



Eksponeringskartlegging ved norske aluminiumverk

Delrapport for oppfølging ved Hydro Aluminium Karmøy

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

Innholdsliste:

1. Samandrag.....	2
2. Konklusjon.....	3
3. Bakgrunn for prosjektet	4
4. Mål for delprosjektet	4
5. Hydro Aluminium Karmøy (HAK).....	4
6. Prøvetaking	5
6.1. Prøvetakingsstrategi	5
7. Prøver samla med dei ulike prøvetakarane	5
8. Analysemetodar	5
8.1. Gravimetri	5
8.2. Fastsetjing av fluorid	6
8.2.1. Vassløyseleg fluorid	6
8.2.2. Lutløyseleg fluorid	6
8.2.3. Partikulært fluorid	6
8.2.4. Fluorid i gassform (HF) og SO ₂	7
8.2.5. Totalfluorid	7
9. Instrumentering	7
10. Kvalitetssikring.....	7
11. Resultat og diskusjon.....	8
11.1. Aerosol.....	8
11.1.1. Direktevisande utstyr for aerosolmålingar	14
11.2. Resultat vassløyseleg fluorid.....	20
11.3. Resultat partikulært fluorid	26
11.4. HF og SO ₂	32
11.4.1. Tidsoppløyste SO ₂ -målingar.....	34
11.4.2. Totalfluorid	39
11.5. Personvariasjon.....	41
12. Referansar	43
13. Appendiks	45

1. Samandrag

Ved aluminiumsmelteverket på Karmøy er det føretatt arbeidsmiljømålingar som inngår i del 2 av prosjektet "Hallastma i produksjon av primæraluminium (HAPPA). Målingane vart utført i perioden 20.-27. april 2006. Eksponeringsnivåa for aerosol og gassar vart undersøkt med forskjellig utstyr og for dei mest aktuelle jobbkategoriene.

I alle Respicon- og "Totalstøv"-kassett prøvene vart både vassløyseleg og partikulært fluorid fastsett.

Prosjektet nytta prøvetakingsutstyr som fylgjer dei internasjonalt aksepterte kriteria for helse relaterte aerosolfraksjonar. Totalt ved Hydro Aluminium Karmøy (HAK) vart det tatt eksponeringsprøver av 53 personar. I den grad det var praktisk mogeleg vart det tatt fleire eksponeringsprøver av same person. Av dette har ein 101 eksponeringsprøver tatt med IOM kassett, 105 eksponeringsprøver tatt med "Totalstøv"-kassett, 117 eksponeringsprøver tatt med Respicon og 101 prøver av eksponeringa for HF og SO₂. I tillegg vart det nytta ekstraksjonsmetodar for å kunne fastsetje fluorid med ulike kjemisk sambinding i aerosolen.

Resultata ved bruk av "Totalstøv"-kassett kan samanliknast med gjeldande administrativ norm då denne baserar seg på bruk av dette prøvetakingsutstyret. Dette gjeld også for gassane SO₂ og HF.

2. Konklusjon

Anodeskiftar er generelt høgast den gjennomsnittlege eksponerte kategorien. For jobbkategoriene digel og anodetransport det tatt for få prøver til å kunne gje gode estimat av nivå og spreiiing.

Gjennomsnittleg er 27 % av den inhalerbare aerosolen torakal og 10 % respirabel. Av det inhalerbare vassløyselege fluoridet er 51 % torakalt og 22 % respirabelt. For partikulært fluorid er 31 % torakalt og 11 % respirabelt.

Prosentdelen vassløyseleg fluorid av partikulært fluorid varierar i gjennomsnitt frå 24 % til 47 % avhengig av partikkelstorleik.

Av alle komponentane som ein har føretatt eksponeringsmålingar på er det totalfluorid (summen av HF og partikulært fluorid) og partikulært fluorid som skil deg ut med fleire høge verdjar.

Gjennomsnittleg eksponering for svoveldioksid (SO₂) er 78 µg/m³ og tidsoppløyse målingar viser at nesten all eksponering er kortvarig og i mange tilfeller høg. Anodeskiftar hadde dei høgste verdiane.

Der er relativ stor spreiiing i eksponeringa innanfor ein jobbkategori, noko som kan tyde på at ein skilde arbeidsoperasjonar gjev høg eksponering. Personvariasjonen viser at det kan vere større variasjon frå deg til dag for same person enn mellom personar.

Direktevisane måleutstyr har vist at store delar av eksponeringa kan skuldast kortvarige episodar knytt til konkrete arbeidsoperasjonar med høg eksponering. Ein framtidig strategi bør være å redusere talet på episodar og mengda aerosol/gass i episodane. Dette er vanskeleg utan vidare undersøking av arbeidsoppgåvene med fokus på å identifisere årsaka til eksponeringstoppane.

3. Bakgrunn for prosjektet

Eksponeringsundersøkingane ved HAK er ei utviding av HAPPA-prosjektet (Hall Astma i Primær Produksjon av Aluminium) som har pågått i regi av Aluminiumsindustriens Miljøsekretariat (AMS) og Statens arbeidsmiljøinstitutt, STAMI. I denne oppfylgingsstudien vart det sett spesielt på jobbkategorien andreskiftar der ein tidlegare hadde peika på varierende og høg eksponering. I tillegg var det gjort forbetringar med forsert avsug og lasermåling av anodehøgden.

4. Mål for delprosjektet

Bruke monitoreringsprogrammet frå HAPPA til å kartlegge personeksponeringa ved Prebake ved Hydro Aluminium Karmøy etter innføring av forsert avsug og lasermåling av anodehøgder.

5. Hydro Aluminium Karmøy (HAK)

Tabell 4.1: Teknologioversikt for (HAK)

Emne:	
Teknologi:	Prebake med forsert/auka avsug

Arbeidsoperasjonane som det vart tatt arbeidsmiljømålingar av var: Digel, anodeskiftar og anodetransport.

Tabell 4.2: Jobbkategoriene som det vart tatt arbeidsmiljømålingar på

Digel	Fresing av diglar, Reingjering av fres, Boring av røyr, Truckkøyning, Kosting
Anodeskiftar	Meisling og trekking frå kran, Golvarbeid ved anodeskift, Dekking frå golv, Dekking frå kran, Dekkecelle golv, Dekkecelle kran, Betjening av mater, Kjenning på kol, Oksidfylling, Fresing av kol, Slåing av tappehol, Tavleføring, Dekselhandtering, Metallmåling, Kontroll av kol, Støvsuging bak celler, Kjellararbeid, Tobbømning, Siloskift, Vaktmann, Kryssing
Anodetransport	Køyning av anodar, Truckkøyning, Stauring av tappehol, Vasking av køyretøy, Tobbekøyning, Grabb av tobb

6. Prøvetaking

6.1. Prøvetakingsstrategi

Prøvetakingsstrategien var fastlagt i protokollen for HAPPA-prosjektet. I utgangspunktet skulle ein ta prøver på 10 personar på kvart skift. Det skulle gjerast målingar ved formiddag og ettermiddagsskifta i 5 påfylgjande dagar. Dette gjer at ein teoretisk skulle kunne måle:

100 aerosolprøver med Respicon, der 10 er tidsoppløyte Respiconmålingar
100 inhalerbare aerosolprøver med IOM
100 SO₂ prøver på filter
100 HF prøver på filter
90 SO₂ prøver med tidsoppløyst signal med dataloggar

7. Prøver samla med dei ulike prøvetakarane

I tabellen 7.1 er det gjeve ein oversikt over talet på prøver fordelt på jobbkategoriene som var blitt utført. Innhaldet i dei ulike jobbkategoriene er definert i tabell 5.2.

Tabell 7.1: Oversikt over prøver tatt ved HAK.

Jobbkategori	Respicon	IOM	Millipore	Gassar (HF/SO ₂)	Gassensor (SO ₂)
Digel	3	2	2	3	1
Anodeskiftar	110	95	99	94	93
Anodetransport	4	4	4	4	4
Totalt	117	101	105	101	98

8. Analysemetodar

8.1. 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 sykklon og torakal sykklon. 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 8.2:

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

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

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

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

t_s = prøvetakingstid i min

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

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

8.2. Fastsetjing av fluorid

8.2.1. Vassløyseleg fluorid

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

Fluorid i eluatet vart fastsett ved ionekromatografi.

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

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

8.2.2. Lutløyseleg fluorid

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

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

8.2.3. Partikulært fluorid

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

8.2.4. Fluorid i gassform (HF) og SO₂

Impregnerte gassfilter (10 % (w/v) KOH-løsning) ble 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) H₂O₂-løsning. 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⁻.

8.2.5. 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".

9. Instrumentering

Analysane ble utført ved ionekromatografi med utstyr samansatt av ein Dionex DX-500 ionekromatograf (Dionex, Sunnyvale, CA, USA) utstyrt med ei gradientpumpe (GP40) og ein elektrokjemisk detektor (ED 40) med konduktivitetsselle. Til instrumentet er det kopla ein prøveinjektor (Gilson[®] 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). Styling 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 eluentløysingane plassert på ultralydbad i 10 minutt for å fjerne oppløyst oksygen.

Kalibreringsløysingar vart laga ved å forynne sertifiserte standardar levert av Teknolab A/S (Spectrascan[®], 1000 mg/L) med ionebytta vann.

10. Kvalitetssikring

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

11. Resultat og diskusjon

Prosjektet har 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 aerosolresultata bli presentert i underkapittel etter type analysert komponent.

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.

Det er viktig å kommentere at talet på prøver innan dei ulike jobbkategoriene er ulikt. For kategoriene digel og anodetransport har ein svært få prøver, noko som gjev stor uvisse i gjennomsnittsmålingane enn for anodeskiftarane.

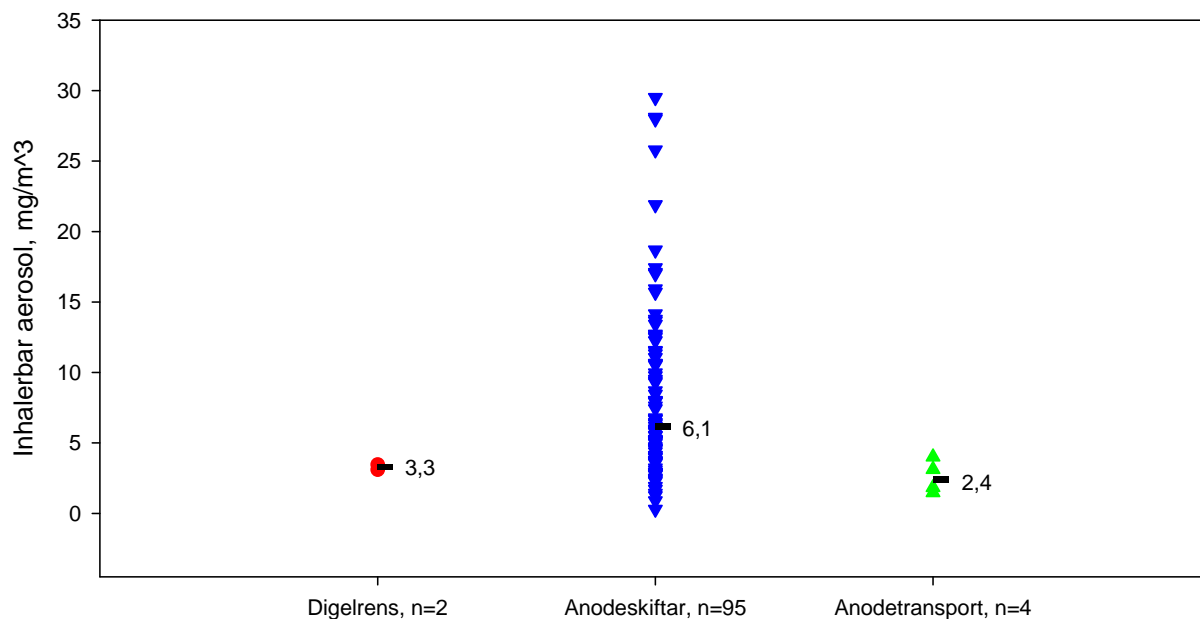
Generelt er det viktig å kommentere at nokre av jobbkategoriene har arbeidsoperasjonar som medfører større eller mindre del av arbeidstida nær opne celler, eller i lukka ventilert kabin. I dei ulike situasjonane er bruk av vernemasker avgjerande for den faktiske eksponeringa. Alle prøver er tatt utanfor vernemaskene og nærast mogeleg innandingssona til arbeidstakaren. Resultata må derfor sjåast i samanheng med den generelle vernemaskebruken innan dei målte jobbkategoriene. Ved 2 personprøver vart det ikkje nytta vernemaske i løpet av skiftet, 77 personprøver var med vernemaske 3M 4277, 11 personlege prøver var med vernemaske Sundström SR100, ved 24 personlege prøver vart det nytta vernemaske 3M 7500, medan for ei personleg prøve var det ikkje notert kva type vernemaske som vart nytta.

For verdiar lågare enn den nedre fastsetjingsgrensa (DL) er det nytta $\frac{1}{2}$ DL i samanstillingane og utrekningane av gjennomsnitt.

11.1. Aerosol

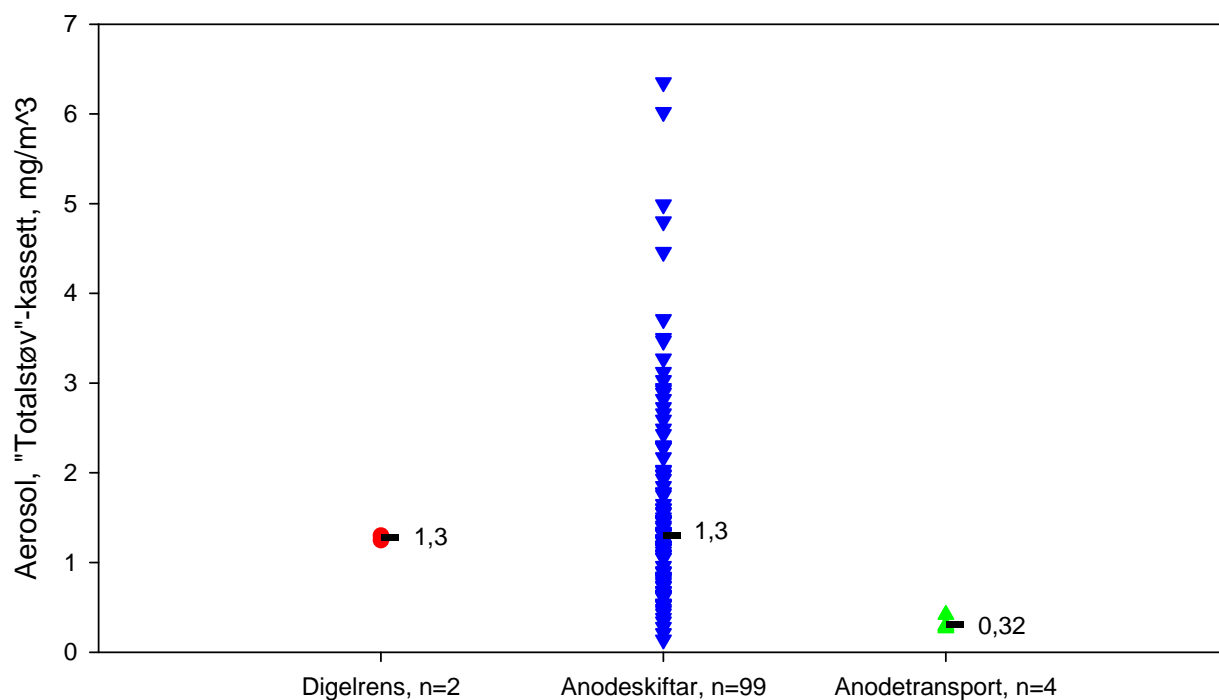
Jobbkategorien digel har berre 2-3 målingar, og anodetransport berre 4. Kan ein ikkje setje lit til gjennomsnittsverdiane. Einskildverdiane er reelle, men med så få målingar har gjennomsnittet minimal verdi. Det er likevel valt å ta med gjennomsnittsverdiar for alle jobbkategoriene slik ar rapporten er mest mogeleg lik dei andre rapportane frå dei einskilde verka i HAPPA-prosjektet. For gjennomsnittsverdiane er det berre for anodeskiftar ein har mange nok målingar (n=95-110).

Aerosol/støv vart samla på filter ved hjelp av forskjellige prøvetakarar og deretter veid for å finne mengda. Figur 11.1 viser alle aerosolresultata målt med IOM prøvetakaren sortert etter arbeidsoperasjon, fig. 11.2 prøvene tatt med "Totalstøv"-kassetten og i fig.11.3 prøvene tatt med Respicon. Det er stor spreining av resultata innan ein jobbkategori og også forskjell mellom ein del av jobbkategoriene. Nokre få målingar er høge som kan tyde på at nokon av operatørane kan være svært høgt eksponerte på enkelte dagar.



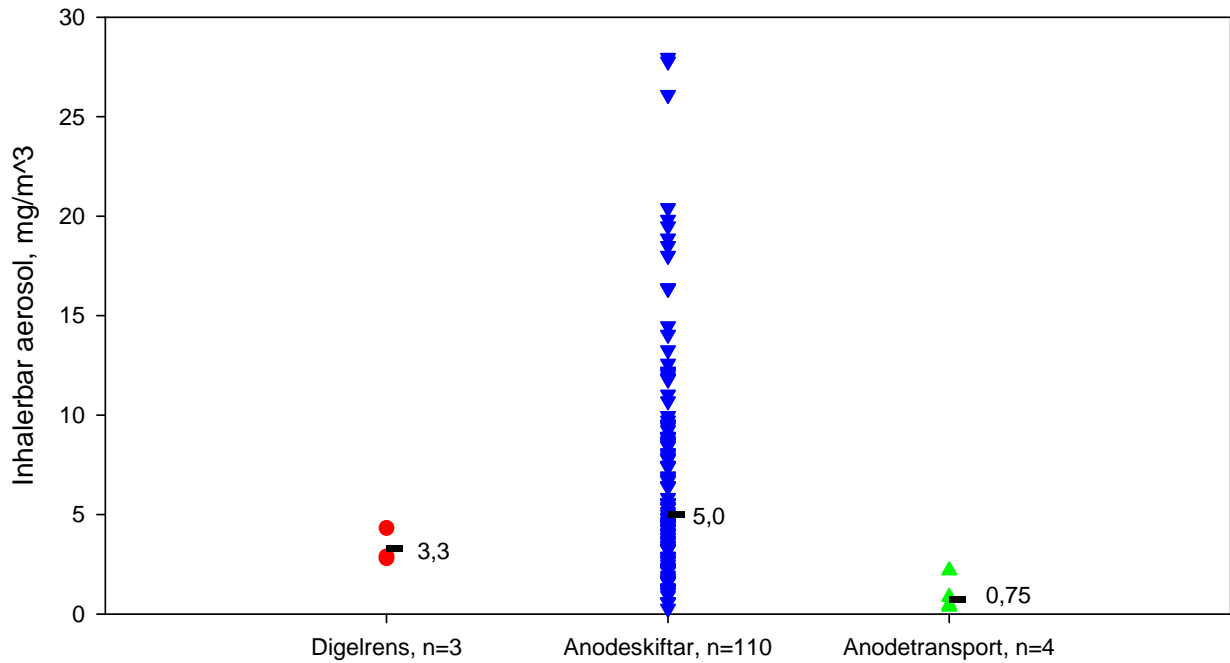
Figur 11.1: Inhalerbar aerosol frå IOM-prøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Av figuren ser ein dei ulike jobbkategoriene har svært ulik geometrisk middelværdi. Spreiinga er fyrst og fremst størst for gruppa anodeskiftar (høgste verdi 30 mg/m^3) medan gruppene digel og anodetransport har relativt lita spreining (høgste verdi $3,5 \text{ mg/m}^3$) og svært få målingar. Det høgaste gjennomsnittsverdien er det jobbkategorien anodeskiftar med $6,1 \text{ mg/m}^3$ og den lågaste hadde anodetransport med $2,4 \text{ mg/m}^3$.



