

YRKESHYGIENISKE UNDERSØKELSER
I ELEKTROLYSEHALLENE VED
ÅRDAL OG SUNNDAL VERK A/S.
SUNNDALSØRA HØSTEN 1978

AV JØRGEN JAHR, ARVE LIE OG GUNNAR MOWÉ

HD 808/79

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

side

1.	Innledning	1
	1.1 Bakgrunn	1
	1.2 Tidligere undersøkelser	1
2.	Plan og metoder for undersøkelsen	2
	2.1 Teknisk/hygienisk del	2
	2.2 Medisinske undersøkelser	4
3.	Resultater og diskusjon	5
	3.1 Teknisk/hygieniske undersøkelser	5
	3.1.1 Støv- og gassprøver	5
	3.1.1. 1 Mobile prøver	5
	3.1.1. 2 Stasjonære prøver	8
	3.1.1. 3 Personlige prøver over ca. 7 timer	8
	3.1.1. 4 Personlige prøver tatt under spesielle arbeidsoperasjoner (kortidsprøver)	11
	3.1.1. 5 Analyser av renoksyd og gjenvinningsoksyd	15
	3.1.2 Urinprøver	17
	3.1.3 Sammenligning av eksponering med utskillelse av fluorid i urin	20
	3.2. Medisinske undersøkelser	23
	3.2.1 Personer som deltok i undersøkelsen	23
	3.2.2 Undersøkelse av eksponeringen	23
	3.2.3 Hudplager	23
	3.2.4 Sammenhengen mellom støveksposering og lungesyntomer	24
4.	Sammendrag og konklusjoner	26
	4.1 Den teknisk-hygieniske undersøkelsen	26
	4.2 Medisinsk undersøkelse	27
5.	Litteratur	28
6.	Tabeller, figurer	29 - 60
7.	Bilag	

YRKESHYGIENISKE UNDERSØKELSER I ELEKTROLYSEHALLENE VED ÅRDAL OG SUNNDAL VERK A.S., SUNNDALSØRA

1. INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN

I løpet av 1978 ble det ved verket funnet en del lettere tilfeller av forskjellige hudplager (hudirritasjon, eksem?) blant de ansatte, særlig i SU III-elektrolysehallene, som har lukkede ovner med forbrente (prebake) anoder. Symptomene ble satt i forbindelse med overgangen til bruk av gjenvinningsoksyd. Både fra de ansattes og bedriftenes side var det ønske om å få utført en undersøkelse for, om mulig, å forsøke å finne ut årsaken til hudplagene og å gjennomføre forebyggende tiltak. Samtidig ønsket man å få den nye undersøkelsen gjennomført på en slik måte at man kunne sammenligne med de resultater som ble funnet i 1970.

En redegjørelse for resultatene av den teknisk-hygieniske del av undersøkelsen ble gitt på Sunndalsøra 16. mai 1979 og for den medisinske del på Nordisk Aluminium-industris Helseutvalg's møte 30. august 1979 i Island.

1.2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Yrkeshygienisk institutt har tidligere utført 2 større undersøkelser, den første i 1960 av Glømme (1), den andre av Jahr og medarbeidere (2) i 1970. Dessuten er det utført en undersøkelse av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i 1977 i samarbeid med Sentralinstituttet for industriell forskning (SI) og Selskapet for industriell og teknisk forskning ved Norges Tekniske Høgskole (SINTEF), se Bjørseth og medarbeidere (3).

YHI har også utført en undersøkelse av PAH-eksponeringen ved bruk av henholdsvis renoksyd og gjenvinningsoksyd i elektrolysehallene i Øvre Årdal, se Fjeldstad og Halgard (4).

2. PLAN OG METODER FOR UNDERSØKELSEN

2.1. TEKNISK/HYGIENISK DEL

Den tekniske hygieniske del fulgte stort sett samme opplegg som for undersøkelsen i 1970, se bilag 1.

Det ble tatt både stasjonære prøver og mobile prøver av den generelle hallatmosfære, personlige prøver over ca. 7 timer og personlige korttidsprøver under de enkelte arbeidsoperasjoner. Det ble også tatt noen større støvprøver med nettdrevne pumper for spesielle undersøkelser.

Urinprøver for bestemmelse av fluorid-innhold ble samlet før og etter skift for de samme operatører som ble utstyrt med bærbare pumper. Man hadde håpet såvidt mulig å få prøver for de samme personer som deltok i 1970, men det viste seg vanskelig å få gjennomført.

Til oppsamling av fluorid i luften og senere analyse ble benyttet en forenklet metode for bestemmelse av partikulære og gassformige fluorider, se bilag 2.

Metoden ble fraveket på 2 punkter:

I stedet for å riste begerglassene med henholdsvis filter og understøttelseskive ble det brukt et røreverk mens den ionesensitive elektrode var dyppet ned i løsningen. Avlesning ble foretatt etter at utslaget var stabilt. Den andre avvikelsen var at det til den støvformige del ble satt 10 mg EDTA etter første gangs analyse. (Aluminiumfluorid vil ikke

bli bestemt fullstendig på denne måten, men da aluminiumfluorid ikke tas opp i noen utstrekning av betydning, spiller dette neppe noen rolle for vurderingen.)

I denne undersøkelsen ble også totalstøveksponeringen bestemt (veining av filterne før og etter prøvetaking med kondisjonering av filterne), hvilket ikke ble gjort ved undersøkelsen i 1970.

Til de mobile prøver ble det brukt 3 Casella-pumper med hver sin filterholder. To av disse hadde filter og impregnerte støtteskiver på vanlig måte, mens den tredje filterholderen hadde en perforert teflonfolie lagt mellom filteret og støtteskiven. Dette ble gjort for å undersøke om man med de vanlige filterholderne skulle få for lave verdier for den gassformige del av fluoridene og eventuelt for høye for den støvformige del, ved at noe av impregneringen ble sittende igjen på filterne når filterholderne ble tatt fra hverandre. Det var meningen at de tre filterholderne skulle ha vært plassert så tett sammen som mulig. I noen tilfelle ble avstanden mellom dem imidlertid vel stor. Filterholderne ble montert ca. 1,6 m over gulvet på motorsykler som ble kjørt slik at filterholderne kom i en horisontalavstand fra ovnskanten på ca. 0,5 m under kjøringen. Det ble tatt prøver både under vanlige driftsforhold og umiddelbart etter runderulling. Disse prøvene ble også benyttet til å bestemme presisjonen ved måling av totalstøv, gassformig fluorid og støvformig fluorid.

De stasjonære prøver ble tatt på verkets vanlige, faste prøvesteder i hallen, også disse ved hjelp av Casella-pumper, men bare med én pumpe på hvert prøvested. Prøvene ble tatt bare på dagtid.

2.2. MEDISINSK DEL

Undersøkelsen ble gjennomført som en kombinert teknisk-hygienisk og yrkesmedisinsk undersøkelse. Ansvarlig for den teknisk-hygieniske delen var Jørgen Jahr, mens Gunnar Mowé var ansvarlig for den yrkesmedisinske delen. Arve Lie var ansvarlig for den datamessige behandlingen av resultatene.

Fra en yrkesmedisinsk synsvinkel kan undersøkelsen betegnes som en epidemiologisk tverrsnittsstudie. Den viktigste hensikten har vært å studere sammenhengen mellom eksponering for forurensninger i elektrolysehallene, og forekomsten av forskjellige symptomer blant arbeiderne i hallene. Undersøkelsen omfattet 67 arbeidere i elektrolysehallene og en referansegruppe på 36 personer ved andre arbeidsplasser. Aldersfordelingen fremgår av tabell 12.. Dessuten ble 31 personer som selv ønsket det, undersøkt av spesialist i hudsykdommer, overlege Johansen, Oslo Helseråd.

Følgende metoder ble benyttet:

- a. Personlige eksponeringsmålinger for arbeiderne i den eksponerte gruppe.
- b. Intervju samme dag som støvprøvene ble tatt.
Intervjuet omfattet en detaljert kartlegging av aktuelle lungesyntomer hver enkelt dag, dessuten forekomst av tidligere lungesyntomer, tidligere hudplager og røkevaner.
- c. Lungefunksjonsundersøkelse ved hjelp av Vitalograf før og etter skiftet blant dem som arbeidet på formiddags-skiftet i elektrolysehallene.
- d. Fluoridutskillelsen i urinen før og etter skift.
- e. Ved undersøkelse av hudspesialist med individuell vurdering.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 TEKNISK/HYGIENISKE UNDERSØKELSER

3.1.1 Støv- og gassprøver

3.1.1.1 Mobile prøver

Presisjonen eller reproduserbarheten av målingene beregnet ut fra de triple mobilprøvene er vist i tabell 1. Beregningene ble gjort på vanlig måte for flere prøveserier med et antall prøver i hver serie. Ved disse beregningene ble det ikke tatt hensyn til at det var lagt inn en perforert teflonfolie i den ene av de tre filterholderne. Virkningen av teflonfolien ble undersøkt spesielt, se tabell 2, hvor også presisjonen ble beregnet.

Totalstøvbestemmelsen hadde forholdsvis høyt standardavvik for logaritmene, svarende omtrent til + 30% og ÷ 25% for en enkelt måling. Den forholdsvis store usikkerheten skyldes dels at det var forholdsvis små totale støvmengder på filtrene - den høyeste verdi var 3,6 mg - dels at det under prøvetakingen sannsynligvis var forholdsvis store konsentrasjonsforskjeller i luften, selv over så små avstander som mellom filtrene.

Presisjonen for bestemmelse av gassformig og støvformig fluorid er vist i tabell 1. Under vanlige driftsforhold var presisjonen bedre enn $\pm 15\%$ av den enkelte måling. For prøver tatt like etter runderulling var presisjonen noe bedre enn for totalstøvbestemmelsen, men av samme størrelsesorden.

I tabell 2 er vist variansanalyser for prøver tatt med og uten perforert teflonskive mellom filtere og den impregnerte understøttelseskive. Nokså overraskende ble det med 98 % sannsynlighet funnet at totalstøvkonsentrasjonen målt med filterholderne som inneholdt perforert teflonfolie, var lavere enn for middelverdien av de to andre filtere som ikke hadde slike teflonfolier. Vi har ikke funnet noen skikkelig forklaring på dette forholdet, men en mulig forklaring kan være at filterholderne med teflonfolie mer eller mindre systematisk er blitt plassert slik under prøvetakingen at de er kommet lengst fra ovnskanten og derfor har tatt opp mindre støv, spesielt under prøvetaking umiddelbart etter runderulling. Dette lar seg imidlertid ikke kontrollere da det ikke var forutsatt noen spesiell plassering av disse filterholderne.

For støvformig fluorid målt under vanlige forhold ble det funnet noe høyere gjennomsnittsverdi for prøvene tatt med filterholder som hadde teflonfolie enn for de vanlige filterholderne, henholdsvis 0.23 og 0.20 mg/m³. Det var imidlertid 98 % sannsynlighet for at forskjellen ikke skyldtes tilfeldigheter. En mulig forklaring er at de gassformige fluorider som var adsorbent på støvet ikke ble overført fullstendig til den impregnerte skiven når det var en teflonfolie mellom. Dette stemmer med at det for gassformige fluorider tatt under vanlige forhold ble funnet tilsvarende lavere verdi med teflonfolie enn uten, henholdsvis 0.38 og 0.41 mg/m³. Her var det 87 % sannsynlighet for at forskjellen ikke kunne tilskrives tilfeldigheter. For totalfluorid målt under vanlige forhold ble det ikke funnet noen forskjell enten prøvene var tatt med filterholderne med eller uten teflonfolie.

Ved variansanalysen vist i tabell 2 får man også variansen for presisjon. Ved variansanalysen måtte man imidlertid bruke middelverdien av de to målingene med vanlige filterholderne i hver serie. For å finne variansen

for én enkelt måling ble derfor de variansene som er oppgitt i tabell 2 under presisjon multiplisert med 1.5 for å korrigere variansen til å gjelde for én enkelt måling. Denne nye variansen ble så brukt til å finne presisjonens standardavvik. De tilsvarende pluss- og minus-verdier i prosent av de absolutte verdier er gjengitt i de to siste kolonnene i tabell 2. Som man måtte vente, er usikkerhetene av samme størrelsesorden som funnet i tabell 1.

Forskjellen som ble funnet i totalstøvkonsentrasjonen med og uten teflonfolie i filterholderne ble også kontrollert med en ikke-parametrisk test "Wilcoxon matched pairs signed rank test." Denne viste at det var mellom 95 og 98% sannsynlighet for at målingene var forskjellige, altså sammen resultat som ved variansanalyse.

For mobilprøvene ble det også undersøkt om det var noen forskjell på Su I-II og Su-III. Resultatene er vist i tabell 3, både for prøver tatt under vanlig drift og prøvene tatt like etter runderulling.

Under vanlig drift var konsentrasjonen av gassformig fluorid med over 95% sannsynlighet lavere i Su III enn i Su I-II, mens det for totalstøv og støvformig fluorid ikke ble funnet noen forskjell av betydning. Alle disse middelveriene var akseptable.

Etter runderulling var alle middelverdiene høyere i Su III enn i Su I-II: Totalstøv 24 mg/m^3 mot 16 mg/m^3 , gassformig fluorid $1,8 \text{ mg/m}^3$ mot $0,9 \text{ mg/m}^3$ og støvformig fluorid $0,8 \text{ mg/m}^3$ mot $0,4 \text{ mg/m}^3$. Selv om forskjellene ikke kunne påvises med så stor sikkerhet som 95 %, tyder resultatene på at runderulling gir større forurensning i Su III enn i Su I-II. Dette henger mest sannsynlig sammen med selve ovnskonstruksjonen siden det ble brukt renoksyd i alle hallene på dagtid da prøvene ble tatt.

Resultatene av mobilprøvene er vist i diagramform i fig. 1.

