
5.3.	Definisjonar av statistiske uttrykk:	11
5.3.1.	Normalfordeling	11
5.3.2.	Standard avvik	11
5.3.3.	Konfidensintervall	11
5.3.4.	Log-normal fordeling	11
5.3.5.	Geometrisk middelværdi, GM	11
6.	Om Hydro Aluminium Høyanger (HAH)	12
7.	Prøvetaking	13
7.1.	Prøvetakingsstrategi	13
7.2.	Aerosolprøvetakarar	13
7.2.1.	IOM	13
7.2.2.	Respicon™ virtuell impaktor	14
7.2.3.	Respirabel og torakal syklon	14
7.2.4.	Direktevisande Respicon og Split 2	15
7.3.	Gassprøvetakarar	15
7.3.1.	Gassensorar	15
7.3.2.	Gassfilter	15
8.	Prøver samla med dei ulike prøvetakarane	17
9.	Analysemetodar	17
9.1.	Gravimetri	17
9.2.	Fastsetjing av fluorid	18
9.2.1.	Vassløseleg fluorid	18
9.2.2.	Lutløseleg fluorid	18
9.2.3.	Partikulært fluorid	18
9.2.4.	Fluorid i gassform (HF) og SO ₂	18
9.2.5.	Totalfluorid	19
10.	Instrumentering	19
11.	Kvalitetssikring	19
12.	Resultat og diskusjon	20
12.1.	Aerosol	21
12.1.1.	Aerosoleksponering	21
12.1.2.	Direktevisande utstyr for aerosolmålingar	32
12.2.	Resultat vassløseleg fluorid	48
12.3.	Resultat partikulær fluorid	58
12.4.	Gassar, HF og SO ₂	66
12.4.1.	Hydrogenfluorid (HF)	66
12.4.2.	Svoveldioksid (SO ₂)	68
12.4.3.	Tidsoppløyste SO ₂ -målingar	70
12.5.	Totalfluorid	76

12.6.	Personvariasjon	79
12.7.	Eksposering ved ulike arbeidsstader	81
13.	Referansar	84
14.	Appendiks	86

1. Samandrag

Ved aluminiumsmelteverket i Høyanger er det føretatt arbeidsmiljømålingar som inngår i prosjektet "Hallastma i produksjon av primæraluminium (HAPPA). Prøvetakinga vart utført i perioden 20. – 30. oktober 2003. Eksponeringsnivåa for aerosol og gassar vart undersøkt med forskjellig utstyr og for dei mest aktuelle arbeidsoperasjonane.

I alle Respiconprøvene vart både vassløyseleg og partikulært fluorid fastsett.

Prosjektet nytta prøvetakingsutstyr som fylgjer dei internasjonalt aksepterte kriteria for helserelevante aerosolfraksjonar. Totalt ved Hydro Aluminium Høyanger vart det tatt eksponeringsprøver av 73 personar. I den grad det var praktisk mogeleg vart det tatt fleire eksponeringsprøver av same person. Av dette har ein 191 eksponeringsprøver tatt med IOM kassett, 195 eksponeringsprøver tatt med Respicon, 191 prøver av eksponeringa for HF og SO₂, 55 eksponeringsprøver med torakal sykklon og 18 eksponeringsprøver med respirabel sykklon. I tillegg vart det nytta ekstraksjonsmetodar for å kunne fastsetje fluorid med ulike kjemisk sambinding i aerosolen.

Resultata viser at der er stor spreininga i luftkonsentrasjonar over heile arbeidsskiftet og at toppeksponeering over kortare tid er den største utfordringa for industrien. Av dei målte jobbkategoriene var Gasskappeskiftar den høgste eksponerte i Søderberg og Tappar prebake den høgaste i prebake.

Resultata kan ikkje direkte samanliknast med gjeldande administrativ norm då denne baserar seg på bruk av "Totalstøv"-kassetten som aerosolprøvetakar. For gassformig fluorid (HF) kan ein samanlikne med administrativ norm då prøvetakingsmetoden er den same.

Direktevisande gass- og aerosolutstyr har vist seg å være viktige hjelpemiddel for objektivt kunne identifisere eksponeringskjelder og forureiningsutsette arbeidsfunksjonar. Det er også eit viktig hjelpemiddel til betre å forstå eksponeringskjelder og til hjelp i å minimalisere personeksponering.

2. Konklusjon

Anodemontasje var den jobbkategorien som samla hadde lågast eksponering. Dei høgast eksponerte kategoriane var gasskappeskiftar i Søderberg og tappar i prebake.

For inhalerbar aerosol vart det ikkje målt signifikant forskjell i eksponering ved arbeid i Søderberg og i prebake. For vassløyseleg fluorid, partikulært fluorid, totalfluorid, var eksponeringa høgare ved arbeid i prebake enn ved arbeid i Søderberg. For gassane HF og SO₂ var eksponeringa signifikant høgare ved arbeid i Søderberg enn ved arbeid i prebake.

Gjennomsnittleg var 36 % av den inhalerbare aerosolen torakal og 18 % respirabel. For partikulært inhalerbart fluorid var 45 % torakalt og 24 % respirabelt. Av det inhalerbare vassløyselege fluoridet var omlag 53 % torakalt og omlag 31 % respirabelt.

Prosentdel vassløyseleg fluorid av partikulært fluorid varierte i gjennomsnitt frå 42 % til 53 % avhengig av partikkelstorleik.

Gjennomsnittleg eksponering for HF var låg samanlikna med gjeldande administrativ norm for alle jobbkategoriane utanom gasskappeskiftarane.

Gjennomsnittleg for alle jobbkategoriane var 73 % av den totale fluorideksponeringa partikulær, med stor variasjon avhengig av jobbkategori (29 – 96 %).

Av alle komponentane som ein har føretatt eksponeringsmålingar på var det totalfluorid (summen av HF og inhalerbart partikulært fluorid) som skilte seg ut med fleire høge eksponeringsverdiar.

Gjennomsnittleg eksponering for svoveldioksid (SO₂) var låg (godt under gjeldande administrativ norm, 5 mg/m³), men tidsoppløyse målingar viste at nesten all eksponering var kortvarig, men i mange tilfeller høg. Kategorien anodeskiftar hadde fleire høge verdiar samanlikna med dei andre kategoriane.

Der var stor spreing i eksponeringa innanfor ein jobbkategori, noko som kan tyde på at ein skilde arbeidsoperasjonar gjev svært høg eksponering. Personvariasjonen viser at det var stor variasjon frå dag til dag for same person, gjennomsnittleg 40-80%.

Direktevisande måleutstyr har vist at store delar av eksponeringa kan skuldast kortvarige episodar knytt til konkrete arbeidsoperasjonar med svært høg eksponering. Ein framtidig strategi må være å redusere talet på episodar og aerosolmengda i episodane.

3. Bakgrunn for prosjektet

Eksponeeringsundersøkingane i Høyanger er deler av et større prosjekt; HAPPA (Hall Astma i Primær Produksjon av Aluminium) som har pågått i regi av Aluminiumsindustriens Miljøsekretariat, AMS og Statens arbeidsmiljøinstitutt, STAMI. 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). 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 Aluminiumsindustriens 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 moglege samanhengen mellom fluorideksponering og hallastma samt at industrien mangla informasjon om fluorideksponeringa målt med prøvetakingsutstyr for dei helsesrelaterte aerosolfraksjonane gjorde at prosjektet vart starta i 2002.

4. Mål for prosjektet

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 SO₂ målast (monitorerast) parallelt med aerosoleksponering. Intensiteten av SO₂ vert fastsett med berbare gass-sensorar
 - 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

5. Definisjonar og forklaringar

5.1. 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 egentlig definert som ein aerosol av berre faste partiklar som ved mekanisk nedbrytning har fått ein partikkelstorleik frå sub- μm 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".

PM₁₀ - 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 PM₁₀ -målingar er konstruert slik at de utelèt de fleste partiklar over $10\mu\text{m}$. Dette gjer at kurvene for PM₁₀ og torakal fraksjon er nesten identiske opp til $10\mu\text{m}$, men deretter marginalt forskjellige (JEM), 2005,7,411-415.

Tabell 5.1: Oversikt over aerosol og helserelevante aerosolfraksjonar

	0,01	0,1	1,0	10	100	1000µm	
Fysiske definisjonar	Væske	Tåke			Spray		
	Fast fase	Røyk	Støv				
Typisk aerosol og aerosol partiklar	Oljetåke		Fykeoske				
	Tobakksrøyk		Sementstøv				
				Kolstøv			
	Atmosfærisk støv						
	Virus		Bakteriar				
	Respirable partiklar						
Helserelevante aerosolfraksjonar				Trakeobronikale partiklar			
	Torakale partiklar						
	Inhalerbare partiklar						

5.2. Helserelevante aerosolfraksjonar

I starten av 1970-åra byrja ein å sjå på menneskehovudet som ein prøvetakar. Dette medførte endra fokus 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 eksperimentelle forsøk vart det funne at inhalasjonseffektiviteten til ein partikkel kunne forklarast ut frå den aerodynamiske diameteren (d_{ae}) til den einkilde 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). Desse 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. 5.1 viser oppsamlingseffektiviteten i prosent for dei ulike helserelevante aerosolfraksjonane. I fig. 5.2 er det gjeve ei skisse over kvar i luftvegane ein får avsett dei ulike aerosolfraksjonane.

5.2.1. 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 $100 \mu\text{m}$.

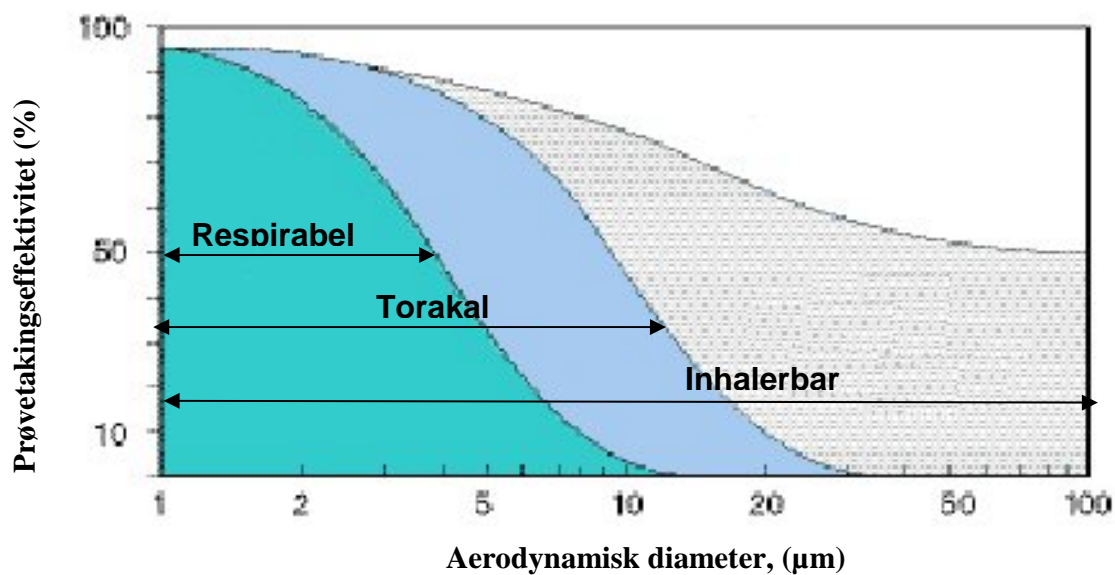
Denne fraksjonen er viktig for helseeffektar i alle stadar av respirasjonssystemet, som t.d. ved rhinitis, kreft i nase og lunge og andre luftvegslidingar.

5.2.2. Torakal aerosol fraksjon (f_{tor})

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

5.2.3. Respirabel aerosol fraksjon (f_{res})

Denne fraksjonen inneheld dei partiklane som kjem inn i den alveolære delen av lungene, dvs. til bronkioler 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 den totale aerosolen. Torakal og respirabel aerosolfraksjon er begge underfraksjoner av den inhalerbare fraksjonen.



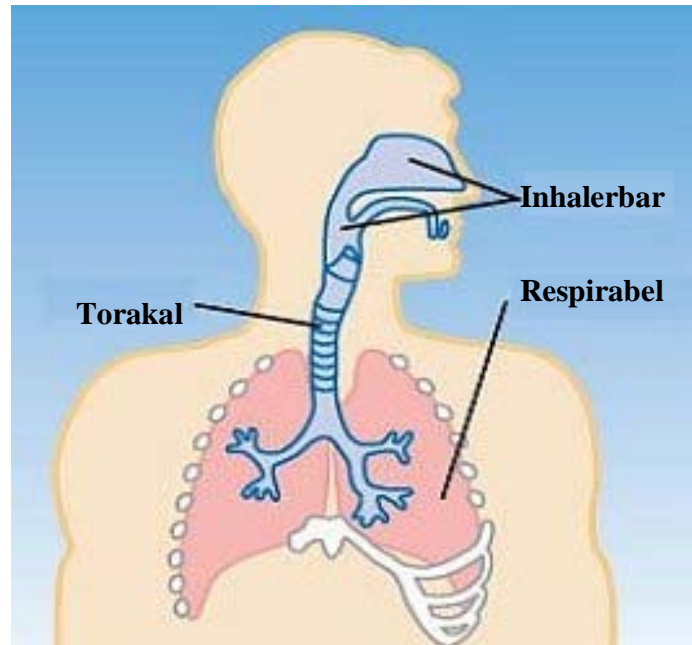
Figur 5.1: Kurver som viser respirabel og torakal aerosolfraksjon som funksjon av aerodynamiske diameter, og som underfraksjon av inhalerbar fraksjon, NS-EN 481.

5.2.4. Trakeobronkial aerosolfraksjon

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

5.2.5. Ekstratorakal aerosolfraksjon

Differansen mellom inhalerbar og torakal aerosolfraksjon kallast ekstratorakal aerosol og blir samla opp av filter nr. 3 i Respiconprøvetakaren. Denne fraksjonen har den største partikkelstorleiken av den inhalerbare aerosolen og den avsettes derfor i dei øvre luftvegane (nase/munn).



Figur 5.2: Skisse over luftvegane med plassering av dei ulike helserelevante regionane av luftvegsystemet.

Med utgangspunkt i desse kriteria tilrår Direktoratet for Arbeidstilsynet (2002) i si orientering; 450 "Kartlegging og vurdering av eksponering for kjemiske stoff og biologiske forureiningar 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. I HAPPA var det difor naturleg og føremålstenleg at ei grunnleggjande kartlegging av eksponeringshøva i elektrolysehallane i aluminiumindustrien fokuserte på alle desse tre helserelevante aerosolfraksjonane.

5.3. Definisjonar av statistiske uttrykk:

Forklaringane er tatt frå Miller and Miller, 1993.

n = talet av prøver

AM = Aritmetisk middelværdi

som er summen av alle måleresultata delt på talet på prøver.

5.3.1. Normalfordeling

Ved å plote alle måleresultata i stigande rekkefølge langs x-aksen og talet på analyser med ein bestemt måleverdien langs y-aksen får man ei kurve. Når denne kurven er lik på begge sider av middelværdien og har ei bestemt form er den normalfordelt. Gauss-kurve er et anna namn for normalfordelingskurven. Resultata i Happa-prosjektet fylgjer ikkje ei normalfordelingskurve.

5.3.2. Standard avvik

Standardavviket reknast som kvadratrotten av variansen og fortel noe om kor mye resultata spreiar seg frå middelværdien.

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}, \text{ der } \bar{x} \text{ er AM}$$

Eit lågt standardavvik betyr at måleresultata fordeler seg etter ein høg og bratt fordelingskurve. Dersom måleresultata er normalfordelte vil 68% av resultata ligge i intervallet $AM \pm 1s$ og 99,7 % ligge innanfor $\pm 3s$ frå middelværdien.

5.3.3. Konfidensintervall

Konfidensintervallet nytta i denne rapporten er på 95%. Dette betyr at det er 95% sannsynlighet for at middelværdien vil ligge innanfor dette intervallet..

5.3.4. Log-normal fordeling

Ved å ta logaritmen til måleresultata og så vil dei logaritmiserte verdiane være normalfordelte.

Dette må som regel gjerast i arbeidsmiljøundersøkingar. Resultata i denne undersøkinga er ikkje normalfordelte og statistiske berekningar er derfor gjort på log-verdiar.

5.3.5. Geometrisk middelværdi, GM

GM er middelværdien i et datasett der man bruker logaritmen til måleresultata. Tar man antilog av den logaritmiserte middelværdien får ein geometrisk middelværdi. Denne verdien er den som best representerar målingane i HAPPA fordi dei ikkje er normalfordelte.

6. Om Hydro Aluminium Høyanger (HAH)

Tabell 6.1: Teknologioversikt for Hydro Aluminium Høyanger

Emne	Hall A	Hall C
Teknologi	Prebake	Søderberg -punktmeta framside -knivmeta bakside (kombimating)
	Forsert av sug	Brennarar 1
Ventilasjonssystem	Tvungen ventilasjon Vifte tak Vifte kjeller Gass til tørreanseanlegg – vidare til våtvaskar	Naturleg ventilasjon Tørreanseanlegg Våtvaskar
Oksid	Sekundær	Primær

Tabell 6.2: Jobbkategoriene som det vart tatt arbeidsmiljømålingar på var:

Jobbkategori	Noterte arbeidsoppgåver
Omnspassar	Blusstaking, feiing, dekking, sveising, matepunktsjekking, endebanking, sidedeslag, tetting av endekappe, blåsing av brennarar, staking av brennrør, reinsk av baddigle, stellomn
Gasskappeskiftar	Fjerne gasskappe og sette på ny, bytte flens
Målar	Måling av temperatur, bad og metall, vurdering (inn i omnen med spett), påfeiing, slå hol, endebanking
Digelrens	Reinsk av digel, boring og skruing av tapperør, støvsuging, kosting, rengjering, tømning av bad, truckkøyning, røyrskifting
Tappar Prebake og Søderberg	Tapping, temperaturmåling, fluxing, prøver av bad og metall, reinking av baddigle, tapperøyrbytte, stellomnar
Boltetrekkar	Boltetrekking, reinsk av omn, reinking, øsing av sot, piggtaking med rive, rulling av endebrekking, klakking, måling av strømpoptak, støvkosting, rengjering truck, rengjering og stell av omn, rengjering boltetrekkar, kryssing, sliping, truckkøyning
Anodeskiftar	Golvoperatør, kranoperatør, truckkøyning, transport av anodar frå hall til anodemontasje, dekking og anodeskift frå golv/kran, dekking av bad, fjerning av deksel, plukke ut klumpar, utkøyning av anodar, flytte kasser, dekking med knust bad oksid, sjekke bad og katode, rote i omnen, dekselskifte, fylling av oksidsilo

Tab. 6.2 forts.

Jobbkategori	Noterte arbeidsoppgåver
Oksidkøyrar	Køyrte oksidbil under dekking, oksidfylling, køyring av fluorid, silokøyring, fylling av silo, dekking, feiing, endebanking, nedslag, fyller kasser, lagt på tappehull og endenedslag, lagt på ved bluss
Gassbrennar	Reinsk av gassbrennare, staking av silo, blås av stikkørør/brennare, rengjering av sotfeller, køyre oksidbil, tappe bad, banking, sveising, kjellarjobb
Feiar	Feiing i feiebil, rydding
Anoderens	Feiing, støvsuging, truckkøyring, badkøyring, anoderens/buttsrens, støvsuging av kjøletunnel, knusing av bad, reinska under kjettingslynge
Kryssing	Kryssing, fylling av soda
Anodemontasje	Omnsoperatør, smelta om metall til anode, smelte jern, støyping av anodar, køyre truck, golv

7. Prøvetaking

7.1. 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 type teknologi/hall. Dette gjer at ein teoretisk skulle kunne måle:

100 aerosolprøver med Respicon, der 10 er tidsoppløyste Respiconmålingar

100 inhalerbare aerosolprøver med IOM

10 respirable aerosolprøver med respirabel syklon

10 torakale aerosolprøver med torakal Syklon

100 SO₂ prøver på filter

100 HF prøver på filter

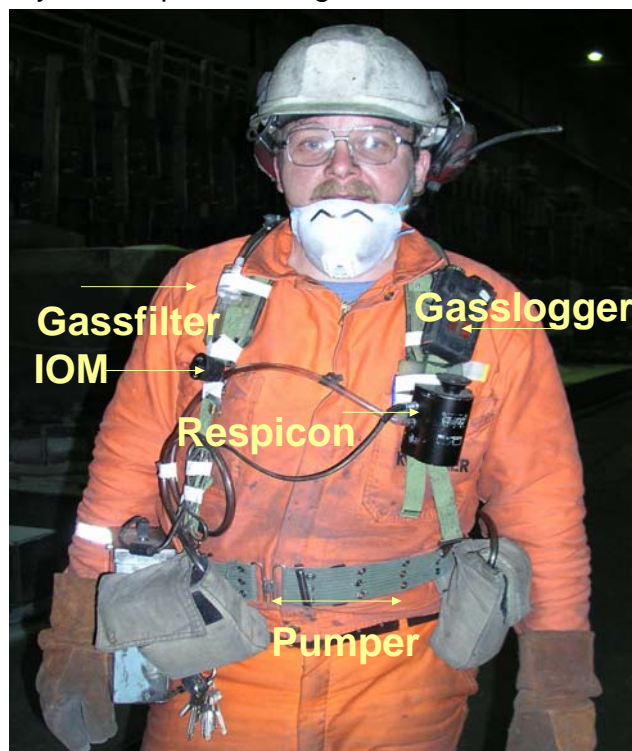
60 SO₂ prøver med tidsoppløyst signal med dataloggar

30 NO₂ prøver med tidsoppløyst signal med dataloggar

7.2. Aerosolprøvetakarar

7.2.1. IOM

IOM-prøvetakeren 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 eit 25 mm filter og skal ha ein luftgjennomstrømningsfart på 2 L/min.



Figur 7.1: Ein arbeidstakar med prøvetakingsutstyr

Testing i vindtunnel og i felt har vist at den følger kurva for inhalerbar aerosol vist i figur 5.1. Ulempa med denne prøvetakaren er at den er noko utsett for sprut/punktstøving, kjensleg for vindretning og vindhastighet over et visst nivå, og at den måler berre den inhalerbare aerosolfraksjonen.

7.2.2. Respicon™ virtuell impaktor

Prøvetakaren samplar opp aerosol på tre filter med diameter på 37 mm. Dette gjer det mogeleg å fastsetje dei helserelevante respirabel, torakal og inhalerbar aerosolfraksjonane. Produsent er Hund, Helmut Hund GmbH, Wilhelm-Will-Str. 7, D-35580 Wetzlar, Tyskland. Total luftstraum gjennom prøvetakaren skal vere 3,11 L/min. Ulik luftstraum gjennom kvart filtersteg og utforminga 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 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 ein personleg prøvetakar dersom ein brukar ein korreksjonsfaktor for den ekstratorakale fraksjonen (Koch, et al., 2002). Ein slik korreksjonsfaktor må etablerast for kvar type industri, fordi fordelinga mellom dei ulike partikkelstorleikane kan vere forskjellig. Prosjektet må derfor ta parallelle prøver med Respicon og IOM for å finne ein korreksjonsfaktor som kan nyttast for aluminiumindustrien.

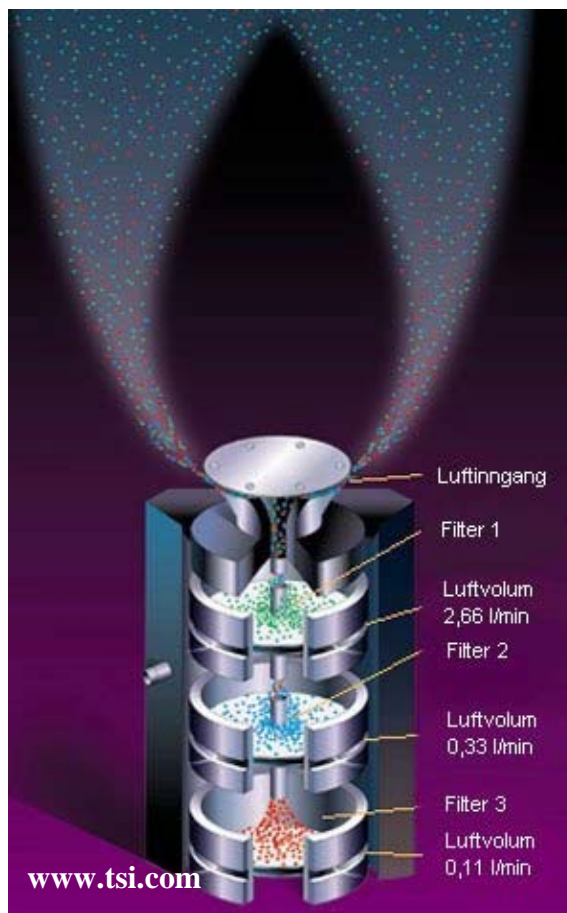


Fig. 7.2 Respiconprøvetakar

7.2.3. Respirabel og torakal syklon

Syklonar er ein annan type prøvetakingsutstyr som baserer seg på å dele aerosolen i forskjellige partikkelstorleikar ved hjelp av sentrifugalkrefter. Dei fleste andre prøvetakarane nyttar gravitasjonskrafta. To typar syklonar vart nytta. Den eine er konstruert for respirabel aerosolfraksjon (SKC, UK) med et filter på 25 mm og ein luftgjennomstrømningsfart på 2,2 L/min. Den andre er konstruert for torakal aerosolfraksjon (BGI, USA) har et filter på 37 mm og luftgjennomstrømningsfart på 1,6 L/min.

Syklonar har vore mykje brukt og er vel dokumentert men ulempa er at for kvar fraksjon ein ynskjer å undersøke trengs ein syklon med eiga pumpe. Resultata frå syklonane skal samanliknast med tilsvarande fraksjon frå Respicon for å sjå om det er samanheng mellom prøvetakarane i denne type industri. Dette er ein type arbeid som krev mange parallelle målingar. Det vil derfor ikkje bli gjort verksvis, men som ein del av totalbiletet for industrien.

7.2.4. Direktevisande Respicon og Split 2

Split 2 er ein direktevisande dataloggar for aerosolar med måleområde 0,01 til 200 mg/m³ for aerosol med diameter mellom 0,1 og 100 µm basert på IOM-prøvetakaren og produsert av SKC Inc Eighty Four, PA 15330, USA. Med dataloggaren er det mogeleg å logge opp til 21 500 datapunkt før data må lastast ned på ei datamaskin.

Deteksjonsprinsippet for fastsetjing av aerosol er måling av lysspreiing ved hjelp 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 filteret som blir analysert gravimetrisk får ein aerosolkonsentrasjonen i mg/m³. Luftstraumen gjennom prøvetakaren skal vere 2,0 L/min.

I den direktevisande Respiconprøvetakaren er det tre fotodetektorar for fastsetjing av aerosol i tillegg til filter som skal vegast. Saman med gravimetrisk fastsetjing får ein gjort om detektorsignalet til aerosolkonsentrasjon i mg/m³. Måleområdet for impaktoren er opp til 200 mg/m³ for kvar fotodetektor. Saman med prøvetakaren er det ein dataloggar for lagring av data. Dataloggaren må skjermast for elektromagnetisk stråling med ein jernboks.

7.3. Gassprøvetakarar

7.3.1. Gassensorar

Direktevisande gassensorar er nyttige hjelpemiddel til å sjå på toppeksponeing for SO₂. 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. NO₂ kunne ein tenkje seg blir danna ved bluss, og det vart derfor teke NO₂-prøver parallelt med SO₂.

Direktevisande gassmålingar av SO₂ og NO₂ 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 registrert 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 deteksjonsgrense på 0,2 ppm. Sensorane vart kalibrert mellom prøvetakingane på kvart verk med kjent gasskonsentrasjon.

7.3.2. Gassfilter

HF og andre sure fluoridgassar (t.d. SiF₄) vart samla opp på impregnerte gassfilter (10 % (w/v) KOH impregnerte 25 mm støtteplater (Millipore, AP1002500)) fordi det til no ikkje har eksistert nokon god direktevisande berbar sensor for HF.

Tabell 7.1: Oversikt over prøvetakingsutstyr som vart nytta for dei ulike aerosolfraksjonane

Tilgjengeleg prøvetakingsutstyr	Helserelaterte aerosolfraksjonar (jf. Fig. 5.1)/gass					Gassar		
	Respirabel	Trakeo-bronkial	Ekstratorakal	Torakal	Inhalerbar	NO ₂	SO ₂	HF
IOM	-	-	-	-	X	-	-	-
Respicon®	X	X	X	X [#]	X [#]	-	-	-
Syklon	X [*]	-	-	X [*]	-	-	-	-
Millipore kassett med impregnerte støtteplater	-	-	-	-	-	-	X	X
Direktevisande gass sensorar,	-	-	-	-	-	X	X	X
- Dräger	-	-	-	-	-	X	X	-
- Neotox	-	-	-	-	-	X	X	-
- Gasman II	-	-	-	-	-	-	-	X [†]

[#] Vert utrekna frå dei andre fraksjonane

^{*} Anten respirabel eller torakal fraksjon

[†] Ny HF sensor vart prøvd ut

I tabell 7.1 er det gjeve ein oversikt over det utstyret som skulle nyttast, og kva komponent som skulle fastsetjast med det ulike utstyret.

8. Prøver samla med dei ulike prøvetakarane

I tabellen 8.1 er det gjeve ein oversikt over talet på prøver fordelt på dei to prøvetakingsperiodane og arbeidsfunksjonane som var blitt utført. Innhaldet i dei ulike jobbkategoriene er definert i kapittel 5.

Tabell 8.1: Oversikt over prøver tatt ved Hydro Aluminium Høyanger i oktober 2003.

	Respicon	IOM	Torakal syklon	Respirabel syklon	Gassar (HF/SO ₂)	Sensor (SO ₂)
Omnspassar	29	29	7	3	29	20
Gasskappeskiftar	4	4	1	1	4	4
Målar	14	14	4	1	14	9
Digel	6	6	2	-	6	3
Tappar Prebake	21	20	6	1	20	10
Tappar Søderberg	14	14	5	1	14	5
Boltetrekkar	15	14	3	1	14	7
Anodeskiftar	46	44	13	6	44	38
Oksidkøyrar	10	10	3	1	10	5
Gassbrennar	8	8	1	1	8	8
Feiar	5	5	2	1	5	3
Anoderens	11	11	2	1	11	1
Kryssing	4	4	3	-	4	2
Anodemontasje	8	8	3	-	8	5
Totalt	195	191	55	18	191	118

9. Analysemetodar

9.1. Gravimetri

Fastsetjing av masser på filter vart gjort med Sartorius MC5 og Sartorius 210P veker, ved veging av filter før og etter eksponering. Arbeidet vart utført i STAMI sitt klimatiserte vegerom (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 brukarrettleiinga (Hund, 2000) og kan sjåast i saman med Respiconprøvetakaren vist i figur 7.2:

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

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

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

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

9.2. Fastsetjing av fluorid

9.2.1. Vassløyseleg fluorid

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 $\mu\text{g}/\text{filter}$ for Respicon og IOM, 4 $\mu\text{g}/\text{filter}$ for torakal sykklon og 7 $\mu\text{g}/\text{filter}$ for respirabel sykklon.

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

9.2.2. Lutløyseleg fluorid

Etter eluering med vatn ble aerosolfilter og filterinnsats overført til eit nytt sentrifugerør, tilsatt 5 mL 0,5 M KOH-løsning og 225 μL fosfat (PO_4^{3-}), (Spectrascan®, 1000 mg/L, Teknolab A/S) som intern standard. Etter oppvarming på vassbad i mikrobølgeovn på 75°C i 90 min vart røra sentrifugert og eluatet fortynna til 15 mL med ionebytta vatn (>17,8 M Ω). Fastsetjing av fluoridnivå vart gjort med ionekromatografi. Nedre fastsetjingsgrense for lutløyseleg fluorid var 20 $\mu\text{g}/\text{filter}$.

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 fluorid i prøvene.

9.2.3. Partikulært fluorid

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

9.2.4. Fluorid i gassform (HF) og SO₂

Impregnerte gassfilter (10 % (w/v) KOH-løsning på Millipore AP1002500 støtteplater) vart overført til 15 mL polypropylen reagensrør (Sarstedt, art. nr. 62.554.001, Nümbrecht, Tyskland), tilsatt intern standard (bromid, Br⁻). og ekstrahert med 10 mL 0,5 % (v/v) hydrogenperoksidløsning (H₂O₂). 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^-) til hydrogenfluorid (HF) og frå sulfat (SO_4^{2-}) til svoveldioksid (SO_2). Nedre fastsetjingsgrenser var 1,0 - 16 $\mu\text{g}/\text{filter } F^-$ og 4,1 - 12 $\mu\text{g}/\text{filter } SO_4^{2-}$.

9.2.5. 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".

10. Instrumentering

Analysane vart 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[®] 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[™], versjon 6.40.

Eluentløysingane var 8,0 mM Na_2CO_3 / 1,0 mM NaHCO_3 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[®], 1000 mg/L) med ionebytta vatn.

11. Kvalitetssikring

For å kvalitetssikre analyseresultata vart eigne referanseløysingar med kjent analyttverdi av fluorid og sulfat tillaga. Desse prøvene inngjekk som ukjente og analysert på tilsvarande måte som de reelle prøvene, og på den måten sikra mest mogleg korrekte analyseresultat. For blindkorrigering av resultata var kvar ellefte prøve eit ueksponerte filter. Desse vart analysert for alle komponentane på tilsvarande måte som dei eksponerte filtra.

12. Resultat og diskusjon

Resultata representerer konsentrasjonar av eksponeringsmålingane utført i dei gjevne tidsromma. Det er ikkje gjort nokon korreksjon av eksponeringsdata av prosessteknisk 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 $\frac{1}{2}$ DL.

I figurane og tabellane nedanfor vil aerosolresultata bli presentert i underkapittel etter type analysert komponent.

I denne rapporten er det lagt vekt på verdiane frå Respiconprøvetakaren og IOM. Syklonane var fyrst og fremst med for å kunne gjere ei samanlikning av prøvetakarar. For å få gode og sikre data til eit slikt arbeid treng ein fleire målingar enn det ein har tatt ved eit verk. Dette vil ikkje ha konsekvensar for resultata eller for konklusjonane.

Generelt er det viktig å kommentere at nokre av jobbkategoriene har arbeidsoperasjonar som medfører større eller mindre del av arbeidstida nær opne celler, eller i lukka ventilert kabin. I dei ulike situasjonane er bruk av vernemasker avgjerande for den faktiske eksponeringa. Alle prøver er tatt utanfor vernemaskene og nærmast mogleg innandingssona til arbeidstakaren. Resultata må derfor sjåast i samanheng med den generelle vernemaskebruken innan dei målte jobbkategoriene. 94 personprøver var ved bruk av airstream, 72 med 3M 9924 og 13 med både airstream og 3M 9924. 1 person brukte eingongsmaske i boltetrekkar og dobbelt med airstream ved arbeid ute i hallen. 4 personprøver var ved bruk av 3M 4277, 1 med Sundström SR100, 9 utan vernemasker, og 1 person har ikkje notert om vernemaske vart nytta.