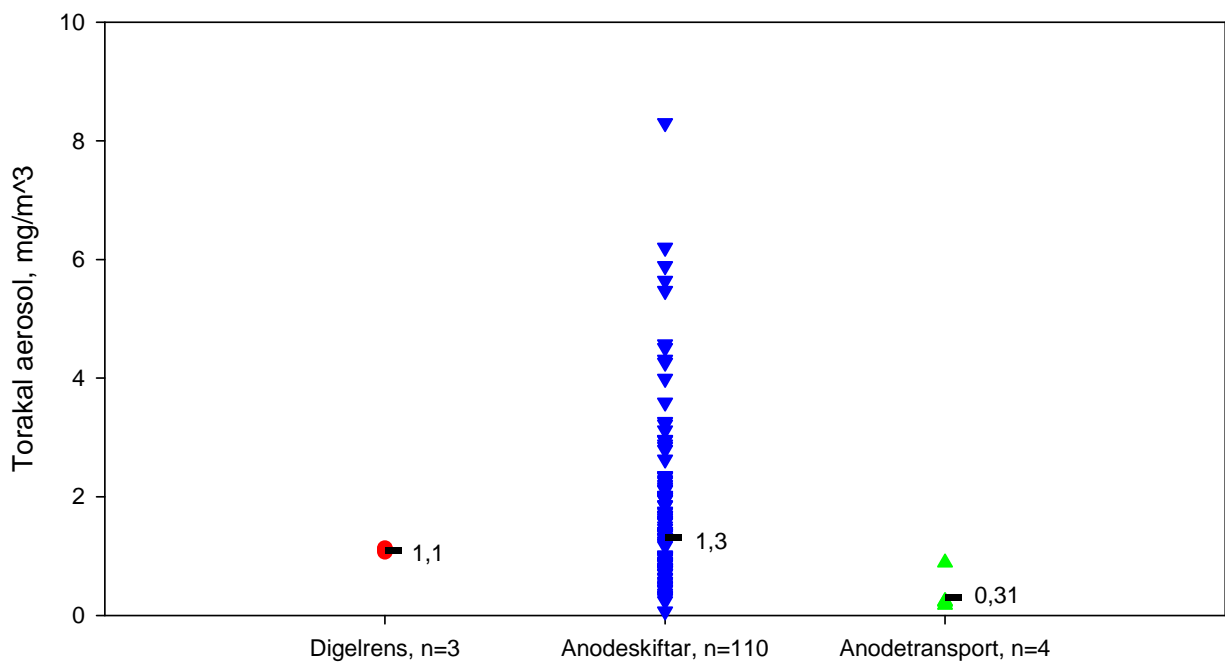
Figur 11.2: Aerosol frå "Totalstøv"-kassetten fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Figur 11.2 viser mengde aerosol målt med "Totalstøv"-kassetten. Anodeskiftar og digelrens hadde målt gjennomsnittleg eksponering på $1,3 \text{ mg/m}^3$, med høgste prøven på $6,4 \text{ mg/m}^3$.



Figur 11.3: Inhalerbar aerosol frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Figur 11.3 viser dei inhalerbare aerosolresultata målt med Respiconprøvetakaren. Anodeskiftar hadde ein gjennomsnittleg målt verdi på $5,0 \text{ mg/m}^3$, med høgste verdi på 28 mg/m^3 .



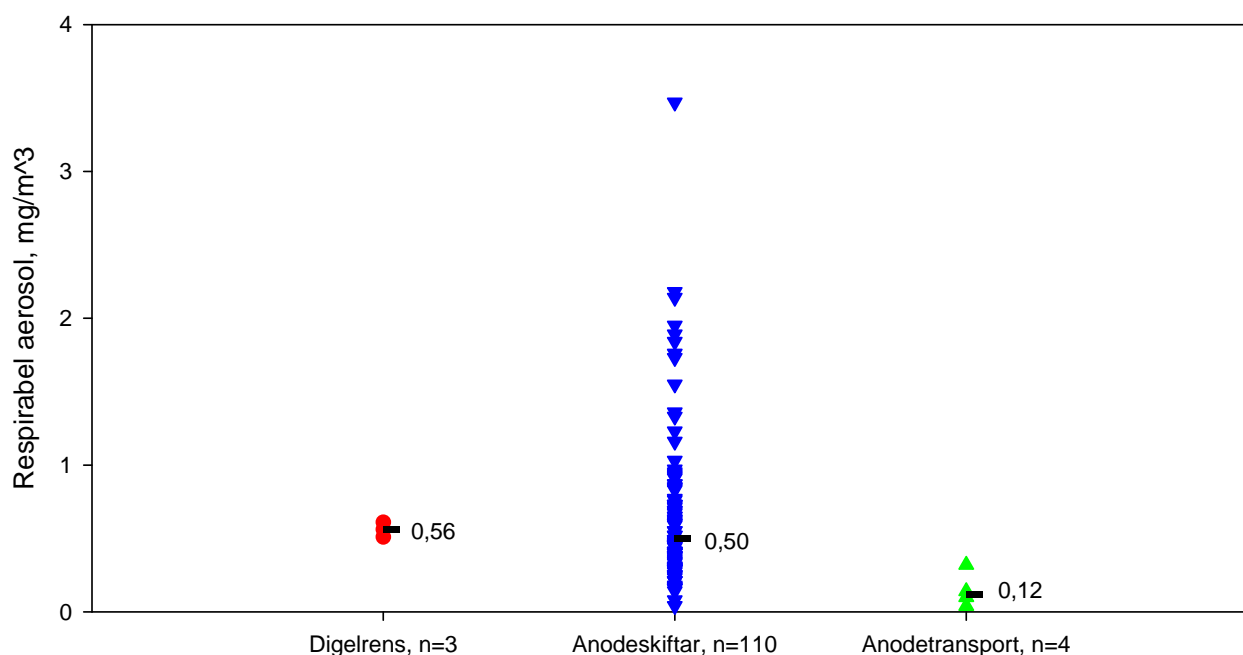
Figur 11.4: Torakal aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Respiconprøvetakaren og torakale sykklonar kan begge nyttast til å fastsetje aerosolmengda som kan avsetjast i luftvegane nedanfor strupehovudet (torakal aerosol). Figur 11.4 viser torakal aerosolmengde bestemt ut frå måling med Respiconprøvetakaren. For torakal aerosol hadde jobbkategorien anodeskiftar ein gjennomsnittleg målt verdi på 1,3 mg/m³, med høgst verdi 8,3 mg/m³.

Tabell 11.1: Prosentdel torakal aerosol av inhalerbar aerosol.

Jobbkategori	n	GM	Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			95 % Nedre	95 % Øvre		
Digel	3	34	19	61	26	41
Anodeskiftar	110	26	25	28	12	58
Anodetransport	4	41	25	67	27	54
Alle	117	27	25	29	12	58

Den torakale delen utgjer 26 - 41 % av den inhalerbare aerosolen avhengig av jobbkategori som vist i tabell 11.1. Dette gjer at den største delen (målt til 73%) av aerosolen er ekstratorakal, dvs. at størstedelen av aerosoleksponering ikkje vil passere strupehovudet og blir fylgjeleg avsett i dei øvre luftvegane.



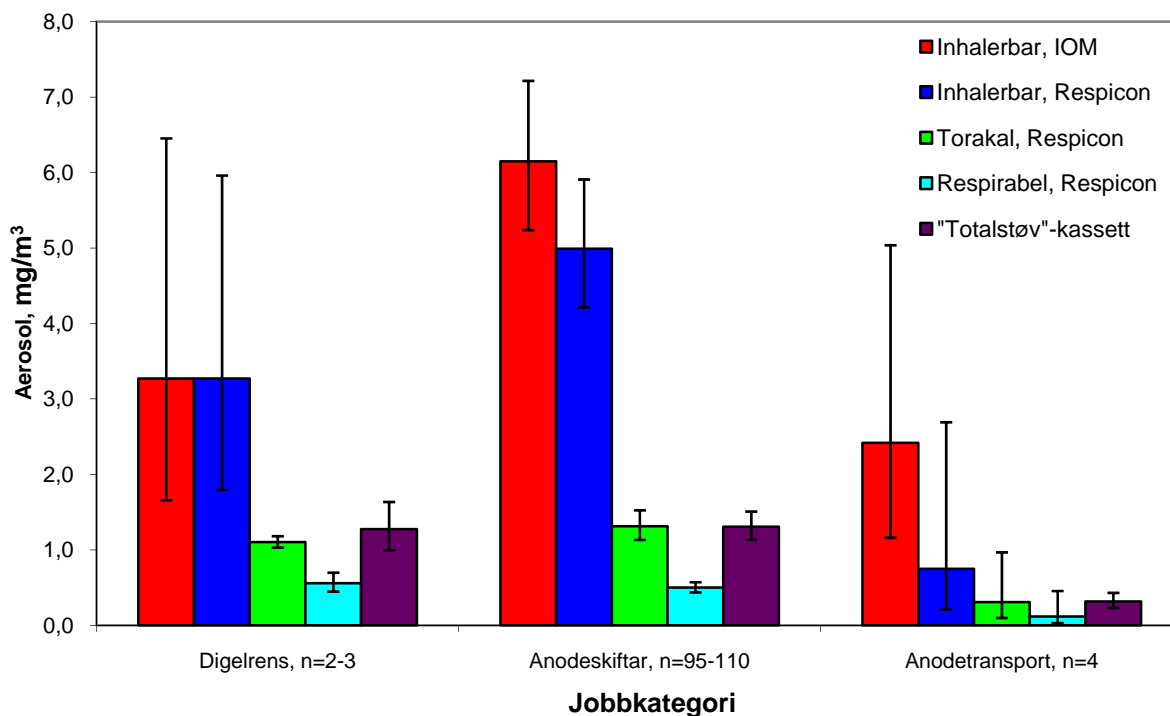
Figur 11.5: Respirabel aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I fig. 11.5 ser ein at trenden for respirabel aerosolfraksjon er relativt lik som den torakale fraksjonen, men at for den finaste aerosolen er den gjennomsnittlege eksponeringa høgst for jobbkategoriene digel (0,56 mg/m³) og anodeskiftar har 0,50 mg/m³. Spreiinga er stor for anodeskiftar, med høgste verdi på 3,5 mg/m³.

Tabell 11.2: Prosentdel respirabel aerosol av inhalerbar aerosol.

Jobbkategori	n	GM	Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			95 % Nedre	95 % Øvre		
Digel	3	17	7,7	38	12	21
Anodeskiftar	110	10	9,1	11	3,0	50
Anodetransport	4	15	3,9	61	4,7	31
Alle	117	10	9,4	11	3,0	50

Den respirable delen av inhalerbar aerosol utgjør 10 - 17 % for dei ulike jobbkategoriene. Jobbkategorien digel hadde størst prosentdel respirabel aerosol (17 %), medan anodeskiftar har lågast (10 %), som vist i tabell 11.2.



Figur 11.6: Geometrisk middelerverdi, GM med 95 % konfidensintervall for dei helse-relaterte aerosolfraksjonar prøveteke med Respicon, IOM og "Totalstøv"-kassett.

I figur 11.6. er dei geometriske middelerverdiane med 95 % konfidensintervall for dei prøveteke aerosolfraksjonane fordelt på dei aktuelle jobbkategoriene. Ved å regne statistikk på data som er vist i figur 11.6 kan ein sjå om det er nokon forskjell mellom dei ulike jobbkategoriene. Ei oppsummering er gjeve i tabell 11.3. Det er viktig å kommentere at for kategoriene digel og anodetransport har ein svært få målingar noko som gjev stor uvisse i gjennomsnittsverdiane. Dette visast godt i figur 11.6 som store 95% konfidensintervall.

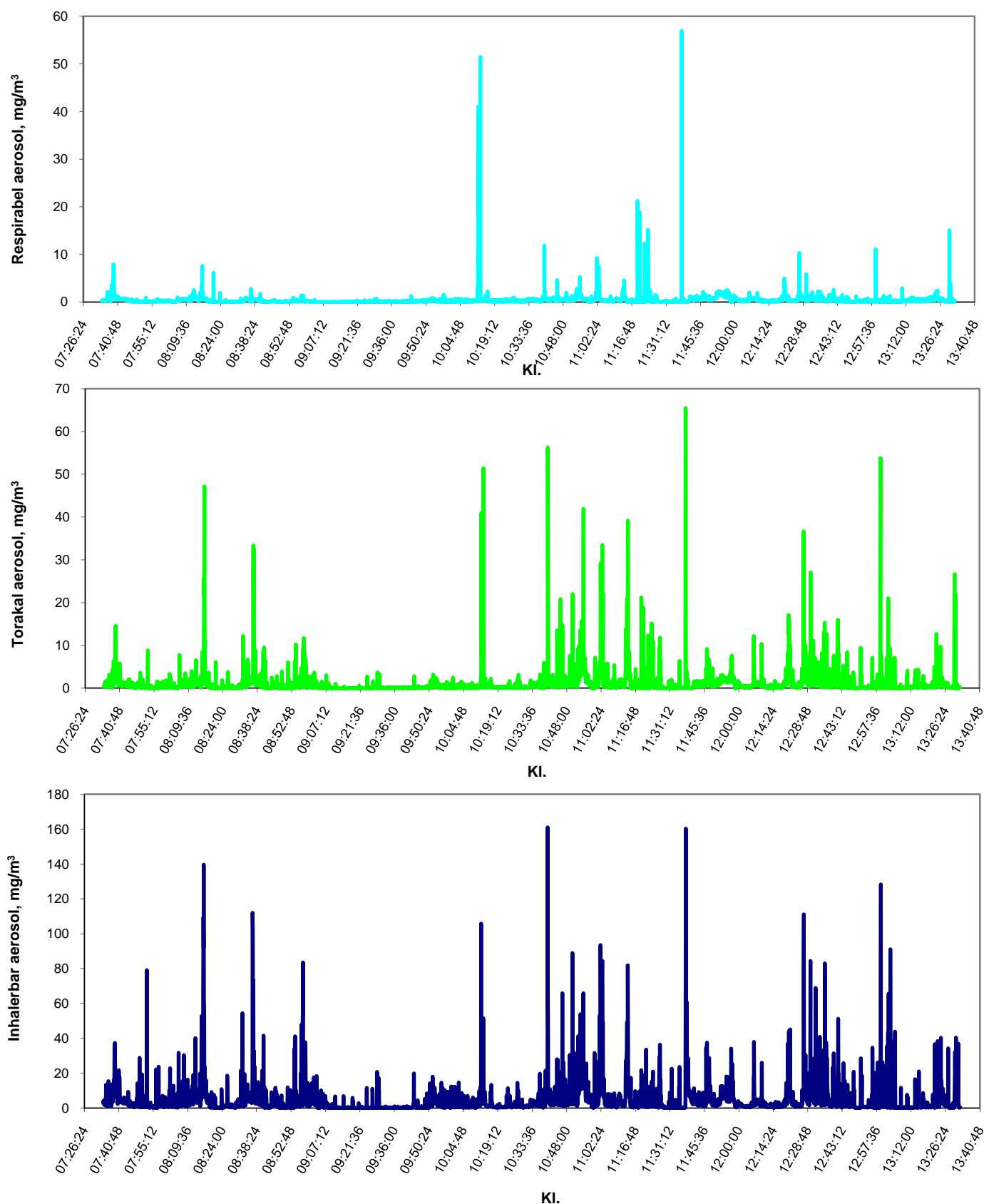
Tabell 11.3: Oversikt over kva kategori der GM var signifikant* forskjellige for dei ulike komponentane.

Komponent	Kategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
IOM <small>inhalerbar aerosol</small>	Digel	-
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Anodeskiftar
Respicon <small>Inhalerbar aerosol</small>	Digel	Anodetransport
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Digel, Anodeskiftar
Respicon <small>Torakal aerosol</small>	Digel	Anodetransport
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Digel, Anodeskiftar
Respicon <small>Respirabel aerosol</small>	Digel	Anodetransport
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Digel, Anodeskiftar
"Totalstøv"-kassett	Digel	Anodetransport
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Digel, Anodeskiftar