3.1.1.2. Stasjonære prøver

Resultatene for disse prøvene er vist i tabell 4. Middelerverdiene viste lavere verdier i SU III enn i SU I-II, både for totalstøv, gassformig fluorid, støvformig fluorid og totalfluorid. For alle var det over 95 % sannsynlighet for at det var en virkelig forskjell. (t-testen kunne bare brukes for totalstøv. Den ga $t = 3,31$, som tilsvarer $P = 99,7\%$ sannsynlighet for forskjell).

I begge typer haller ble de stasjonære prøvene tatt midt mellom ovnsrekkene. Dette er akseptabelt for SU I-II, men gir neppe representative verdier i SU III hvor man har frisklufttilførsel gjennom rister i gulvet midt mellom ovnsrekkene. Det er sannsynligvis vanskelig å finne noen representative faste prøvesteder i SU III og vi vil anbefale at man går over til bruke mobile prøver for alle ovnshallene.

3.1.1.3. Personlige prøver over ca. 7 timer

Middelerverdiene og 95% konfidensgrensene for de enkelte operatørgrupper og arbeidsoperasjoner er vist i tabell 5. For eksponeringen for totalstøv, gassformig fluorid og total fluorid er angitt 95% konfidensgrensene (95% KG) som er det området det er 95% sannsynlighet for at en ny middelerverdi ligger innenfor om man gjentar undersøkelsen en annen gang, forutsatt at forholdene er omtrent de samme. Man kan også si at den virkelige middelerverdien (hvis det ikke er systematisk feil i prøvetagning eller analyse) vil ligge innenfor disse grensene med 95% sannsynlighet.

Totalstøveksponeringen var stort sett tilfredsstillende i Su I-II, idet de fleste middelerverdier lå under 5 mg totalstøv pr. m³. Unntak var boltetrekkerne med 11 mg/m³.

Soterne, iberegnet to operatører som rensset brennere, hadde en middeleksponering for støv på $5,1 \text{ mg/m}^2$ med 95% KG 3,5 og $7,4 \text{ mg/m}^3$ ($4,9 \text{ mg/m}^3$, 95% KG 3,7 og $7,5 \text{ mg/m}^3$ uten de to som rensset brennere).

Støveksponeringen i Su III lå stort sett betydelig høyere, og det var bare tapperne og metallprøvetakerne som lå under 5 mg/m^3 .

Resultatene av totalstøvmålingene er vist i diagramform i figur 2 for Su I-II og i figur 3 for Su III. De avgrensede strekene i hver søyle viser 95% konfidensgrensene.

For Su III (fig. 3) er det for ovnspasserne, tapperne, runderullerne og blussrullerne både angitt middelveidi (og konfidensgrenser) for samtlige målinger og for målinger tatt på nattskift og på dagtid. For de tre første operatørkategorier var det bare liten forskjell enten prøvene ble tatt på natt-tid, hvor det ble brukt gjenvinningsoksyd, eller på dagtid, mens det for blussrullerne var en påfallende forskjell med langt høyere eksponering om natten enn om dagen. Det ble riktignok bare tatt to prøver på nattskift under blussrulling, men forskjellen fra prøvene tatt på dagtid var så stor at den neppe kan skyldes tilfeldigheter. Som nevnt i den muntlige redegjørelse for resultatene gitt den 16. mai på Sunndalsøra, bør det tas flere prøver på nattskift for å se om man kommer til samme resultat (om resultatene er reproducerbare). Det var dessuten så store variasjoner i resultatene at konfidensgrensene ble meget vide. Middelveidene er derfor temmelig usikre både for blussrulling og runderulling.

Kullskifting ga uvanlig store variasjoner i resultatene, laveste verdi var $4,4 \text{ mg/m}^3$ og høyeste 98 mg/m^3 . Tre av 19 prøver var det åpenbart noe galt med, og disse ble for-

kastet. Middelveidien av de 16 prøver var 34 mg/m^3 . Selv om man ser bort fra tre av de høyeste verdiene, var likevel middelveidien av de 13 gjenværende prøver $14,5 \text{ mg/m}^3$ med konfidensgrenser 9,7 og 22 mg/m^3 . Ekspone-
neringen var således utvilsomt høy og bruk av støvmaske som også i rimelig grad fjerner gassformige fluorider er nødvendig under kullskifting.

Også feiling gav store variasjoner i støvekspone-
neringen med en ekstrem verdi på 29 mg/m^3 , mens de øvrige lå mellom 4,4 og 8 mg/m^3 . Den høyeste verdi kan forkastes med en sikkerhet på mellom 95 og 97,5% i henhold til Grubbs⁵⁾. Middelveidien for de 4 prøvene blir $9,1 \text{ mg/m}^3$ med 95% KG = 6,0 og 14 mg/m^3 . Fordi det var så få prøver, har vi i tabell 5 og figur 3 likevel tatt med alle de 5 prøvene. Middelveidien var med stor sannsynlighet over 5 mg/m^3 , men for å få en sikrere vurdering må det taes flere prøver.

Sett under ett, var totalstøvforholdene bedre i Su I-II enn i Su III.

Middelveidien av fluoridekspone-
neringen var lav for samtlige operatørgrupper, både for gassformig fluorid, støvformig fluorid og totalfluorid. I tabell 5 er vist resultatene for gassformig fluorid og totalfluorid.

De samme resultatene er vist i diagramform hvor også resultatene fra undersøkelsen i 1970 er tatt med. De respektive figur nr. og operatørgrupper er: Figur 4 - ovnspassere, figur 6 - boltetrekkere og anodeskifttere, figur 8 - runderullere, figur 10 - blussrullere, figur 12 - tappere, figur 14 - kryssere, figur 16 - metallprøvetakere og badtemperaturmålere, figur 18 - feiemaskinførere og figur 20 - sotere. (Resultatene av urinprøvene for de samme operatørgruppene er vist respektive i figur nr. 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 og 21, slik at man kan sammenlikne disse med eksponeringsresultatene).

I Su I-II var eksponeringen for totalfluorid lavere i 1978 for alle operatørgrupper enn den var i 1970. Forskjellen var særlig stor for runderullere og fete-maskinførere. Dette stemmer med inntrykket av at man i Søderberghallene hadde en helt usedvanlig god ovnsdrift.

I Su III var forholdene noe mer variert, for runderullerne og tapperne var det en tydelig nedgang i eksponeringen, mens det for de øvrige operatørgrupper stort sett var ubetydelige forskjeller fra 1970, noen lå litt høyere, andre litt lavere i 1978.

Det bør bemerkes at vi med den analysemetode som ble benyttet bare har registrert en del av den aluminiumfluorid som sikkert har vært i arbeidsluften. Dette spiller ikke noen rolle for vurderingen av en eventuell fluoroserisiko fordi aluminiumfluorid ikke taes opp av knoklene. Det spiller heller ikke noen rolle for sammenlikningen 1970/1978. (Det er senere kommet en ny kompleksdanner, Tiron, som gjør at man også kan bestemme fluorid bundet til aluminium og andre stoffer. Vi forsøker å utarbeide en metode som tillater å bestemme både ioniserbare fluorider, som er de som har størst interesse fra et yrkeshygienisk synspunkt, og de ikke-ioniserbare fluorider som vesentlig har interesse med tanke på eventuelle, hittil ukjente virkninger).

3.1.1.4. Personlige prøver tatt under spesielle arbeidsoperasjoner (korttidsprøver)

Resultatene av prøver tatt med Casellapumper er vist i tabell 6 og i figurene 22, 23, 24, 25 og 26.

Bestemmelsen av totalstøvkonsentrasjonen var i en del tilfeller noe usikker på grunn av de små støvmengder man rakk å samle opp på filtrene med såvidt kort prøvetakings-tid. Dette gav seg utslag i tildels meget vide konfidensgrenser. Imidlertid var middelveiden for totalstøveksponeringen under korttidsprøvene høy under nesten alle operasjonene. Lavest lå - eiendommelig nok - anodeskift med

gjenvinningsoksyd i Su III med 9 mg/m^3 . Denne middelverdien var imidlertid ikke signifikant forskjellig fra anodeskift hvor det ble brukt renoksyd idet $t = 1,83$ som tilsvarer $P = 90\%$ sannsynlighet for en forskjell.

For taperne var det ingen forskjell på hallene og i Su III var det heller ikke noen forskjell om det ble brukt renoksyd eller gjenvinningsoksyd.

I Söderberghallene gav boltetrekking høy totalstøveksponering, over 40 mg/m^3 , hvilket var betydelig høyere enn anodeskiftingen i Su III, som for alle prøvene lå på ca. 16 mg/m^3 i middelverdi.

Kryssing gav høyere korttidseksponering for totalstøv i Su I-II med middelverdi 25 mg/m^3 , enn i Su III hvor middelverdien var 15 mg/m^3 . En t-test gav imidlertid ingen signifikant forskjell, $t = 1,88$ som tilsvarer $P = 91\%$ sannsynlighet for at det var en forskjell.

Blusstaking gav høyest korttidsverdi i Su III med en middelverdi på 37 mg/m^3 mens middelverdien i Söderberghallene var 22. P.g.a. stor forskjell i varians kunne t-testen ikke brukes, men konfidensgrensene var så vide at det var noe under 95% sannsynlighet for at det virkelig var en forskjell.

Fluoridanalysene av korttidsprøver tatt under spesielle arbeidsoperasjoner er vist i tabell 6 og i figurene 24, 25 og 26.

Av samtlige undersøkte arbeidsoperasjoner var ^(det) bare soting og skumming som gav eksponering over den administrative korttidsnorm på 5 mg/m^3 for fluorid. Middelverdien var noe over 13 mg/m^3 , med 95% konfidensgrenser mellom 4 og 46. Årsaken til de meget vide konfidensgrenser var særlig at en av prøvene var meget lav, $1,6 \text{ mg totalfluorid/m}^3$

mens den høyeste var på 17,9. Gassformige fluorider utgjorde hele 86% av totalfluorid under soting og skumming og det er derfor nødvendig å bruke en maske som også fjerner det meste av gassformig fluorid under denne type arbeidsoperasjon.

Som man ser av figur 25, var middeleksponeringen av 11 prøver tatt 1970 under soting bare 4 mg/m^3 luft og således betydelig lavere enn middelverdien av de 5 målinger tatt i 1978. Det er noe over 5% sannsynlighet at forskjellen kan skyldes tilfeldigheter og hvis man slår sammen alle prøvene fra 1970 og 1978 får man en middelverdi på $6,4 \text{ mg/m}^3$ med 95% konfidensgrenser 3,5 og 11,8.

Under bolteskifting i Su I-II var eksponeringen i 1978 omtrent halvparten av hva den var i 1970. Denne forskjellen var sikker (signifikant) med over 95% sannsynlighet.

Både under tapping, blusstaking og kryssing i begge typer haller, samt under brennerrensing var eksponeringen noe lavere i 1978 enn 1970, men forskjellene var her ikke signifikante på 95% sannsynlighetsnivå. Under tapping og anodeskifting i Su III ble det tatt prøver både under bruk av ren-oksyd og gjenvinningsoksyd. Det kunne ikke påvises noen sikker forskjell, men middelverdien lå heller noe lavere under bruk av gjenvinningsoksyd enn under bruk av ren-oksyd.

Det generelle inntrykk av korttids- fluoridprøvene er at det har vært liten forandring fra 1970 til 1978 med unntak av bolteskifting hvor det med stor sannsynlighet er skjedd en forbedring, og sote- og skummeoperasjoner som gav en øket eksponering i 1978, men hvor økningen kanskje kan skyldes tilfeldigheter.

Korttidsprøver av CO og SO₂ under arbeidsoperasjonene er vist i tabell 7 og for CO i figur 27 og 28. I figurene er det også foretatt en sammenligning med resultatene fra 1970.

I tabell 7 er foruten middelveidene, beregnet ut fra en antatt log-normalfordeling, også angitt middelveidien beregnet som summen av enkeltmålingene delt på antall målinger. De siste middelveidene er satt i parentes. I tillegg til 95% konfidensgrensene for middelveidien er også oppført "range", som angir den laveste målte verdi og den høyeste. Grunnen til dette er at det var en del meget lave enkeltverdier sammen med noen forholdsvis høye verdier i en del av seriene. Både middelveidene og spesielt den øvre 95% konfidensgrense blir da temmelig usikker, og "range" gir kanskje det beste bilde av eksponeringen.

Skifting av gasskapper i Su I-II gav høy eksponering både for CO og SO₂. De enkelte måleverdier lå mellom 10 og 300 ppm CO og mellom 5 og 45 ppm SO₂. De administrative normer er respektive 53 og 4 ppm for inntil 15 minutter.

De øvrige arbeidsoperasjoner viste akseptable middelveidier for CO. Under blusstaking, soting, rensing av brennere og kappeskift i Su I-II ble det funnet sterkt varierende SO₂-konsentrasjoner. I noen tilfeller var det ikke mulig å påvise SO₂ med Dräger-rør, mens det andre steder ble funnet opptil 17 ppm og under brennerrensing helt opptil 60 ppm.

For SO₂ ble det i Su III under anodeskift ved bruk av renoksyd funnet en middelveidi på 2,7 ppm og en høyeste verdi på 5 ppm. Under anodeskift ved bruk av gjenvinningsoksyd var middelveidien 7 ppm med en høyeste verdi på 12,5. Forskjellen var signifikant på 95% sannsynlighetsnivå. Også under tapping i Su III ble det funnet noe høyere verdi når det ble brukt gjenvinningsoksyd, men forskjellen var ikke signifikant, og begge middelveidier var

under 2 ppm. Høyeste enkeltverdi ble målt under bruk av renoksyd og var på 5 ppm.

Av figur 27 og 28 ser man at kortidseksponeringen for CO oftest var lavere i begge typer haller i 1978 enn i 1970. Under blusstakning ble det ikke funnet noen forskjell fra 1970 i Su I-II, mens CO i Su III var lavest i 1978. Under boltetreking og annodeskifting ble det funnet omtrent samme verdier i 1978 som i 1970. I Su I-II ble det under soting og tilsvarende arbeid funnet lavere verdier i 1978 enn i -70, mens det under rensing av brennere ble funnet høyere verdier i 1978 enn i -70. Den siste forskjellen var imidlertid ikke signifikant på 95% nivå.