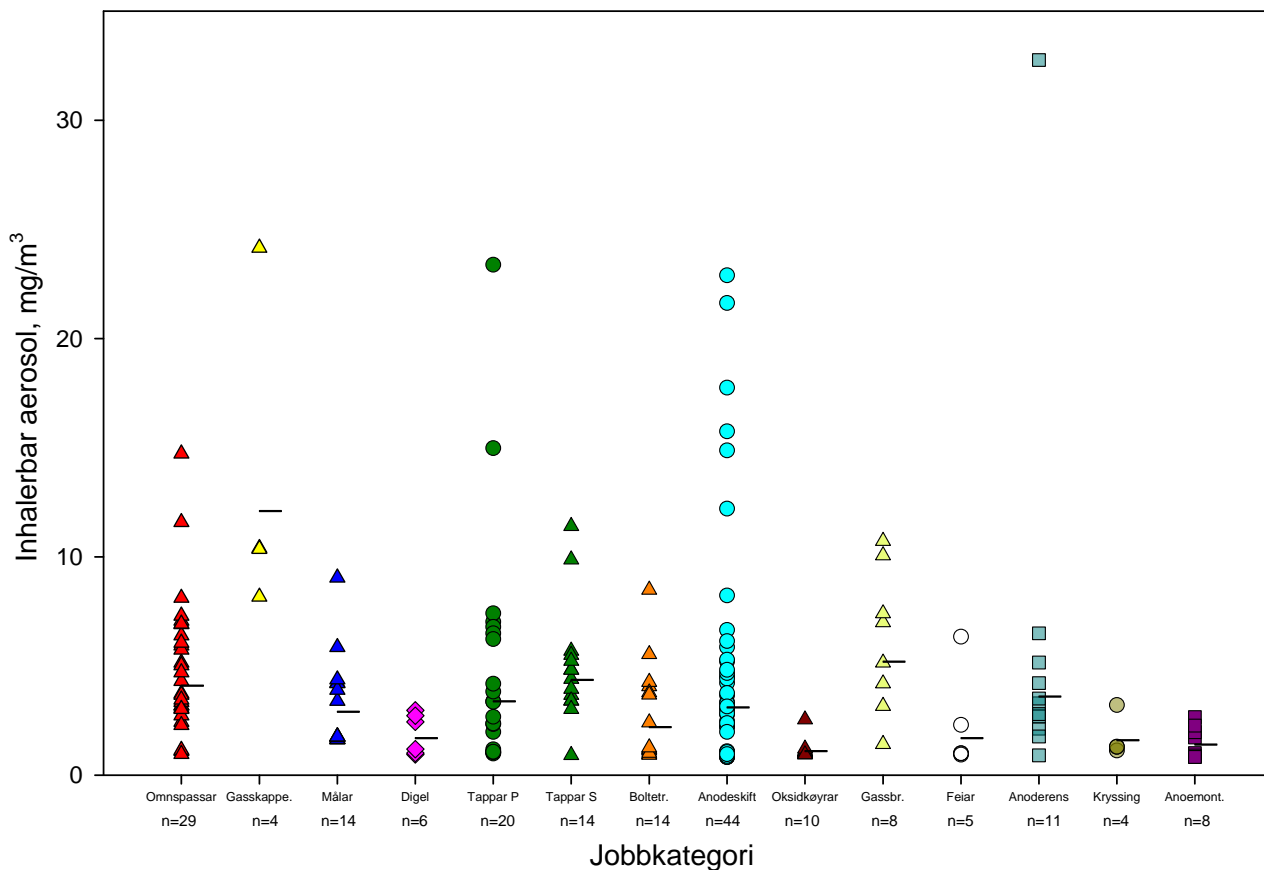
Foto: Lars Jordbekken, Stami

Bilete 12.1: Gasskappeskifting

12.1. Aerosol

12.1.1. Aerosoleksponering

Aerosol/støv vart samla på filter ved hjelp av forskjellige prøvetakarar og deretter veid for å finne mengda. Figur 12.1 viser alle aerosolresultata målt med IOM prøvetakaren sortert etter arbeidsoperasjon. Det er stor spreining på resultata innan ein arbeidsoperasjon og også forskjell mellom ein del av arbeidsoperasjonane. Nokre få målingar er høge som kan tyde på at nokon av operatørane kan være høgt eksponert på enkelte dagar.



Figur 12.1: Inhalerbar aerosol frå IOM-prøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Figuren viser at gasskappeskiftar var den kategorien med høgst geometrisk gjennomsnittseksponering (12 mg/m^3) og størst spreining og at oksidkøyrar var den lågaste eksponerte gruppa ($1,1 \text{ mg/m}^3$).

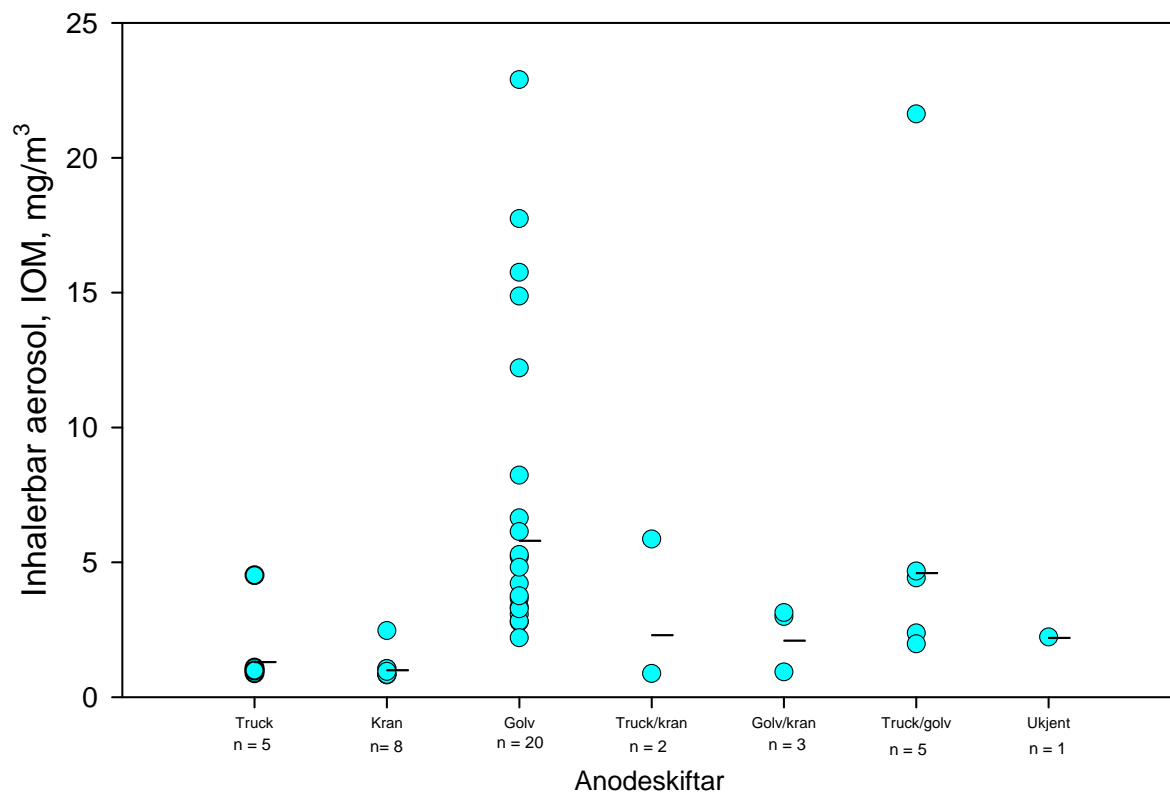
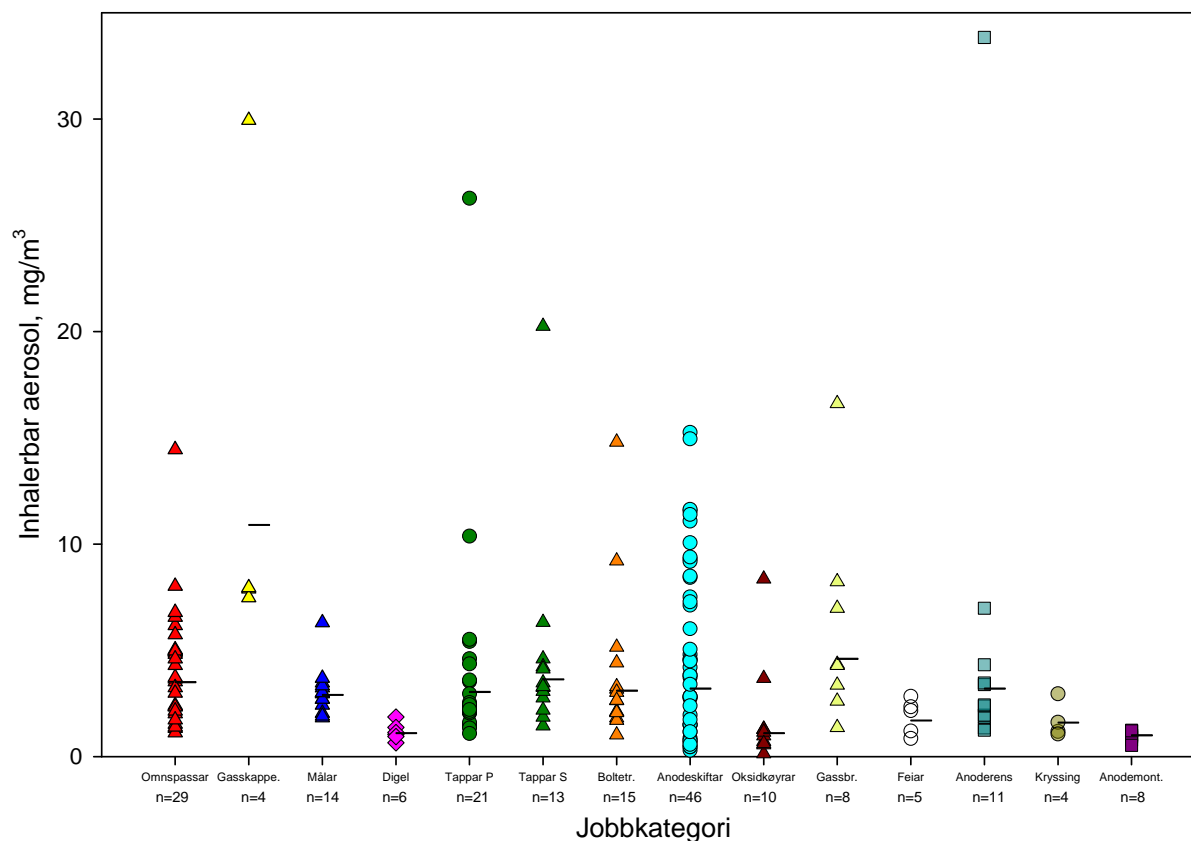


Fig. 12.2: Inhalerbar aerosol frå IOM-prøvetakaren for anodeskiftarar fordelt på arbeidsoppgåver. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.



Figur 12.3: Inhalerbar aerosol frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Frå figur 12.3 ser ein dei inhalerbare aerosolresultata målt med Respiconprøvetakaren. Dei aller fleste målingane var under 15 mg/m^3 . Konsentrasjonen varierer frå ein type jobbkategori til ein annan og også innan kvar jobbkategori. Høgast gjennomsnittleg eksponering var for gasskappeskiftar (11 mg/m^3) og lågaste gjennomsnittlege eksponeringa hadde ein for jobbkategori anodemontasje ($0,95 \text{ mg/m}^3$).

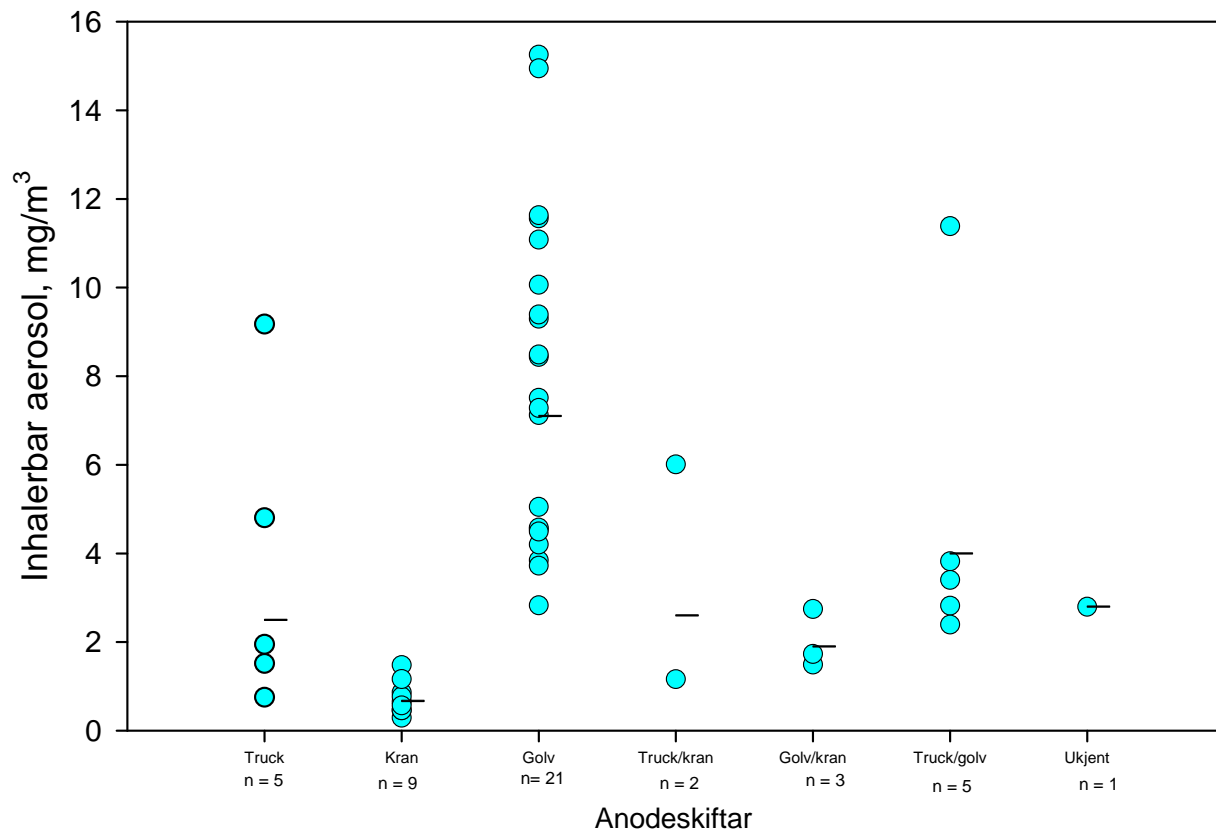
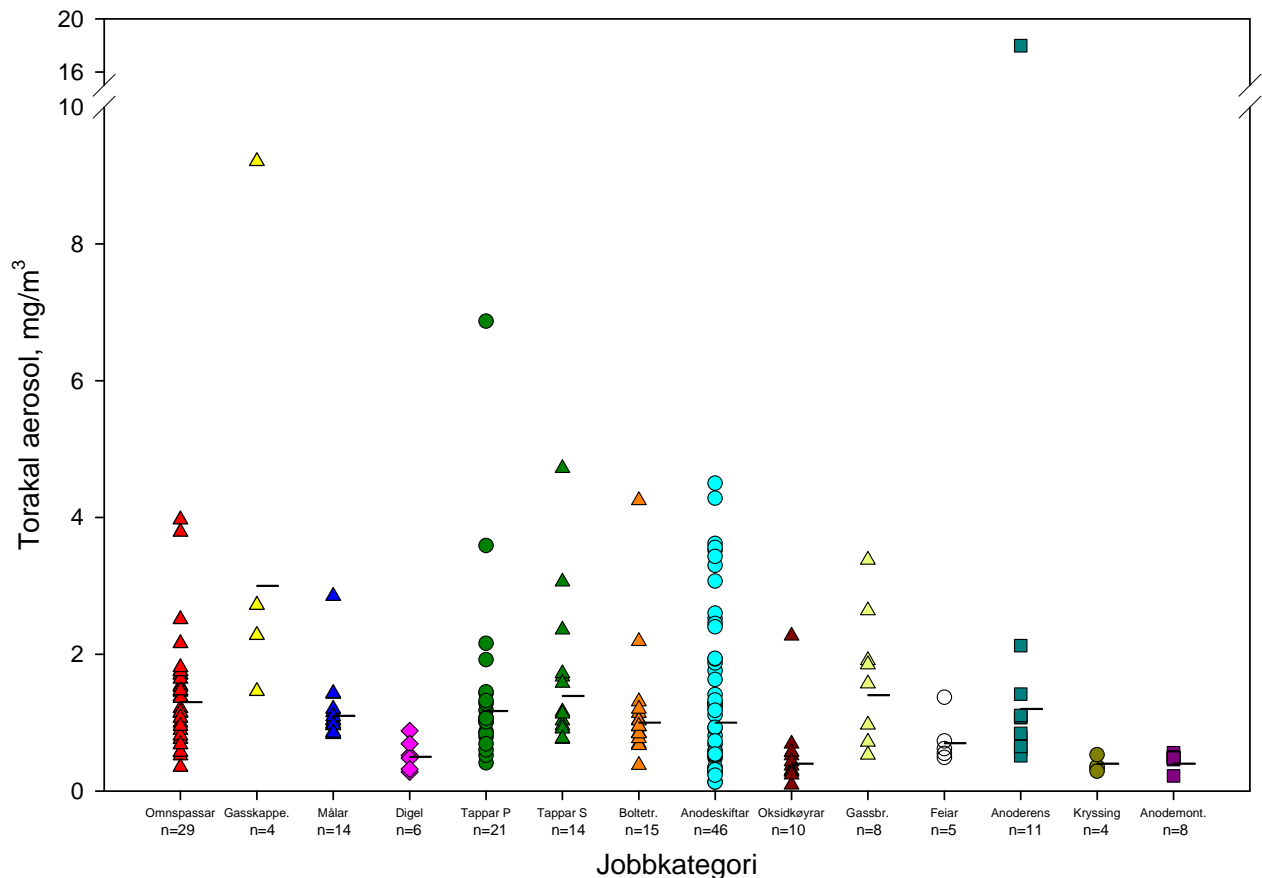


Fig. 12.4: Inhalerbar aerosol frå Respiconprøvetakaren for anodeskiftarar fordelt på arbeidsoppgåver. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.



Foto: Lars Jordbekken, Stami

Bilete 12.2: Tapping Prebake



Figur 12.5: Torakal aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

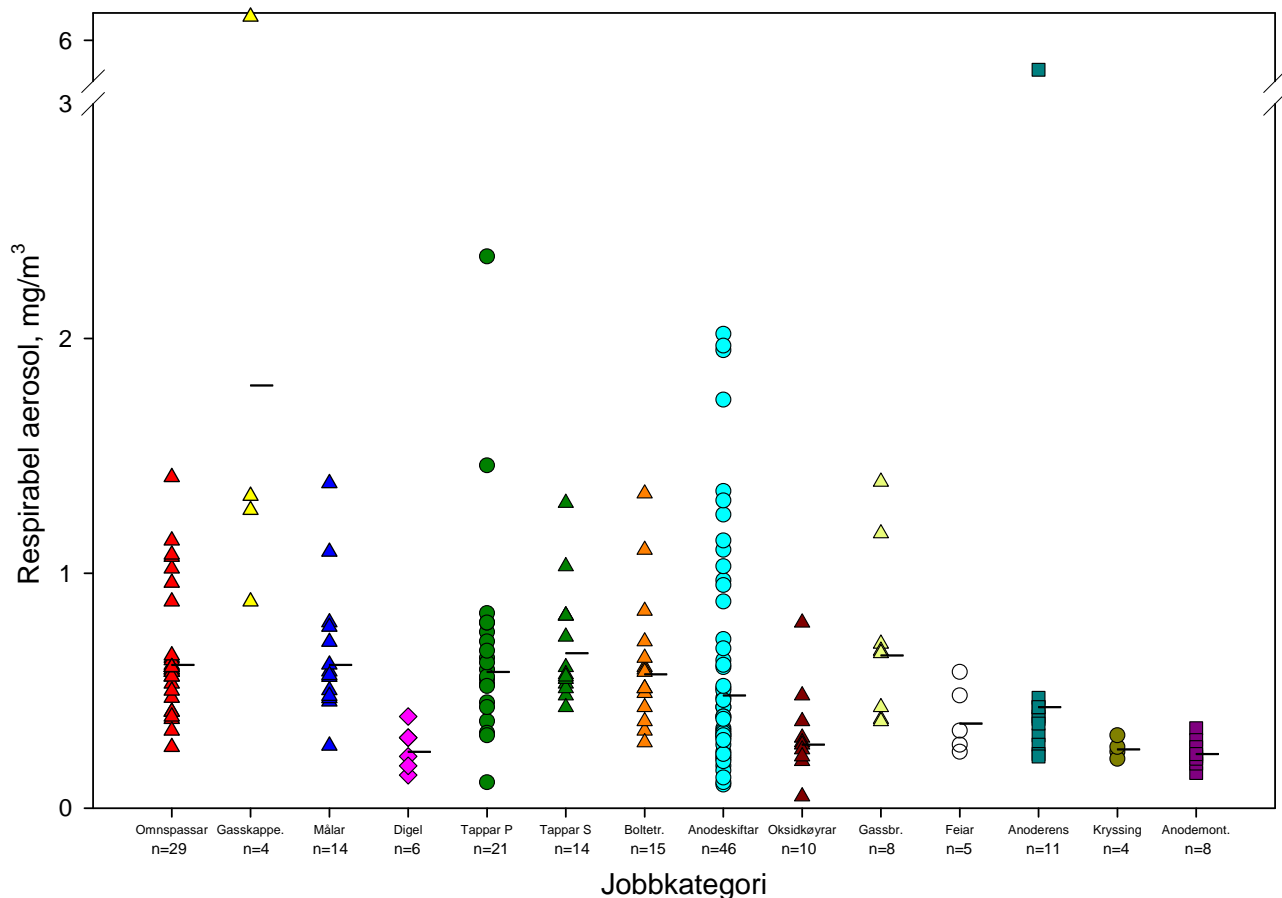
Støv som penetrerer forbi strupehovudet kan fastsetjast ved bruk av prøvetakingsutstyr som torakale syklonar og Respicon. I figur 12.5 viser torakal aerosolmengde bestemt ut frå måling med Respiconprøvetakaren. Den totale mengda aerosol var lågare enn for inhalerbar fraksjon og variasjonen mellom jobbkategoriane var ikkje så stor. Bortsett frå for nokre få einskilde målingar var spreinga mindre innan dei same jobbkategoriane, dei fleste resultatata var under 6,0 mg/m³ og med GM lågare enn 3,0 mg/m³.

Tabell 12.1: Prosentdel torakal aerosol av inhalerbar aerosol.

Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	29	36	33	40	24	73
Gasskappeskiftar	4	28	17	44	18	36
Målar	14	39	34	44	25	59
Digel	6	44	38	51	34	50
Tappar Prebake	21	38	34	44	23	69
Tappar Søderberg	14	38	31	46	23	74
Boltetrekkar	15	34	29	38	21	50
Anodeskiftar	46	32	29	35	17	66
Oksidkøyring	10	39	29	50	19	69
Gassbrennar	8	31	25	39	20	43
Feiar	5	41	27	63	26	65
Anoderens	11	38	31	46	23	53
Kryssing	4	24	17	33	18	28
Anodemontasje	8	47	42	53	39	59
Alle	195	36	34	37	17	74

Frå tabell 12.1 ser ein at for jobbkategorien anodemontasje var gjennomsnittleg 47 % av den inhalerbare aerosolen torakal.

Gjennomsnittleg var 36 % av den inhalerbare aerosolen torakal. Spreiinga innan alle kategoriane var stor, og totalt varierte delen torakal aerosol frå 17 % til 74 % av den inhalerbare aerosolen.



Figur 12.6: Resultat frå den respirable aerosolfraksjonen frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategoriar. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I fig. 12.6 ser ein at ein hadde same trend for respirabel aerosolfraksjon som for torakal fraksjon. Nokre einsskilte høge verdiar i kvar av jobbkategoriene, men dei fleste målingane var lågare enn $2,0 \text{ mg/m}^3$ og med GM lågare enn $1,0 \text{ mg/m}^3$. Den høgaste eksponerte gruppa var gasskappeskiftarar, medan anodemontasje var den lågast eksponerte kategorien. Aerosolmengda av denne fraksjonen er ein underfraksjon av den torakale fraksjonen, og gjev fylgjeleg mindre verdi enn torakal fraksjon.

Tabell 12.2: Prosentdel respirabel aerosol av inhalerbar aerosol.

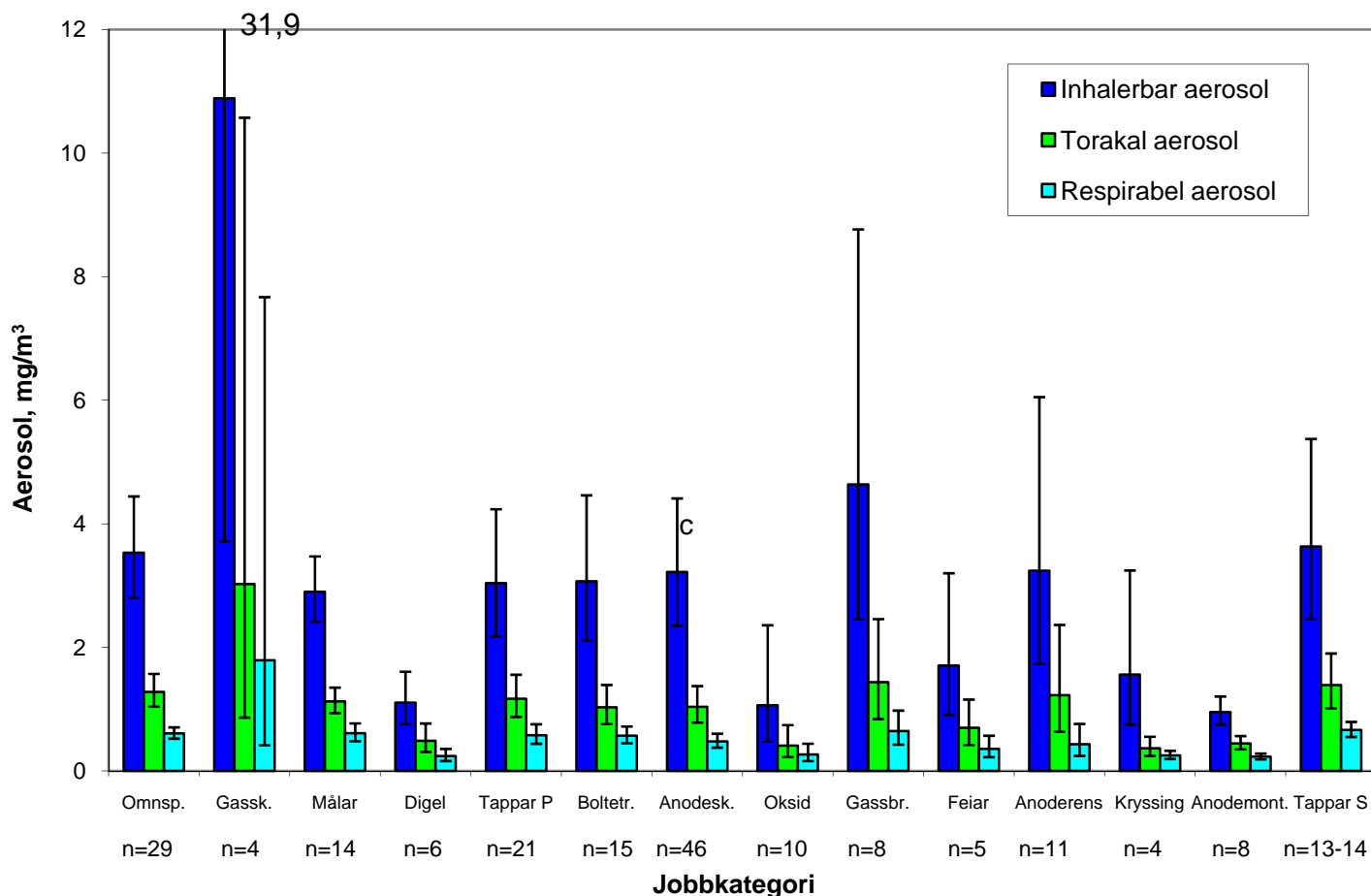
Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	29	17	14	20	7,5	37
Gasskappeskiftar	4	16	10	26	11	23
Målar	14	21	18	25	14	38
Digel	6	22	19	25	19	28
Tappar Prebake	21	19	16	23	8,3	40
Tappar Søderberg	14	18	14	23	6,4	33
Boltetrekkar	15	19	15	23	9,0	31
Anodeskiftar	46	15	13	17	4,5	53
Oksidkøyning	10	25	17	36	11	39
Gassbrennar	8	14	9,8	20	8,4	31
Feiar	5	21	12	36	11	39
Anoderens	11	13	10	18	5,4	20
Kryssing	4	16	9	30	11	24
Anodemontasje	8	24	19	30	19	39
Alle	195	18	16	19	4,5	53

Frå tabell 12.2 ser ein at det var jobbkategorien oksidkøyning (25 %) som hadde den største prosentdelen respirabel aerosol, medan anoderens (13 %) hadde lågast. Gjennomsnittleg var 18 % av den inhalerbare aerosolen respirabel. Spreiinga var stor, frå 4,5 % til 53 % respirabel aerosol av den inhalerbare aerosolen.



Foto: Lars Jordbekken, Stami

Bilete 12.3: Anodeskift frå kran, prebake



Figur 12.7: Geometrisk middelvei, GM med 95 % konfidensintervall for dei helse-relaterte aerosolfraksjonar prøveteke med Respicon.

I figur 12.5. er det gjeve dei geometriske middelveiane og 95 % konfidensintervall for dei helse-relaterte aerosolfraksjonane fordelt på dei prøveteke jobbkategoriene. Ved å regne statistikk på dataa frå figur 12.5 kan ein sjå om det er noen forskjell mellom dei ulike arbeidsoperasjonane. Ei oppsummering finnast i tabell 12.3 for alle eksponeringsmålingane.

Tabell 12.3: Oversikt over kva kategori der GM var signifikant* forskjellige for dei ulike komponentane

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Inhalerbar aerosol, IOM	Omnpassar	Gasskappeskiftar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Feiar, Kryssing, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Omnpassar, Målar, Digel, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Gasskappeskiftar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Digel	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Tappar Søderberg, Gassbrennar, Anoderens
	Tappar Prebake	Gasskappeskiftar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Gasskappeskiftar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Feiar, Kryssing, Anodemontasje
	Boltetrekkar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Oksidkøyrar, Tappar Søderberg, Gassbrennar
	Anodeskiftar	Gasskappeskiftar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens
	Gassbrennar	Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Feiar, Kryssing, Anodemontasje
	Feiar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Tappar Søderberg, Gassbrennar
	Anoderens	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Kryssing	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Tappar Søderberg, Gassbrennar
	Anodemontasje	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens

* p<0,05

Tab. 12.3 forts.

Komponent	Kategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Inhalerbar aerosol, Respicon	Omnpassar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Omnpassar, Målar, Digel, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Digel	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens
	Tappar Prebake	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Boltetrekkar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens
	Gassbrennar	Digel, Oksidkøyrar, Feiar, Kryssing, Anodemontasje
	Feiar	Gasskappeskiftar, Gassbrennar
	Anoderens	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Kryssing	Gasskappeskiftar, Gassbrennar
	Anodemontasje	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens

* p<0,05
29

Tab. 12.3 forts.

Komponent	Kategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Torakal aerosol, Respicon	Omnpassar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Omnpassar, Målar, Digel, Tappar Prebake, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Digel	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens
	Boltetrekkar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens
	Gassbrennar	Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Feiar	Gasskappeskiftar
	Anoderens	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Kryssing	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens
	Anodemontasje	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens

* p<0,05

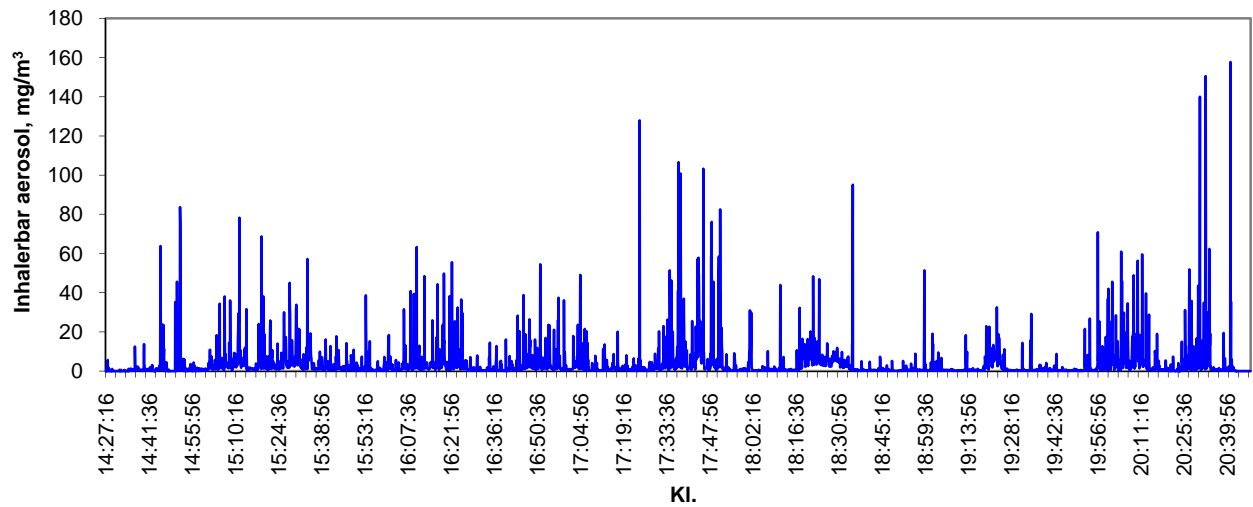
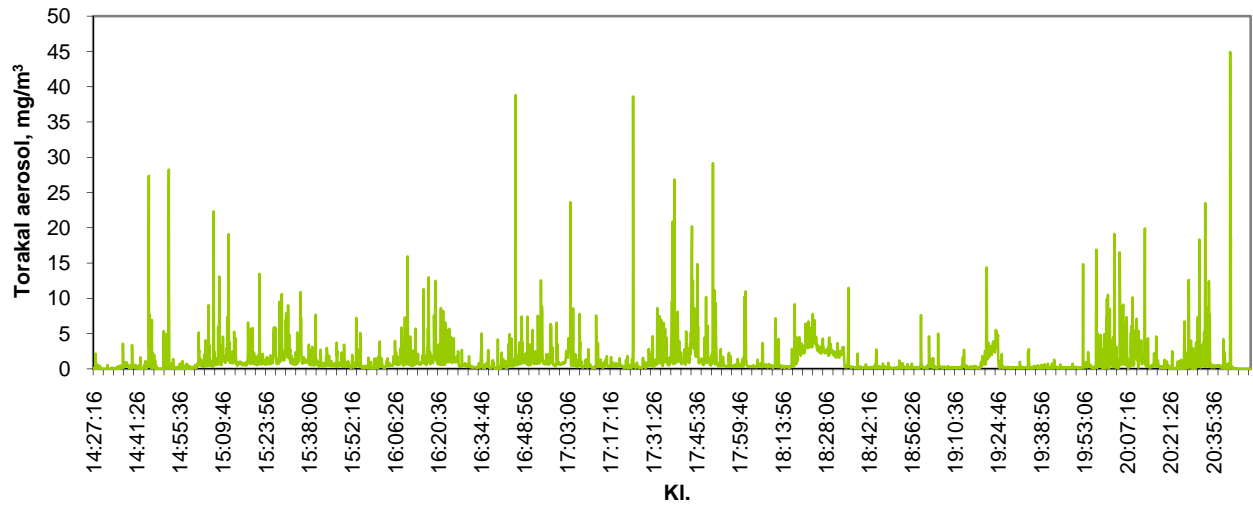
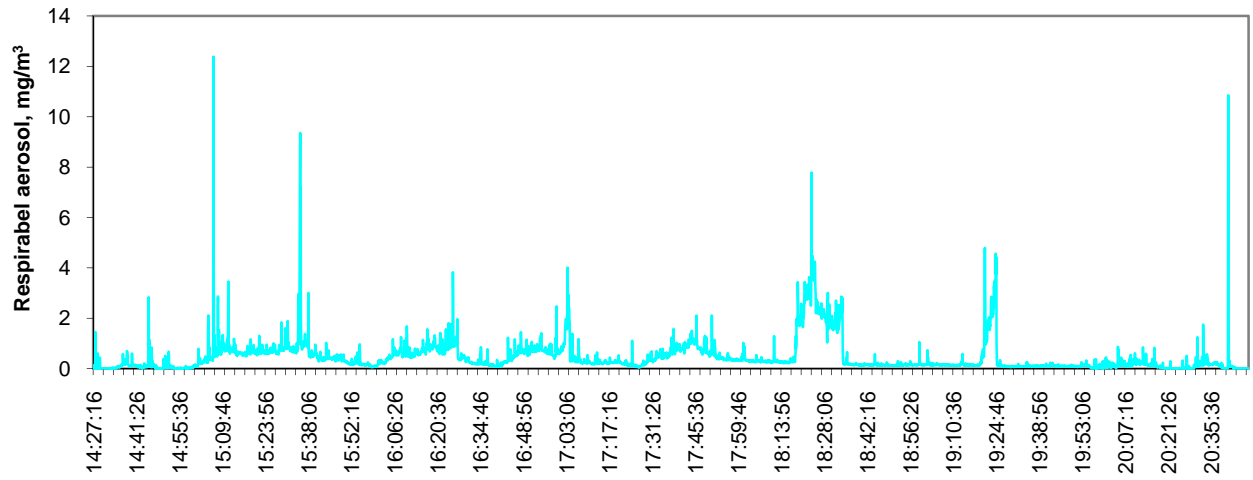
Tab. 12.3 forts.

