



Eksponeringskartlegging ved norske aluminiumverk

Delrapport for Hydro Aluminium Årdal

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 middelvei, GM	11
6. Om Hydro Aluminium Årdal (HAA)	12
7. Prøvetaking	13
7.1. Prøvetakingsstrategi.....	13
7.2. Aerosolprøvetakarar	14
7.2.1. IOM.....	14
7.2.2. Respicon™ virtuell impaktor	14
7.2.3. Respirabel og torakal syklon	15
7.2.4. Direktevisande Respicon og Split 2.....	15
7.3. Gassprøvetakarar	15
7.3.1. Gassensorar	15
7.3.2. Gassfilter	16
8. Prøver samla med dei ulike prøvetakarane.....	17
9. Analysemetodar	17
9.1. Gravimetri.....	17
9.2. Fastsetjing av fluorid.....	18
9.2.1. Vassløyseleg fluorid	18
9.2.2. Lutløyseleg 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	19
12.1.	Aerosol	21
12.1.1.	Aerosoleksponering	21
12.1.2.	Direktevisande utstyr for aerosolmålingar	28
12.2.	Resultat vassløyseleg fluorid	42
12.3.	Resultat partikulært fluorid	49
12.4.	Gassar, HF og SO ₂	56
12.4.1.	Hydrogenfluorid (HF).....	56
12.4.2.	Svoveldioksid (SO ₂)	58
12.4.3.	Tidsoppløyte SO ₂ -målingar	59
12.5.	Totalfluorid	64
12.6.	Personvariasjon	67
12.7.	Eksposering ved ulike arbeidsstadar	68
13.	Referansar	71
14.	Appendiks	73

1. Samandrag

Ved aluminiumsmelteverket i Årdal er det føretatt arbeidsmiljømålingar som inngår i prosjektet: "Hallastma i produksjon av primæraluminium (HAPPA)". Prøvetakinga vart utført i perioden 2. –11. september 2003. Eksponeringsnivåa for aerosol og gassar vart undersøkt med forskjellig prøvetakingsutstyr og for jobbkategoriene: Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Anodeskiftar, Oksidkøyrar, Gassbrennar, Stell/avvik og Bluss/miljø.

Prosjektet nytta prøvetakingsutstyr som fylgjer dei internasjonalt aksepterte kriteria for helserelevante aerosolfraksjonar. Totalt ved Hydro Aluminium Årdal vart det tatt eksponeringsprøver av 88 personar. I den grad det var praktisk mogeleg vart det tatt fleire eksponeringsprøver av same person. Av dette hadde ein 168 eksponeringsprøver tatt med IOM-prøvetakar, 192 eksponeringsprøver tatt med Respiconprøvetakar, 161 prøver av eksponeringa for HF og SO₂, 42 eksponeringsprøver med torakal sykklon og 16 eksponeringsprøver med respirabel sykklon. I tillegg vart det nytta ekstraksjonsmetodar for å kunne fastsetje fluorid med ulike kjemisk sambinding i aerosolen.

I alle Respiconprøvene vart det i tillegg til masse fastsett både vassløyseleg og partikulært og fluorid.

Resultata for alle dei undersøkte komponentane viser at der var stor spreining i luftkonsentrasjonar over heile arbeidsskiftet, og at toppeksposering over kort tid var den største utfordringa for verket. Av dei målte jobbkategoriene var Stell/avvik den generelt høgast eksponerte i Søderberg og Anodeskiftar Å1 den generelt høgast eksponerte i prebake.

For inhalerbar aerosol vart det målt høgare eksponering ved arbeid i Søderberg enn ved arbeid i prebake. For vassløyseleg fluorid, partikulært fluorid, totalfluorid, hydrogenfluorid og svoveldioksid var eksponeringa høgare ved arbeid i prebake enn ved arbeid i Søderberg.

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

Direktevisane 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

Oksidkøyning i Søderberg (Oksid Søderberg) var den jobbkategorien som totalt hadde lågast eksponering. Dei høgast eksponerte kategoriane var Anodeskiftarar (Anode Å1, Anode Å2) i prebake og Stell/avvik i Søderberg.

For inhalerbar aerosol vart det målt høgare eksponering ved arbeid i Søderberg enn ved arbeid i prebake. For vassløyseleg fluorid, partikulært fluorid, totalfluorid, hydrogenfluorid og svoveldioksid var eksponeringa høgare ved arbeid i prebake enn ved arbeid i Søderberg.

Gjennomsnittleg var 32 % av den inhalerbare aerosolen torakal og 16 % respirabel. For partikulært inhalerbart fluorid var 42 % torakalt og 22 % respirabelt. Av det inhalerbare vassløyselege fluoridet var omlag 48 % torakalt og omlag 27 % respirabelt.

Prosentdel vassløyseleg fluorid av partikulært fluorid varierte i gjennomsnitt frå 44 % til 55 % avhengig av partikkelstorleik.

Gjennomsnittleg eksponering for HF var låg samanlikna med gjeldande administrativ norm.

Avhengig av jobbkategori var minst 60 % av den totale fluorideksponeringa partikulær.

Av alle komponentane som ein har føretatt eksponeringsmålingar på var det totalfluorid (summen av HF og 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.

Der var stor speiing 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, 20-80%.

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 Årdal 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.

I aluminiumsindustrien blir det rapportert om tilfeller av hallastma (bronchial hyper- 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 Aluminiumindustriens Miljøsekretariat (AMS) og Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) viste til manglande eksponeringsdata, og foreslo ei utsetjing av revisjonen for desse stoffa i 3 - 5 år. Dette forslaget vart vedteke av styret for Direktoratet for arbeidstilsynet.

Den føreslåtte revisjonen av administrative normene for HF og fluorid, den 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 undersøkast 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-sensarar
 - Undersøkje innverknad av teknologi og driftsparametrar for yrkeseksponering i elektrolysehallane
 - Fastsetjing av totalmasse, vassløselige fluorid, partikulært fluorid og totalfluorid (gassformig og partikulært fluorid) i de ulike aerosolfraksjonane (respirabel, torakal og inhalerbar)
 - Tilbakemelding til styret i AMS og til dei deltakande verka, med utarbeiding av verksspesifikke delrapportar
- Avklare om fritt eksisterande nanopartiklar er ei aktuell problemstilling nær badsmelta i hallene

- Eventuelt fastsetje eksponeringa for desse nanopartiklane
- Undersøkje effektiviteten av personleg verneutstyr ved bruk, med spesielt fokus på effektivitet i bruk og filtreringseffektiviteten av nanopartiklar
- Sluttrapportering og vitskapleg 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	1000 μ m		
Fysiske definisjonar	Væske	Tåke			Spray				
	Fast fase	Røyk		Støv					
Typisk aerosol og aerosol partiklar		Oljetåke		Fykeoske					
		Tobakksrøyk		Sementstøv					
					Kolstøv				
		Atmosfærisk støv							
		Virus		Bakteriar					
		Helserelevante aerosolfraksjonar		Respirable partiklar					
				Trakeobronkiale 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 einskilde partiklen. Dette arbeidet kulminerte 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.

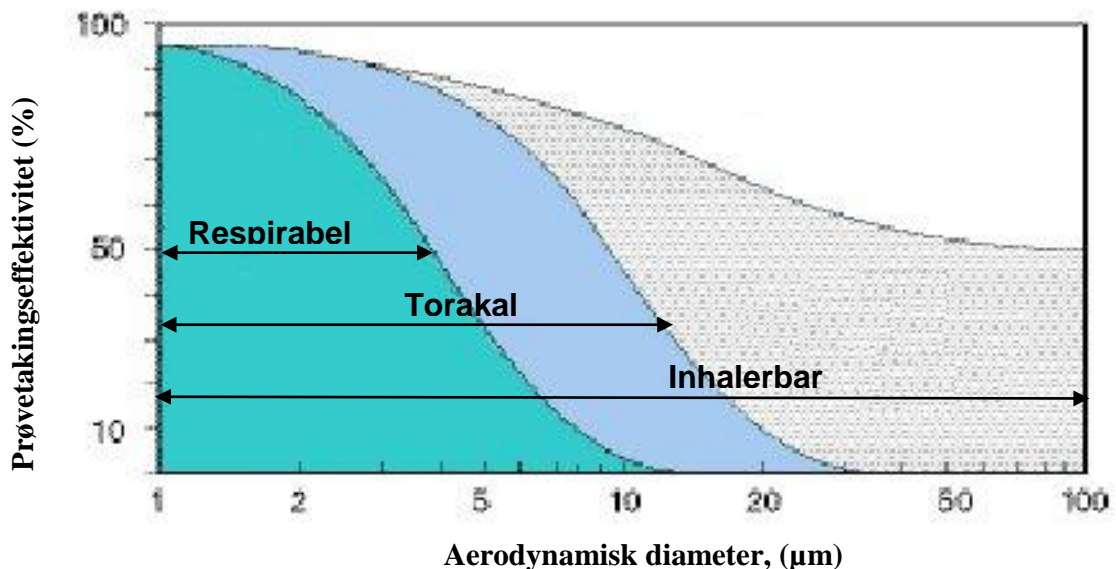
5.2.2. Torakal aerosol fraksjon (f_{tor})

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: Kurven viser respirabel og torakal aerosolfraksjon som funksjon av aerodynamiske diameter, og som underfraksjonar av den inhalerbare fraksjonen, NS-EN 481.

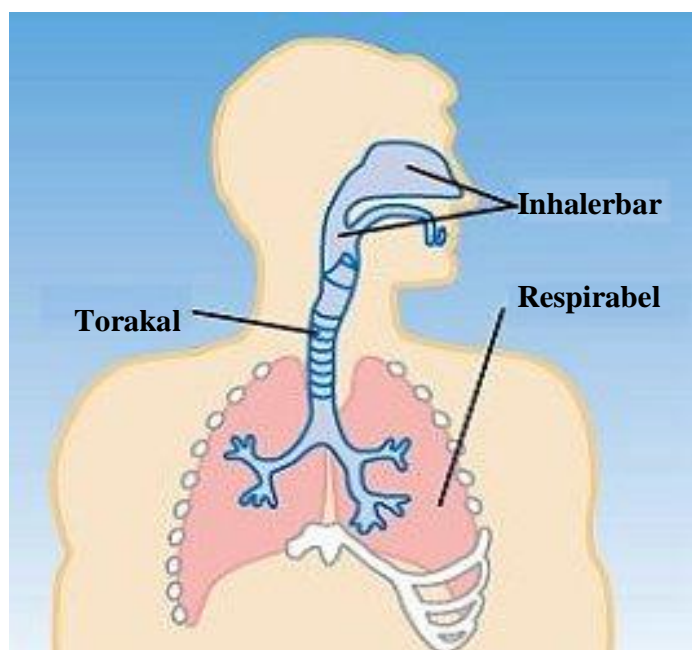
5.2.4. Trakeobronkial aerosolfraksjon

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 luftvegssystemet.

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 høy 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 logaritmisererte 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 logaritmisererte middelværdien får man geometrisk middelværdi. Denne verdien er den som best representerar målingane i HAPPA fordi dei ikkje er

6. Om Hydro Aluminium Årdal (HAA)

Tabell 6.1: Teknologioversikt for Hydro Aluminium Årdal

Emne	Å-1 Hall A/B	Å-2 Hall C	Å-3 Hall E/F
Teknologi	Prebake	Prebake	Søderberg med punktmatning
Ventilasjonssystem	1,5 mill. Nm ³ /h <i>Hallventilasjon</i> Vifte i kjeller <i>Avsug</i> Avsug inn til felles reinseanlegg får Å-1/3 <i>Reinseanlegg</i> 8 einingar med posefilter og påfølgjande lutvaskarar	0,7 mill. Nm ³ /h <i>Hallventilasjon</i> Vifte i kjeller på seksjon 2t.o.m. 4 Naturlig ventilasjon på seksjon 1 <i>Avsug</i> <i>Seksjon 2 – 4</i> 4 eining med posefilter/lutvaskar <i>Seksjon 1</i> 1 eining med posefilter/lutvaskar	1,5 mill. Nm ³ /h <i>Hallventilasjon</i> Vifte i tak Avsug som i hall A/B
Oksid: Alu-Norte, Surinam	Sekundær	Sekundær	Primær Har finstoff utskilar Alt oksid går gjennom denne Tek ut ca. 60% ÷45 fraksjon ca. 70% ÷21 fraksjon

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

Jobbkategori:	Arbeid utført:
Omnspassar	Omnspassing, bluss start omn, førvarming, omnspakking, soda innpå omn, hatt på knust bad, badmåling, badtapping, dekking, avviksomn, målt avvik, avvikskol, innpå feiing, feiing rundt omnane, slåing, endeslåing, banking av hol til tapping og kolskift, endebanking, strømfordeling (måling av strøm), reinska digler, krankjøring, køyrt dekkebil, køyrt oksidbil, truckkøyering, grabb, køyrt banker (køyretøy/slått hol), blåsing av oksidbil, sykla rundt, blussvakt
Tappar	Tapping, fresing, reinska digel, verkstad
Boltetrekkar	Boltetrekking i frå boltetrekkarkøyretøy
Anodeskiftar (Anode Å1)	Førebuing til kolskift, skjering, kolskift på golv, køyretøy - kolskift (skjærer ut kol), kran, køyretøy grabb, truck, køyrt soda
Anodeskiftar (Anode Å2)	Omnspassing, skiftet kol – maskin, innpå feiing, dekking, køyrt kol – maskin, grabb, truck, assistanse ved dekking, raking, endeslåing, enderaking

Tab. 6.2 forts.

Jobbkategori:	Arbeid utført:
Oksid Prebake	Punktmating, mating, fylling av oksid, tapping av oksid, oppfylling av silo, skjering av kol, blåse køyretøy, feiing
Oksid Søderberg	Oksidkøyning, fylt silo, feiing, feia silo, blåst bil, fylt diesel
Stell/Avvik	Stell av omnar, avviksomnar, raking oksid, opne omnar, grave under omnane, reinsk av omn, feiing på omnar, soting, dekking, feiing, bora pigg, reinsk av brenner, truck
Bluss/Miljø	Bluss, banker hol til bluss, stell av omn, slåing, brenner, feiing, innpå feiing, feiing på omnar, køyrt oksid
Gassbrennar	Reinsk av brennar, brikettkøyning, brikettfylling, blåsing av gassrøyr

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 sykklon
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 25 mm filter og skal ha ein luftgjennomstrømningsfart på 2 L/min. Testing i vindtunnel og i felt har vist at den fylgjer 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.



Foto: Lars Jordbøkken, STAMI

Fig. 7.1: Ein arbeidstakar med prøvetakingsutstyr

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 helse-relaterede 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. nikkellindustrien 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.

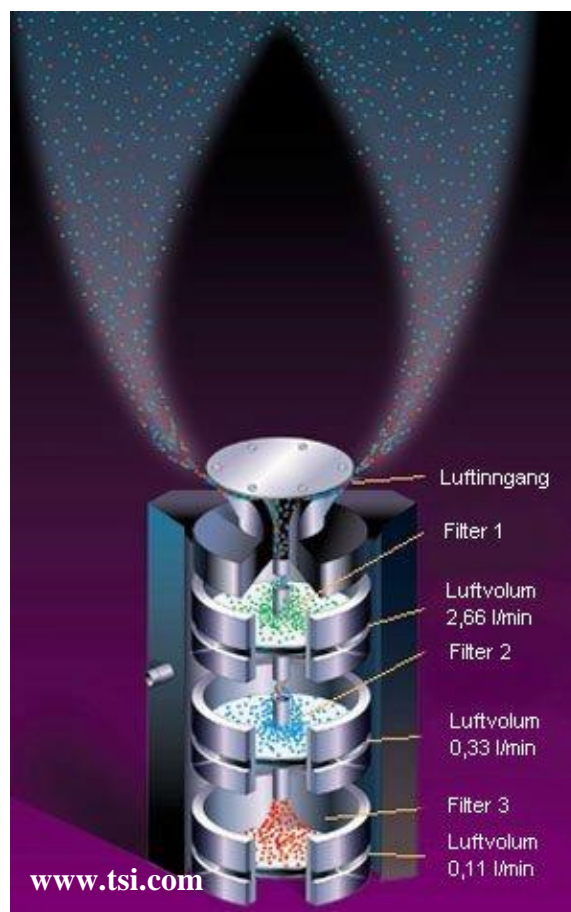


Fig. 7.2 Respiconprøvetakar

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 tilsvarende 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 det totale biletet 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 infrarøde 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 direktevisende Respiconprøvetakaren er det tre fotodetektorar for fastsetjing av aerosol i tillegg til filter som skal vegast. Saman med gravimetrisk fastsetjingar 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 deteksjonsgrenser 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, - Dräger - Neotox - Gasman II	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	- - - -	X X X -	X X X -	X - - 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 jobbkategoriene som var blitt utført. Innhaldet i dei ulike jobbkategoriene er definert i kapittel 6.

Tabell 8.1: Oversikt over prøver tatt ved Hydro Aluminium Årdal i september 2003.

Jobbkategori	Respicon	IOM	Torakal syklon	Respirabel syklon	Gassar (HF/SO ₂)	Sensor (SO ₂)
Omnspassar	40	32	8	4	31	26
Tappar	36	32	5	1	32	15
Boltetrekkar	10	10	3	1	9	8
Anodeskiftar	27	24	8	3	24	22
Oksidkøyrar	19	18	6	2	16	8
Gassbrennar	10	8	3	2	6	8
Stell/avvik	30	24	4	1	23	18
Bluss/miljø	20	20	5	2	20	13
Totalt	192	168	42	16	161	118

9. Analysemetodar

9.1. Gravimetri

Fastsetjing av masser på filter vart gjort med Sartorius MC5 og Sartorius 210P vektor, ved veving 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

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

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

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 µg/filter for Respicon og IOM, 4 µg/filter for torakal syklon og 7 µg/filter for respirabel syklon.

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 (PO₄³⁻), (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 MΩ). Fastsetjing av fluoridnivå vart gjort med ionekromatografi. Nedre fastsetjingsgrense for lutløyseleg fluorid var 20 µg/filter.

Forsøk utført ved STAMI ved hjelp av scanningelektronmikroskop utstyrt med ein energidispersibel røntgen fluorescensdetektor har vist at etter behandlinga med 0,5 M KOH inneheldt ikkje filteret detekterbare mengder fluorid. Av dette har ein grunn til å hevde at summen av vassløyseleg fluorid og fluorid ekstrahert med 0,5 M KOH utgjør total mengde 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-løsninga 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 (SO₄²⁻) til svoveldioksid (SO₂). Nedre fastsetjingsgrenser var 1,0 - 16 µg/filter F⁻ og 4,1 - 12 µg/filter SO₄²⁻.

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 resultatane 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 Na₂CO₃ / 1,0 mM NaHCO₃ 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 analyseresultatane 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 resultatane var kvar ellefte prøve eit ueksponerte filter. Desse vart analysert for alle komponentane på tilsvarande måte som dei eksponerte filtra.

12. Resultat og diskusjon

Prosjektet har no samla inn ei stor mengde resultat som kan presenterast på mange ulike måtar. Talet på variablar er mange og det kan være lett å miste oversikta. I figurane og tabellane nedanfor vil aerosolresultatane 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.

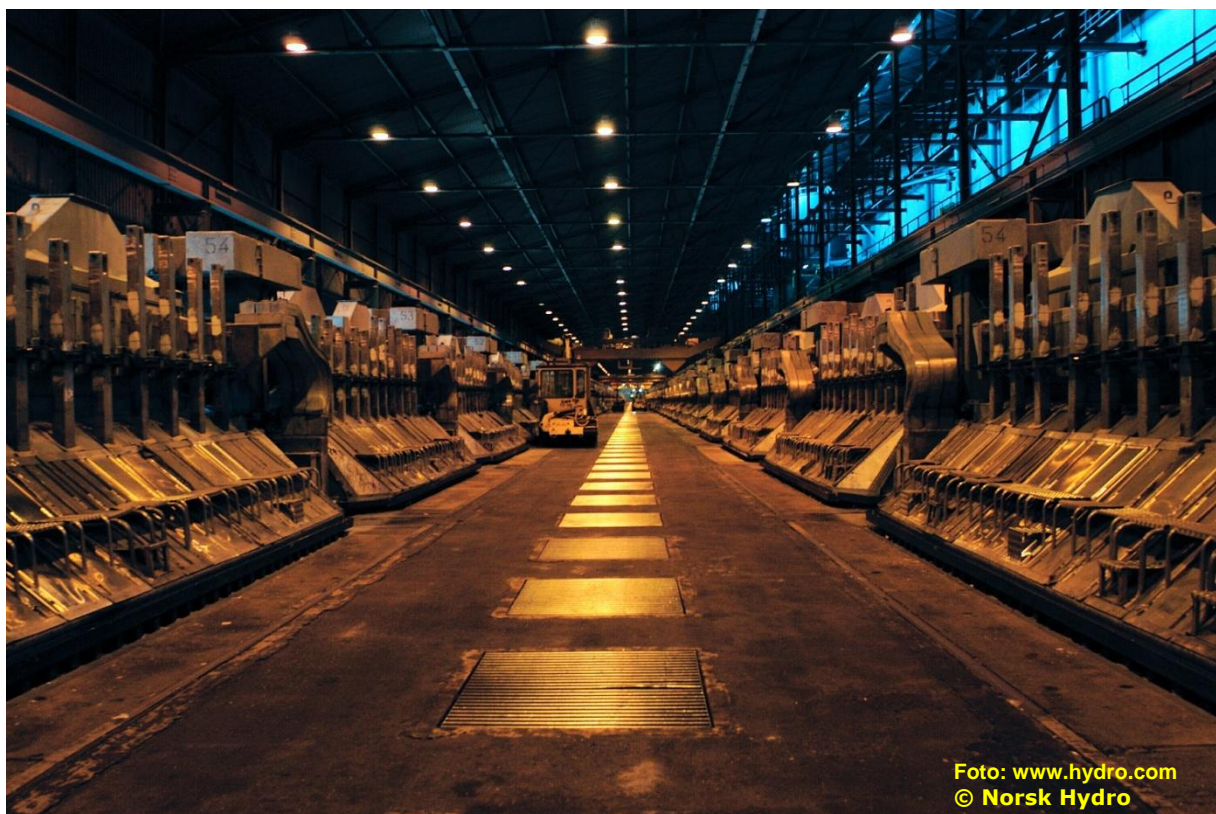
For å få gode og sikre data til eit slikt arbeid treng ein fleire målingar enn det ein har tatt ved eit verk. Dette vil ikkje ha konsekvensar for resultata eller for konklusjonane.

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 i rapporten baserer seg på faktisk prøvetakingstid, og er ikkje normalisert til 8 timar.

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. 112 personprøver var ved bruk av 3M 9924, 38 med airstream, 30 utan vernemasker, 2 med 3M 7500-serien, 9 med 3M ukjent type og 2 personar vart det ikkje notert kva type vernemaske som vart nytta.

For verdiar lågare enn den nedre fastsetjingsgrensa (DL) er det nytta $\frac{1}{2}$ DL.

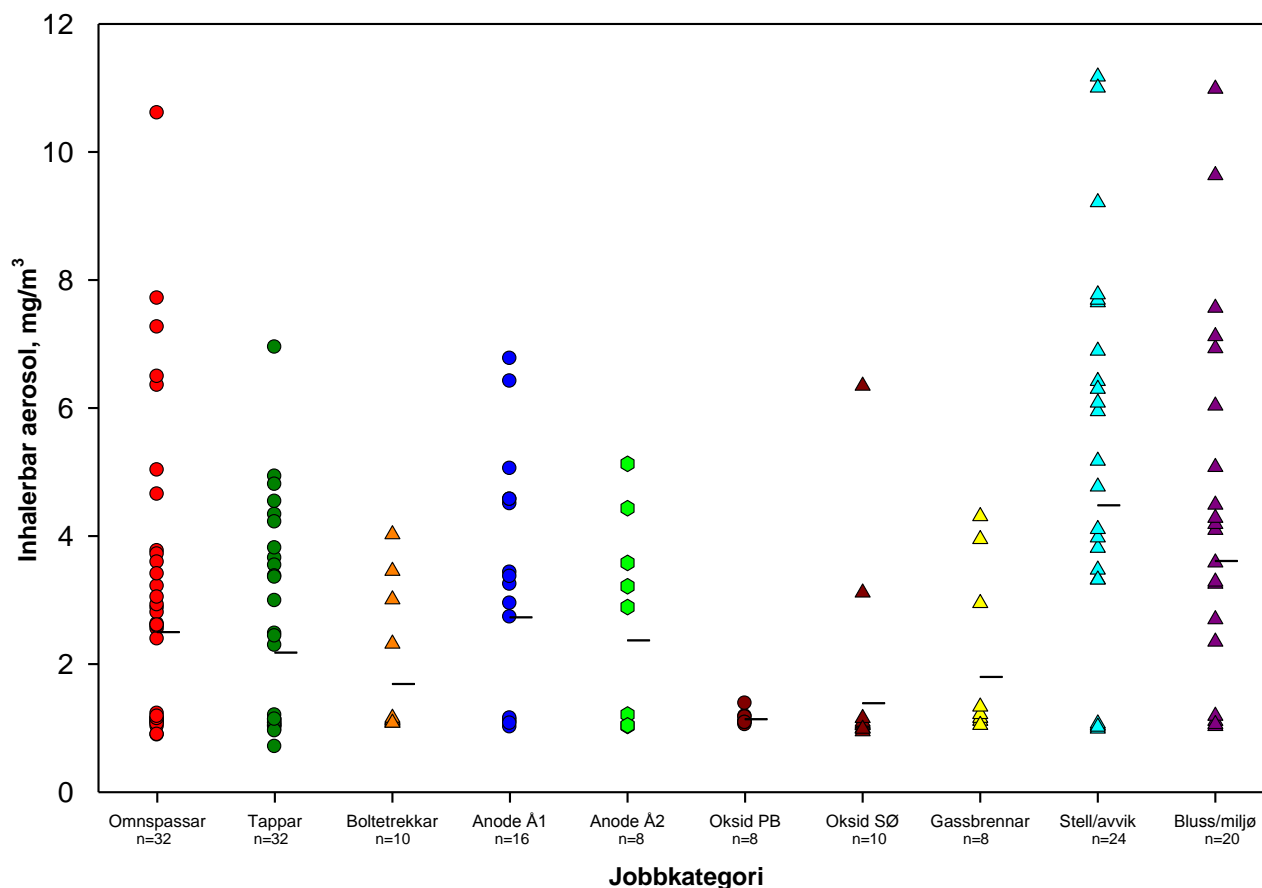


Bilde 12.1: Bilde frå Prebakehall i Årdal

12.1. Aerosol

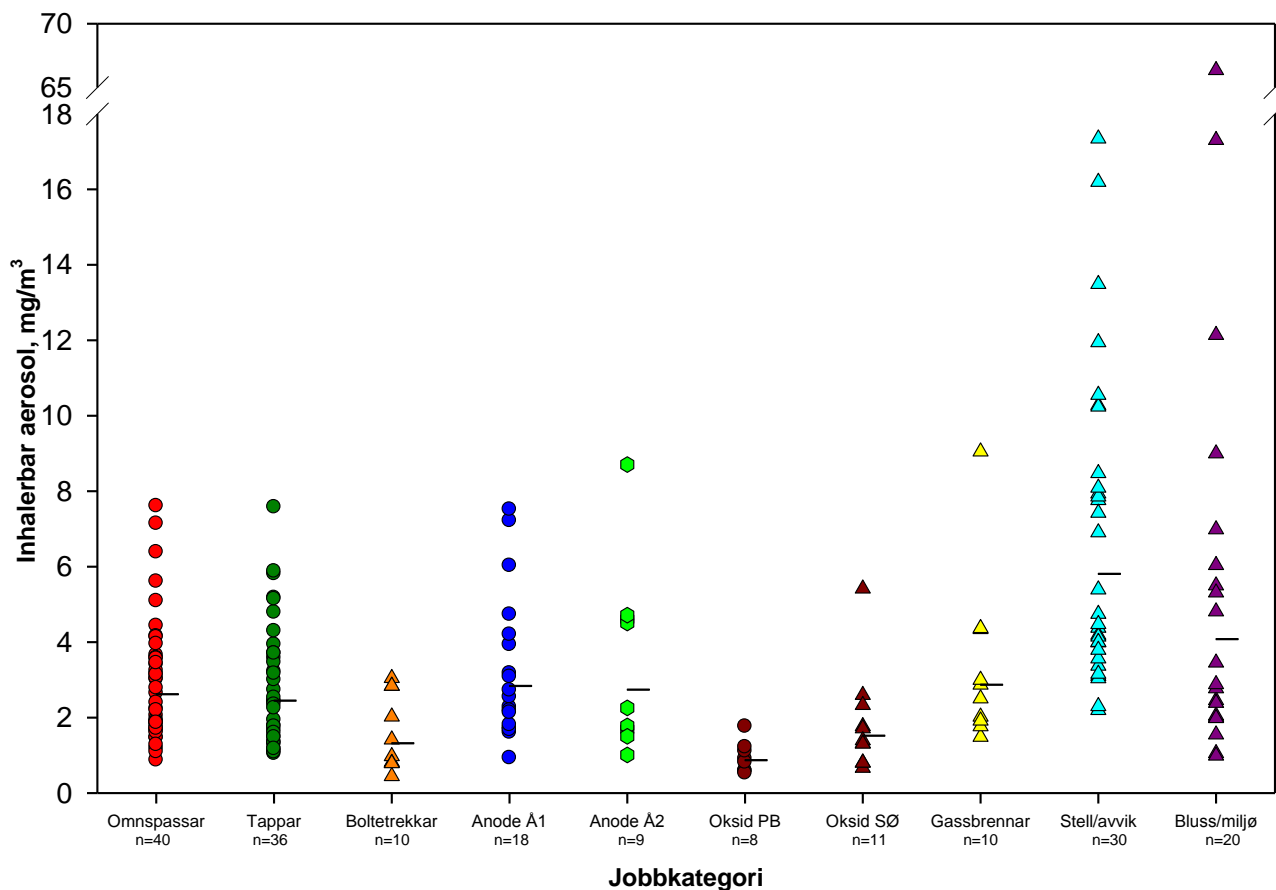
12.1.1. Aerosoleksponering

Aerosol/støv er 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 spreing 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 enkelt dagar.