En sammenligning av kortidsprøvene på SO₂ i 1970 og i 1978 er vanskelig p.g.a. de store variasjonene i konsentrasjoner, spesielt fordi "0"-verdier ikke kan brukes ved beregning av middelveidier når man har en log-normal fordeling (man kan ikke beregne logaritmen til 0). Man kan omgå dette problemet på to måter: enten ved å sette "0"-verdiene lik den laveste verdi som kan påvises ved målemetoden, i dette tilfellet ca. 0,2 ppm, eller ved å beregne middelveidien og standard avviket bare for de målbare resultatene og etterpå korrigere for "0"-verdiene. Den siste metoden er lite brukbar når man har så få resultater som i dette tilfellet.

En nærmest kvalitativ vurdering av resultatene tyder på at korttids-eksponeringen for SO₂ stort sett var høyere i 1978 enn i 1970, bortsett fra bolteskifting og tapping i Su I-II hvor eksponeringen var lavere i 1978 enn i 1970.

3.1.1.5. Analyser av renoksyd og gjenvinningsoksyd

Surhetsgraden av renoksyd og gjenvinningsoksyd er tidligere undersøkt av Årdal og Sunndal Verk A/S, både på Sunndalsøra og i Årdal. Det ble tatt prøver av renoksyd fra oksydvogn og fra 10 ovner under drift og dessuten prøver av gjenvinningsoksyd fra 10 ovner. 20 g av prøvene ble oppslemmet

15

i 100 ml destillert vann under omrøring, og surhetsgraden (pH) ble målt etter 10 min. Resultatene fra Sunndalsøra og Årdal var praktisk talt identiske, som vist i tabell 8. Renoksyden reagerte tydelig alkalisk, med pH ca. 10 for prøvene fra oksydvogn og pH ca. 9 for prøvene fra ovnene. Gjenvinningsoksyd fra ovner gav meget nær samme pH som bare destillert vann som ble brukt til oppslemmingen og må derfor antas å reagere omtrent nøytralt eller svakt surt.

Resultatene av kjemiske analyser er vist i tabell 9. Fra et helsemessig synspunkt er stoffer som er bundet inne i de enkelte oksydparkler av liten interesse. Prøvene ble derfor ekstrahert med 10% salpetersyre for å få tak i de stoffer som er forholdsvis løst bundet til oksyden og kan antas å være tilgjengelige for opptak når støvet pustes inn.

Som ventet, var det høyere konsentrasjoner av alle de undersøkte elementer i gjenvinningsoksyden enn i renoksyden. Imidlertid var konsentrasjonen så lav at man ikke under noen omstendighet skulle kunne komme opp i nærheten av den administrative norm for noen av de bestemte elementer, kadmium, nikkel, bly, krom, arsen, vanadium, kobolt eller jern.

Analyse av nikkel og krom av tre korttidsprøver tatt med høyvolum-prøvetaker under tapping og anodeskiftning, er vist i tabell 10. Disse analysene gis med forbehold med hensyn til nøyaktigheten, men størrelsesordenen av konsentrasjonen antas å være riktig. Til tross for høy totalstøvkonsentrasjon, var både nikkel- og krom-konsentrasjonen godt under de respektive administrative normer på 0,1 og 0,5 mg/m³ for 8 timer.

Selv om spesielt verdiene for nikkel og krom lå under de administrative normer, kan man ikke utelukke at de høyere verdier som ble funnet i gjenvinningsoksyd (tabell 9), sammenlignet med renoksyd kan spille en rolle for personer som er blitt overømfintlig for noen av disse stoffene.

Finstøvfraksjoner fremstilt ved en primitiv fluidisering av renoksyd og gjennvinningsoksyd i laboratorieskala hadde ikke noen påviselig forskjell i kombinert tørke- og glødetap, henholdsvis 27,6 og 27,1%, eller i støvfraksjonen mindre enn 5 µg (etter gløding), henholdsvis 33,3 og 34,4%.

3.1.2. Urinprøver

Presisjonen (reproduserbarheten) av urinfluorid-analysene ble undersøkt ved variansanalyse av 21 parallellprøver utført av Yrkeshygienisk institutt og Sunndalsøra med forskjellige instrumenter. Standardavviket for de naturlige logaritmer til måleverdiene var 0,103 som tilsvarer +11 og -10%. Dette er tilfredsstillende ved såvidt lave konsentrasjoner, middelveiden var 1,6 mg/l. Derimot var det systematisk forskjell mellom middelveiden funnet av Yrkeshygienisk institutt, 1,53 mg/l, og Sunndalsøras middelveidi som var på 1,69 mg/l. Forskjellen var signifikant med 99,5% sannsynlighet. Den skyldes sannsynligvis en forskjell i standardkurvene. Den absolutte forskjell både i middelveiden og i enkeltresultatene, var imidlertid såvidt liten at den ikke spiller noen praktisk rolle for vurderingen av analyseresultatene.

Resultatene av målinger før og etter arbeid er vist i tabell 11. I kontrollgruppen manglet det en prøve før arbeidet og en prøve tatt etter arbeidet var såvidt høy at den neppe var representativ og derfor ble sløyfet.

For gruppene av operatører lå alle middelveidene før arbeidet lavt, høyeste middelveidi var 1,6 mg/l. Den internasjonalt brukte norm for urinfluorid målt etter 2 dagers fravær fra arbeidet er 4 mg/l. Bare for en person (blussruller) ble det funnet høyere verdier. Resultatene for denne personen var 5,1 mg/l den 26/9, 4,9 den 27/9 og 3,7 den 28/9. I og med at verdiene hadde en klar synkende tendens på etterhverandrefølgende arbeidsdager, er det rimelig å anta at vedkommende vil ligge betydelig under normen etter to døgn fravær fra arbeidet.

Også verdiene tatt etter arbeid var tilfredsstillende. Den høyeste middelvei ble funnet for tapper i Su I-II og var på 5,9 mg/l. Den internasjonale norm for målinger etter arbeid er på 7 mg/l.

For fem enkeltpersoner ble det funnet urinfluoridverdier over 7 mg/l etter arbeidet. En kullskifter i Su III hadde 25/9 9,9 mg/l, men dagen etter var verdien etter skiftet redusert til 4 mg/l. Alle de øvrige 15 prøver fra kullskiftene lå under 5 mg/l etter arbeid. En tapper i Su I-II hadde 8,3 mg/l den 27/9, 10,4 den 28/9 og 6,8 den 29/9, mens en tapper i Su I hadde en enkeltverdi på 7,1 mg/l. Ingen av disse verdiene er alarmerende, men det kan være grunn til å se på arbeidsrutinene for tapperne i Su I-II med tanke på å forsøke å redusere eksponeringen.

To verdier for tapper i Su III, henholdsvis 10 og 11 mg F⁻ pr. l urin ble utelukket på statistisk grunnlag (Grubbs⁵). Eksponeringen for disse to var også så lav, henholdsvis 0,4 og 0,46 mg pr. m³ luft, at det må ha vært andre forhold som har gitt de høye verdiene i urinen.

I kontrollgruppen var det en person som hadde 1,8 mg fluorid/l urin før arbeidet og 4,7 mg/l etter. Den siste verdien atskilte seg så sterkt fra de øvrige at den ikke er tatt med i beregningen av middelveien. For kontrollgruppen var det som ventet ikke noen signifikant forskjell på middelveiene før og etter arbeid, henholdsvis 0,6 og 0,7 mg fluorid/l.

En sammenligning av resultatene for urinprøvene fra 1970 med verdiene i 1978 er vist i figurene 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 og 19. Dessuten er urinprøvene for soterne i 1978 vist i figur 21. For 1970 er bare vist verdiene etter skift, mens vi for 1978 har vist middelveien både før og etter skift for de enkelte kategorier. Kommentarene nedenfor gjelder bare for verdiene etter skift.

For ovnspasserne var middelveidien etter skift i Su I-II signifikant lavere enn i 1970, mens de i Su III lå ubetydelig høyere i -78 enn i -70.

Boltetrekkerne lå ubetydelig høyere i 1978 enn i -70, mens annodeskifterne i Su III hadde en noe større økning fra 1970 til -78.

Runderullerne lå lavere i 1978 enn i 1970 i begge typer ovns-haller.

Blussrullerne lå på samme nivå i 1978 som i 1970 i Su III. I Su I-II var det ingen verdier for 1970, men verdiene i 1978 lå litt over de tilsvarende i Su III.

For tapperne var det noe høyere verdier i 1978 enn i 1970 i begge typer haller, men forskjellene var ikke signifikant. Derimot hadde tapperne i Su I-II signifikant høyere verdier enn tapperne i Su III, både i 1970 og i 1978.

Krysserne i Su I-II hadde signifikant lavere verdier i 1978 enn i 1970, mens de i Su III hadde noe høyere middel-verdier i 1978 enn i 1970. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant. De lå derimot signifikant høyere enn krysserne i Su I-II.

Metallprøvetakere og badetemperaturmålere i Su I-II hadde signifikant lavere verdier i 1978 enn temperaturmålerne i 1970. I Su III var det ingen forskjell mellom 1978 og 1970.

Feiemaskinførerne i Su I-II hadde betydelig lavere verdier i 1978 enn i 1970, mens det i Su III ikke var noen påviselig forskjell.

Sett under ett, synes urinverdiene å bekrefte at forholdene i Su I-II var bedre i 1978 enn i 1970. I Su III hadde urin-fluoridverdiene forandret seg lite fra 1970.

3.1.3. Sammenligning av eksponering med utskillelse av fluorid i urin.

I 1970 ble det foretatt en korrelasjonsberegning mellom eksponering for fluorid og utskillelse av fluorid i urin uten at det ble tatt hensyn til om det var brukt maske eller ikke, bortsett fra boltetrekkerne som man visste brukte maske i betydelig utstrekning. Det ble bare funnet en svak sammenheng (korrelasjonskoeffisient $r = 0,26$) mellom eksponering og utskilling. Det ble også funnet at en eksponering på $2,5 \text{ mg totalfluorid/m}^3$ luft tilsvarte omkring 5 mg fluorid/l urin etter skift. Denne verdien er av samme størrelsesorden, men noe lavere enn den biologiske grenseverdien på 7 mg fluorid/l urin etter skift. Den lave korrelasjonen og noe lave verdi for urinfluorid hang sannsynligvis sammen med at en del av operatørene brukte maske under arbeidsoperasjonen.

Ved undersøkelsen i 1978 oppgav 11 operatører fra Su I-II og 2 fra Su III at de, den dag de var til legek kontroll, ikke hadde brukt maske. Antallet var for lite til at man kunne foreta noen sikker korrelasjon mellom fluorideksponering og utskilling. Hvis man antar at de samme personer heller ikke brukte maske de øvrige dager av undersøkelsen, viste eksponeringen og utskillingen en overraskende høy korrelasjon. Ved beregning på samme måte som i 1970 (hvor vi ikke hadde utstyr til å kunne regne med logaritmene) var korrelasjonskoeffisienten $r=0,81$ for ialt 27 prøver. Utfra korrelasjonsberegningen skulle en eksponering på 1 mg fluorid/m^3 luft i gjennomsnitt tilsvare en utskillelse på ca. 7 mg fluorid/l urin (en mer korrekt beregningsmåte ut fra en log-normalfordeling gav omtrent samme korrelasjonskoeffisient og en eksponering på 1 mg/m^3 tilsvarte en utskillelse på ca. 6 mg/l urin).

Den overraskende høye utskilling ved relativt lav eksponering henger sannsynligvis sammen med at vi ved vår analysemetode bare i liten utstrekning registrerer aluminiumfluorid. Dette er heller ikke ønskelig fordi aluminiumfluorid ikke, eller i

helt ubetydelig grad tas opp av knoklene. Dette er vist av professor Flatla (6). Ved langvarige dyreforsøk med geiter og sauer trakk Flatla følgende konklusjon:

"Det fluor som foreligger i elektrofilterstøv synes å være like toksisk som natriumfluorid. Dette kan muligens henge sammen med at en del HF vil adherere til støvpartiklene. Kryolitt er betydelig mindre toksisk og aluminiumfluorid er uten toksisk effekt, idet denne forbindelse er nærmest uoppløselig i tarmen og derfor praktisk talt ikke resorberes."

Rob, Berntsen og Guthe (7) har undersøkt virkningen av en spesiell engangsmaske med hensyn til støv, fluorid, tjærestoffer og SO₂. I rapporten er angitt 12 målinger hvor operatørene ikke brukte maske og hvor man har brukt en analysemetode som sannsynligvis også registrerer aluminiumfluorid. Disse resultatene gav en helt annen sammenheng mellom eksponering og utskilling, idet eksponering omkring 2 mg/m³ bare gav urinverdier omkring 3 mg/l. Spredningen i resultatene var imidlertid betydelig større enn for Sunndalsøra-resultatene.

Det foreliggende materiale er for lite til å kunne trekke noen sikre slutninger, men det synes å bekrefte det man lenge har antatt, nemlig at det ved eksponeringsvurderinger bør legges størst vekt på gassformige fluorider og den ioniserbare (eller i hvert fall relativt lett-løselige) del av de partikulære forurensninger. For disse bør den administrative norm antakelig reduseres fra 2,5 mg/m³ luft til en noe lavere verdi, mens man for ikke-ioniserbare fluoridforbindelser bør øke den administrative norm, hvis de ikke har noen annen helsemessig virkning enn på knoklene.

Ved Yrkeshygienisk institutt holder vi nå på å utarbeide en enkel analysemetode som vi håper vil gjøre det lett å

bestemme:

- a. Gassformig fluorid
- b. Ioniserbare partikulære fluorider
- c. Ikke-ioniserbare partikulære fluorider

i én "dobbel-filterprøve".

—

3.2 MEDISINSKE UNDERSØKELSER

3.2. 1 Personer som deltok i undersøkelsen.