Komponent	Kategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Respirabel aerosol, Respicon	Omnpassar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrrar, Kryssing, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Omnpassar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrrar Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrrar, Kryssing, Anodemontasje
	Digel	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Tapper Prebake, Tapper Søderberg
	Boltetrekkar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrrar, Feiar, Kryssing, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrrar, Kryssing, Anodemontasje
	Oksidkøyrrar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar
	Gassbrennar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrrar, Kryssing, Anodemontasje
	Feiar	Gasskappeskiftar, Tappar Søderberg
	Anoderens	Gasskappeskiftar, Anodemontasje
	Kryssing	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar
	Anodemontasje	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens

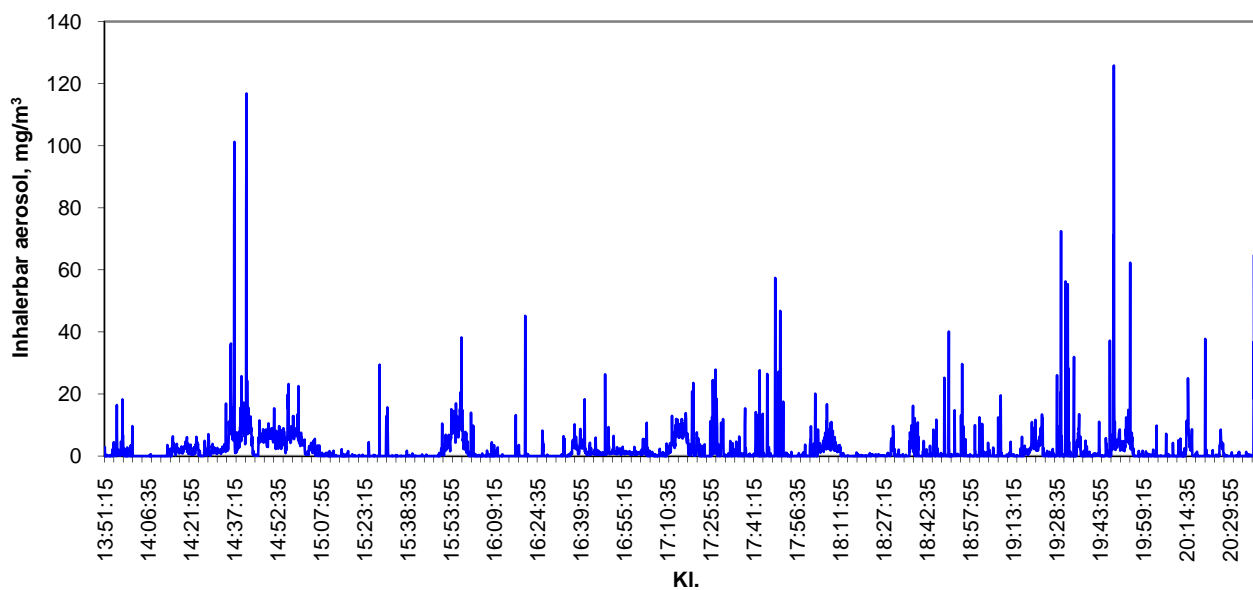
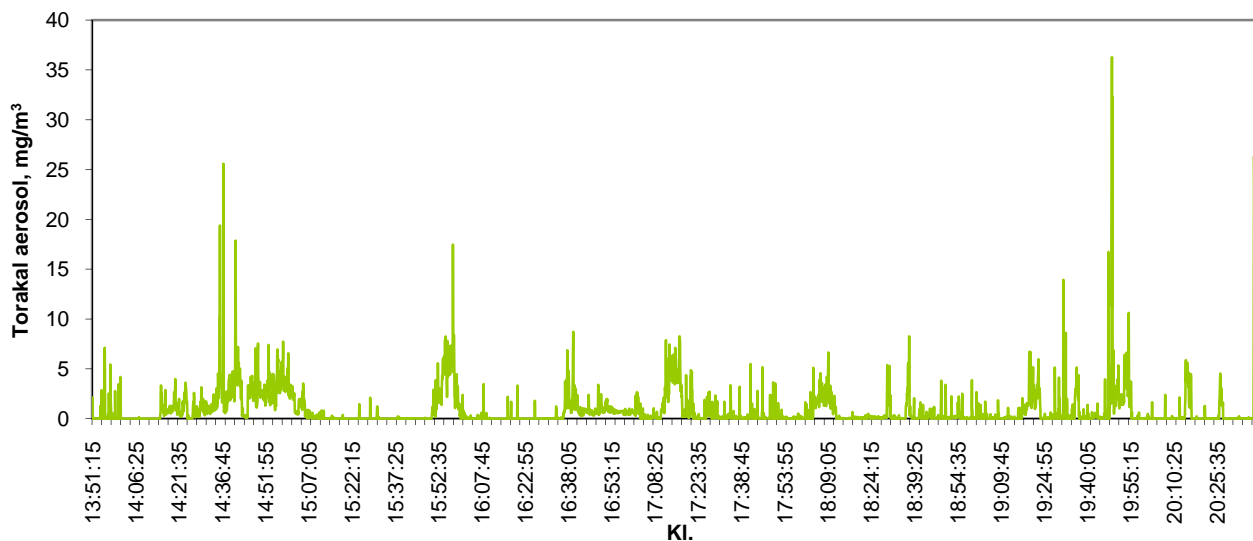
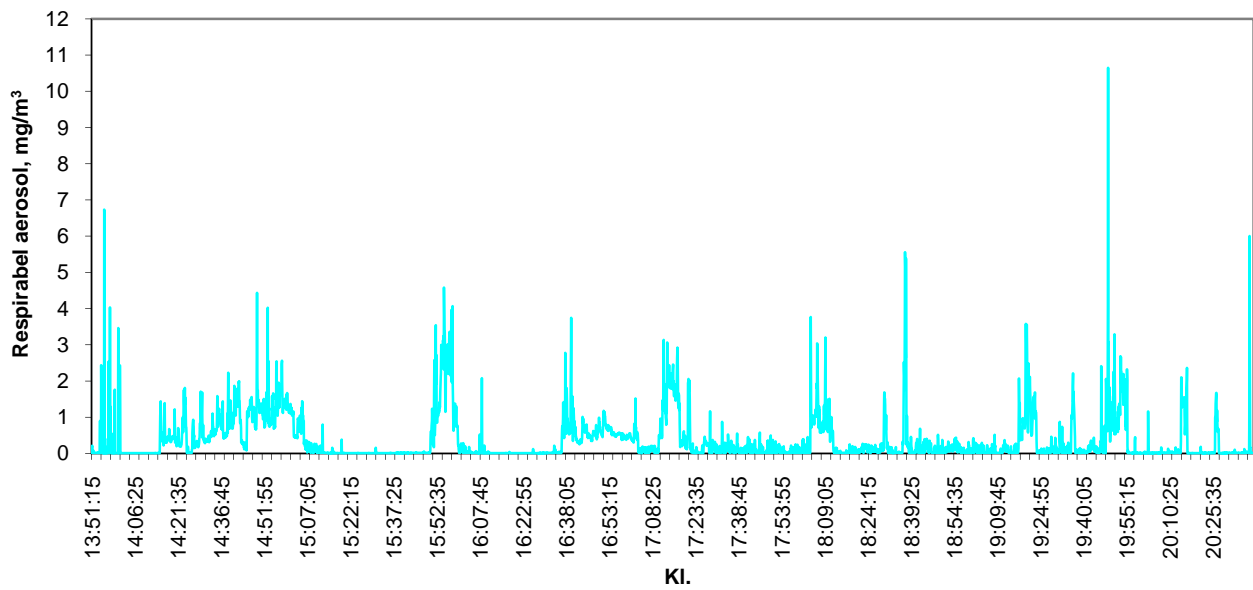
* p<0,05

12.1.2. Direktevisande utstyr for aerosolmålingar

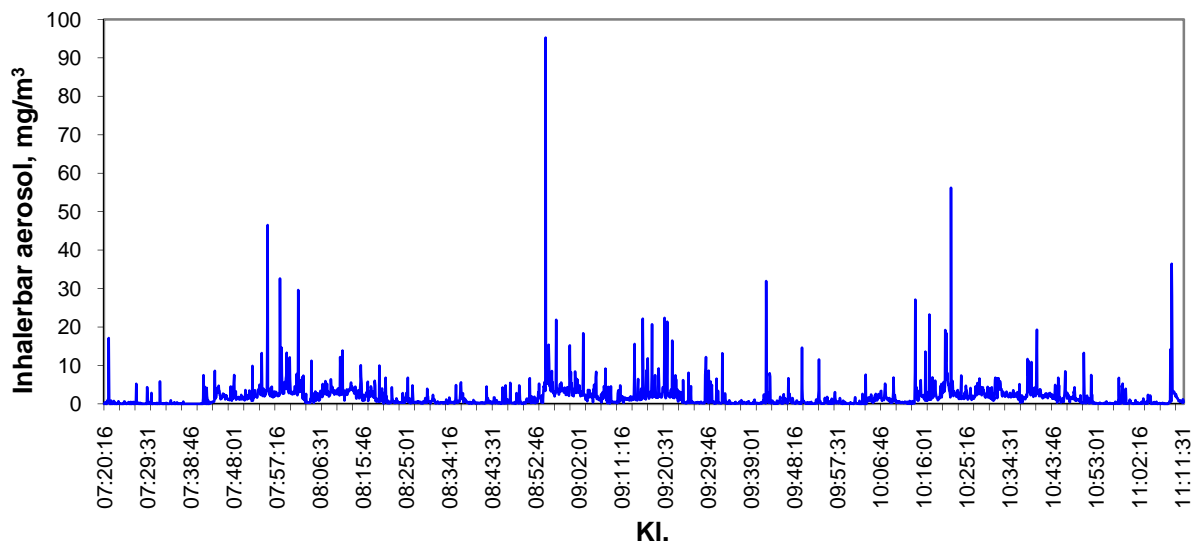
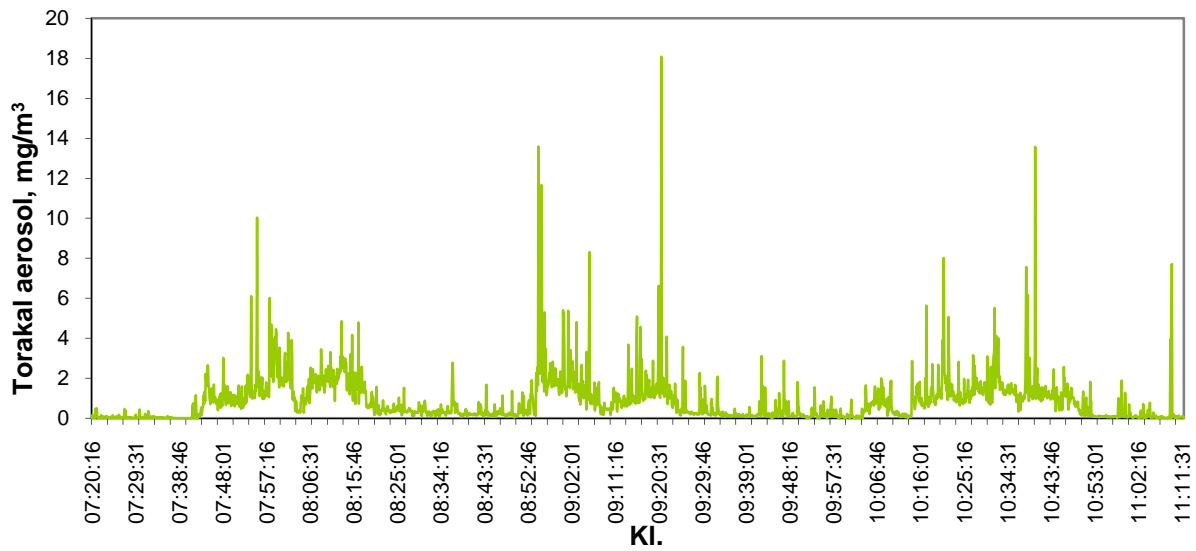
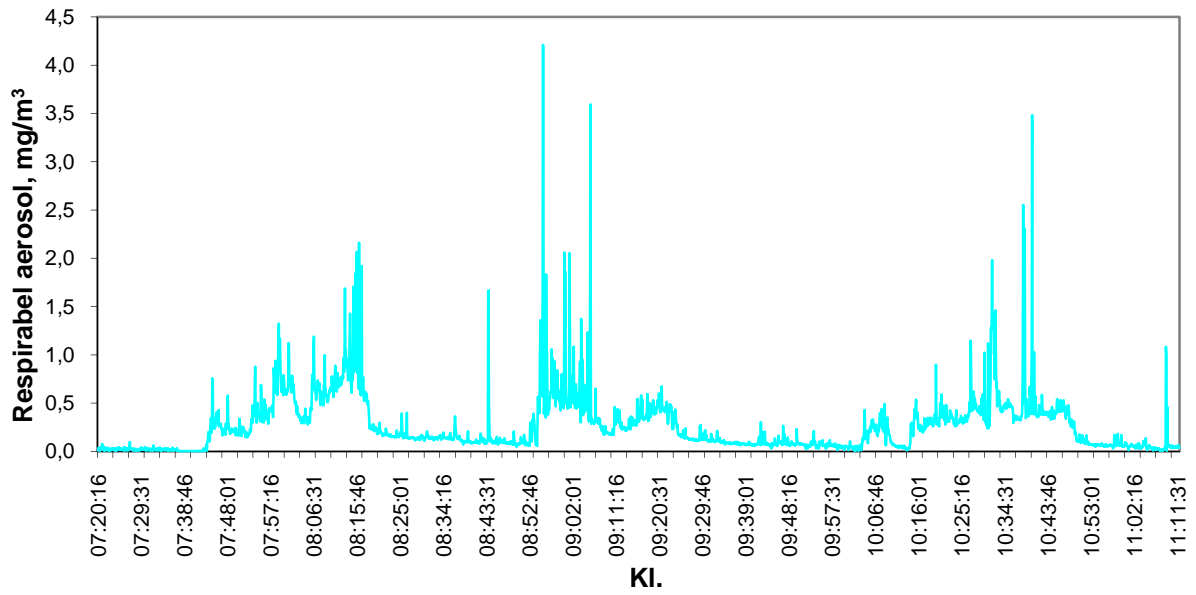
Til dette vart det nytta ein direktevisande Respicon og Split 2.



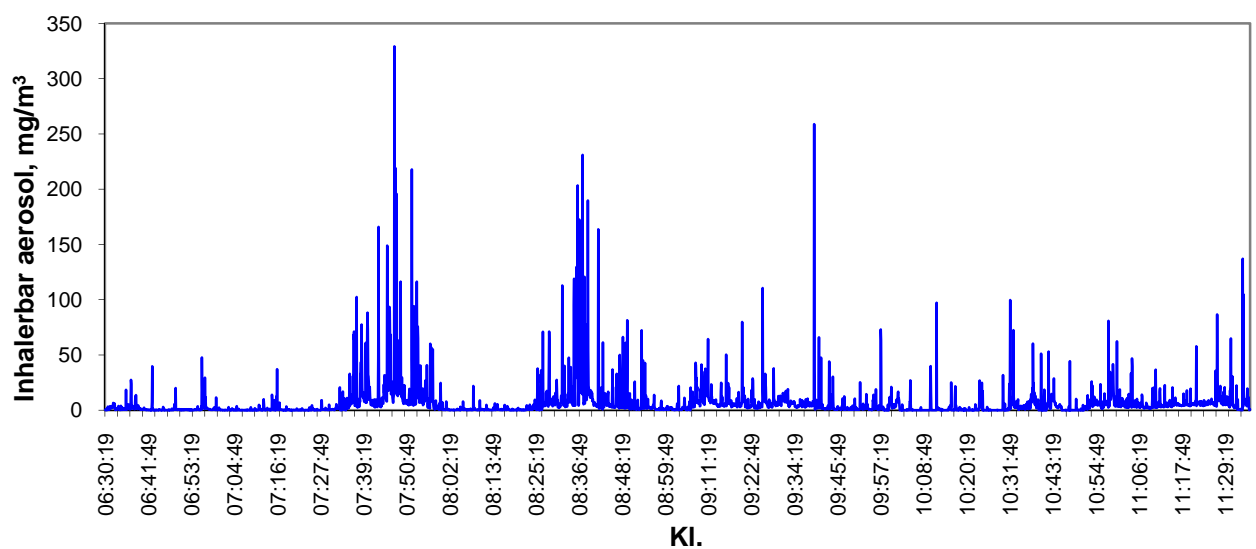
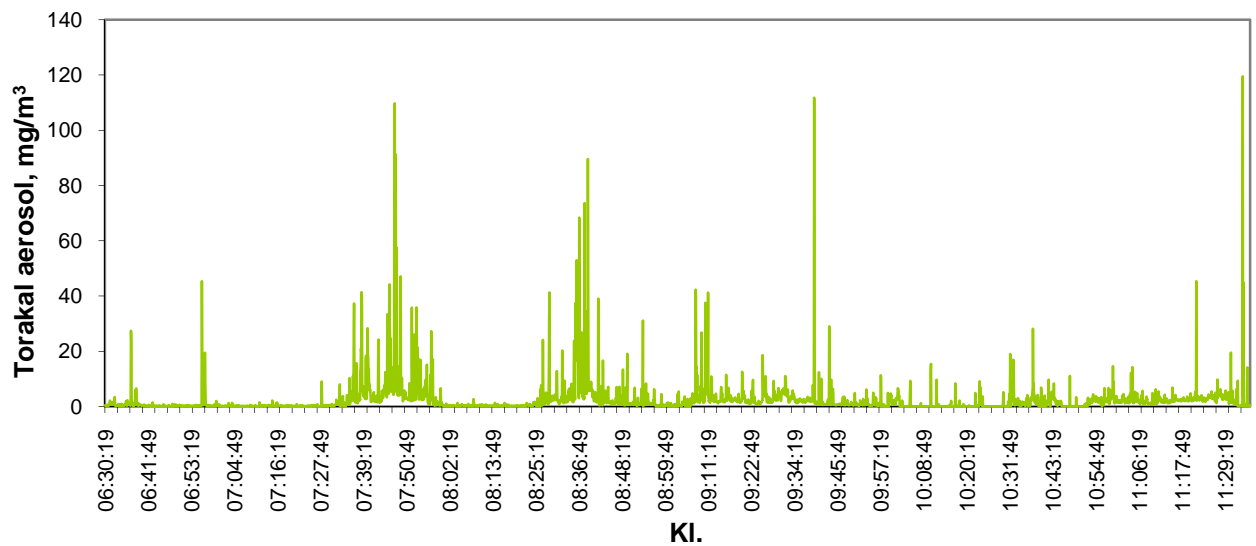
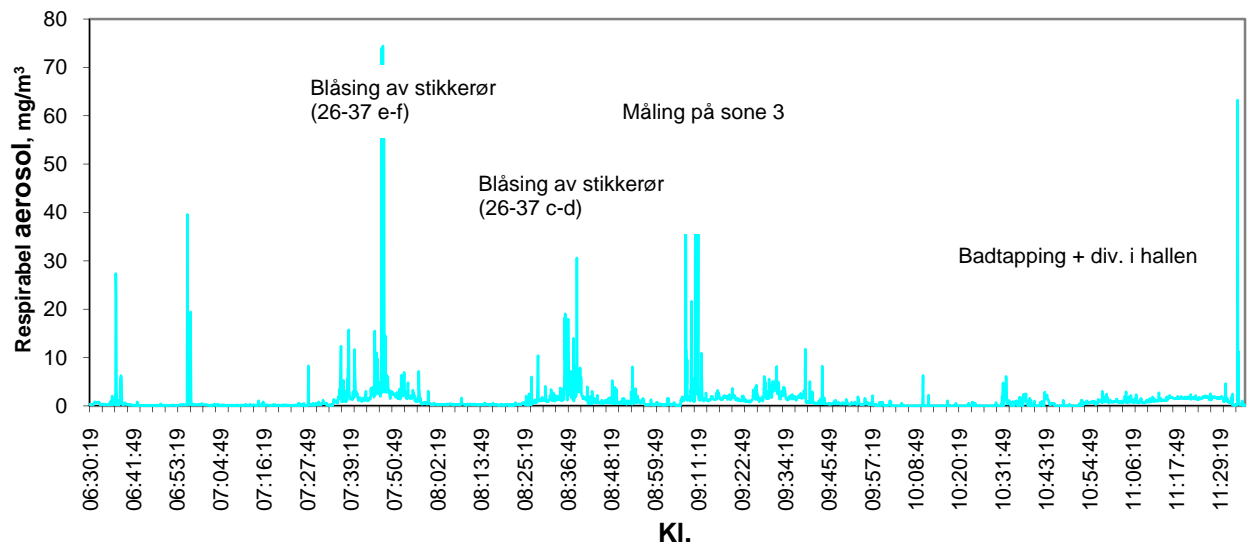
Figur 12.8: Anodeskiftar 20. oktober 2003 (Utført arbeid: anodeskift på golv før matpause).



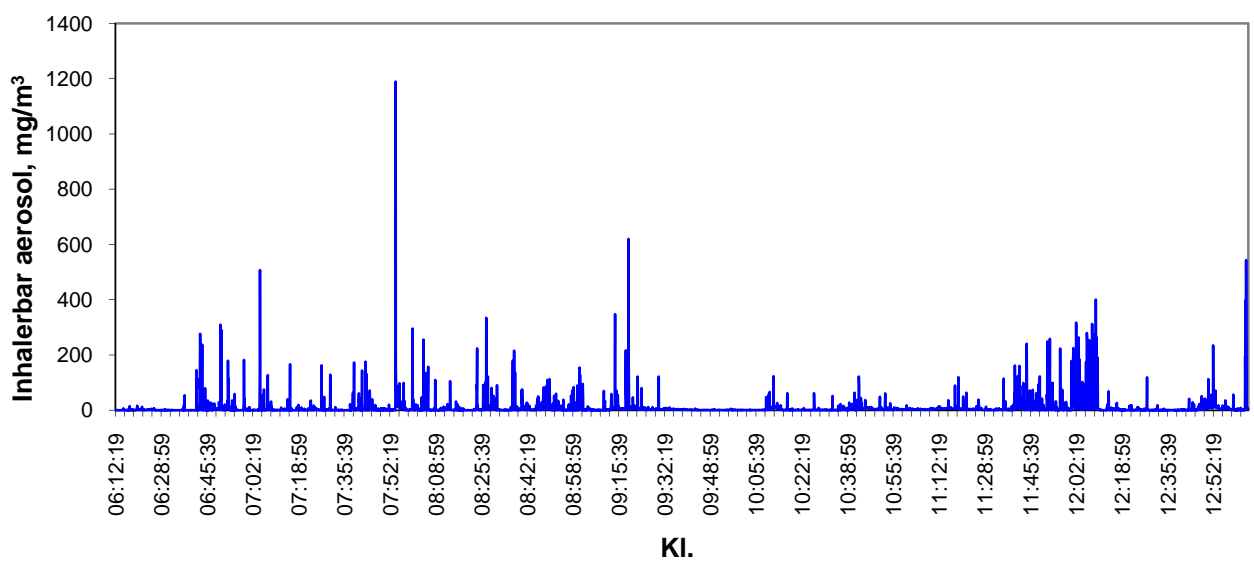
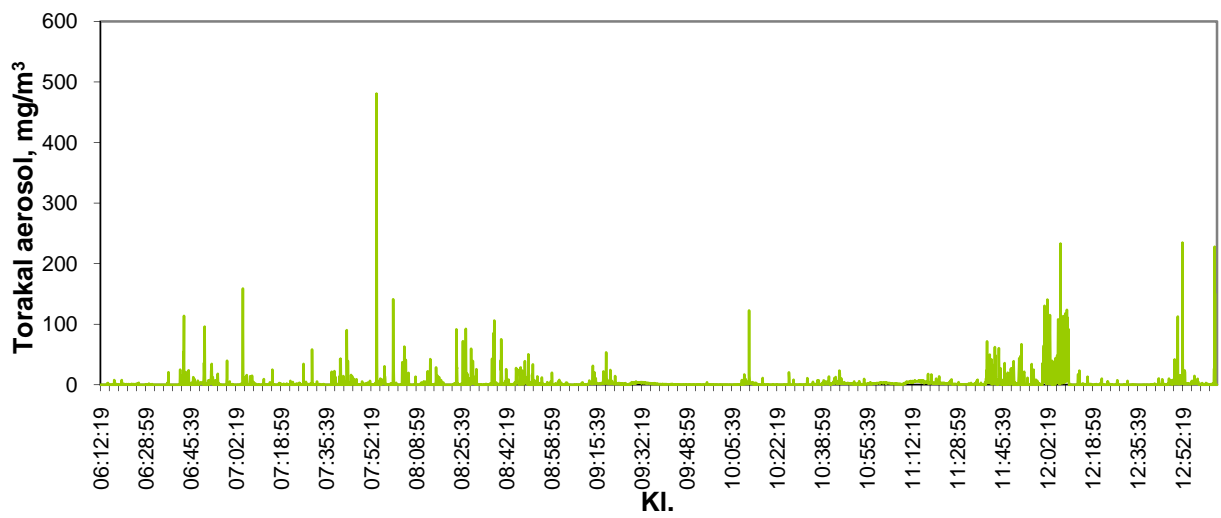
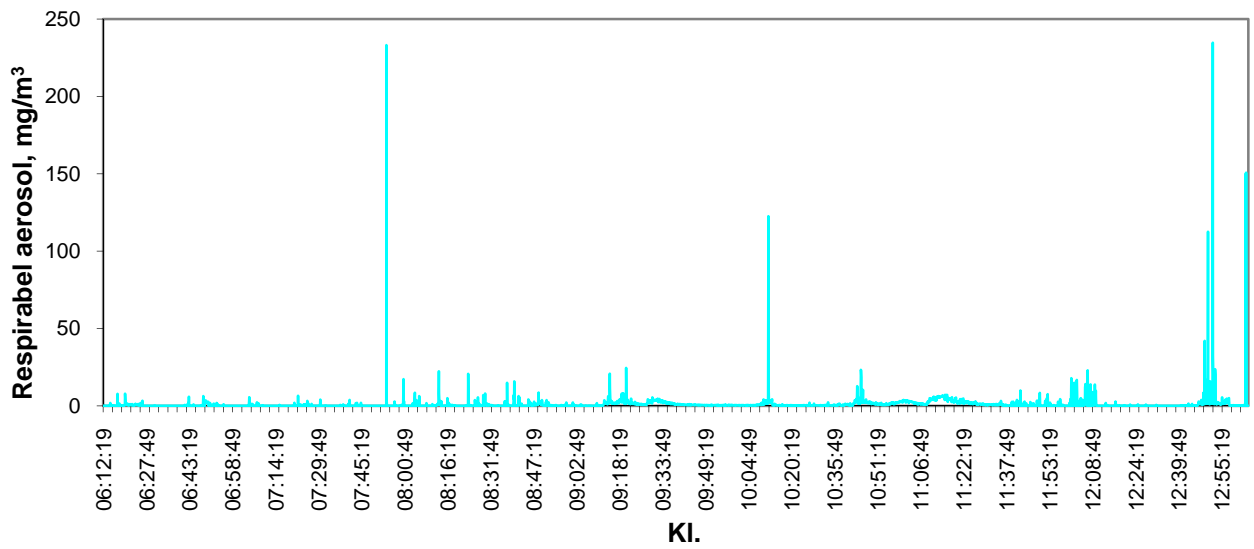
Figur 12.9: Omnspassar 21. oktober 2003 (Utført arbeid: feiing og blusstaking).



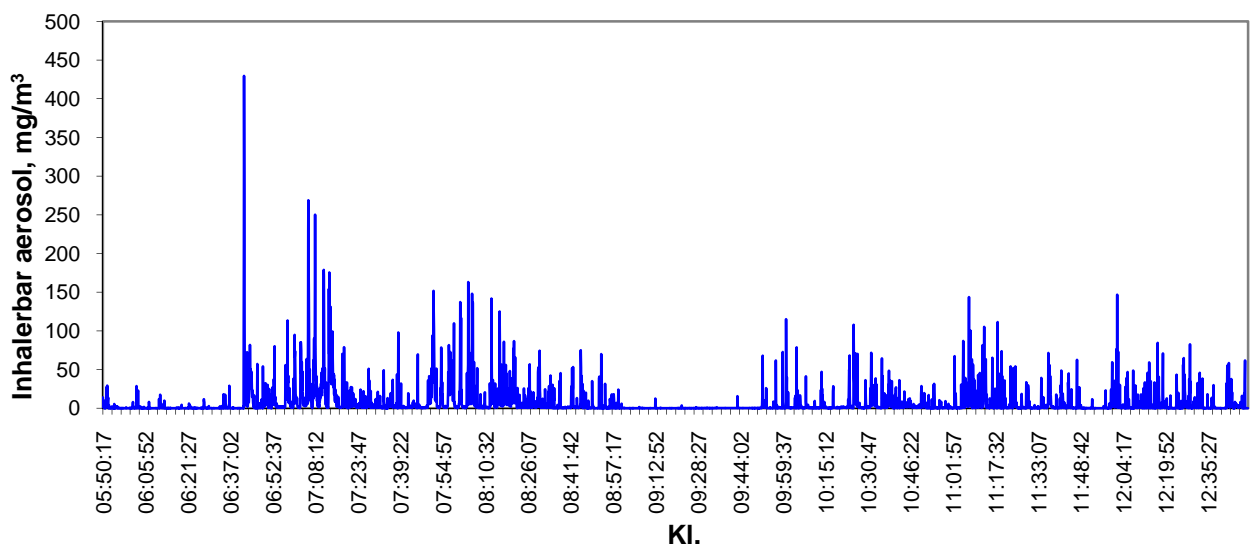
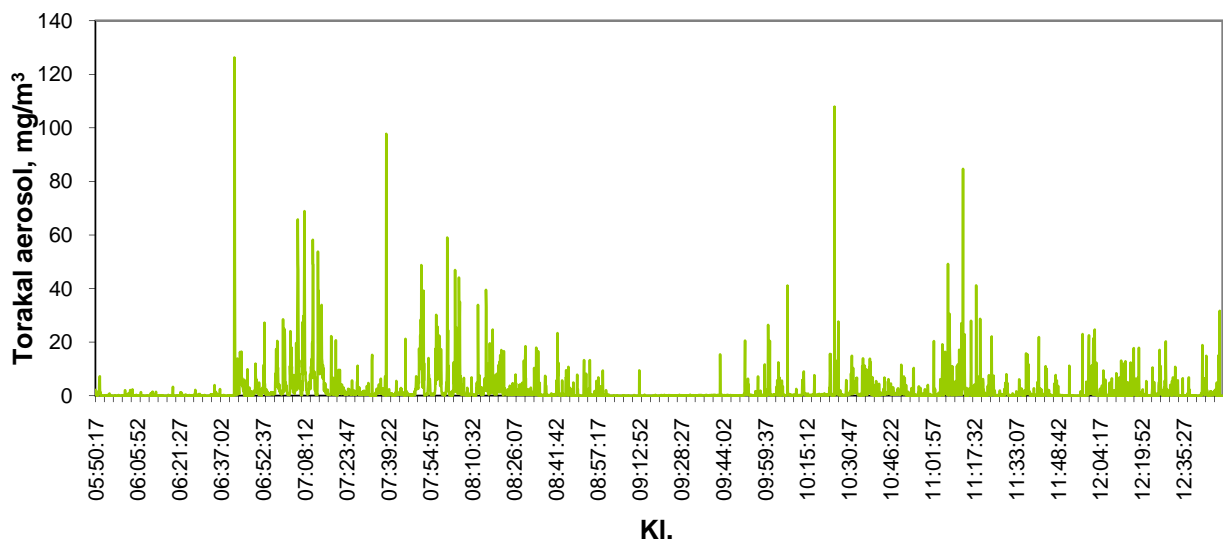
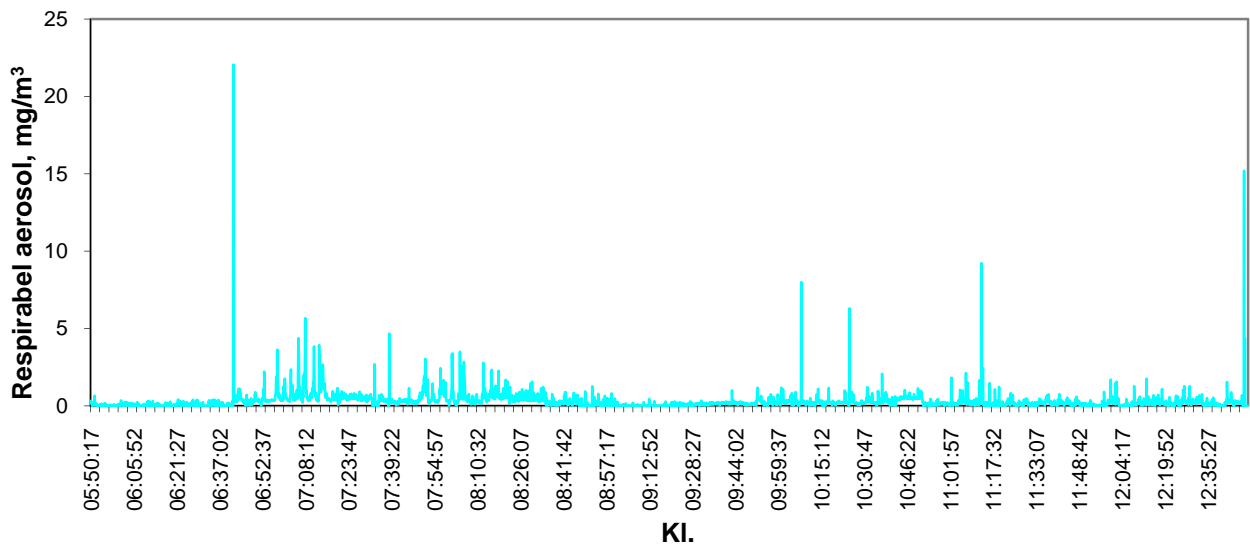
Figur 12.10: Målegruppe 22. oktober 2003 (Utført arbeid: måling av bad, metall og temperatur).