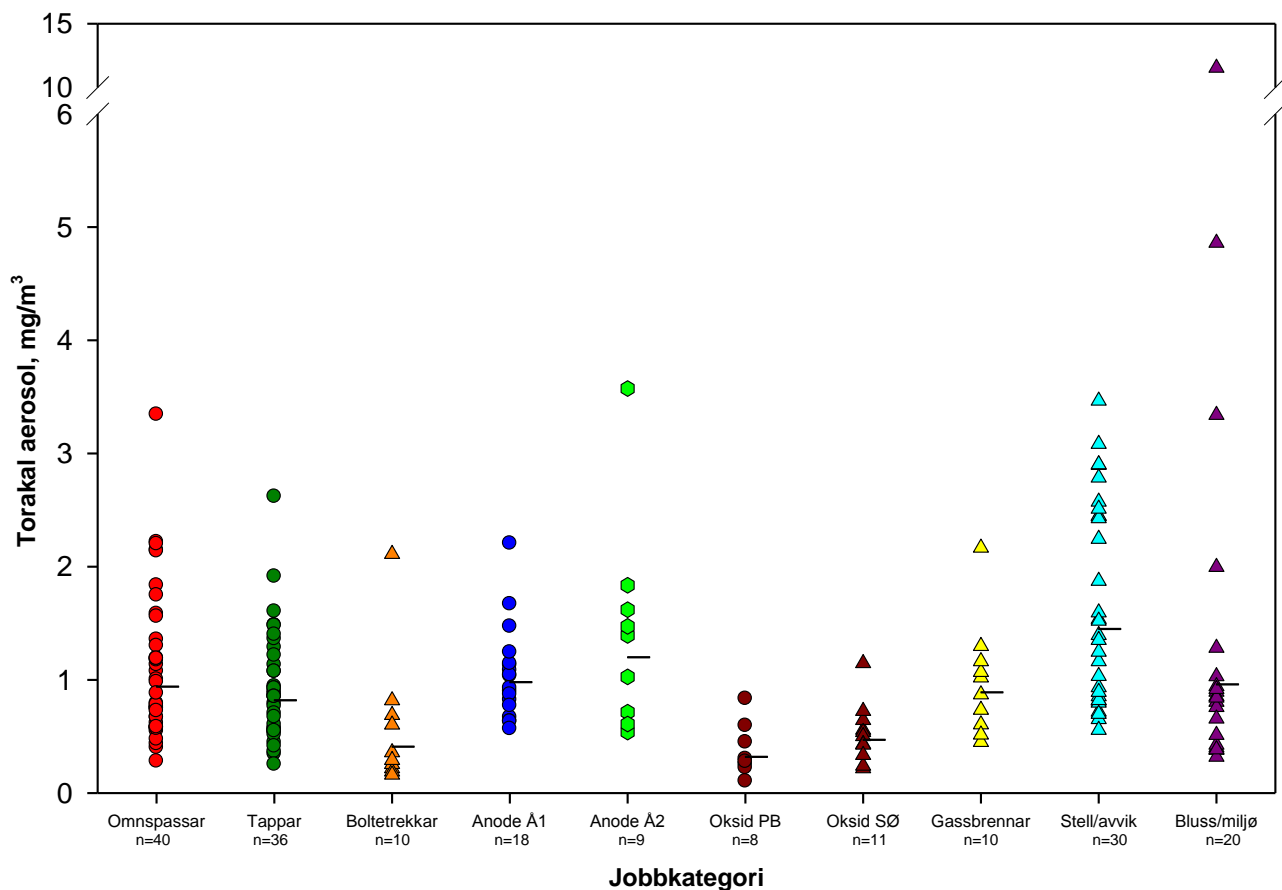
Figur 12.1: Inhalerbar aerosol frå IOM-prøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Figuren viser at Stell/avvik var den kategorien med høgst geometrisk gjennomsnittseksponering ($4,5 \text{ mg/m}^3$) og størst spreing og at Oksid prebake var den lågaste eksponerte kategorien ($1,1 \text{ mg/m}^3$).



Figur 12.2: 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 12.2 ser ein dei inhalerbare aerosolresultata målt med Respiconprøvetakaren. Dei aller fleste målingane var under 10 mg/m^3 , men med fleire høge verdiar for Stell/avvik og Bluss/miljø. Eksponeringa varierer frå ein jobbkategori til ein annen og også innan kvar av kategoriane. Høgast gjennomsnittleg eksponering var for Stell/avvik ($4,1 \text{ mg/m}^3$) og lågaste gjennomsnittlege eksponeringa hadde ein for jobbkategori Oksid prebake ($0,87 \text{ mg/m}^3$).



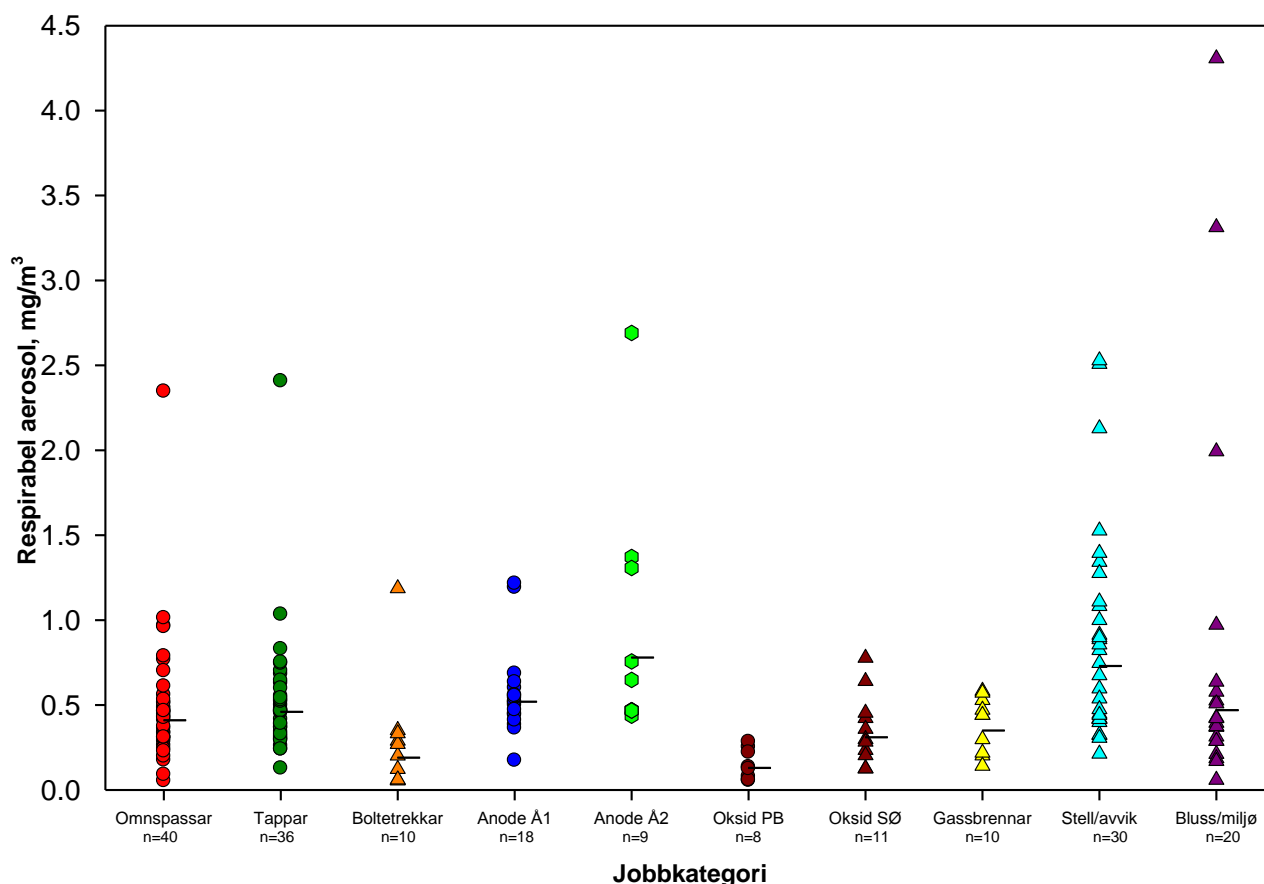
Figur 12.3: Torakal aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Støv som penetrerer forbi strupehovudet kan fastsetjast ved bruk av prøvetakingsutstyr som torakale syklonar og torakal fraksjon frå Respicon. I figur 11.3 viser torakal aerosolmengde bestemt ut frå måling med Respiconprøvetakaren. Den totale mengda aerosol var lågare enn for inhalerbar fraksjon og variasjonen mellom jobbkategoriene var ikkje stor. Bortsett frå for nokre få målingar var spreinga mindre innan same jobbkategori, de fleste resultatane var under 3 mg/m^3 og GM var lågare enn $1,5 \text{ mg/m}^3$. Spreinga i resultatane for jobbkategorien Bluss/miljø var stor.

Tabell 12.1: Prosentdel torakal aerosol av inhalerbar aerosol.

Jobbkategori	n	GM	95 % Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	40	36	33	39	18	60
Tappar	36	34	31	37	19	65
Boltetrekkar	10	31	22	44	13	69
Anode Å1	18	35	28	42	16	62
Anode Å2	9	44	35	54	33	82
Oksid Prebake	8	37	27	50	20	53
Oksid Søderberg	11	31	27	36	21	42
Gassbrennar	10	31	27	36	22	42
Stell/avvik	30	25	22	29	9,5	70
Bluss/miljø	20	24	20	27	12	38
Alle	192	32	30	33	9,5	82

Frå tabell 12.1 ser ein at for jobbkategorien Anode Å2 var gjennomsnittleg 44 % av den inhalerbare aerosolen torakal, medan den tilsvarende prosentdelen for Anode Å1 var 35 %. Der var derimot ingen statistisk signifikant forskjell mellom Anode Å1 og Anode Å2 ($p=0,074$). Gjennomsnittleg for alle kategoriene var 32 % av den inhalerbare aerosolen torakal. Spreiinga innan alle kategoriene var stor, og totalt varierer delen torakal aerosol med 9,5 – 82 % av den inhalerbare aerosolen.



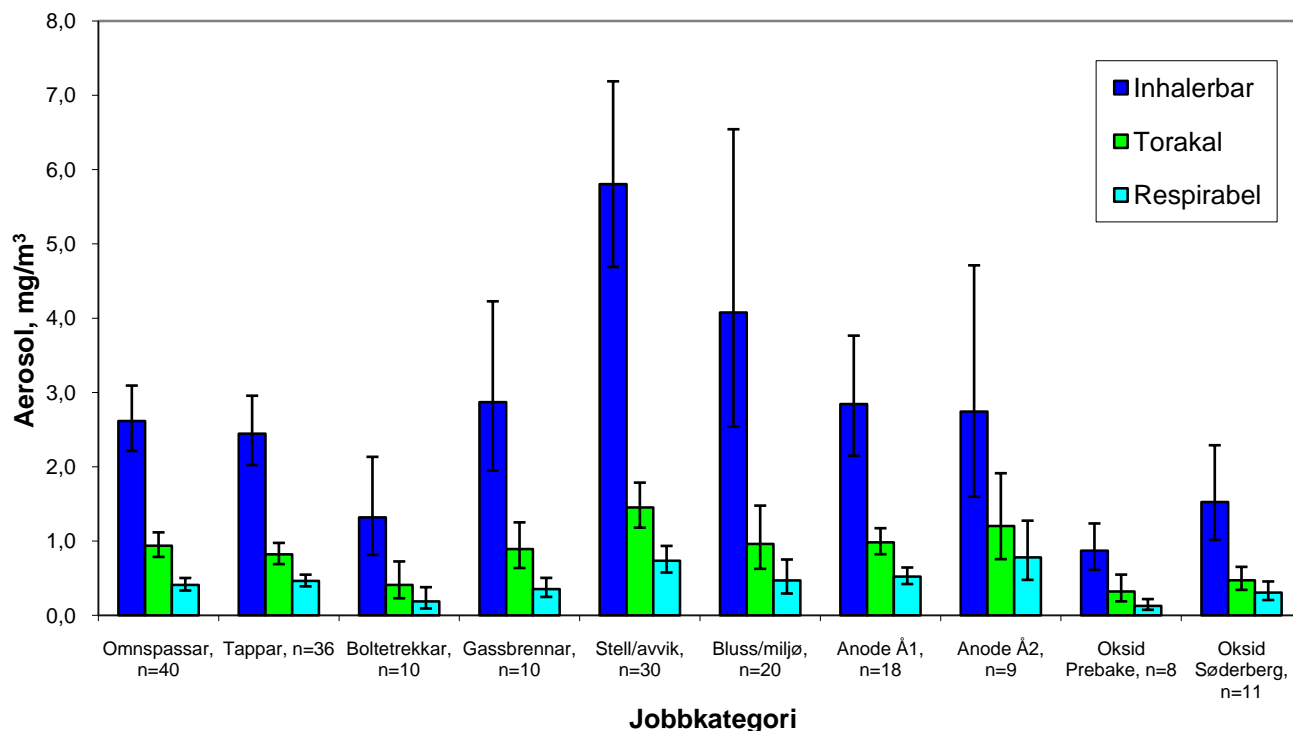
Figur 12.4: Respirabel aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategoriar. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I figur 12.4 ser ein at ein hadde same trend for respirabel aerosolfraksjon som ein hadde for torakal fraksjon. Nokre enkelte høge verdiar i kvar av jobbkategoriene, men de fleste målingane var lågare enn $1,2 \text{ mg/m}^3$ og GM lågare enn $0,8 \text{ mg/m}^3$. Den høgast eksponerte gruppa var Stell/avvik, medan oksidkøyrarane i prebake (Oksid PB) var den lågast eksponerte kategorien. Den respirable fraksjonen er ein underfraksjon av den torakale fraksjonen, og gjev fylgjeleg mindre verdi enn den torakale fraksjonen.

Tabell 12.2: Prosentdel respirabel aerosol av inhalerbar aerosol.

Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	40	16	13	19	1,3	65
Tappar	36	19	17	21	8,5	45
Boltetrekkar	10	14	8,7	23	3,9	39
Anode Å1	18	18	13	25	5,5	58
Anode Å2	9	28	18	44	10	81
Oksid Prebake	8	15	7,6	28	3,2	43
Oksid Søderberg	11	20	16	26	13	37
Gassbrennar	10	12	9,0	17	4,9	20
Stell/avvik	30	13	10	16	2,6	37
Bluss/miljø	20	12	8,9	15	2,9	25
Alle	192	16	15	17	1,3	81

Frå tabell 12.2 ser ein at det var jobbkategorien Anode Å2 (28 %) som hadde den høgaste prosentdelen respirabel aerosol, medan Bluss/miljø og Gassbrennar (12 %) hadde lågast. Gjennomsnittleg var 16 % av den inhalerbare aerosolen respirabel. Spreinga var stor, frå 1,3 % (minimumsverdi Omnspassar) til 81 % (maksimumsverdi Anode Å2) respirabel aerosol av den inhalerbare aerosolen.



Figur 12.5: Geometrisk middelværdi, GM med 95% konfidensintervall for dei helsesrelaterte aerosolfraksjonar prøveteke med Respicon.

I figur 12.5. er dei geometriske middelværdiane og 95% konfidensintervall for dei helsesrelaterte aerosolfraksjonane fordelt på dei prøveteke jobbkategoriene. Ved å regne statistikk på data frå figur 12.5 kan ein sjå om det er nokon signifikant forskjell mellom dei

ulike jobbkategoriene. Ei oppsummering finns i tabell 12.3 for alle aerosol eksponeringsmålingane.

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

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
IOM aerosol	Omnspassar	Stell/avvik, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Stell/avvik, Bluss/miljø, Oksid Prebake
	Boltetrekkar	Stell/avvik, Bluss/miljø
	Anode Å1	Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Bluss/miljø
	Oksid Prebake	Omnspassar, Tappar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1
	Oksid Søderberg	Omnspassar, Tappar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1
	Gassbrennar	Stell/avvik, Bluss/miljø
	Stell/avvik	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
Respicon Inhalerbar aerosol	Omnspassar	Boltetrekkar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Boltetrekkar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Tappar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Tappar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Oksid Søderberg	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Gassbrennar	Tappar, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Oksid Prebake, Oksid Søderberg

* p<0,05

Tab. 12.3 forts.

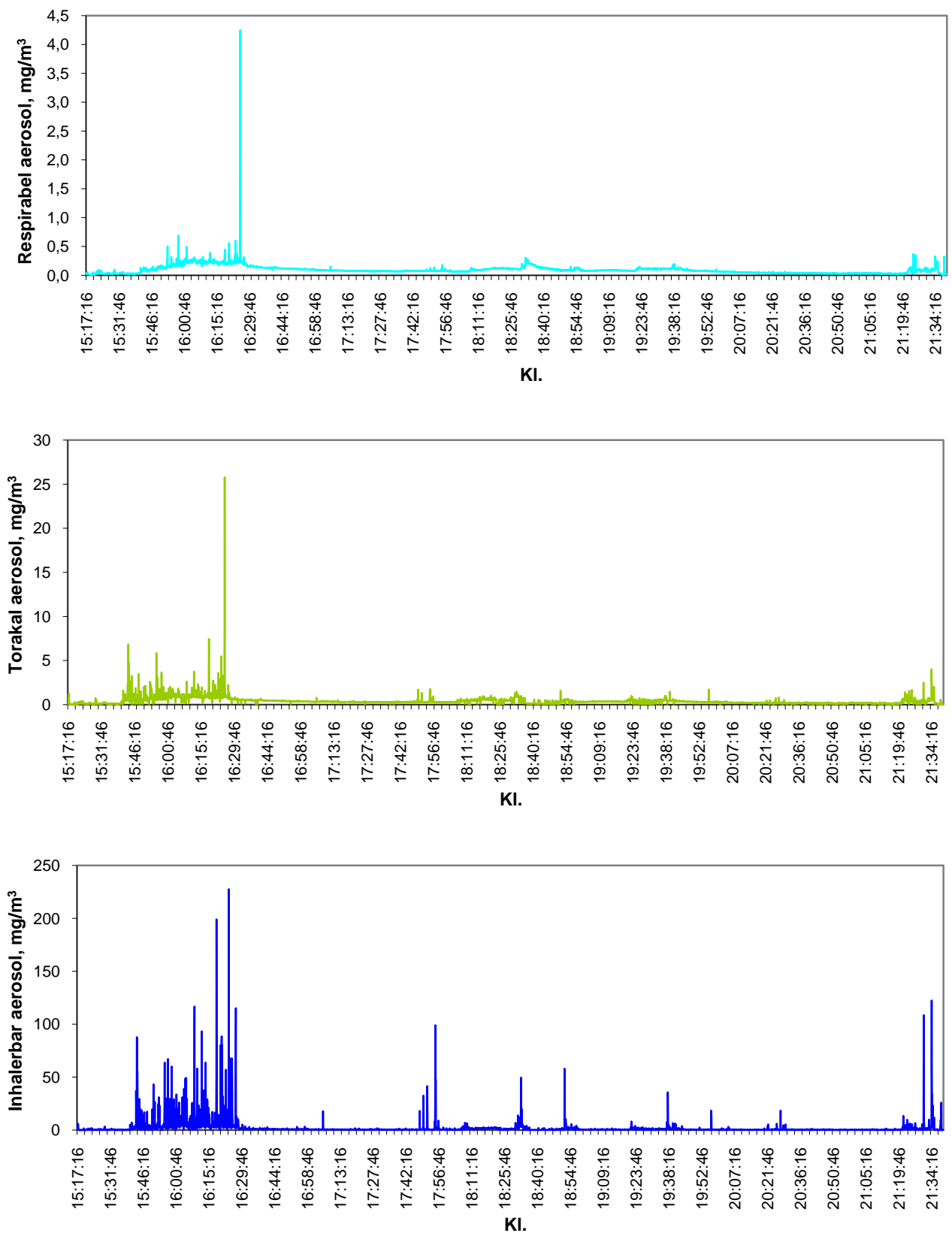
Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Respicon <small>Torakal aerosol</small>	Omnspassar	Boltetrekkar, Stell/avvik, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Boltetrekkar, Stell/avvik, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Boltetrekkar, Stell/avvik, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Boltetrekkar, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Oksid Søderberg	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Gassbrennar	Tappar, Stell/avvik, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Anode Å1, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
Respicon <small>Respirabel aerosol</small>	Omnspassar	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Anode Å2, Oksid Prebake
	Tappar	Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å2, Oksid Prebake
	Boltetrekkar	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Boltetrekkar, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg
	Oksid Søderberg	Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake
	Gassbrennar	Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å2, Oksid Prebake
	Stell/avvik	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1

For aerosolar er det signifikante forskjellar mellom fleire av kategoriane. Det er kategorien Stell/avvik som hadde høgast geometrisk gjennomsnitt (GM), medan Bluss/miljø har den største spreinga. Omnspassar, tappar og anodeskiftar har ikkje så ulike geometrisk gjennomsnitt (GM) for inhalerbar aerosol. Generelt var det færre signifikante forskjellar dess finare aerosolen var.

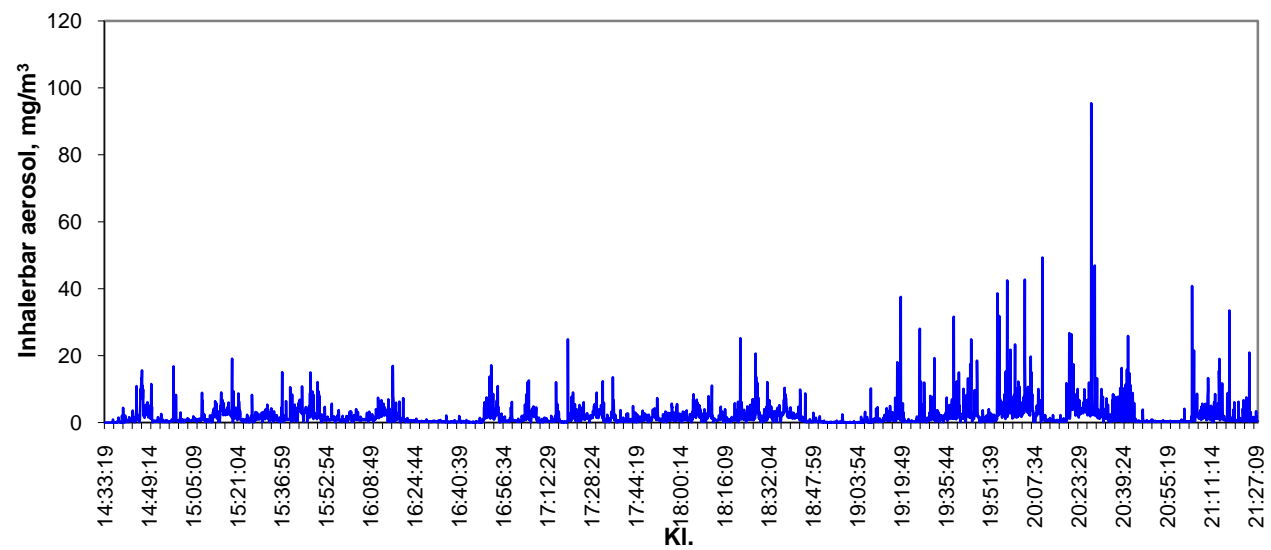
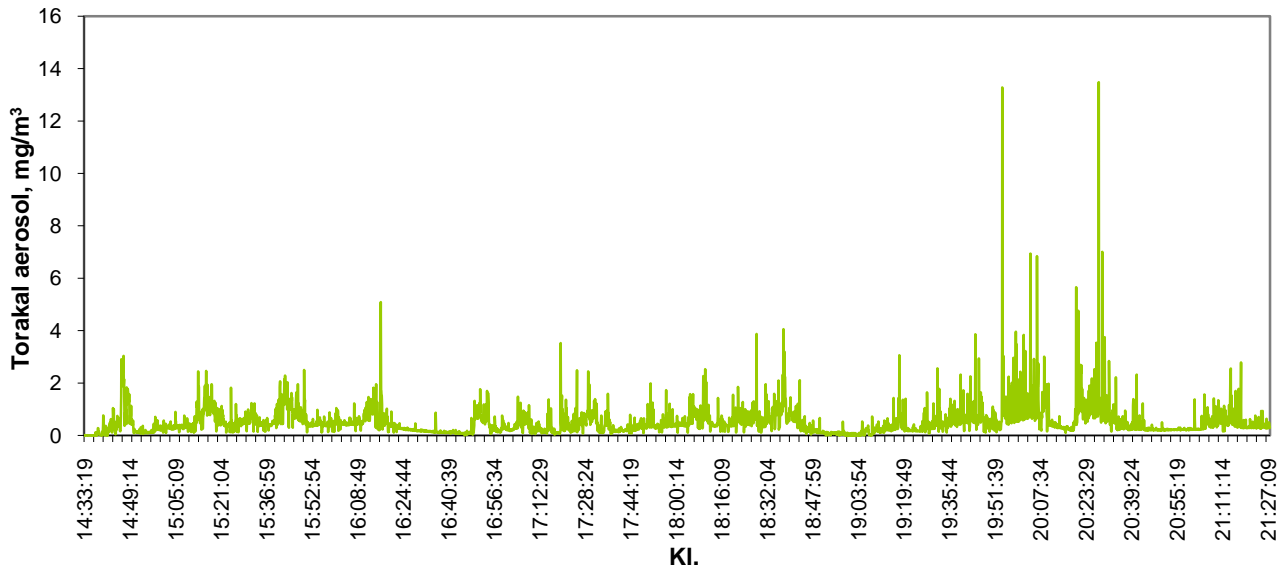
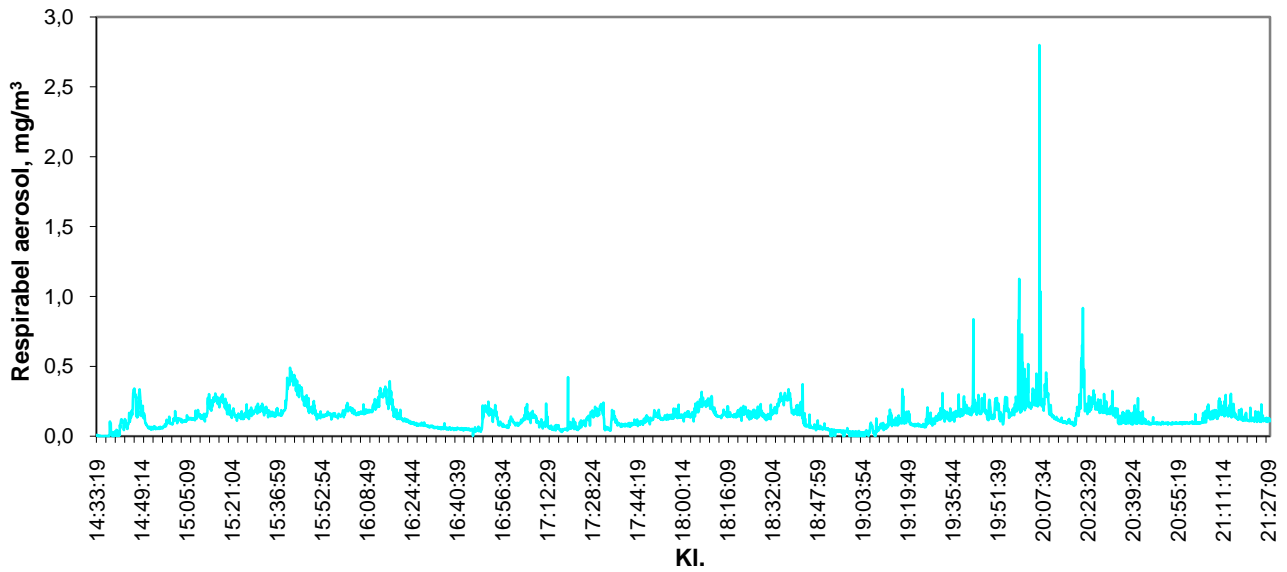
* p<0,05

12.1.2. Direktevisande utstyr for aerosolmålingar

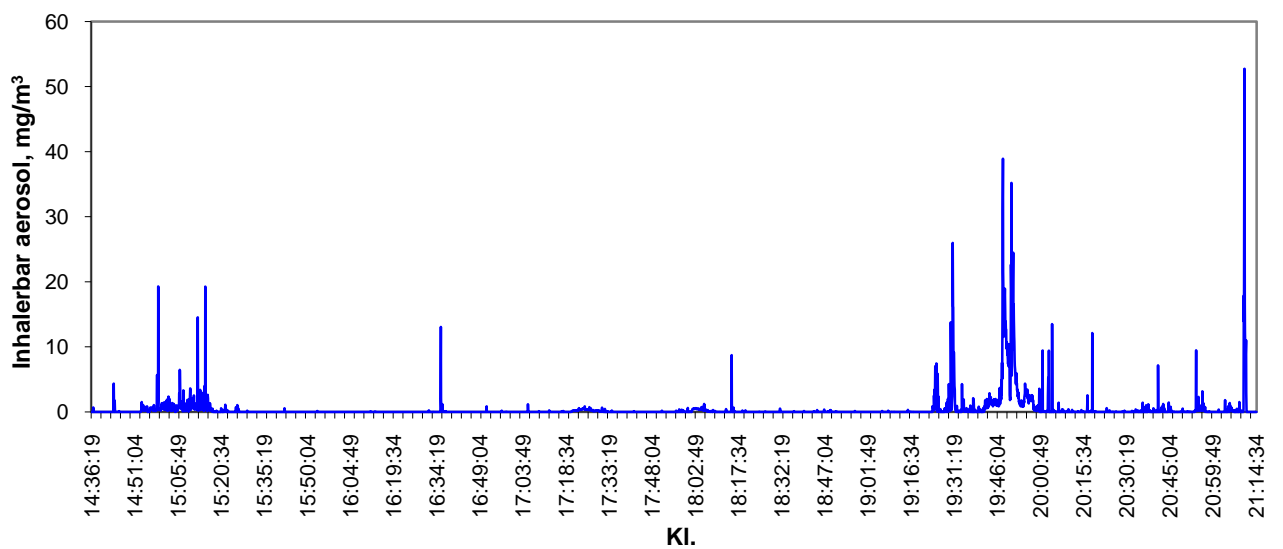
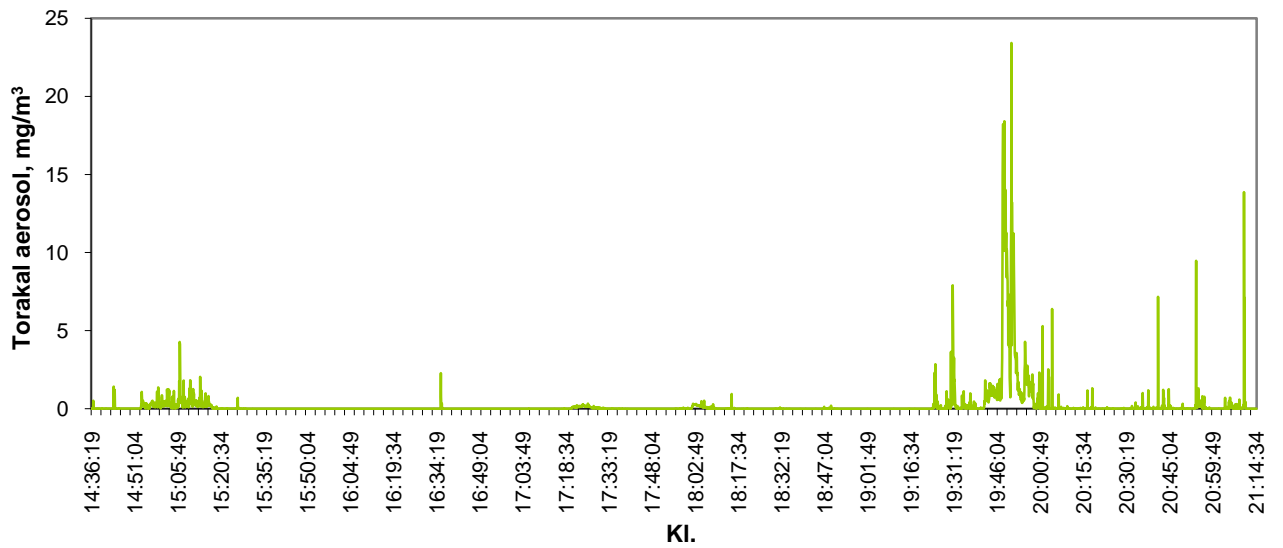
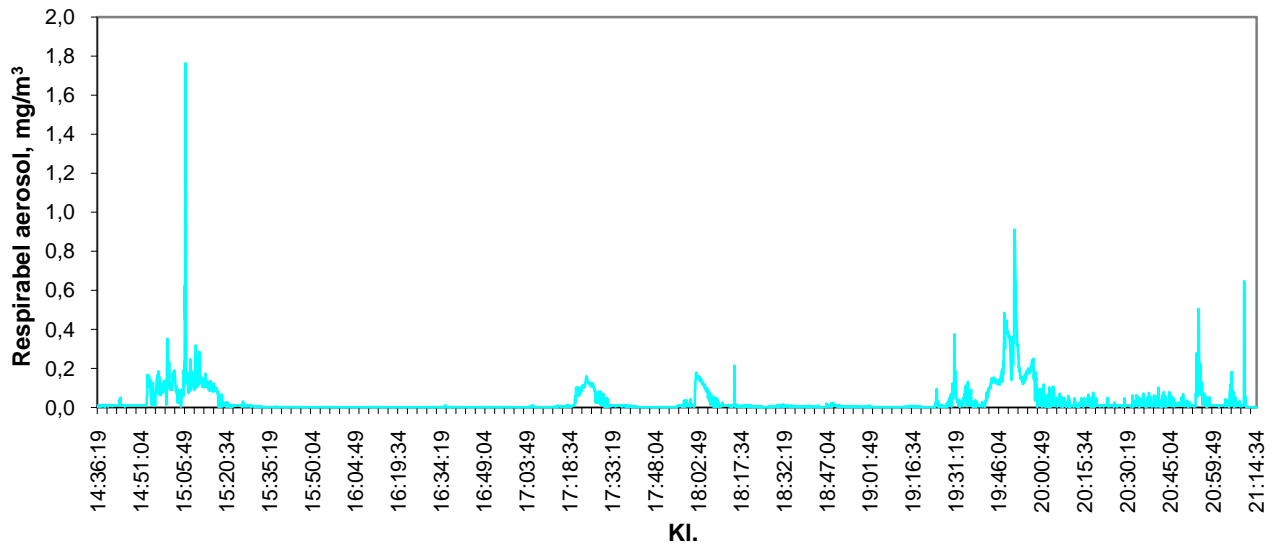
Til dette vart det nytta ein direktevisande Respicon og Split 2.