Tabell 12 gir en oversikt over aldersfordelingen til de personer som deltok i undersøkelsene.

Tabell 13 viser deres røkevaner.

3.2. 2 Undersøkelse av eksponeringen

Disse undersøkelsene må oppfattes som en del av de teknisk/hygieniske undersøkelsene. Her skal bare kort omtales de undersøkelser som omfatter de personene som deltok i den medisinske delen.

Tabell 14 gir en oversikt over eksponeringen for totalstøv, totalfluorid, fluoridgass i de forskjellige hallene, foruten resultater av urinfluoridutskillelsen. Resultatene er angitt som medianverdier.

Eksponeringen for totalstøv i Su III er noe høyere enn i Su I-II. For øvrig er det liten forskjell i eksponeringen i de 2 gruppene. Ved en analyse av frekvensfordelingen, viser det seg at ca. 40 % av alle analyser i Su III ligger over 10 mg/m^3 , mens bare ca. 16 % av prøvene i hall Su I-II ligger over 10 mg/m^3 .

3.2. 3 Hudplager

Tabell 15 viser hyppigheten av tidligere hudplager blant de undersøkte. Det er ingen markert forskjell i de 2 undersøkte gruppene. Derimot viser tabell 16 at det blant arbeidere i elektrolysehallene er flere som mener at deres hudplager skyldes arbeidsmiljøproblemene enn blant de andre arbeiderne.

31 personer ble undersøkt av overlege Johansen. Han vurderte hver enkelt person fra en yrkesdermatologisk synsvinkel og konkluderte deretter med en individuell diagnose.

Tabell 17 gir en oversikt over de diagnoser som ble stillet. Ved en slik individuell vurdering ble det hos 11 personer påvist ukarakteristiske symptomer som kløe og generell

hudirritasjon uten at det kunne stilles noe nærmere diagnose. I disse tilfellene ble det imidlertid antatt at yrkesbetingete årsaker kan være medvirkende grunn til plagene. I de øvrige tilfellene ble det stillet huddiagnoser som ikke har noen sammenheng med yrket.

Det er grunn til å presisere at det ikke i noe tilfelle ble påvist allergiske hudsymptomer som kunne ha sammenheng med eksponering i arbeidsmiljøet, og spesielt ble det ikke påvist noen sikre tilfelle av yrkeseksem.

Den generelle konklusjon på hudundersøkelsene er at i en del tilfelle kan ukarakteristiske hudirritasjonssymptomer ha sammenheng med arbeidsmiljøet, men det er ingen sikre holdepunkter for at eksponeringen kan fremkalle allergiske hudsykdommer.

3.2. 4 Sammenhengen mellom støveksposering og lungesyntomer

Tabell 18 gir en oversikt over hyppigheten av forskjellige lungesyntomer i de 2 gruppene. Generelt er hyppigheten av personer med lungesyntomer beskjeden i forhold til det totale antall personer i gruppene. Ingen hadde hatt alvorlige symptomer som f. eks. tung pust og/eller piping i brystet i løpet av arbeidsdagen.

I tabell 19 er det foretatt en inndeling etter en symptomkode som fremgår av tabellen. Det er ingen vesentlig forskjell mellom de 2 gruppene.

I tabell 20 er eksponeringen for totalstøv, totalfluorid, fluoridgass og fluoridutskillelsen i urinen satt i relasjon til symptomkode. Ved en slik oppstilling kan vi se om det er noen sammenheng mellom graden av symptomer og graden av eksponering.

Når det gjelder fluorideksponering og fluoridutskillelsen

i urinen, er det ingen forskjell i de ulike grupper. Når det gjelder totalstøveksponering er medianverdien for totalstøv 4,0 i gruppen med symptomkode 0 mens det i de andre gruppene er betydelig høyere eksponering.

Når det imidlertid foretas en vurdering av sammenhengen mellom totalstøveksponering og symptomkode, påvises en statistisk sammenheng mellom totalstøveksponering og lungesyntomer for hele den eksponerte gruppen. Sammenhengen er mest markert for arbeidere i Su III. Den undersøkte gruppen er liten, men viser det som er påvist i tidligere undersøkelser at det er en viss sammenheng mellom eksponering for totalstøv og utvikling av lungesyntomer. Det er ikke studert spesielt hvorvidt røkevanene kan være medvirkende årsak til disse symptomene.

4. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

4.1. Den teknisk-hygieniske undersøkelse

Gjennomsnittene av personlige eksponeringsmålinger over 8 timer og urinanalyser viste at forholdene i Søderberghallene (Su I-II) stort sett var tilfredsstillende og bedret i forhold til undersøkelsen i 1970. Ovnsdriften var meget god, og det ble opplyst at den hadde vært det i lengre tid.

I prebakehallene (Su III) hadde ikke fluorideksponeringen over 8 timer og heller urinfluoridutskillingen endret seg vesentlig siden forrige undersøkelse. Middelerdiene lå under gjeldende normer. Derimot var det endel høye middelerdier for totalstøveksponering, spesielt for runderullere og kullskiftere, tildels også for blussrullere.

I hvilken grad de høye totalstøv-verdiene i Su III hadde noen sammenheng med bruken av gjenvinningsoksyd og/eller ovnskonstruksjon er usikkert. Det kunne ikke påvises noen sikker forskjell på eksponeringen ved bruk av gjenvinningsoksyd og ved bruk av renoksyd, hverken for ovns-passere, tappere eller runderullere. For blussrullere ble det funnet en signifikant forskjell (95% nivå), men her var det bare to målinger under bruk av gjenvinningsoksyd, så det må tas flere prøver for å kontrollere dette resultatet.

Personlige korttidsprøver av totalstøv tatt under spesielle arbeidsoperasjoner viste store variasjoner og derfor usikre middelerdier som tildels var over den administrative norm for korttidseksponering.

For de tilsvarende fluoridverdier var middeleksponeringen under korttidsnormen, bortsett fra soting/skumming i Su I-II. Under bolteskifting i Su I-II var eksponeringen lavere i 1978-undersøkelsen enn i 1970, ellers var det ikke sikre forskjeller.

Korttidseksponeringen for CO var i de fleste tilfeller lavere ved undersøkelsen i 1978 enn i 1970. Middelverdiene var under korttidsnormene, bortsett fra skifting av anodekapper i Su I-II.

SO₂-eksponeringen varierte så meget under prøvetakingen ved flere av arbeidsoperasjonene at middelverdiene ble usikre. Verdiene i 1978 syntes stort sett å ligge høyere enn ved undersøkelsen i 1970.

For operatører som ikke hadde brukt maske under arbeidet, ble det funnet en sammenheng (korrelasjonskoeffisient $r = 0,81$) mellom fluorideksponering og utskilling av fluorid i urin etter skift. Det var for få data til å trekke sikre slutninger, men det bør undersøkes nærmere om det er grunn til å redusere den administrative norm for ioniserbare fluorider som hydrogenfluorid (HF), natriumfluorid (NaF) og andre, mens normen for lite ioniserbare fluorider, f.eks. aluminiumfluorid (AlF₃) kanskje kan økes.

Analysen av renoksyd og gjenvinningsoksyd viste at begge inneholdt forurensninger langt under de administrative normer ved aktuell eksponering. ÅSV har vist at renoksyd reagerer alkalisk, mens gjenvinningsoksyd reagerer svakt surt.

4.2 Medisinsk undersøkelse.

I alt 31 personer ble undersøkt av spesialist i yrkesdermatologi. Hos 11 personer ble det påvist ukarakteristiske symptomer som kløe og generell hudirritasjon. I disse tilfellene ble det antatt at yrkesbetingete årsaker kunne være medvirkende grunn til plagene. Det ble ikke påvist noen tilfelle av allergiske hudsymptomer som kunne ha sammenheng med arbeidsmiljøet.

Støveksponeringen i de grupper som ble undersøkt ved forskjellige medisinske metoder, var generelt relativt lav, men noe høyere blant dem som arbeidet i prebakehallene (Su III). Undersøkelsen gir visse holdepunkter for en sammenheng mellom totalstøveksponeringen og opptreden av lungesyntomer for hele den eksponerte gruppen. Det er viktig å understreke at ved lavt eksponeringsnivå vil det alltid være vanskelig å påvise en slik sammenheng med sikkerhet.

5. LITTERATUR

1. J. Glømme: "Rapport om de hygieniske og helsemessige forhold i elektrolysehallene ved A/S Årdal og Sunndal Verk, Sunndalsøra". YHI 1960. Stensil.
2. J. Jahr, T. Norseth og K. Rodahl: "Sammenligning av arbeidsforholdene i to typer elektrolysehaller på Sunndalsøra". YHI, jan. 1971. Stensil.
3. A. Bjørseth, O. Bjørseth og P.E. Fjeldstad: "Polycyclic aromatic hydrocarbons in the work atmosphere". Scand. J. Work Environ. & Health, 4 (1978), 212-223.
4. P.E. Fjeldstad og K. Halgard: "Polycykliske aromatiske hydrokarboner. Eksponeringsmålinger ved A/S Årdal og Sunndal Verk, Årdal". HD 707, YHI, 1977. Stensil.
5. Grubbs, F.E.: "Sample criteria for testing outlying observations". Ann. Math. Statist. 1950, 21, pp 27-58.
6. Flatla, J.L.: "Den toksiske effekt av F. i elektrofilterstøv". Rapport datert 10/1-1972 fra Veterinærinstituttet, Oslo.
7. Rob, J., A. Berntsen og T. Guthe: "The cleaning effect of respirator 3M 8706 (disposable) with particular reference to dust, fluorides, PPOM/PAH and SO₂". Stensil, oktober 1979. Fremlagt på møte i International Primary Aluminium Institute's helsekomité 1979.

PRESISJON beregnet ut fra triple MOBILPRØVER

Analyse	Antall frihetsgrader	Standardavvik for nat.log. til verdierne s_{ln}	s_{ln} tilsvarer i % av absolutt verdi:
<u>Totalstøv</u>			
Prøver med 0.5 mg støv eller mer på hvert filter	29	0.295	+34 -25
Prøver hvor luftvolumet var ca. 0.2 - 0.4 m ³ (en serie med unormalt høy varians ble utelatt)	10	0.253	+29 -22
<u>Gassformig fluorid</u>			
Prøver tatt under vanlige forhold	18	0.115	+12 -11
Prøver tatt like etter runderulling	17	0.192	+21 -17
<u>Støvmformig fluorid</u>			
Prøver tatt under vanlige forhold	16	0.128	+14 -12
Prøver tatt like etter runderulling	15	0.257	+29 -23

Tabell 2.

M O B I L P R Ø V E R

Variansanalyser for prøver tatt med (M) og uten (U) perforert teflonskive mellom filteret og den impregnerte understøttelsesskive. Prøvene tatt i alle hallene.

Måling av:	N ⁺	Middelverdien med 95% KG i parantes $\frac{xx}{m^3}$ mg/m ³		Varians s ² ln		F	P%	Presisjonens s ln	
		Med teflon	Uten teflon	M/U teflon	Presi-sjon			tilsvarer i % av én målt verdi:	
Totalstøv, prøver m. > 0,5 mg	12	8,3 (7,0 -9,8)	10,5 (8,9 -12,4)	0,3791	0,0490	7,73	98	+ 31	- 24
Gassformig fluorid (F(g))	16	0,60 (0,55-0,66)	0,62 (0,57- 0,68)	0,0062	0,0294	< 1	--	+ 23	- 19
F(g), under vanlige forhold	8	0,38 (0,35-0,41)	0,41 (0,38- 0,45)	0,0311	0,0109	2,85	87	+ 14	- 12
Støvfornig fluorid (F(s))	13	0,36 (0,31-0,41)	0,35 (0,31- 0,40)	0,0023	0,0373	< 1	--	+ 27	- 21
F(s), under vanlige forhold	7	0,23 (0,21-0,26)	0,20 (0,18- 0,22)	0,0985	0,0090	10,9	98	+ 12	- 11
Totalfluorid (F(t))	14	1,05 (0,99-1,11)	1,07 (1,00- 1,13)	0,0019	0,0078	< 1	--	+ 11	- 10
F(t) under vanlige forhold	7	0,68 (0,63-0,74)	0,67 (0,62- 0,72)	0,0011	0,0044	< 1	--	+ 8,5	- 7,8

+) Antall prøvesett

++) Beregnet ut fra presisjonens varians og for én prøve.

Tabell 4: STASJONÆRE PRØVER

Hall	N	Totalstøøv, mg/m ³		N	Gassf. F ⁻ , mg/m ³		N	Støvf. F ⁻ , mg/m ³		N	Total F ⁻ , mg/m ³	
		\bar{x}	95% KG		\bar{x}	95% KG		\bar{x}	95% KG		\bar{x}	95% KG
Su I-II	15	3,1	2,3-4,2	15	0,75	0,6 - 0,9	15	0,15	0,13-0,17	15	0,9	0,7 - 1,1
Su III	15	1,5	1,1-2,1	15	0,06	0,04-0,1	15	0,07	0,04-0,1	15	0,14	0,08-0,2

Tabell 3: MOBILPRØVER

Hall	Totalstøøv	Fluorider, mg/m ³									
		Totalstøøv		Totalt		Støvformig					
		N	\bar{x}	95% KG	N	\bar{x}	95% KG	N	\bar{x}	95% KG	
Su I-II	Vanlig drift	4	3,8	1,4 - 10	5	0,9	0,5 - 1,7	0,7	0,4 - 1,2	0,25	0,1 - 0,5
Su III	---"---	4	4,2	2,6 - 6,7	4	0,4	0,3 - 0,6	0,2	0,15 - 0,4	0,2	0,1 - 0,3
Su I-II	Etter runderulling	5	16	14 - 18	4	1,4	1,0 - 1,9	0,9	0,5 - 1,8	0,4	0,2 - 0,8
Su III	---"---	4	24	13 - 45	4	2,8	1,1 - 6,9	1,8	0,8 - 3,8	0,8	0,5 - 1,3

S K I F T P R Ø V E R

Tabell 5.