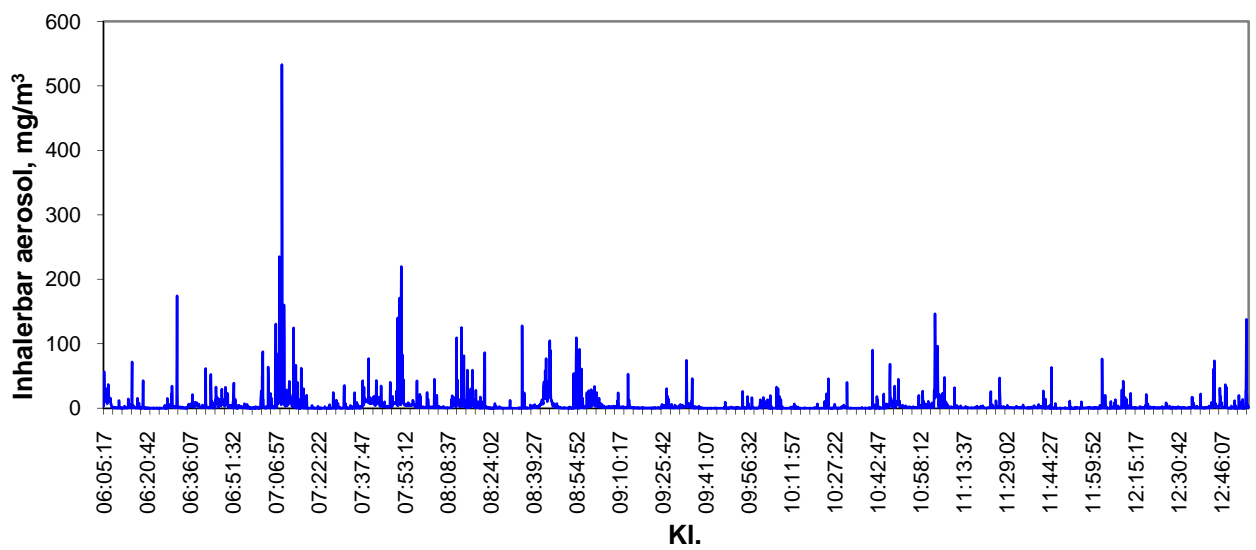
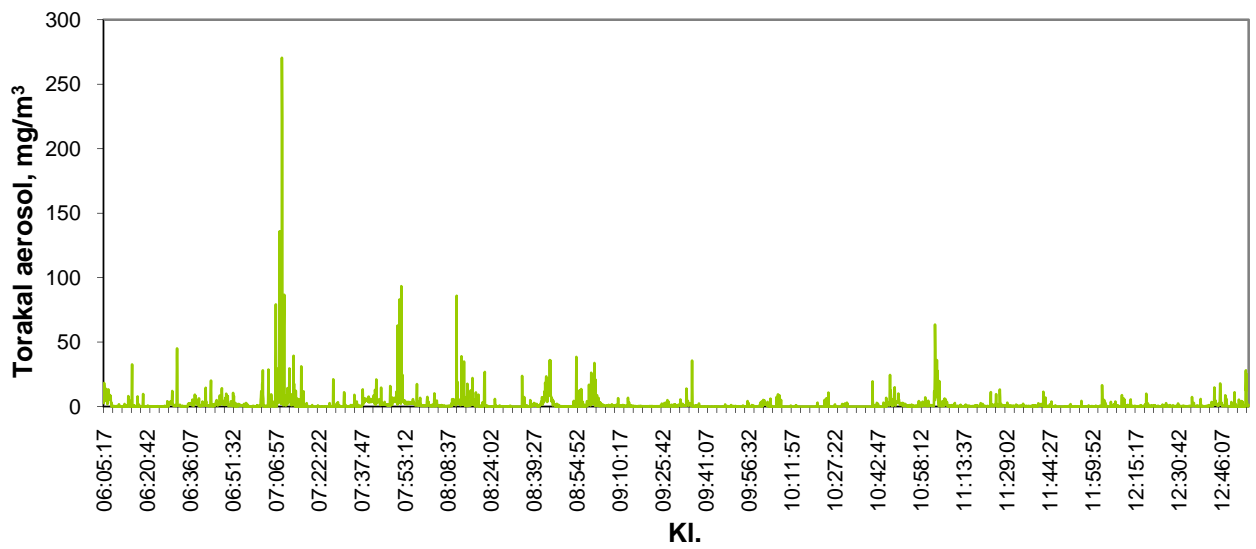
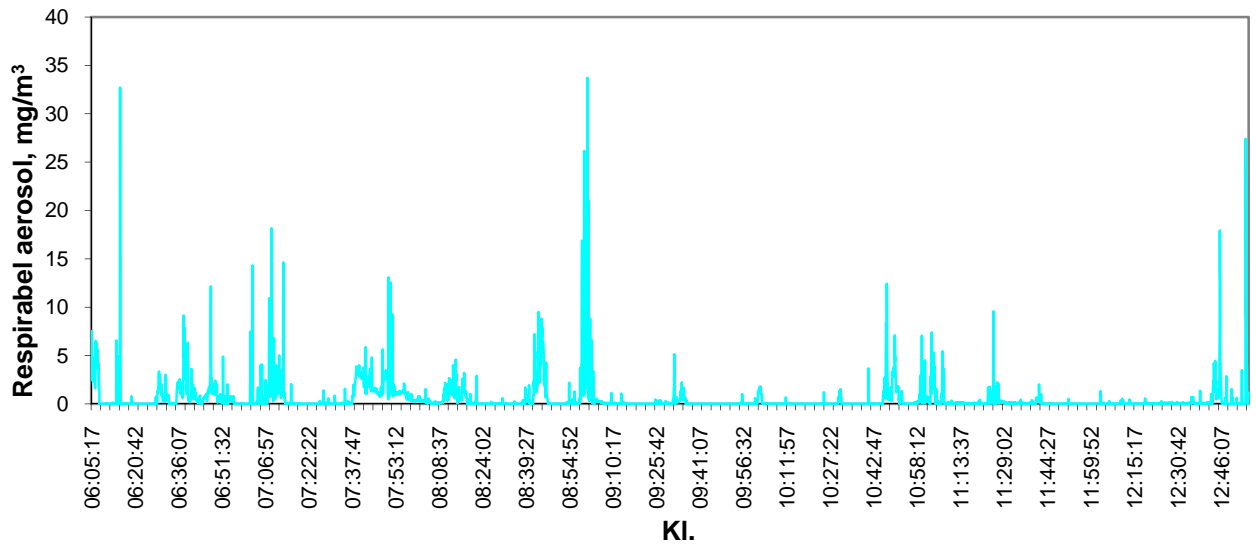
Figur 12.11: Gassbrennar 23. oktober 2003.



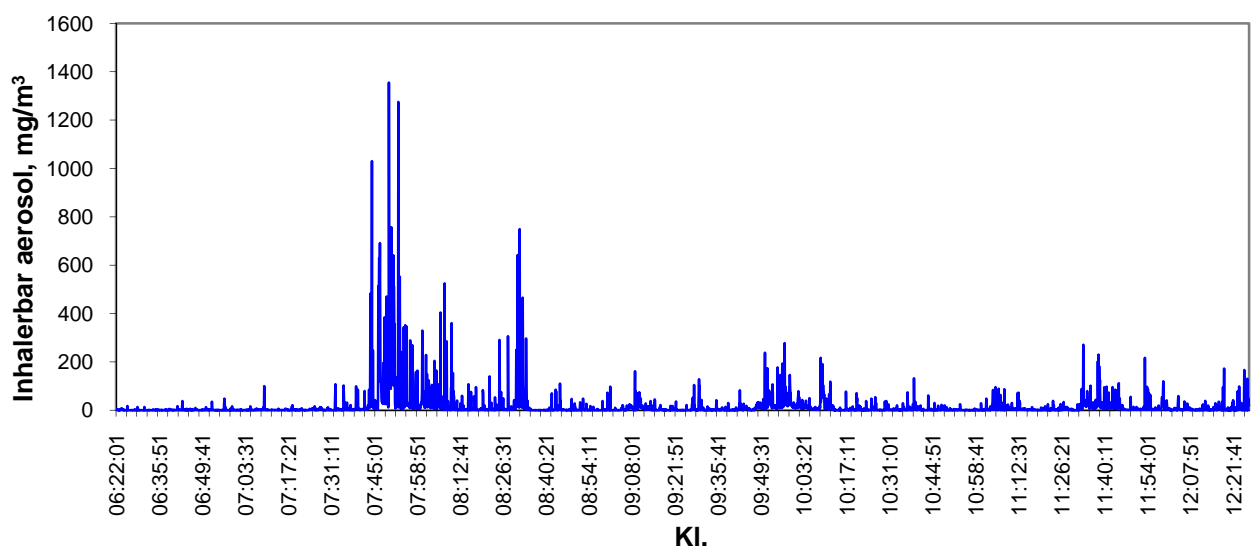
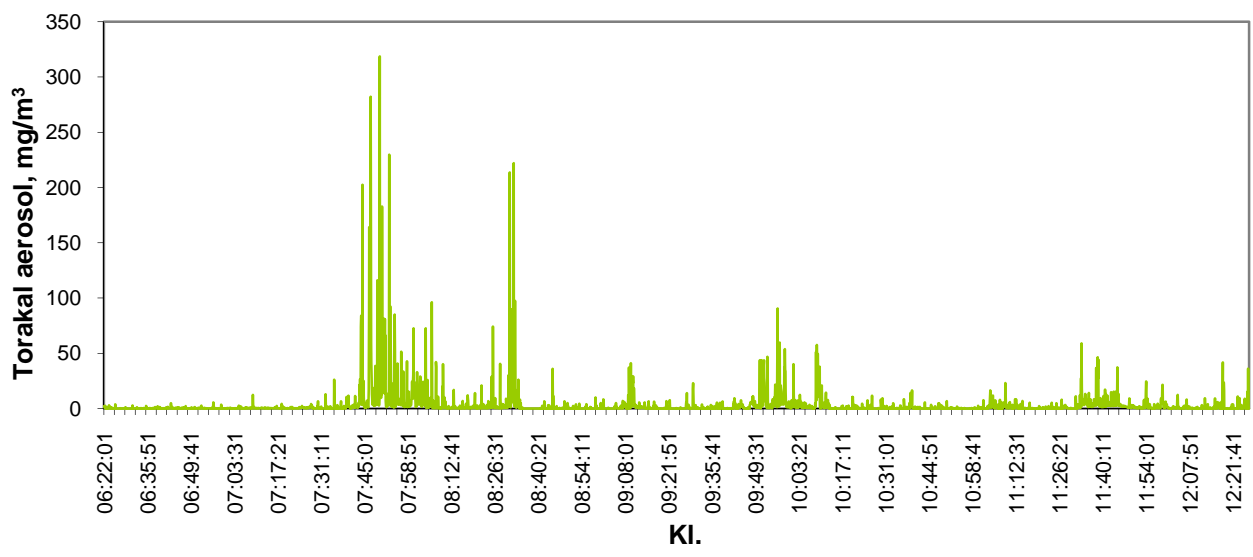
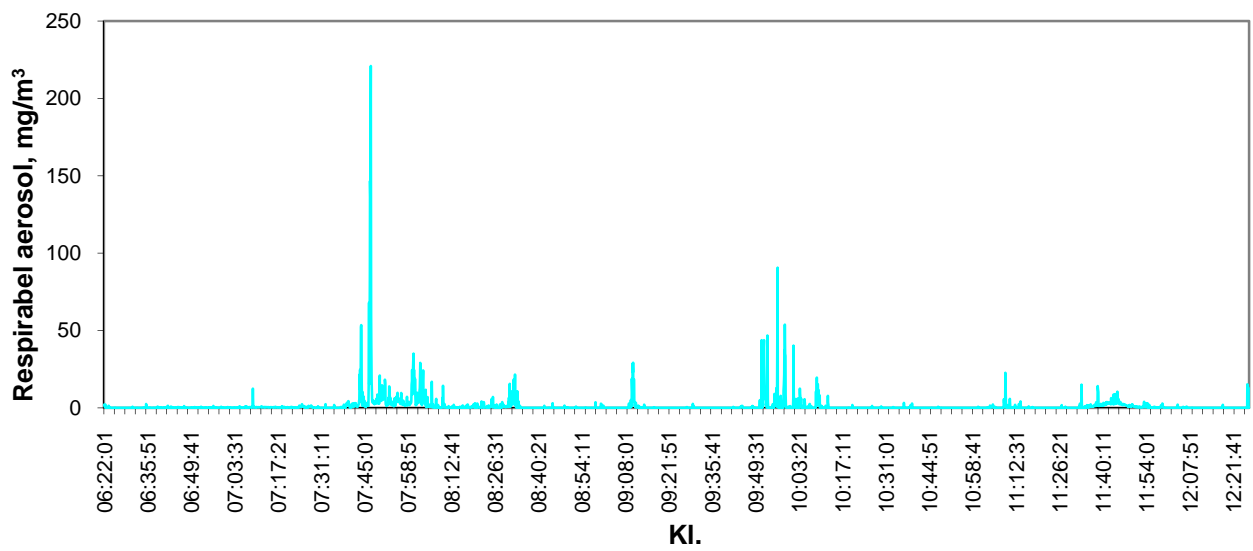
Figur 12.12: Anodeskiftar 24. oktober 2003 (Utført arbeid: anodeskift frå golv, fjerna deksel, plukka ut klumpar, dekking, 24 anodar skifta).



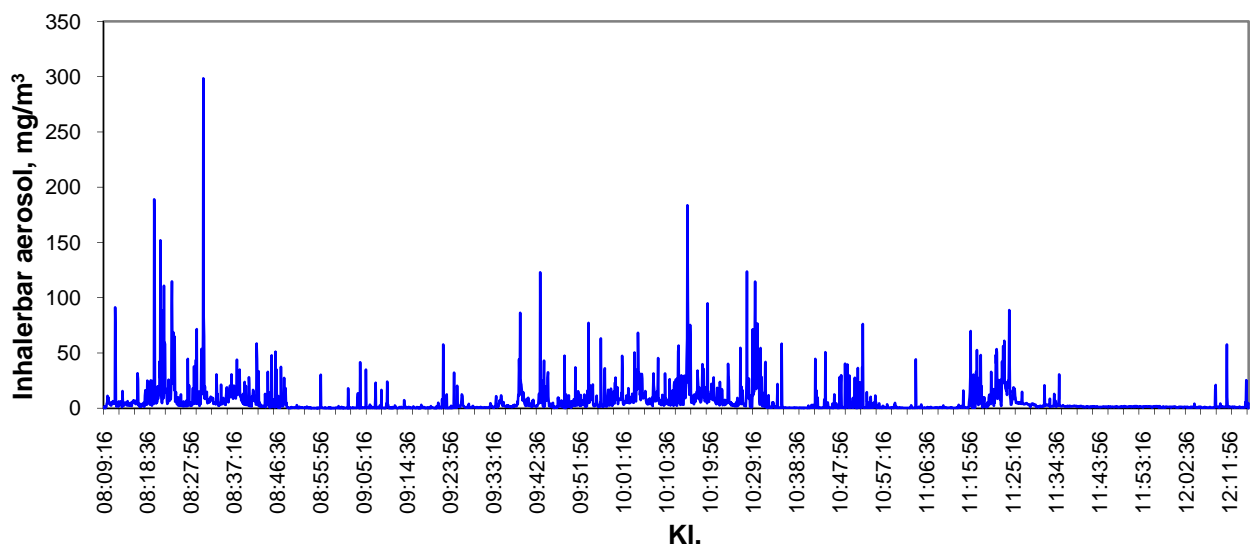
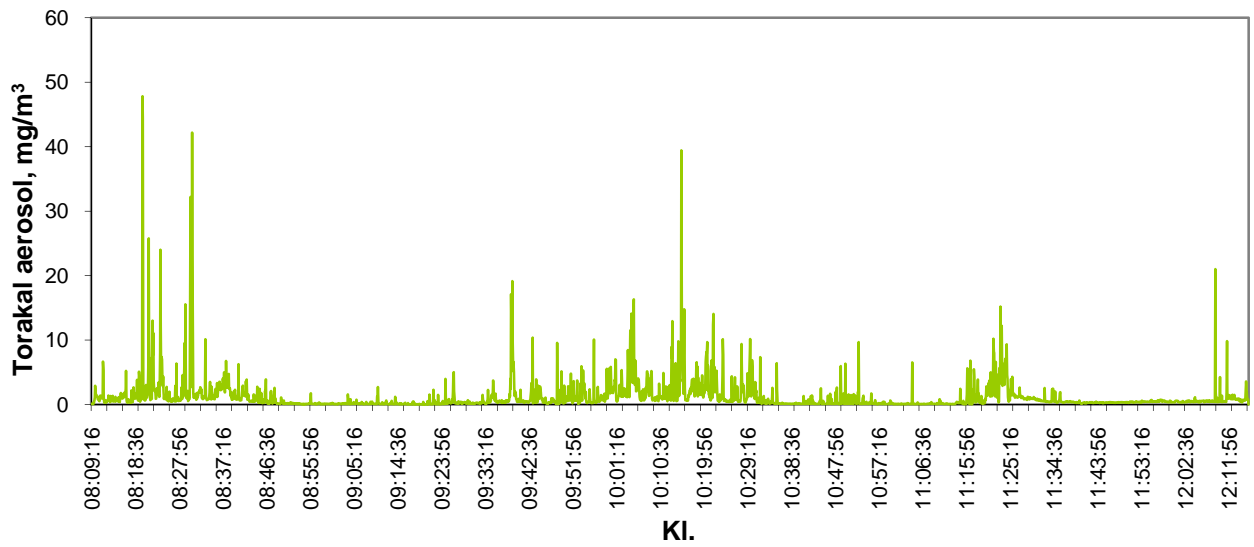
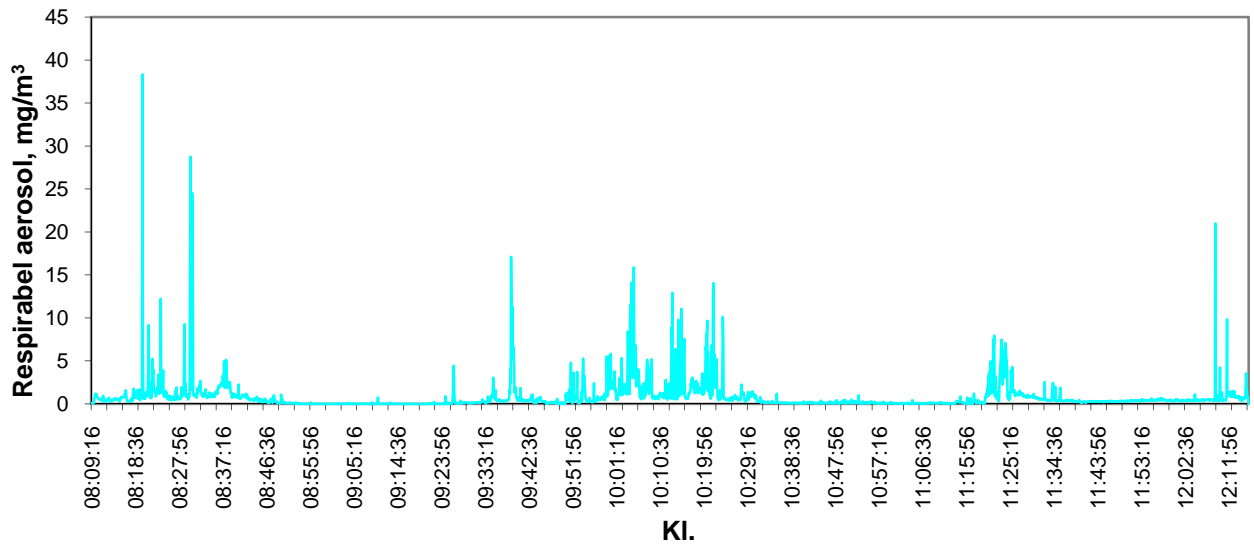
Figur 12.13: Anoderens 25. oktober 2003 (Utført arbeid: reinska butts, transport av butts, knusing av bad frå ca kl.11).



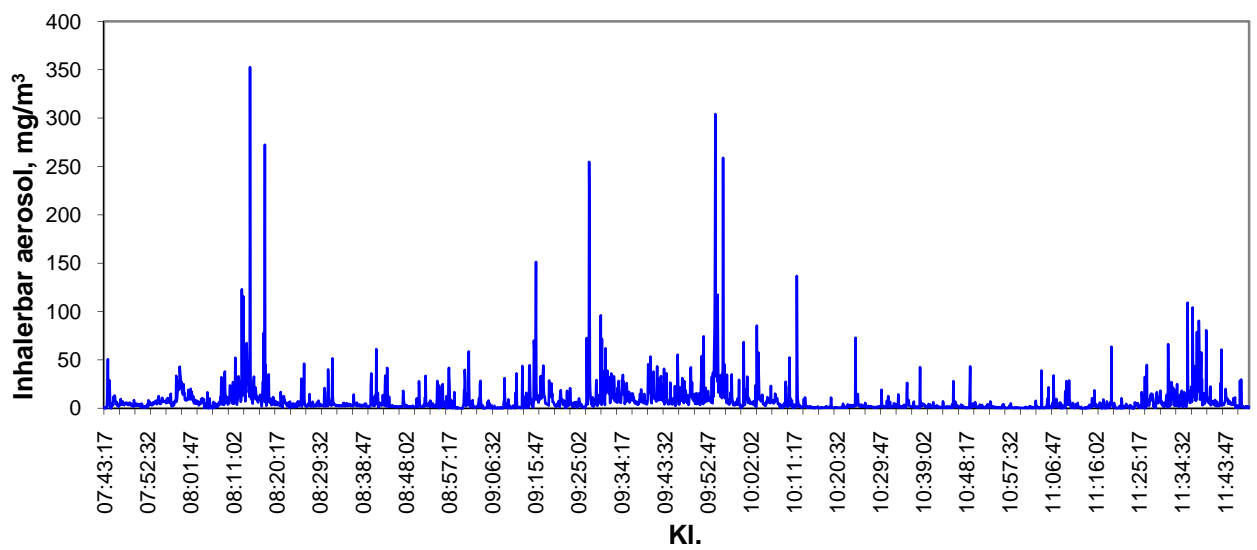
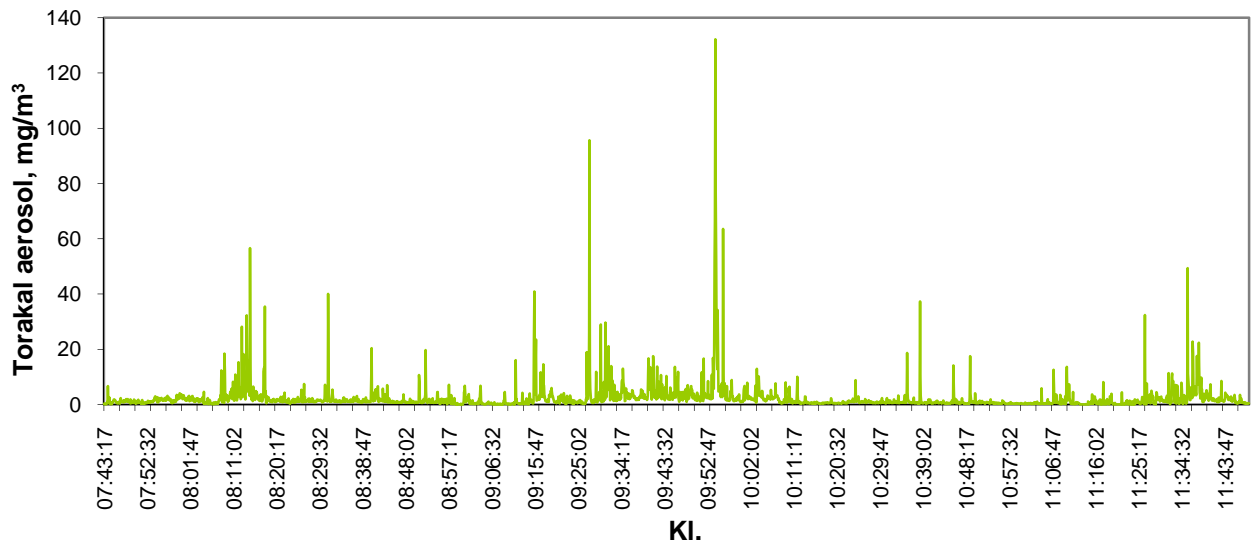
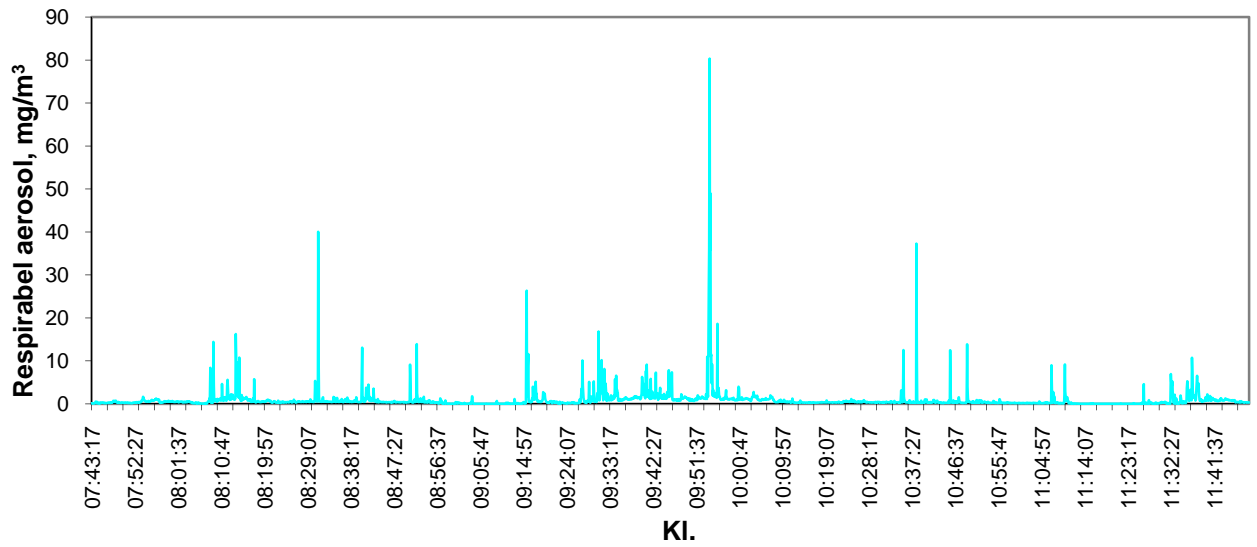
Figur 12.14: Omnspassar 26. oktober 2003 (Utført arbeid: blusstaking, sidededslag, feiing).



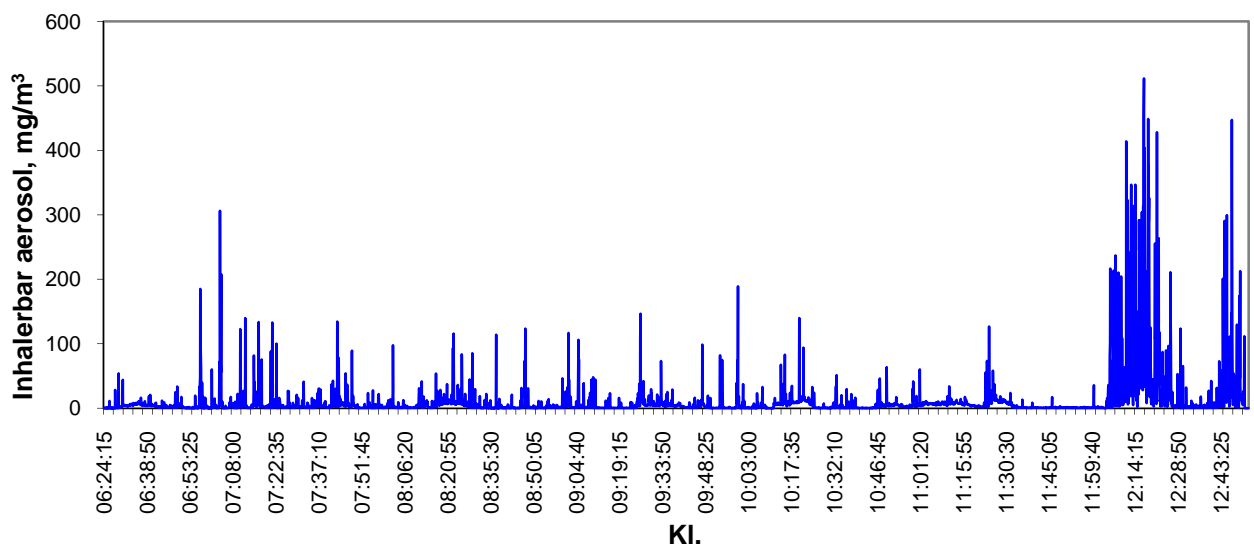
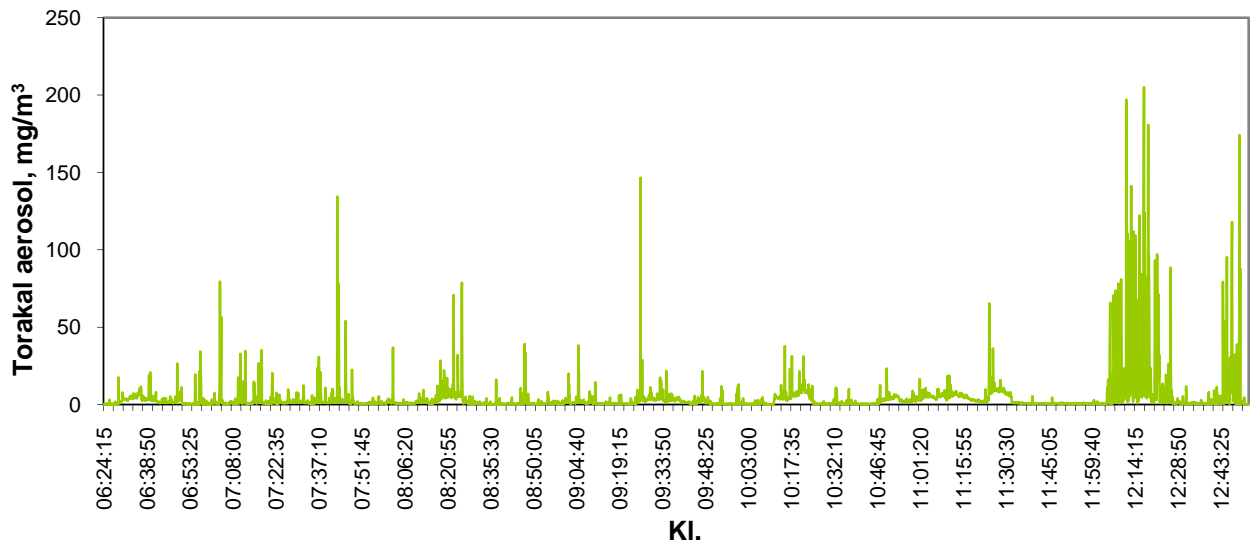
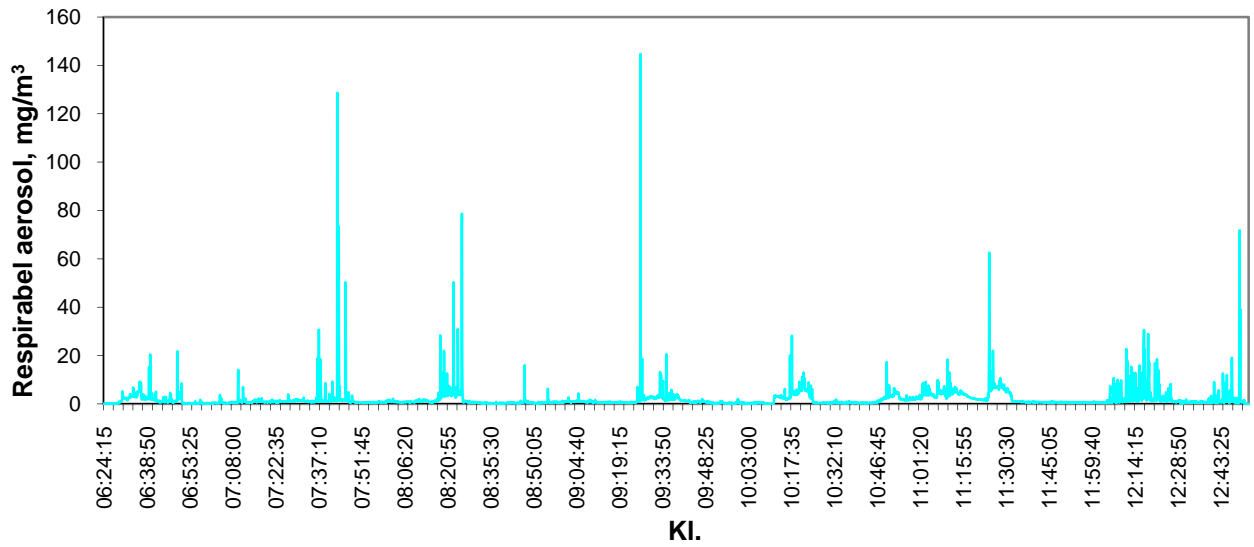
Figur 12.15: Gassbrennar 27. oktober 2003.



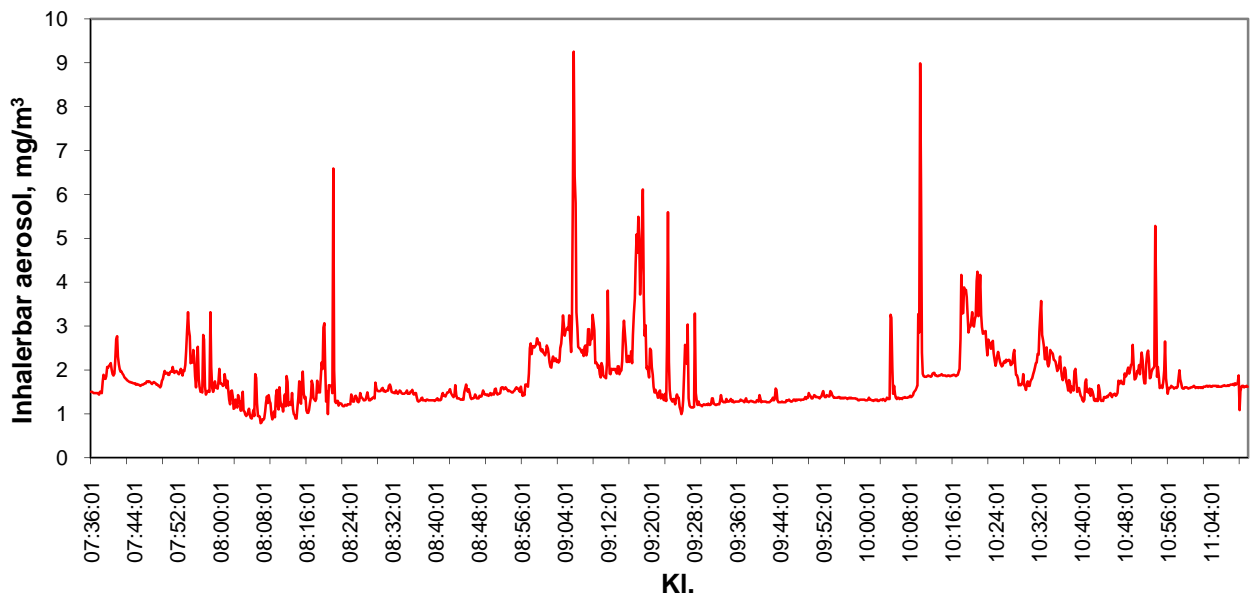
Figur 12.16: Gasskappeskiftar 28. oktober 2003.