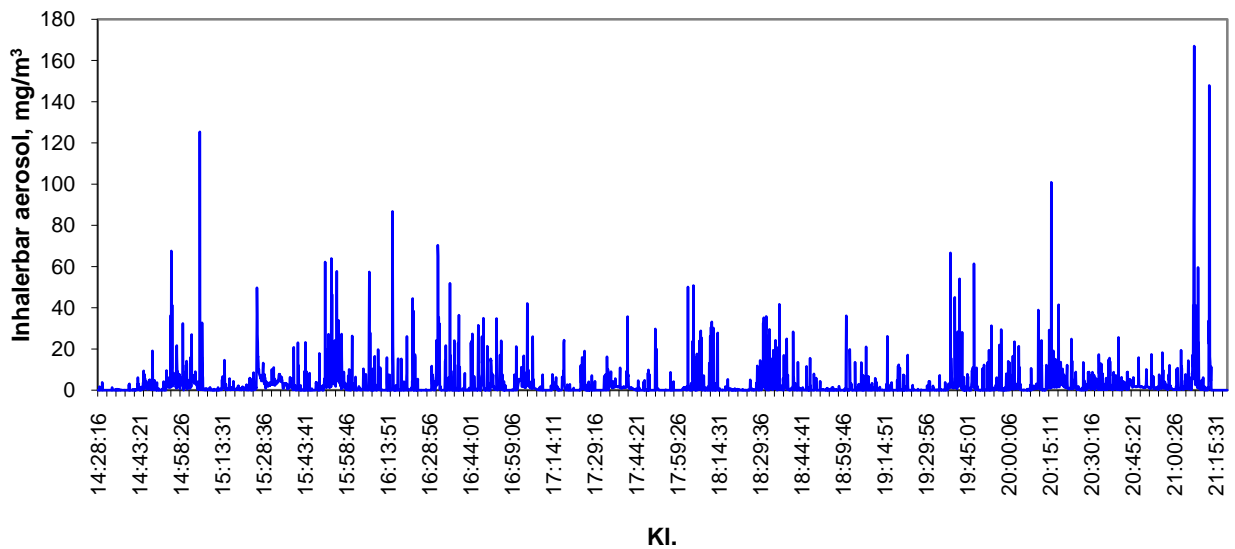
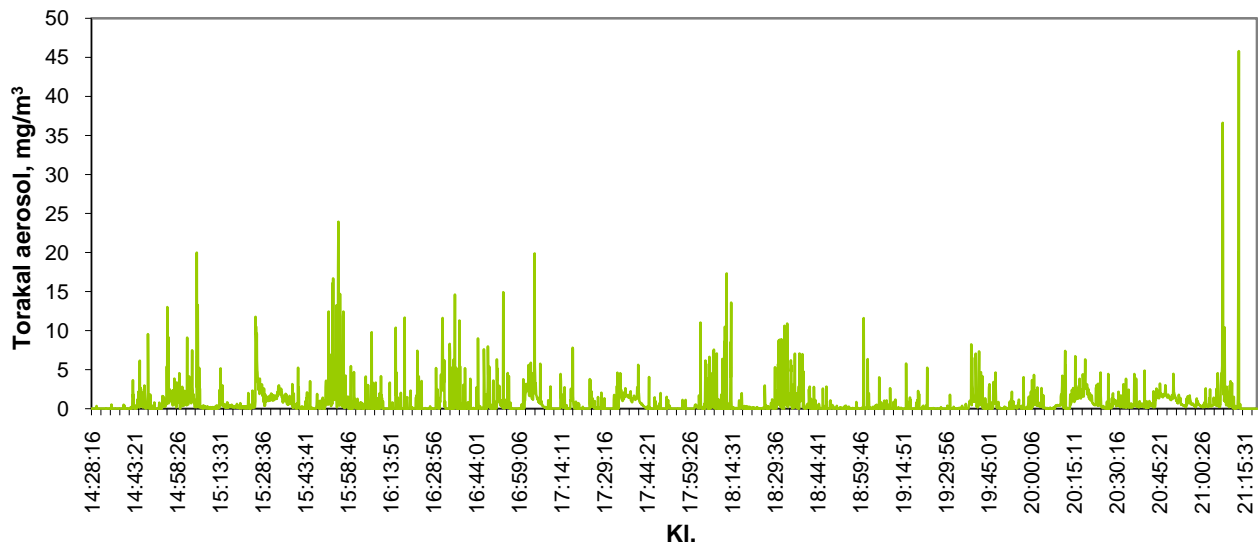
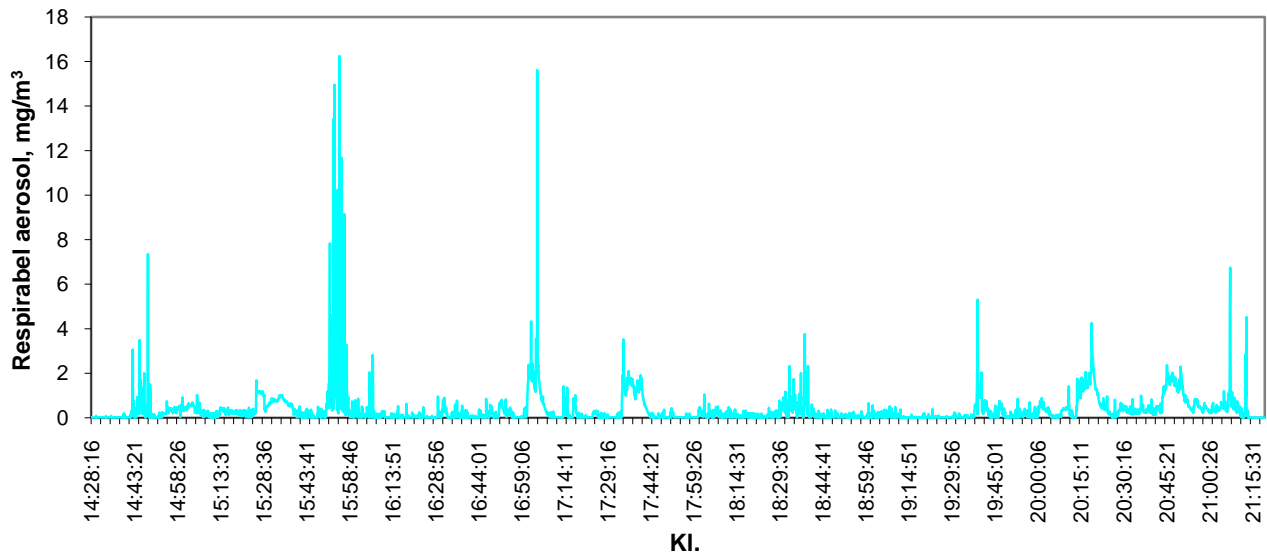
Figur 12.6: Bluss/miljø 1. september 2003 (Arbeid utført: Feiing, køyring av oksidbil)



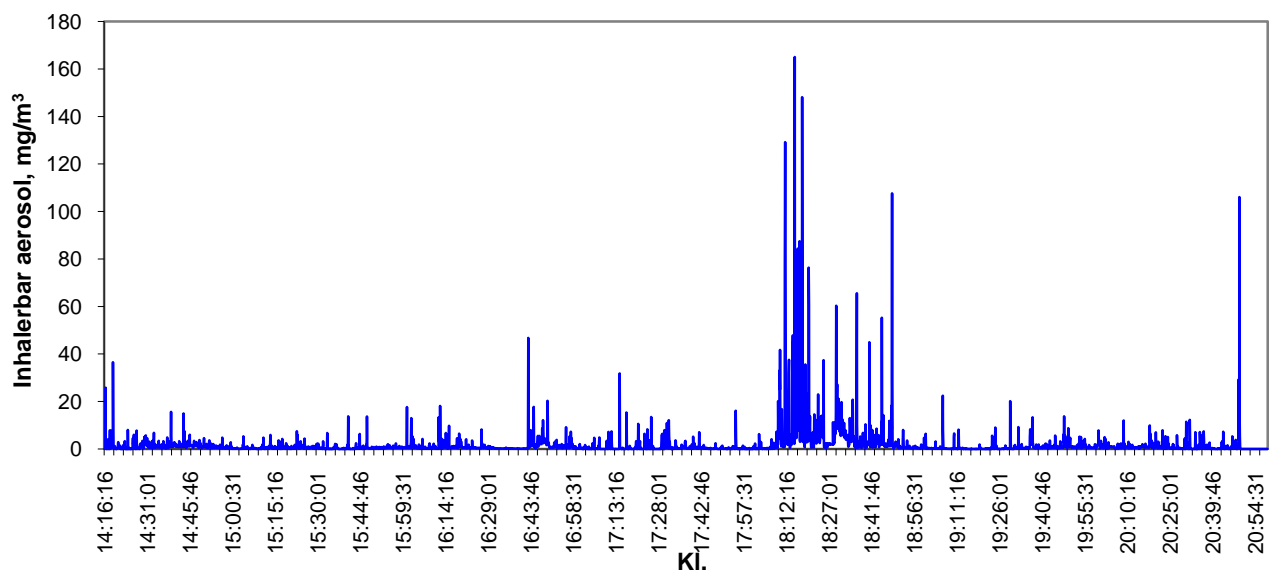
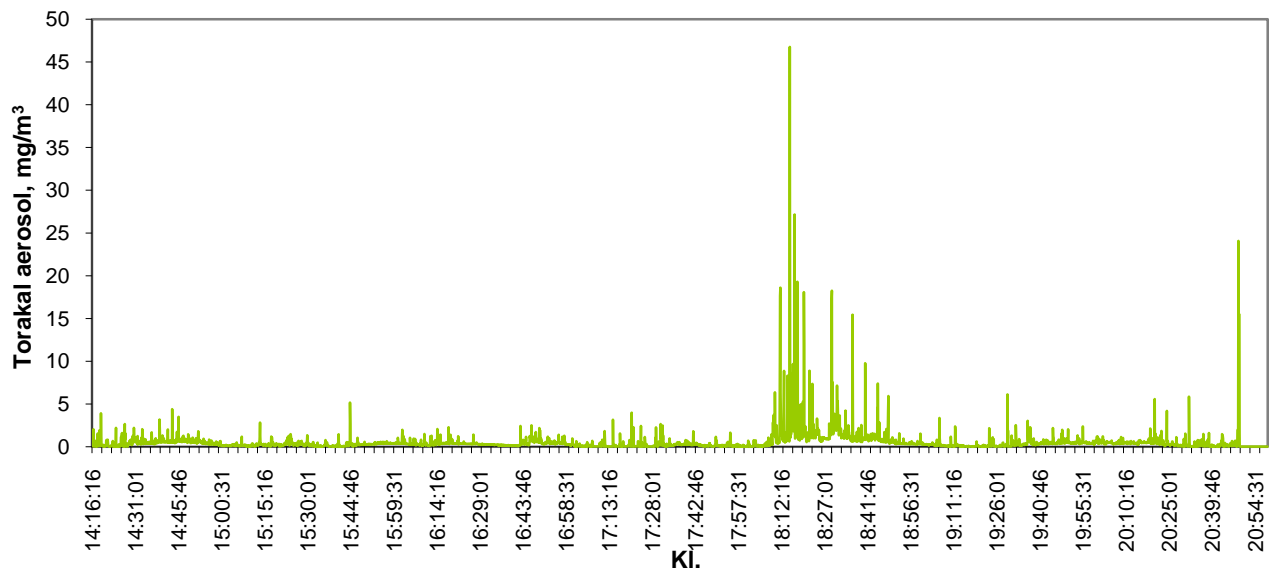
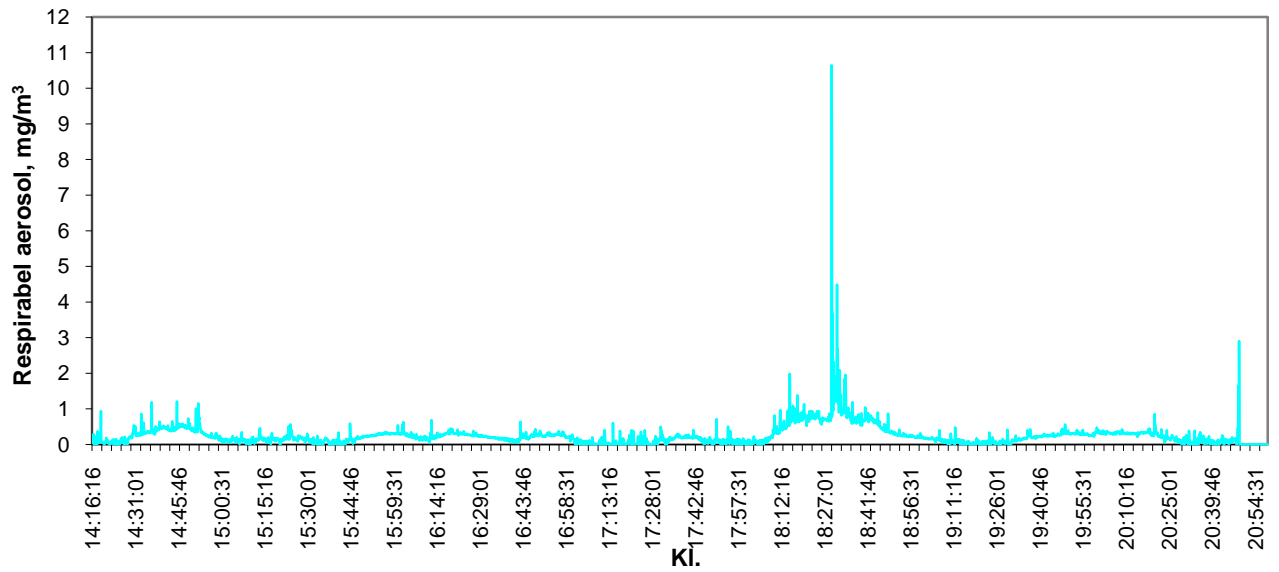
Figur 12.7: Gassbrennar 2. september 2003 (Arbeid utført: Brikettar, reinsking av brennar, feiing)



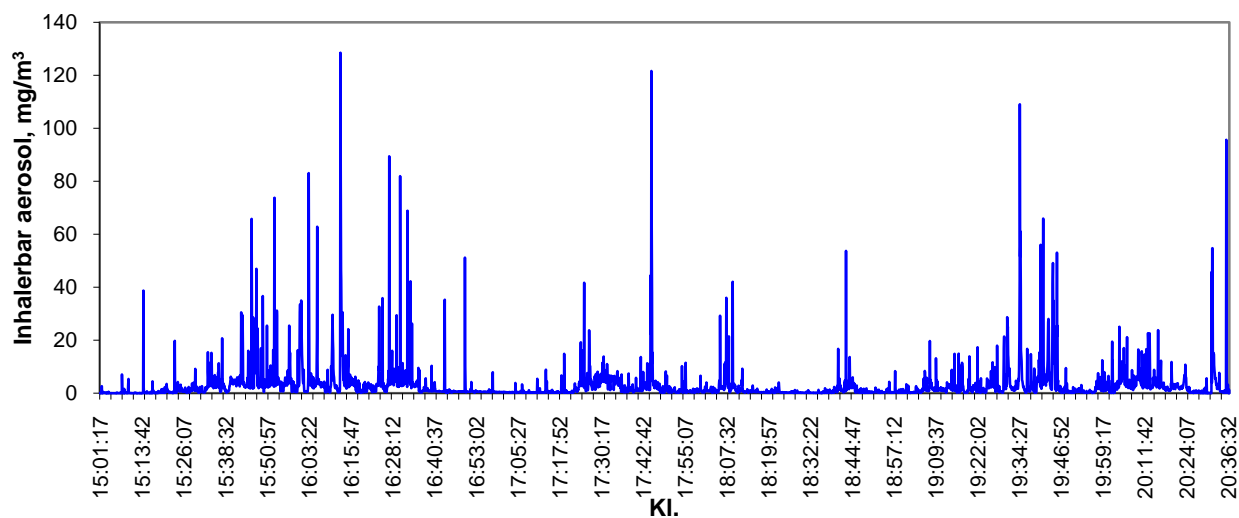
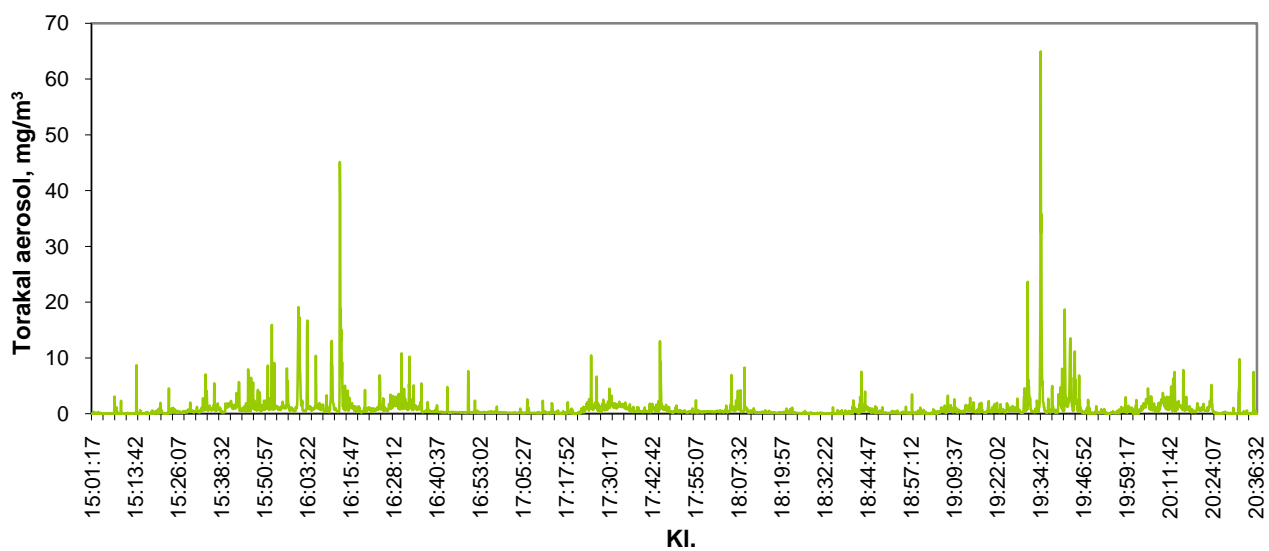
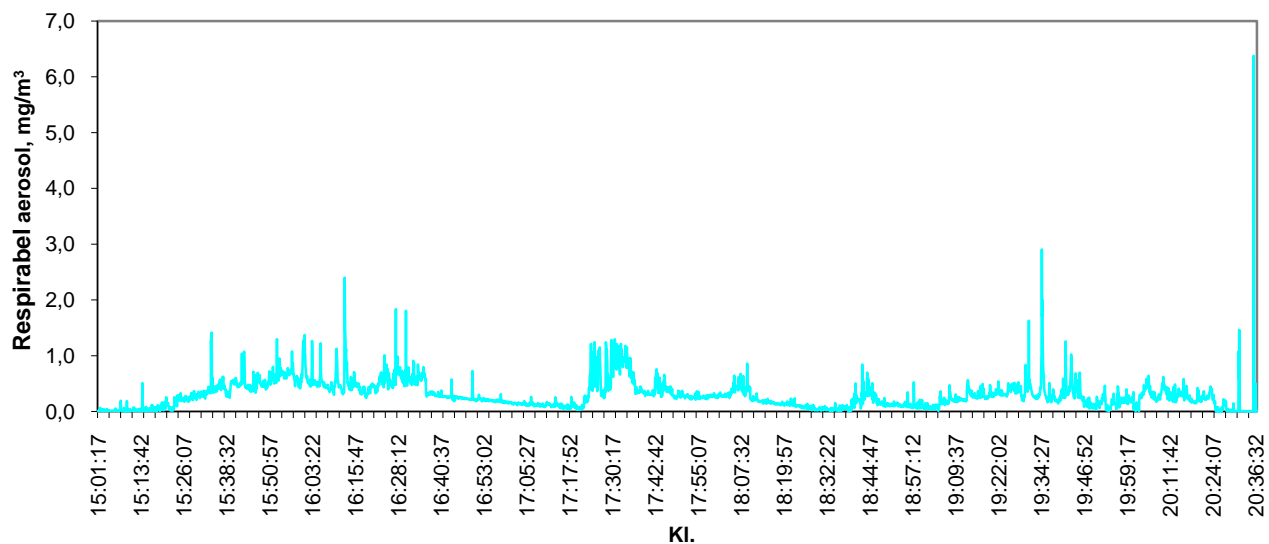
Figur 12.8: Boltetrekkar 3. september 2003 (Arbeid utført: Trekking av boltar)



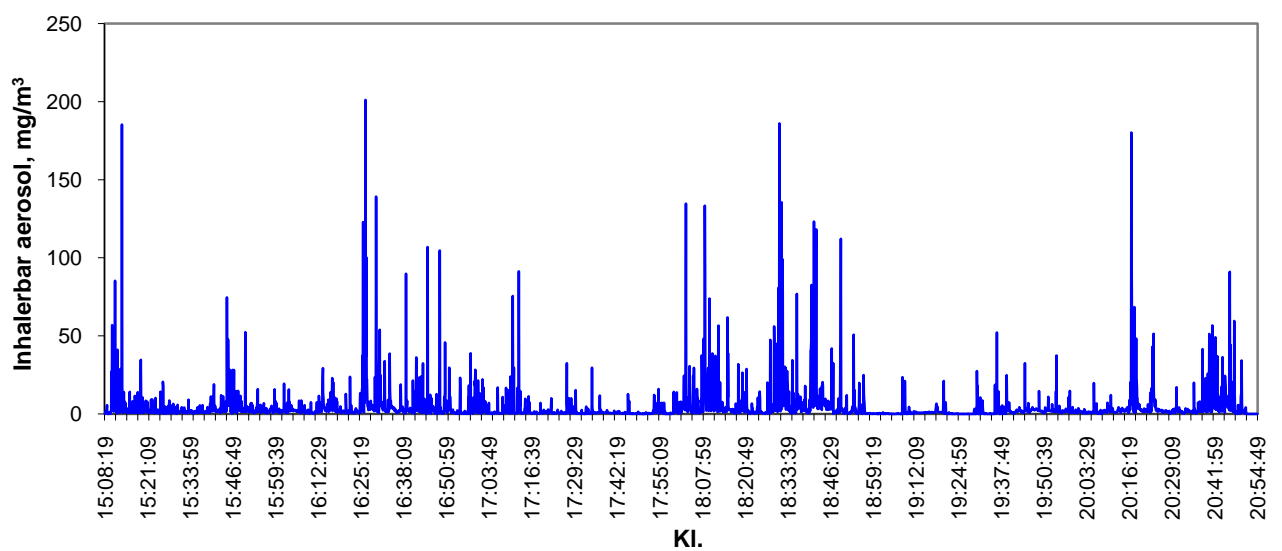
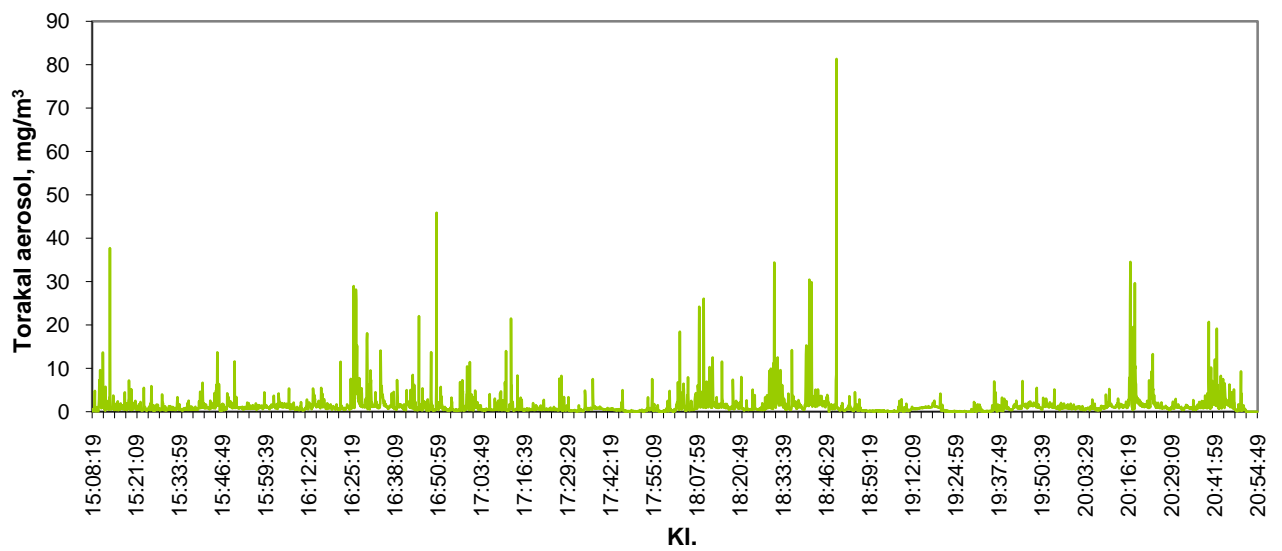
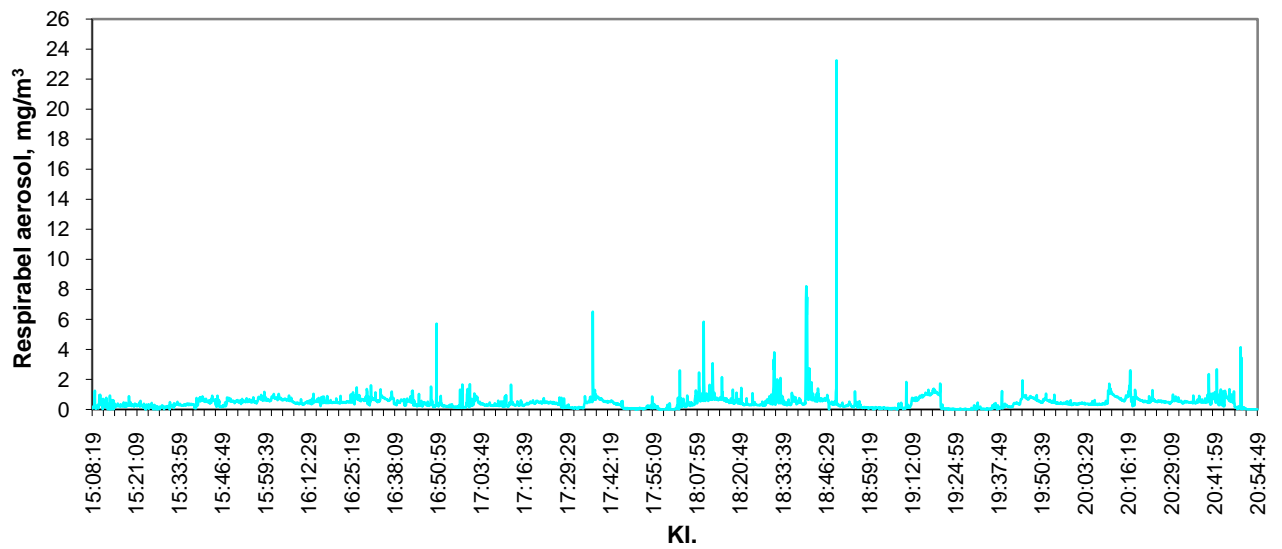
Figur 12.9: Anodeskiftar 5. september 2003 (Arbeid utført: Køyrt grabb, køyrt kol, køyrt soda, Å1)