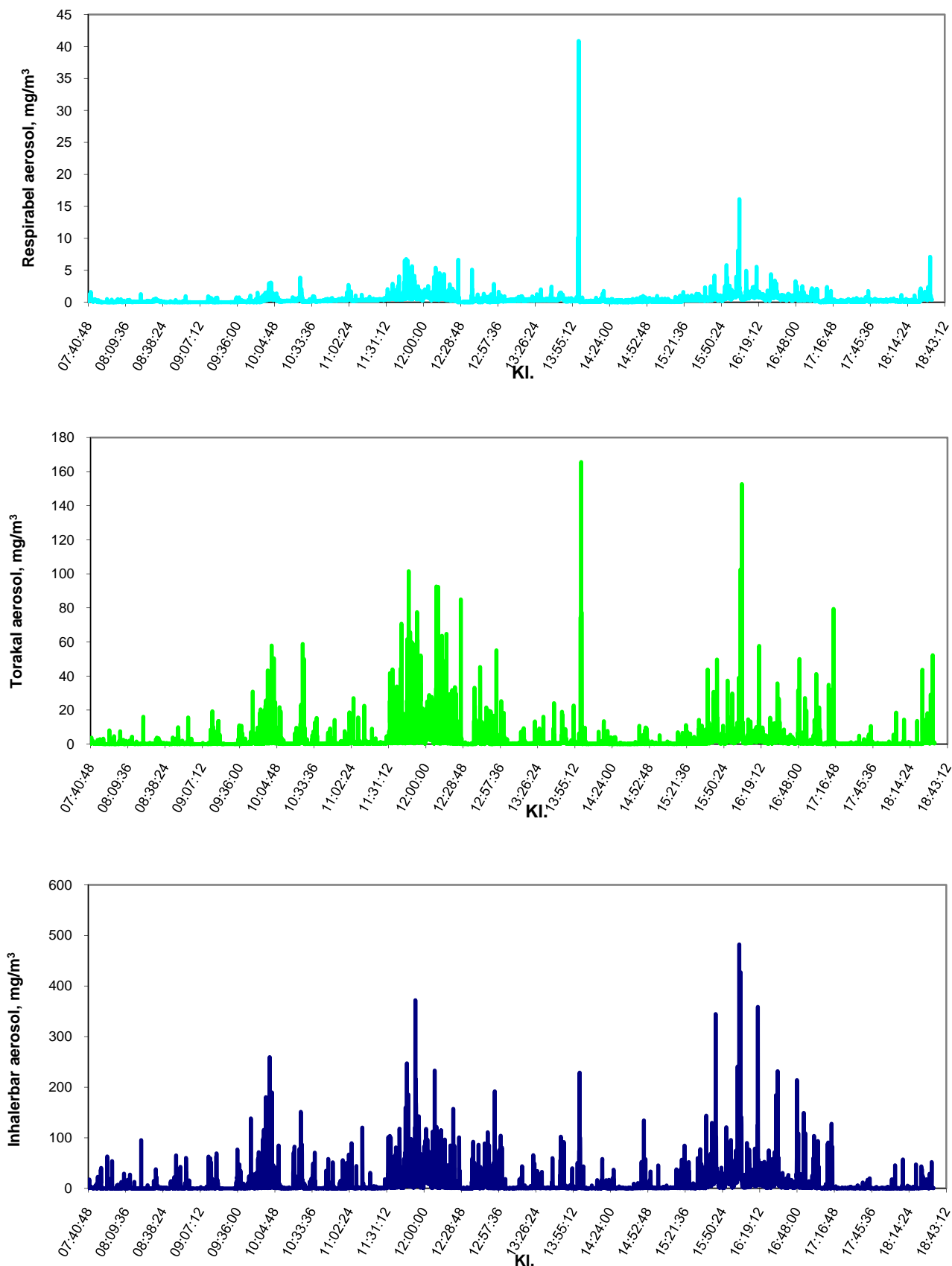
* p<0,05

11.1.1. Direktevisande utstyr for aerosolmålingar

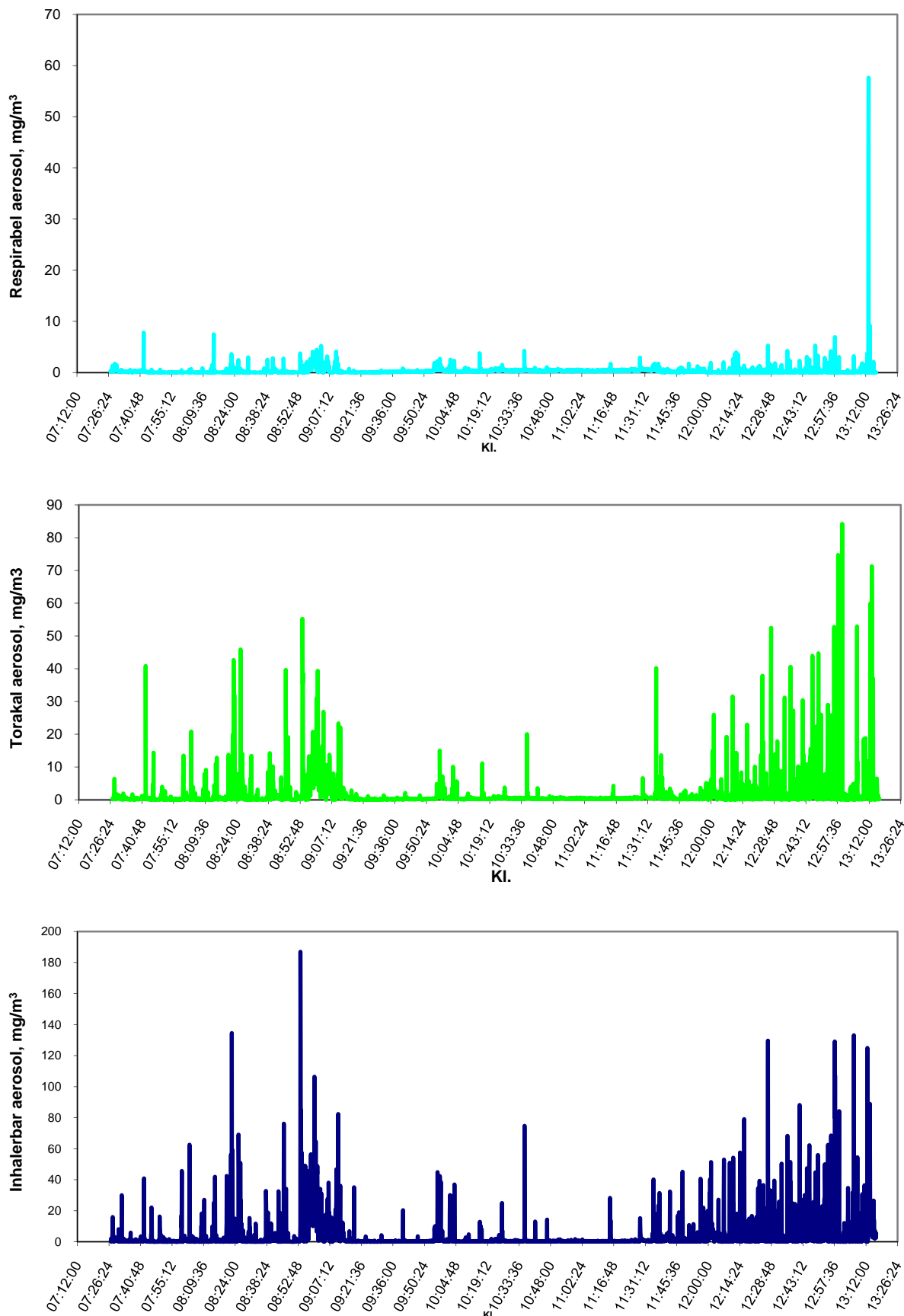
Til dette vart det nytta ein direktevisande Respicon.



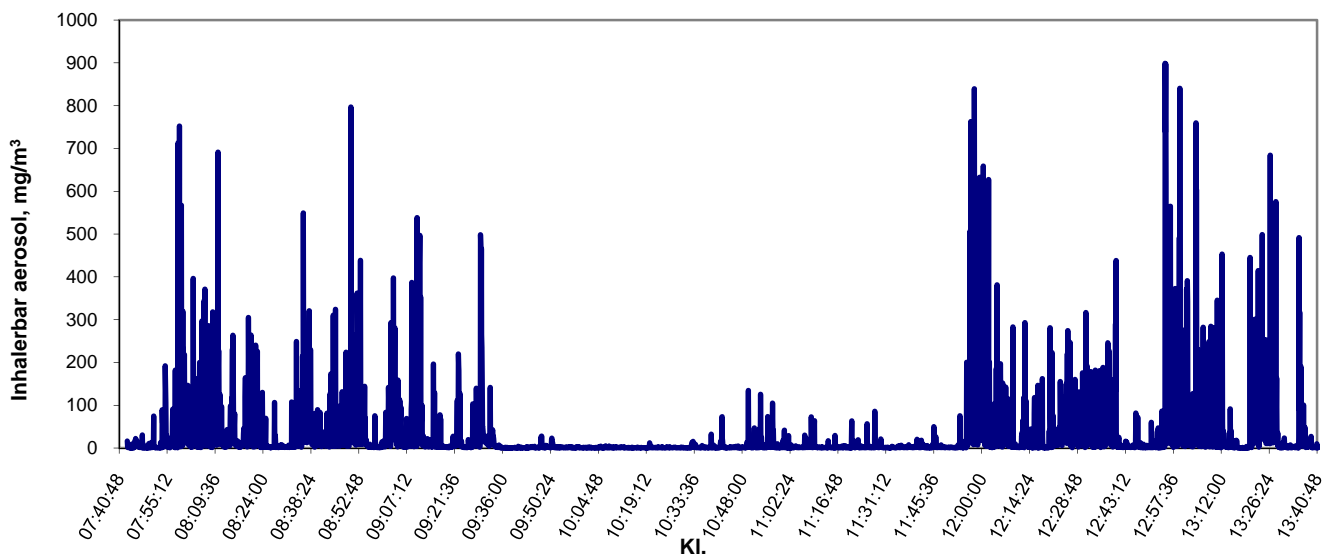
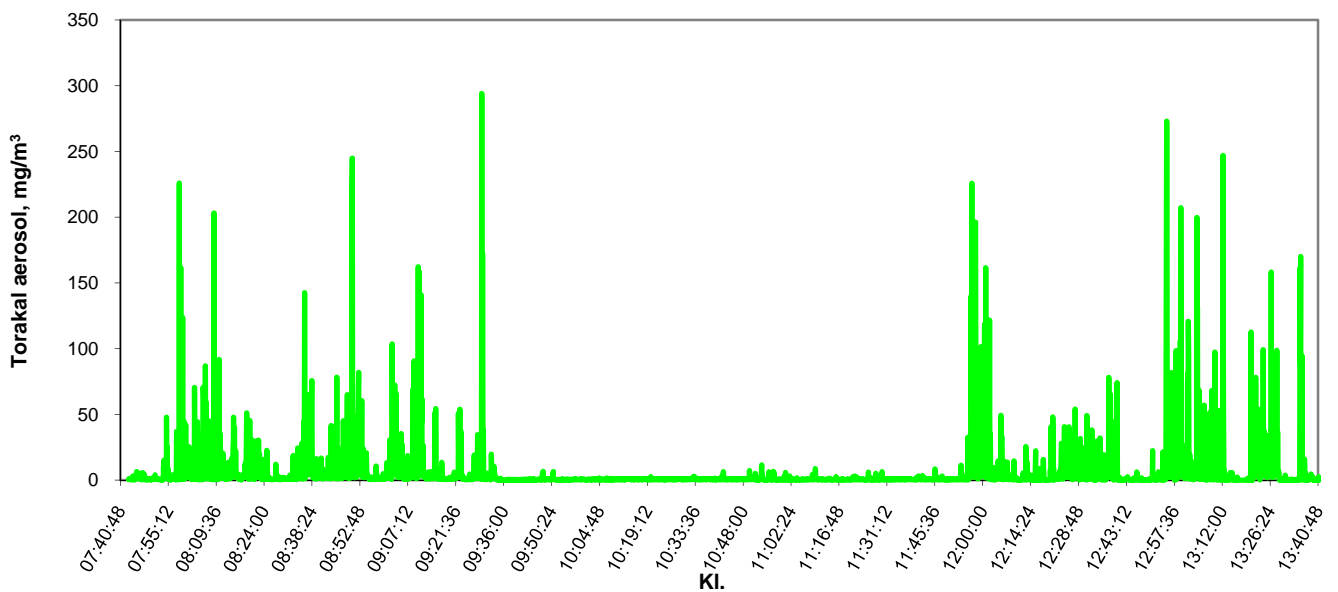
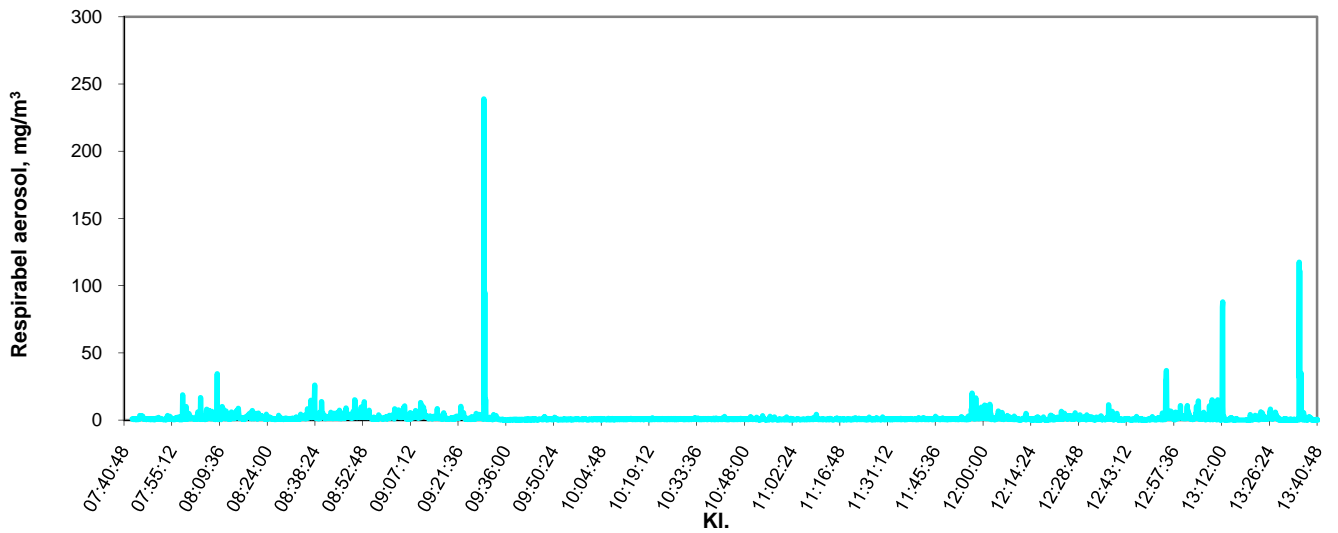
Figur 11.7: Helse-relaterte aerosolfraksjonar målt med direktevisande Respicon, respirabel, torakal og inhalerbar fraksjon for digel 21. april 2006. Arbeid utført: Fresing av diglar (12-13 stk), Reingjering av fres, Kosting, Rydding, Reingjering.



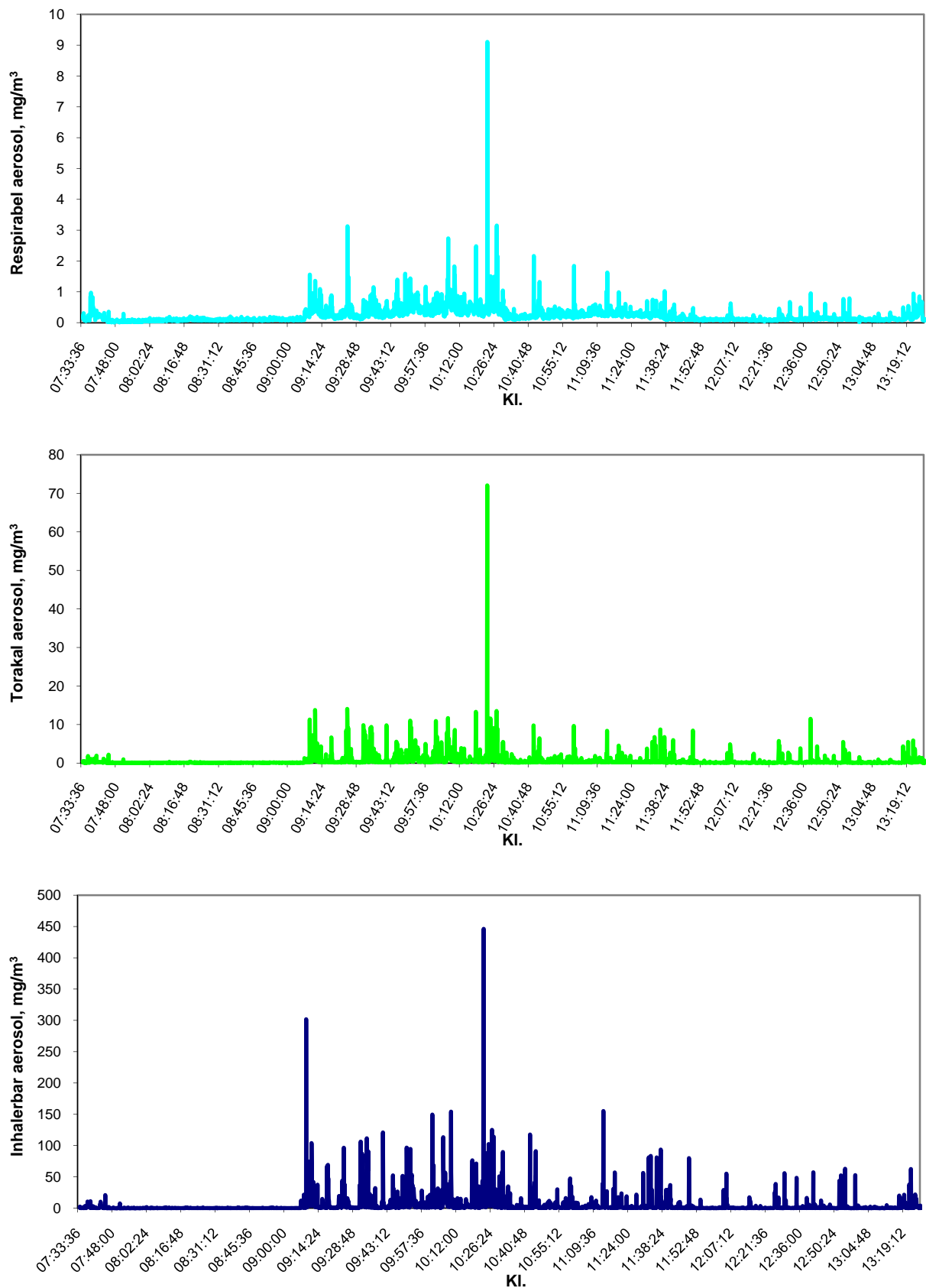
Figur 11.8: Helse-relaterte aerosolfraksjoner målt med direktevisende Respicon, respirabel, torakal og inhalerbar fraksjon for anodeskiftar, team 22. april 2006. Arbeid utført: D1, D2, C1, C2 av sug OK. Oksidylling, Reinsking av matehol/Fresing av kol (2stk), Slo tappehol . Dekking (3 kol).



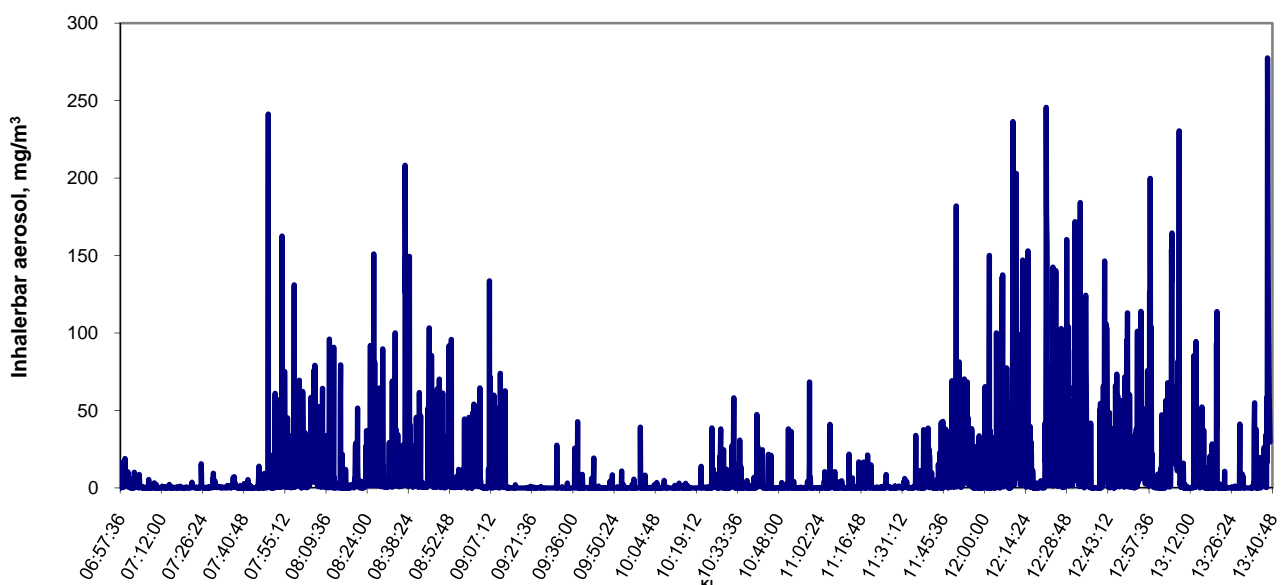
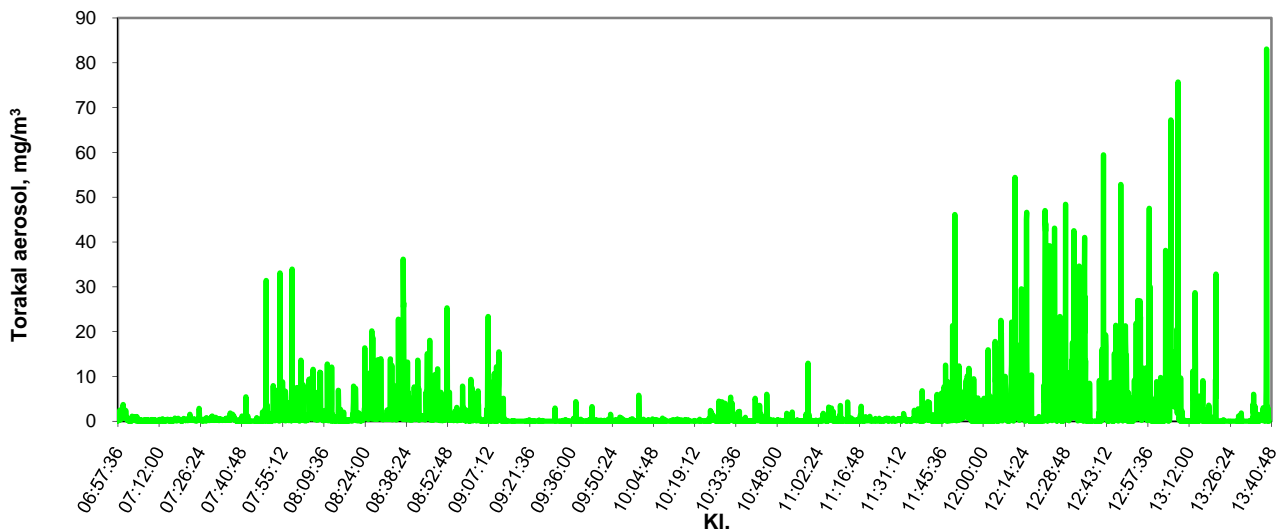
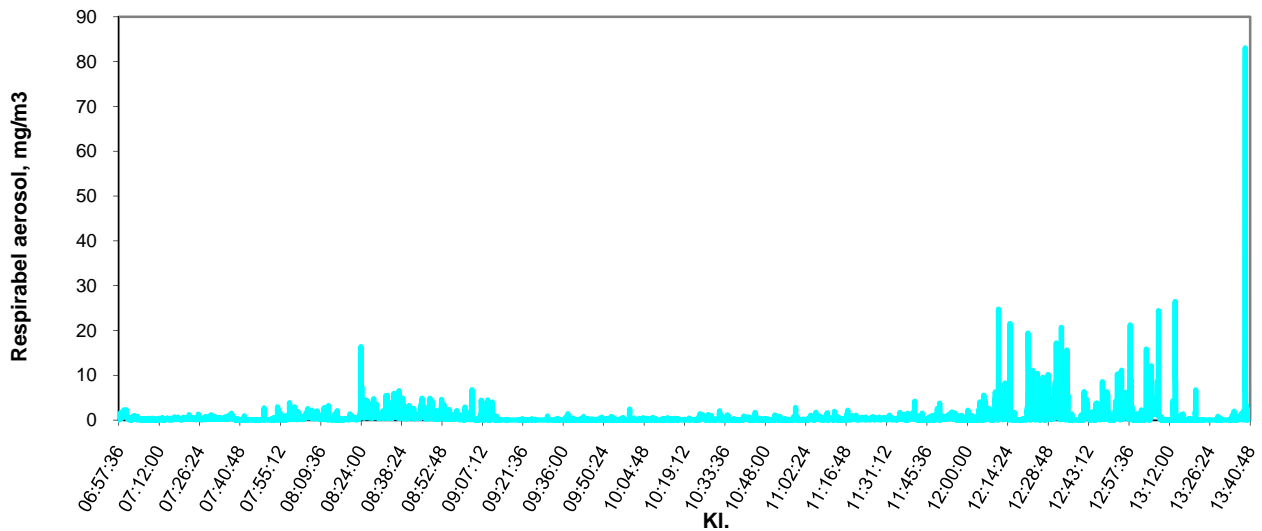
Figur 11.9: Helserelaterte aerosolfraksjoner målt med direktevisende Respicon, respirabel, torakal og inhalerbar fraksjon for anodeskiftar, 2-ar, 24. april 2006. Arbeid utført: Golv (7 kol), Kran (7kol), Kran (6 anodar i hall3), Dekking (frå golv) 7 anodar, 3 dekkehol (golv), Stauring av tappehol , Meisling til fresing (kran).