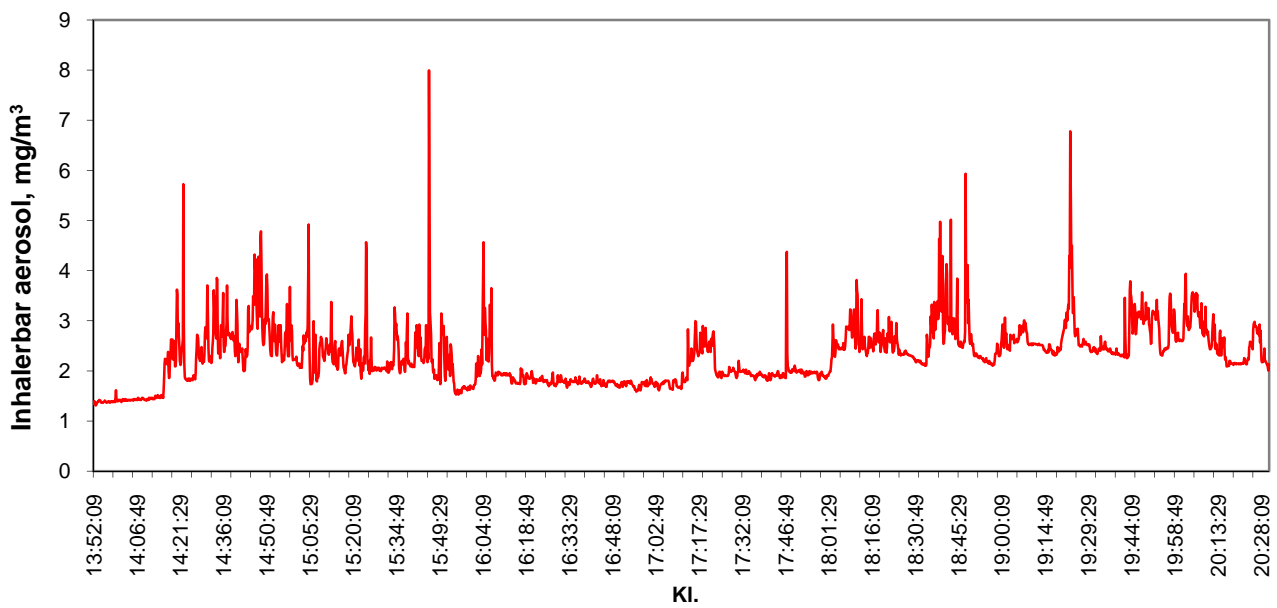
Figur 12.17: Gasskappeskiftar 29. oktober 2003 (Utført arbeid på ein omn).



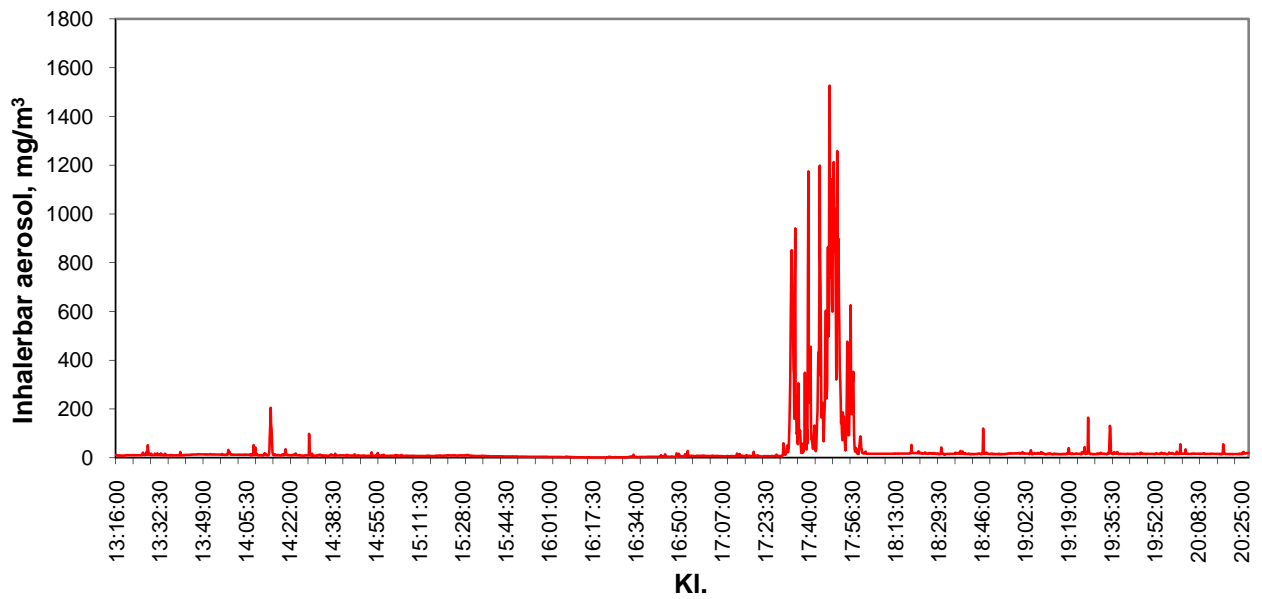
Figur 12.18: Anodeskiftar 30. oktober 2003 (Utført arbeid: anodeskift frå golv, lagt på deksel, feiing, dekking).



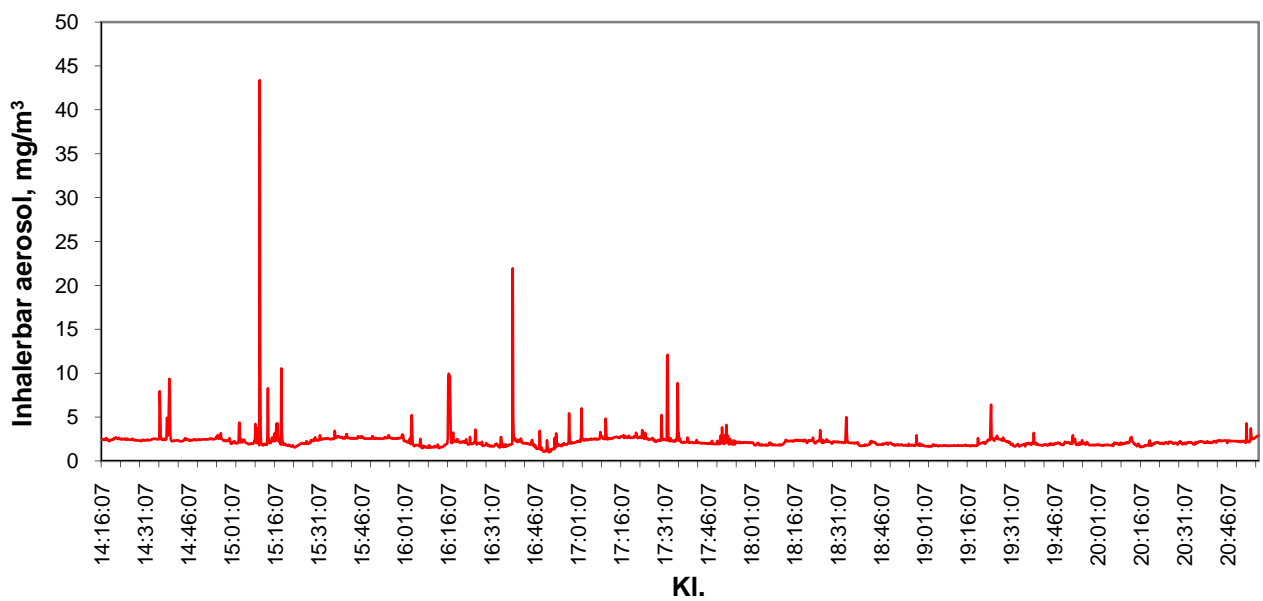
Figur 12.19: Split 2 tidsoppløyst signal for Målar 21. oktober 2003 (Utført arbeid: målt bad, metall og temperatur).



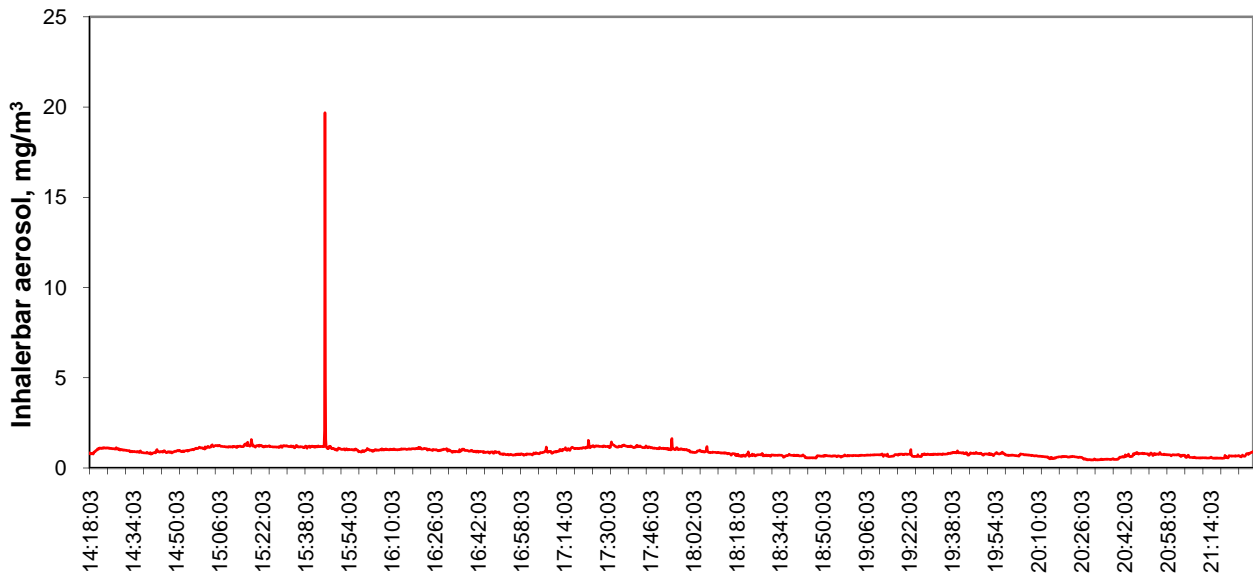
Figur 12.20: Split 2 tidsoppløyst signal for Omnspassar 22. oktober 2003 (Utført arbeid: mange bluss (11+8), sjekking av matepunkt).



Figur 12.21: Split 2 tidsoppløyst signal for Anoderens 23. oktober 2003 (Utført arbeid: knusing, reinska under kjettingslynge, støvsuging).

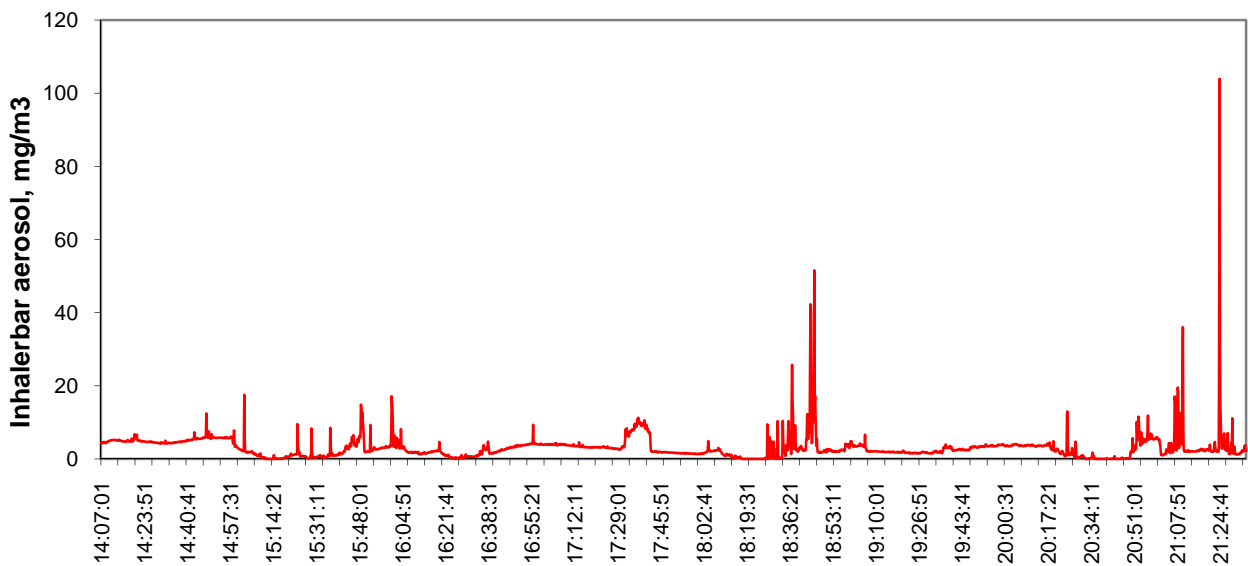


Figur 12.22: Split 2 tidsoppløyst signal for Anodeskift 25. oktober 2003 (Utført arbeid: før mat på golv under anodeskift, skiftleiar frå kl.18, mest på kontor, klatra på kran).



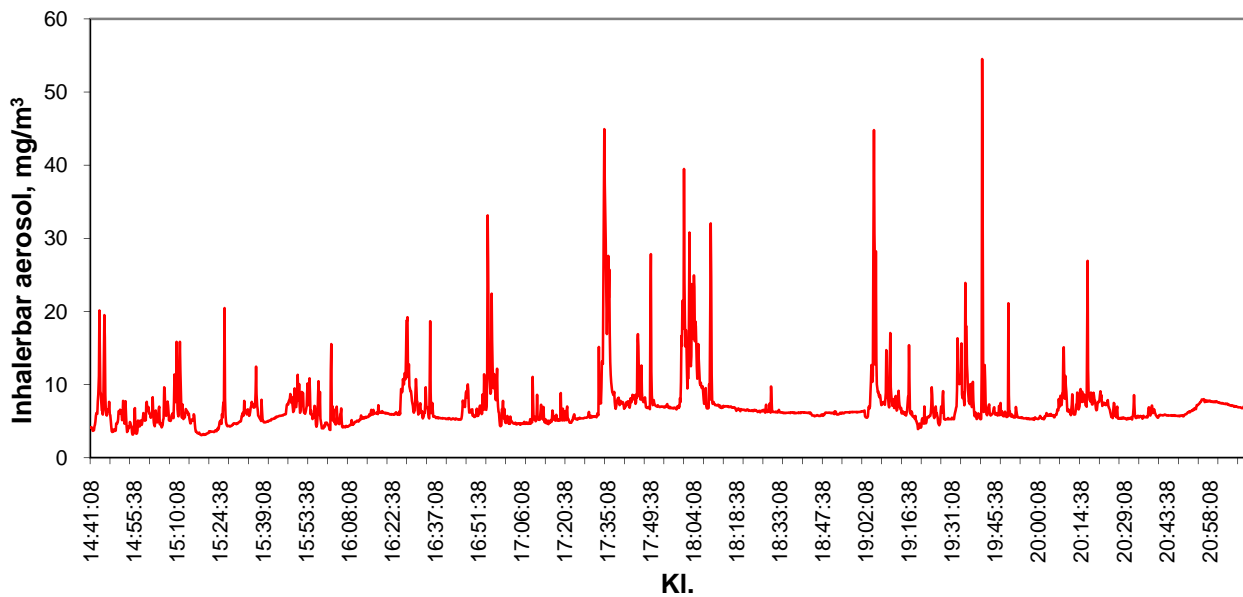
KI.

Figur 12.23: Split 2 tidsoppløyst signal for Anodeskift truck 26. oktober 2003 (Utført arbeid: truckkjøring, dekking frå kran).

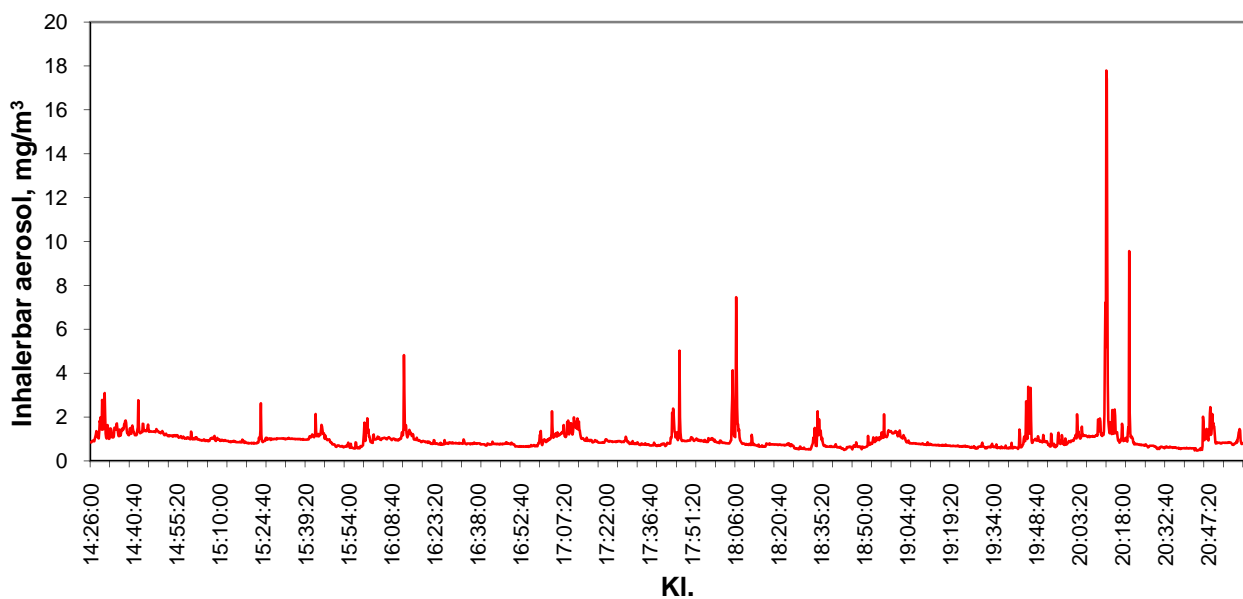


KI.

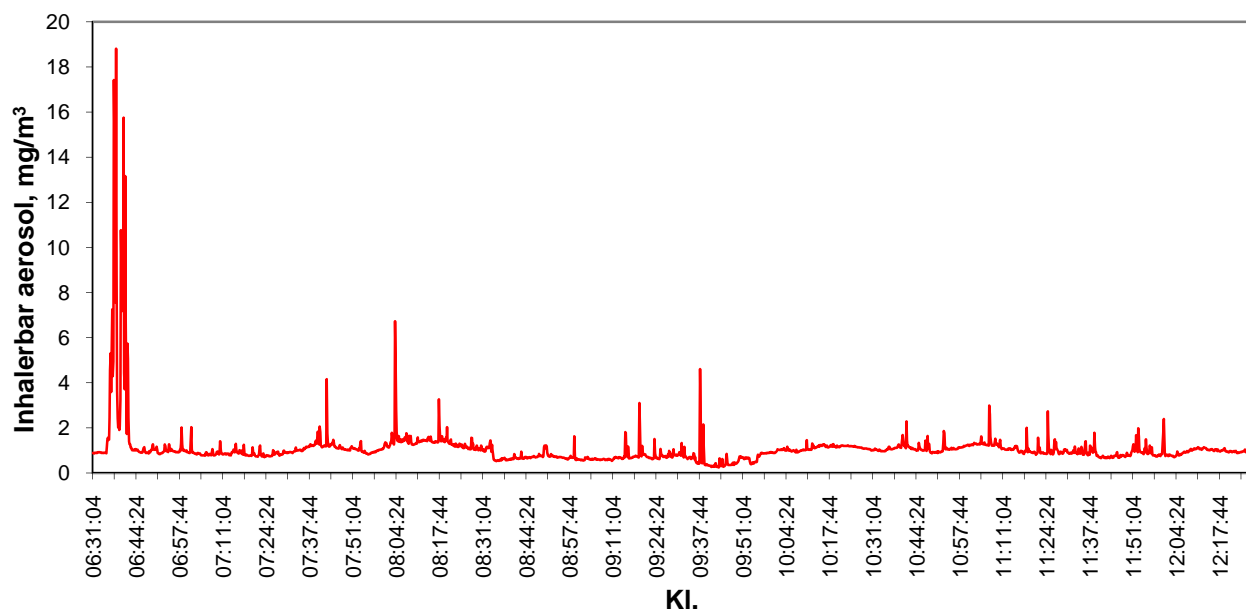
Figur 12.24: Split 2 tidsoppløyst signal for Anodeskift golv 27. oktober 2003 (Utført arbeid: dekking, anodeskifting, fiska etter badklumpar, dekking med knust bad, ikkje med oksid, dekking av 1 omn aleine).



Figur 12.25: Split 2 tidsoppløyst signal for Omnspassar 28. oktober 2003 (Utført arbeid: bluss (ca 20 stk), feiing på tappehull, nedslag på matepunkt, endebanking, kosting).



Figur 12.26: Split 2 tidsoppløyst signal for Omnspassar 29. oktober 2003 (Utført arbeid: bluss, badbankar, feiing innpå omn med kost).



Figur 12.27: Split 2 tidsoppløyst signal for Tappar 30. oktober 2003 (Utført arbeid: tapping av metall på 14 omnar, fluxing av 6 digler, tatt bad- og metallprøver).

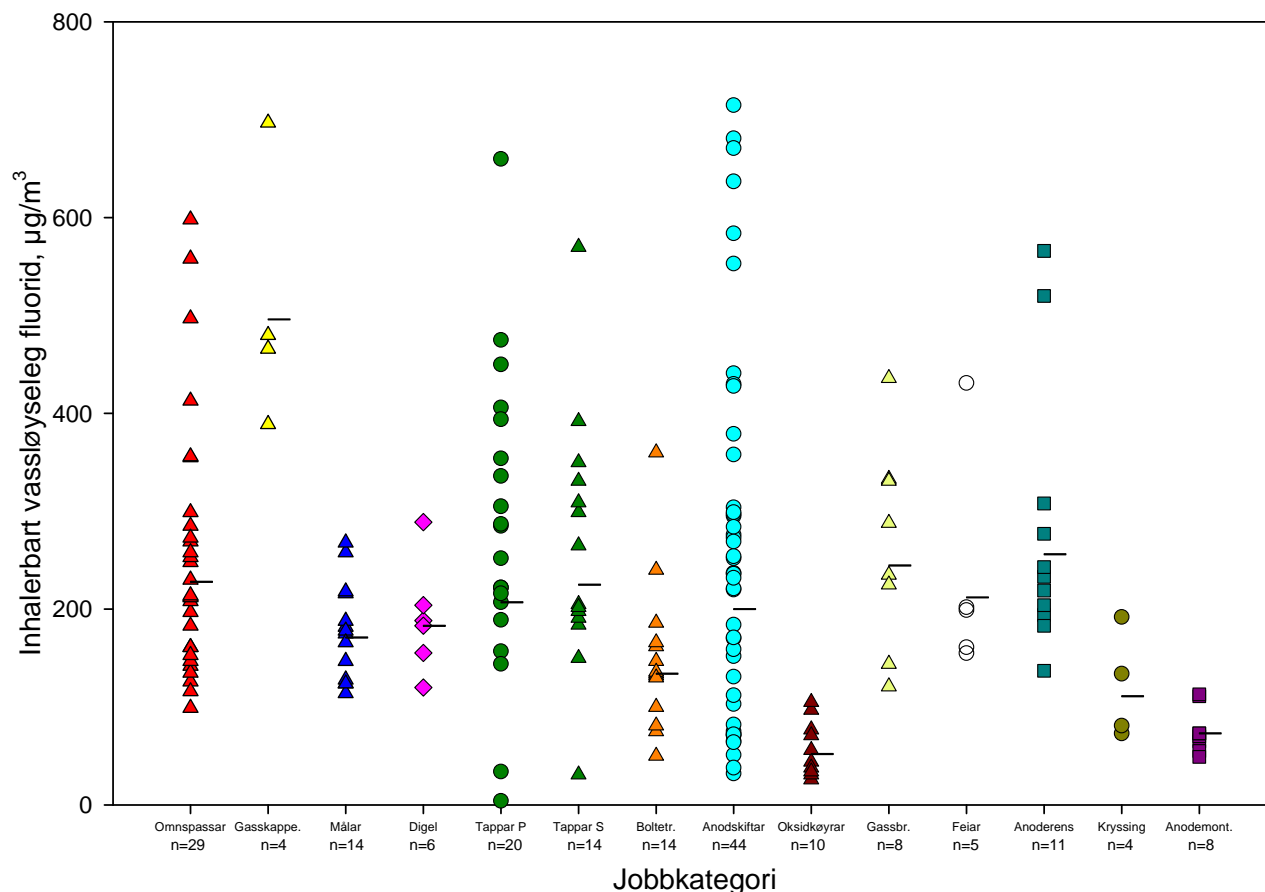
Figurane 12.8 – 12.27 viser dei tidsoppløyste aerosolmålingane som vart utført for dei ulike jobbkategoriene.

Tidsoppløyste aerosolmålingar blir brukt til å skaffe verdfull informasjon om toppeksposering og identifisering av partikulære forureiningskjelder samt å estimere eksponering ved spesifikke arbeidsoperasjonar. Det var derfor svært viktig å fylgje opp arbeidstakarane med skjema med tidspunkt og arbeidsoppgåve. Dette var noko som viste seg å være svært vanskeleg i praksis. Det vart derfor i stor grad opp til dei ulike arbeidstakarane å hugse i løpet av intervjuet kva arbeidsoperasjonar som vart utført ved dei ulike tidspunkta. Eit system med tettare oppfølging hadde vore å føretrekke, men dette vart så ressurskrevande at det ikkje let seg gjennomføre innafor dei økonomiske rammene og det tette prøvetakingsprogrammet i prosjektet.

12.2. Resultat vassløyseleg fluorid

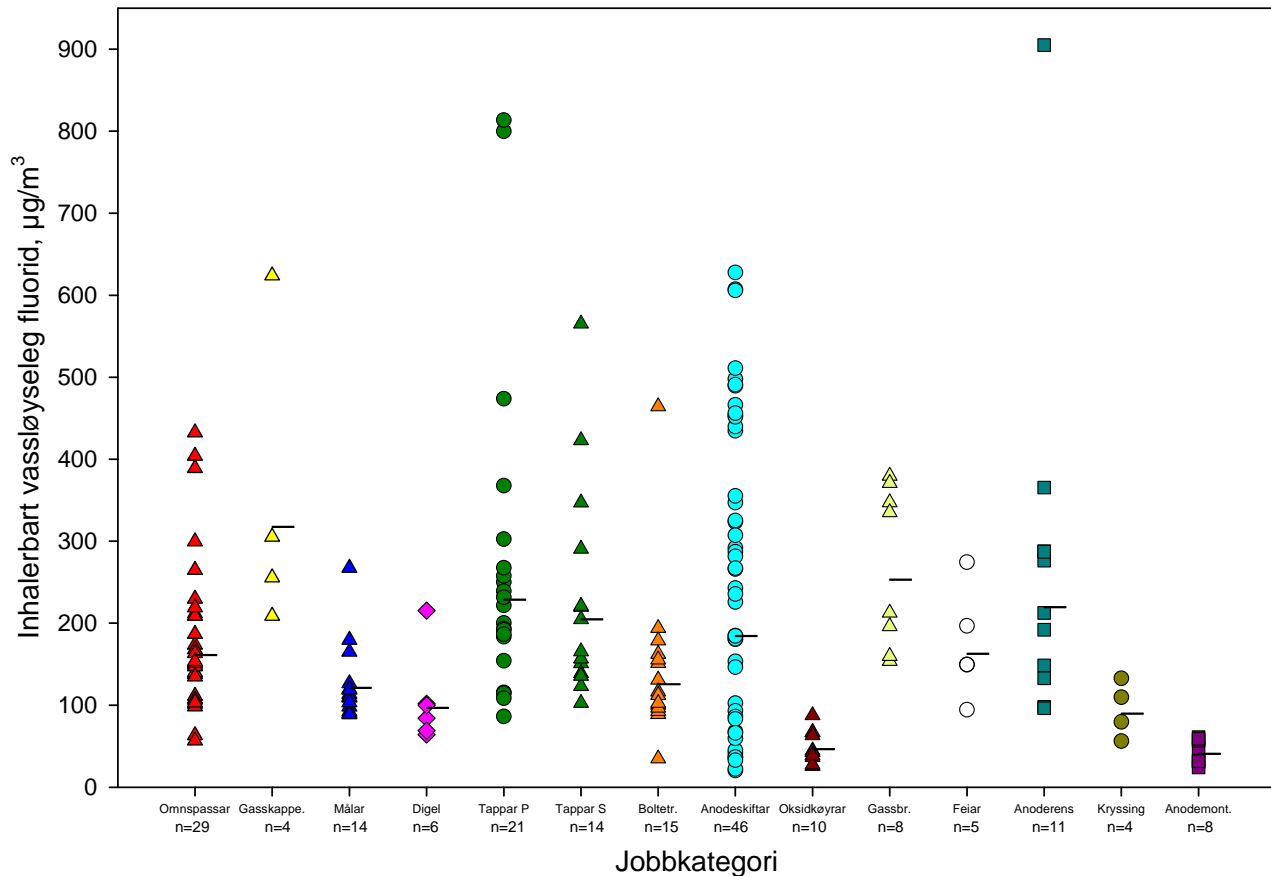
Alle aerosolprøvene vart løyst i vatn og fluoridmengda i dette vassekstraktet vart fastsett; vassløyseleg fluorid.

Ein oversikt over alle resultatata for IOM-prøvetakaren visast i figur 12.28.



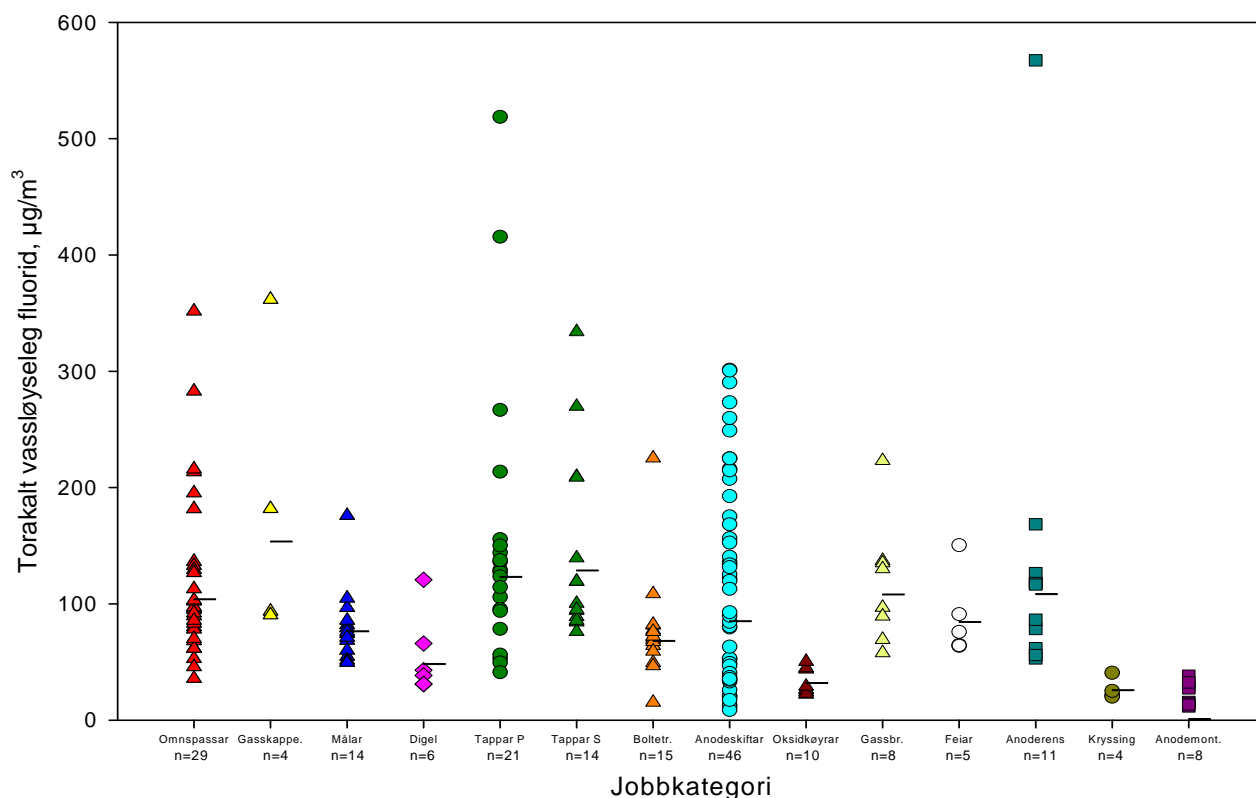
Figur 12.28: Vassløyseleg fluorid bestemt i aerosolen frå IOM-prøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Frå figur 12.28 går det fram at det er jobbkategorien gasskappeskiftar som ga det høgaste geometrisk gjennomsnittet ($496 \mu\text{g}/\text{m}^3$), og oksidkøyrar dei lågast eksponerte ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spreiinga innanfor dei ulike jobbkategoriene var stor, spesielt for anodeskiftar.



Figur 12.29: Vassløyseleg fluorid fastsett i den inhalerbare aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Frå figur 12.29 ser ein at den høgaste eksponerte kategorien hadde gasskappeskiftarane ($318 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Anodemontasje ($41 \mu\text{g}/\text{m}^3$) var kategorien med lågast geometrisk gjennomsnitt (GM).