Hall	Arbeidsoperasjon	Totalstøv mg/m ³		Gassformig fluorid mg/m ³		Totalfluorid mg/m ³	
		N	\bar{x} 95 % KG	N	\bar{x} 95 % KG	N	\bar{x} 95 % KG
SU I-II	Bølterekkere	28	11 8.3 - 15	27	0.3 0.2 - 0.4	27	0.5 0.4 - 0.6
SU III	Kullskifftere	16	34 17 - 62	14	0.5 0.4 - 0.7	14	0.6 0.5 - 0.8
SU I-II	Sotere	13	5.2 3.6 - 7.2	13	0.3 0.2 - 0.4	13	0.5 0.4 - 0.6
SU I-II	Kryssere	3	3.3 2.4 - 4.4	3	0.3 0.3 - 0.4	3	0.5 0.3 - 0.8
SU I-II	Runderullere	13	4.6 3.1 - 6.5	13	0.2 0.1 - 0.2	13	0.3 0.3 - 0.4
SU III	"	14	38 29 - 51	14	0.1 0.1 - 0.2	14	0.3 0.2 - 0.3
SU I-II	Blussrullere	14	4.6 3.6 - 6.0	14	0.6 0.5 - 0.9	14	0.8 0.6 - 1.1
SU III	"	12	12 6.9 - 20	12	0.2 0.2 - 0.2	12	0.4 0.3 - 0.5
SU I-II	Tappere	13	4.2 3.3 - 5.4	13	0.6 0.4 - 0.7	13	0.8 0.6 - 1.0
SU III	"	13	4.2 3.4 - 5.1	13	0.2 0.2 - 0.3	13	0.4 0.3 - 0.4
SU I-II	Ovnspassere	28	2.7 2.3 - 3.3	28	0.3 0.3 - 0.4	28	0.4 0.4 - 0.5
SU III	"	24	6.7 5.0 - 8.6	25	0.2 0.1 - 0.2	25	0.3 0.3 - 0.4
SU I-II	Brenner/soting	3	9.9 4.6 - 21	13	0.3 0.2 - 0.4	13	0.5 0.4 - 0.6
SU I-II	Feiemaskinfører	5	2.8 1.8 - 4.4	5	0.04 0.02 - 0.1	5	0.2 0.1 - 0.2
SU III	"	5	16 6.3 - 39	5	0.1 0.02 - 0.2	5	0.2 0.2 - 0.3
SU I-II	Metallprøvetaker	5	3.4 2.2 - 5.3	5	0.4 0.3 - 0.4	5	0.5 0.4 - 0.6
SU III	"	5	4.0 3.2 - 5.0	4	0.4 0.3 - 0.5	4	0.5 0.5 - 0.6
	Kontrollgruppe					3	0.05 0.01 - 0.2

Tabell 6.

KORTTIDSPRØVER

SU-hall	Arbeidsoperasjon	Antall prøver	Oksydtype	Totalstøv, mg/m ³		Fluorider, mg/m ³			
				\bar{x}	95 % KG	Gassformig		Totalfluorid	
						\bar{x}	95 % KG	\bar{x}	95 % KG
I-II	Blusstaking	5	Ren	22	15 - 37	2.6	1.2 - 5.5	4.0	2.2 - 7.4
III	"	6	Ren	37	16 - 86	0.6	0.4 - 0.9	1.6	1.1 - 2.4
I-II	Bolteskift	6	Ren	43	23 - 80	1.1	0.5 - 2.3	2.0	1.0 - 4.1
III	Anodeskift	6	Ren	24 [*]	10 - 57	1.5	0.6 - 3.5	2.0	1.1 - 3.6
III	"	6	Gj.v.	9 ⁹	4 - 21	1.1	0.5 - 2.8	1.4	0.8 - 2.6
I-II	Tapping	5	Ren	20	7 - 56	1.5	0.8 - 2.6	2.4	1.6 - 3.6
III	"	6	Ren	19	10 - 38	0.6	0.4 - 1.1	1.0	0.7 - 1.6
III	"	5	Gj.v.	21	10 - 45	0.3 ^{**}	0.2 - 0.5	0.9	0.4 - 2.0
I-II	Kryssing	5	Ren	25	14 - 45	0.6	0.4 - 0.8	1.1	0.9 - 1.3
III	"	6	Ren	15	8 - 28	0.3	0.2 - 0.6	0.7	0.5 - 1.1
I-II	Soting, skumming	5	Ren	27	13 - 56	11.5	3.3 - 41	13.4	3.9 - 46
I-II	Kappeskift	5	Ren	27	11 - 67	3.0	1.3 - 6.7	4.0	2.1 - 7.8
I-II	Brenner-rens	4	Ren	29	21 - 38	1.1	0.5 - 2.4	2.2	0.9 - 5.3

* t-test gav t = 1,83, P = 90%

** t-test gav t = 2,46, P = 96 %

Tabell 7.

K O R T T I D S P R Ø V E R A V C O O G S O 2 U N D E R A R B E I D S O P E R A S J O N E R

SU 1978

N = antall prøver, $(\bar{x}) = \frac{\sum x}{N}$, Range = laveste og høyeste verdi.

Su- hall	Arbeids- operasjoner	Oksyd- type	ppm CO				ppm SO ₂			
			N	\bar{x} (\bar{x})	95% KG	Range	N	\bar{x} (\bar{x})	95% KG	Range
I-II III	Blusstaking "	Ren Ren	6 8	9,5 (9,5) 5,3 (5,3)	5,9-15 4,2-6,6	6-20 3-8	5 8	10 (5,7) 1,1 (0,9)	2,4-39 0,4-2,9	<0,3-17 <0,3-4
I-II III III	Bolteskift Anodeskift "	Ren Ren Gj.v.	6 6 7	27 (23) 8,0 (7,9) 12,5 (12,5)	8 -92 6,1-10 9,7-16	3-70 5-10 10-20	6 7 7	1,4 (1,3) 2,7 (2,6) 7 (5,6)	0,3-6 1,8-4,2 4-13	<0,3-7 1-5 <0,3-12,5
I-II III III	Tapping " "	Ren Ren Gj.v.	5 7 5	5,4 (5,2) 7,4 (7,1) 5,1 (5,0)	2,6-11 3,1-18 3,5-7,4	2-10 1-25 3-7	5 7 5	0,3 1,3 (1,3) 1,6 (0,8)	<0,3 0,7-2,3 1,1-2,4	<0,3 <0,3-5 <0,3-4
I-II III	Kryssing "	Ren Ren	5 6	7,5 (7,4) 8,4 (8,3)	4,9-11 4,6-15	5-10 5-20	5 5	<0,3 <0,3	<0,3 <0,3	<0,3 <0,3
I-II	Soting etc.	Ren	5	20 (18)	7,8-49	5-30	5	8,6 (7)	3,9-19	<0,3-17
I-II	Kappeskift	Ren	6	158 (121)	35 -720	10-300	5	26 (23)	8,5-82	5-45
I-II	Brenner- rensning	Ren	6	28 (26)	12-64	8-55	6	31 (13)	9-101	<0,3-60

SU 1978

Tabell 8.

Bare H ₂ O	Renoksyd		Gjenvinningsoksyd
pH	Oksydvogn pH	Middel 10 ovn pH	Middel 10 ovn pH
Su: 5,6 Å: 6,2	Su: 10,1 Å: 9,6	Su I: 9,2 [±] 1,2 Å III: 9,1 [±] 0,4	Su III: 5,5 [±] 0,4 Å I: 5,4 [±] 0,8

Tabell 9.

Element	Renoksyd			Gjenvinningsoksyd		
	Paralleller		Middel	Paralleller		Middel
	µg/g ^{x)}	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
Cd	0,3	0,3	0,3	3,8	3,9	3,9
Ni	1	1	1	10	10	10
Pb	3	3	3	47	47	47
Cr	<1,2	<1,2	<1,2	1,4	1,7	1,6
As	7,5	6	7	18	17	18
V	11	11	11	22	23	23
Co	<2	<2	<2	5	5	5
Fe	4,5	5,5	5	138	161	150

x) µg/g = 0,0001%

Tre korttidsprøver tatt med høy-volum prøvetaker
for bestemmelse av nikkel- og krominnhold.

Arbeids- operasjon	Oksyd- type	Støvkon- sentrasjon mg/m ³	Analyser ^{x)}		Konsentrasjon av	
			Ni µg/mg	Cr µg/mg	Ni mg/m ³	Cr mg/m ³
Tapping	Ren	14.6	0.61	0.06	0.009	0.0009
Tapping	Gjenvinning	16.3	0.48	0.15	0.008	0.002
Anodeskift	Gjenvinning	7.0	1.19	0.16	0.008	0.001

x) Disse analysene er noe usikre.

FLUORID I URIN mg/l

HALL	ARBEIDSOPERASJON	PRØVER TATT FØR ARBEID			PRØVER TATT ETTER ARBEID		
		N	\bar{x}	95 % KG	N	\bar{x}	95 % KG
SU I-II	Krysser	4	0.5	0.2 - 1.2	4	1.0	0.5 - 1.9
SU III	"	4	1.1	0.8 - 1.6	4	3.6	3.3 - 3.9
SU I-II	Metallprøvetaking	5	0.7	0.5 - 1.1	5	0.9	0.7 - 1.2
SU III	"	4	1.2	0.5 - 3.7	4	2.1	1.3 - 3.3
SU I-II	Feier	5	1.1	0.8 - 1.5	5	1.3	0.9 - 1.9
SU III	"	5	1.4	0.8 - 2.3	5	1.4	0.7 - 2.9
SU I-II	Øvnspasser	29	1.3	1.1 - 1.5	29	2.2	1.9 - 2.5
SU III	"	25	1.2	1.0 - 1.5	25	2.3	1.7 - 2.8
SU I-II	Tappere	14	1.6	1.2 - 2.2	14	5.9	4.6 - 7.8
SU III	"	13	1.2	0.9 - 1.6	14	3.1	1.8 - 4.7
SU I-II	Blussrullere	14	1.6	1.0 - 2.6	14	2.5	1.6 - 3.7
SU III	"	14	0.9	0.7 - 1.1	14	1.9	1.5 - 2.6
SU I-II	Runderullere	13	0.9	0.7 - 1.2	13	1.7	1.3 - 2.2
SU III	"	13	0.7	0.6 - 0.8	13	1.5	1.2 - 1.9
SU I-II	Sotere	14	1.1	0.8 - 1.3	14	1.8	1.4 - 2.4
SU I-II	Bolterekkere	27	0.8	0.7 - 1.0	28	1.2	1.0 - 1.5
SU III	Kullskiftere	18	1.3	1.0 - 1.7	17	2.6	1.9 - 3.6
Kontrollgruppen:		32	0.6	0.5 - 0.8	32 ^{x)}	0.7	0.6 - 0.8

x) En verdi på 4.7 ble utelatt.

TABELL 1 2

ALDERSFORDELING

ALDER	EKSPONERT	REFERANSE	I ALT
20 - 29	18	9	27
30 - 39	11	6	17
40 - 49	12	7	19
50 - 59	20	10	30
> 60	6	4	10
I ALT	67	36	103

HALL AB 39

" CD 26

TABELL 13

RØKEVANER

	EKSPONERT	REFERANSE	I ALT
ALDRI RØKT	11	8	19
TIDLIGERE RØKT	19	8	27
DAGLIG RØKER	37	20	57
I ALT	67	36	103

RØKT IDAG PÅ JOBB

	EKSPONERT	REFERANSE	I ALT
JA	35	18	53
NEI	32	18	50
I ALT	67	36	103

TABELL 14

EKSPONERING

HALL AB (SØDERBERG)

HALL CD (PREBAKED)

MEDIAN VERDIER

MG/M³

EKSPONERING	AB N = 39	CD N = 26	I ALT
TOTALSTØV	3,4	7,1	4,5
TOTALFLUORID	0,44	0,35	0,38
FLUORIDGASS	0,27	0,17	0,21
U - F ⁻ ETTER	1,49	1,65	1,60
Δ - U - F ⁻	0,76	0,79	0,72

TABELL 15

TIDLIGERE HUDPLAGER

	JA	NEI	I ALT
EKSPONERT	22	45	67
REFERANSE	15	21	36
I ALT	37	66	103

TABELL 16

SKYLDES HUDPLAGENE ARBEIDSMILJØET ?

EGEN OPPFATNING

	JA	NEI	I ALT
EKSPONERT	16	51	67
REFERANSE	4	32	36
I ALT	20	83	103

HELE MATERIALET : $\chi^2 = 2,455$ $P > 0,10$

ARBEIDSMILJØET BLANT DEM MED HUDPLAGER:

$\chi^2 = 7,587$ $P < 0,01$

TABELL 17

DERMATOLOGISK VURDERING
(OVERLEGE JOHANSEN)
DIAGNOSER

UNDERSØKT I ALT 31 (EGET ØNSKE)

1. PRURITUS (- OBJ. FUNN)	8 *
2. DERMATITIS	3 *
3. PSORIASIS	3
4. PUSTULOSIS PALMO - PLANTARIS	2
5. TINEA INGVINALIS ETC.	3
6. ECZEMA	6
7. OTITIS EXTERNA	2
8. SCABIES (BEHANDLET)	1
9. ACNE ROSACCA	1
10. PERIORAL DERMATITIS (STEROIDER)	1
11. XERODERMI	1

31

*
MULIG YRKESRELATERTE ARSAKER
VARME, TOXISK IRRITATIV EFFEKT ?