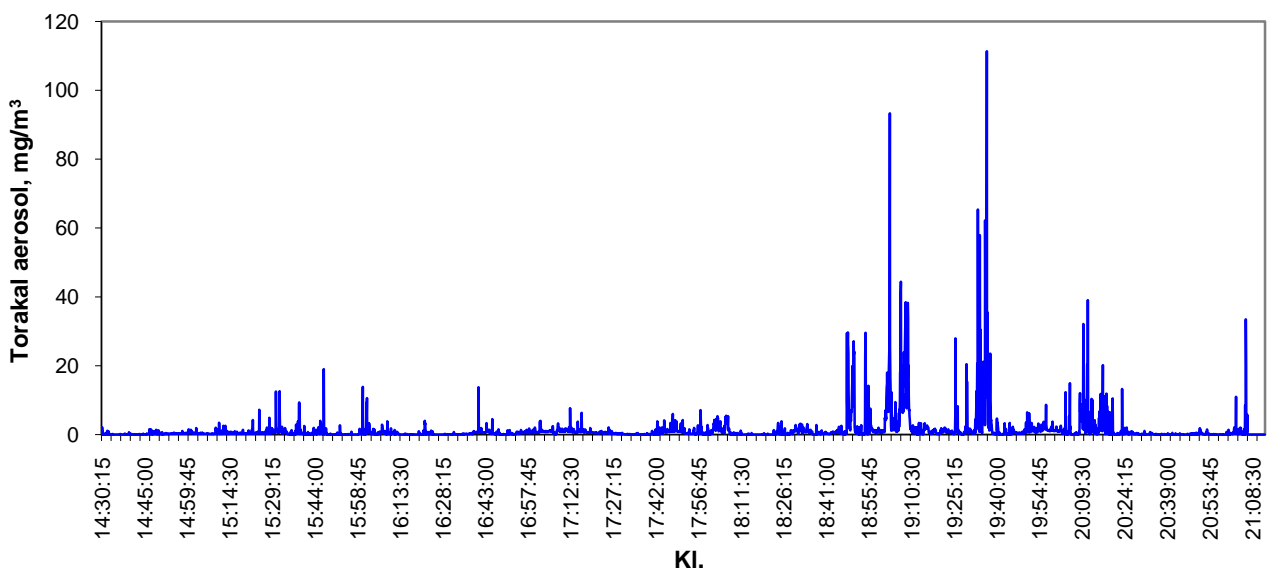
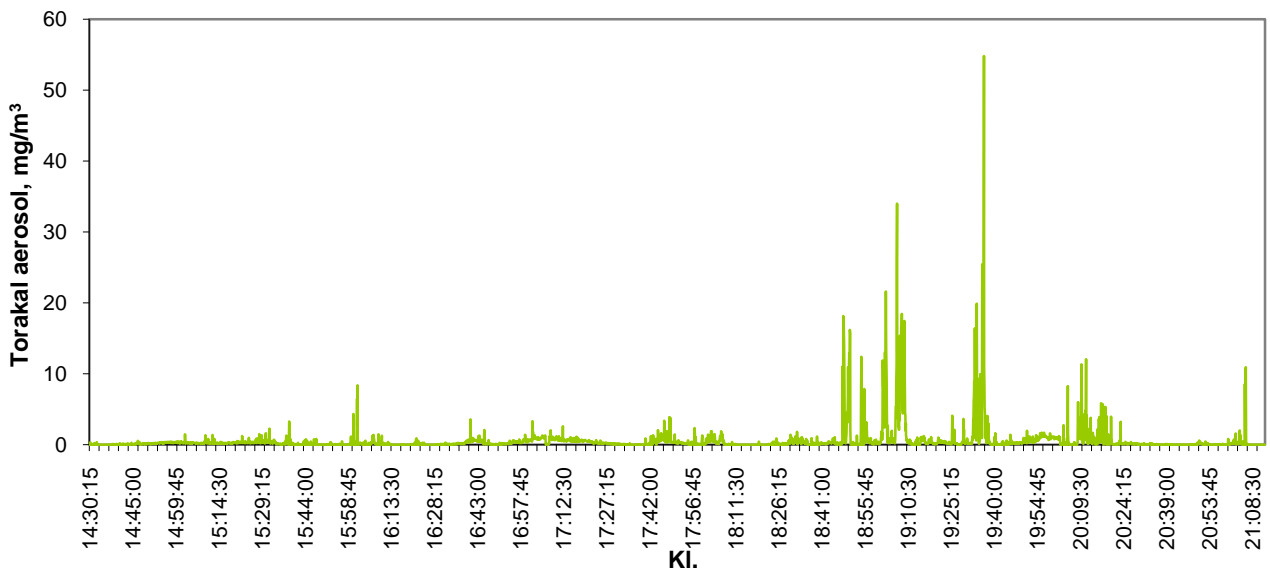
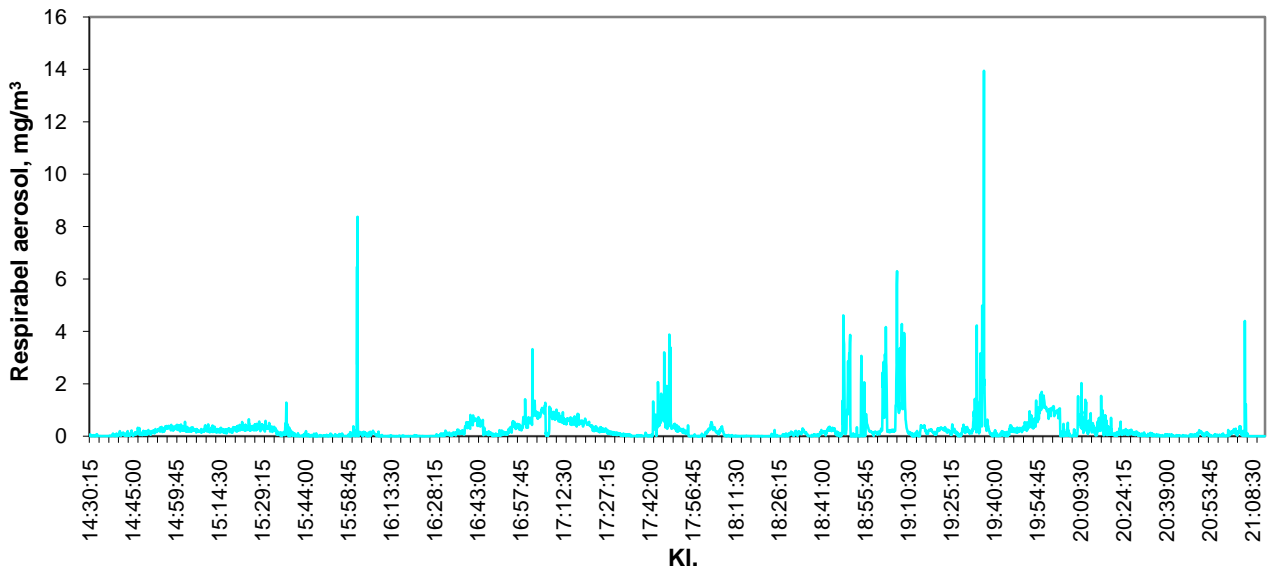
Figur 12.10: Omnspassar 6. september 2003 (Arbeid utført: Slo hol, bluss, badmåling, feiing innpå)



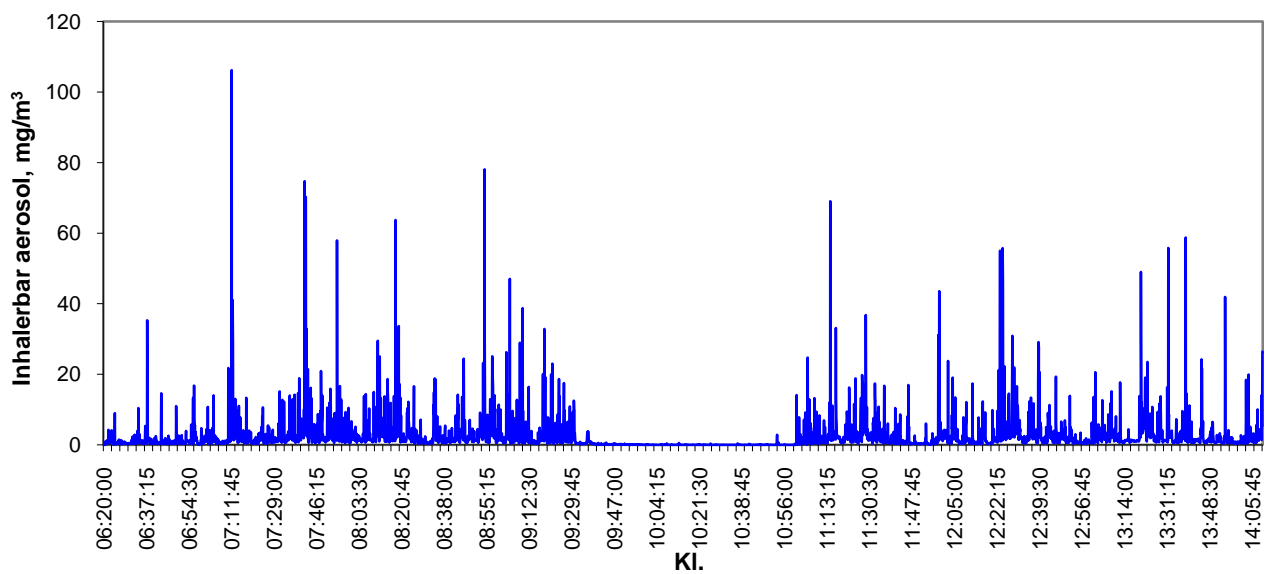
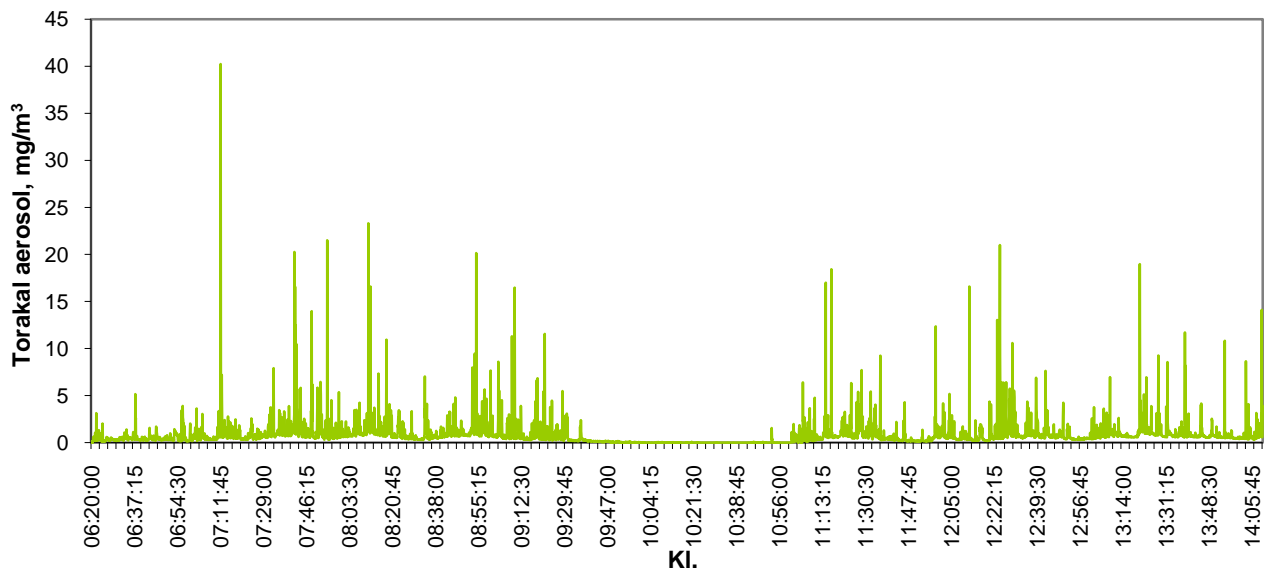
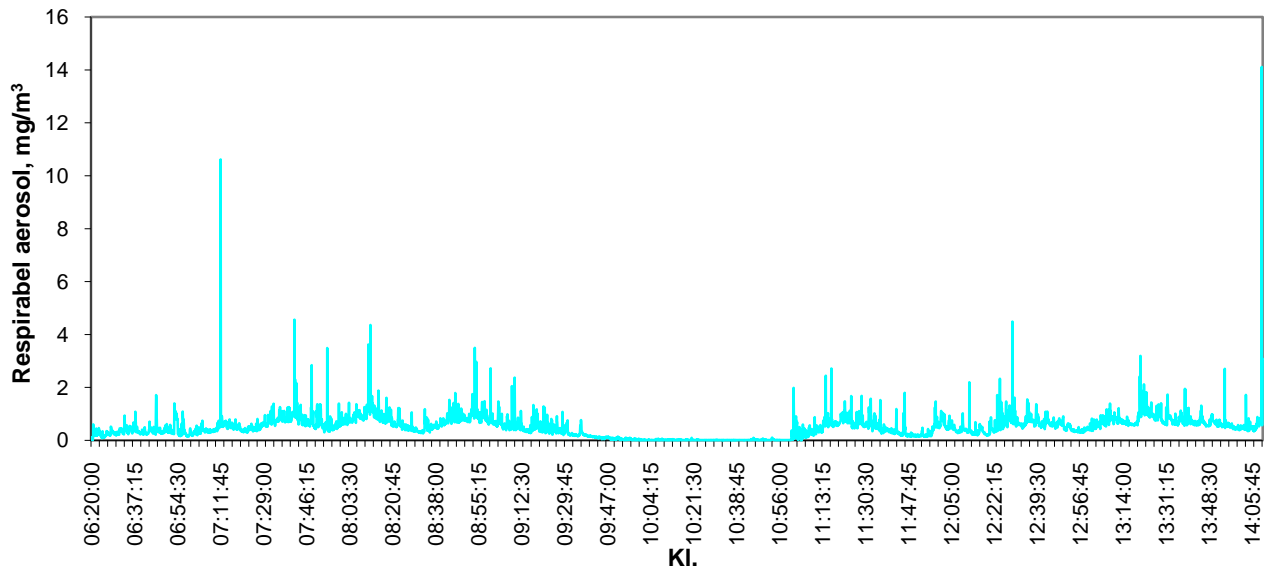
Figur 12.11: Stell/avvik 7. september 2003 (Arbeid utført: Soting)



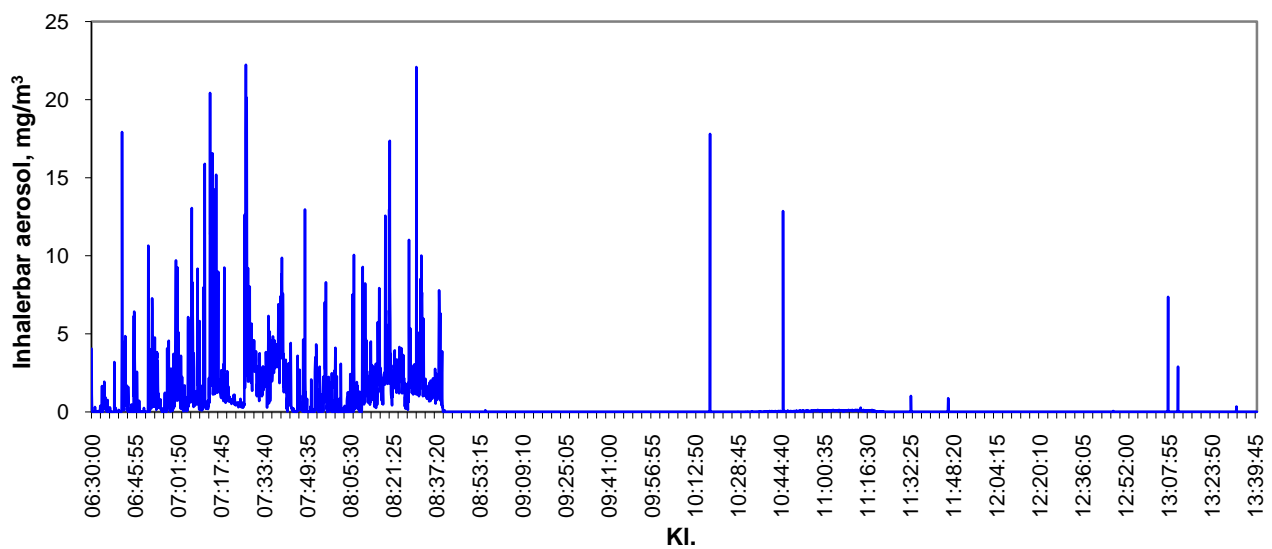
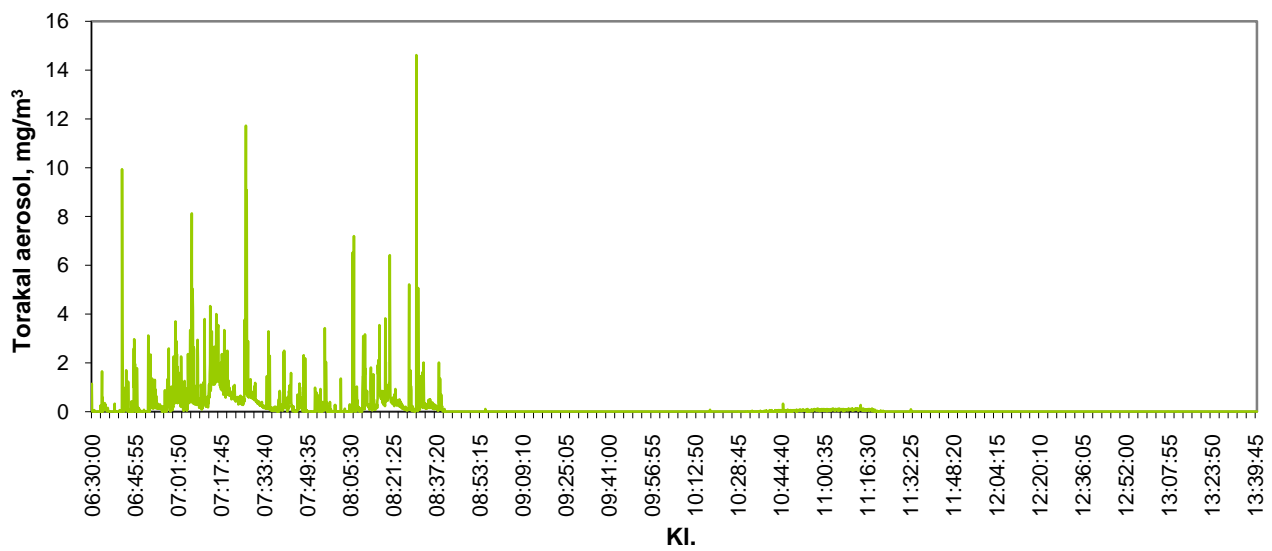
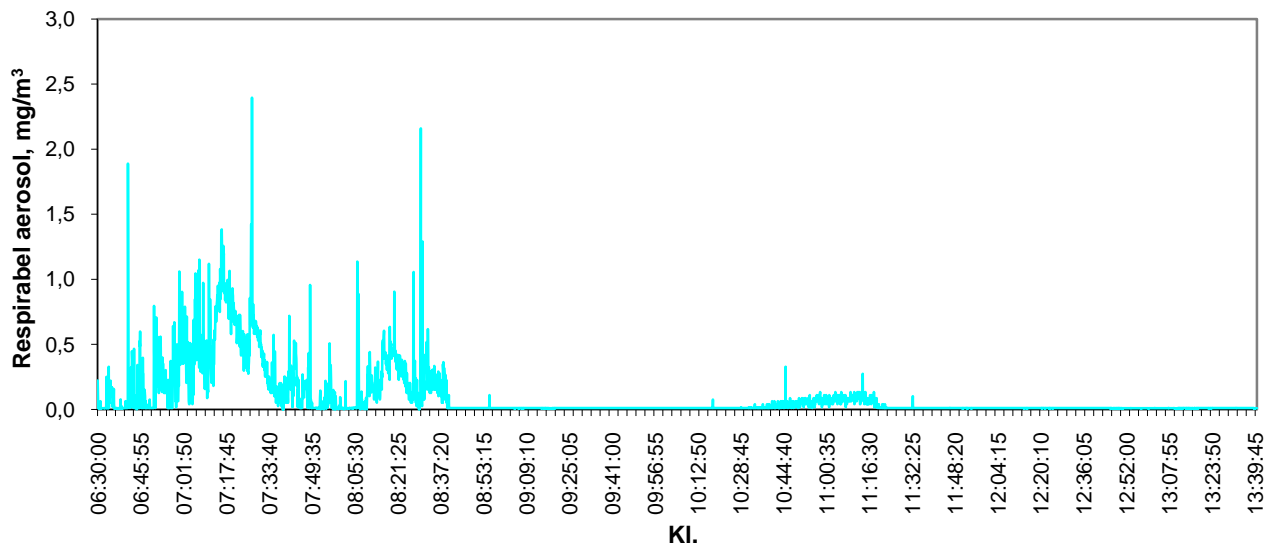
Figur 12.12: Anodeskiftar 8. september 2003 (Arbeid utført: Skifta kol frå maskin, raking)



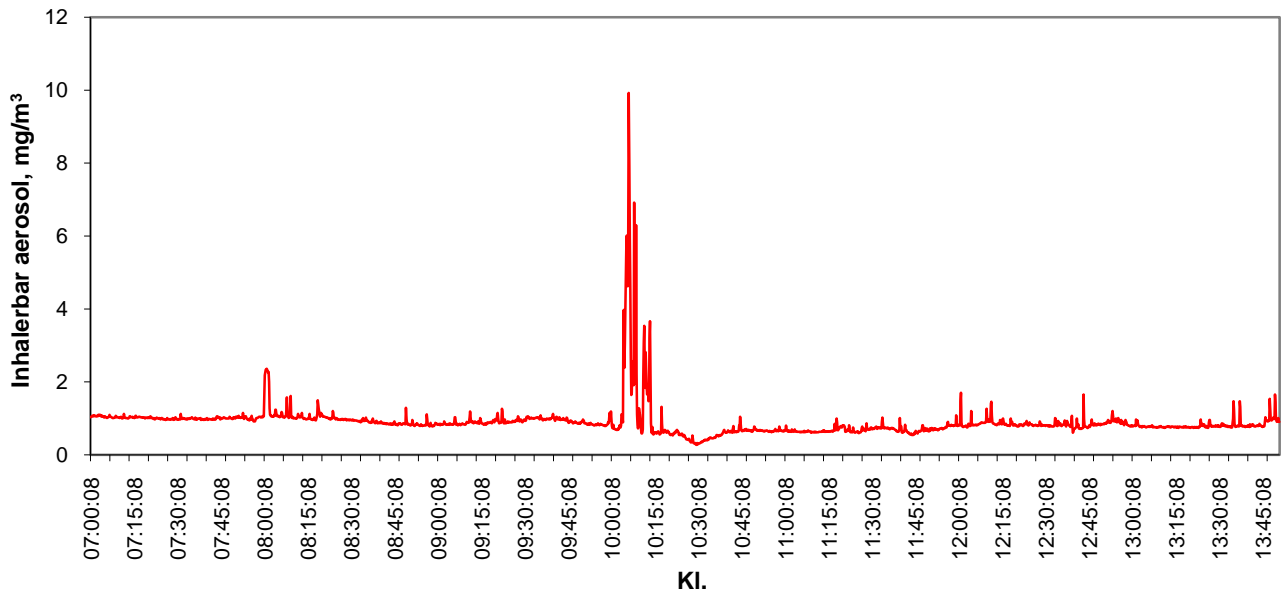
Figur 12.13: Omnspassar 9. september 2003 (Arbeid utført: Dekking frå bil, banking av hol til tapping og anodeskift, feiing mellom omnane, straumfordeling, omnspass)



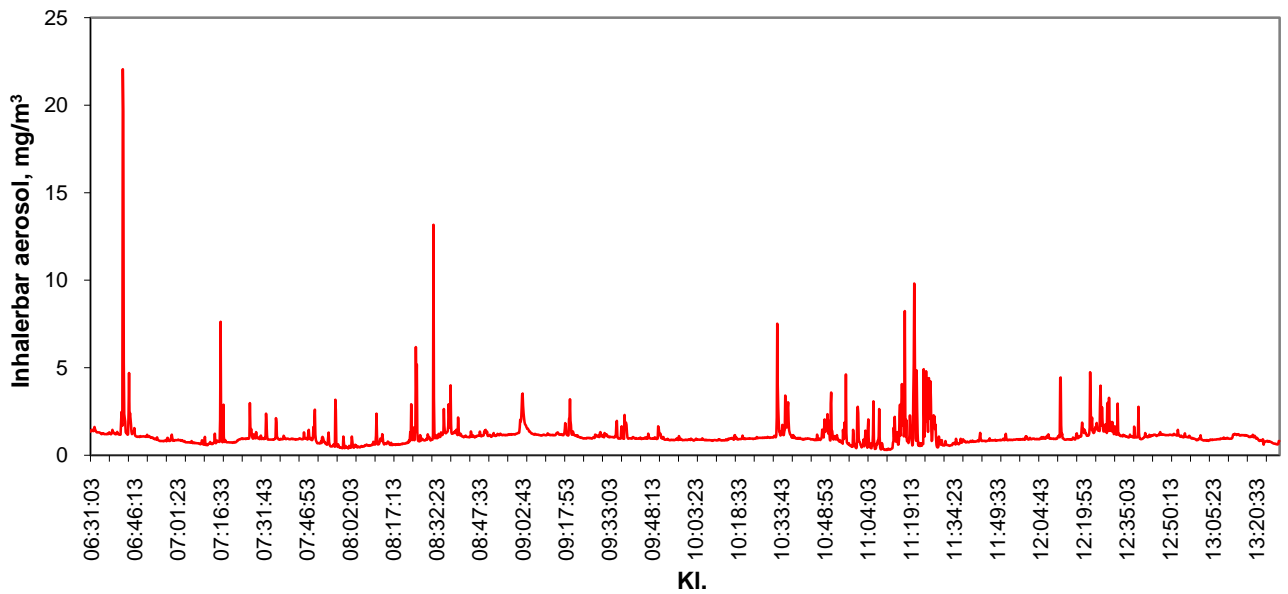
Figur 12.14: Tappar 10. september 2003 (Arbeid utført: Tapping av 16 omnar, 4 i Å3)



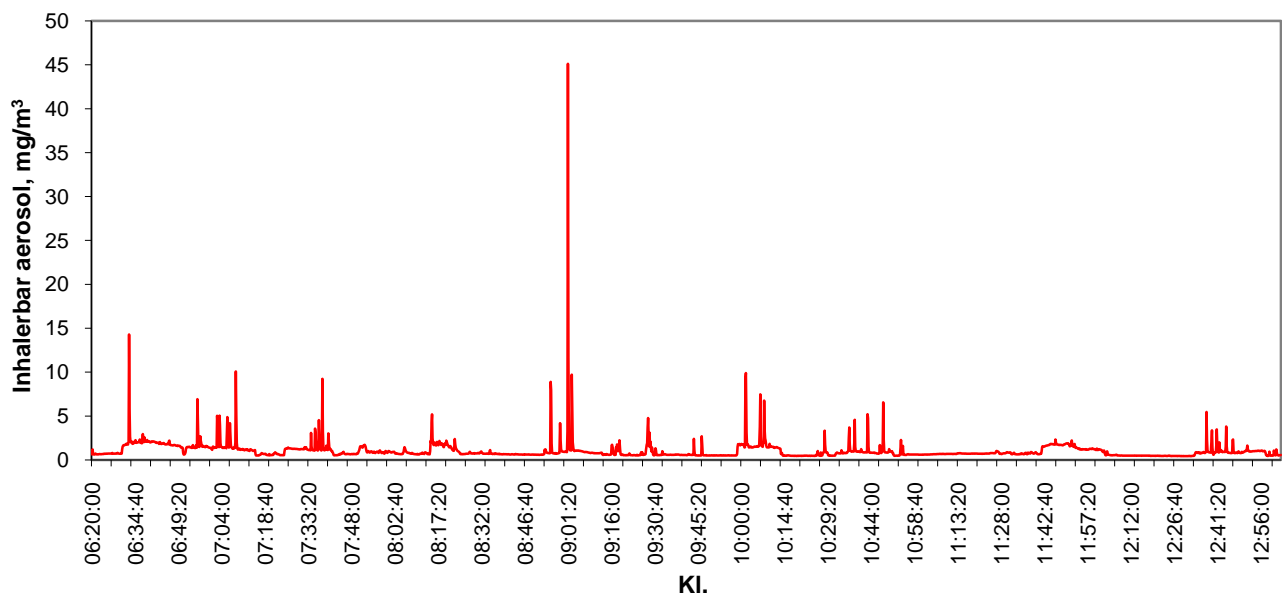
Figur 12.15: Oksidkøyrrar 11. september 2003 (Arbeid utført: Fylt bil, blåst bil, fylt diesel, feia silo).



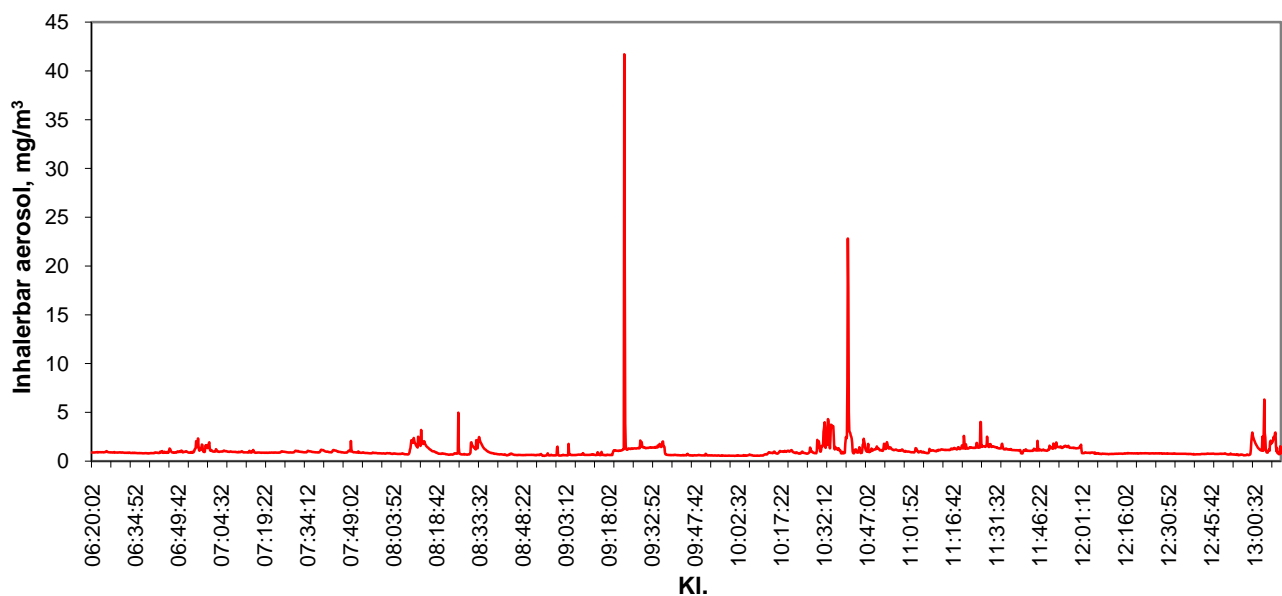
Figur 12.16: Split 2 tidsoppløyst signal for Omnspassar 4. september 2003 (Arbeid utført: Før mat: Tapping av bad frå golv, etter mat: bluss og sykkelrundar)



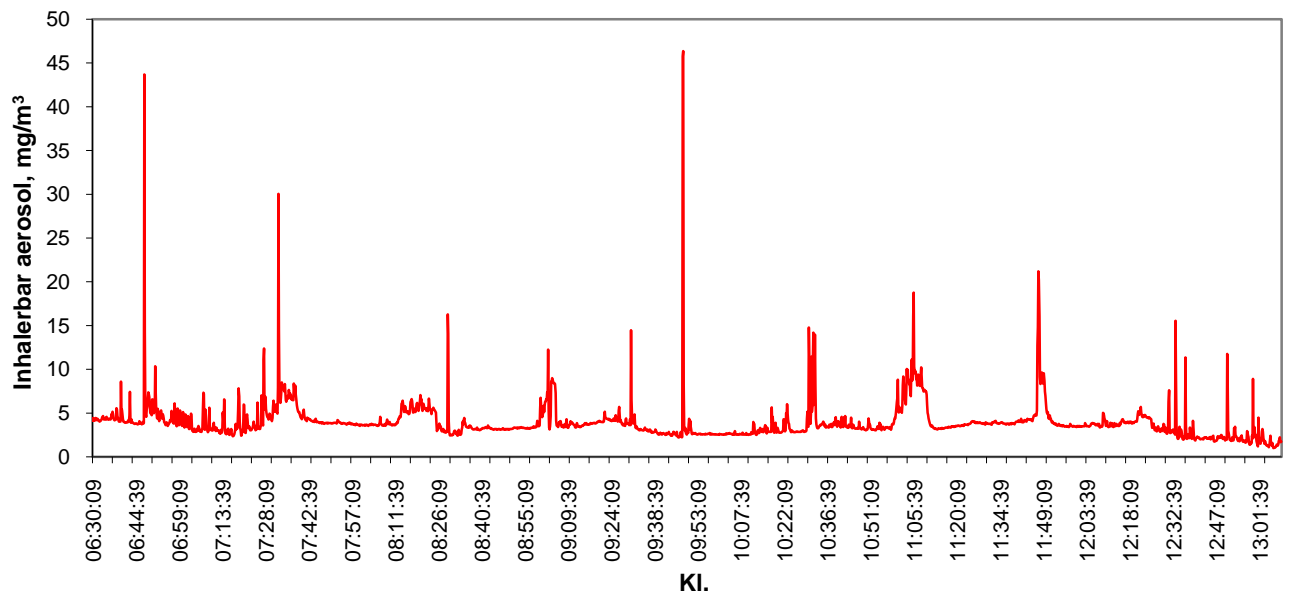
Figur 12.17: Split 2 tidsoppløyst signal for Omnspassar 5. september 2003 (Arbeid utført: Før mat: avvikskol og badtapping frå golv, etter mat: feiing og innpå feiing).