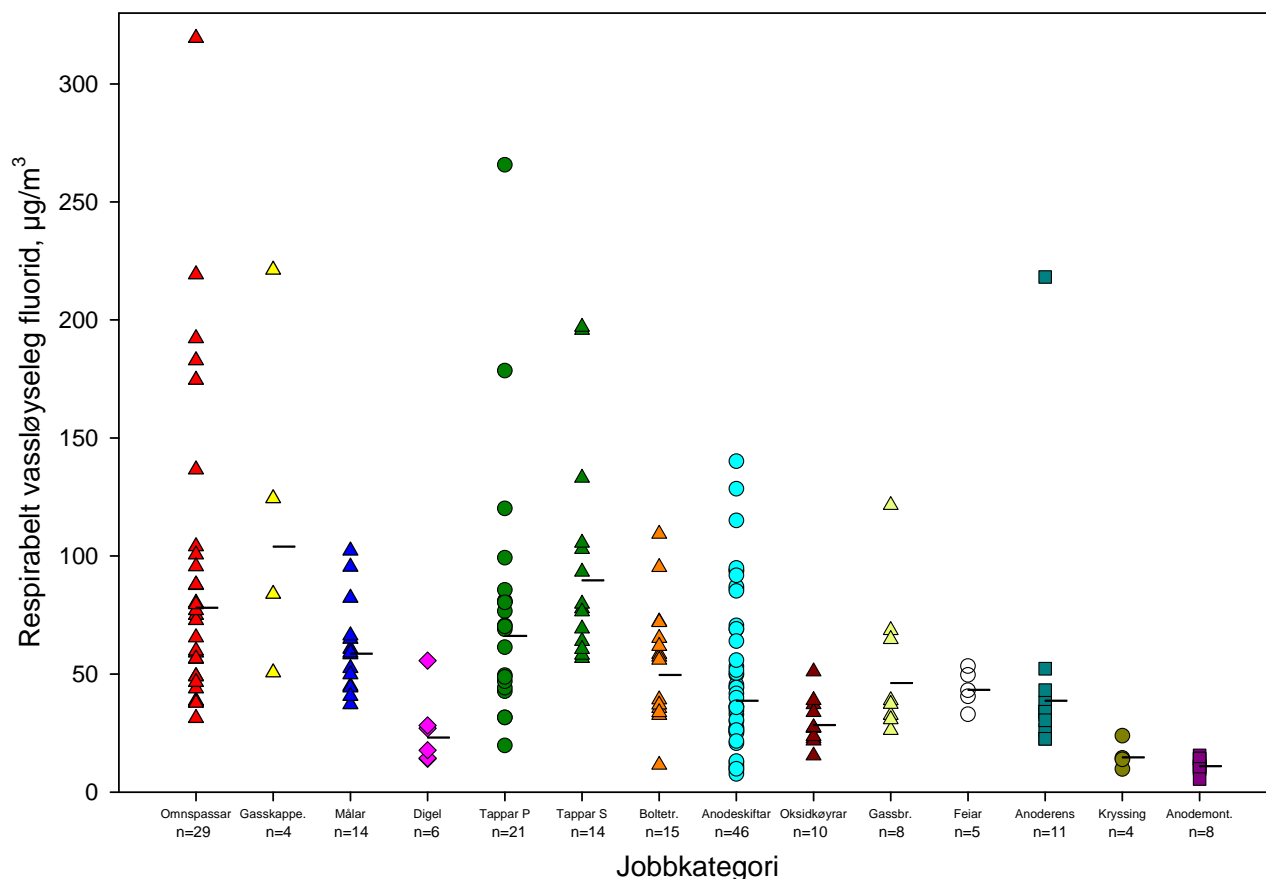
Figur 12.30: Vassløyseleg fluorid fastsett i den torakale aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Av fig. 12.30 ser ein at eksponeringa for torakalt vassløyseleg fluorid var høgast for jobbkategoriene gasskappeskiftar ($154 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Lågast eksponering finn ein for anodemontasje ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spreiinga er lågast for tappar i prebake og anoderens.

Tabell 12.4: Prosentdel torakalt vassløyseleg fluorid av inhalerbart vassløyseleg fluorid.

Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	29	64	60	70	40	93
Gasskappeskiftar	4	48	33	71	35	60
Målar	14	63	58	69	48	81
Digel	6	50	37	67	31	67
Tappar Prebake	21	54	50	58	37	70
Tappar Søderberg	13	63	59	67	54	82
Boltetrekkar	15	54	49	60	42	79
Anodeskiftar	46	46	43	49	23	71
Oksidkøyrring	10	69	59	81	51	96
Gassbrennar	8	43	35	52	33	61
Feiar	5	52	39	69	39	68
Anoderens	11	49	43	57	32	65
Kryssing	4	29	17	47	19	37
Anodemontasje	8	51	43	60	36	63
Alle	194	53	51	55	19	96

Av tabell 12.4 ser ein at det var ein større del vassløyseleg torakalt fluorid enn den tilsvarande torakale delen av aerosolen (53 % mot 36 % for aerosol). Spreiing for individuelle målingar innanfor dei ulike jobbkategoriene (19 – 96 % torakalt vassløyseleg fluorid) er stor.



Figur 12.31: Vassløyseleg fluorid fastsett i den respirable aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Av fig. 12.31 går det fram at det er jobbkategoriene gasskappeskiftar ($104 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og tappar Søderberg ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hadde dei høgaste eksponeringane for vassløyseleg respirabelt fluorid, medan anodemontasje ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hadde lågast. Kategorien omnesspassar hadde den største spreininga, med spreininga var også stor for kategorien tappar prebake.

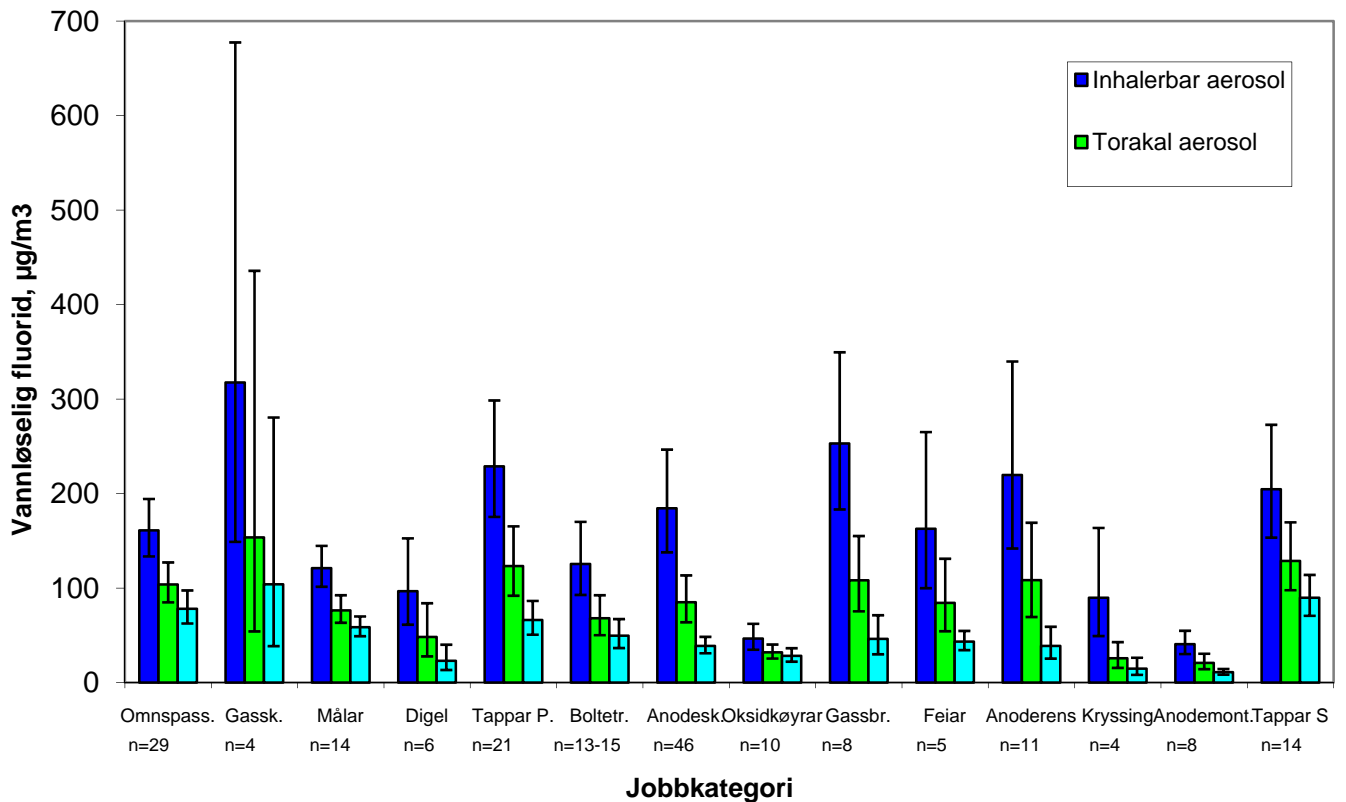
Tabell 12.5: Prosentdel respirabelt vassløyseleg fluorid av inhalerbart vassløyseleg fluorid.

Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	29	48	42	55	25	84
Gasskappeskiftar	4	33	23	46	24	41
Målar	14	48	43	54	37	69
Digel	6	24	17	34	17	42
Tappar Prebake	21	29	26	32	17	44
Tappar Søderberg	13	44	39	49	30	62
Boltetrekkar	15	39	32	48	23	74
Anodeskiftar	46	21	18	24	9,1	62
Oksidkøyting	10	61	49	77	36	99
Gassbrennar	8	18	14	24	10	32
Feiar	5	27	16	44	18	46
Anoderens	11	18	14	22	9,4	25
Kryssing	4	16	8,2	33	10	26
Anodemontasje	8	27	21	34	17	40
Alle	194	31	29	33	9,1	99

Av tabell 12.5 ser ein at det varr ein større del vassløyseleg respirabelt fluorid enn den tilsvarande torakale delen av aerosolen (31 % mot 18 % for aerosol). Spreiinga for individuelle målingar innan dei ulike jobbkategoriene er stor (9,1 % minimum for anodeskiftar og 99 % for oksidkøytingar).



Bilete: 12.4: Anodeskifting, grabbing



Figur 12.32: Vassløseleg fluorid Geometrisk middelværdi med 95% konfidensintervall for vassløseleg fluorid bestemt i aerosolfraksjonane frå Respicon.

Figur 12.32 viser at dei to jobbkategoriene anodemontasje og oksidkøyrar hadde relativt låg eksponering for vassløseleg fluorid og med relativt lita spreining, medan kategoriene gasskappeskiftar, gassbrennar, anoderens, tappar S og tappar P hadde høgare eksponering og større spreining.



Foto: Lars Jordbekken, Stami

Bilete 12.5: Prebake

Tabell 12.6: Oversikt over kva jobbkategoriar der GM var signifikant* forskjellige for vassløyseleg fluorid.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Inhalerbar vassløyseleg fluorid, IOM	Omnpassar	Gasskappeskiftar, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Omnpassar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Gasskappeskiftar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Digel	Gasskappeskiftar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Boltetrekkar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar Gassbrennar, Anoderens, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Gasskappeskiftar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Gasskappeskiftar, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Gasskappeskiftar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens
	Gassbrennar	Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Feiar	Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Anoderens	Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Kryssing	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Anoderens
	Anodemontasje	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Anodemontasje

* p<0,05

Tab. 12.6 forts.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Inhalerbart vassløyseleg fluorid, Respicon	Omnspassar	Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar Gassbrennar, Anoderens, Anodemontasje
	Digel	Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar Gassbrennar, Anoderens, Anodemontasje
	Boltetrekkar	Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar Gassbrennar, Anoderens, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens
	Gassbrennar	Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Feiar	Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Anoderens	Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Kryssing	Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens, Anodemontasje
	Anodemontasje	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing

* p<0,05

Tab. 12.6 forts.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Torakal vassløyseleg fluorid, Respicon	Omnpassar	Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Digel	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens, Anodemontasje
	Boltetrekkar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Målar, Digel, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Målar, Digel, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Digel, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens
	Gassbrennar	Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Feiar	Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Anoderens	Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Kryssing	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens
	Anodemontasje	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens

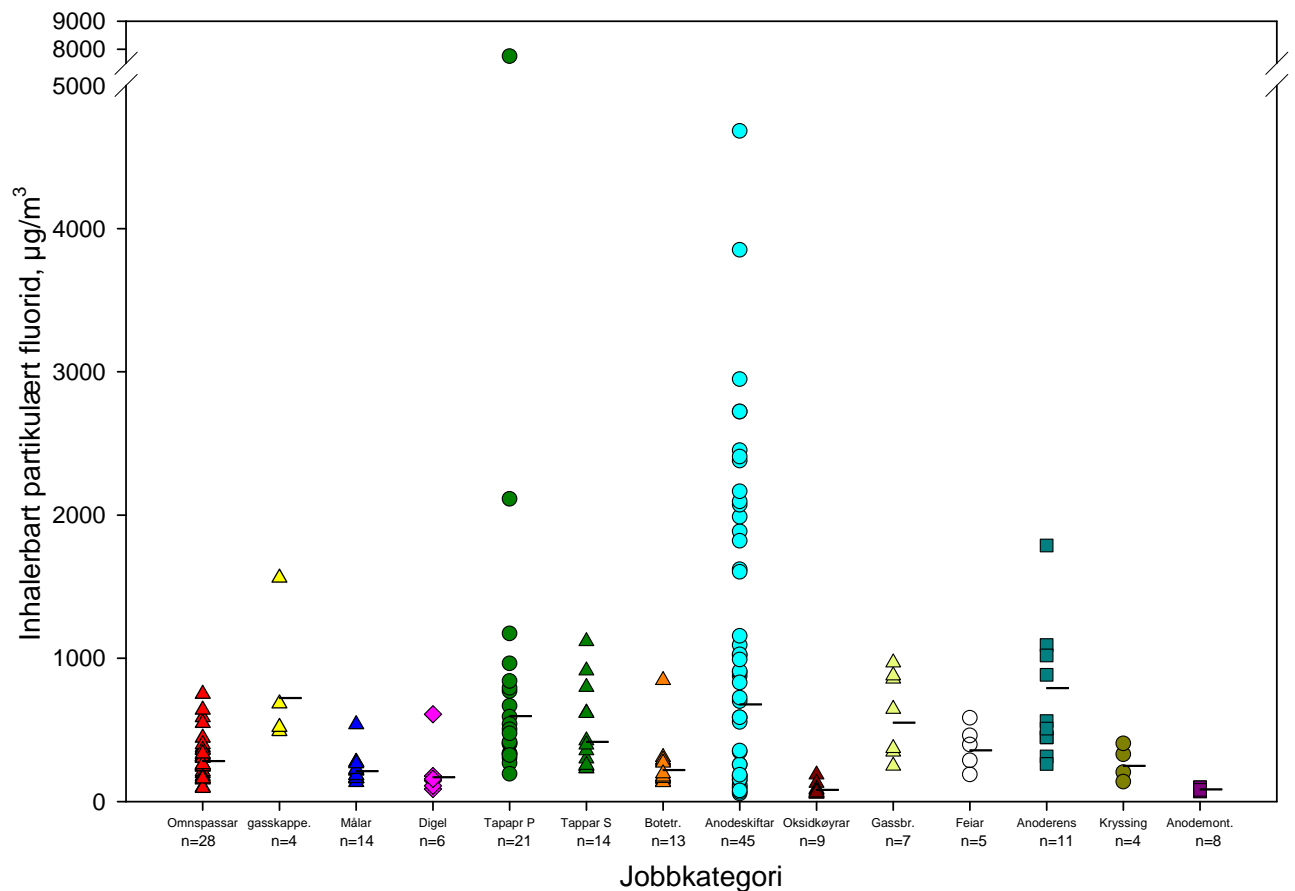
* p<0,05

Tab. 12.6 forts.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Respirabel vassløyseleg fluorid, Respicon	Omnpassar	Digel, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Digel, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Digel, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Digel	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anodemontasje
	Boltetrekkar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Digel, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Digel, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Digel, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Kryssing, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Gassbrennar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Digel, Tappar Søderberg, Kryssing, Anodemontasje
	Feiar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Tappar Søderberg, Kryssing, Anodemontasje
	Anoderens	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Kryssing, Anodemontasje
	Kryssing	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens
	Anodemontasje	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens

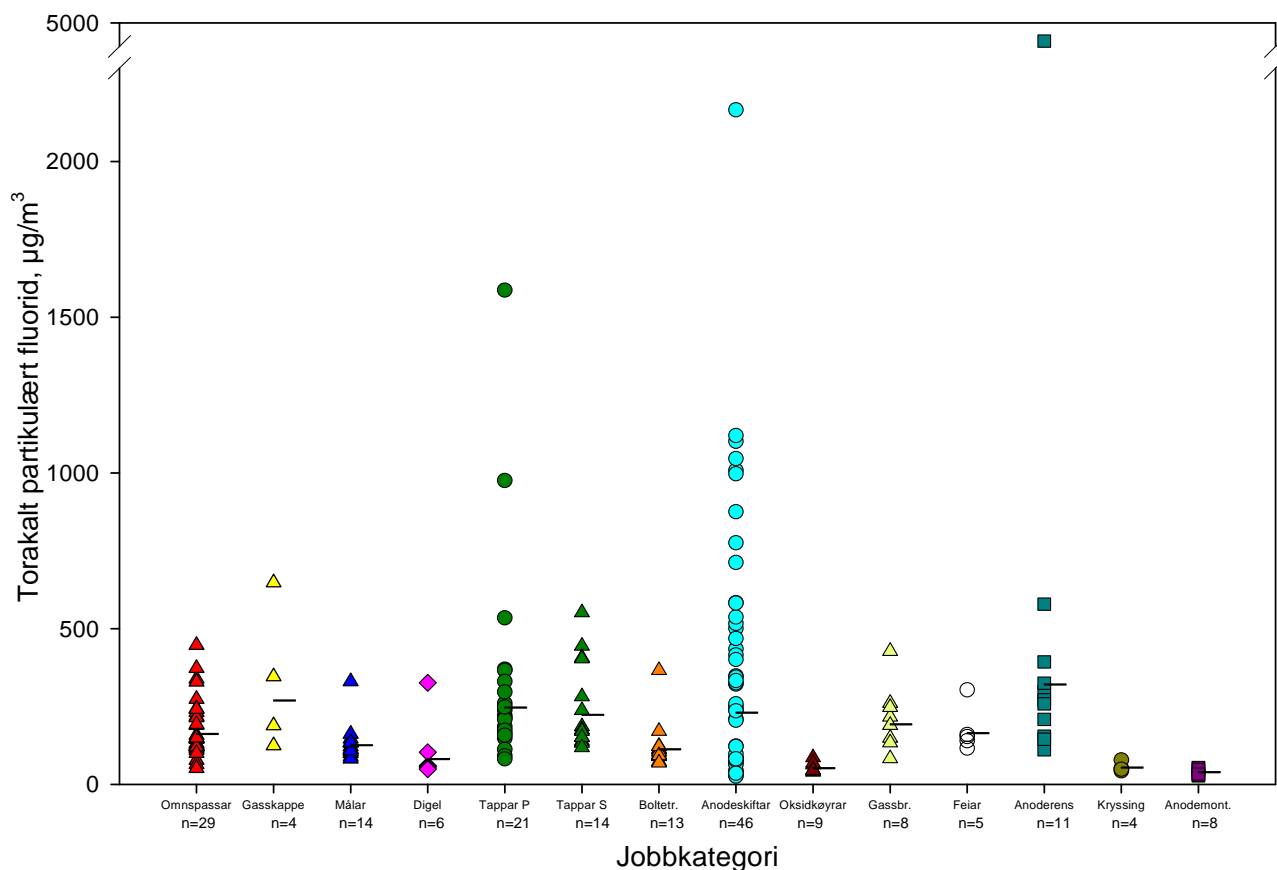
* p<0,05

12.3. Resultat partikulær fluorid



Figur 12.33: Partikulært fluorid fastsett i den inhalerbare aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I figur 12.33 er det vist det inhalerbare partikulære fluoridet i den oppsamla aerosolen. Dette er summen av vassløyseleg og lutløyseleg fluorid i den inhalerbare aerosolen målt med Respiconprøvetakaren. Figuren viser høgast geometrisk gjennomsnitt for jobbkategorien anoderens ($792 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og gasskappeskiftar ($723 \mu\text{g}/\text{m}^3$), medan anodemontasje ($85 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og oksidkøyrar hadde lågast GM ($81 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Einskildverdiar for dei ulike jobbkategoriene gjer at spreinga for dei ulike kategoriene blir stor.



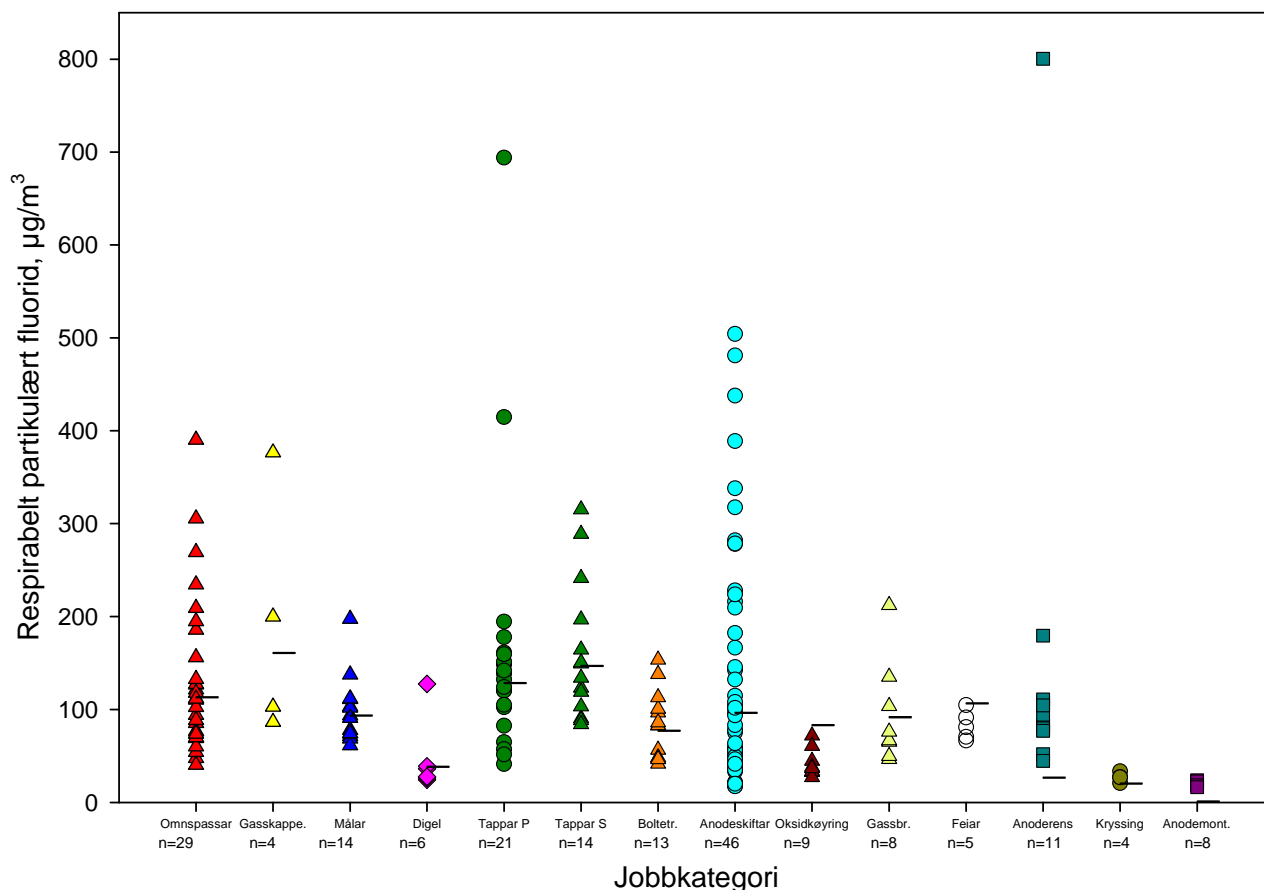
Figur 12.34: Partikulært fluorid fastsett i den torakale aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I figur 12.30 blir det vist det torakale partikulære fluoridet for dei ulike jobbkategoriene. Figuren viser låge geometriske gjennomsnittsverdiar for anodemontasje ($39 \mu\text{g}/\text{m}^3$), oksidkøyrrar ($52 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og kryssing ($54 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Igjen er det spreinga innanfor dei ulike jobbkategoriene som er dominerande.

Tabell 12.7: Prosentdel torakalt partikulært fluorid av inhalerbart partikulært fluorid.

Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	28	57	51	62	32	87
Gasskappeskiftar	4	37	22	62	24	51
Målar	14	59	53	65	41	81
Digel	6	48	35	64	31	68
Tappar Prebake	21	41	36	47	20	66
Tappar Søderberg	14	53	48	59	43	75
Boltetrekkar	13	51	44	60	33	78
Anodeskiftar	45	35	32	39	15	88
Oksidkøyrring	9	64	54	76	46	82
Gassbrennar	7	36	28	47	25	55
Feiar	5	46	33	64	35	61
Anoderens	11	41	34	48	12	31
Kryssing	4	22	11	42	12	31
Anodemontasje	8	46	40	52	36	61
Alle	189	45	43	47	12	88

Gjennomsnittleg var 45 % av det inhalerbare partikulære fluoridet torakalt. Prosentdelen var lågare enn for vassløyseleg fluorid (53 %) men høgare enn for aerosolen (36 %). Spreinga for individuelle målingar innanfor dei ulike jobbkategoriene var stor (12 % - 88 % torakalt vassløyseleg fluorid). Prosentdelen varierar mellom dei ulike jobbkategoriene, frå 22 % for kryssing til 64 % for oksidkøyarar.



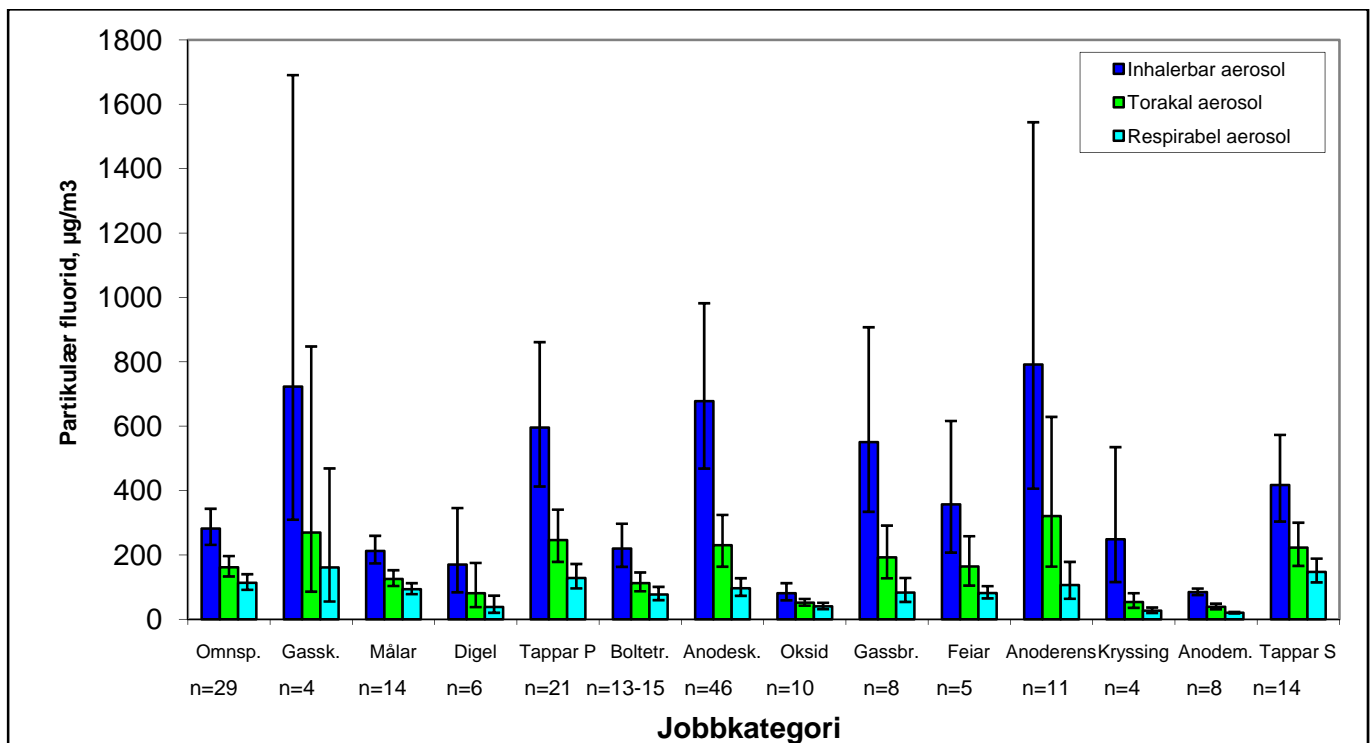
Figur 12.35: Partikulært fluorid fastsett i den respirable aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I figur 12.35 visast einskildverdiene for det respirable partikulære fluoridet. Jobbkategoriene anodemontasje ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og kryssing ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$) var dei lågast eksponerte kategoriene. Einskildverdiar i dei fleste jobbkategoriene gjer at spreingane innanfor gruppene vart stor. Jobbkategorien anodeskiftar hadde den største spreinga i resultata.

Tabell 12.8: Prosentdel respirabel partikulært fluorid av inhalerbart partikulært fluorid.

Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	28	40	34	47	18	68
Gasskappeskiftar	4	22	16	32	18	29
Målar	14	44	39	50	28	63
Digel	6	23	16	32	17	41
Tappar Prebake	21	22	18	26	9,0	42
Tappar Søderberg	14	35	31	4	25	50
Boltetrekkar	13	35	27	46	18	71
Anodeskiftar	45	15	12	17	3,6	47
Oksidkøyting	9	49	40	61	34	69
Gassbrennar	7	16	11	22	7,8	25
Feiar	5	23	15	35	17	37
Anoderens	11	13	10	18	6,1	30
Kryssing	4	11	5,3	22	6,6	20
Anodemontasje	8	24	22	26	20	28
Alle	189	24	22	26	3,6	71

Av tabell 12.8 ser ein den same trenden som for torakalt partikulært fluorid, at prosentdelen respirabelt partikulært fluorid av det inhalerbare fluoridet (24 %) var høgare enn tilsvarande prosentdel for aerosol (18 %) og lågare enn tilsvarande for vassløyselig fluorid (31 %). Spreiinga for individuelle målingar innan dei ulike jobbkategoriene var stor (11 % - 49 %).



Figur 12.36: Geometrisk middelværdi (GM) for partikulær fluorid frå Respiconprøvetakaren.

I figur 12.36 er det gjeve ei samanlikning av dei geometriske gjennomsnitta (GM) for dei ulike jobbkategoriene.

Tabell 12.9: Oversikt over kva jobbkategoriar der GM var signifikant* forskjellige for partikulært fluorid.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Inhalerbar partikulær fluorid Respicon	Omnesspassar	Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Anodeskiftar, Oksidkøyrar Anoderens, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Omnesspassar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Målar	Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Anoderens, Anodemontasje
	Digel	Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens
	Boltetrekkar	Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Anoderens, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Omnesspassar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Målar, Digel, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Anoderens, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Omnesspassar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnesspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing
	Gassbrennar	Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Feiar	Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Anoderens	Omnesspassar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Kryssing	Tappar Prebake, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Anoderens, Anodemontasje
	Anodemontasje	Omnesspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing

* p<0,05

Tab. 12.9 forts.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Torakal partikulær fluorid Respicon	Omnspassar	Digel, Oksidkøyrar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Digel	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens
	Boltetrekkar	Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Anoderens, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens
	Gassbrennar	Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Feiar	Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Anoderens	Omnspassar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Kryssing	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens
	Anodemontasje	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens

* p<0,05

Tab. 12.9 forts.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Respirabel partikulær fluorid Respicon	Omnpassar	Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Digel	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens
	Boltetrekkar	Gasskappeskiftar, Digel, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Digel, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Kryssing, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Digel, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens, Anodemontasje
	Gassbrennar	Digel, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Feiar	Kryssing, Anodemontasje
	Anoderens	Digel, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Kryssing	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens
	Anodemontasje	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens

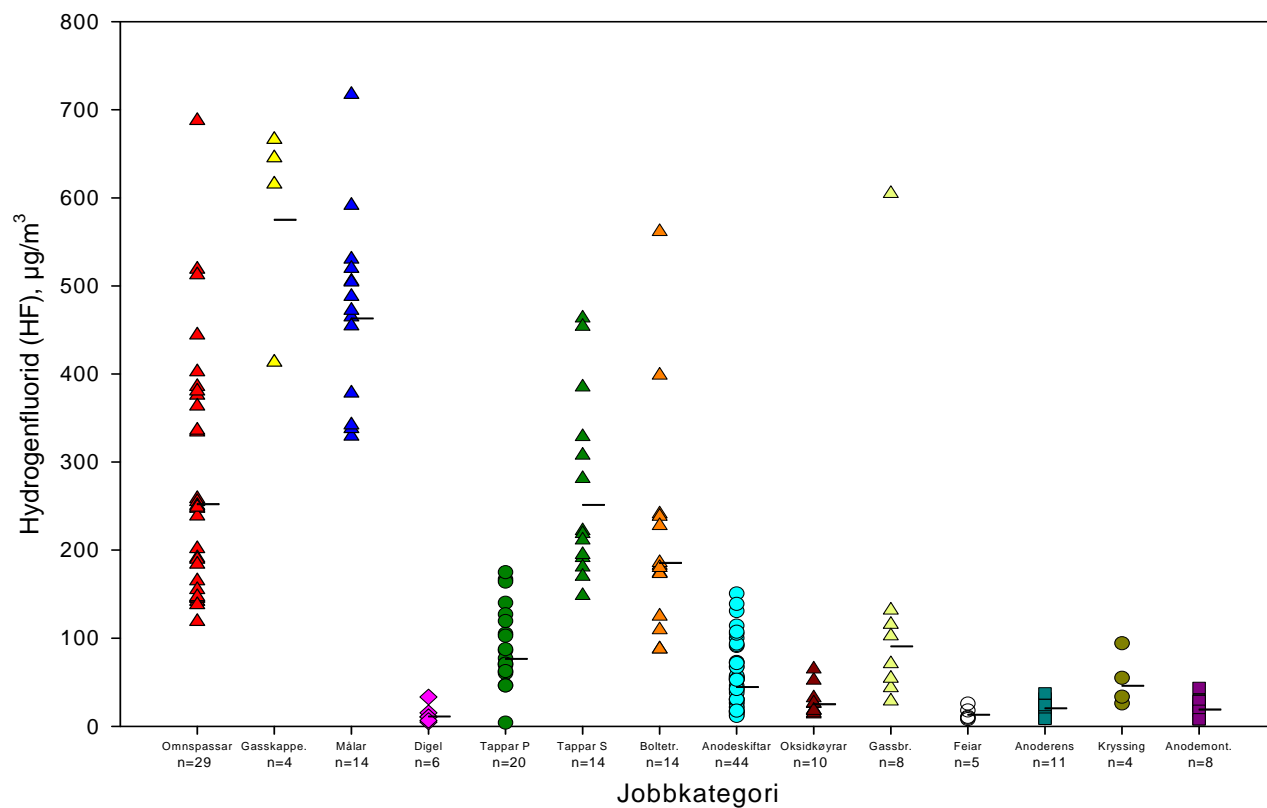
* p<0,05

Tabell 12.10: Prosent vassløyselig fluorid av partikulært fluorid

Parameter	Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
				Nedre	Øvre		
Prosent respirabelt vassløyselig fluorid av respirabelt partikulært fluorid	Omnspassar	29	69	65	73	44	87
	Gasskappeskiftar	4	65	50	83	59	82
	Målar	14	63	55	71	45	85
	Digel	6	60	49	74	44	74
	Tappar Prebake	21	52	47	56	31	66
	Tappar Söderberg	14	61	57	66	49	72
	Boltetrekkar	13	65	55	76	28	77
	Anodeskiftar	46	40	37	44	15	79
	Oksidkøyrar	9	68	61	77	52	84
	Gassbrennar	8	55	46	67	40	78
	Feiar	5	53	39	72	36	66
	Anoderens	11	36	30	44	24	51
	Kryssing	4	55	41	73	47	71
	Anodemontasje	8	54	46	64	34	65
	Alle	192	53	51	56	15	87
Prosent torakalt vassløyselig fluorid av torakalt partikulært fluorid	Omnspassar	29	64	61	68	38	79
	Gasskappeskiftar	4	57	44	75	50	73
	Målar	14	61	55	67	46	78
	Digel	6	59	46	77	37	72
	Tappar Prebake	21	50	46	54	33	59
	Tappar Söderberg	14	58	53	63	42	70
	Boltetrekkar	13	60	49	73	21	75
	Anodeskiftar	46	37	34	41	10	73
	Oksidkøyrar	9	60	54	66	52	75
	Gassbrennar	8	56	50	64	47	70
	Feiar	5	51	43	62	40	60
	Anoderens	11	34	26	44	12	56
	Kryssing	4	48	41	57	42	52
	Anodemontasje	8	54	45	64	41	72
	Alle	192	50	48	53	10	79
Prosent inhalerbart vassløyselig fluorid av inhalerbart partikulært fluorid	Omnspassar	28	57	54	60	43	74
	Gasskappeskiftar	4	44	38	50	40	49
	Målar	14	57	52	62	41	68
	Digel	6	57	44	74	35	73
	Tappar Prebake	21	38	33	45	10	55
	Tappar Söderberg	14	49	45	53	35	60
	Boltetrekkar	13	56	48	65	26	69
	Anodeskiftar	45	28	25	31	13	52
	Oksidkøyrar	9	55	49	61	47	72
	Gassbrennar	7	47	40	56	38	62
	Feiar	5	46	36	58	33	52
	Anoderens	11	28	21	36	9,8	43
	Kryssing	4	36	30	43	33	40
	Anodemontasje	8	48	40	58	35	61
	Alle	189	42	40	45	9,8	74

12.4. Gassar, HF og SO₂

12.4.1. Hydrogenfluorid (HF)



Figur 12.37: Gassformig fluorid som HF fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I figur 12.37 er det gjeve resultatane av eksponeringsmålingane for gassformig fluorid, omrekna til hydrogenfluorid gass.