TABELL 18

SYMPTOMER PÅ JOBB I DAG

SYMPTOM	EKSPONERTE			REFERANSE		
	2	1	0	2	1	0
IRRITASJON HALS	1	6	60	1	7	28
NESE	1	9	57		4	32
ØYNE	4	9	54		4	32
TØRR HOSTE	3	5	59		8	28
HOSTE,	1	9	57		4	32
TUNG PUST	0	5	62		1	35
PIPING	0	3	64			
HODEPINE	0	2	65		3	33
SVIMMELHET	0		67		1	35
SLAPP	0	6	61		2	34

SYMPTOMKODE: 2: MEGET PLAGET
1: LITT PLAGET
0: IKKE PLAGET

TABELL 19

SUBJEKTIVE PLAGER PÅ JOBB
SYMPTOMKODE

	2	1	0	I ALT
EKSPONERT	12 17.9%	19	36	67
REFERANSE	4 11%	10	22	36
I ALT	16	29	58	103

SYMPTOMKODE: 2 : MINST 1 SYMPTOM GRAD 2
ELLER 3 SYMPT. GRAD 1
1 : MINST 1 SYMPT. GRAD 1
0: INGEN PLAGER

TABELL 20

SYMPTOMKODE I RELASJON TIL EKSPONERING

MEDIAN VERDIER

	SYMPTOMKODE		
	2	1	0
TOTALSTØV	4,4	5,8	4,0
TOTALFLUORID	0,30	0,41	0,36
FLUORIDGASS	0,13	0,22	0,21
U - FL ETTER	1,43	1,46	1,65
Δ - U - FL	0,70	0,63	0,79

SYMPTOMKODE - RELASJON TOTALSTØV

PEARSONS KORRELASJON - P VERDIER

HELE EKSPONERTE GRUPPE P = 0,04

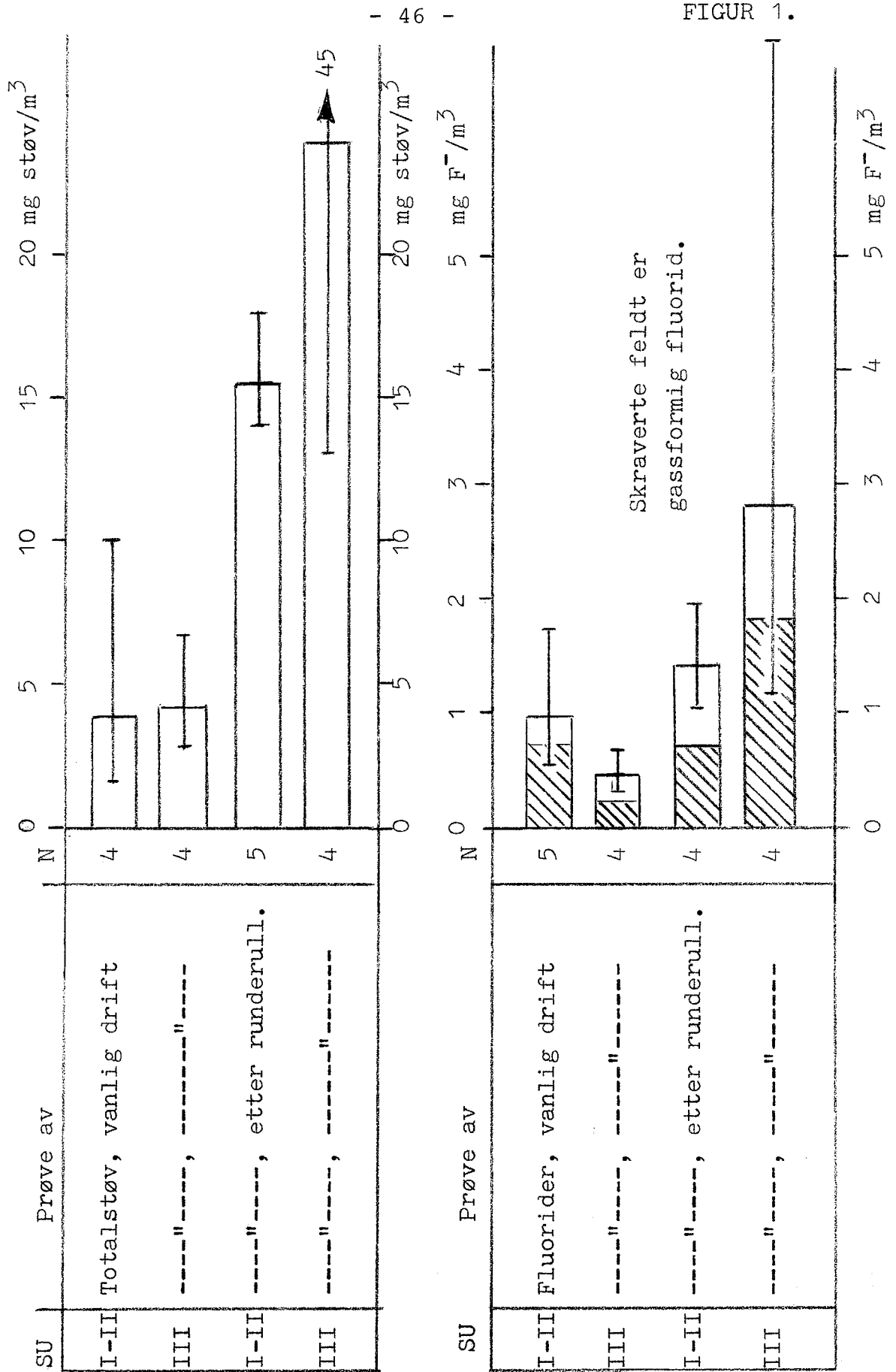
HALL SU III P = 0,03

RØKERE P = 0,06

IKKE BRUKT VERNEUTSTYR P = 0,05

MANN WHITNEY - HALL CD P = 0,02

MOBILE, GENERELLE PRØVER AV HALLATMOSFÆREN



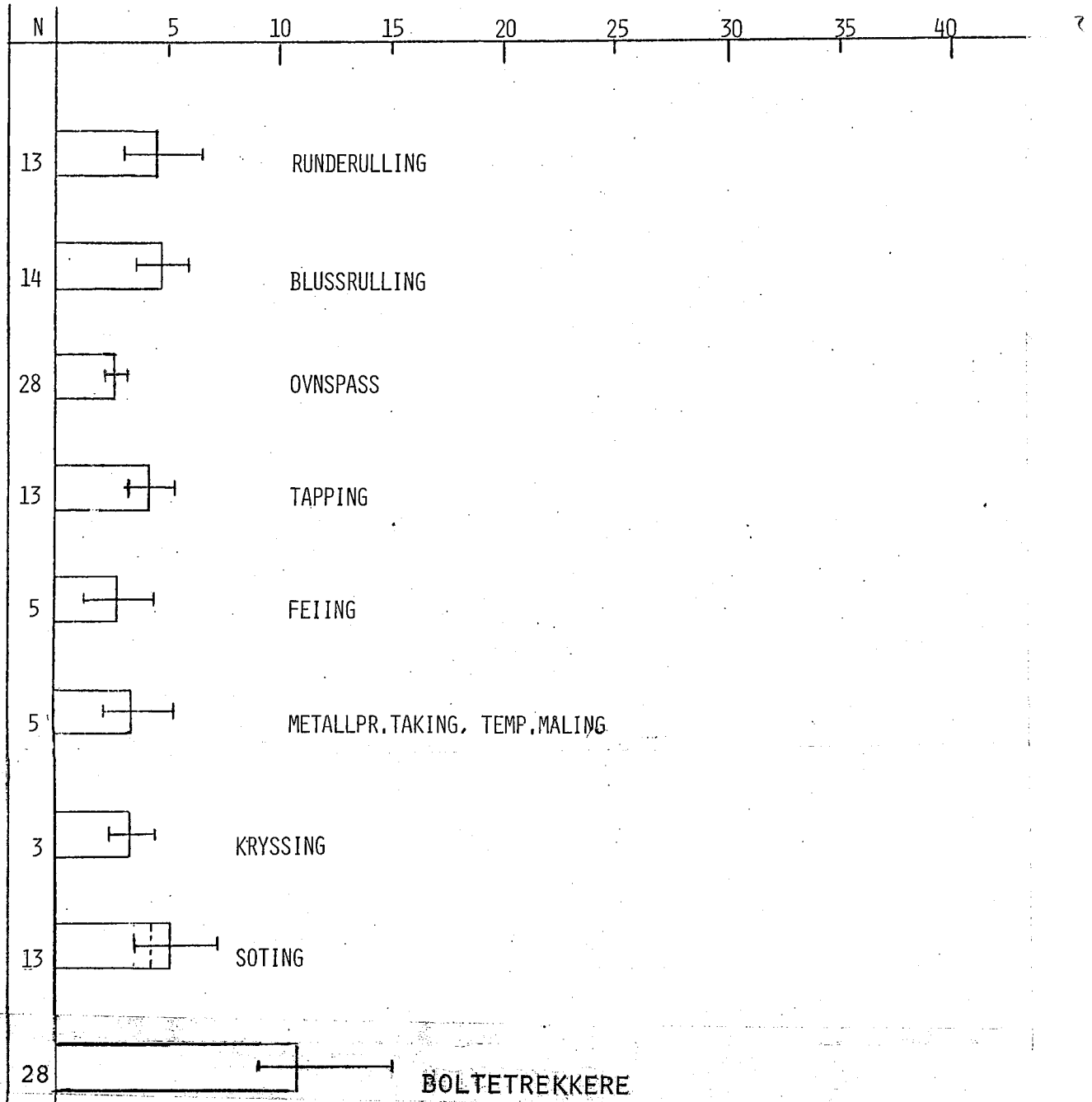
Figur 1. Mobilprøver av den generelle hallatmosfære, mg totalstøv og fluorider pr. m³ luft.

FIG 2

PERSONLIGE PRØVER TATT OVER CA. 7 TIMER.