Figur 11.10: Helse-relaterte aerosolfraksjoner målt med direktevisende Respicon, respirabel, torakal og inhalerbar fraksjon for anodeskiftar, 2-ar, 25. april 2006. 24. april 2006. Arbeid utført: Golv 9 kol, Kran 6 kol, 1 dekkecelle, Tappedører, Dekking frå golv 17stk.



Figur 11.11: Helserelaterte aerosolfraksjoner målt med direktevisende Respicon, respirabel, torakal og inhalerbar fraksjon for anodeskiftar, 5-ar, 26. april 2006. Arbeid utført: Kran 8 kol, Golv 7 kol, Dekkecelle, Kran dekking 15 kol, Kran fresing 2 kol.



Figur 11.12: Helse-relaterte aerosolfraksjoner målt med direktevisende Respicon, respirabel, torakal og inhalerbar fraksjon for anodeskiftar, 4-ar, 27. april 2006. Arbeid utført: 07:40 til 9:10 golv 9 anodar - 08:20 til 08:35 Katode kjenning 2stk- 09:10 til 10:30 kran 8 anodar - 10:30 til 11:30 pause- 11:40 til 12:00 Dekkecelle 1,5 stk. - 12:00 til 13:15 dekking 21 stk + kosting F18-F33.

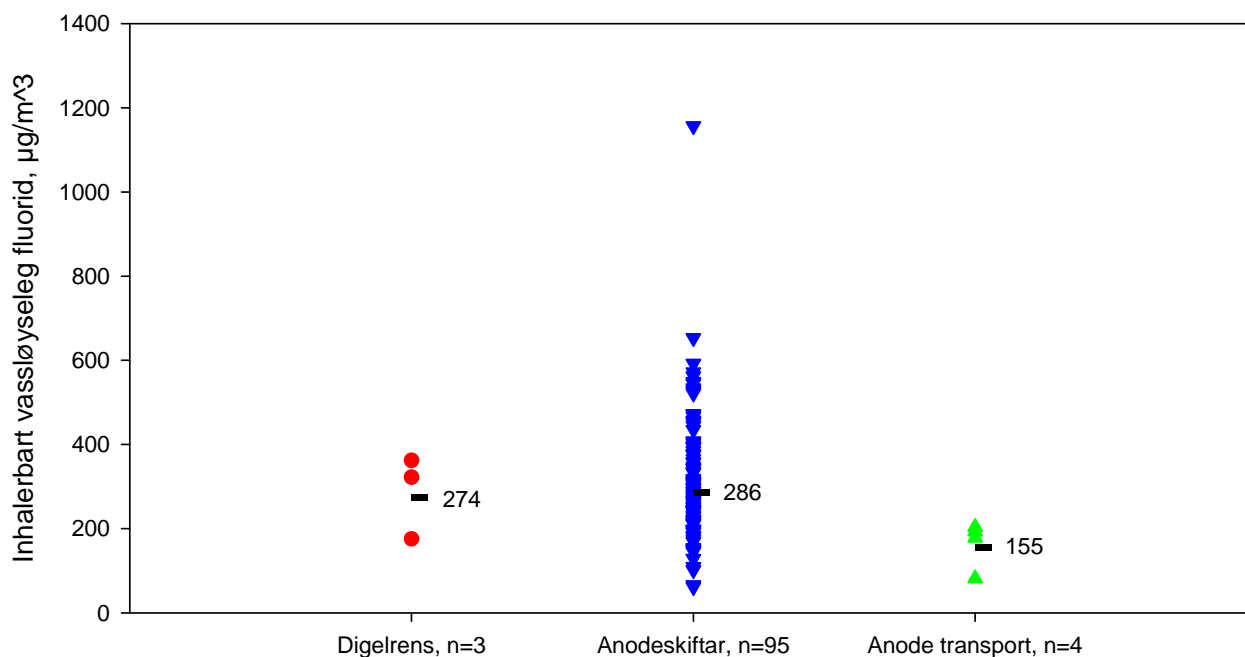
Tidsoppløyste aerosolmålingar blir brukt til å skaffe verdfull informasjon om toppeksposering og identifisering av partikulære forureiningskjelder samt å estimere eksponering ved spesifikke arbeidsoperasjonar. Det var derfor svært viktig å fylgje opp arbeidstakarane med skjema med tidspunkt og arbeidsoppgåve.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

Av figurane 11.6 – 11.12 ser ein at eksponeringa for både respirabel, torakal og inhalerbar aerosol var knytt til episodar med til tider høg eksponering. Den gjennomsnittlege eksponeringa treng ikkje vere spesielt høg, men eit tidsoppløyst signal viser at nesten all eksponering kjem i løpet av ein liten tidsperiode av skiftet.

11.2. Resultat vassløyseleg fluorid

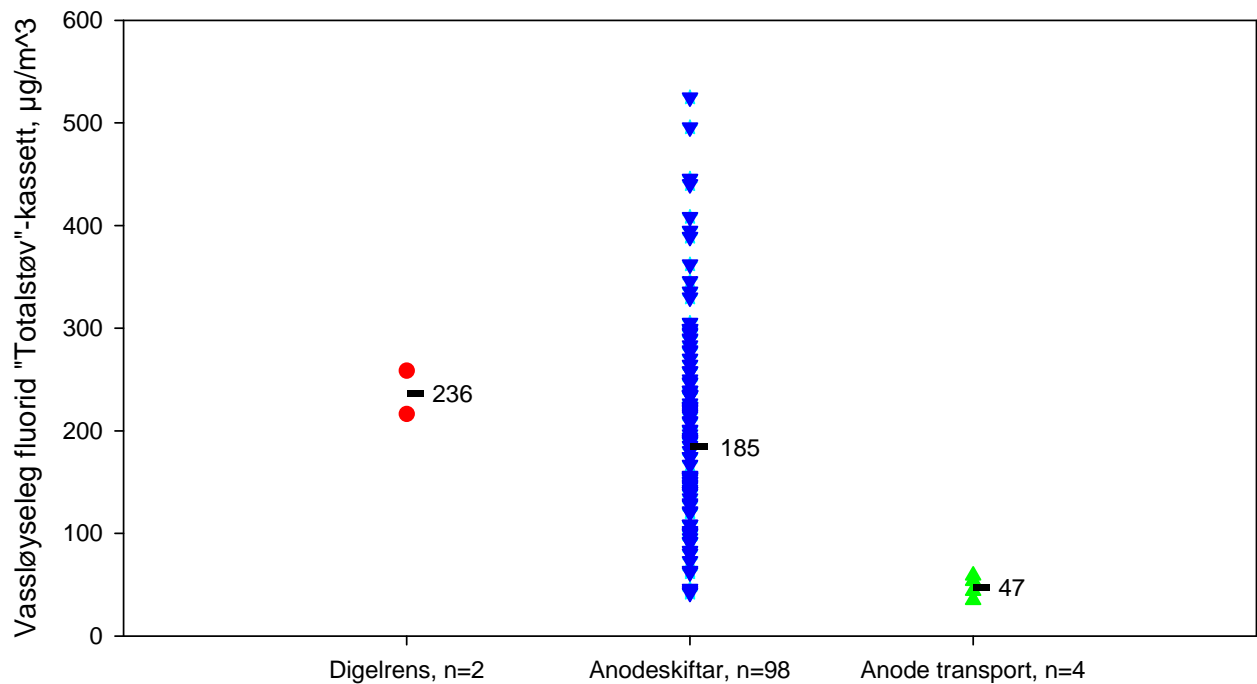
Alle aerosolprøvene vart løyst i vatn og fluoridmengda i dette vassekstraktet vart fastsett; vassløyseleg fluorid (j.f. kapittel 8.2).

Ein oversikt over alle enkeltresultat for dei ulike prøvetakarane og helse relaterte fraksjonane vist i figurane 11.13 – 11.17.



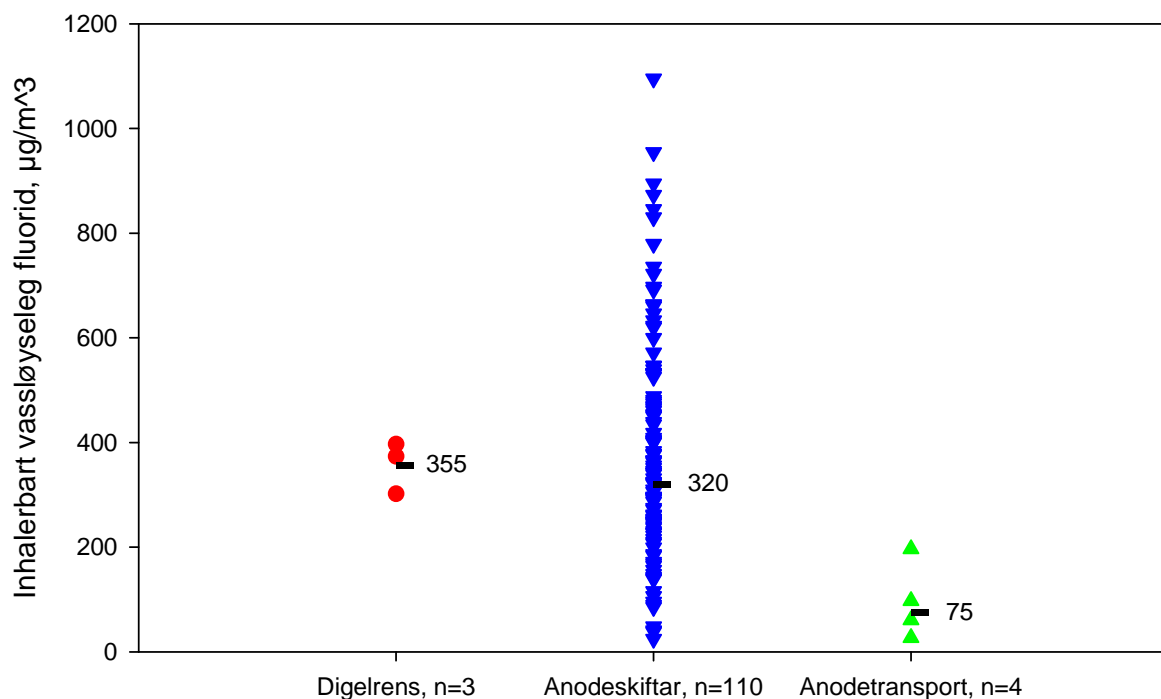
Figur 11.13: Vassløyseleg fluorid bestemt i aerosolen frå IOM-prøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Frå figur 11.13 går det fram at det er jobbkategorien anodeskiftar som gjev det høgaste geometriske gjennomsnitt ($286 \mu\text{g}/\text{m}^3$), medan anodetransport dei lågast eksponerte ($155 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spreiinga innanfor anodeskiftar er stor, høgste målte einskildverdi var $1156 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



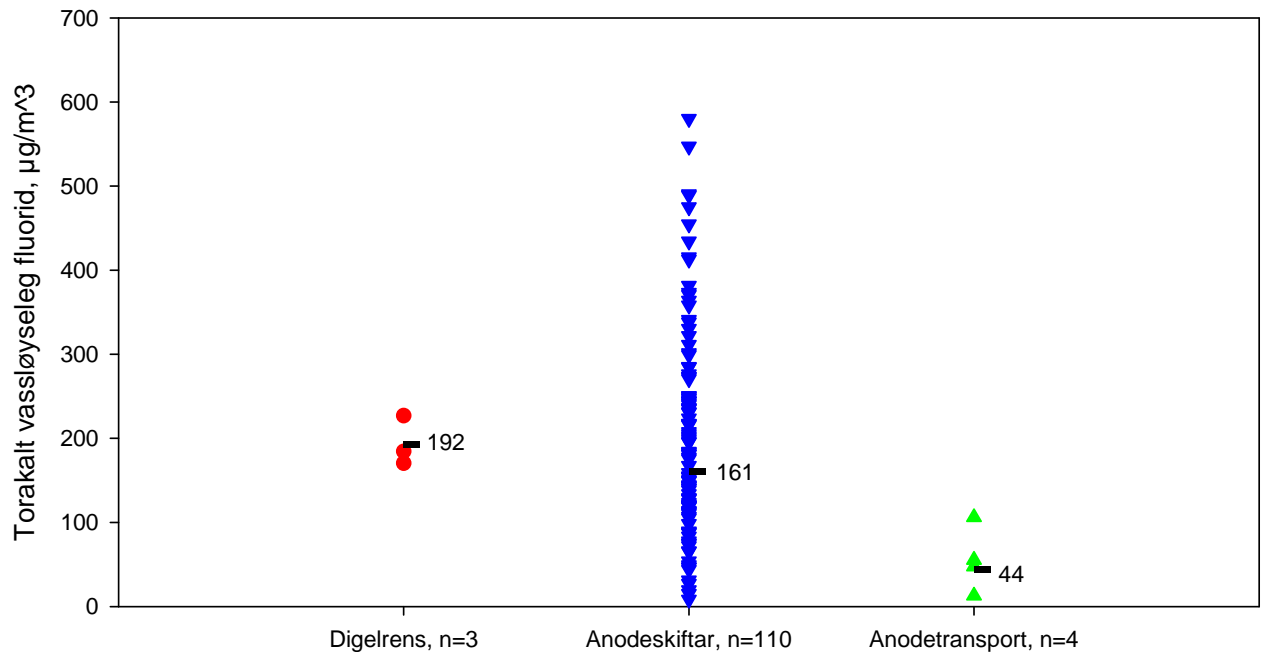
Figur 11.14: Vassløseleg fluorid fastsett frå aerosolfraksjon frå "Totalstøv"-kassetten fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I fig. 11.14 ser ein at det er større forskjell mellom gjennomsnittsverdiene for dei ulike jobbkategoriene for vassløseleg fluorid målt med "Totalstøv"-kassetten enn for IOM. Digel har berre to målingar, så uvisse i gjennomsnittet ($236 \mu\text{g}/\text{m}^3$) er stor. Spreiinga i resultatane er stor, spesielt for jobbkategorien anodeskiftar. Med eit gjennomsnitt på $185 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og høgste målte verdi er $525 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Gjennomsnittet for anodetransport var $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$, med høgste verdi på $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 11.15: Vassløyeseleg 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 fig. 11.15 ser ein forskjellane mellom jobbkategoriene digel, anodeskiftar og anodetransport for inhalerbart vassløyeseleg fluorid. Spreiinga i resultatata for anodeskiftar er stor (25 – 1095 µg/m³). Digel har det høgste gjennomsnittlege eksponeringa med 355 µg/m³. Dette i motsetning til gruppa anodetransport som har den lågaste gjennomsnittlege eksponeringa på 75 µg/m³.



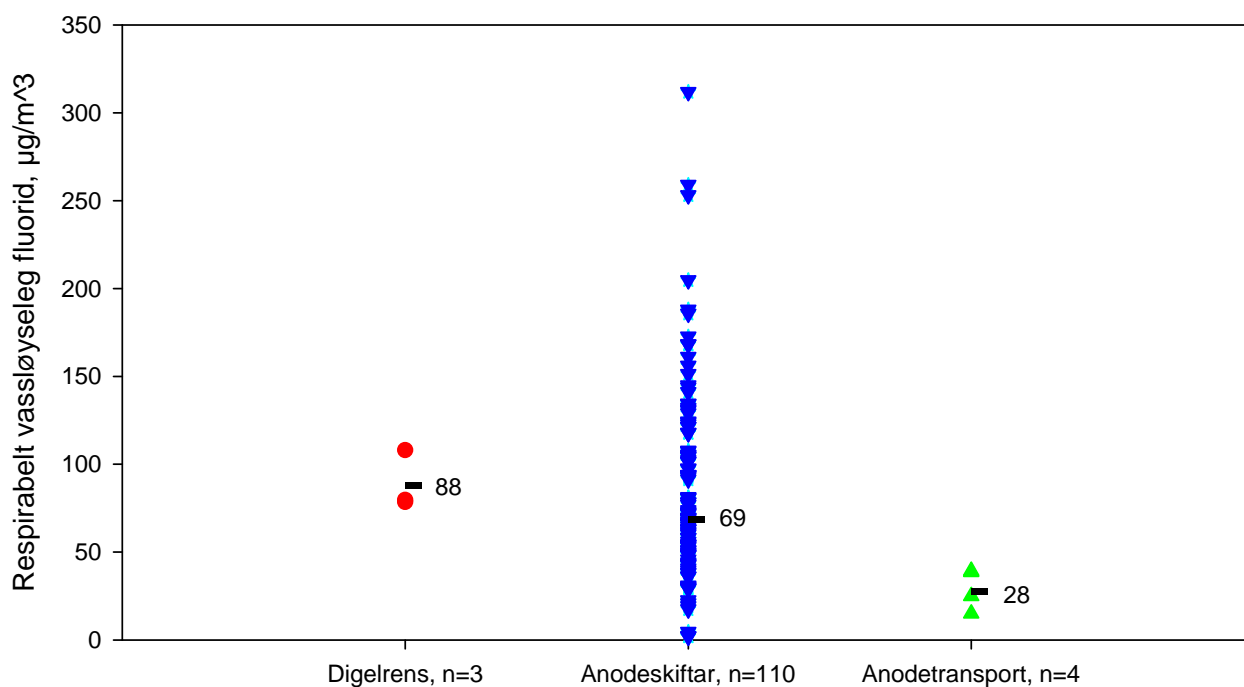
Figur 11.16: Vassløyseleg fluorid fastsett i den torakale aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Av fig. 11.16 ser ein at eksponeringa for torakalt vassløyseleg fluorid er størst for jobbkategoriene digel (192 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) og anodeskiftar (161 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Den gjennomsnittlege eksponeringa er lågast for anodetransport 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Spreiinga er stor for gruppa anodeskiftar (8,3 – 580 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabell 11.4: Prosentdel torakalt vassløyseleg fluorid av inhalerbart vassløyseleg fluorid.

Jobbkategori	n	GM	Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			95 % Nedre	95 % Øvre		
Digel	3	54	44	66	49	58
Anodeskiftar	110	50	49	52	17	72
Anodetransport	4	58	42	81	48	78
Alle	117	51	49	52	17	78

Prosentvis er det mellom 50 og 58 % torakalt vassløyseleg fluorid i det inhalerbare vassløyselege fluoridet. I motsetning til for aerosola der størstedelen av aerosolen er grov, er fordelar det vassløyselege fluoridet seg omlag likt i den torakale delen og den grovare ekstratorakale delen.