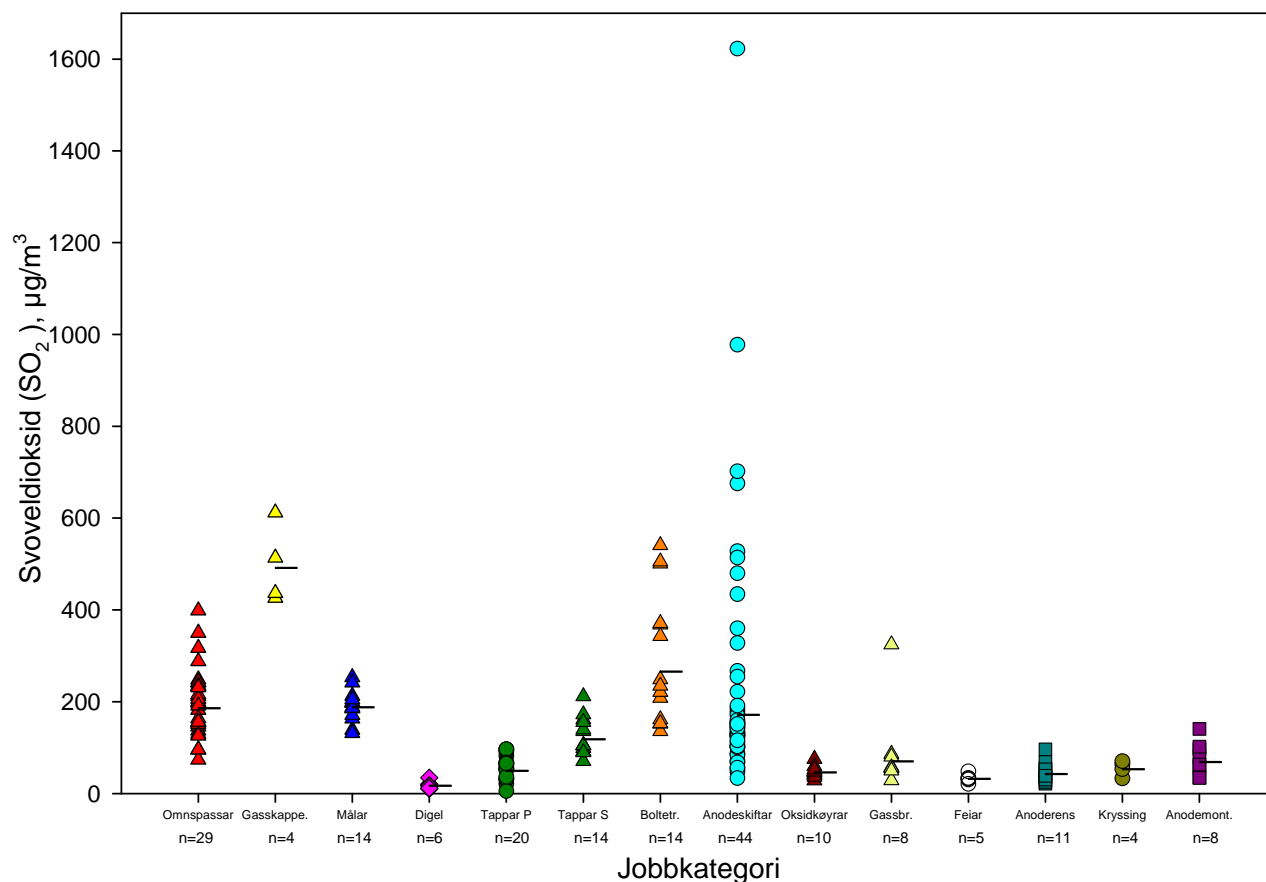
Bilete: 12.6: Stauring av bluss, Søderberg

Tabell 12.7: Oversikt over kva jobbkategoriar der GM var signifikant* forskjellige for gassformig fluorid (HF).

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
HF	Omnpassar	Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Tappar Prebake, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Omnpassar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Omnpassar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Digel	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Boltetrekkar	Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Tappar Prebake, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Feiar, Anoderens, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Tappar Prebake, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar
	Gassbrennar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Feiar, Anoderens, Anodemontasje
	Feiar	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Kryssing
	Anoderens	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Kryssing
	Kryssing	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Boltetrekkar, Tappar Søderberg, Feiar, Anoderens, Anodemontasje
	Anodemontasje	Omnpassar, Gasskappeskiftar, Målar, Boltetrekkar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Anodeskiftar, Gassbrennar, Kryssing

* p<0,05

12.4.2. Svoveldioksid (SO₂)



Figur 12.38: SO₂ frå filter fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Figur 12.38 viser svoveldioksid (SO₂) eksponeringa fordelt på jobbkategori. Den gjennomsnittlege eksponeringa er høgast for jobbkategori gasskappeskiftar (492 µg/m³) og lågast for digel (17 µg/m³). Spreiinga er størst for anodeskiftarane.

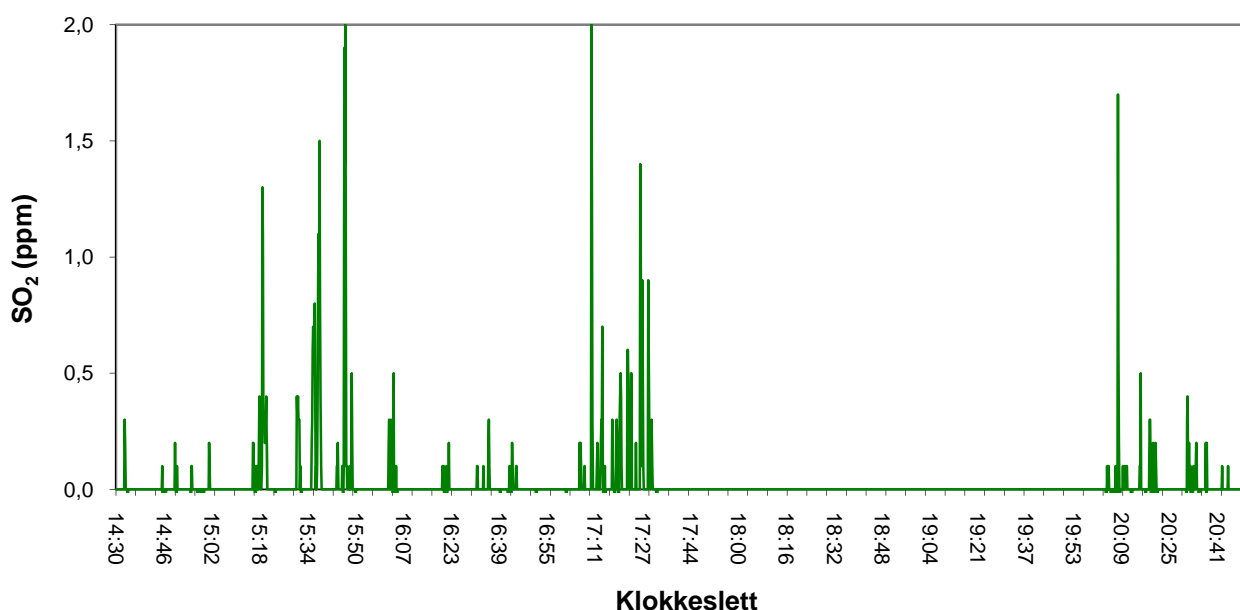
Tabell 12.12: Oversikt over kva jobbkategoriar der GM var signifikant* forskjellige for svoveldioksid (SO₂).

Komponent	Jobbkategori	Signifikant forskjellig frå jobbkategori
SO ₂	Omnspassar	Gasskappeskiftar, Digel, Tappar Prebake, Tappar Söderberg, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Omnspassar, Målar, Digel, Tappar Prebake, Tappar Söderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Gasskappeskiftar, Digel, Tappar Prebake, Tappar Söderberg, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Digel	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Söderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Prebake	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Digel, Målar, Tappar Söderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar
	Tappar Söderberg	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Tappar Prebake, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Boltetrekkar	Digel, Tappar Prebake, Tappar Söderberg, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Gasskappeskiftar, Digel, Tappar Prebake, Tappar Söderberg, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Tappar Söderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar
	Gassbrennar	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Tappar Söderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Feiar
	Feiar	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Söderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anodemontasje
	Anoderens	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Tappar Söderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar
	Kryssing	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Tappar Söderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar
	Anodemontasje	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Digel, Tappar Söderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Feiar

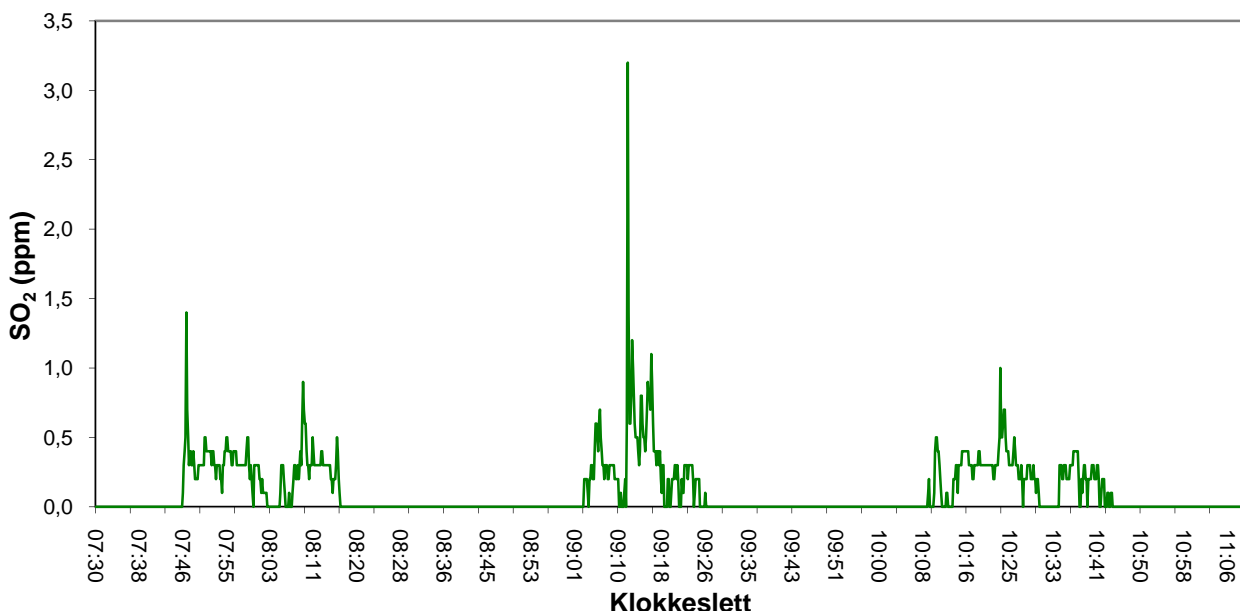
* p<0,05

12.4.3. Tidsoppløyste SO₂-målinger

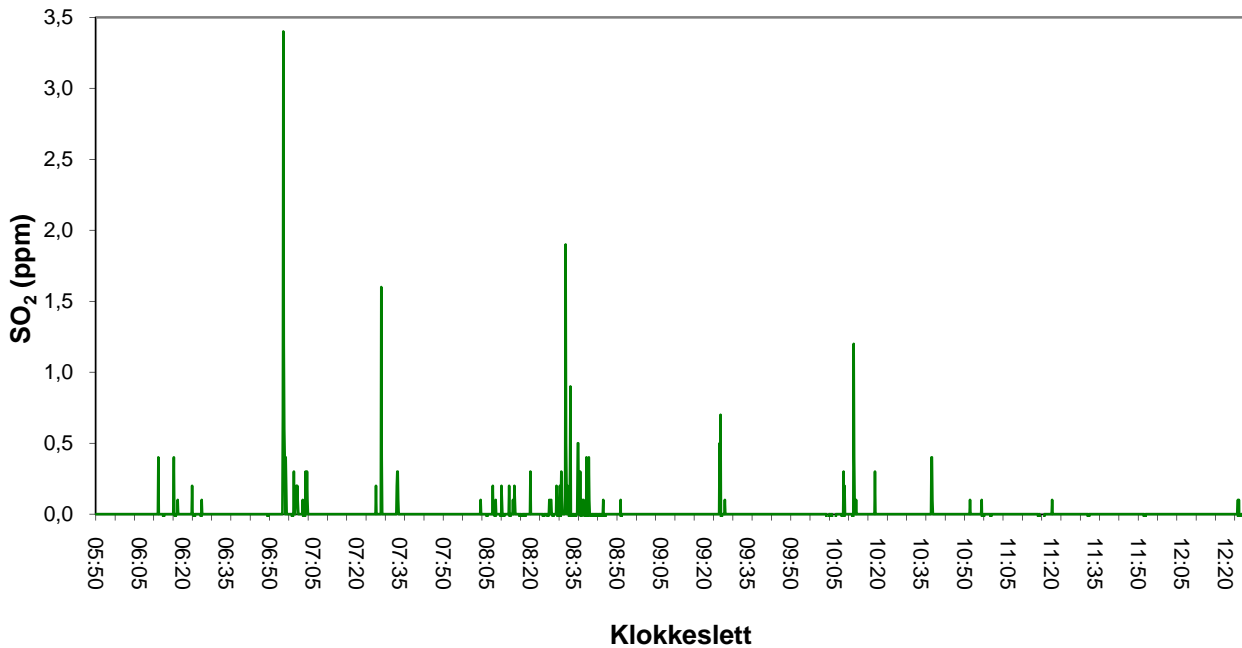
For å betre kunne forstå SO₂ eksponeringa vart det nytta direktevisande gassensorar til kontinuerleg kunne monitorere konsentrasjonen av SO₂ over arbeidsskifta. Fig. 12.39, 12.40 og 12.41 viser typiske variasjonsmålingar for tre ulike arbeidsoperasjonar. SO₂ kjem frå svovelet i kolet som blir nytta. Eksponeringsmønstra for dei ulike arbeidsoperasjonar varierar og er derfor eit viktig verktøy til å identifisere utsette arbeidsfunksjonar.



Figur 12.39: Tidsoppløyst SO₂ signal for anodeskift golv 20. oktober 2003.

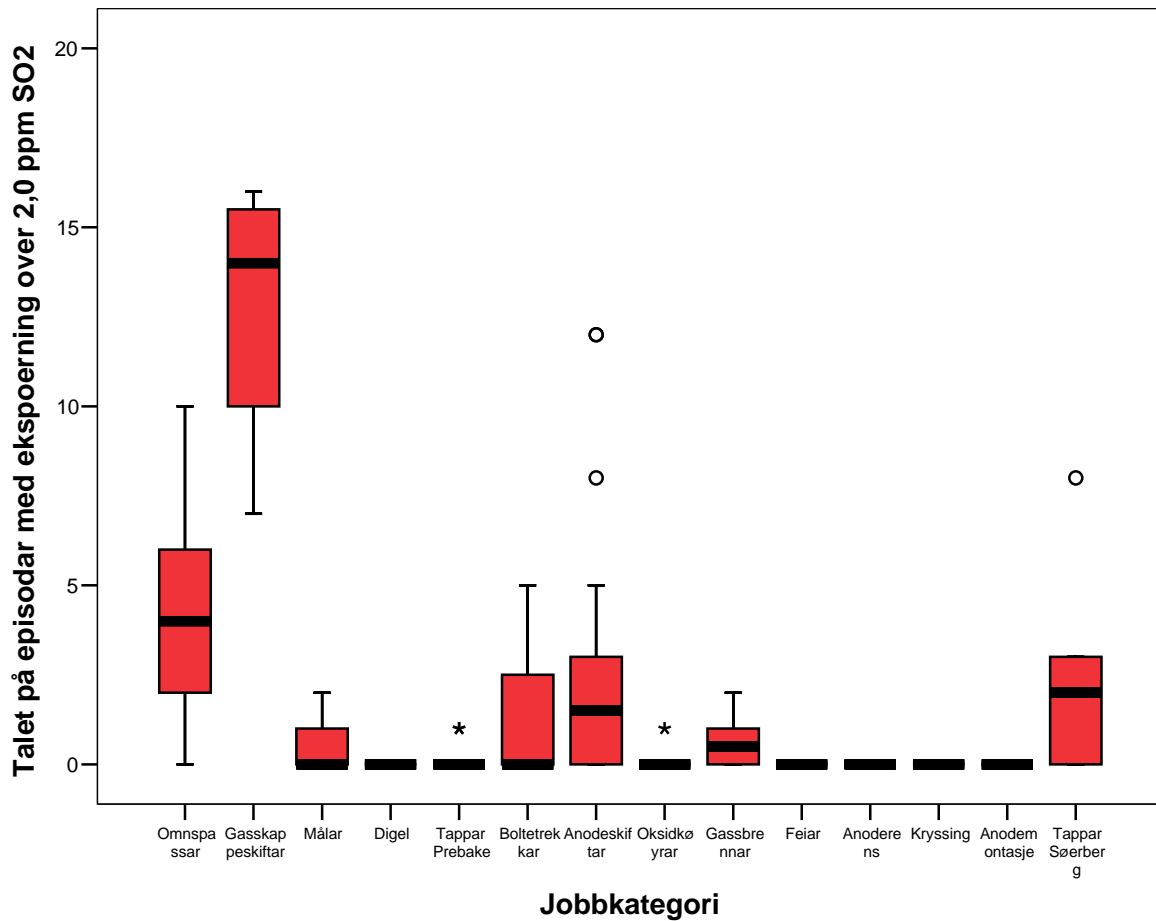


Figur 12.40: Tidsoppløyst SO₂ signal for målegruppe 21. oktober 2003.

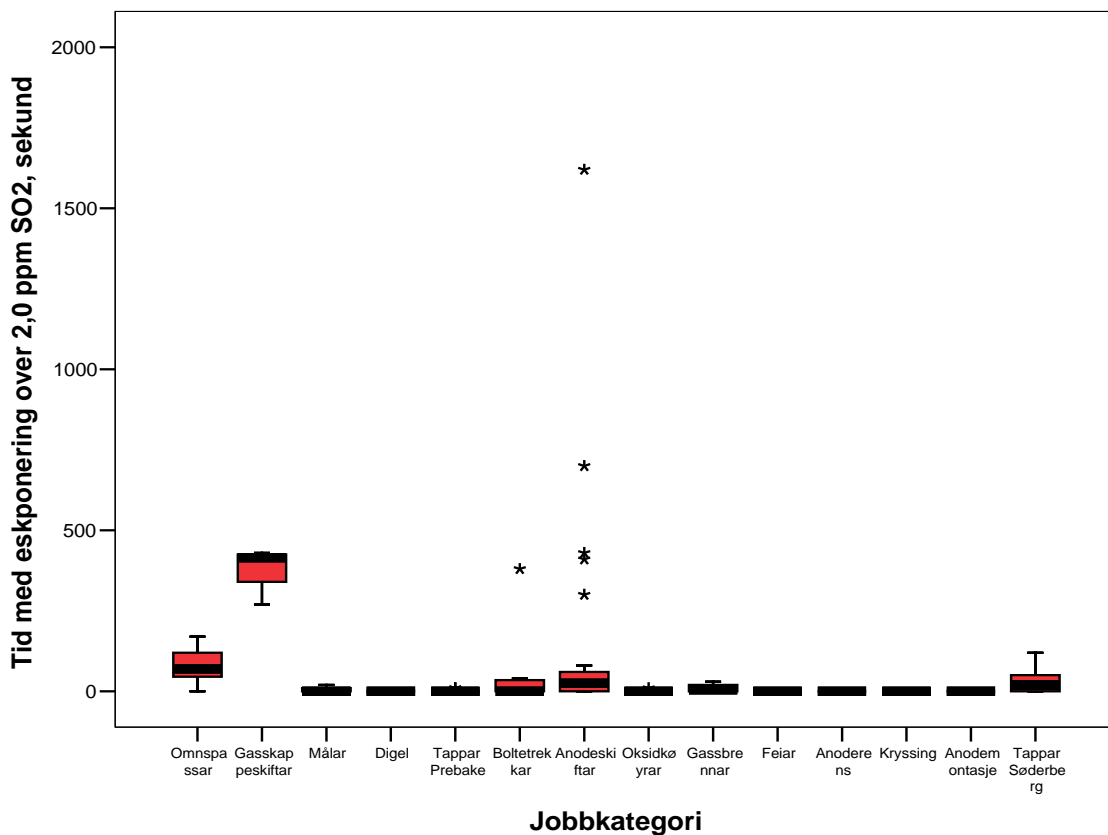


Figur 12.41: Tidsoppløyst SO₂ signal for tappar 28. oktober 2003.

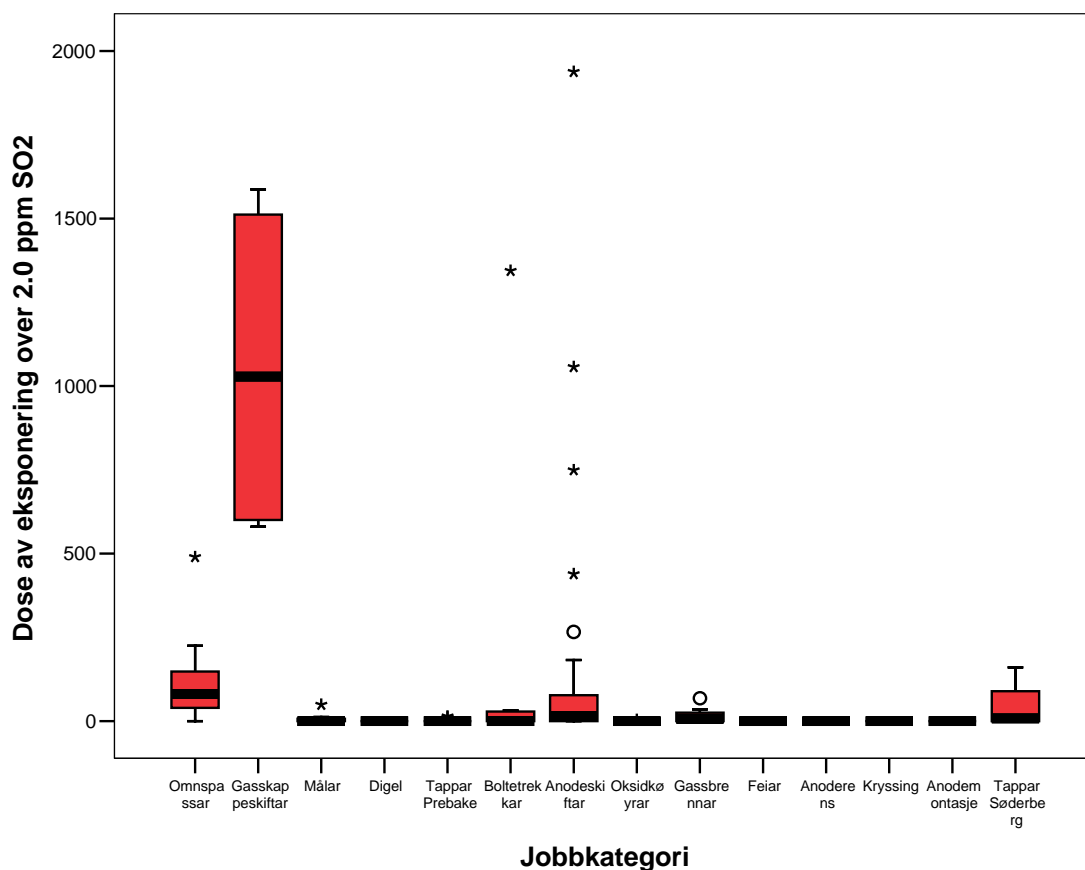
For å kunne vurdere dei tidsoppløyste SO₂ –verdiane vart det nytta ein strategi ved å telje talet på episodar over ein gjeven verdi, kor lenge ein slik episode varer og dosen av SO₂ i kvar episode. Figur 12.42 viser talet på episodar med verdier over 2,0 ppm SO₂ fordelt på arbeidsoppasjonane. I figur 12.43 viser talet på sekund kor eksponeringa har vore over 2,0 ppm, fordelt på dei ulike arbeidsoperasjonane. I figur 12.44 er det gjevne dosen av desse episodane over 2,0 ppm fordelt på dei ulike arbeidsoperasjonane.



Figur 12.42: Boksplott av eksponeringsepisodar med eksponering over 2,0 ppm SO₂.



Figur 12.43: Boksplott av talet på sekund med eksponering over 2,0 ppm SO₂.



Figur 12.44: Boksplott av dose (ppm *sekund) for eksponering over 2,0 ppm SO₂.

Gassensorar med logging er nyttige hjelpemiddel for identifisering av toppeksponering og variasjonen av eksponeringa gjennom eit arbeidsskift. For alle gassloggerane 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 dose (ppm*s) som toppane representerer.

Tabell 12.13: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålingar. Eksponeringsverdiar over 0,2 ppm, Aritmetisk middelvei (AM)

Jobbkategori	Talet på målingar, n	Tal på episodar	Tid over, s	Dose, ppm*s
Omnspassar	20	39	2641	1020
Gasskappeskiftar	4	40	6130	4114
Målar	9	36	2149	436
Digel	3	-	-	-
Tappar Prebake	10	11	220	62
Tappar Søderberg	5	31	2020	655
Boltetrekkar	7	34	2692	1012
Anodeskiftar	38	26	1669	1023
Oksidkøyrar	5	3	232	64
Gassbrennar	8	20	800	214
Feiar	3	2,0	23	5,0
Anoderens	1	3,0	70	11
Kryssing	3	6,7	90	23
Anodemontasje	2	-	-	-
Totalt	118	25	1688	655

Tabell 12.14: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålinger. Eksponeringsverdier over 0,5 ppm, Aritmetisk middelværdi (AM)

Jobbkategori	Talet på målinger, n	Tal på episodar	Tid over, s	Dose, ppm*s
Omnbspassar	20	16	720	502
Gasskappeskiftar	4	40	2785	2638
Målar	9	7,7	243	88
Digel	3	0	0	0
Tappar Prebake	10	2,7	41	21
Tappar Søderberg	5	12	470	273
Boltetrekkar	7	6,7	653	525
Anodeskiftar	38	11	777	639
Oksidkøyrar	5	1,0	44	19
Gassbrennar	8	6,6	145	73
Feiar	3	0,3	3,3	1,0
Anoderens	1	-	-	-
Kryssing	3	2,7	30	5,7
Anodemontasje	2	-	-	-
Totalt	118	9,8	560	438

Tabell 12.15: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålinger. Eksponeringsverdier over 1,5 ppm, Aritmetisk middelværdi (AM)

Jobbkategori	Talet på målinger, n	Tal på episodar	Tid over, s	Dose, ppm*s
Omnbspassar	20	6,4	134	160
Gasskappeskiftar	4	17	602	1306
Målar	9	0,8	7,8	12
Digel	3	-	-	-
Tappar Prebake	10	0,6	6,0	4,5
Tappar Søderberg	5	3,4	68	78
Boltetrekkar	7	2,1	94	238
Anodeskiftar	38	3,4	175	222
Oksidkøyrar	5	0,2	4,0	2,4
Gassbrennar	8	0,8	15	22
Feiar	3	-	-	-
Anoderens	1	-	-	-
Kryssing	3	-	-	-
Anodemontasje	2	-	-	-
Totalt	118	3,2	110	78

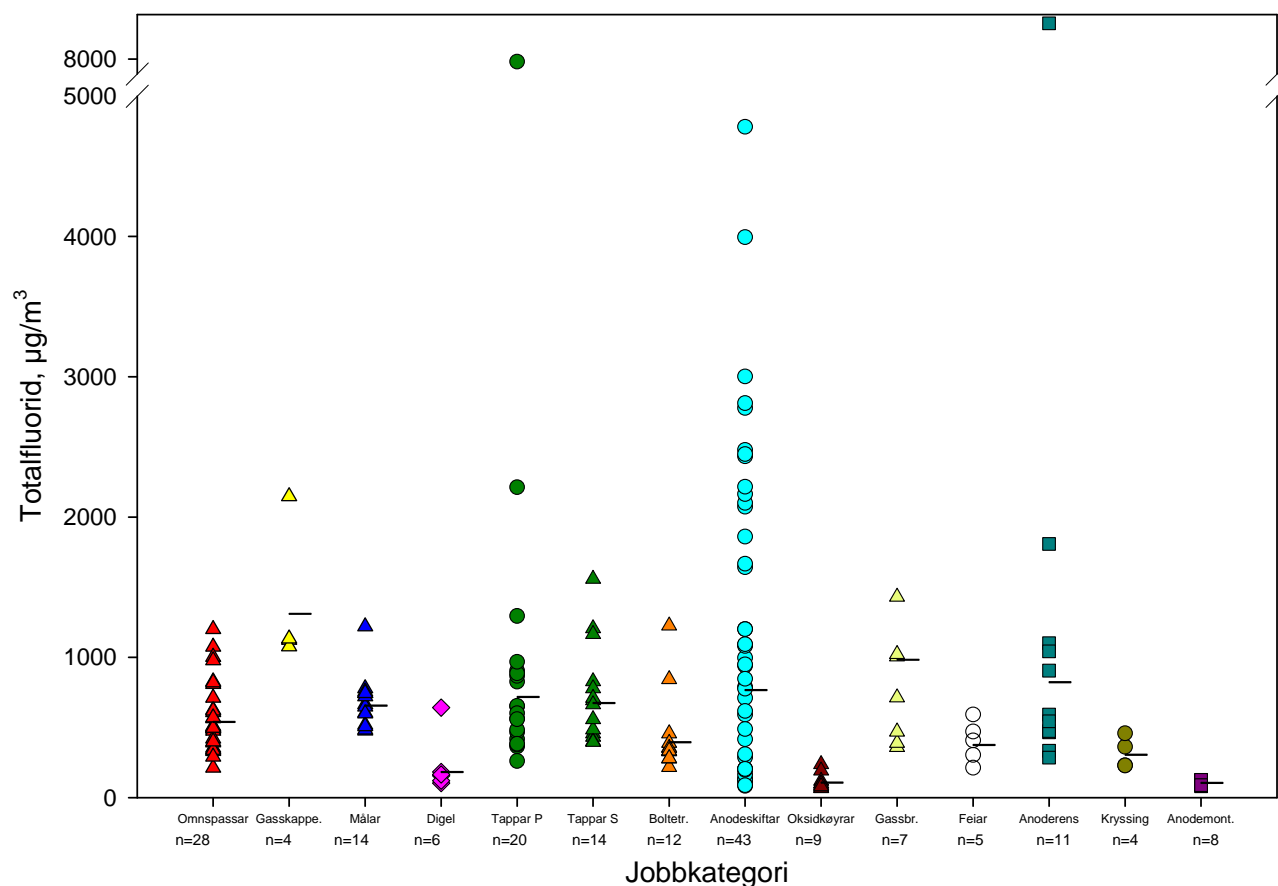
Tabell 12.16: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålinger. Eksponeringsverdiar over 2,0 ppm, Aritmetisk middelværdi (AM)

Jobbkategori	Talet på målinger, n	Tal på episodar	Tid over, s	Dose, ppm*s
Omnpassar	20	4,2	75	106
Gasskappeskiftar	4	13	383	1056
Målar	9	0,7	6,7	7,8
Digel	3	-	-	-
Tappar Prebake	10	0,2	2,0	2,5
Tappar Søderberg	5	2,6	38	51
Boltetrekkar	7	1,4	64	200
Anodeskiftar	38	2,3	112	148
Oksidkøyrar	5	0,2	2,0	0,8
Gassbrennar	8	0,6	10	17
Feiar	3	-	-	-
Anoderens	1	-	-	-
Kryssing	3	-	-	-
Anodemontasje	2	-	-	-
Totalt	118	2,2	69	116

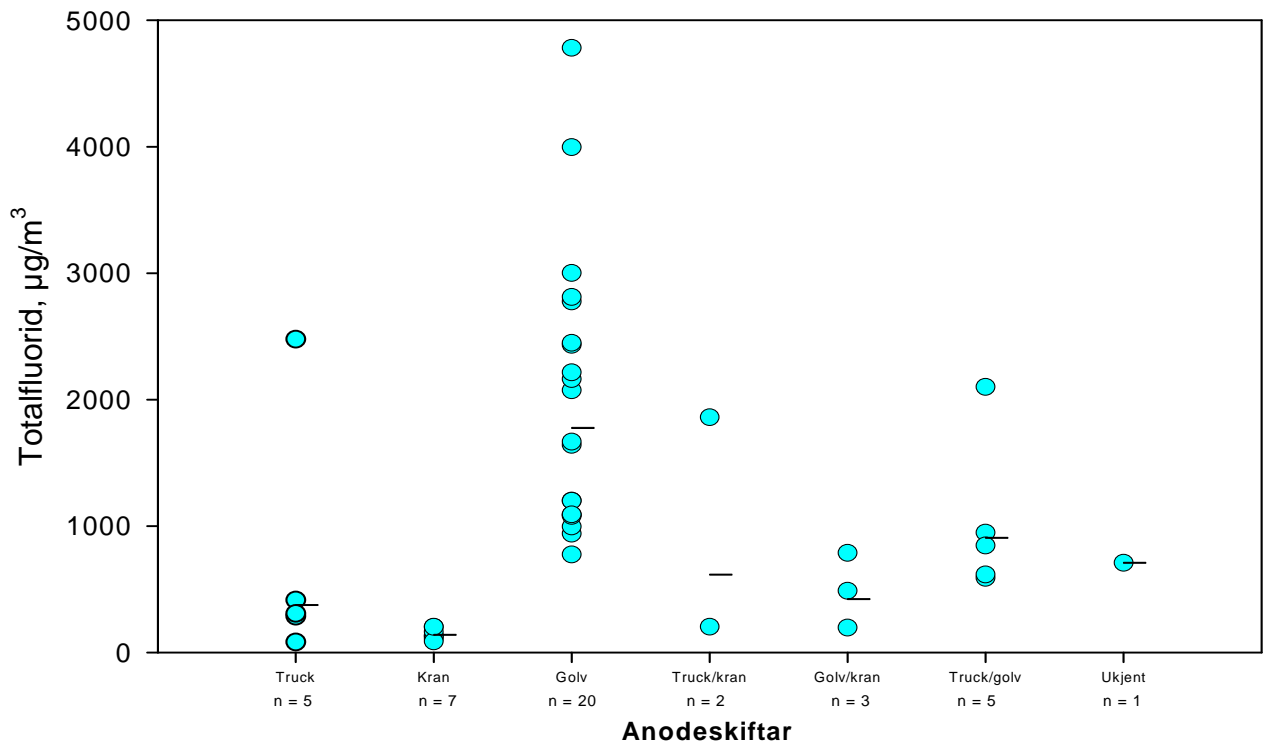
Tabell 12.17: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålinger. Eksponeringsverdiar over 5,0 ppm, Aritmetisk middelværdi (AM)

Jobbkategori	Talet på målinger, n	Tal på episodar	Tid over, s	Dose, ppm*s
Omnpassar	20	0,7	8,5	23
Gasskappeskiftar	4	4,3	78	512
Målar	9	-	-	-
Digel	3	-	-	-
Tappar Prebake	10	-	-	-
Tappar Søderberg	5	0,2	2,0	3,0
Boltetrekkar	7	0,3	27	67
Anodeskiftar	38	0,6	41	46
Oksidkøyrar	5	-	-	-
Gassbrennar	8	0,1	1,2	1,9
Feiar	3	-	-	-
Anoderens	1	-	-	-
Kryssing	3	-	-	-
Anodemontasje	2	-	-	-
Totalt	118	0,5	9,6	40

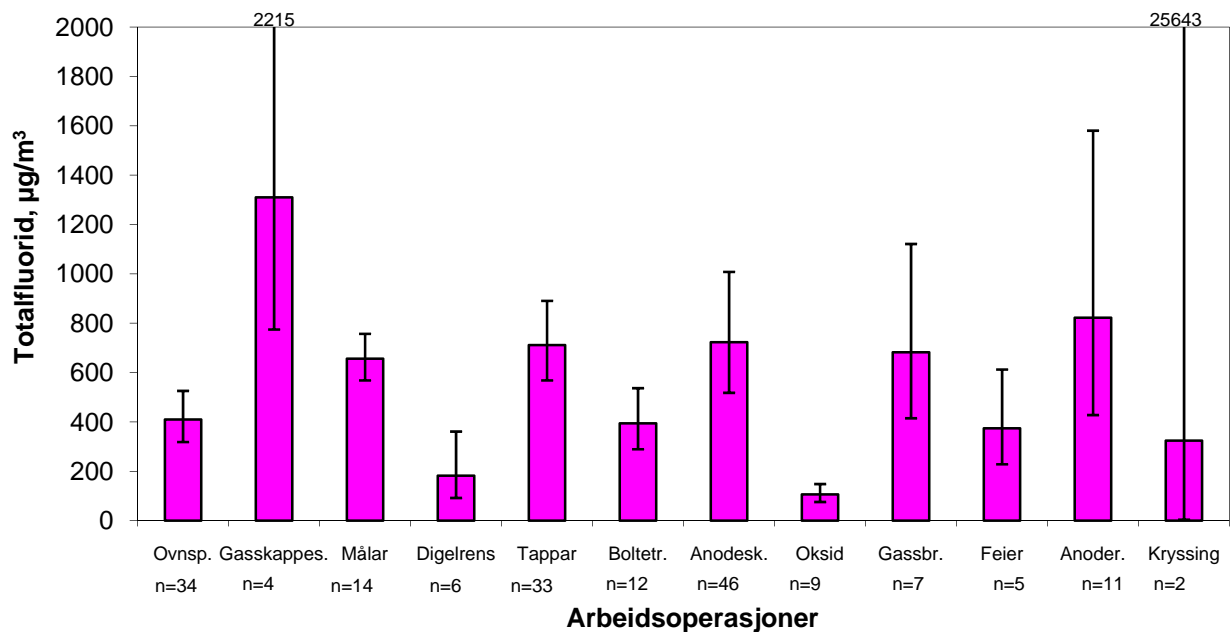
12.5. Totalfluorid



Figur 12.45: Totalfluorid, som er summen av inhalerbar partikulær aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren og gassformig fluorid frå HF, fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.