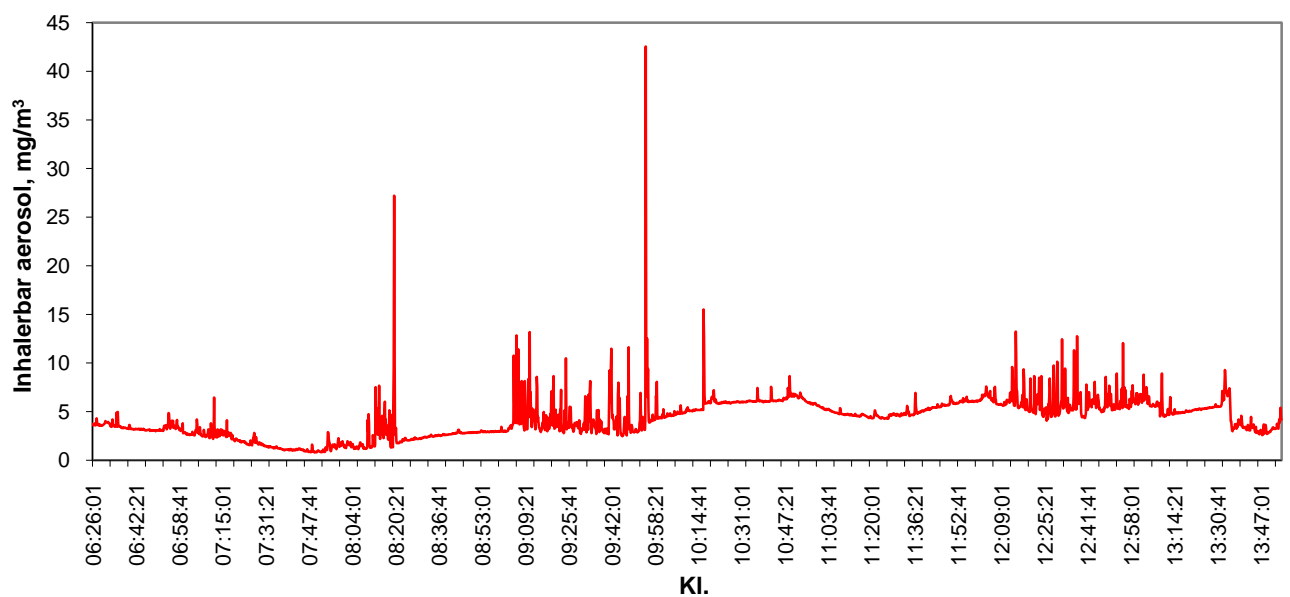
Figur 12.18: Split 2 tidsoppløyst signal for Anodeskiftar 6. september 2003 (Arbeid utført: Dekking, endeslåing, feiing, omnspass, enderaking, truck)



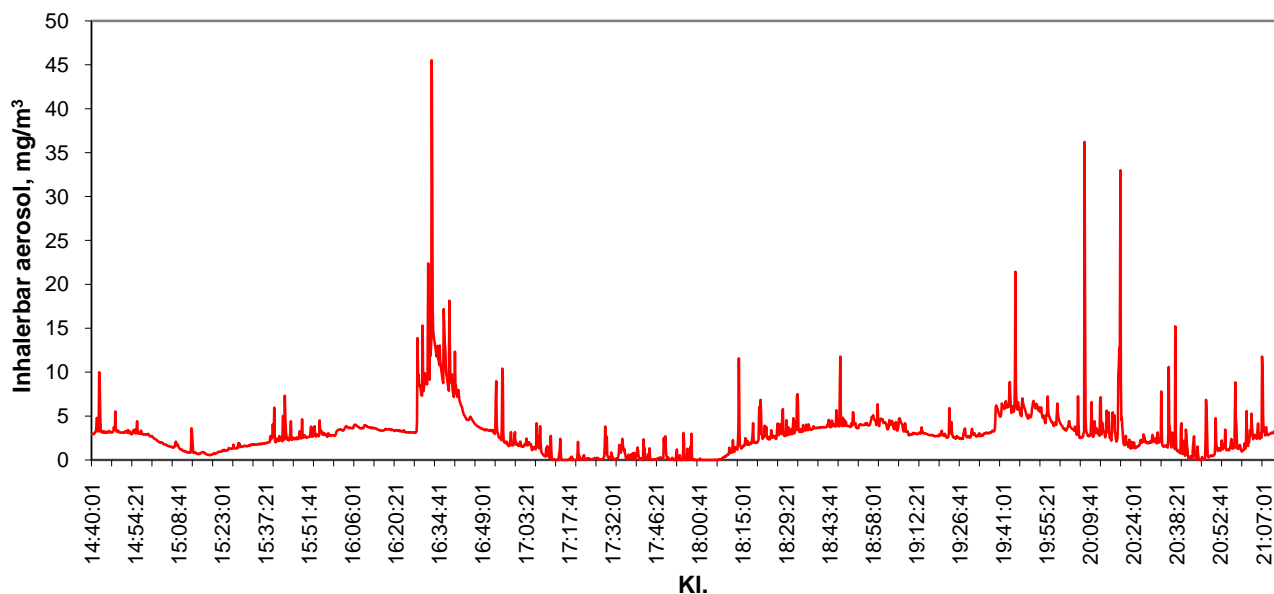
Figur 12.19: Split 2 tidsoppløyst signal for Anodeskiftar 7. september 2003 (Arbeid utført: Anodeskift, dekking)



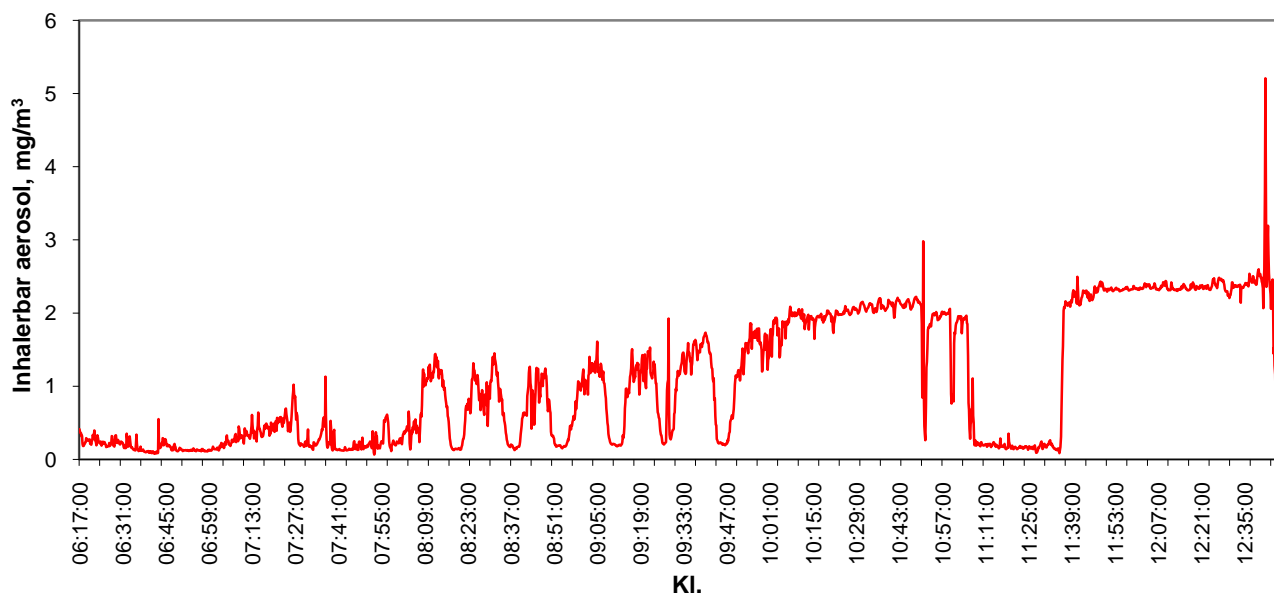
Figur 12.20: Split 2 tidsoppløyst signal for Gassbrennar 8. september 2003 (Arbeid utført: Brennereinsking, blåsing av røyr, brikettfylling)



Figur 12.21: Split 2 tidsoppløyst signal for Bluss/miljø 9. september 2003 (Arbeid utført: Innpåfeing, slåing, blusstaking)



Figur 12.22: Split 2 tidsoppløyst signal for Anodeskiftar 10. september 2003 (Arbeid utført: Køyretøy, grabb)



Figur 12.23: Split 2 tidsoppløyst signal for Boltetrekkar 11. september 2003 (Arbeid utført: Boltetrekking)

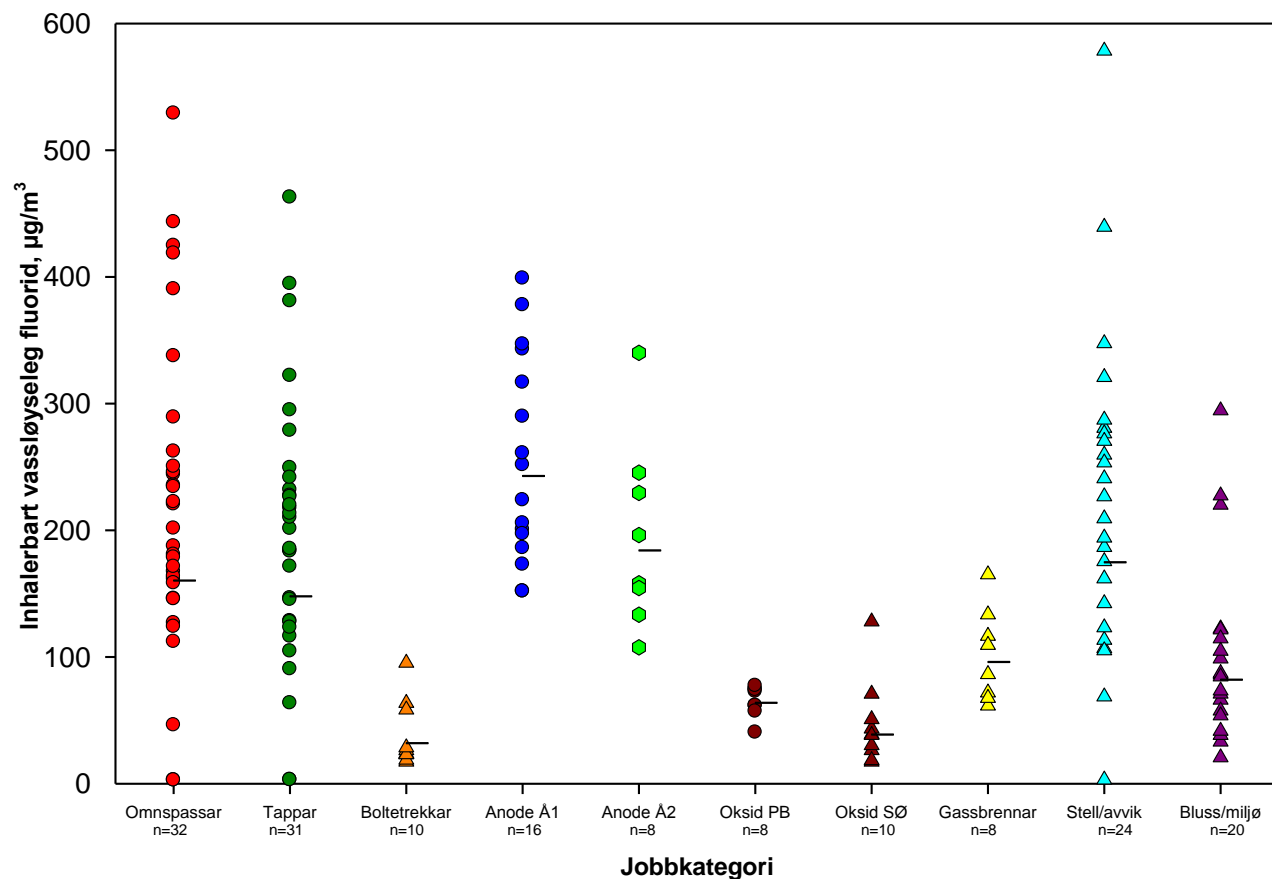
Figurane 12.6 – 12.23 viser dei tidsoppløyste aerosolmålingane som vart utført for dei ulike jobbkategoriene.

Tidsoppløyste aerosolmålingar blir brukt til å skaffe verdfull informasjon om toppeksponeering 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 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

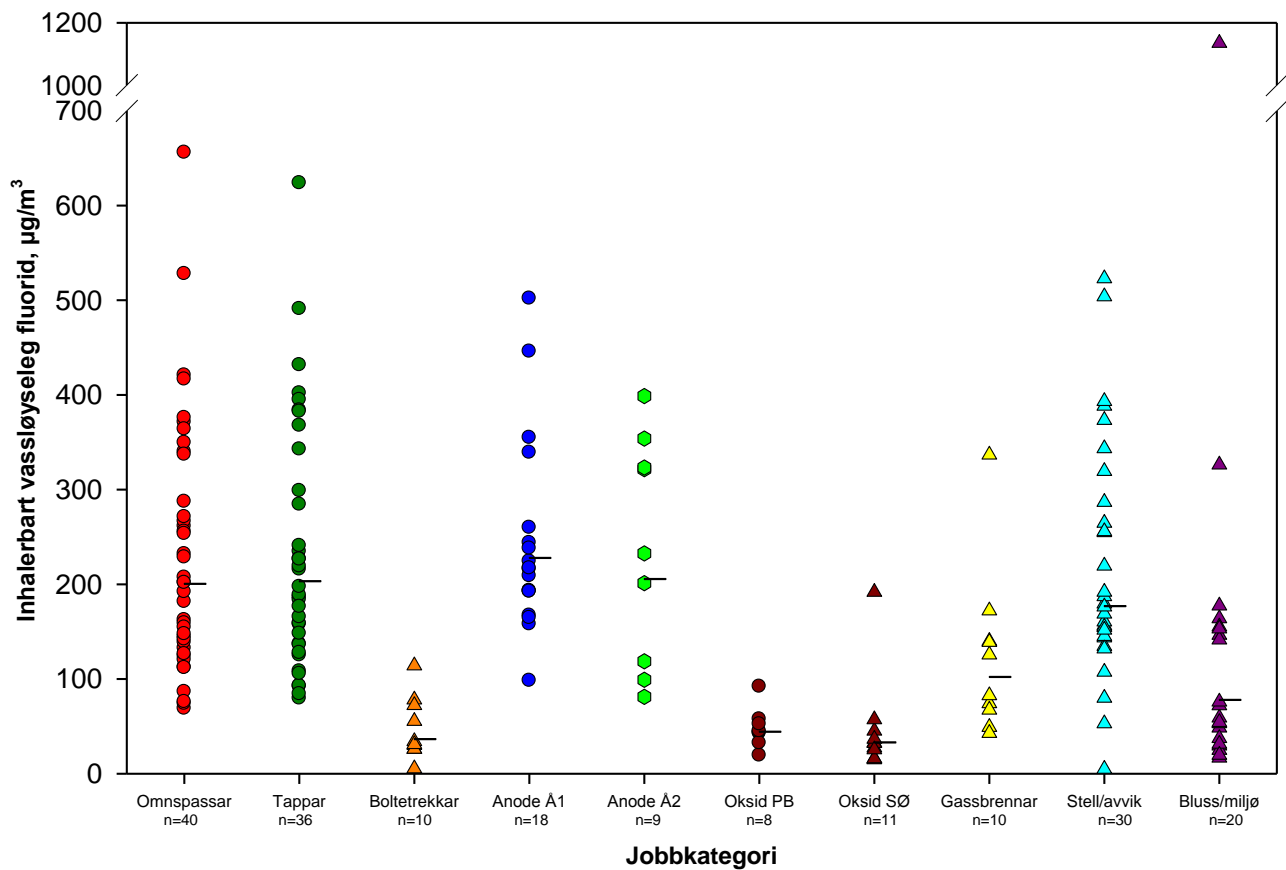
Alle aerosolprøvene vart løyst i vatn og fluoridmengda i dette vassekstraktet vart fastsett; vassløyseleg fluorid.

Ein oversikt over alle enkeltresultat for IOM-prøvetakaren visast i figur 12.24.



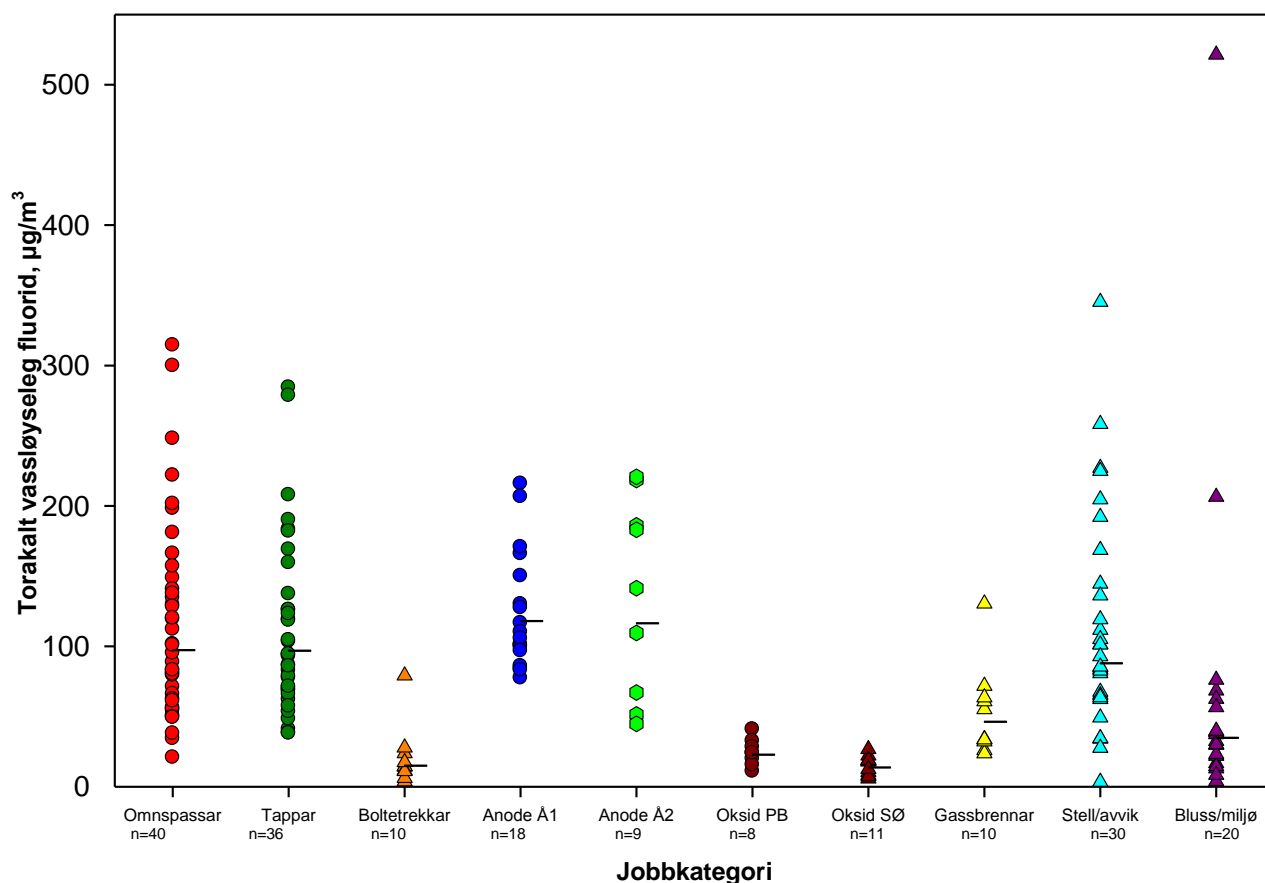
Figur 12.24: Vassløyseleg fluorid bestemt i aerosolen frå **IOM**-prøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Frå figur 12.24 går det fram at det er jobbkategorien Anode Å1 som hadde det høgaste geometriske gjennomsnittet ($242 \mu\text{g}/\text{m}^3$), og Boltetrekkar var den lågast eksponerte ($32 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spreiinga innanfor dei ulike jobbkategoriene var stor, spesielt for Omnspassar, Tappar og Stell/avvik.



Figur 12.25: 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 12.25 ser ein at den høgaste eksponerte kategorien var Anode Å1 ($242 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spreiinga i resultata var stor, spesielt for Omnspassar og Tappar. Boltetrekkar ($32 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og Oksid Søderberg ($39 \mu\text{g}/\text{m}^3$) var gruppene med lågast geometrisk gjennomsnitt (GM).



Figur 12.26 Vassløyselig 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.

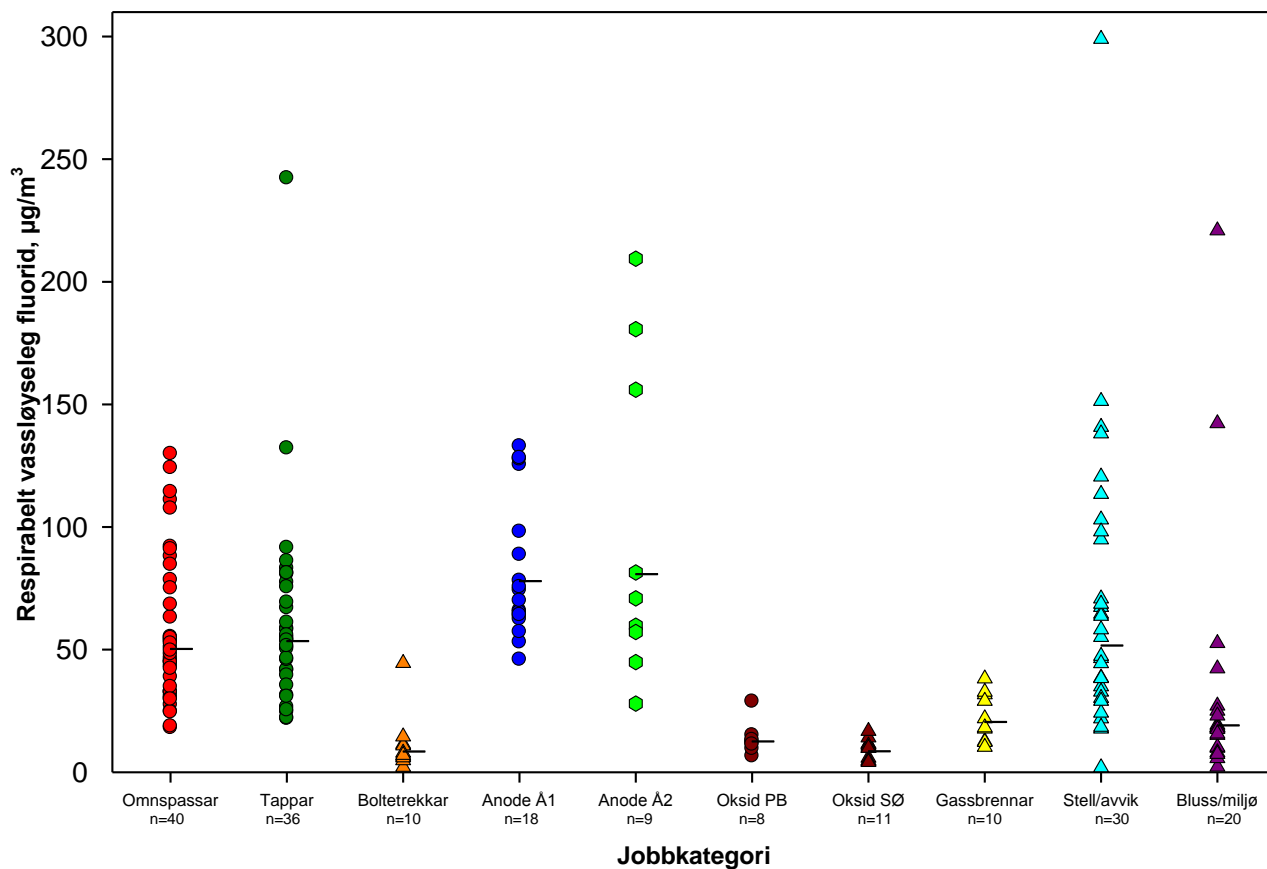
Av fig. 12.26 ser ein at eksponeringa for torakalt vassløyselig fluorid var høgast for jobbkategoriene Anode Å1 ($118 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og Anode Å2 ($116 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Lågast eksponering fann ein for boltetrekkar ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og Oksid Søderberg ($14 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spreiinga var lågast for Oksid Prebake og Oksid Søderberg.

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

Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	40	48	46	52	28	68
Tappar	36	48	44	51	28	75
Boltetrekkar	10	41	32	52	24	69
Anode Å1	18	52	45	60	29	87
Anode Å2	9	57	48	67	44	94
Oksid Prebake	8	51	43	61	42	76
Oksid Søderberg	11	41	30	57	12	69
Gassbrennar	10	45	41	50	37	55
Stell/avvik	30	50	44	56	21	88
Bluss/miljø	20	45	39	52	23	80
Alle	192	48	46	50	12	94

Av tabell 12.4 ser ein at det var ein større del vassløyselig torakalt fluorid enn den

tilsvarande torakale delen av aerosolen (48 % mot 32 % for aerosol). Spreiing for individuelle målingar innanfor dei ulike jobbkategoriene var stor (12 – 94 % torakalt vassløyseleg fluorid).



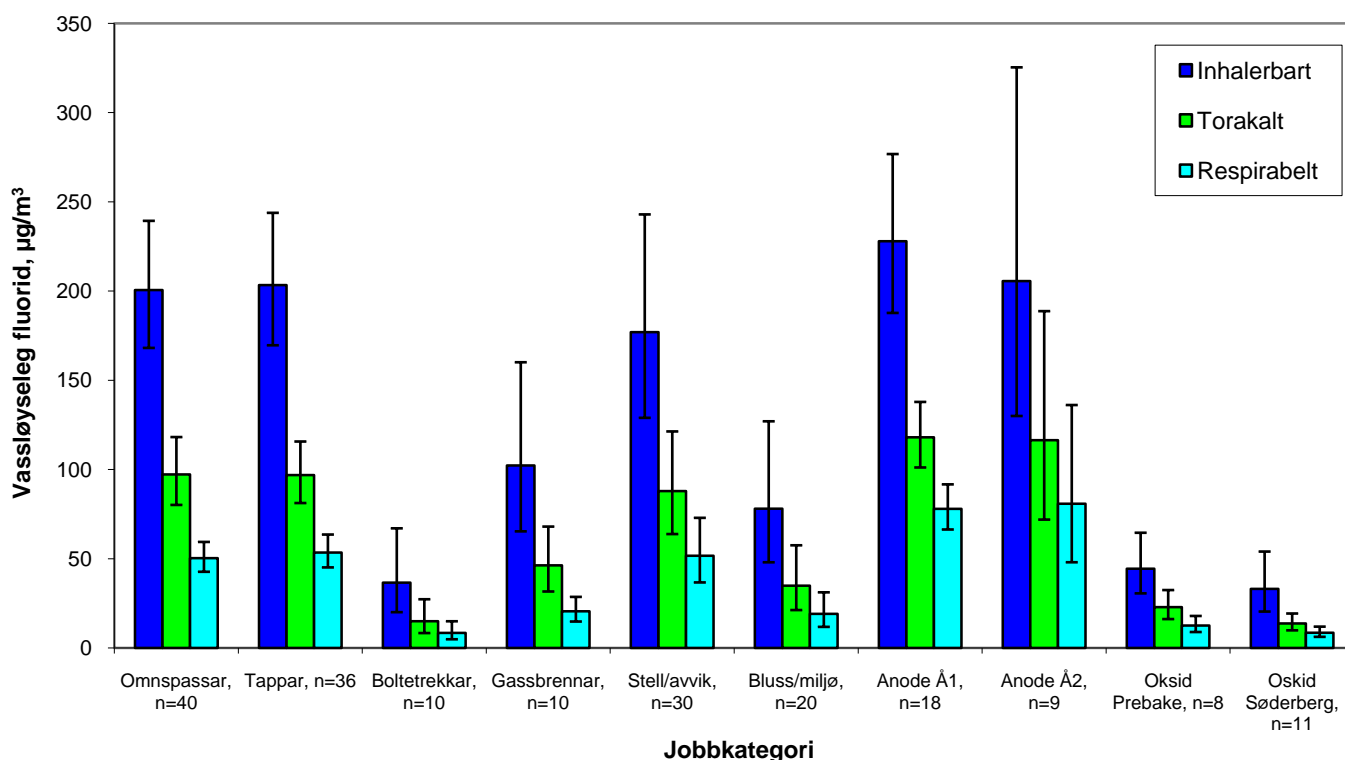
Figur 12.27: Vassløyseleg fluorid fastsett i den respirable aerosolfraksjonen frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Av fig. 12.27 går det fram at det er jobbkategoriene Anode Å1 (78 µg/m³) og Anode Å2 (81 µg/m³) hadde dei høgaste eksponeringane for vassløyseleg respirabelt fluorid, medan Boltetrekkar (8,5 µg/m³) og Oksid Søderberg (8,6 µg/m³) hadde lågast. Kategorien Stell/avvik hadde den største spreinga, med den var også stor for kategoriene; Tappar, Anode Å2 og Bluss/miljø.

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

Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	40	25	22	28	12	49
Tappar	36	26	23	30	15	61
Boltetrekkar	10	23	17	31	13	39
Anode Å1	18	34	27	43	17	90
Anode Å2	9	39	27	57	19	90
Oksid Prebake	8	28	20	41	14	67
Oksid Søderberg	11	26	18	38	6,0	44
Gassbrennar	10	20	15	26	9,4	29
Stell/avvik	30	29	25	34	7,6	59
Bluss/miljø	20	25	20	30	11	46
Alle	192	27	25	29	6,0	90

Av tabell 125 ser ein at det var ein større del vassløyseleg respirabelt fluorid enn den tilsvarende torakale delen av aerosolen (27 % mot 16 % for aerosol). Spreinga for individuelle målingar innan dei ulike jobbkategoriene var stor (6,0 % minimum for Oksid Søderberg og 90 % for Anode Å2).



Figur 12.28: Vassløyseleg fluorid Geometrisk middelværdi med 95% konfidensintervall for vassløselig fluorid bestemt i aerosolfraksjonane frå Respicon.

Figur 12.28 viser at ein hadde to jobbkategoriar med relativ låg eksponering for vassløyseleg fluorid og med relativ lita spreing (Boltetrekkar og Oksid Søderberg), medan kategoriene Omnspassar, Tappar, Anodeskiftar og Stell/avvik hadde høgast eksponering og størst spreing. For torakalt vassløyseleg fluorid var det Anode Å1 som hadde den høgaste gjennomsnittlege eksponeringa.