Figur 11.17: Vassløyseleg fluorid fastsett i den respirable aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

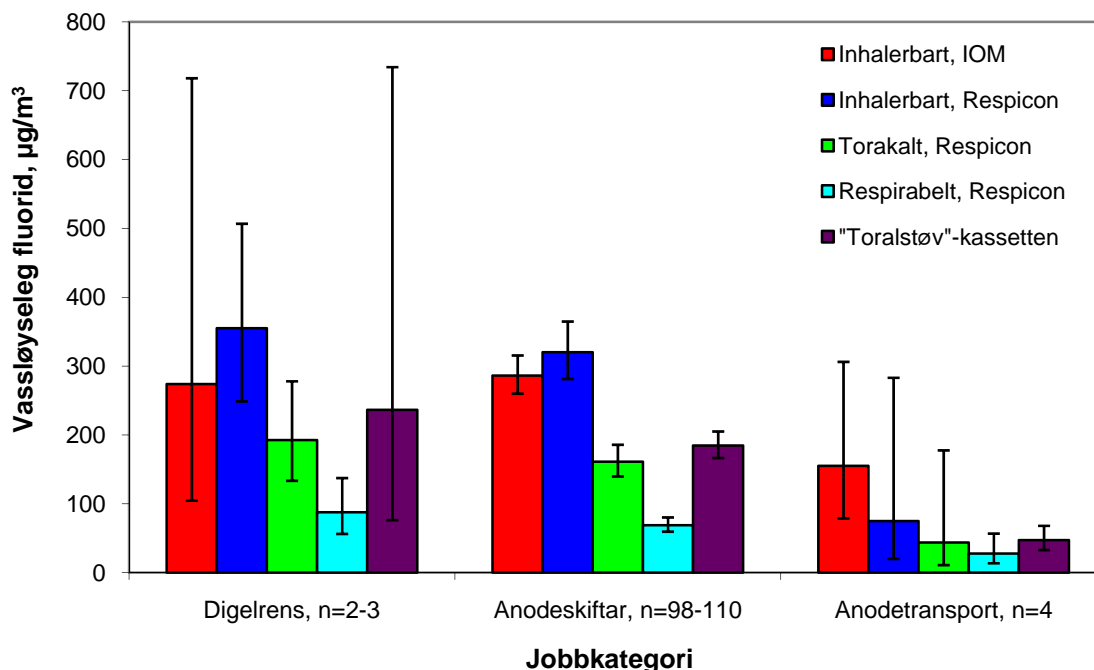
Av fig. 11.17 går det fram at det er jobbkategori digel som har den høgaste eksponeringa for vassløyseleg respirabelt fluorid ($88 \mu\text{g}/\text{m}^3$), anodeskiftar har $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ medan tappar har den lågaste ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spreiinga for anodeskiftar er stor, med verdiar frå $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til $312 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabell 11.5: Prosentdel respirabelt vassløyseleg fluorid av inhalerbart vassløyseleg aerosol.

Jobbkategori	n	GM	Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			95 % Nedre	95 % Øvre		
Digel	3	25	17	35	21	27
Anodeskiftar	110	22	20	23	4,4	71
Anodetransport	4	37	15	91	20	63
Alle	117	22	21	24	4,4	71

Den respirable delen av det vassløyselege inhalerbare fluoridet utgjør 22 – 37 % for dei ulike jobbkategoriene (jf. tabell 11.5). Høgast prosentdel respirabelt vassløyseleg fluorid har anodetransport (37 %), medan anodeskiftar har lågast (22 %).

Dette medfører at vi finn ein større del av det vassløyselege fluoridet i dei respirable og torakale fraksjonane i forhold til storleiksfordelinga av aerosolen.



Figur 11.18: Vassløyseleg fluorid, GM med 95% konfidensintervall, fastsett i dei ulike aerosolfraksjonane frå Respicon.

I figur 11.18. er dei geometriske middelveiane med 95 % konfidensintervall for dei prøvetekne vassløyselege fluorid fraksjonane fordelt på dei aktuelle jobbkategoriene. Det er klart at konfidensintervalla for digel og anodetransport blir store som fylgje av få målingar for desse jobbkategoriene.

Ved å regne statistikk basert på data frå figur 11.18 kan ein sjå om det er nokon forskjell mellom dei ulike jobbkategoriene. Ei oppsummering er gjeve i tabell 11.6.

Tabell 11.6: Oversikt over kva jobbkategoriar der GM var signifikant* forskjellig for vassløyseleg fluorid.

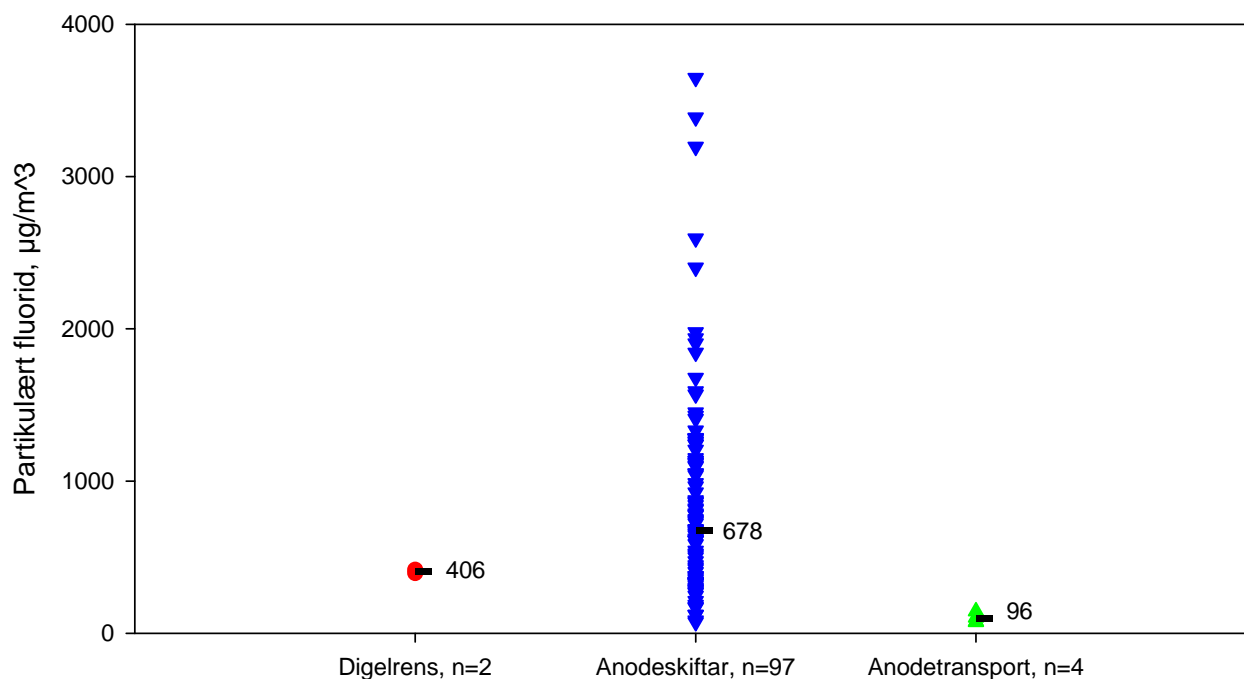
Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
IOM vassløyseleg fluorid	Digel	-
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Anodeskiftar
Respicon Inhalerbar vassløyseleg fluorid	Digel	Anodetransport
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Digel, Anodeskiftar
Respicon Torakal vassløyseleg fluorid	Digel	Anodetransport
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Digel, Anodeskiftar
Respicon Respirabel vassløyseleg fluorid	Digel	-
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Anodeskiftar
"Totalstøv"-kassett Vassløyseleg fluorid	Digel	Anodetransport
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Digel, Anodeskiftar

Dei store konfidensintervalla til jobbkategorien digel (få målingar og stor spreing) gjer at den ikkje er signifikant* forskjellig frå dei andre kategoriene, med unntak for

* $p < 0,05$
25

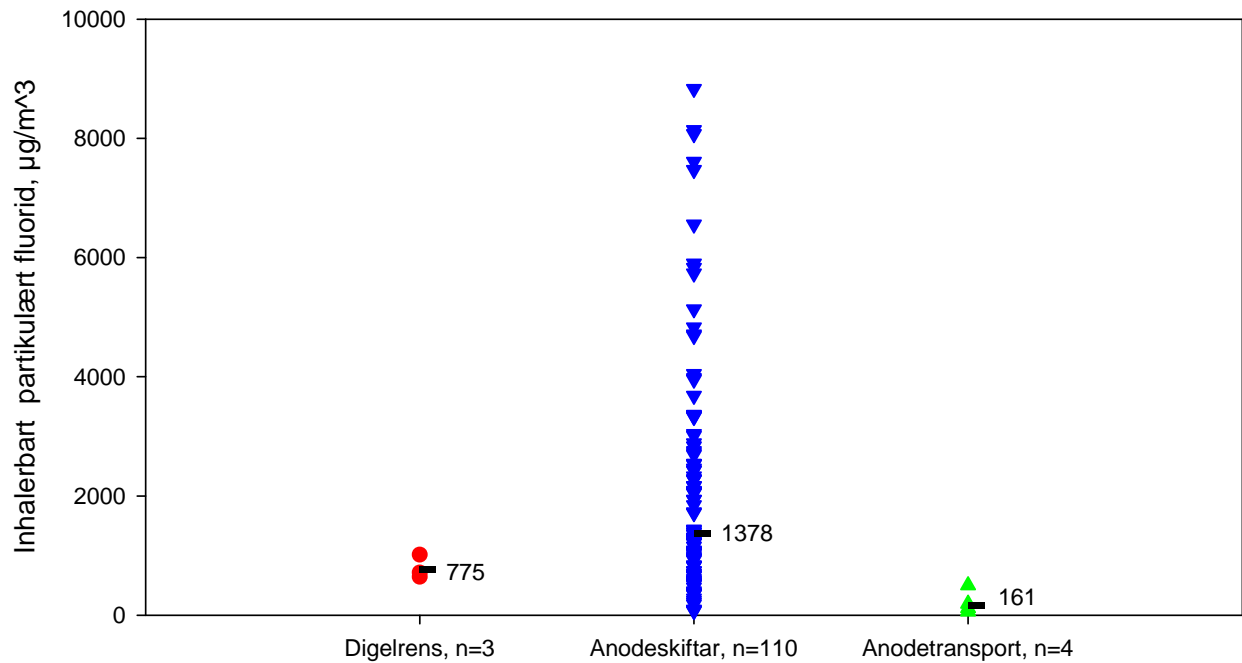
inhalerbart vassløyseleg fluorid målt med IOM-prøvetakaren, som skil seg ut ved å være statistisk forskjellig frå dei andre for fleire av dei målte eksponeringane.

11.3. Resultat partikulært fluorid



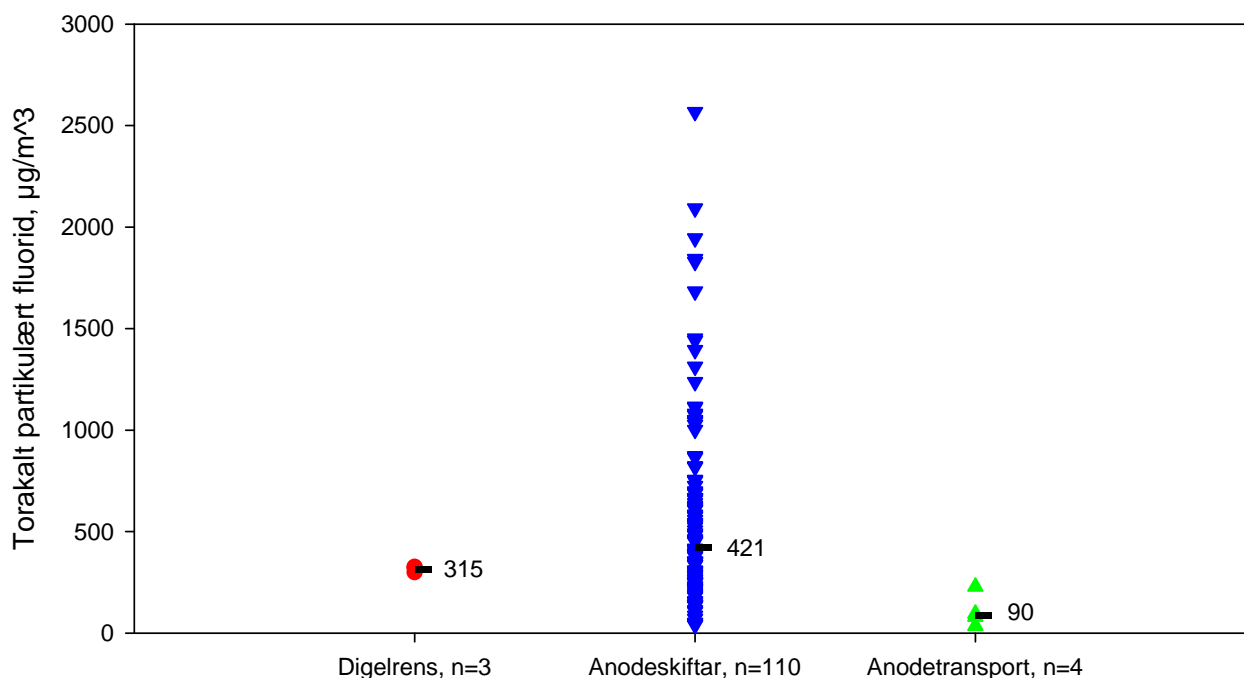
Figur 11.19: Partikulær fluorid fastsett i den aerosolfraksjon frå ”Totalstøv”-kassetten fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I figur 11.19 er det vist det partikulære fluoridet i aerosolfraksjonen frå ”Totalstøv”-kassetten. Dette er summen av vassløyseleg og lutløyseleg fluorid i aerosolen målt med ”Totalstøv”-kassetten. Av figuren ser ein at det er jobbkategori anodeskiftar som har den største spreinga (73 – 3649 µg/m³). Den høgaste gjennomsnittlege eksponeringa for vassløyseleg respirabelt fluorid er for anodeskiftar (678 µg/m³) og lågast for anodetransport (96 µg/m³).



Figur 11.20: Partikulær 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 11.20 er det vist det inhalerbare partikulære fluoridet i den oppsamla aerosolen samla opp med Respiconprøvetakaren. Dette er summen av vassløyseleg og lutløyseleg fluorid i den inhalerbare aerosolen målt med Respiconprøvetakaren. Figuren viser at ein har størst spreining (70 – 8829 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) og høgast geometrisk gjennomsnitt (1378 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) for jobbkategorien anodeskiftar, medan anodetransport har lågast gjennomsnitt (161 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



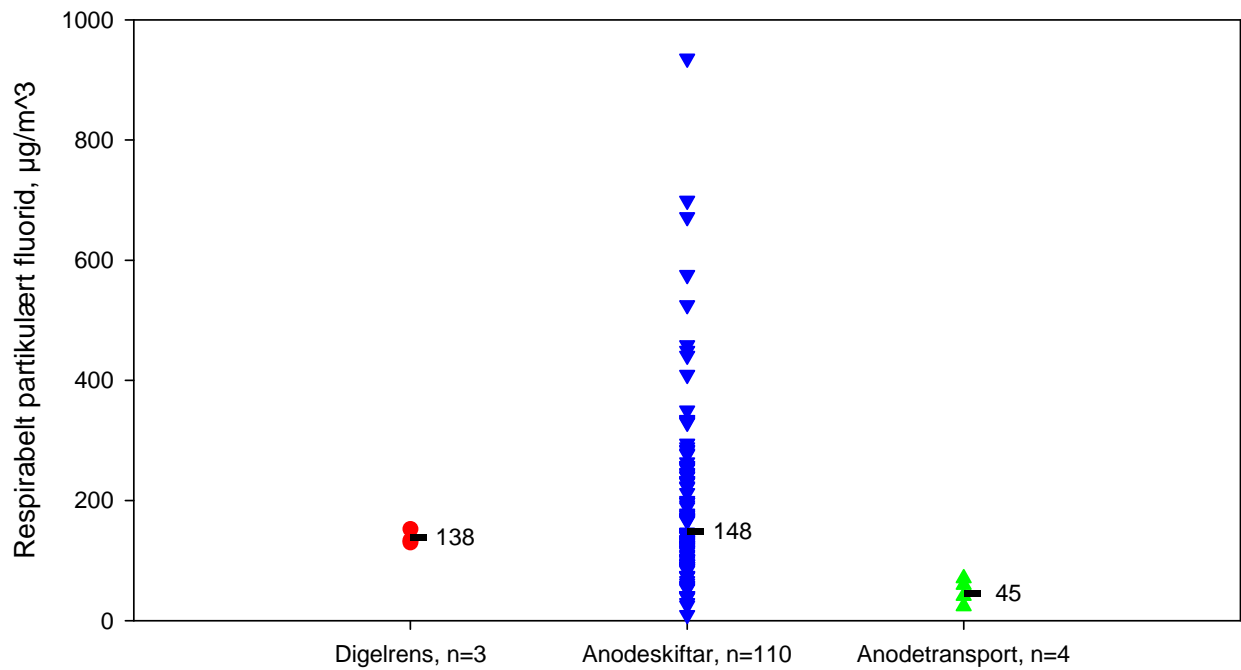
Figur 11.21: Partikulær fluorid fastsett i den torakale aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I figur 11.21 blir det vist det torakale partikulære fluoridet for dei ulike jobbkategoriene. Figuren viser lågast geometriske gjennomsnittsverdiar for anodetransport ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$), medan anodeskiftar har høgst ($421 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Igjen er det spreinga innanfor dei ulike jobbkategoriene anodeskiftar som er dominerande ($40 - 2567 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabell 11.7: Prosentdel torakalt partikulært fluorid av inhalerbart partikulært fluorid.

Jobbkategori	n	GM	Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			95 % Nedre	95 % Øvre		
Digel	3	41	24	68	32	47
Anodeskiftar	110	31	29	33	12	68
Anodetransport	4	56	41	75	46	69
Alle	117	31	29	33	12	69

Gjennomsnittleg som vist i tabell 11.7 er 31 % av det inhalerbare partikulære fluoridet torakalt. Høgast prosentdel var i kategorien anodetransport (56 %), medan prosentdelen var lågast for anodeskiftar (31%).



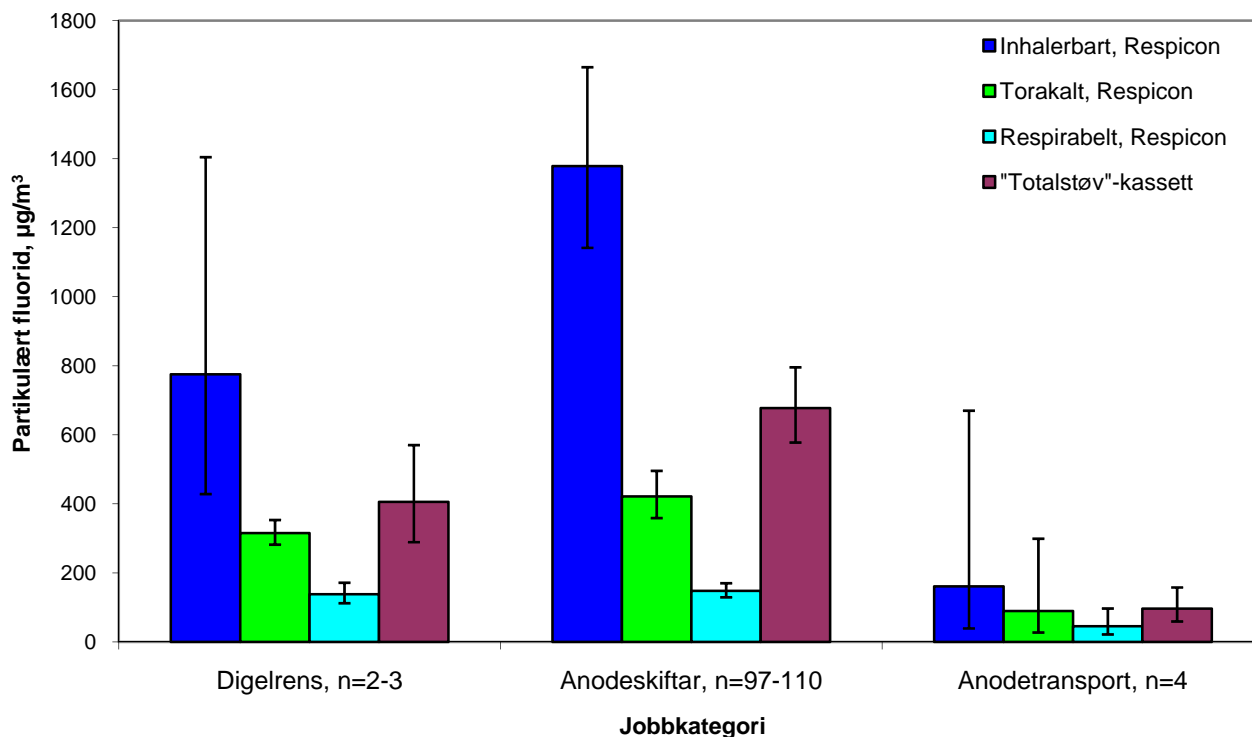
Figur 11.22: Partikulær fluorid fastsett i den respirable aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Plottet for det respirable partikulære fluoridet er vist i figur 11.22. Også for denne komponenten er det anodeskiftar som har det høgste gjennomsnittet ($148 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Det lågaste gjennomsnittet vart målt for anodetransport ($45 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Spreiinga for anodeskiftar er stor ($9,5 - 936 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabell 11.8: Prosentdel respirabelt partikulært fluorid av inhalerbart partikulært fluorid.