Figur 12.46: Totalfluorid, som er summen av inhalerbar partikulær aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren og gassformig fluorid frå HF, for anodeskiftarar fordelt på arbeidsoppgåver. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.



Figur 12.47: Geometrisk middelværdi (GM) for totalfluorid (gassformig og partikulært fluorid).

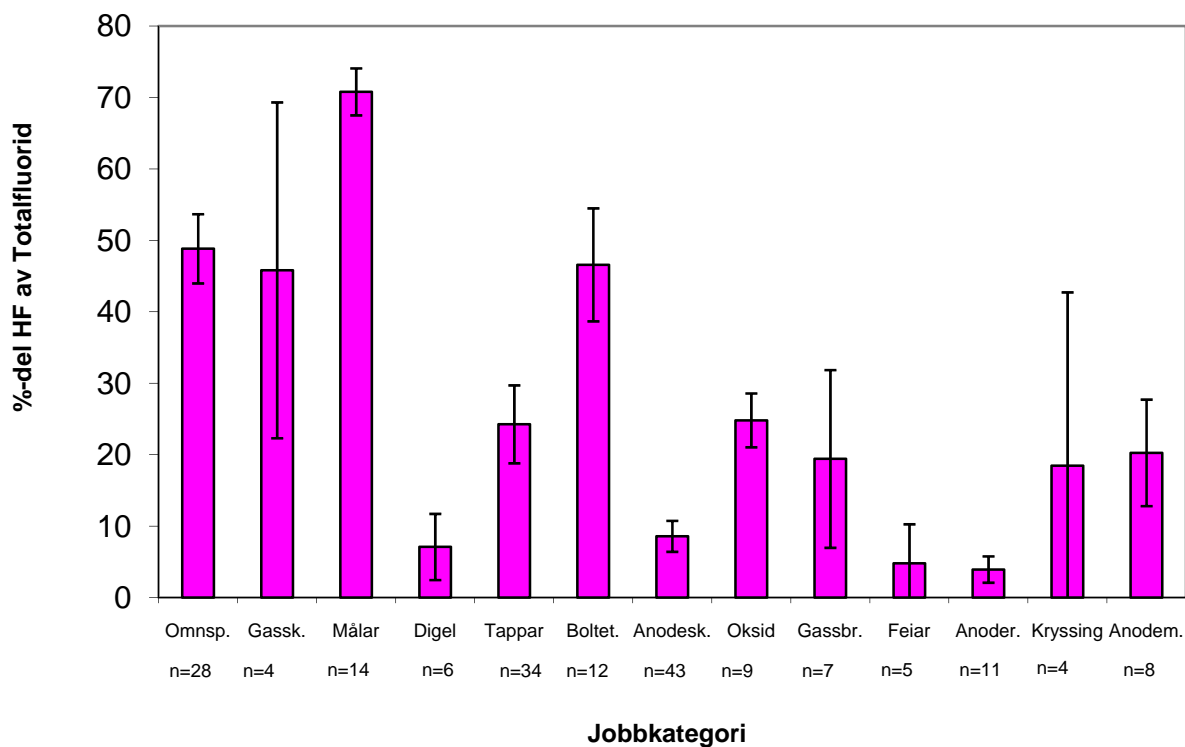
Tabell 12.18: Oversikt over kva jobbkategori der GM var signifikant* forskjellige for totalfluorid.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Totalfluorid	Omnspassar	Gasskappeskiftar, Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Gasskappeskiftar	Omnspassar, Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Feiar, Kryssing, Anodemontasje
	Målar	Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Digel	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Anoderens
	Tappar Prebake	Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Kryssing, Anodemontasje
	Tappar Søderberg	Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Boltetrekkar	Gasskappeskiftar, Digel, Tappar Prebake, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Anoderens, Anodemontasje
	Anodeskiftar	Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Feiar, Kryssing, Anodemontasje
	Oksidkøyrar	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing
	Gassbrennar	Digel, Oksidkøyrar, Anodemontasje
	Feiar	Gasskappeskiftar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Anoderens, Anodemontasje
	Anoderens	Digel, Boltetrekkar, Oksidkøyrar, Feiar, Kryssing, Anodemontasje
	Kryssing	Gasskappeskiftar, Tappar Prebake, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Anoderens, Anodemontasje
	Anodemontasje	Omnspassar, Gasskappeskiftar, Målar, Tappar Prebake, Tappar Søderberg, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Gassbrennar, Feiar, Anoderens, Kryssing

Ein HF sensor vart prøvd ut. Denne viste seg ikkje å ha god nok oppløysning og respons til å kunne nyttast for dei konsentrasjonsområda som ein har i denne industrien.

Det var ein teoretisk sjanse for å danne NO₂ i elektrolyseprosessen. Prosjektet nytta derfor direktevisande NO₂-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 NO₂ eksponering ikkje var mogeleg å fastsetje for dei arbeidsoperasjonane som vart undersøkt i dette prosjektet.

* p<0,05



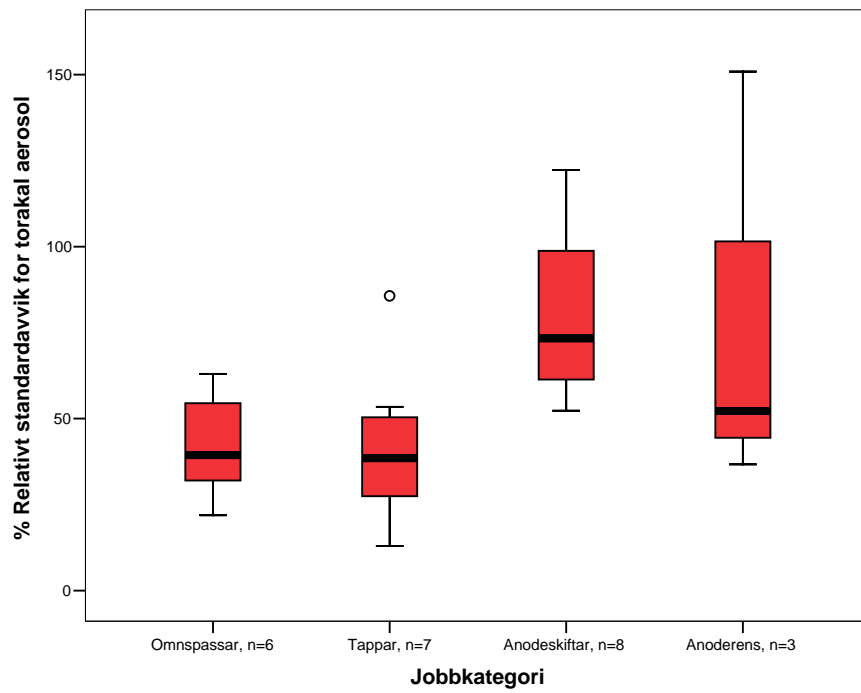
Figur 12.48: Prosentdel HF av totalfluorid fordelt på jobbkategoriar med 95% konfidensintervall.

Figur 12.48 viser den at størstedelen av fluorideksponeringa er partikulær for alle utanom jobbkategorien målar. Lågast prosentdel HF av totalfluorid fann ein for anoderens (4%), medan målar hadde høgast (71%). Gjennomsnittet for alle målingane var 27% med eit 95% konfidensintervall mellom 24-30%.

12.6. Personvariasjon

Fleire av resultatane kjem frå målingar på same person over fleire dagar. Ein ynskter å sjå på dag til dag variasjonen for kvar person som funksjon av arbeidsoppgåver. Dei personane som ein hadde 3 eller fleire målingar på vart valt. Ved å sjå på det relative standardavviket mellom målingane for same person, kan ein estimere kor stor spreiding i resultatane ein kan forvente når ein tek eksponeringsmålingar på ein tilfeldig dag.

I fig. 12.49 er det gjeve dag til dag variasjonen for dei tre ulike arbeidsoperasjonane.



Figur 12.49: Dag til dag variasjon for same personane.

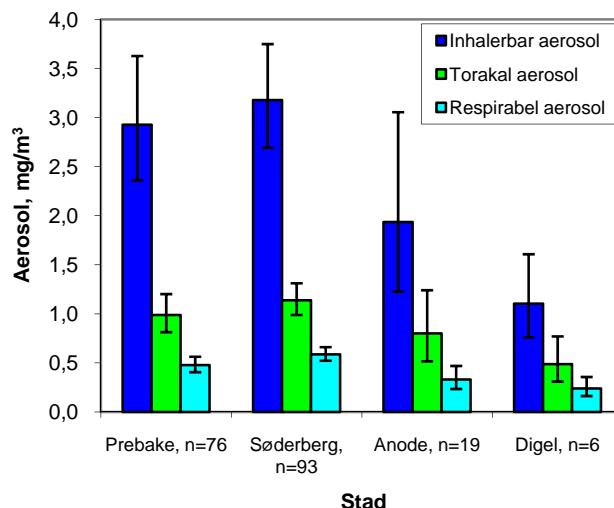
Figuren 12.49 angjev median, kvartilar og ekstremverdiar for kvar jobbkategori.

12.7. Eksponering ved ulike arbeidsstader

I dette kapitlet er det delt opp etter arbeidsstad. Det som blir kalla arbeidsstadane prebake og Söderberg representerar arbeid utført i hallar med desse teknologiane. Arbeidsstaden digel er arbeid i med fresing og reingjering av digler. Anode er arbeid med anoderens. Sidan anoderens og digel ikkje var direkte arbeid i anten prebake- eller Söderberg-hall vart dei tatt ut som eigne grupper.

Ei samanlikning av dei ulike arbeidsstadane er vist i figur 12.50.

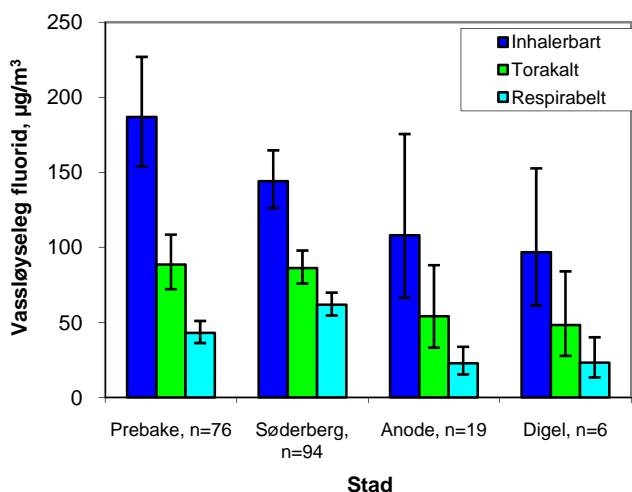
Figuren viser at det var ingen signifikant forskjell i aerosoleksponering for inhalerbar aerosolfraksjon ved arbeid i Söderberg og (p=0,54). For inhalerbar og torakal aerosol arbeid med digel signifikant (p<0,05) lågare eksponering enn prebake og Söderberg. For respirabel aerosol var det signifikant høgare eksponering ved arbeid i Söderberg samanlikna med dei andre arbeidsstadane.



Figur 12.50: Aerosolfraksjonar, GM med 95 % konfidensintervall fordelt på arbeidsstad.

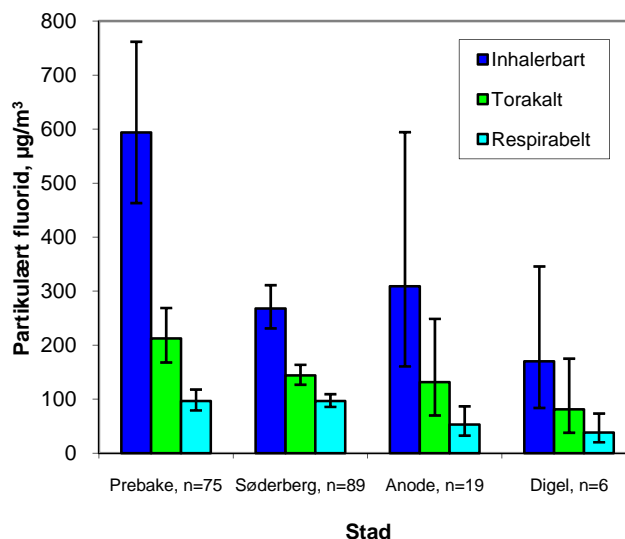
Dei ulike vassløyselege fluoridfraksjonane er vist i figur 12.51.

For inhalerbart vassløyseleg fluorid var det signifikant (p<0,05) høgare eksponering i prebake enn i Söderberg, anode og digel. Der var ingen signifikant forskjell mellom prebake og Söderberg for eksponering for torakalt vassløyseleg fluorid (p=0,83). Eksponeringa for respirabelt vassløyseleg fluorid er signifikant høgare ved arbeid i Söderberg enn i prebake, anode eller digel.



Figur 12.51: Vassløyseleg fluorid i dei ulike aerosolfraksjonane, GM med 95 % konfidensintervall, fordelt på arbeidsstad.

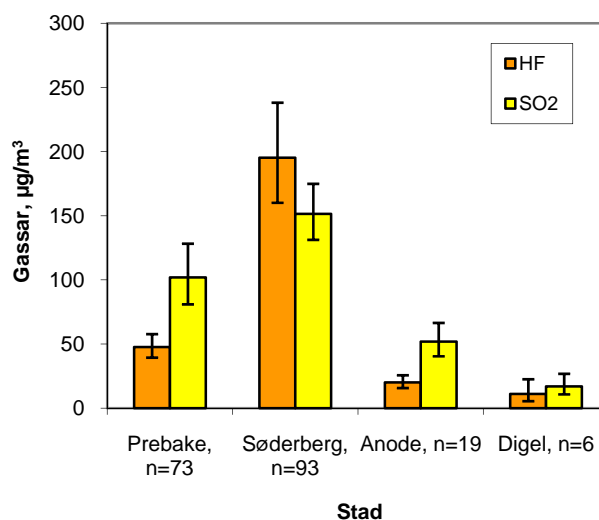
For partikulært fluorid vist i figur 12.52 har ein signifikant ($p < 0,05$) lågare for jobbkategoriene i Søderberg enn prebake for inhalerbart og torakalt partikulært fluorid.



Figur 12.52: Partikulært fluorid i dei ulike aerosolfraksjonane, GM med 95 % konfidensintervall, fordelt på arbeidsstad.

For hydrogenfluorid vart det målt signifikant ($p < 0,05$) høgare eksponering i Søderberg enn prebake, anode og digel. HF-eksponeringa va signifikant ($p < 0,05$) høgare i prebake enn i digel. Forskjellane mellom anode og digel er ($p = 0,15$).

Eksponeringa for svoveldioksid i Søderberg ($p < 0,05$) høgare enn i prebake, anode og eksponeringa var signifikant forskjellig mellom dei undersøkte arbeidsstadane.



Figur 12.53: Gassane HF og SO₂, GM med 95 % konfidensintervall, fordelt på arbeidsstad.

Totalfluorideksponeringa vist i figur 12.54 vis høgare eksponeringa for arbeid i prebake er

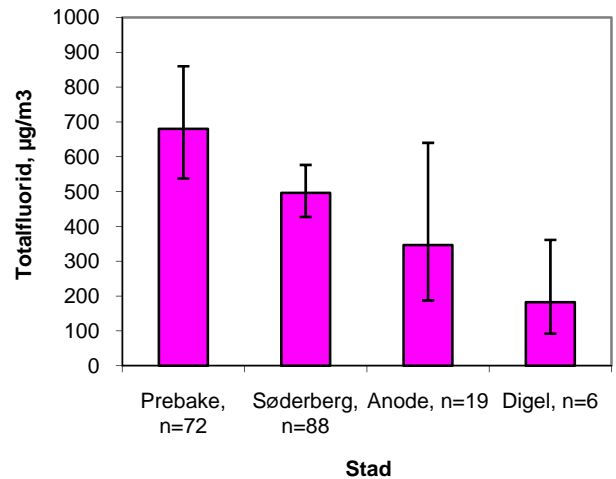


Fig. 12.54: Totalfluorid, GM med 95 % konfidensintervall, fordelt på arbeidsstad.

Den prosentvise samansetninga av arbeidsstad er vist i figur 12.55. Søderberg HF av totalfluoridet (46 %), medan prebake ($p < 0,05$) lågare prosentdel (10 %).

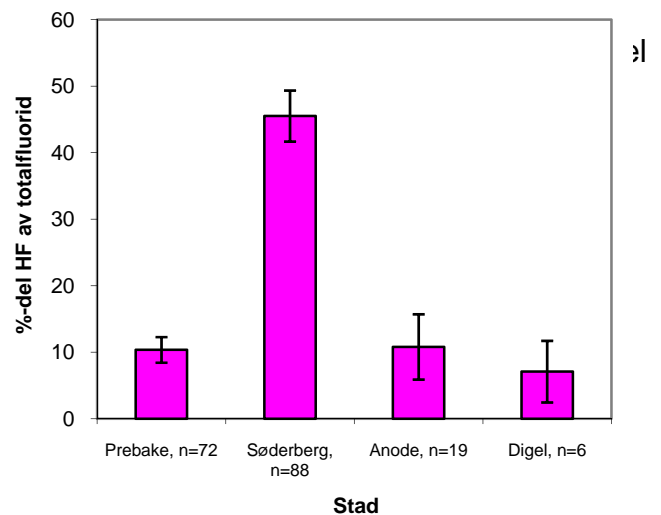


Fig. 12.55: % HF av totalfluorid, GM med 95 % konfidensintervall, fordelt på arbeidsstad.

Av figurane 12.50 -12.55 går det fram at eksponeringa er forskjellig mellom dei to ulike teknologiane prebake og Søderberg. Aerosoleksponeringa er størst i Søderberg, medan fluorideksponeringa er større i prebake. Delen av gassformig eksponering er større i Søderberghallen enn i prebakehallen. Prosentvis større del gassformig fluorid i Søderberghallen enn i prebakehallen.

13. 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.

14. Appendiks

Tabell 14.1

	n	GM	95% Konfidensintervall	
			Nedre	Øvree
Inhalerbar aerosol, IOM, mg/m³				
Omnspassar	29	4,1	3,2	5,3
Gasskappeskiftar	4	12	5,7	26
Målar	14	2,9	2,0	4,0
Digel	6	1,7	1,0	2,9
Boltetrekkar	14	2,2	1,4	3,4
Oksidkøyrar	10	1,1	0,92	1,4
Gassbrennar	8	5,2	3,0	9,1
Feiar	5	1,7	0,60	4,7
Anoderens	11	3,6	2,0	6,6
Kryssing	4	1,6	0,74	3,4
Anodemontasje	8	1,4	0,92	2,1
Tappar - Prebake	20	3,4	2,2	5,2
Tappar - Søderberg	14	4,4	3,1	6,1
Anodeskiftar	44	3,1	2,3	4,1
Total	191	3,0	2,6	3,4
Anodeskiftar				
Truck	5	1,3	0,57	3,1
Kran	8	1,0	0,76	1,4
Golv	20	5,8	4,2	8,0
Truck/kran	2	2,3		
Golv/kran	3	2,1	0,38	11
Truck/golv	5	4,6	1,4	15
Ukjent	1	2,2		
Inhalerbart vassløyseleg fluorid, IOM, µg/m³				
Omnspassar	29	228	191	272
Gasskappeskiftar	4	496	336	733
Målar	14	171	146	201
Digel	6	183	135	249
Boltetrekkar	14	134	101	178
Oksidkøyrar	10	52	37	74
Gassbrennar	8	245	170	352
Feiar	5	212	127	354
Anoderens	11	256	192	341
Kryssing	4	111	54	227
Anodemontasje	8	73	57	94
Tappar - Prebake	20	207	123	349
Tappar - Søderberg	14	225	152	332
Anodeskiftar	44	200	156	256
Total	191	182	163	203
Anodeskiftar				
Truck	5	135	67	272
Kran	8	68	43	108
Golv	20	342	277	422
Truck/kran	2	143		
Golv/kran	3	139	33	595
Truck/golv	5	239	84	686
Ukjent	1	358		

Tab. 14.1 forts.

		95% Konfidensintervall				
		n	GM	Nedre	Øvre	
Respirabel aerosol, Respicon, mg/m³	Omnspassar	29	0,61	0,52	0,71	
	Gasskappeskiftar	4	1,8	0,42	7,7	
	Målar	14	0,61	0,48	0,77	
	Digel	6	0,24	0,16	0,36	
	Boltetrekkar	15	0,57	0,45	0,72	
	Oksidkøyrar	10	0,27	0,16	0,44	
	Gassbrennar	8	0,65	0,43	1,0	
	Feiar	5	0,36	0,22	0,57	
	Anoderens	11	0,43	0,24	0,76	
	Kryssing	4	0,25	0,19	0,33	
	Anodemontasje	8	0,23	0,19	0,28	
	Tappar - Prebake	21	0,58	0,44	0,76	
	Tappar - Søderberg	14	0,66	0,55	0,79	
	Anodeskiftar	46	0,48	0,38	0,60	
	Total	195	0,5	0,5	0,5	
	<hr/>					
	Anodeskiftar					
	Truck	5	0,47	0,15	1,5	
	Kran	9	0,18	0,13	0,25	
	Golv	21	0,80	0,62	1,0	
Truck/kran	2	0,40				
Golv/kran	3	0,27	0,19	0,37		
Truck/golv	5	0,52	0,26	1,0		
Ukjent	1	0,43				
Torakal aerosol, Respicon, mg/m³	Omnspassar	29	1,3	1,0	1,6	
	Gasskappeskiftar	4	3,0	0,86	11	
	Målar	14	1,1	0,94	1,4	
	Digel	6	0,49	0,31	0,77	
	Boltetrekkar	15	1,0	0,76	1,4	
	Oksidkøyrar	10	0,41	0,23	0,74	
	Gassbrennar	8	1,4	0,84	2,5	
	Feiar	5	0,70	0,42	1,2	
	Anoderens	11	1,2	0,64	2,4	
	Kryssing	4	0,37	0,24	0,55	
	Anodemontasje	8	0,45	0,35	0,57	
	Tappar - Prebake	21	1,2	0,87	1,6	
	Tappar - Søderberg	14	1,4	1,0	1,9	
	Anodeskiftar	46	1,0	0,78	1,4	
	Total	195	1,0	0,91	1,1	
	<hr/>					
	Anodeskiftar					
	Truck	5	0,90	0,24	3,4	
	Kran	9	0,3	0,19	0,42	
	Golv	21	2,1	1,6	2,6	
Truck/kran	2	0,84				
Golv/kran	3	0,57	0,39	0,8		
Truck/golv	5	1,1	0,57	2,3		
Ukjent	1	0,92				

Tab. 14.1 forts.

	n	GM	95% Konfidensintervall	
			95 % lav	95 % høg
Inhalerbar aerosol, Respicon, mg/m³				
Omnspassar	29	3,5	2,8	4,4
Gasskappeskiftar	4	11	3,7	32
Målar	14	2,9	2,4	3,5
Digel	6	1,1	0,76	1,6
Boltetrekkar	15	3,1	2,1	4,5
Oksidkøyrar	10	1,1	0,48	2,4
Gassbrennar	8	4,6	2,5	8,8
Feiar	5	1,7	0,91	3,2
Anoderens	11	3,2	1,7	6,1
Kryssing	4	1,6	0,75	3,2
Anodemontasje	8	0,95	0,75	1,2
Tappar - Prebake	21	3,0	2,2	4,2
Tappar - Søderberg	13	3,6	2,5	5,4
Anodeskiftar	46	3,2	2,4	4,4
Total	194	2,8	2,5	3,2
Anodeskiftar				
Truck	5	2,5	0,74	8,5
Kran	9	0,67	0,45	0,98
Golv	21	7,1	5,7	8,8
Truck/kran	2	2,6		
Golv/kran	3	1,9	0,87	4,2
Truck/golv	5	4,0	1,9	8,5
Ukjent	1	2,8		
Vassløyseleg respirabelt fluorid, Respicon, µg/m³				
Omnspassar	29	78	63	98
Gasskappeskiftar	4	104	39	280
Målar	14	59	49	70
Digel	6	23	13	40
Boltetrekkar	15	50	37	67
Oksidkøyrar	10	28	22	36
Gassbrennar	8	46	30	71
Feiar	5	43	34	55
Anoderens	11	39	25	59
Kryssing	4	15	8,2	26
Anodemontasje	8	11	8,4	14
Tappar - Prebake	21	66	51	86
Tappar - Søderberg	14	90	71	114
Anodeskiftar	46	39	31	48
Total	195	47	42	52
Anodeskiftar				
Truck	5	23	7,8	65
Kran	9	15	11	21
Golv	21	61	48	76
Truck/kran	2	43		
Golv/kran	3	37	22	61
Truck/golv	5	54	29	100
Ukjent	1	44		

Tab. 14.1 forts.

	n	GM	95% Konfidensintervall	
			Nedre	Øvre
Vassløyseleg torakalt fluorid, Respicon, µg/m³				
Omnspassar	29	104	85	127
Gasskappeskiftar	4	154	54	436
Målar	14	76	63	92
Digel	6	48	28	84
Boltetrekkar	15	68	50	92
Oksidkøyrar	10	32	25	40
Gassbrennar	8	108	75	155
Feiar	5	84	54	131
Anoderens	11	108	69	169
Kryssing	4	26	16	43
Anodemontasje	8	21	14	30
Tappar - Prebake	21	123	92	165
Tappar - Søderberg	14	129	98	170
Anodeskiftar	46	85	64	113
Total	195	82	73	91
Anodeskiftar				
Truck	5	42	10	178
Kran	9	23	16	33
Golv	21	174	145	209
Truck/kran	2	75		
Golv/kran	3	62	32	122
Truck/golv	5	116	60	221
Ukjent	1	85		
Vassløyeleg inhalerbart fluorid, Respicon, µg/m³				
Omnspassar	29	161	134	194
Gasskappeskiftar	4	318	149	677
Målar	14	121	101	145
Digel	6	97	61	153
Boltetrekkar	15	126	93	170
Oksidkøyrar	10	46	35	62
Gassbrennar	8	253	183	349
Feiar	5	163	100	265
Anoderens	11	220	142	340
Kryssing	4	90	49	164
Anodemontasje	8	41	30	55
Tappar - Prebake	21	229	175	299
Tappar - Søderberg	14	205	153	273
Anodeskiftar	46	184	138	247
Total	195	153	137	171
Anodeskiftar				
Truck	5	108	27	433
Kran	9	44	31	62
Golv	21	383	332	443
Truck/kran	2	144		
Golv/kran	3	132	51	338
Truck/golv	5	264	157	442
Ukjent	1	181		

Tab. 14.1 forts.

		95% Konfidensintervall		
		n	GM Nedre	Øvre
Partikulært respirabelt fluorid, Respicon, µg/m³	Omnspassar	29 113	91	140
	Gasskappeskiftar	4 161	55	469
	Målar	14 93	78	112
	Digel	6 38	20	73
	Boltetrekkar	13 77	59	101
	Oksidkøyrar	9 40	31	51
	Gassbrennar	8 83	54	128
	Feiar	5 82	65	103
	Anoderens	11 107	64	178
	Kryssing	4 27	20	37
	Anodemontasje	8 20	18	23
	Tappar - Prebake	21 128	96	172
	Tappar - Søderberg	14 147	115	188
	Anodeskiftar	46 96	73	128
	Total	192 88	79	99
	Anodeskiftar			
	Truck	5 58	12	278
	Kran	9 31	22	43
	Golv	21 171	127	231
	Truck/kran	2 103		
Golv/kran	3 76	19	303	
Truck/golv	5 124	65	239	
Ukjent	1 102			
Partikulært torakalt fluorid, Respicon, µg/m³	Omnspassar	29 162	133	196
	Gasskappeskiftar	4 269	86	847
	Målar	14 125	103	152
	Digel	6 81	38	175
	Boltetrekkar	13 112	87	145
	Oksidkøyrar	9 52	42	63
	Gassbrennar	8 192	127	291
	Feiar	5 164	105	258
	Anoderens	11 321	163	629
	Kryssing	4 54	36	81
	Anodemontasje	8 39	31	49
	Tappar - Prebake	21 246	178	341
	Tappar - Søderberg	14 223	166	300
	Anodeskiftar	46 230	163	324
	Total	192 163	144	186
	Anodeskiftar			
	Truck	5 131	17	1023
	Kran	9 50	37	67
	Golv	21 537	422	682
	Truck/kran	2 190		
Golv/kran	3 135	33	555	
Truck/golv	5 275	139	543	
Ukjent	1 205			

Tab. 14.1 forts.

	n	GM	95% Konfidensintervall	
			Nedre	Øvre
Partikulært inhalerbart fluorid, Respicon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
Omnspassar	28	282	231	343
Gasskappeskiftar	4	723	309	1691
Målar	14	212	174	259
Digel	6	170	84	346
Boltetrekkar	13	220	163	297
Oksidkøyrar	9	81	59	112
Gassbrennar	7	550	334	907
Feiar	5	357	207	616
Anoderens	11	792	406	1544
Kryssing	4	248	115	535
Anodemontasje	8	85	75	95
Tappar - Prebake	21	596	412	861
Tappar - Søderberg	14	417	304	573
Anodeskiftar	45	678	468	982
Total	189	367	317	425
Anodeskiftar				
Truck	5	327	66	1633
Kran	8	112	79	158
Golv	21	1707	1343	2169
Truck/kran	2	530		
Golv/kran	3	353	64	1951
Truck/golv	5	874	454	1683
Ukjent	1	586		
HF, $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
Omnspassar	29	252	211	302
Gasskappeskiftar	4	575	404	820
Målar	14	463	407	527
Digel	6	11	5.5	23
Boltetrekkar	14	185	137	251
Oksidkøyrar	10	25	17	36
Gassbrennar	8	91	42	197
Feiar	5	13	7.2	24
Anoderens	11	20	15	28
Kryssing	4	46	19	114
Anodemontasje	8	19	12	33
Tappar - Prebake	20	76	53	111
Tappar - Søderberg	14	251	203	311
Anodeskiftar	44	45	36	55
Total	191	83	69	99
Anodeskiftar				
Truck	5	35	17	72
Kran	8	17	13	23
Golv	20	68	55	83
Truck/kran	2	47		
Golv/kran	3	65	5.7	745
Truck/golv	5	30	19	46
Ukjent	1	131		

Tab. 14.1 forts.

		95% Konfidensintervall				
		n	GM	Nedre	Øvre	
Totalfluorid (partikulært og gass), $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Omnspassar	28	539	457	636	
	Gasskappeskifta					
	r	4	1310	775	2215	
	Målar	14	656	568	757	
	Digel	6	182	92	361	
	Boltetrekkar	12	394	290	537	
	Oksidkøyrar	9	106	76	149	
	Gassbrennar	7	683	415	1122	
	Feiar	5	374	229	613	
	Anoderens	11	823	428	1581	
	Kryssing	4	305	176	529	
	Anodemontasje	8	105	91	123	
	Tappar - Prebake	20	717	505	1020	
	Tappar - Søderberg	14	673	524	865	
	Anodeskiftar	43	766	540	1086	
	Total	185	523	457	599	
	SO₂	Anodeskiftar				
		Truck	5	376	83	1714
		Kran	7	141	106	189
		Golv	20	1776	1394	2264
Truck/kran		2	616			
Golv/kran		3	423	74	2428	
Truck/golv		5	907	481	1711	
Ukjent		1	710			
Omnspassar		29	186	160	215	
Gasskappeskiftar		4	492	377	642	
Målar	14	188	169	209		
Digel	6	17	11	27		
Boltetrekkar	14	266	201	351		
Oksidkøyrar	10	46	38	56		
Gassbrennar	8	70	39	126		
Feiar	5	32	22	46		
Anoderens	11	42	32	57		
Kryssing	4	53	31	91		
Anodemontasje	8	68	45	105		
Tappar - Prebake	20	49	36	68		
Tappar - Søderberg	14	118	99	141		
Anodeskiftar	44	172	134	220		
Total	191	109	96	125		
SO₂	Anodeskiftar					
	Truck	5	75	44	127	
	Kran	8	290	115	732	
	Golv	20	163	134	199	
	Truck/kran	2	145			
	Golv/kran	3	593	60	5829	
	Truck/golv	5	84	55	129	
Ukjent	1	528				