HALL AB = Su I-II

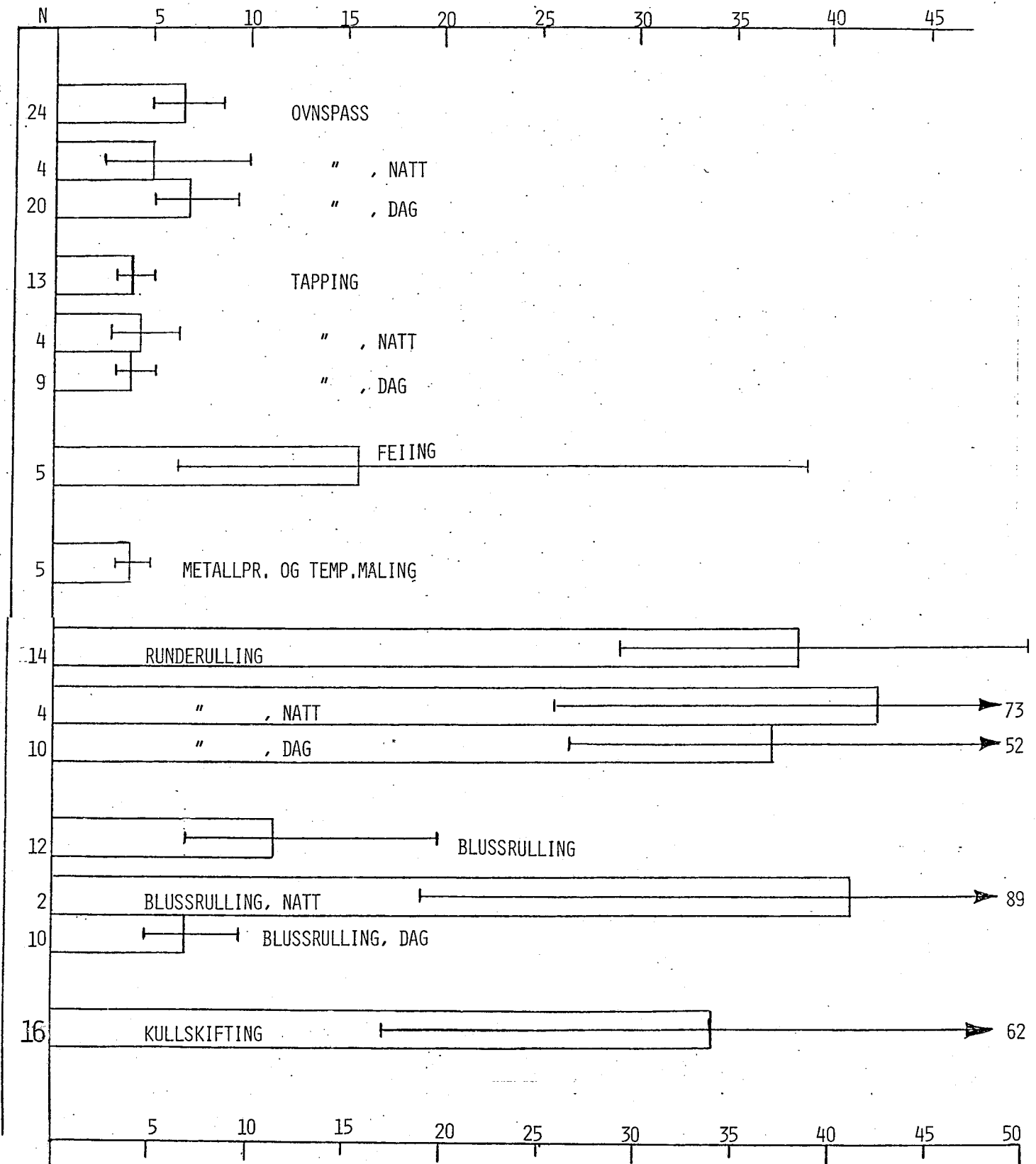
TOTALSTØV MG/M³

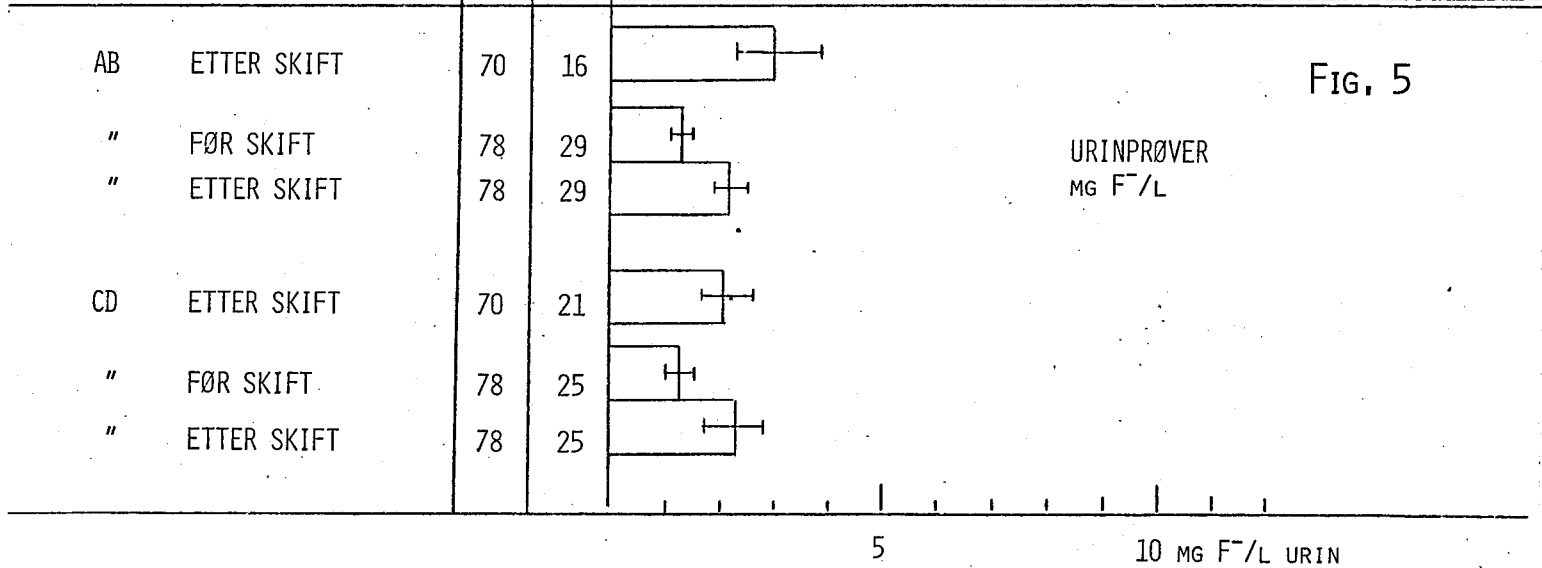
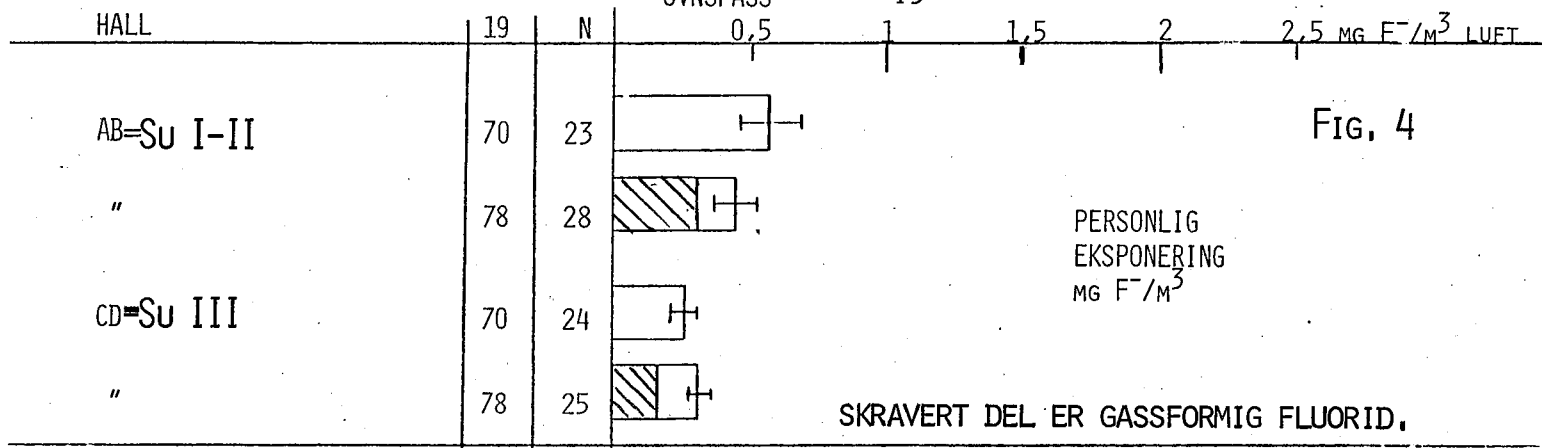


PERSONLIGE PRØVER TATT OVER CA. 7 TIMER

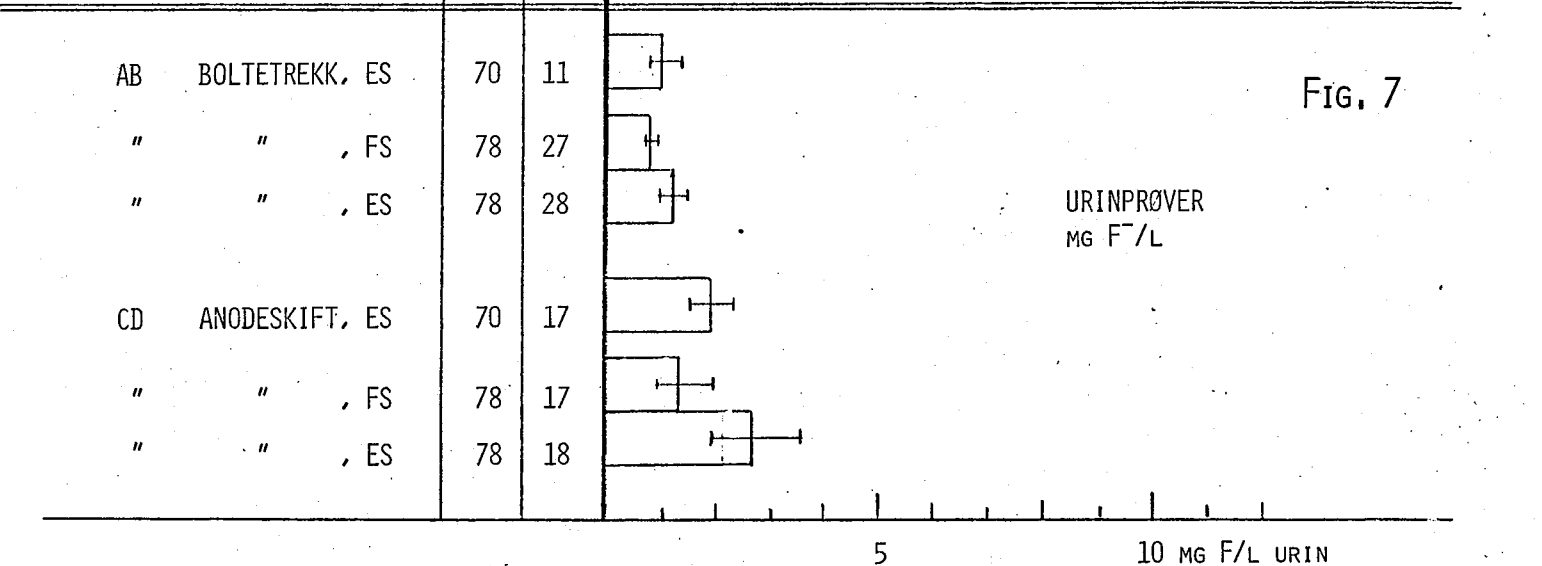
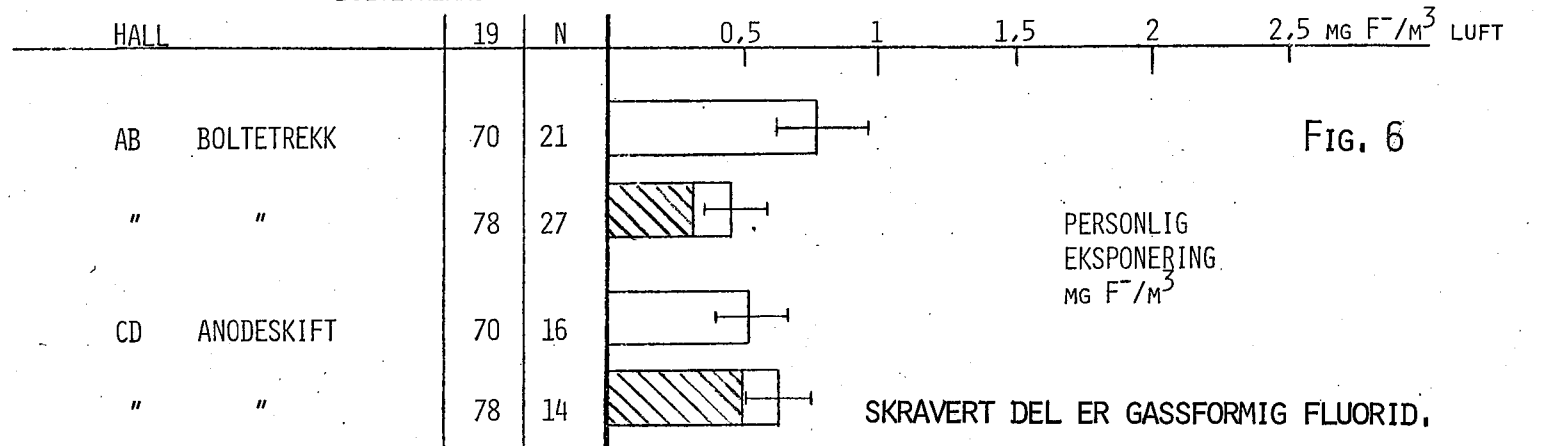
HALL CD = Su III