Jobbkategori	n	GM	Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			95 % Nedre	95 % Øvre		
Digel	3	18	9,3	34	13	21
Anodeskiftar	110	11	9,7	12	3,2	69
Anodetransport	4	28	11	72	14	51
Alle	117	11	10	12	3,2	69

Frå tabell 11.8 får ein at det er gjennomsnittleg 11 % respirabelt partikulært fluorid av det inhalerbare partikulære fluoridet. Anodetransport har den største prosentdelen (28 %), medan anodeskiftar har den minste prosentdelen (11 %).



Figur 11.23: Geometrisk middelverdi, GM med 95 % konfidensintervall for partikulært fluorid frå Respiconprøvetakaren og "Totalstøv"-kassetten.

I figur 11.23 er det gjeve ei samanlikning av dei geometriske gjennomsnitt (GM) for dei ulike jobbkategoriene for dei ulike aerosolfraksjonane og "Totalstøv"-kassetten.

Tabell 11.9: Oversikt over kva jobbkategoriar der GM var signifikant* forskjellig for partikulært fluorid.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Respicon Inhalerbart partikulært fluorid	Digel	Anodetransport
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Digel, Anodeskiftar
Respicon Torakalt partikulært fluorid	Digel	-
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Anodeskiftar
Respicon Respirabelt partikulært fluorid	Digel	Anodetransport
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Digel, Anodeskiftar
"Totalstøv"-kassett Partikulært fluorid	Digel	Anodetransport
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Digel, Anodeskiftar

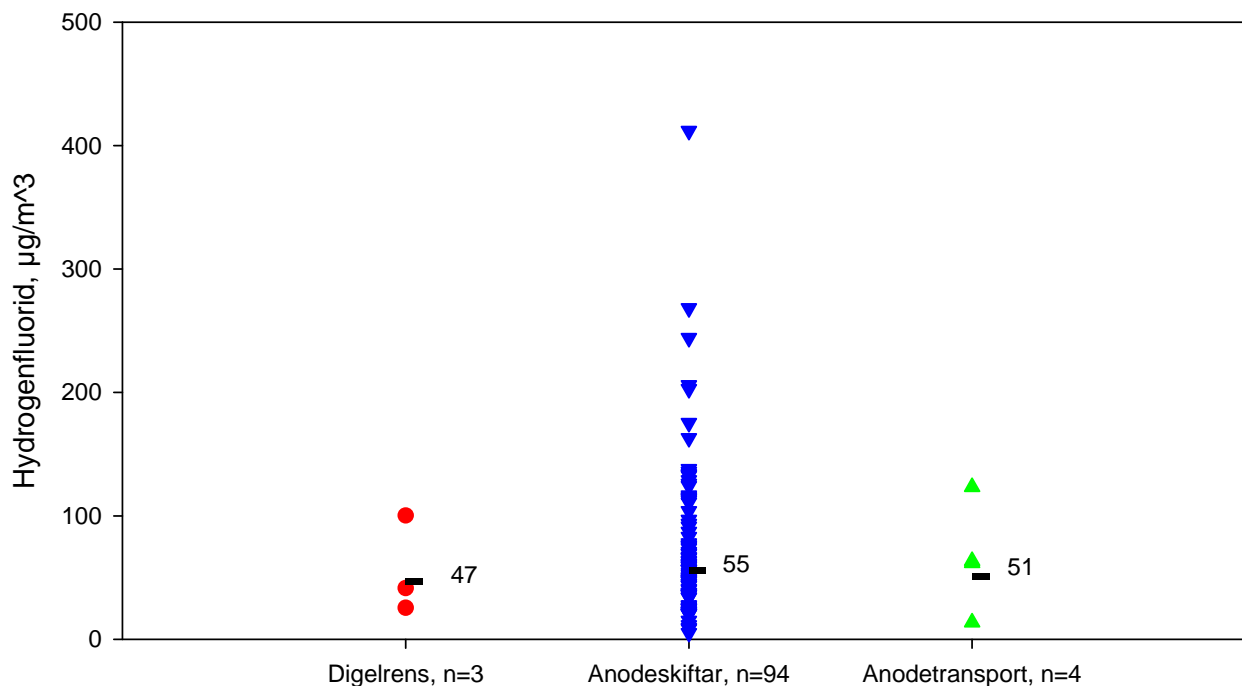
Tabell 11.10: Prosent vassløyseleg fluorid av partikulært fluorid.

Parameter	Jobbkategori	n	GM	Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
				95 % Nedre	95 % Øvre		
Prosent respirabelt vassløyseleg fluorid av respirabelt partikulært fluorid	Digel	3	63	50	81	59	71
	Anodeskiftar	110	47	43	50	2,8	78
	Anodetransport	4	61	55	68	56	65
	Alle	117	47	44	51	2,8	78
Prosent torakalt vassløyseleg fluorid av torakalt partikulært fluorid	Digel	3	61	45	84	57	71
	Anodeskiftar	110	38	36	40	14	66
	Anodetransport	4	49	34	70	36	59
	Alle	117	39	37	41	14	71
Prosent inhalerbart vassløyseleg fluorid av inhalerbart partikulært fluorid	Digel	3	46	27	76	37	55
	Anodeskiftar	110	23	21	25	7,9	54
	Anodetransport	4	46	38	57	39	52
	Alle	117	24	22	26	7,9	55
Prosent "Totalstøv" vassløyseleg fluorid av "Totalstøv" partikulært fluorid	Digel	2	58	26	100	55	62
	Anodeskiftar	97	24	26	29	12	60
	Anodetransport	4	49	38	64	41	59
	Alle	103	28	26	30	12	62

Kor stor del av det partikulære fluoridet som er vassløyseleg er avhengig av kjelda til fluorideksponeringa. Til dømes vil aerosol frå badsmelta innehalde fluorid som ikkje let seg ekstrahere ut i vassfasen, med vil blir fastsett som lutløyseleg fluorid. I tabell 11.10 viser det at det er ulik mengde vassløyseleg fluorid avhengig av fraksjonane, 47 % for respirabel fraksjon, 39 % for torakal fraksjon og 24 % for inhalerbart fraksjon. Dette tyder på at dess finare aerosolen er, dess større del av det partikulære fluoridet er vassløyseleg. For "Totalstøv"-kassetten er 28 % av det partikulære fluoridet vassløyseleg.

* p<0,05

11.4. HF og SO₂



Figur 11.24: Gassformig fluorid frå gassfilter, som HF og fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjevne med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Generelt er eksponeringa for Hydrogenfluorid (HF) mindre enn 300 µg/m³ for alle jobbkategoriene. Anodeskiftar har ei gjennomsnittleg eksponering på 54 µg/m³ med den høgste enkeltverdien på 412 µg/m³. Digel har den lågaste gjennomsnittlege eksponeringa med 47 µg/m³ med høgste verdi på 100 µg/m³. For anodetransport er den gjennomsnittlege eksponeringa 51 µg/m³ med høgste verdi på 123 µg/m³.

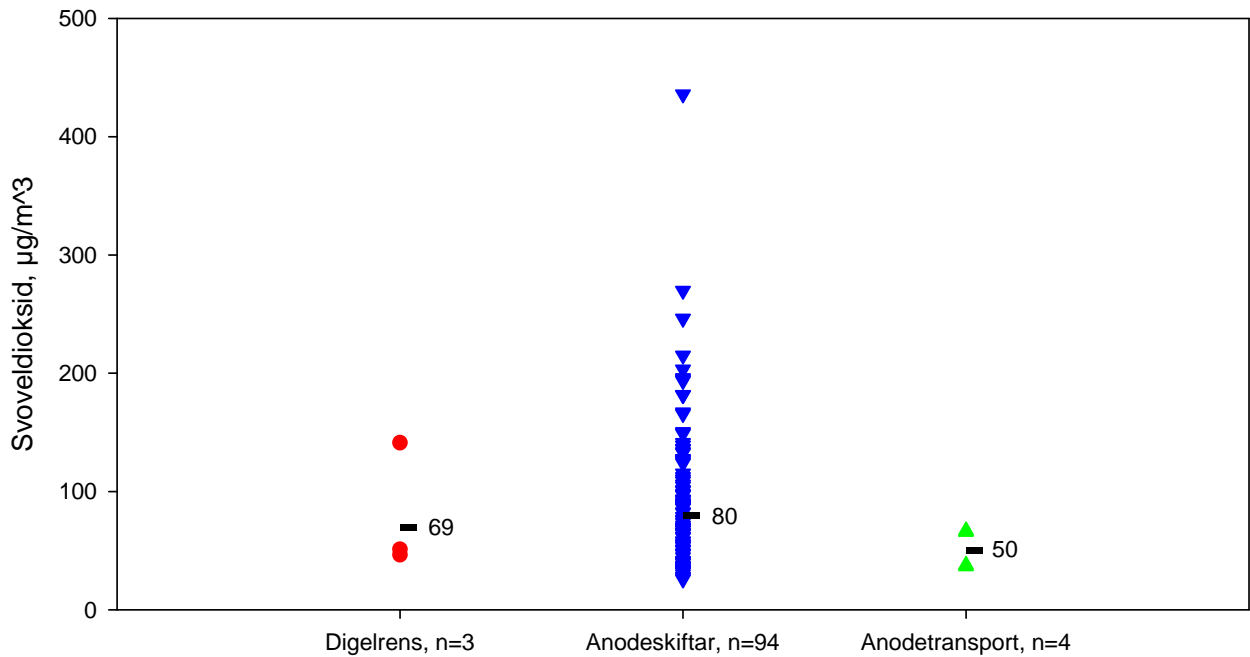
Tabell 11.11: Oversikt over kva jobbkategori der GM var signifikant* forskjellig for gassformig fluorid (HF).

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
HF _(gass)	Digel	-
	Anodeskiftar	-
	Anodetransport	-

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 kunne bli rapportert som partikulært fluorid.

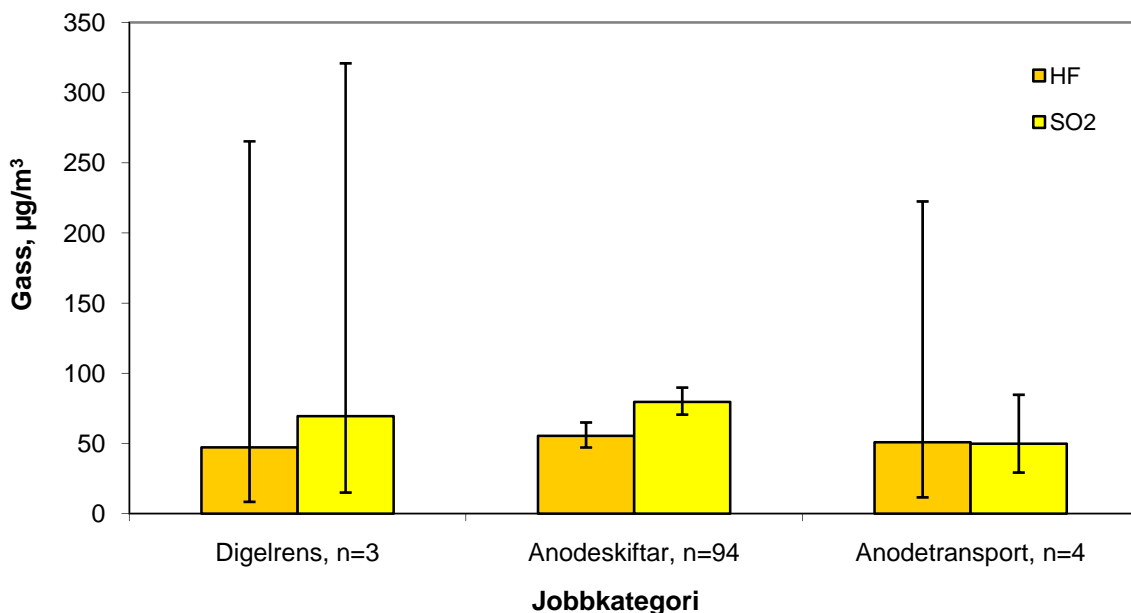
Det er ingen signifikante forskjellar mellom gjennomsnittsverdiane for dei tre jobbkategoriene.

* p<0,05



Figur 10.25: SO₂ frå gassfilter fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Kjelda til SO₂-gasseksponeringa er sovelet i anoden. Svovelinnhaldet i anoden vil kunne variere med råstoffet til anoden og då truleg variere frå batch til batch. Frå figur 11.25 har ein at lågast SO₂-eksponering var målt for anodetransport (50 µg/m³) medan anodeskiftar har høgast eksponering (80 µg/m³) og størst spreing (høgste målte enkeltverdi 436 µg/m³).



Figur 11.26: HF og SO₂ frå gassfilter fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

I figur 11.26 er det vist gjennomsnittlege verdiar for SO₂ og HF fordelt på jobbkategori. Anodeskiftarane er den høgast eksponerte gruppa for både SO₂ (80 µg/m³) og HF (55 µg/m³). For HF var digel den lågast eksponerte kategorien (47 µg/m³) medan anodetransport var gjennomsnittleg lågast for SO₂ (50 µg/m³).

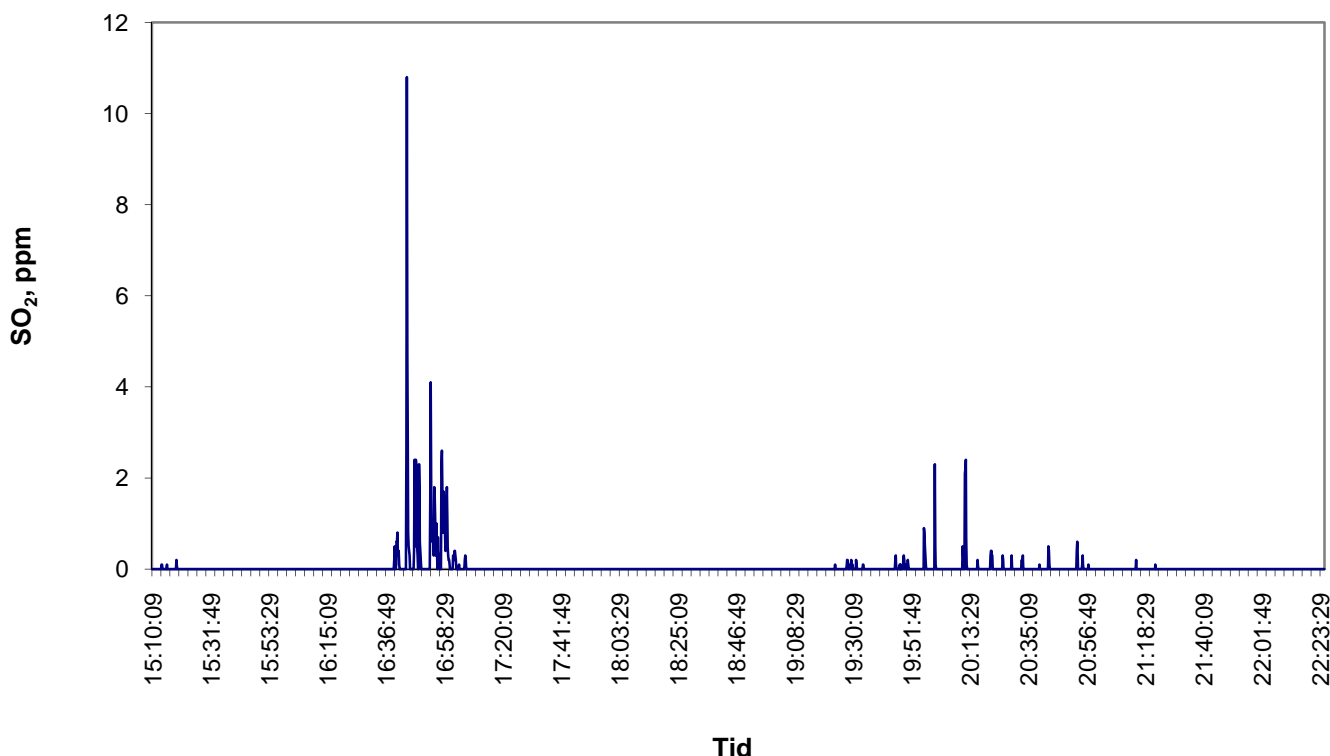
Tabell 11.12: Oversikt over kva jobbkategori der GM var signifikant* forskjellige for svoveldioksid (SO₂).

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
SO ₂	Digel	-
	Anodeskiftar	-
	Anodetransport	-

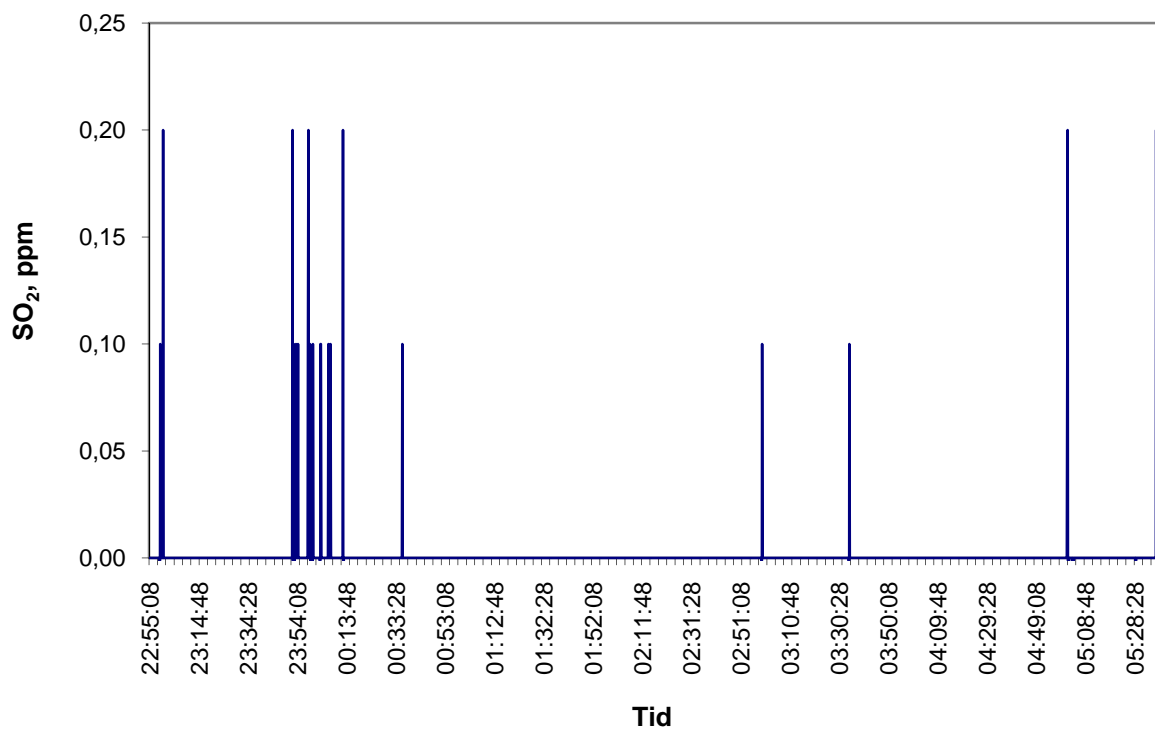
Frå tabell 11.12 finn ein ingen signifikante forskjellar mellom jobbkategoriene med omsyn på eksponering for svoveldioksid.