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

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
IOM vassløyseleg fluorid	Omnpassar	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnpassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnpassar, Tappar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2
	Oksid Søderberg	Omnpassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Gassbrennar	Boltetrekkar, Anode Å1, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg
Respicon Inhalerbar vassløyseleg fluorid	Omnpassar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnpassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnpassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2
	Oksid Søderberg	Omnpassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Gassbrennar	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg

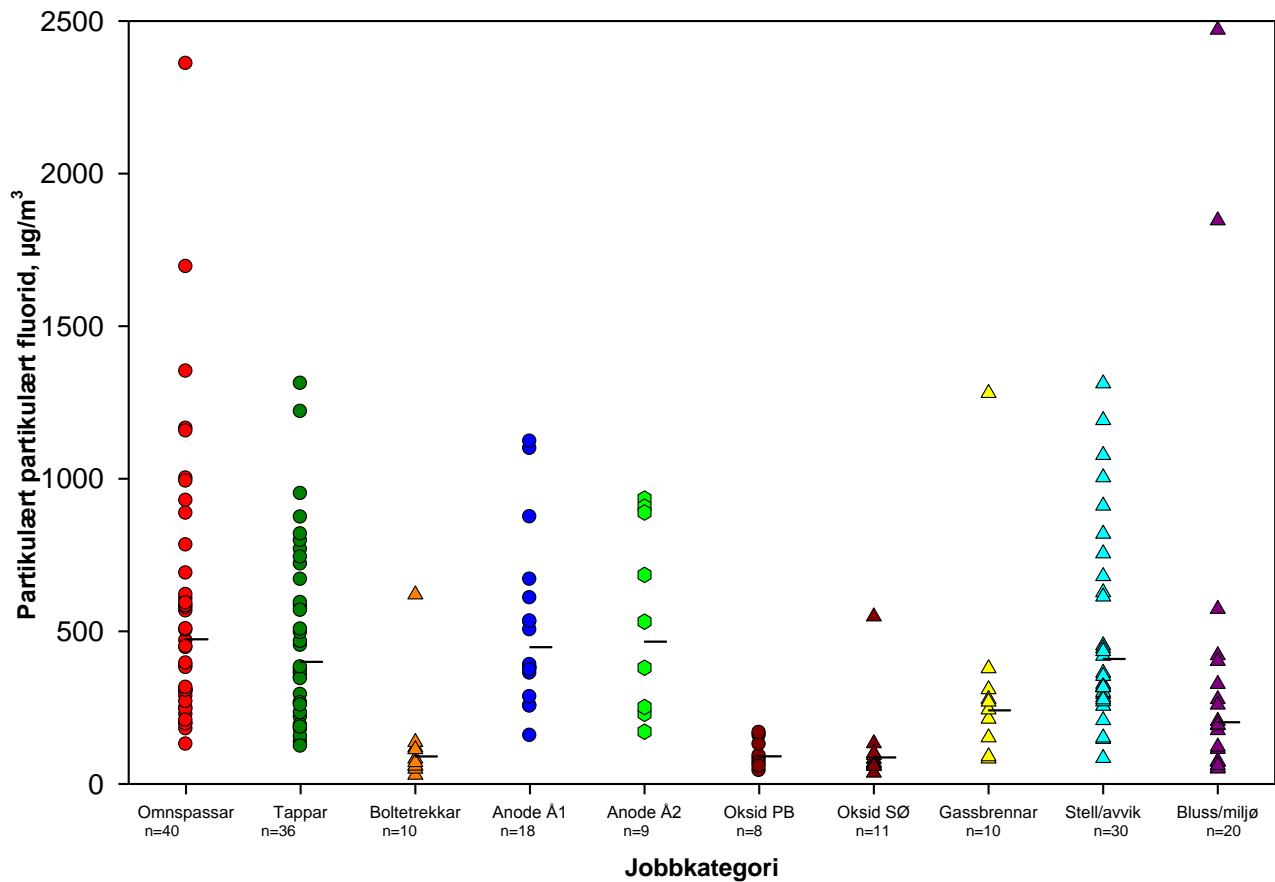
* p<0,05

Tab. 12.6 forts.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Respicon _{Torakal} vassløyseleg fluorid	Omnspassar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2
	Oksid Søderberg	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Gassbrennar	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg
Respicon _{Respirabel} vassløyseleg fluorid	Omnspassar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Anode Å1, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnspassar, Tappar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Omnspassar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnspassar, Tappar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2
	Oksid Søderberg	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Gassbrennar	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Anode Å1, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg

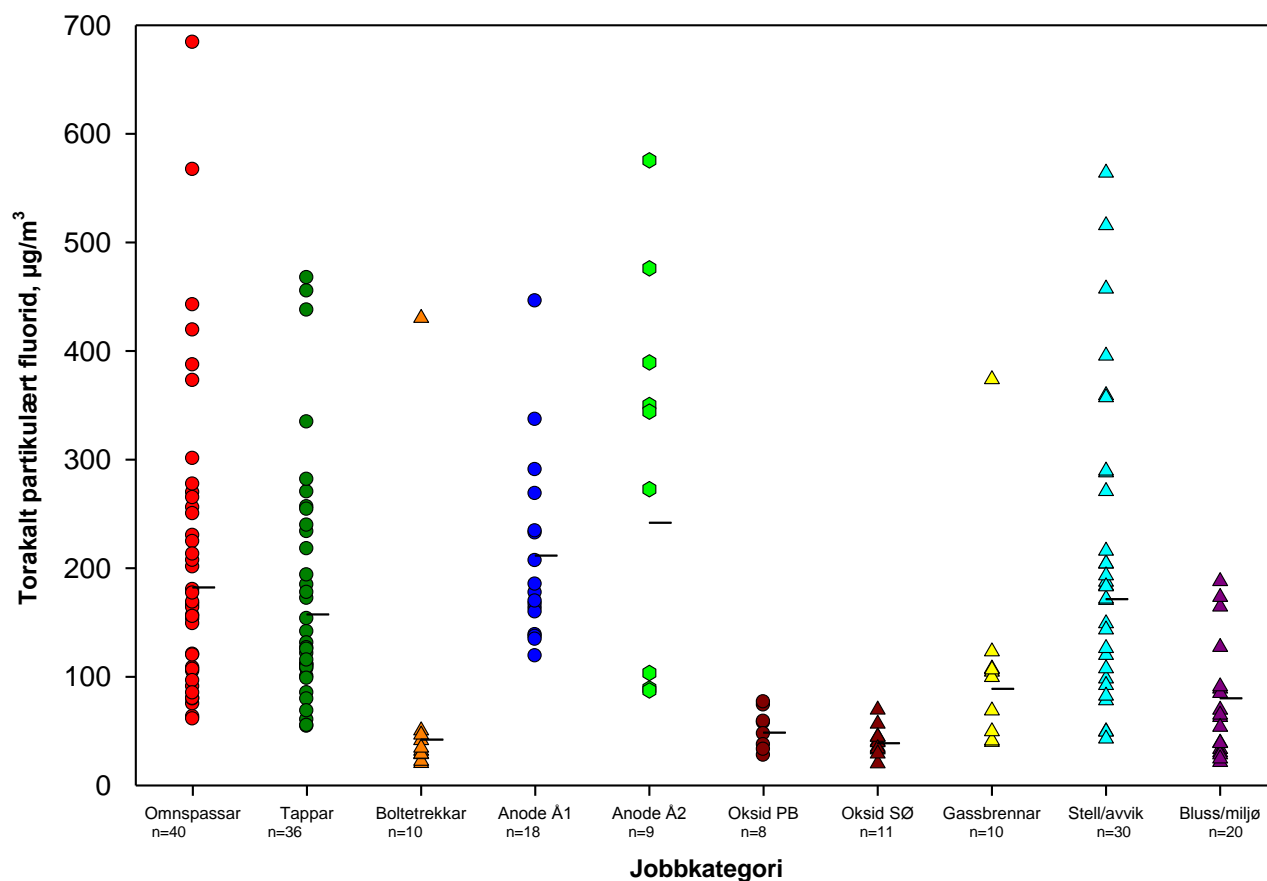
* p<0,05

12.3. Resultat partikulært fluorid



Figur 12.29: 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 12.29 er inhalerbar partikulært fluorid i den oppsamla aerosolen vist. Dette er summen av vassløseleg og lutløseleg fluorid i den inhalerbare aerosolen målt med Respiconprøvetakaren. Figuren viser høgast geometrisk gjennomsnitt for jobbkategorien Omnspassar ($473 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og Anode Å2 ($466 \mu\text{g}/\text{m}^3$), medan Boltetrekkar ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og Oksid hadde lågast GM (Oksid Prebake $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og Oksid Søderberg $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Einskild verdiar for dei ulike jobbkategoriene medførte at spreinga for dei ulike kategoriene vart stor.



Figur 12.30: 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.

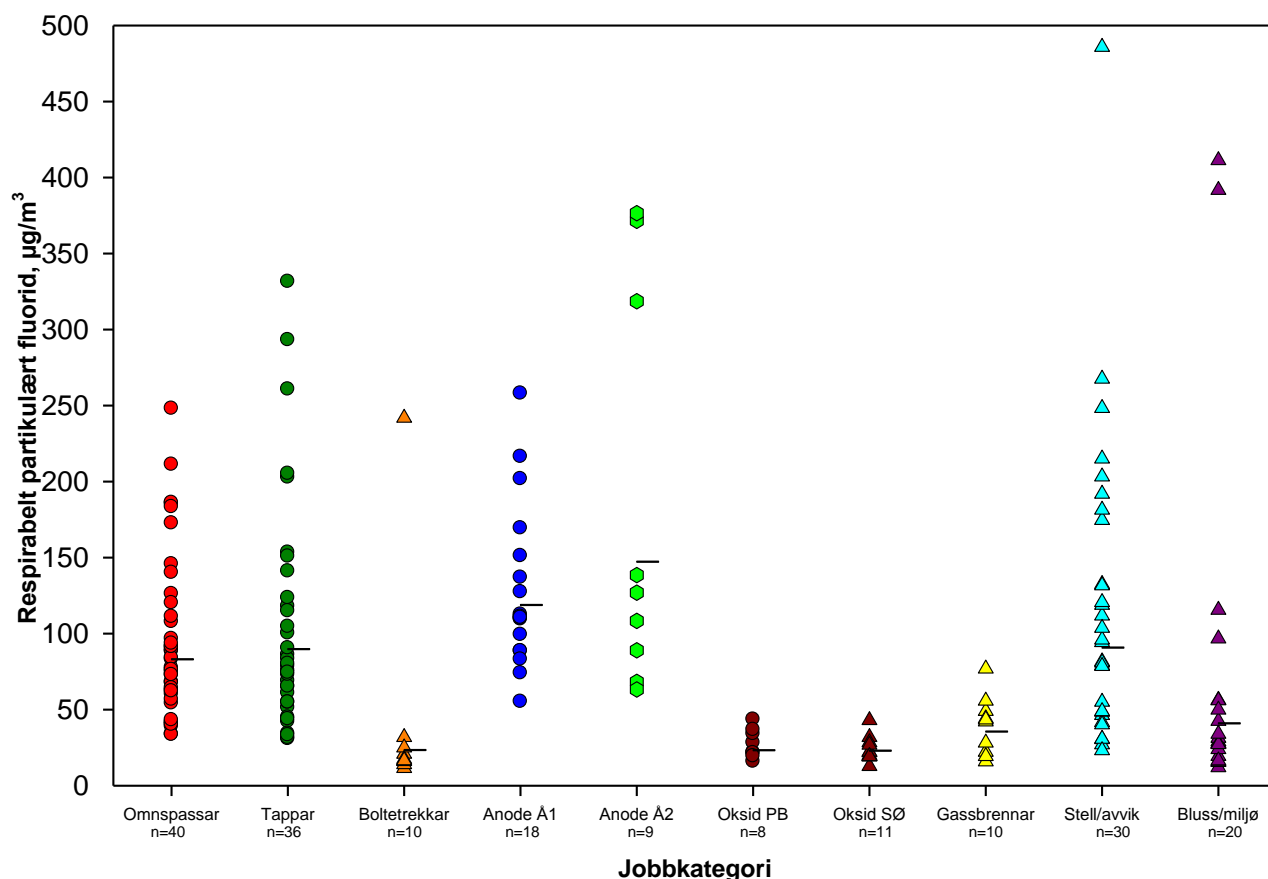
I figur 12.30 er torakale partikulære fluoridnivåa for dei ulike jobbkategoriene vist. Boltetrekkar ($42 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og Oksid (Oksid Prebake $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og Oksid Søderberg $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hadde lågast geometrisk gjennomsnitt. Også for denne komponenten var det spreinga innanfor dei ulike jobbkategoriene som var dominerande.

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

Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	40	38	36	41	23	59
Tappar	36	39	35	44	26	89
Boltetrekkar	10	47	38	58	31	69
Anode Å1	18	47	40	56	28	85
Anode Å2	9	52	41	66	37	90
Oksid Prebake	8	54	45	64	36	73
Oksid Søderberg	11	45	30	67	7,4	69
Gassbrennar	10	37	32	42	28	48
Stell/avvik	30	42	36	49	16	85
Bluss/miljø	20	40	34	46	19	80
Alle	192	42	40	44	7,4	90

Gjennomsnittleg var 42 % av det inhalerbare partikulære fluoridet torakalt. Prosentdelen var lågare enn for vassløseleg fluorid (48 %) men høgare enn for aerosolen (32 %).

Spreiinga for individuelle målingar innanfor dei ulike jobbkategoriene var stor (7,4 % - 69 % torakalt vassløseleg fluorid). Prosentdelen varierar mellom dei ulike jobbkategoriene, frå 37 % for Gassbrennar, til 54 % for Oksid Prebake.



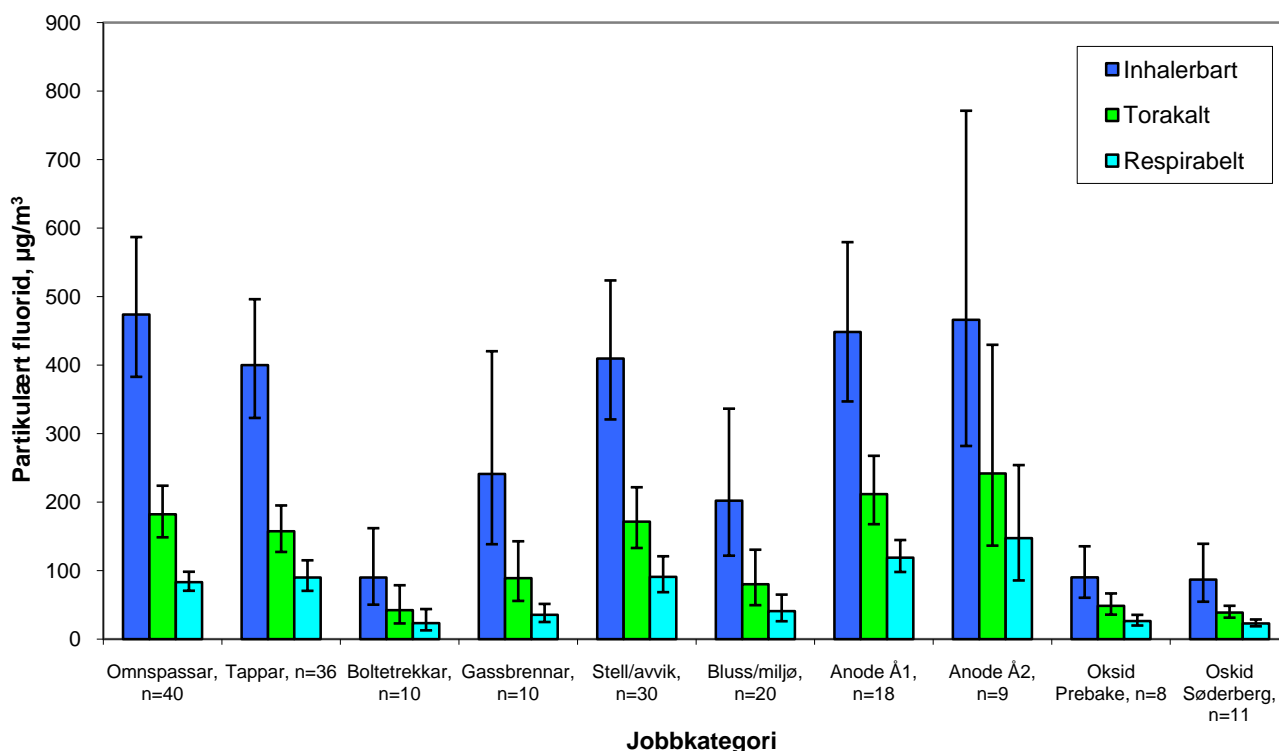
Figur 12.31: Partikulært fluorid fastsett i den respirable aerosolfraksjonen frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I figur 12.31 visast kvar einiskild verdi for det respirable partikulære fluoridet. Jobbkategoriene Boltetrekkar ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og Oksid (Oksid Prebake $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og Oksid Søderberg $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) var dei lågast eksponerte kategoriene. Einiskild verdiar for dei fleste jobbkategoriene gjer at spreingane innanfor gruppene vart stor. Jobbkategorien Stell/avvik hadde den største spreinga i resultata. For Bluss/miljø var det to høge verdiar som gjer at spreinga innanfor kategorien vart stor. Omnspassar, tappar og anodeskiftar hadde ein anna fordeling, men ei større generell spreiging i resultata.

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

Jobbkategori	n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			Nedre	Øvre		
Omnspassar	40	18	15	20	5,9	41
Tappar	36	22	19	27	9,7	97
Boltetrekkar	10	26	20	34	15	39
Anode Å1	18	27	20	35	10	80
Anode Å2	9	32	21	48	15	84
Oksid Prebake	8	29	21	41	14	54
Oksid Søderberg	11	26	17	41	4,0	39
Gassbrennar	10	15	11	20	6,0	25
Stell/avvik	30	22	19	27	6,1	64
Bluss/miljø	20	20	17	25	9,6	40
Alle	192	22	20	24	4,0	97

Av tabell 12.8 ser ein den same trenden som for torakalt partikulært fluorid, at prosentdelen respirabelt partikulært fluorid av det inhalerbare fluoridet (22 %) var høgare enn tilsvarande prosentdel for aerosol (16 %) og lågare enn tilsvarande for vassløyseg fluorid (27 %). Spreiinga for individuelle målingar innan dei ulike jobbkategoriene var stor (4,0 % - 97 %).



Figur 12.32: Geometrisk middelværdi (GM) for partikulært fluorid frå Respiconprøvetakaren.

I figur 12.32 er dei geometriske gjennomsnitta (GM) for dei ulike jobbkategoriene. Av denne går det fram at det var Omnspassar, Tappar, Anode Å1, Anode Å2 og Stell/avvik som var jobbkategoriene med høgast målt eksponering for partikulært fluorid. Dette gjeld for både inhalerbart, torakalt og respirabelt partikulært fluorid.

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

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Respicon Inhalerbar partikulær fluorid	Omnpassar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnpassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Oksid Søderberg	Omnpassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Gassbrennar	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/avvik, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
Respicon Torakal partikulær fluorid	Omnpassar	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnpassar, Tappar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2
	Oksid Søderberg	Omnpassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Gassbrennar	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg

* p<0,05

Tab. 12.9 forts.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Respicon Respirabel partikulær fluorid	Omnspassar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnspassar, Tappar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnspassar, Tappar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2
	Oksid Søderberg	Omnspassar, Tappar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Gassbrennar	Omnspassar, Tappar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2
	Stell/avvik	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg

Det er jobbkategoriene boltetrekkar, Oksid Prebake og Oksid Søderberg som skil seg ut frå dei andre jobbkategoriene dersom ein ser på eksponeringa for partikulært fluorid. Eksponeringa for desse jobbkategoriene var lågare enn for dei andre. Kategoriane Omnspassar, Tappar, Anode Å1 og Stell/avvik er berre signifikant forskjellige for det respirable partikulære fluoridet. Jobbkategoriene Bluss/miljø og Gassbrennar hadde heller ikkje signifikant ulik eksponering.

Den respirable partikulære prosentdelen var 15-32 % og den torakale var 38-54 % av det inhalerbare partikulære fluoridet. Liten forskjell mellom dei ulike jobbkategoriene, men Gassbrennarane hadde lågast respirabel og torakal prosentdel.

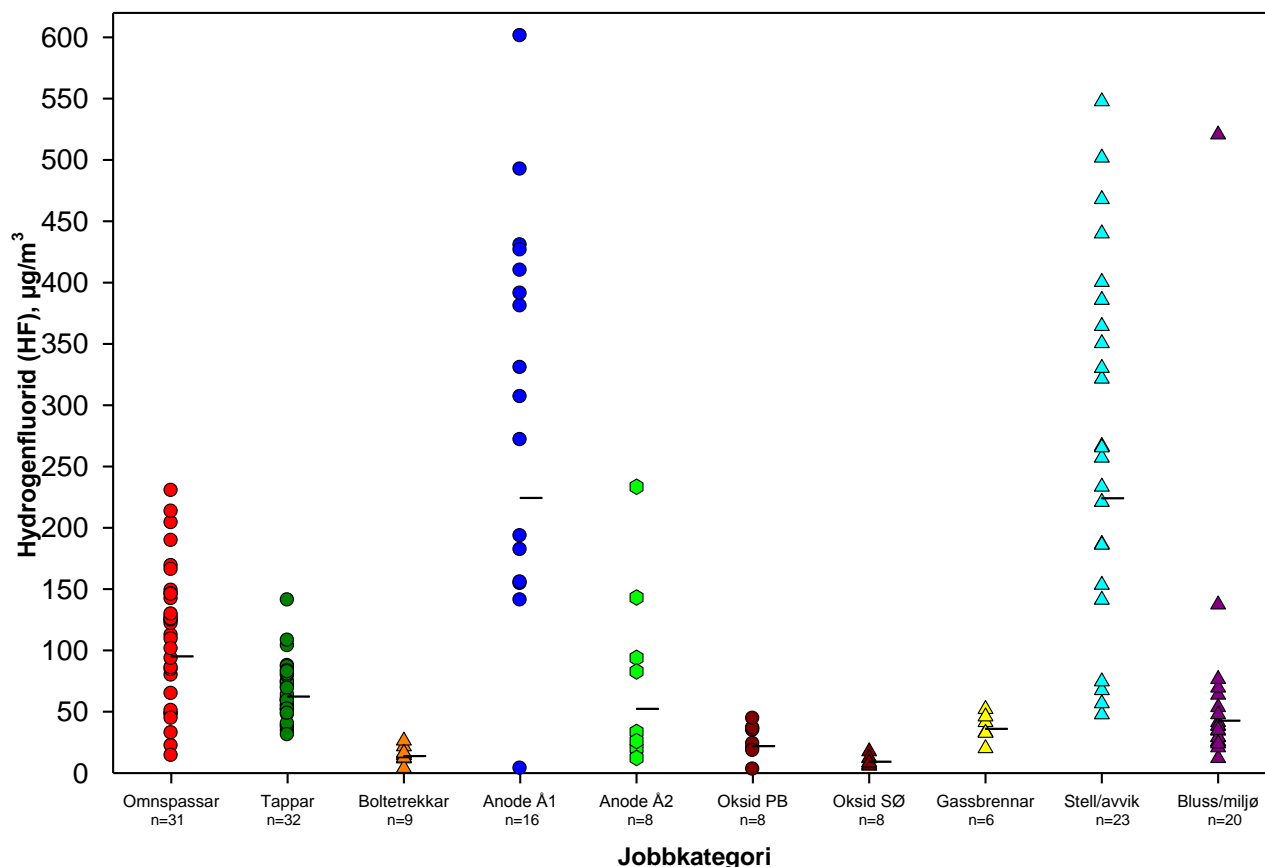
* p<0,05

Tabell 12.10: Prosent vassløyseleg fluorid av partikulært fluorid

Parameter	Jobbkategori	n	GM	95 % Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
				Nedre	Øvre		
Prosent respirabelt vassløyseleg fluorid av respirabelt partikulært fluorid	Omnspassar	40	61	57	65	39	86
	Tappar	36	60	50	71	6,5	91
	Boltetrekkar	10	36	27	48	18	58
	Anode Å1	18	66	60	71	50	86
	Anode Å2	9	55	48	63	41	66
	Oksid Prebake	8	48	39	59	31	66
	Oksid Søderberg	11	37	26	53	16	63
	Gassbrennar	10	58	48	69	41	80
	Stell/avvik	30	57	48	67	8,5	91
	Bluss/miljø	20	47	38	57	18	85
	Alle	192	55	51	58	6,5	91
Prosent torakalt vassløyseleg fluorid av torakalt partikulært fluorid	Omnspassar	40	53	50	57	32	83
	Tappar	36	62	53	71	7,8	92
	Boltetrekkar	10	36	26	48	18	60
	Anode Å1	18	56	48	65	17	72
	Anode Å2	9	48	38	60	28	65
	Oksid Prebake	8	47	38	58	31	71
	Oksid Søderberg	11	35	25	49	18	60
	Gassbrennar	10	52	43	63	32	68
	Stell/avvik	30	51	43	61	8,2	84
	Bluss/miljø	20	43	36	52	18	74
	Alle	192	51	48	54	7,8	92
Prosent inhalerbart vassløyseleg fluorid av inhalerbart partikulært fluorid	Omnspassar	40	42	39	46	24	65
	Tappar	36	51	45	58	10	76
	Boltetrekkar	10	41	30	56	18	65
	Anode Å1	18	51	46	56	39	73
	Anode Å2	9	44	39	50	36	61
	Oksid Prebake	8	49	39	62	31	64
	Oksid Søderberg	11	38	29	50	18	66
	Gassbrennar	10	42	35	52	26	59
	Stell/avvik	30	43	35	53	3,3	70
	Bluss/miljø	20	39	33	46	18	66
	Alle	192	44	42	47	3,3	76

12.4. Gassar, HF og SO₂

12.4.1. Hydrogenfluorid (HF)



Figur 12.33: Gassformig fluorid frå HF fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I figur 12.33 viser resultatane av eksponeringsmålingane for gassformig fluorid, omrekna til hydrogenfluorid gass. Kategoriane Anode Å1 og Stell/avvik hadde dei gjennomsnittlege (GM) høgaste eksponeringane (begge med 224 µg/m³), medan Oksid Søderberg (9,2 µg/m³), Boltetrekkar (14 µg/m³) og Oksid Prebake (22 µg/m³) var lågast eksponert. Spreiinga var stor innan gruppene Anode Å1 og Stell/avvik, medan innafor Boltetrekkar, Oksid Søderberg og Gassbrennar var spreinga relativt liten.

Ein HF sensor vart utprøvd, men den viste seg ikkje å ha god nok oppløysning og respons til at ein kan nytte dei ved konsentrasjonsnivåa som ein har i denne industrien.

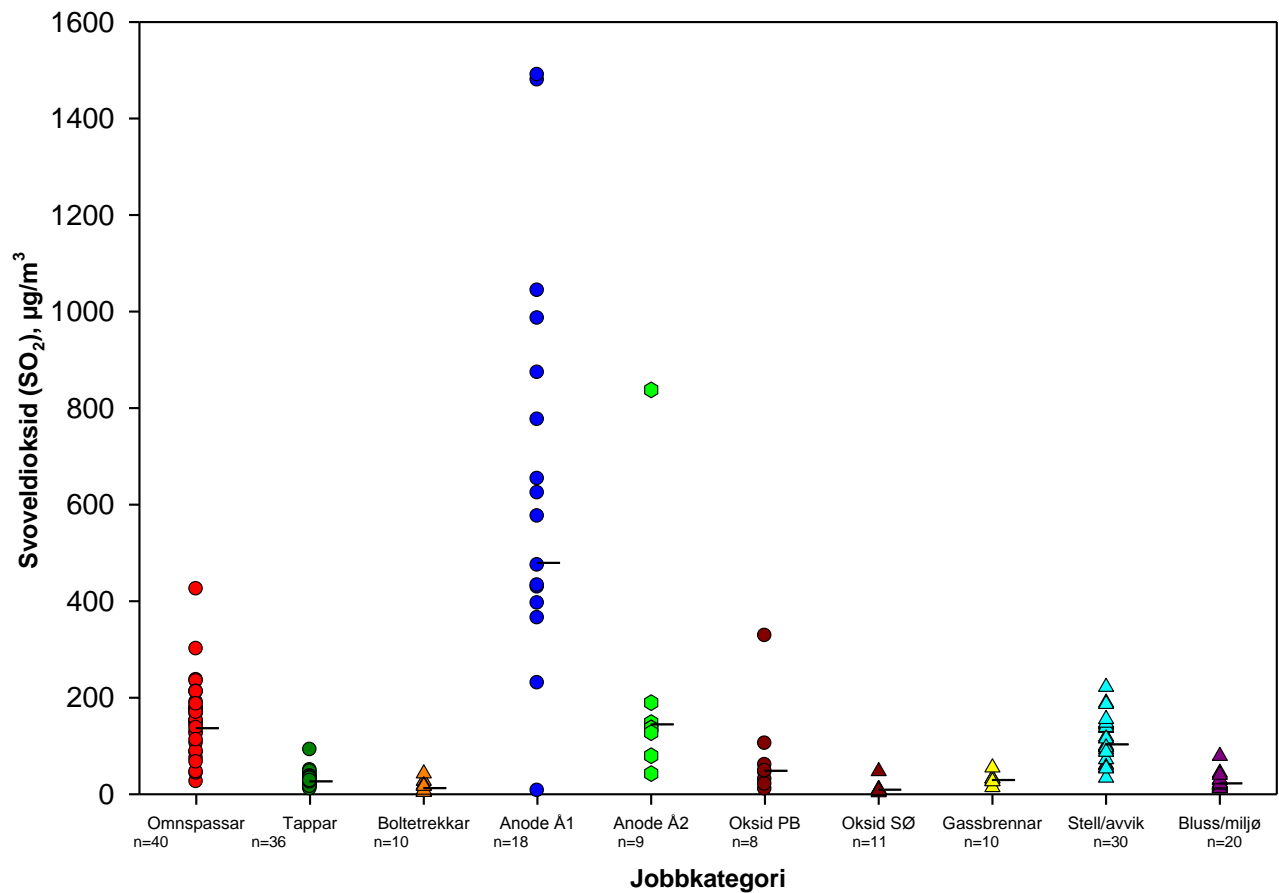
Tabell 12.7: Oversikt over kva jobbkategoriar der GM var signifikant* forskjellige for gassformig fluorid (HF).

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
HF _(gass)	Omnpassar	Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Omnpassar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnpassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Omnpassar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnpassar, Tappar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg
	Oksid Søderberg	Omnpassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake
	Gassbrennar	Omnpassar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Omnpassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnpassar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Oksid Prebake, Oksid Søderberg

HF_(g) blir danna frå prosessen. Ein kan tenkje seg at eksponeringa er avhengig av opphaldstid ved opne bad. HF_(g) vil kunne adsorberast på aerosolen i hallatmosfæren og vil då bli rapportert som partikulært fluorid. Som ei mogleg årsak til at jobbkategoriene Anode Å1 og Stell/avvik hadde høgast nivå og størst spreining er opphaldstida nær opne celler. Avhengig av utført arbeid er det svært ulik opphaldstid nær cellene, både mellom ulike personar og mellom dagar for same person.

* p<0,05
57

12.4.2. Svoveldioksid (SO₂)



Figur 12.34: SO₂ frå filter fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Kjelda til SO₂-gasseksponeringa er mellom anna svovelinnhaldet i anoden. Svovelinnhaldet i anoden vil kunne variere med råstoffet til anoden og då truleg variere frå batch til batch. Figur 12.34 viser svoveldioksid (SO₂) eksponeringa fordelt på jobbkategoriar. Det går klart fram at det var Anode Å1 som var den høgste eksponerte kategorien med ein geometrisk gjennomsnittsverdi på 479 µg/m³ og hadde størst spreing. Lågast gjennomsnittleg eksponering vart målt for Gassbrennar (9,5 µg/m³).

Tabell 12.9: Oversikt over kva jobbkategoriar der GM var signifikant* forskjellige for svoveldioksid (SO₂).

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
SO ₂	Omnspassar	Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Anode Å1, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Omnspassar, Tappar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake
	Anode Å1	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Anode Å1, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg
	Oksid Søderberg	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake
	Gassbrennar	Omnspassar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Tappar, Boltetrekkar, Bluss/miljø, Anode Å1, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnspassar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg

Jobbkategorien Anode Å1 hadde signifikant høgare eksponering enn alle dei andre kategoriane. Spreiinga var også størst innan denne kategorien.

12.4.3. Tidsoppløyte SO₂-målingar

For å betre kunne forstå SO₂ eksponeringa vart det nytta direktevisande gassesensarar til kontinuerleg kunne monitere konsentrasjonen av SO₂ over arbeidsskifta. Fig. 12.35 og 12.36 viser to typiske variasjonsmålingar for to ulike arbeidsoperasjonar. SO₂ kjem frå svevet i kolet som blir nytta. Eksponeringsmønstra for dei ulike arbeidsoperasjonane varierte og sensorane vart derfor eit viktig verktøy til å identifisere utsette arbeidsfunksjonar.