11.4.1. Tidsoppløyste SO₂-målingar

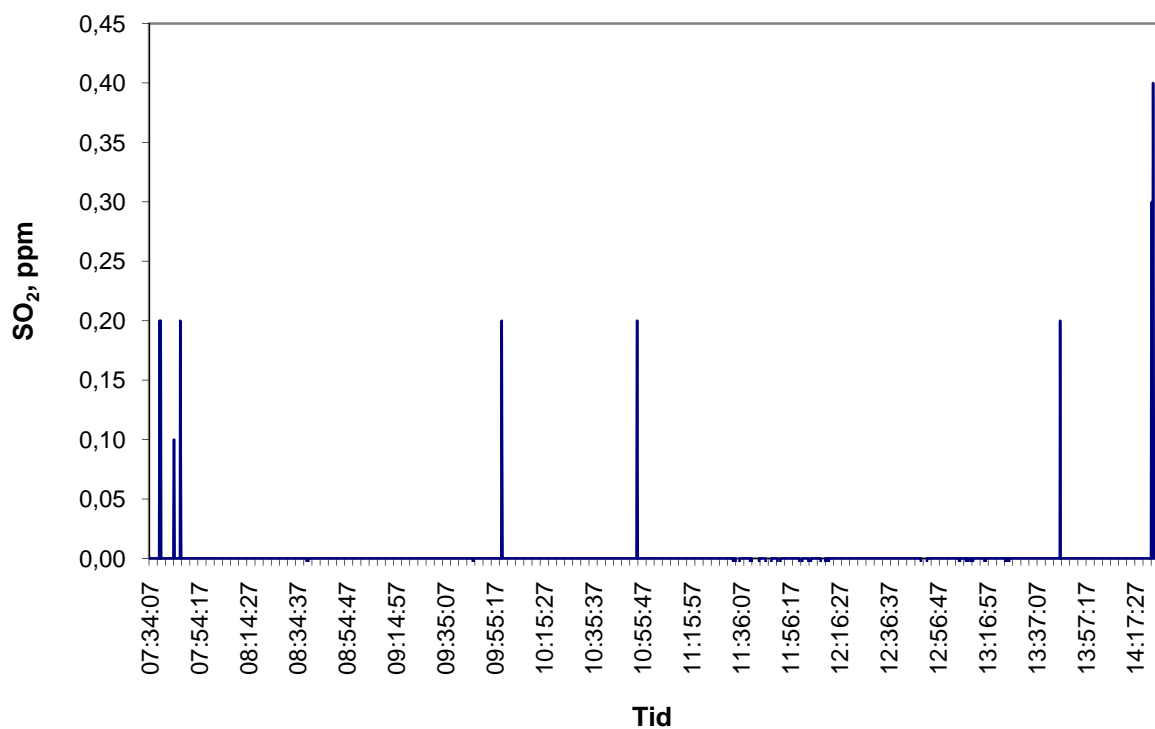
For å betre kunne forstå SO₂ eksponeringa, vart det nytta direktevisande gassesensarar til kontinuerleg kunne monitorere konsentrasjonen av SO₂ over arbeidsskifta. Figurane 11.27-11.29 viser typiske variasjonsmålingar for tre ulike arbeidsoperasjonar. Eksponeringsmønstra for dei ulike arbeidsoperasjonar varierar og gassesensarar er derfor eit viktig verktøy til å identifisere utsette arbeidsfunksjonar.



Figur 11.27: Tidsoppløyst SO₂ signal for anodeskiftar 20.jan. 2006. Arbeid utført: C3-Sør, forsert avsug. Golv (avraking 8 anodar), Kran (7 anodar), 1½ dekkecelle, Golv (dekking av 14 anodar)



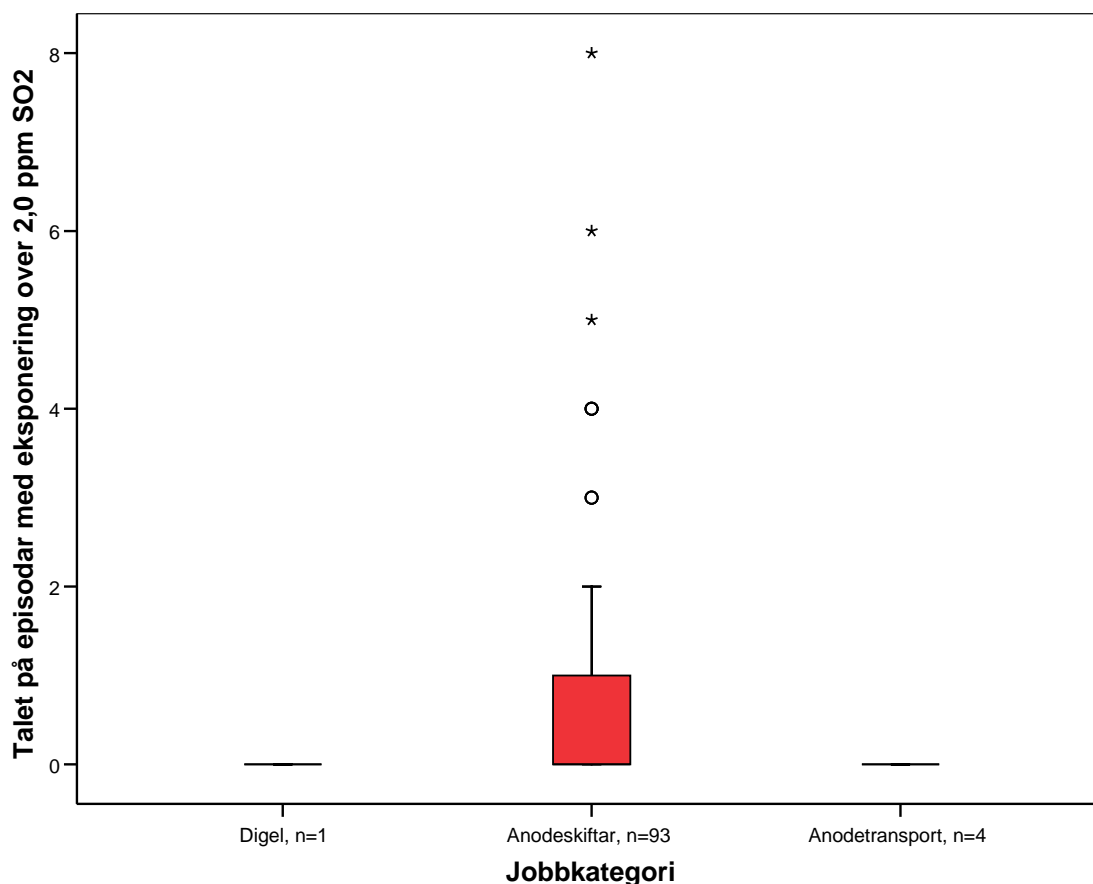
Figur 11.28: Tidsoppløyst SO₂ signal for anodetransport 26. april 2006. Arbeid utført: Anodetransport, Tobbekøring, Grabb av tobb



Figur 10.29: Tidsoppløyst SO₂ signal for digel, 21. april 2006. Arbeid utført: Fresing av diglar, Reingjering av fres, kosting, rydding, reingjering.

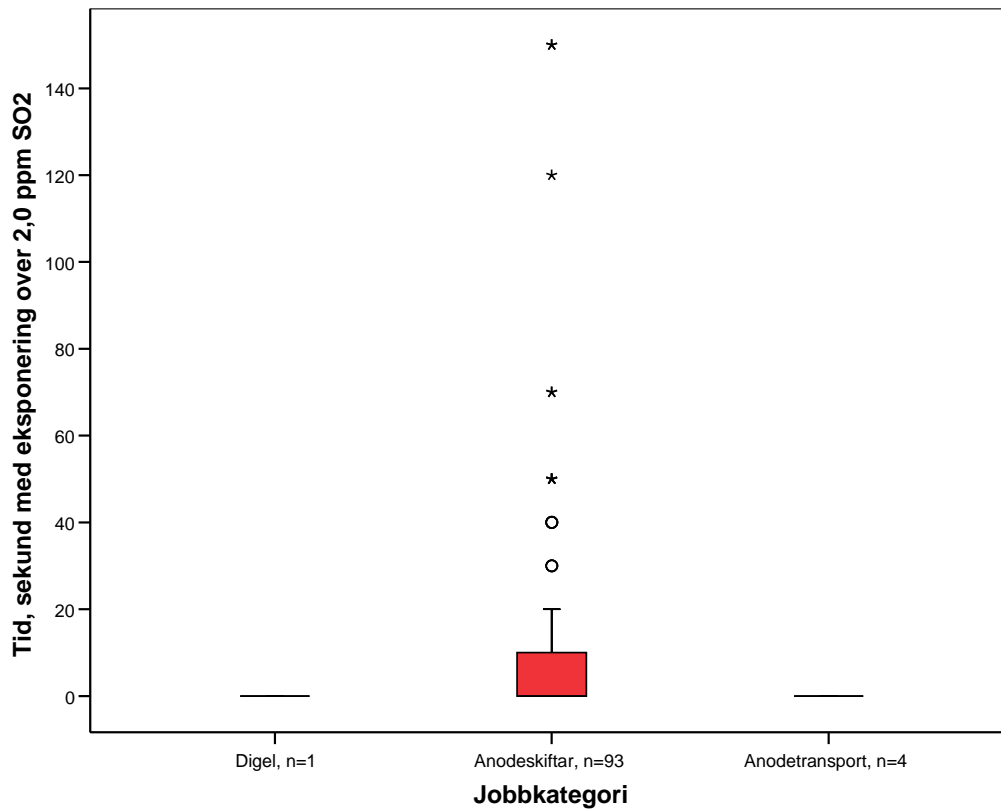
For å kunne vurdere dei tidsoppløyte SO₂-verdiene vart det nytta ein strategi ved å telje talet på episodar/hendingar med eksponering over ein gjeven verdi, kor lenge ein slik episode varer og dosen av SO₂ i kvar episode. Figur 11.29 viser talet på episodar med verdiar over 2,0 ppm SO₂ fordelt på arbeidsoppasjonane. I figur 11.30 viser talet på sekund kor eksponeringa har vore over 2,0 ppm, fordelt på dei ulike arbeidsoperasjonane. I figur 11.31 er det gjevne dosen av desse episodane over 2,0 ppm fordelt på dei ulike arbeidsoperasjonane.

Gass-sensarar med logging er nyttige hjelpemiddel for identifisering av toppeksponeing og variasjonen av eksponeringa gjennom eit arbeidsskit. For alle gassloggarane er det rekna tidsoppløyte konsentrasjonsfigurar, gjennomsnittleg konsentrasjon (ppm) og maksimalverdi. I tillegg vart toppane over ein gjeven verdi identifisert ved å rekne talet på toppar (fig. 11.30), kor lenge dei varer i sekund (fig. 11.31) og integrert dose i ppm *s (fig 11.32) som toppane representerer.

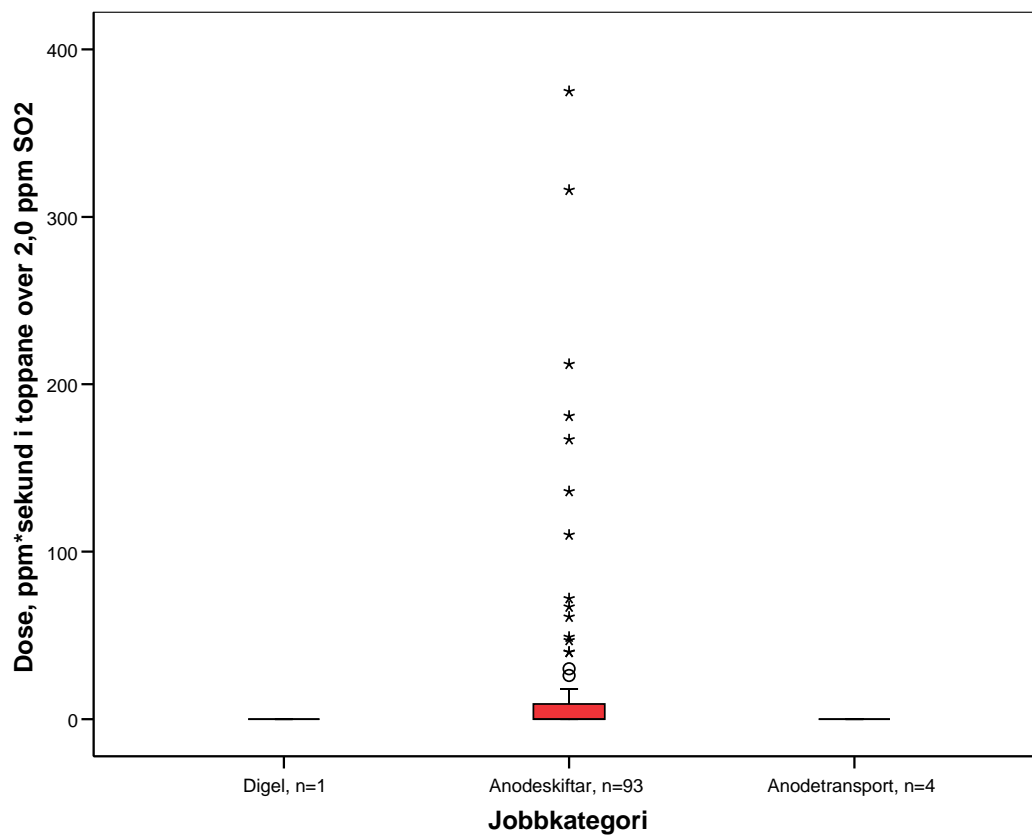


Figur 11.30: Boksplott av talet på eksponeringsepisodar med eksponering over 2,0 ppm SO₂.

Frå figur 11.30 ser ein at det er anodeskiftar som har episodar med eksponering over 2,0 ppm SO₂. Figuren viser også at for anodeskiftar har ein 5 verdiar som er å rekne som ekstremverdiar i forhold til dei andre verdiane i serien. For jobbkategorien digel hadde ein berre ei måling, og denne hadde ingen episodar med verdiar over 0,5 ppm SO₂. Anodetransport var der 4 målingar, men ingen episodar over 1,5 ppm SO₂.



Figur 11.31: Boksplott av talet på sekund med eksponering over 2,0 ppm SO₂.



Figur 11.32: Boksplott av dose (ppm *sekund) for eksponering over 2,0 ppm SO₂.

I tabellane 11.13 – 11.17 er resultatene av strategien med å telje episodar med eksponering over konsentrasjonsnivåa 0,2 - 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 og 5,0 vist.

Tabell 11.13: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålingar. Eksponeringsverdiar over 0,2 ppm, Aritmetisk middelværdi (AM).

Jobbkategori	Talet på målingar, n	Tal på episodar	Tid, s	Dose, ppm*s
Digel	1	2,0	30	4,0
Anodeskiftar	93	20	589	211
Anodetransport	4	4,5	85	13
Alle	98	20	562	201

Anodeskiftar har flest episodar med eksponering for SO₂ over 0,2 ppm, medan digel hadde færrest episodar. Anodeskiftar har lengst tid med eksponering over 0,2 ppm, og høgast eksponert dose.

Tabell 11.14: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålingar. Eksponeringsverdiar over 0,5 ppm, Aritmetisk middelværdi (AM).

Jobbkategori	Talet på målingar, n	Tal på episodar	Tid, s	Dose, ppm*s
Digel	1	0	-	-
Anodeskiftar	93	6,3	163	96
Anodetransport	4	0,5	10	2,0
Alle	98	6,0	155	91

Flest episodar med eksponering over 0,5 ppm og størst dose i toppane finn ein for jobbkategorien anodeskiftar.

Tabell 11.15: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålingar. Eksponeringsverdiar over 1,5 ppm, Aritmetisk middelværdi (AM).

Jobbkategori	Talet på målingar, n	Tal på episodar	Tid, s	Dose, ppm*s
Digel	1	0	-	-
Anodeskiftar	93	1,1	21	31
Anodetransport	4	0	-	-
Alle	98	1,0	20	29

Anodeskiftar hadde flest episodar (1,1) med eksponering over 1,5 ppm og den lengste tida (21 sek.). Dei andre jobbkategoriene hadde ingen toppar over 1,5 ppm.

Tabell 11.16: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålingar. Eksponeringsverdiar over 2,0 ppm, Aritmetisk middelværdi (AM).

Jobbkategori	Talet på målingar, n	Tal på episodar	Tid, s	Dose, ppm*s
Digel	1	0	-	-
Anodeskiftar	93	0,7	13	22
Anodetransport	4	0	-	-
Alle	98	0,7	12	21

Anodeskiftar hadde episodar med eksponering over 2,0 ppm.

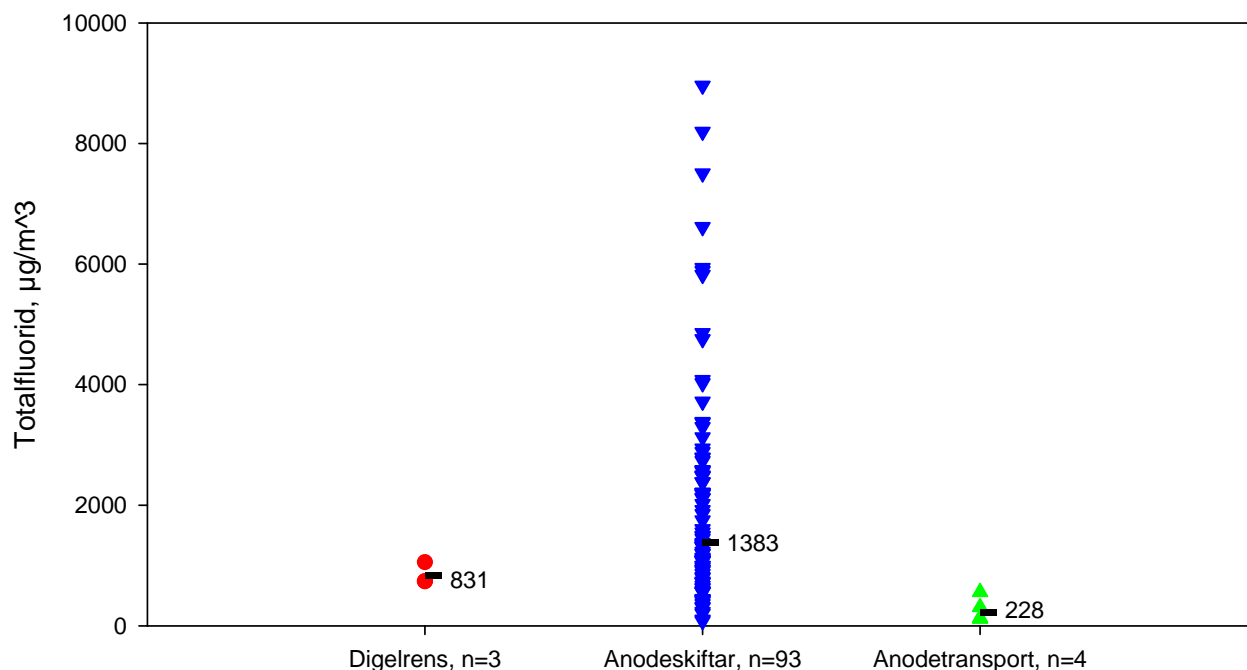
Tabell 11.17: Oppsummering over direktevisande SO₂ eksponeringsmålinger. Eksponeringsverdier over 5,0 ppm, Aritmetisk middelværdi (AM).

Jobbkategori	Talet på målinger, n	Tal på episodar	Tid, s	Dose, ppm*s
Digel	1	0	-	-
Anodeskiftar	93	0,1	2,0	6,5
Anodetransport	4	-	-	-
Alle	98	0,1	1,9	6,2

Jobbkategorien anodeskiftar hadde episodar over 5,0 ppm eksponering, episodane varte i gjennomsnitt i 2,0 sekund.