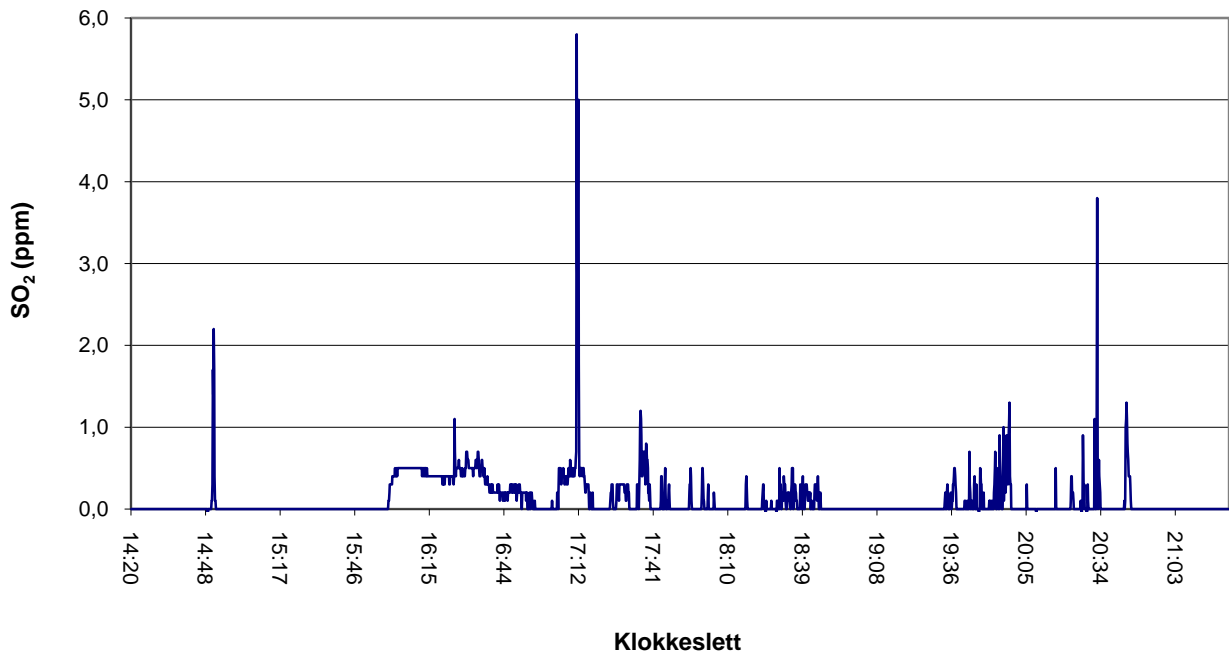


Fig. 12.35: Tidsoppløyst SO₂ signal for Omnspassar 4. september 2003.

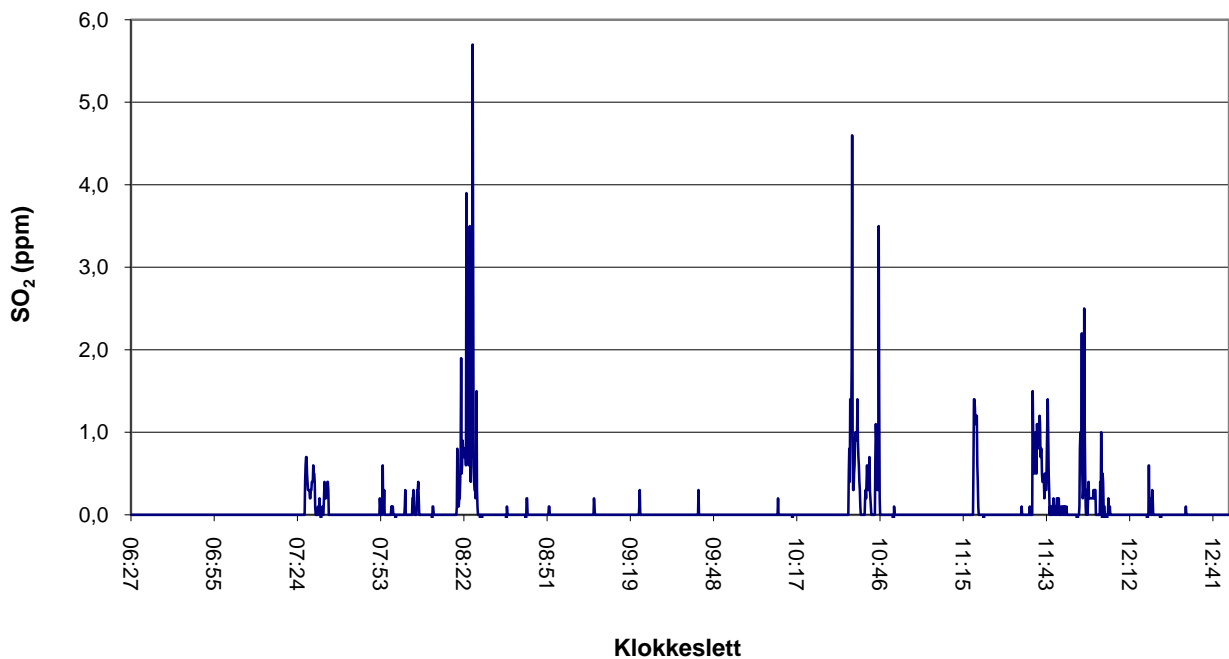
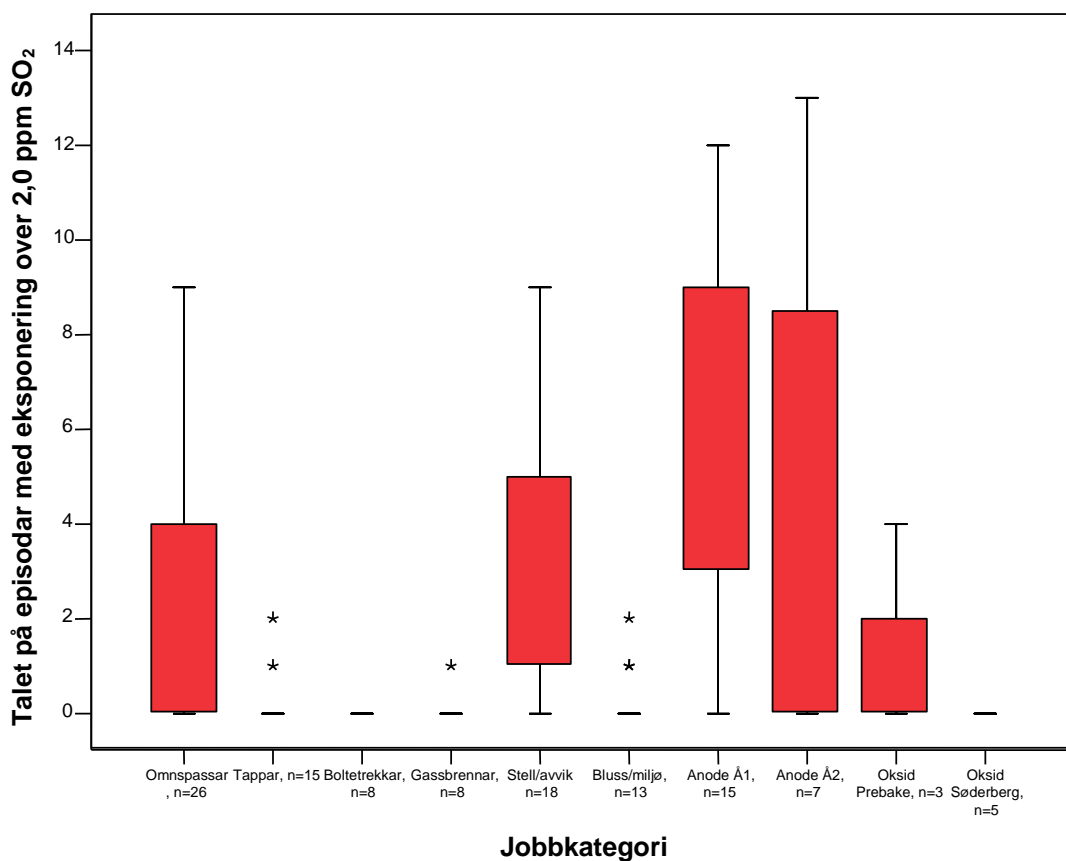
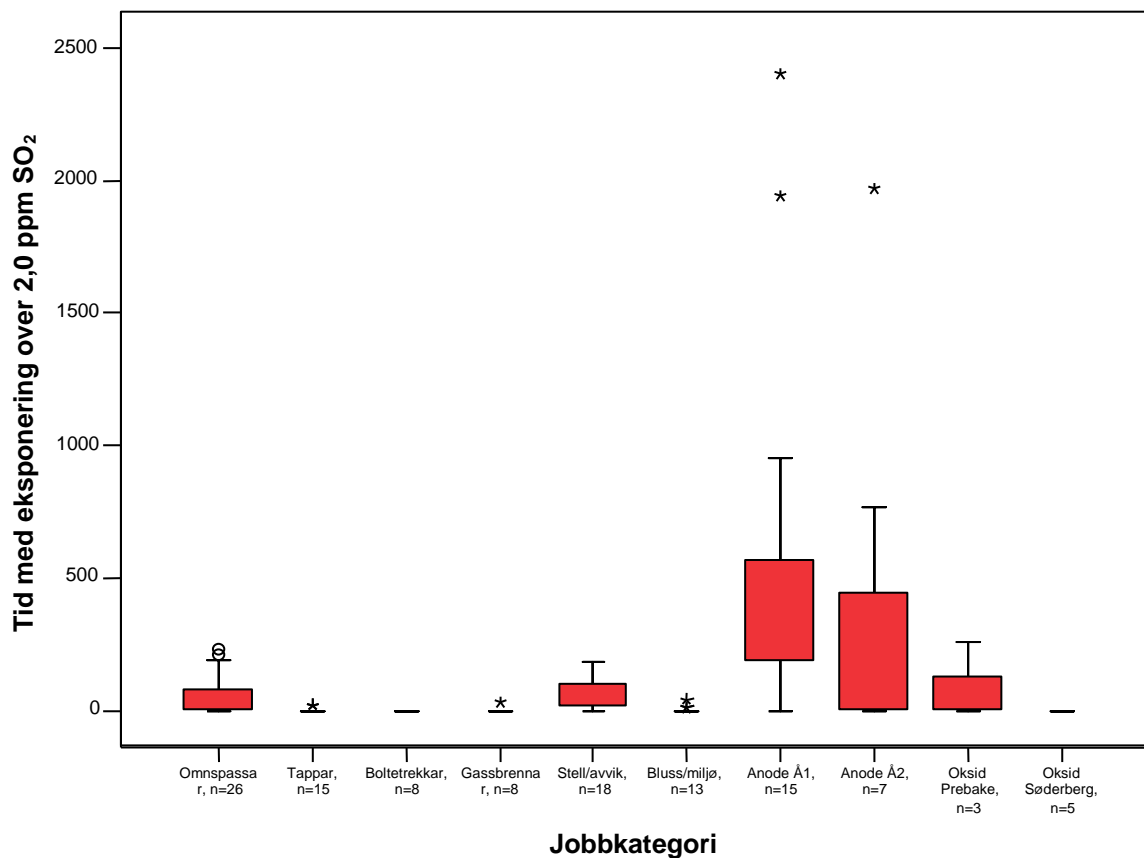


Fig. 12.36: Tidsoppløyst SO₂ signal for Stell/avvik 10. september 2003

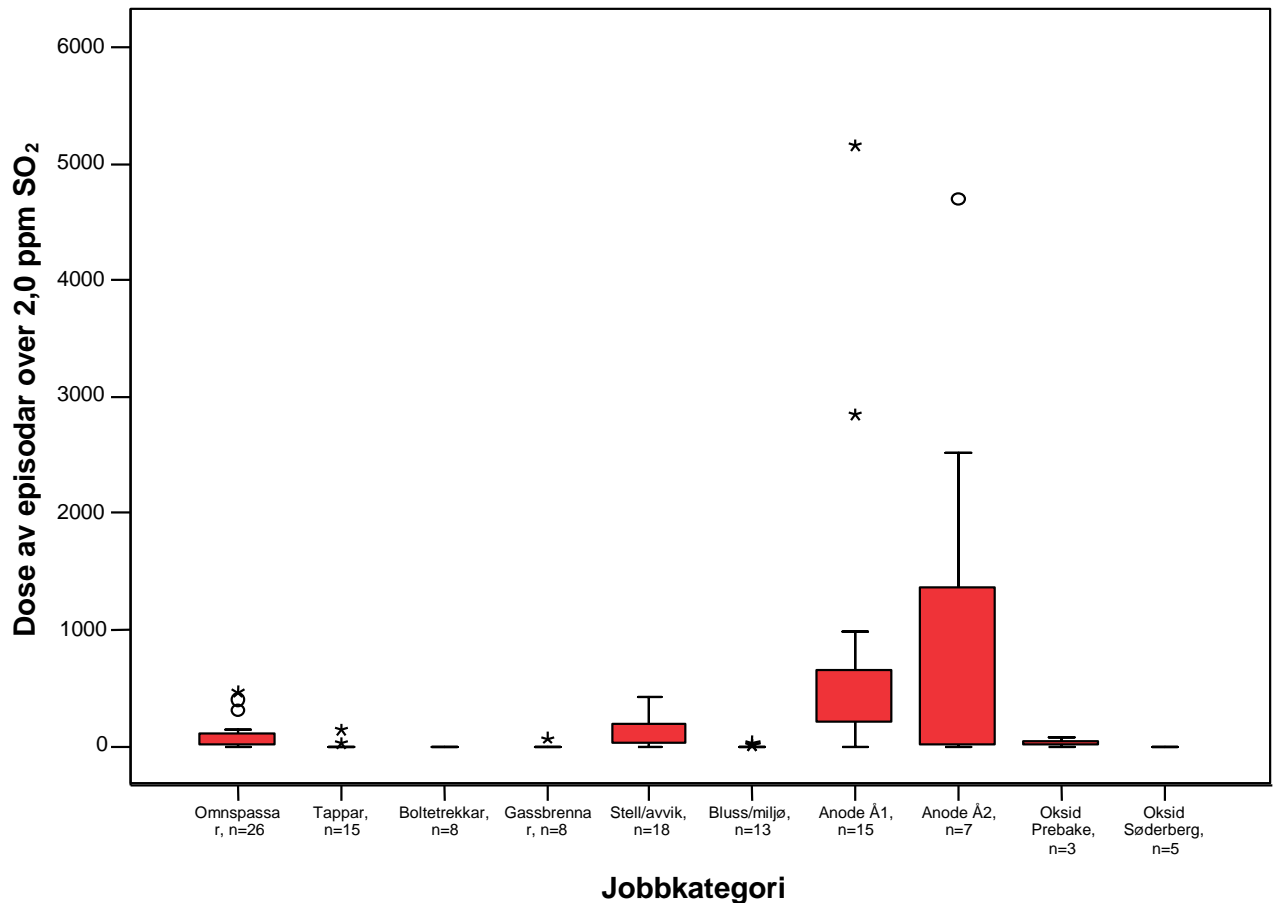
For å kunne vurdere dei tidsoppløyste SO₂ –verdiane vart det nytta ein strategi ved å telje talet på episodar over ein gjeven verdi, kor lenge ein slik episode varte og dosen av SO₂ i kvar episode. Figur 12.37 viser talet på episodar med verdiane over 2,0 ppm SO₂ fordelt på arbeidsoperasjonane. I figur 12.38 viser talet på sekund kor eksponeringa har vore over 2,0 ppm, fordelt på dei ulike arbeidsoperasjonane. Figur 11.39 viser dosen i desse episodane over 2,0 ppm fordelt på dei ulike arbeidsoperasjonane.



Figur 12.37: BoksploTT av episodar med eksponering over 2,0 ppm SO₂.



Figur 12.38: BoksploTT av talet på sekund med eksponering over 2,0 ppm SO₂.



Figur 12.39: Boksploott av dose (ppm *sekund) for eksponering over 2,0 ppm SO₂.

Gass-sensorar med logging er nyttige hjelpemiddel for identifisering av toppeksponeering og variasjonen av eksponeringa gjennom eit arbeidsskit. For alle gassloggerane vart det rekna tidsoppløyste konsentrasjonsfigurar, gjennomsnittleg konsentrasjon (ppm) og maksimalverdi: tillegg vart toppane over ein gjeven verdi identifisert ved å rekne talet på episodar, kor lenge dei varer (sek) og integrert dose (ppm*s) som episodane representerer.

Tabell 12.11: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålingar. Eksponeringsverdiar over 0,2 ppm, Aritmetisk middelverdi (AM).

Jobbkategori	Talet på målingar, n	Tal på episodar	Tid over, s	Dose, ppm*s
Omnspassar	26	24	1342	652
Tappar	15	12	949	240
Boltetrekkar	8	3,8	188	54
Anode Å1	15	46	7289	4897
Anode Å2	7	34	3449	3043
Oksid Prebake	3	3,7	977	1027
Oksid Søderberg	5	3,2	98	13
Gassbrennar	8	10	193	59
Stell/avvik	18	27	1188	644
Bluss/miljø	13	15	214	62
Alle	118	21	1807	1117

Tabell 12.12: 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	26	10	513	355
Tappar	15	3,5	186	61
Boltetrekkar	8	0,9	71	17
Anode Å1	15	28	3669	3120
Anode Å2	7	21	1677	2241
Oksid Prebake	3	1,3	787	762
Oksid Søderberg	5	0,4	4,0	0,8
Gassbrennar	8	2,0	38	29
Stell/avvik	18	13	431	393
Bluss/miljø	13	2,9	45	24
Alle	118	10	801	701

Tabell 12.13: 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	26	3,1	101	124
Tappar	15	0,3	6,0	13
Boltetrekkar	8	0	-	-
Anode Å1	15	7,9	886	1181
Anode Å2	7	5,9	539	1315
Oksid Prebake	3	2,0	290	124
Oksid Søderberg	5	0	-	-
Gassbrennar	8	0,4	7,5	11
Stell/avvik	18	4,6	109	158
Bluss/miljø	13	0,4	6,2	5,9
Alle	118	2,9	193	286

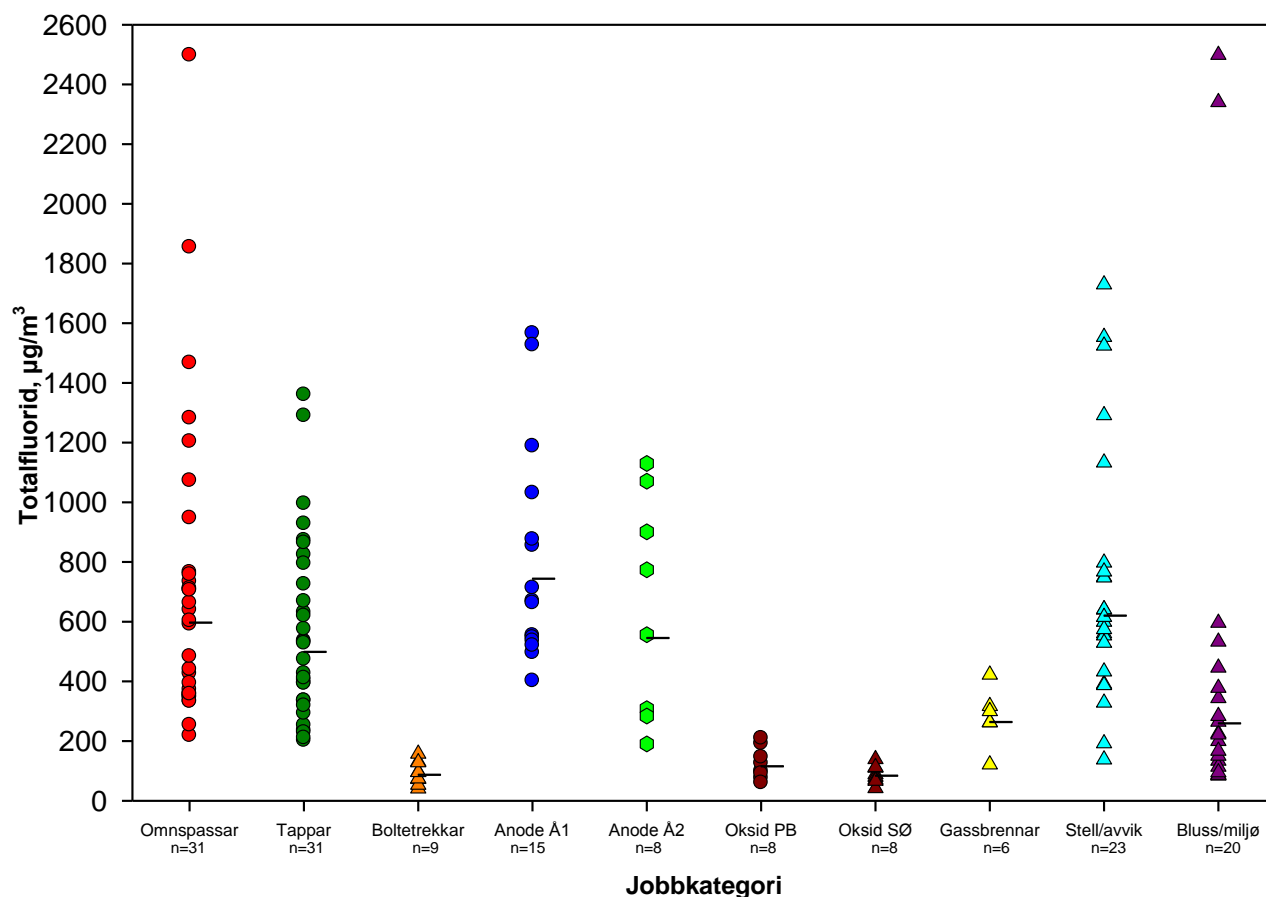
Tabell 12.14: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålinger. Eksponeringsverdier over 2,0 ppm, Aritmetisk middelværdi (AM).

Jobbkategori	Talet på målinger, n	Tal på episodar	Tid over, s	Dose, ppm*s
Omnbspassar	26	2,3	56	82
Tappar	15	0,2	2,7	10
Boltetrekkar	8	0	-	-
Anode Å1	15	5,9	572	807
Anode Å2	7	4,7	417	1071
Oksid Prebake	3	1,3	87	26
Oksid Søderberg	5	0	-	-
Gassbrennar	8	0,1	3,8	7,8
Stell/avvik	18	3,3	68	113
Bluss/miljø	13	0,3	4,6	3,4
Alle	118	2,1	124	204

Tabell 12.14: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålingar. Eksponeringsverdiar over 5,0 ppm, Aritmetisk middelveidi (AM).

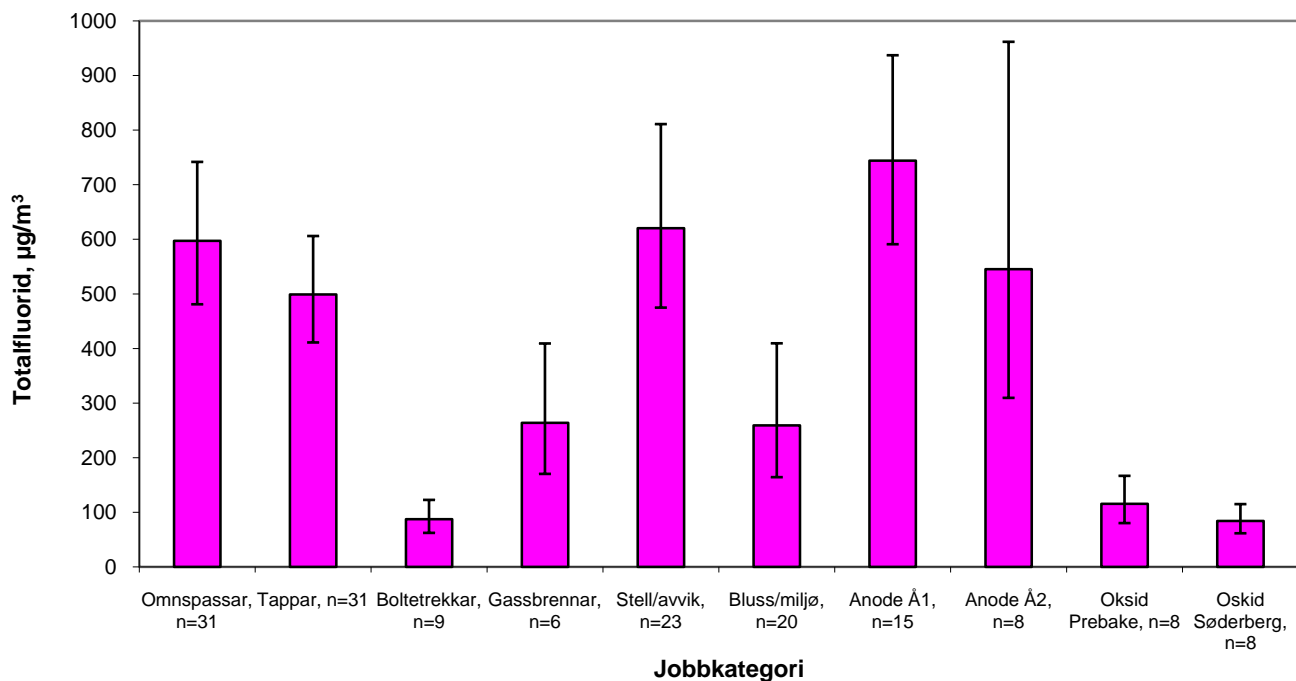
Jobbkategori	Talet på målingar, n	Tal på episodar	Tid over, s	Dose, ppm*s
Omnspassar	26	0,4	6,2	18
Tappar	15	0,1	0,7	6,3
Boltetrekkar	8	0	-	-
Anode Å1	15	1,3	68	156
Anode Å2	7	1,7	126	363
Oksid Prebake	3	0	-	-
Oksid Søderberg	5	0	-	-
Gassbrennar	8	0,1	1,3	0,3
Stell/avvik	18	0,7	9,4	17
Bluss/miljø	13	0	-	-
Alle	118	0,5	19	49

12.5. Totalfluorid



Figur 12.40: Totalfluorid, som er summen av inhalerbar partikulær aerosolfraksjonen frå Respiconprøvetakaren og gassformig fluorid frå HF, fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Jobbkategorien Anode Å1 hadde høgast eksponering ($744 \mu\text{g}/\text{m}^3$) for hydrogenfluorid medan Boltetrekkar ($87 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og Oksid Søderberg ($84 \mu\text{g}/\text{m}^3$) hadde lågast eksponering. Størst spreing fann ein for jobbkategoriene Omnspassar og Bluss/miljø.



Figur 12.41: Geometrisk middelværdi (GM) for totalfluorid (gassformig og partikulært fluorid)

Tabell 12.11: Oversikt over kva jobbkategori der GM var signifikant* forskjellig for totalfluorid.

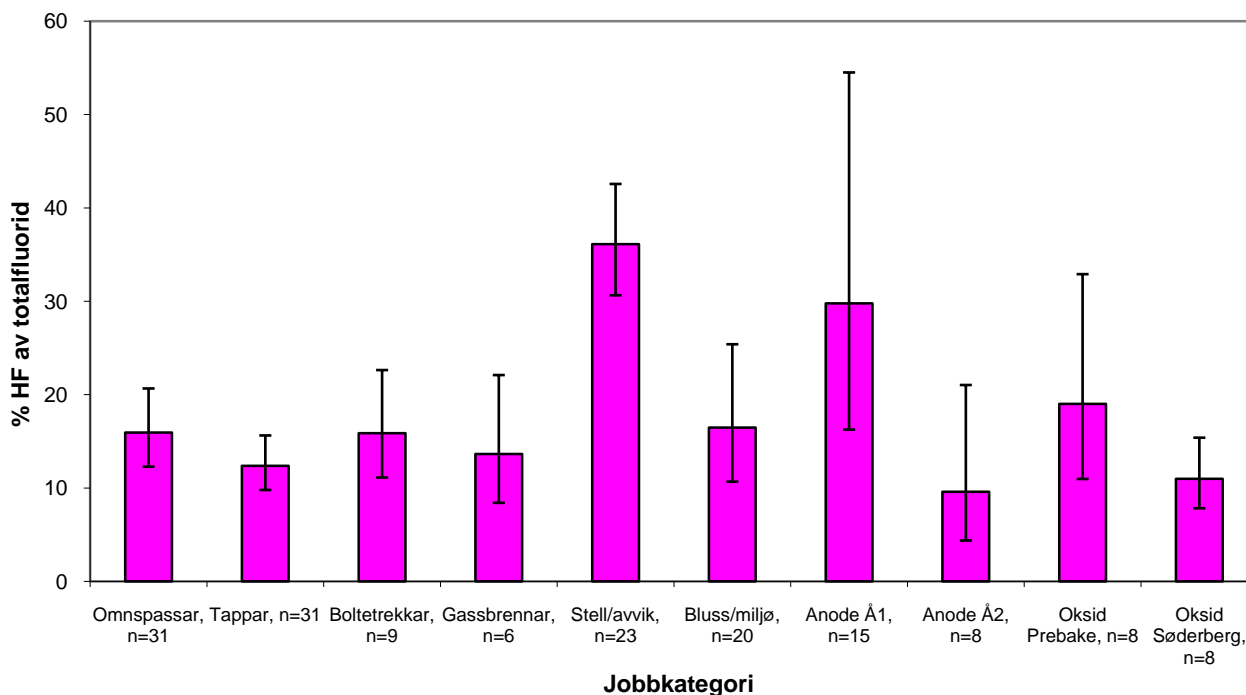
Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Totalfluorid	Omnspassar	Boltetrekkar, Bluss/miljø, Anode Prebake, Oksid Søderberg
	Tappar	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Anode Å1, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Boltetrekkar	Omnspassar, Tappar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Anode Å1	Tappar, Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Anode Å2	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Oksid Prebake	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Oksid Søderberg	Omnspassar, Tappar, Gassbrennar, Stell/avvik, Bluss/miljø, Anode Å1, Anode Å2
	Gassbrennar	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Stell/avvik	Boltetrekkar, Gassbrennar, Bluss/miljø, Oksid Prebake, Oksid Søderberg
	Bluss/miljø	Omnspassar, Tappar, Boltetrekkar, Stell/avvik, Anode Å1, Anode Å2, Oksid Prebake, Oksid Søderberg

Av tabell 12.11 ser ein at der er signifikante forskjellar mellom mange av kategoriane.

* $p < 0,05$
65

Ein HF sensor vart prøvd ut. Denne viste seg ikkje å ha god nok oppløysning og respons til at ein kan nytte for denne industrien.

Det var ein teoretisk sjanse for å danne NO_2 i elektrolyseprosessen. Prosjektet nytta derfor direktevisande NO_2 -sensorar for eventuelt å kunne måle denne eksponeringa. Vi fann ikkje verdiar over den nedste fastsetjingsgrensa for utstyret. Der er såleis ingen verdiar å rapportere eller diskutere. Ein kan slå fast at NO_2 eksponering ikkje var mogeleg å fastsetje for dei arbeidsoperasjonane som vart undersøkt i dette prosjektet.