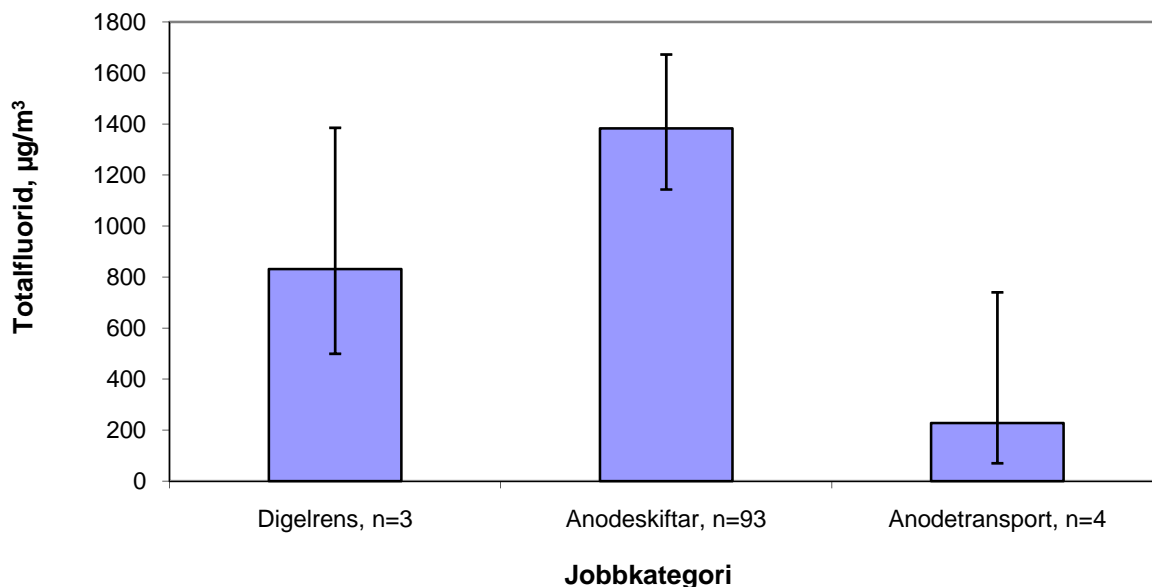
11.4.2. Totalfluorid

Totalfluorid er summen av gassformig fluorid frå impregnerte gassprøvetakarar (jf. kap. 8.2.4) og inhalerbart partikulært fluorid målt med Respicon (jf. kap. 8.2.3).



Figur 11.33: Totalfluorid, som er summen av inhalerbart partikulær aerosolfraksjon frå Respiconprøvetakaren og gassformig fluorid frå HF, fordelt på jobbkategori. Talet på prøver er gjeve med bokstaven n og må ikkje forvekslast med talet på personar.

Den høgste gjennomsnittlege eksponeringa er det jobbkategorien anodeskiftar som har (1383 µg/m³), medan anodetransport har den lågaste eksponeringa med 228 µg/m³. Spreiinga er stor, spesielt for jobbkategorien anodeskiftar (79 – 8960 µg/m³).



Figur 11.34: Geometrisk middelverdi, GM med 95 % konfidensintervall for totalfluorid (summen av gassformig og partikulært fluorid).

Ved å samanlikne dei geometriske gjennomsnittsverdiane statistisk får ein kva jobbkategori som hadde signifikant forskjellig eksponering, oppsummert i tabell 11.18.

Tabell 11.18: Oversikt over kva jobbkategori der GM var signifikant* forskjellige for totalfluorid.

Komponent	Jobbkategori	Signifikant* forskjellig frå jobbkategori
Totalfluorid	Digel	-
	Anodeskiftar	Anodetransport
	Anodetransport	Anodeskiftar

Av tabell 11.18 ser ein at jobbkategorien anodetransport skil seg ut som signifikant* lågare enn alle dei andre jobbkategoriene. For digel er det så få målingar at konfidensintervall blir store og dermed ikkje signifikant forskjellig frå anodeskiftar og anodetransport.

Kor stor del av den totale fluorideksponeringa som er HF kan sjåast på som prosentdel HF av totalfluorid. I fig. 11.35 er det prosentdel HF av totalfluorid vist for digel, anodeskiftar og anodetransport.

* $p < 0,05$

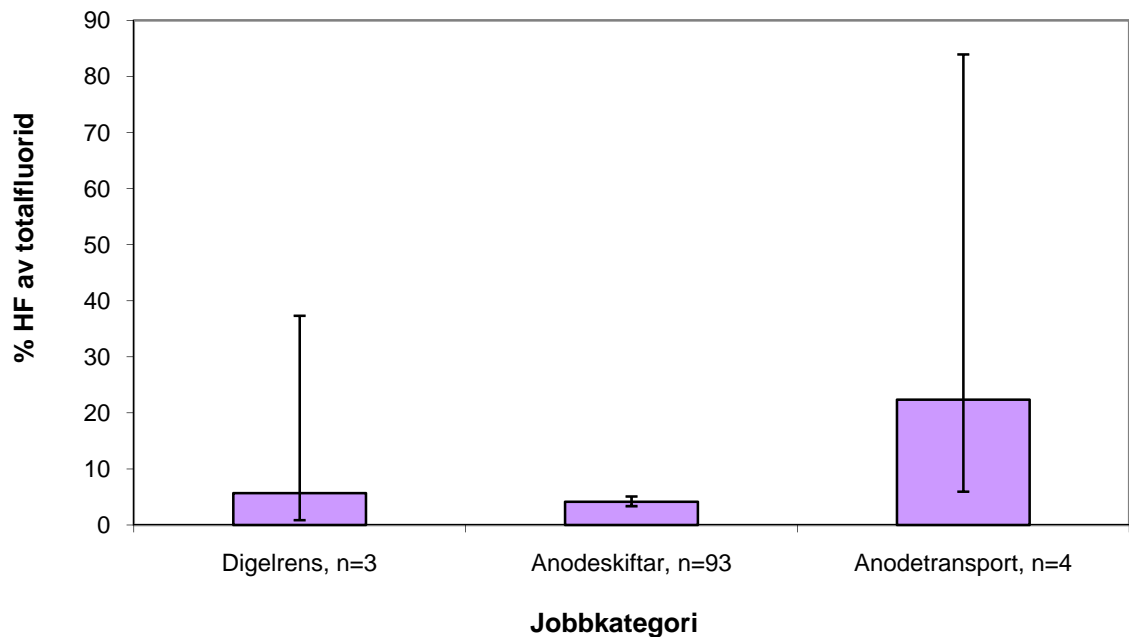


Fig. 11.35: Prosentdel HF av totalfluorid fordelt på jobbkategoriar med 95 % konfidensintervall.

Figuren viser at det størst bidrag frå HF til den totale fluorideksponeringa til finn ein for gruppa anodetransport (22 % av totalfluoridet), medan for jobbkategoriene anodeskiftar og digel var det gassformige bidraget lite, høvesvis 4 og 6 %. Igjen er det få målingar for digel og anodetransport noko som gjev store konfidensintervall og stor uvisse i gjennomsnittsverdiane

11.5. Personvariasjon

Fleire av resultatane kjem frå målingar på same person over fleire dagar. Ein ynskte å sjå på dag til dag variasjonen for kvar person som funksjon av arbeidsoppgåver. Personane som ein hadde 3 eller fleire målingar for vart valt ut. Frå jobbkategorien anodeskiftar ein 16 personar som fylgde dette kriteriet, medan ein ikkje hadde nokon for digel eller anodetransport. For å sjå på eit gjennomsnitt med konfidensintervall blir berre dei jobbkategoriene med 3 eller fleire personar tatt med. Ved å sjå på det relative standardavviket (Relativt standardavvik [RSD] = $(\text{standardavvik}[s]/\text{gjennomsnittet}[AM] \times 100 \%)$) mellom målingane for same person, kan ein estimere kor stor spreiding i resultat ein kan forvente når ein tek eksponeringsmålingar på ein tilfeldig dag. Torakal aerosol var valt ut som komponent til å illustrere dette i figur 11.36.

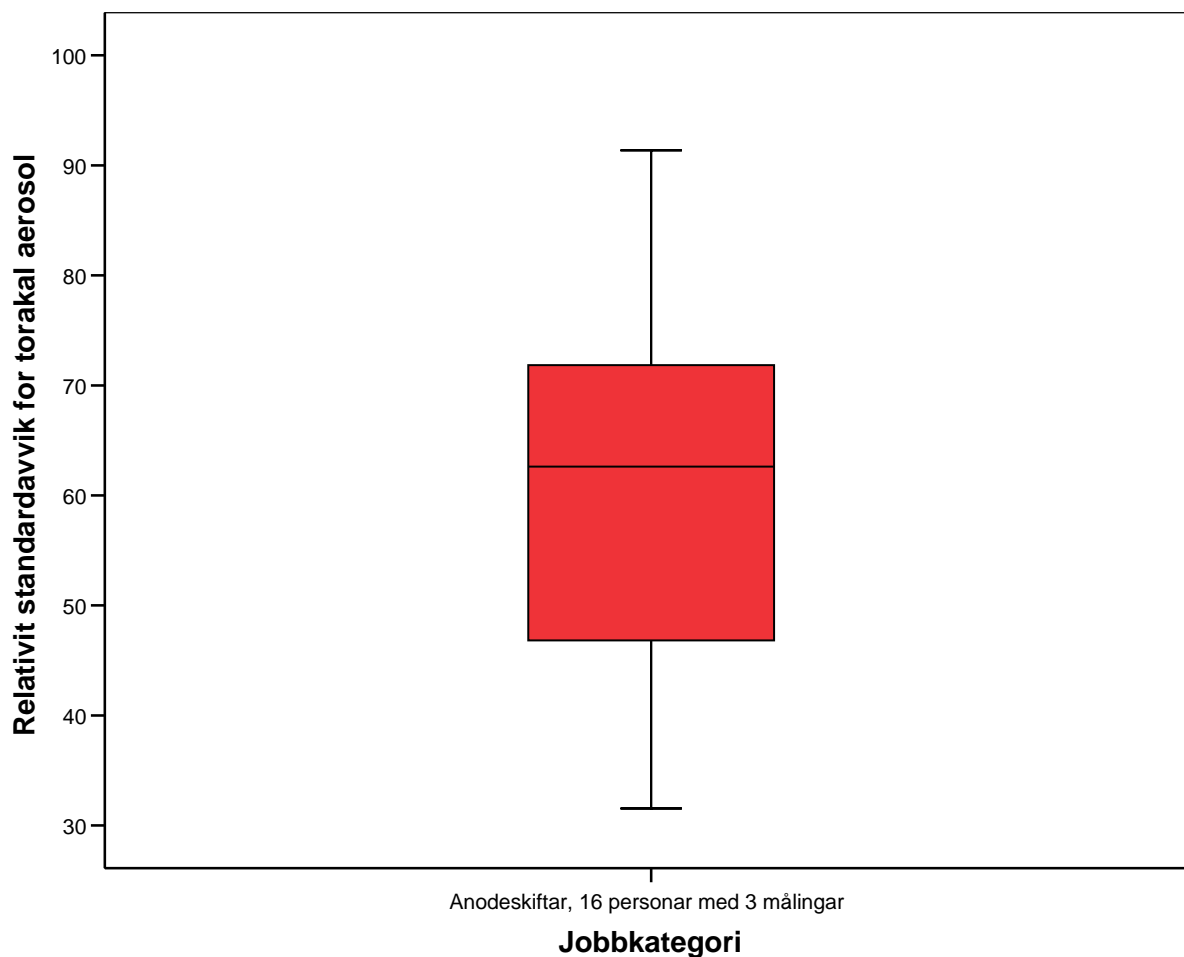


Fig. 11.36: Dag til dag variasjon for same personane.

Av fig. 11.36 ser ein at det er størst dag til dag variasjon for jobbkategorien anodeskiftar, med ein gjennomsnittleg (RSD) verdi på om lag 60 %.

Tabell 11.19: Dag til dag variasjon for same person og variasjon mellom personar

Jobbkategori	K (personar) ¹	N (målingar)	AM	GM	GSD	GSD_{ww}	GSD_{bw}
Digel	3	3	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
Anodeskiftar	54	111	1,7	1,2	2,2	1,9	1,6
Anodetransport	4	4	0,39	0,31	2,0	1,0	1,0
Alle	56	117	1,6	1,2	2,3	2,0	1,6

I tabell 11.19 viast det av for jobbkategoriar der dag til dag variasjonen (GSD_{ww}) er større enn variansen mellom personar (GSD_{bw}) tyder det på at eksponeringa varierer meir mellom dagane enn variasjonen mellom dei ulike personane i jobbkategorien. Generelt for dei utførte målingane ved HAK er at ein finn større varians dag til dag (GSD_{ww}) for same person enn mellom personar. For digel og anodetransport er det få personar og få målingar, noko som gjer ein samanlikning mellom dag til dag variasjon og variasjonen mellom personar lite meningsfull.

¹ Ein person med ei måling i ei jobbkategori kan ha målingar i ein eller fleire av dei andre kategoriane.

12. 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.

13. Appendiks

Tabell 13.1: Aerosol, mg/m³

	Jobbkategori	n	Gjennomsnitt		95 % Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			AM	GM	Nedre	Øvre		
Aerosol "Totalstøv"- kassett	Digel	2	1,3	1,3	0,99	1,6	1,3	1,3
	Anodeskiftar	99	1,6	1,3	1,1	1,5	0,14	6,4
	Anodetransport	4	0,32	0,32	0,23	0,43	0,27	0,42
	Alle	105	1,6	1,2	1,1	1,4	0,14	6,4
Inhalerbar aerosol, IOM	Digel	2	3,3	3,3	1,7	6,5	3,1	3,5
	Anodeskiftar	95	8,1	6,1	5,2	7,2	0,29	30
	Anodetransport	4	2,6	2,4	1,2	5,0	1,5	4,0
	Alle	101	7,8	5,8	5,0	6,8	0,29	30
Respirabel aerosol, Respicon	Digel	3	0,56	0,56	0,45	0,70	0,51	0,61
	Anodeskiftar	110	0,64	0,50	0,44	0,57	0,04	3,5
	Anodetransport	4	0,15	0,12	0,03	0,45	0,04	0,32
	Alle	117	0,62	0,48	0,41	0,55	0,04	3,5
Torakal aerosol, Respicon	Digel	3	1,1	1,1	1,0	1,2	1,1	1,1
	Anodeskiftar	110	1,8	1,3	1,1	1,5	0,07	8,3
	Anodetransport	4	0,39	0,31	0,10	0,97	0,18	0,89
	Alle	117	1,7	1,2	1,1	1,4	0,07	8,3
Inhalerbar aerosol, Respicon	Digel	3	3,3	3,3	1,8	6,0	2,8	4,3
	Anodeskiftar	110	7,1	5,0	4,2	5,9	0,27	28
	Anodetransport	4	0,97	0,75	0,21	2,7	0,37	2,2
	Alle	117	6,8	4,6	3,9	5,5	0,27	28

Tabell 13.2: Vassløyseleg fluorid, µg/m³

	Jobbkategori	n	Gjennomsnitt		95 % Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			AM	GM	Nedre	Øvre		
Vassløyseleg fluorid, "Totalstøv"- kassett	Digel	2	237	236	76	734	216	259
	Anodeskiftar	98	208	185	166	205	42	525
	Anodetransport	4	48	47	33	68	35	59
	Alle	104	202	176	157	197	35	525
Vassløyseleg fluorid, IOM	Digel	3	287	274	104	718	176	362
	Anodeskiftar	95	318	286	260	315	62	1156
	Anodetransport	4	165	155	79	306	82	204
	Alle	102	311	279	254	307	62	1156
Vassløyseleg respirabelt fluorid, Respicon	Digel	3	89	88	56	137	78	108
	Anodeskiftar	110	86	69	59	80	1,9	312
	Anodetransport	4	30	28	13	57	15	39
	Alle	117	84	67	58	78	1,9	312
Vassløyseleg torakalt fluorid, Respicon	Digel	3	194	192	133	278	170	227
	Anodeskiftar	110	201	161	140	186	8,3	580
	Anodetransport	4	56	44	11	177	13	106
	Alle	117	196	155	134	179	8,3	580
Vassløyseleg inhalerbart fluorid, Respicon	Digel	3	357	355	249	507	302	397
	Anodeskiftar	110	386	320	281	365	25	1095
	Anodetransport	4	96	75	20	283	27	197
	Alle	117	376	305	267	349	25	1095

Tabell 13.3: Partikulært fluorid, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Jobbkategori	n	Gjennomsnitt		95 % Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			AM	GM	Nedre	Øvre		
Partikulært fluorid, "Totalstøv"-kassett	Digel	2	406	406	289	570	395	417
	Anodeskiftar	97	897	678	577	795	73	3649
	Anodetransport	4	100	96	59	157	74	145
	Alle	103	857	622	525	736	73	3649
Respirabelt partikulært fluorid, Respicon	Digel	3	139	138	112	171	130	153
	Anodeskiftar	110	189	148	129	170	9,5	936
	Anodetransport	4	49	45	21	96	24	71
	Alle	117	183	142	124	162	9,5	936
Torakalt partikulært fluorid, Respicon	Digel	3	316	315	282	353	299	326
	Anodeskiftar	110	581	421	358	495	40	2567
	Anodetransport	4	111	90	27	299	36	229
	Alle	117	558	397	337	466	36	2567
Inhalerbart partikulært fluorid, Respicon	Digel	3	791	775	428	1404	642	1015
	Anodeskiftar	110	2098	1379	1142	1665	70	8829
	Anodetransport	4	217	161	39	670	60	501
	Alle	117	2000	1262	1040	1532	60	8829

Tabell 13.3: Totalfluorid, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Jobbkategori	n	Gjennomsnitt		95 %Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			AM	GM	Nedre	Øvre		
Totalfluorid, inhalerbart partikulært fluorid og gassformig fluorid	Digel	3	844	831	499	1385	737	1054
	Anodeskiftar	93	2007	1383	1143	1672	79	8960
	Anodetransport	4	280	228	70	740	118	561
	Alle	100	1903	1267	1045	1536	79	8960

Tabell 13.4: Svoveldioksid og Hydrogenfluorid, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Jobbkategori	n	Gjennomsnitt		95 %Konfidensintervall		Minimum	Maksimum
			AM	GM	Nedre	Øvre		
Hydrogenfluorid (HF)	Digel	3	56	47	8,4	265	25	100
	Anodeskiftar	94	74	55	47	65	5,1	412
	Anodetransport	4	66	51	12	223	14	123
	Alle	101	73	55	47	64	5,1	412
Svoveldioksid (SO ₂)	Digel	3	80	69	15	321	46	141
	Anodeskiftar	94	95	80	71	90	26	436
	Anodetransport	4	52	50	29	85	37	67
	Alle	101	93	78	69	87	26	436

Tabell 13.5: Jobbkategorien anodeskiftar ved prøvetakinga i 2003 (Karmøy I) og 2006 (Karmøy II)

Komponent	Prøvetakar	Karmøy I					Karmøy II				
		n	AM	GM	Minimum	Maksimum	n	AM	GM	Minimum	Maksimum
Inhalerbar aerosol	IOM	53	12000	9500	1800	65000	95	8100	6100	290	30000
Inhalerbar aerosol	Respicon	77	10000	7900	1500	36000	110	7100	5000	270	28000
Torakal aerosol	Respicon	77	2900	2400	570	8700	110	1800	1300	70	8300
Respirabel aerosol	Respicon	77	920	790	120	2600	110	640	500	40	3500
Inhalerbart vassløyseleg fluorid	IOM	51	490	440	140	1300	95	320	290	62	1200
Inhalerbart vassløyseleg fluorid	Respicon	76	480	430	94	1000	110	390	320	25	1100
Torakalt vassløyseleg fluorid	Respicon	76	250	230	44	580	110	200	160	8,3	580
Respirabelt vassløyseleg fluorid	Respicon	76	100	93	25	200	110	86	69	1,9	310
Inhalerbart partikulært fluorid	Respicon	77	3700	2500	220	12000	110	2100	1400	70	8800
Torakalt partikulært fluorid	Respicon	77	980	770	88	4500	110	580	420	40	2600
Respirabelt partikulært fluorid	Respicon	77	270	230	34	760	110	190	150	9,5	940
Hydrogenfluorid (HF)	Millipore	53	180	130	30	640	94	74	55	5,1	410
Svoveldioksid (SO ₂)	Millipore	53	200	170	35	570	94	95	80	26	440
Totalfluorid	Inhalerbart partikulært fluorid målt med Respicon og gassformig fluorid målt med "Totalstøv"-kassett	52	3400	2300	260	12000	93	2000	1400	79	9000