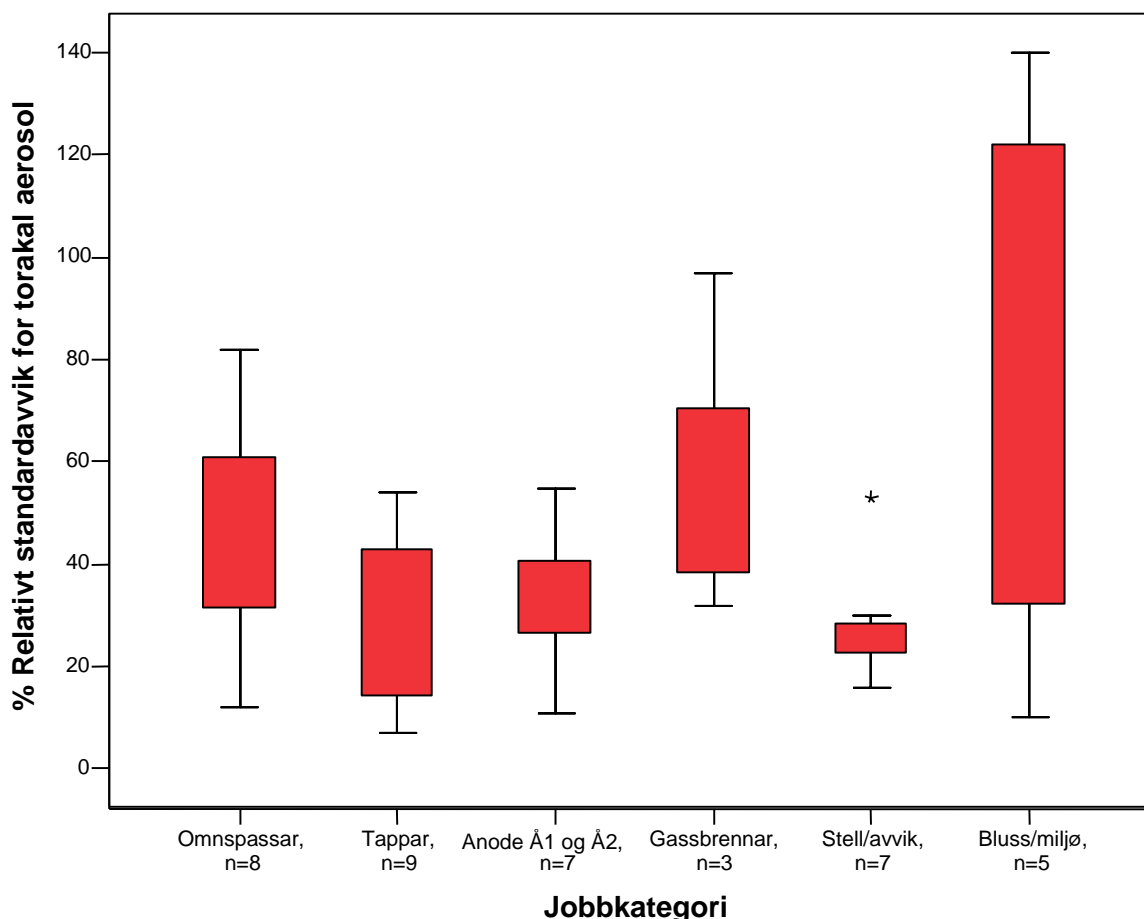
Figur 12.42: Prosentdel HF av totalfluorid fordelt på jobbkategoriar med 95 % konfidensintervall.

Figur 12.42 viser at jobbkategorien Stell/avvik hadde større del gassformig fluorid i forhold til den partikulære delen samanlikna med dei andre jobbkategoriene. Mellom dei andre jobbkategoriene var det liten forskjell (13-20 %). Samla skuldast under 20% av den totale fluorideksponeringa fluorid i gassform (HF). Størstedelen av fluorideksponeringa var partikulær.

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 speiing i resultat ein kan forvente når ein tek eksponeringsmålingar på ein tilfeldig dag.

I fig. 12.43 er dag til dag variasjonen for seks ulike jobbkategori.



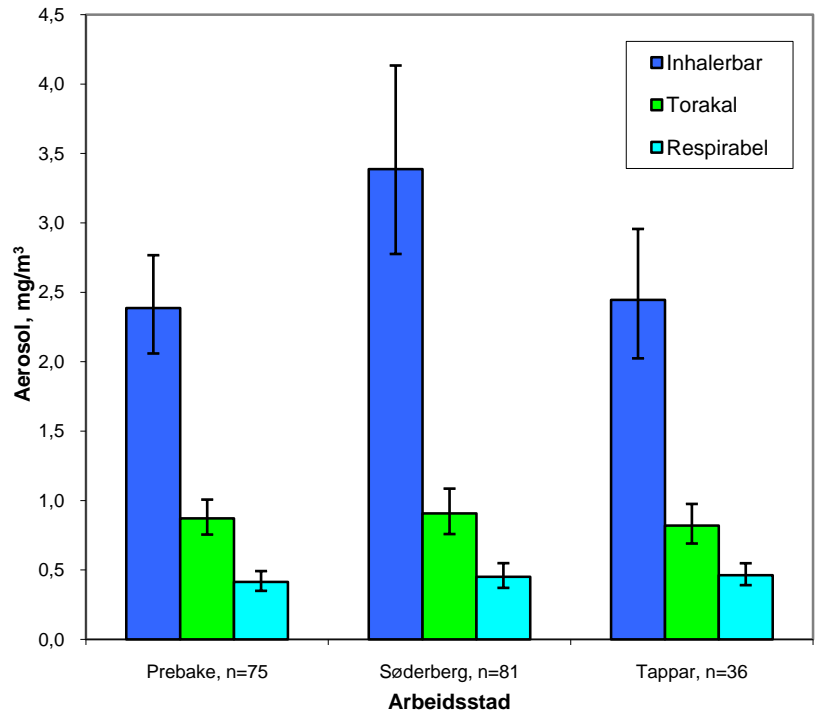
Figur 12.43: Dag til dag variasjon for same personane.

Av fig. 12.43 ser ein at det var størst dag til dag variasjon for jobbkategori Bluss/miljø, med eit gjennomsnitt på 80%. Kategori Stell/avvik hadde den minste dag til dag variasjonen. Med alle jobbkategoriene låg variasjonen mellom 20 og 80 % i gjennomsnitt for same person frå dag til dag.

12.7. Eksposering ved ulike arbeidsstadar

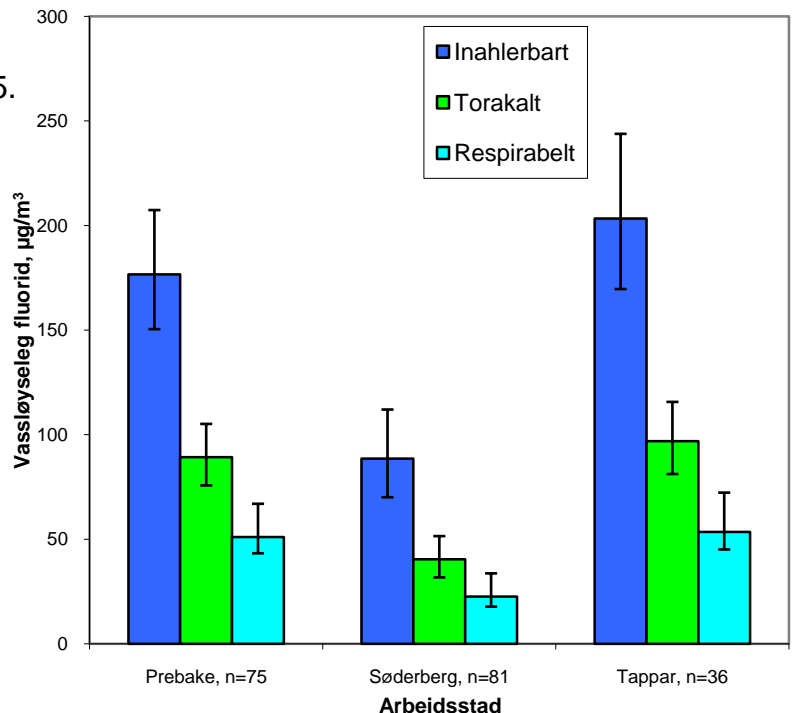
Dette kapitlet er delt opp etter arbeidsstad. Arbeidsstadane prebake og Söderberg representerar arbeid utført i hallar med desse teknologiane. Arbeidsstaden tappar er jobbkategorien tappar, uavhengig av kva hall det er blitt utført arbeid i. Årsaka til denne oppdelinga er at arbeid med tapping ikkje naturleg let seg klassifisere som arbeid knytt til anten prebake- eller Söderberg-teknologi. Tapping var såleis ei blanding av arbeid med begge teknologiane.

Ei samanlikning av arbeidsstad for dei ulike helserelevante aerosolfraksjonane er vist i figur 12.44. Figuren viser at det var signifikant ($p < 0,05$) høgare aerosoleksponering for inhalerbar aerosolfraksjon ved arbeid i Söderberg enn prebake og tappar. For torakal og respirabel aerosol var der ingen signifikant forskjell mellom dei tre arbeidsstadane.



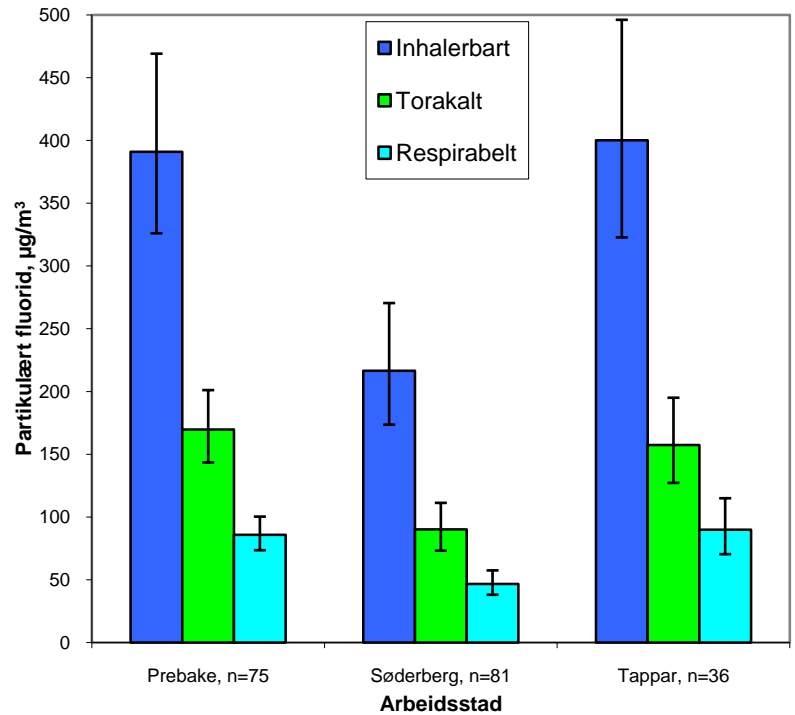
Figur 12.44: Aerosolfraksjonar, GM med 95 % konfidensintervall fordelt på arbeidsstad.

Dei ulike vassløselege fluoridfraksjonane er vist i figur 12.45. For denne komponenten var det signifikant ($p < 0,05$) lågare eksponering for både inhalerbart, torakalt og respirabelt fluorid i Söderberg enn dei andre undersøkte arbeidsstadane.



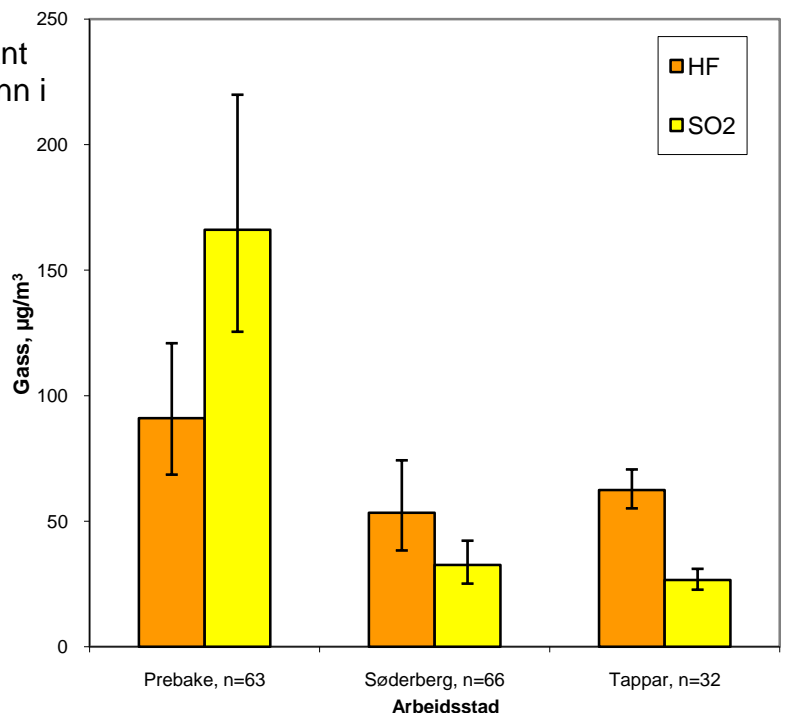
Figur 12.45: Vassløseleg fluorid i dei ulike aerosolfraksjonane, GM med 95 % konfidensintervall fordelt på arbeidsstad.

For partikulært fluorid vist i figur 12.46 Har ein same trenden som for vassløseleg fluorid, at eksponeringa var signifikant ($p < 0,05$) lågare for jobbkategoriene i Søderberg enn prebake og tappar for alle fraksjonane. Det er ikkje vist signifikant forskjell mellom prebake og tappar for nokon av fraksjonane.



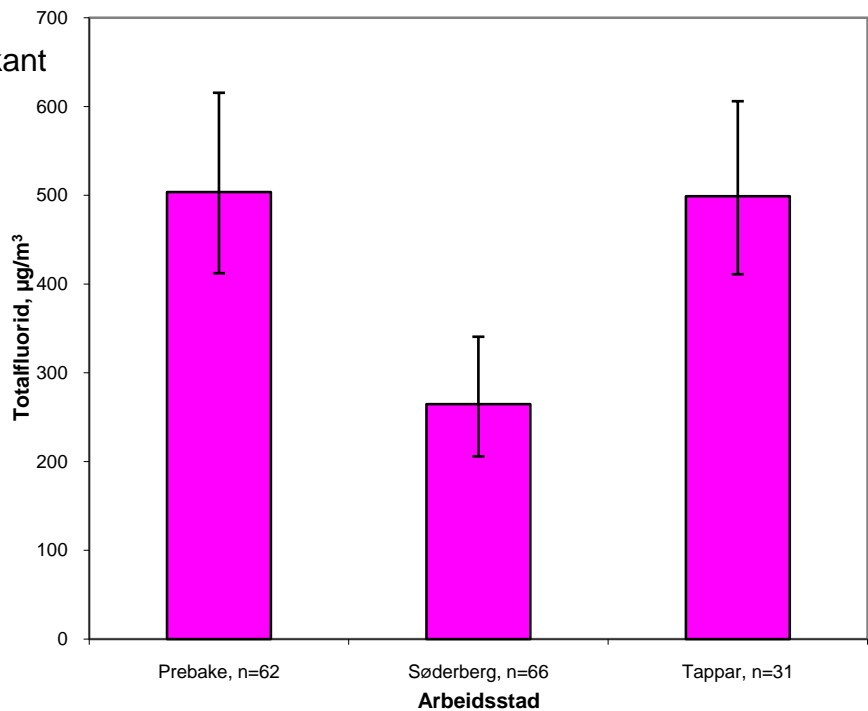
Figur 12.46: Partikulært fluorid i dei ulike aerosolfraksjonane, GM med 95 % konfidensintervall fordelt på arbeidsstad.

For hydrogenfluorid vart det målt signifikant ($p < 0,05$) høgare eksponering i prebake enn i Søderberg, medan tappar ikkje var signifikant forskjellig frå dei to andre arbeidsstadane. Eksponeringa for svoveldioksid i prebake var signifikant ($p < 0,05$) høgare enn i Søderberg og for tappar.



Figur 12.47: Gassane HF og SO₂, GM med 95 % konfidensintervall fordelt på arbeidsstad.

Totalfluorideksponeringa vist i figur 12.48 viser at det var signifikant ($p < 0,05$) lågare eksponeringa for arbeid i Søderberg enn Prebake og Tappar, medan det ikkje var signifikante forskjellar mellom prebake og tappar.



Figur 12.48: Totalfluorid, GM med 95 % konfidensintervall fordelt på arbeidsstad.

Den prosentvise samansetninga av totalfluoridet fordelt på arbeidsstad er vist i figur 12.49. Søderberg og prebake hadde størst prosentdel HF av totalfluoridet (20 % – 18 %), medan tappar hadde signifikant ($p < 0,05$) lågare prosentdel (12 %).

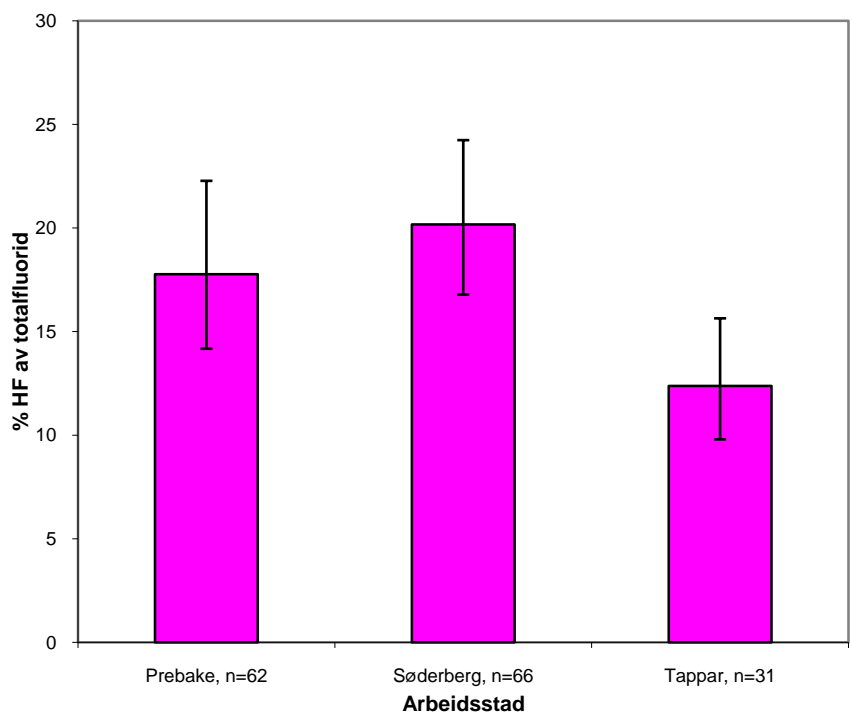


Fig. 12.49: % HF av totalfluorid, GM med 95 % konfidensintervall fordelt på arbeidsstad.

Av figurane 12.44 -12.49 går det klart fram at eksponeringa var forskjellig mellom dei to ulike teknologiane prebake og Søderberg. Aerosoleksponeringa var størst i Søderberg, medan fluorideksponeringa var større i prebake. Eksponeringa for gassane HF og SO₂ var også høgare i prebake enn i Søderberg.

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: Resultat fordelt på jobbkategori

		n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
				Nedre	Øvre		
Respirabel aerosol, Respicon, mg/m ³	Omnspassar	40	0,41	0,33	0,50	0,05	2,3
	Tappar	36	0,46	0,39	0,55	0,13	2,4
	Boltetrekkar	10	0,19	0,09	0,38	0,06	1,2
	Gassbrennar	10	0,35	0,25	0,50	0,14	0,58
	Stell/avvik	30	0,73	0,58	0,93	0,21	2,5
	Bluss/miljø	20	0,47	0,29	0,75	0,06	4,3
	Anode Å1	18	0,52	0,42	0,64	0,17	1,2
	Anode Å2	9	0,78	0,48	1,3	0,44	2,7
	Oksid Prebake	8	0,13	0,07	0,22	0,06	0,28
	Oksid Søderberg	11	0,31	0,21	0,46	0,13	0,78
	Alle	192	0,44	0,39	0,49	0,05	4,3
	Torakal aerosol, Respicon, mg/m ³	Omnspassar	40	0,94	0,79	1,1	0,28
Tappar		36	0,82	0,69	0,97	0,25	2,6
Boltetrekkar		10	0,41	0,23	0,73	0,16	2,1
Gassbrennar		10	0,89	0,64	1,25	0,45	2,2
Stell/avvik		30	1,5	1,2	1,8	0,56	3,5
Bluss/miljø		20	0,96	0,63	1,5	0,32	12
Anode Å1		18	0,98	0,82	1,2	0,57	2,2
Anode Å2		9	1,2	0,76	1,9	0,54	3,6
Oksid Prebake		8	0,32	0,19	0,55	0,10	0,83
Oksid Søderberg		11	0,47	0,34	0,65	0,22	1,1
Alle		192	0,88	0,79	0,97	0,10	12
Inhalerbar aerosol, Respicon, mg/m ³		Omnspassar	40	2,6	2,2	3,1	0,87
	Tappar	36	2,4	2,0	3,0	1,0	7,6
	Boltetrekkar	10	1,3	0,81	2,1	0,45	3,0
	Gassbrennar	10	2,9	1,9	4,2	1,5	9,0
	Stell/avvik	30	5,8	4,7	7,2	2,2	17
	Bluss/miljø	20	4,1	2,5	6,5	0,99	66
	Anode Å1	18	2,8	2,1	3,8	0,93	7,5
	Anode Å2	9	2,7	1,6	4,7	1,0	8,7
	Oksid Prebake	8	0,87	0,61	1,2	0,53	1,8
	Oksid Søderberg	11	1,5	1,0	2,3	0,67	5,4
	Alle	192	2,8	2,5	3,1	0,45	66
	Respirabelt vassløyeseleg fluorid, Respicon, µg/m ³	Omnspassar	40	50	43	59	18
Tappar		36	53	45	63	22	242
Boltetrekkar		10	8,4	4,8	15	2,1	45
Gassbrennar		10	21	15	29	10	38
Stell/avvik		30	52	37	73	2,0	299
Bluss/miljø		20	19	12	31	2,2	221
Anode Å1		18	78	66	92	46	133
Anode Å2		9	81	48	136	28	209
Oksid Prebake		8	13	8,9	18	6,6	29
Oksid Søderberg		11	8,6	6,2	12	4,1	17
Alle		192	37	32	42	2,0	299

Tab. 14.1 forts.

		n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
				Nedre	Øvre		
Torakalt vassløyseleg fluorid, Respicon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Omnspassar	40	97	80	118	21	315
	Tappar	36	97	81	116	38	284
	Boltetrekkar	10	15	8,3	27	3,8	79
	Gassbrennar	10	46	32	68	24	130
	Stell/avvik	30	88	64	121	4	345
	Bluss/miljø	20	35	21	57	4	521
	Anode Å1	18	118	101	138	77	216
	Anode Å2	9	116	72	189	45	221
	Oksid Prebake	8	23	16	32	11	41
	Oksid Søderberg	11	14	9,8	19	5,8	27
	Alle	192	65	57	74	3,5	521
Inhalerbart vassløyseleg fluorid, Respicon, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Omnspassar	40	201	168	239	69	656
	Tappar	36	203	170	244	80	624
	Boltetrekkar	10	37	20	67	5,5	114
	Gassbrennar	10	102	65	160	43	337
	Stell/avvik	30	177	129	243	5,1	523
	Bluss/miljø	20	78	48	127	17	1135
	Anode Å1	18	228	188	277	98	502
	Anode Å2	9	206	130	325	81	399
	Oksid Prebake	8	44	31	64	20	92
	Oksid Søderberg	11	33	20	54	15	192
	Alle	192	136	119	155	5,1	1135
Inhalerbar aerosol, IOM, mg/m^3	Omnspassar	32	2.5	1,9	3,2	0,89	11
	Tappar	32	2.2	1,5	3,1	0,71	111
	Boltetrekkar	10	1.7	1,1	2,5	1,1	4,0
	Gassbrennar	8	1.8	1,1	3,0	1,0	4,3
	Stell/avvik	24	4.5	3,2	6,2	0,99	12
	Bluss/miljø	20	3.6	2,6	5,1	1,0	11
	Anode Å1	16	2.7	1,9	3,9	1,0	6,8
	Anode Å2	8	2.4	1,4	4,1	1,0	5,1
	Oksid Prebake	8	1.1	1,1	1,2	1,1	1,4
	Oksid Søderberg	10	1.4	0,88	2,2	0,95	6,3
	Alle	168	2.5	2,2	2,8	0,71	111
Inhalerbart vassløyseleg fluorid, IOM, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Omnspassar	32	160	106	243	2,8	529
	Tappar	31	148	98	223	3,1	463
	Boltetrekkar	10	32	21	48	17	95
	Gassbrennar	8	96	72	129	62	165
	Stell/avvik	24	175	115	265	3,2	578
	Bluss/miljø	20	82	60	112	21	295
	Anode Å1	16	243	205	288	152	399
	Anode Å2	8	184	135	251	108	340
	Oksid Prebake	8	64	53	76	41	77
	Oksid Søderberg	10	39	25	60	17	128
	Alle	167	120	103	141	2,8	578

Tab. 14.1 forts.

		n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
				Nedre	Øvre		
Respirabelt partikulært fluorid, Respicon, µg/m ³	Omnspassar	40	83	70	98	34	248
	Tappar	36	90	70	115	31	796
	Boltetrekkar	10	23	13	44	12	242
	Gassbrennar	10	36	25	51	16	77
	Stell/avvik	30	91	68	121	23	486
	Bluss/miljø	20	41	26	65	12	411
	Anode Å1	18	119	98	144	55	258
	Anode Å2	9	147	85	254	63	377
	Oksid Prebake	8	26	20	35	16	44
	Oksid Søderberg	11	23	19	29	13	43
	Alle	192	67	59	76	12	796
Torakalt partikulært fluorid, Respicon, µg/m ³	Omnspassar	40	182	148	224	61	765
	Tappar	36	157	127	195	54	732
	Boltetrekkar	10	42	23	78	21	430
	Gassbrennar	10	89	56	143	40	374
	Stell/avvik	30	172	133	222	43	564
	Bluss/miljø	20	80	49	130	21	967
	Anode Å1	18	212	168	267	119	750
	Anode Å2	9	242	136	429	87	576
	Oksid Prebake	8	49	36	67	28	77
	Oksid Søderberg	11	39	31	48	20	70
	Alle	192	128	113	145	20	967
Inhalerbart partikulært fluorid, Respicon, µg/m ³	Omnspassar	40	474	383	587	130	2360
	Tappar	36	400	323	496	123	1312
	Boltetrekkar	10	90	50	162	30	621
	Gassbrennar	10	241	138	420	83	1280
	Stell/avvik	30	410	321	523	84	1312
	Bluss/miljø	20	202	122	336	50	2471
	Anode Å1	18	448	347	579	158	1122
	Anode Å2	9	466	282	771	171	935
	Oksid Prebake	8	90	60	135	44	168
	Oksid Søderberg	11	87	54	139	37	548
	Alle	192	306	269	348	30	2471
Totalfluorid, µg/m ³	Omnspassar	31	597	481	742	219	2498
	Tappar	31	499	411	606	203	1361
	Boltetrekkar	9	87	62	123	41	157
	Gassbrennar	6	264	170	409	122	422
	Stell/avvik	23	620	475	811	138	1730
	Bluss/miljø	20	259	164	409	84	2499
	Anode Å1	15	744	591	937	402	1566
	Anode Å2	8	545	309	961	190	1130
	Oksid Prebake	8	116	80	167	61	210
	Oksid Søderberg	8	84	61	115	42	139
	Alle	159	385	334	444	41	2499

Tab. 14.1 forts.

		n	GM	95% Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
				Nedre	Øvre		
Hydrogenfluorid, HF, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Omnspassar	31	95	75	122	14	230
	Tappar	32	62	55	71	31	141
	Boltetrekkar	9	14	9,2	21	4,0	26
	Gassbrennar	6	36	25	51	20	52
	Stell/avvik	23	224	165	305	48	548
	Bluss/miljø	20	43	29	62	12	521
	Anode Å1	16	224	120	421	3,8	601
	Anode Å2	8	52	22	124	12	233
	Oksid Prebake	8	22	11	45	3,0	44
	Oksid Søderberg	8	9	6,8	13	5,9	18
	Alle	161	68	57	81	3,0	601
Svoveldioksid, SO_2 , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Omnspassar	31	137	110	170	26	425
	Tappar	32	27	23	31	11	92
	Boltetrekkar	9	13	6,8	24	4,6	43
	Gassbrennar	6	29	19	46	14	55
	Stell/avvik	23	103	84	126	34	222
	Bluss/miljø	20	22	18	28	12	79
	Anode Å1	16	479	249	922	7	1491
	Anode Å2	8	145	71	294	43	838
	Oksid Prebake	8	49	20	116	11	329
	Oksid Søderberg	8	9,5	5,2	17	3,8	48
	Alle	161	59	48	72	3,8	1491

Tabell: 14.2: Resultat fordelt på arbeidsstad

		n	GM	95% Konfidensintervall	
				Nedre	Øvre
Respirabel aerosol, mg/m ³	Prebake	74	0,40	0,34	0,48
	Søderberg	82	0,46	0,38	0,56
	Tappar	36	0,46	0,39	0,55
	Total	192	0,44	0,39	0,49
Torakal aerosol, mg/m ³	Prebake	74	0,86	0,75	0,99
	Søderberg	82	0,92	0,77	1,10
	Tappar	36	0,82	0,69	0,97
	Total	192	0,88	0,79	0,97
Inhalerbar aerosol, mg/m ³	Prebake	74	2,4	2,0	2,8
	Søderberg	82	3,4	2,8	4,1
	Tappar	36	2,4	2,0	3,0
	Total	192	2,8	2,5	3,1
Respirabel vassløyeseleg fluorid, µg/m ³	Prebake	74	51	43	60
	Søderberg	82	23	18	29
	Tappar	36	53	45	63
	Total	192	37	32	42
Torakal vassløyeseleg fluorid, µg/m ³	Prebake	74	89	75	105
	Søderberg	82	41	32	52
	Tappar	36	97	81	116
	Total	192	65	57	74
Inhalerbar vassløyeseleg fluorid, µg/m ³	Prebake	74	176	149	207
	Søderberg	82	90	71	113
	Tappar	36	203	170	244
	Total	192	136	119	155
Inhalerbar aerosol, IOM, mg/m ³	Prebake	63	2,3	1,9	2,7
	Søderberg	73	2,8	2,3	3,4
	Tappar	32	2,2	1,5	3,1
	Total	168	2,5	2,2	2,8
Inhalerbart vassløyeseleg fluorid, IOM, µg/m ³	Prebake	63	160	127	203
	Søderberg	73	86	69	108
	Tappar	31	148	98	223
	Total	167	120	103	141
Respirabelt partikulært fluorid, µg/m ³	Prebake	74	85	73	99
	Søderberg	82	47	39	58
	Tappar	36	90	70	115
	Total	192	67	59	76
Torakalt partikulært fluorid, µg/m ³	Prebake	74	169	142	201
	Søderberg	82	91	74	112
	Tappar	36	157	127	195
	Total	192	128	113	145
Inhalerbart partikulært fluorid, µg/m ³	Prebake	74	389	323	468
	Søderberg	82	219	176	273
	Tappar	36	400	323	496
	Total	192	306	269	348
Totalfluorid, µg/m ³	Prebake	61	501	409	615
	Søderberg	67	268	209	344
	Tappar	31	499	411	606
	Total	159	385	334	444

Tabell: 14.2: Resultat fordelt på arbeidsstad

		n	GM	95% Konfidensintervall	
				Nedre	Øvre
Hydrogenfluorid (HF), $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Prebake	62	91	68	122
	Søderberg	67	54	39	74
	Tappar	32	62	55	71
	Total	161	68	57	81
SO ₂ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Prebake	62	168	126	223
	Søderberg	67	33	26	43
	Tappar	32	27	23	31
	Total	161	59	48	72