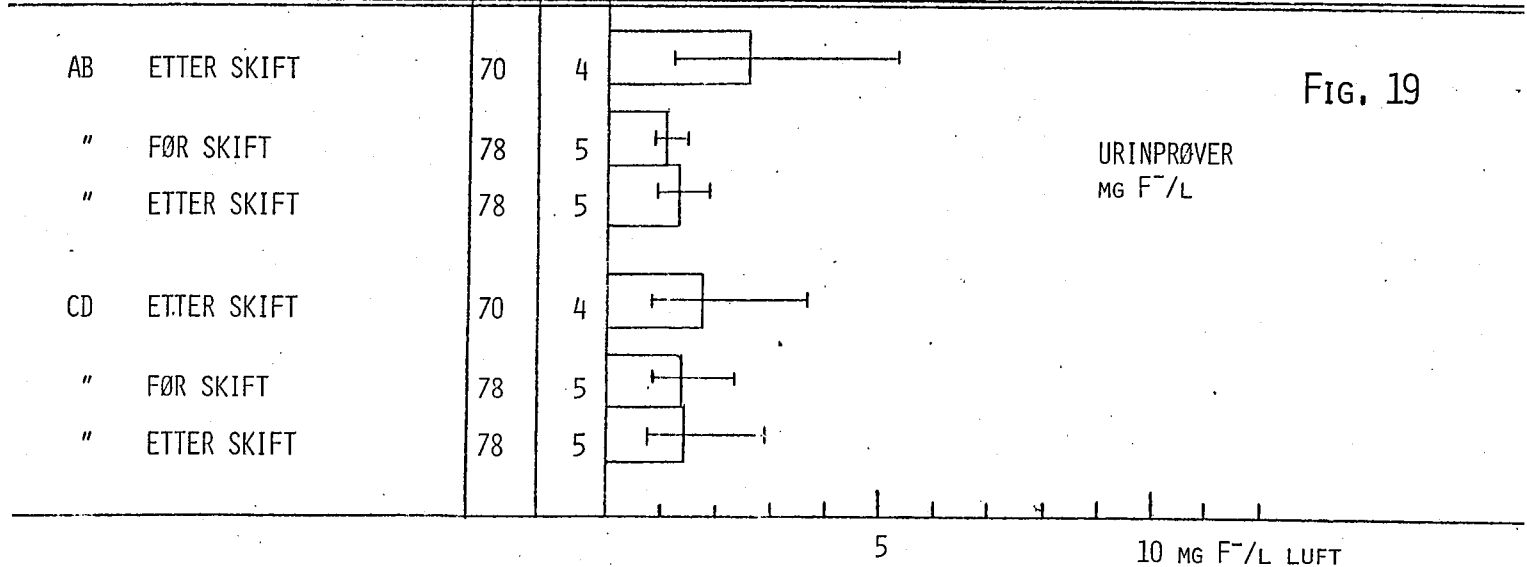
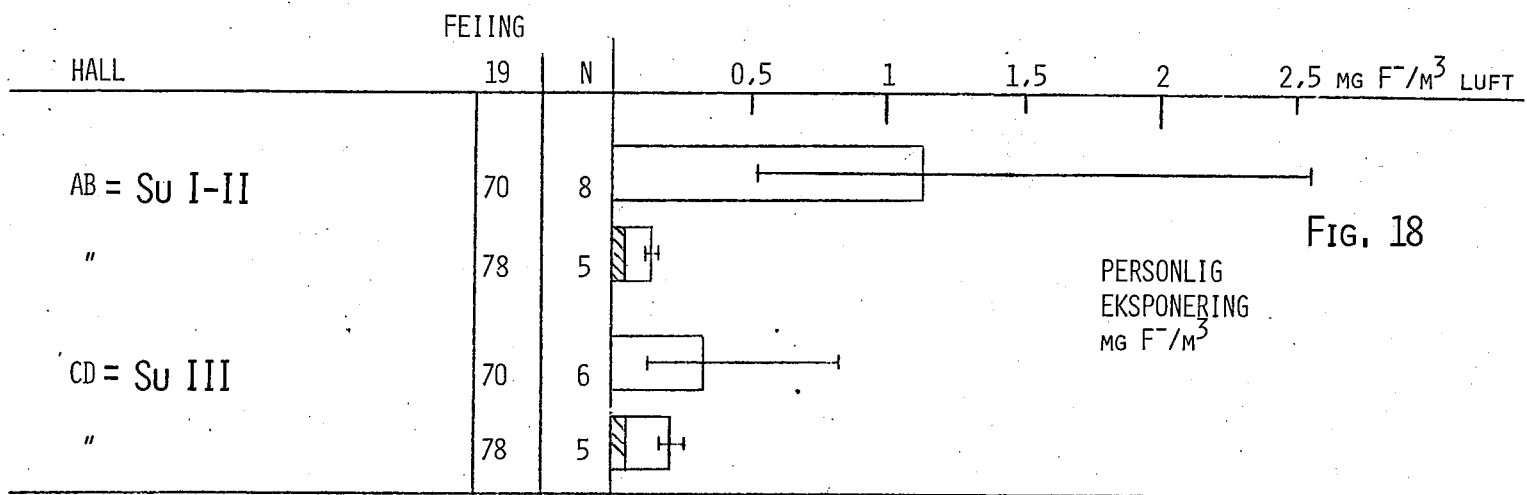
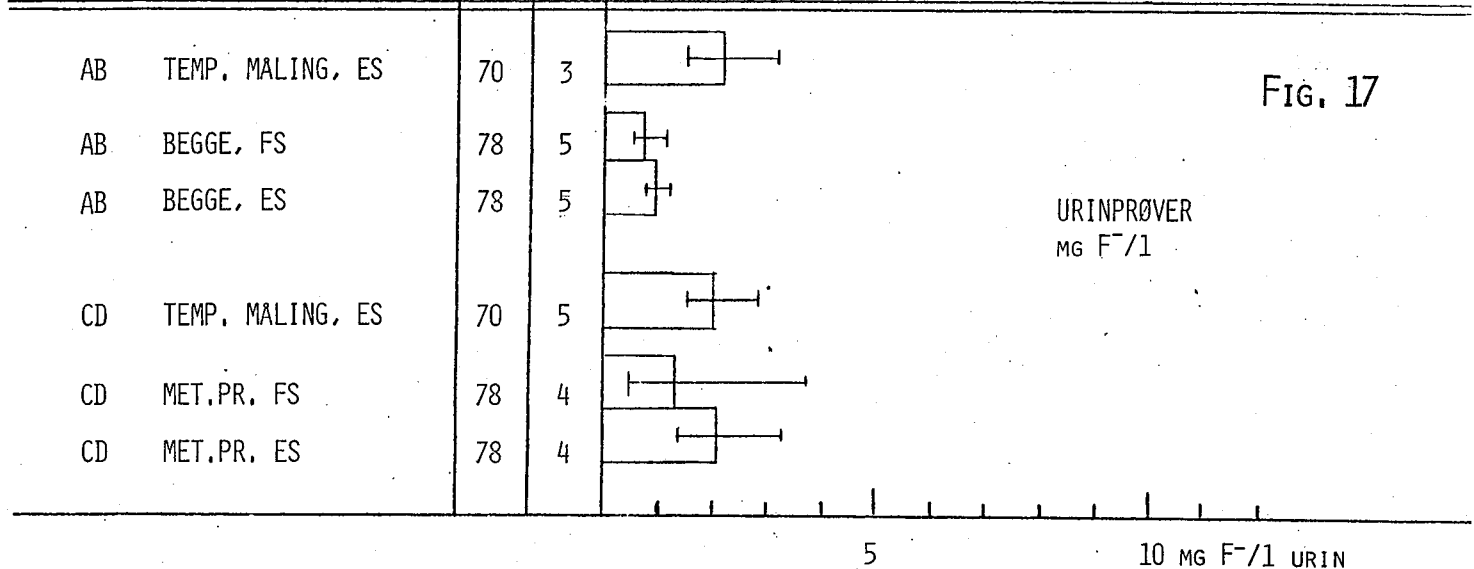
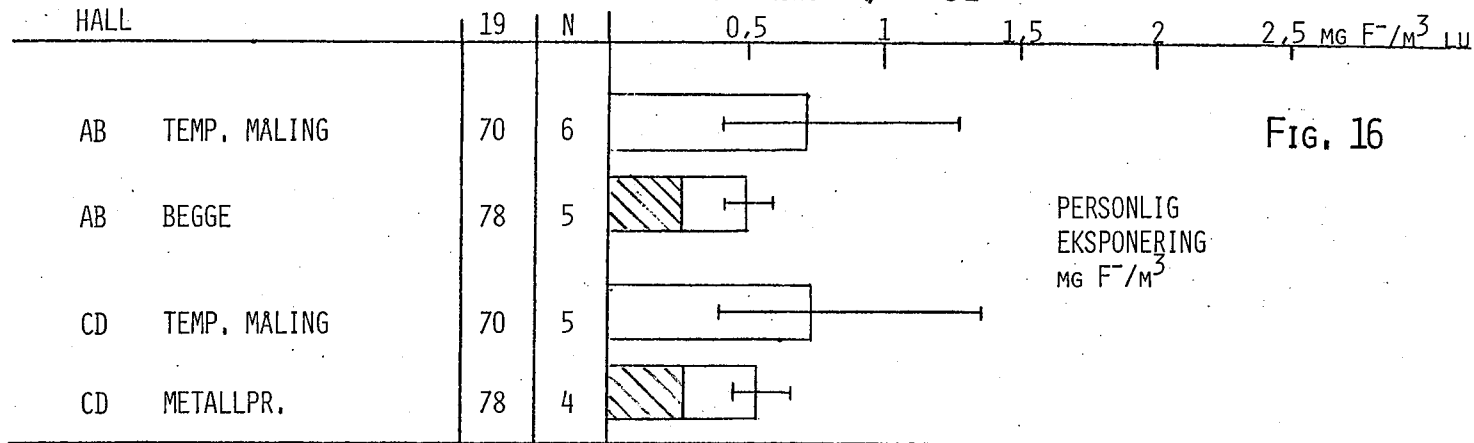
TOTALSTØV MG/M³





BOLTETREKKING - ANODESKIFTING





HALL

19 N 0,5 1 1,5 2 2,5 MG F⁻/M³ LUF

AB SU I-II

78 13

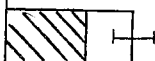


FIG. 20

PERSONLIG
EKSPONERING
MG F⁻/M³

AB FØR SKIFT

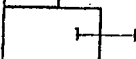
78 13



FIG. 21

" ETTER SKIFT

78 14



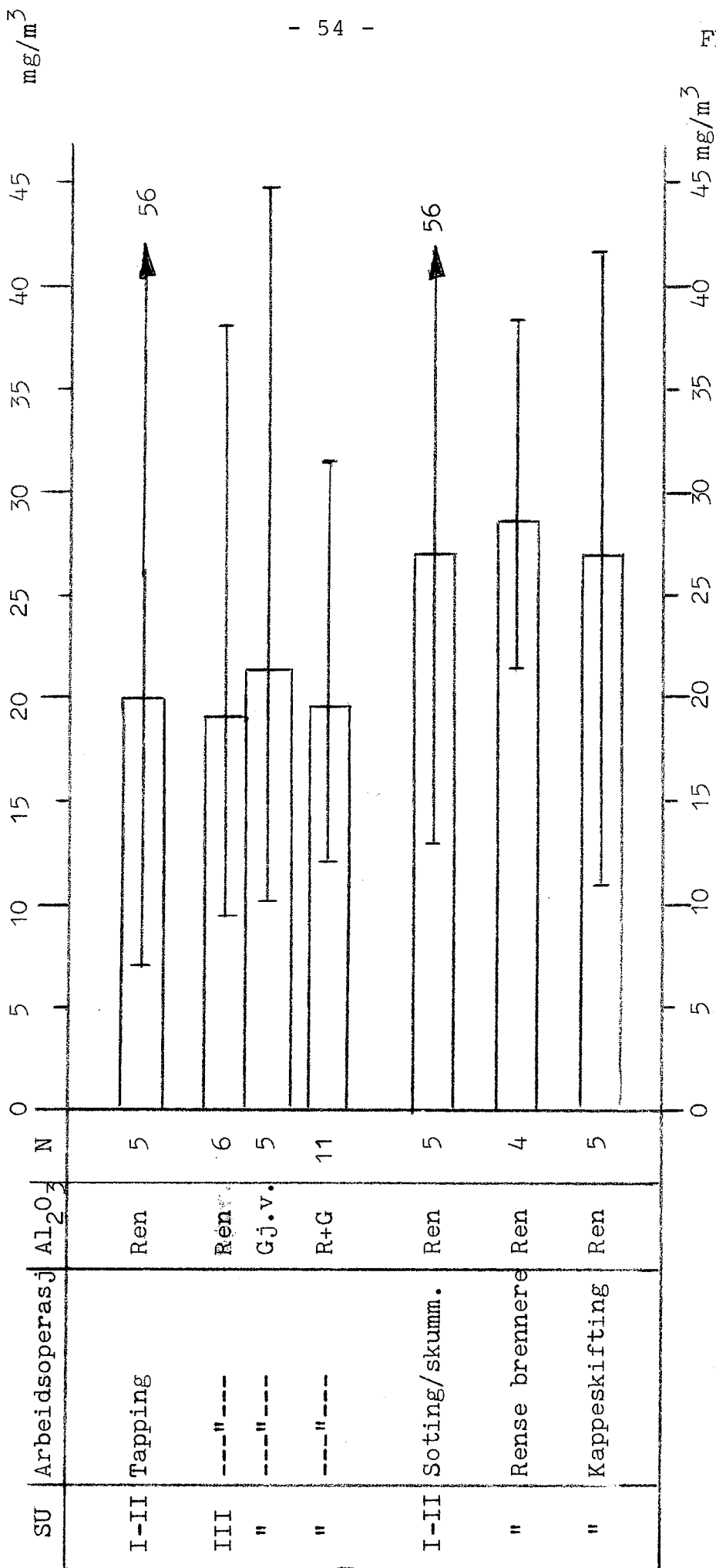
URINPRØVER
MG F⁻/L

5

10 MG F⁻/L URIN

KORTTIDSPRØVER UNDER ARBEIDSPERASJONER

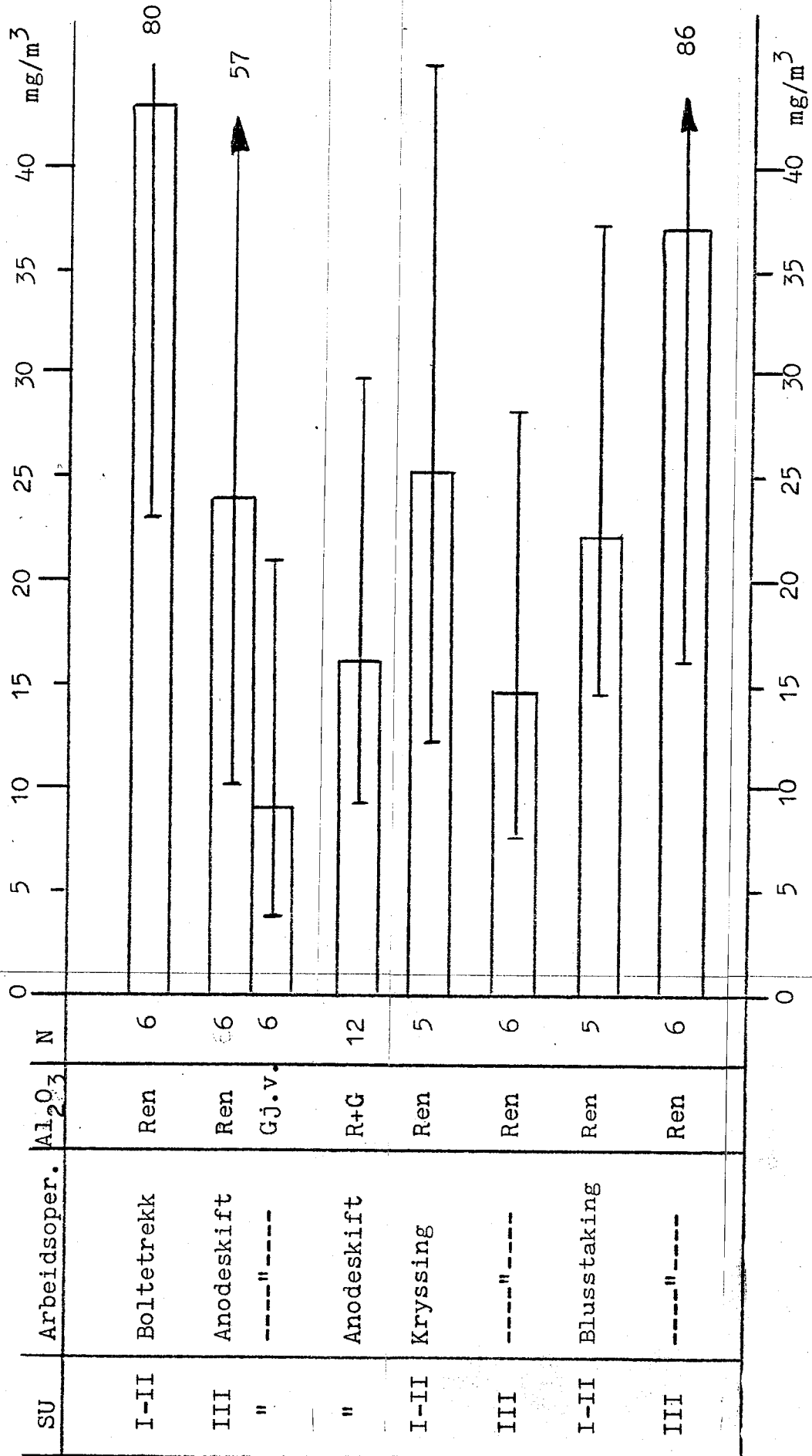
TOTALSTØV, mg/m³.



Figur 22. Totalstøveksponering m. 95 % konfidensgrenser, målt under spesielle arbeidsoperasjoner.

KORTTIDSPRØVER UNDER ARBEIDSPERASJONER

TOTALSTØV, mg/m³.

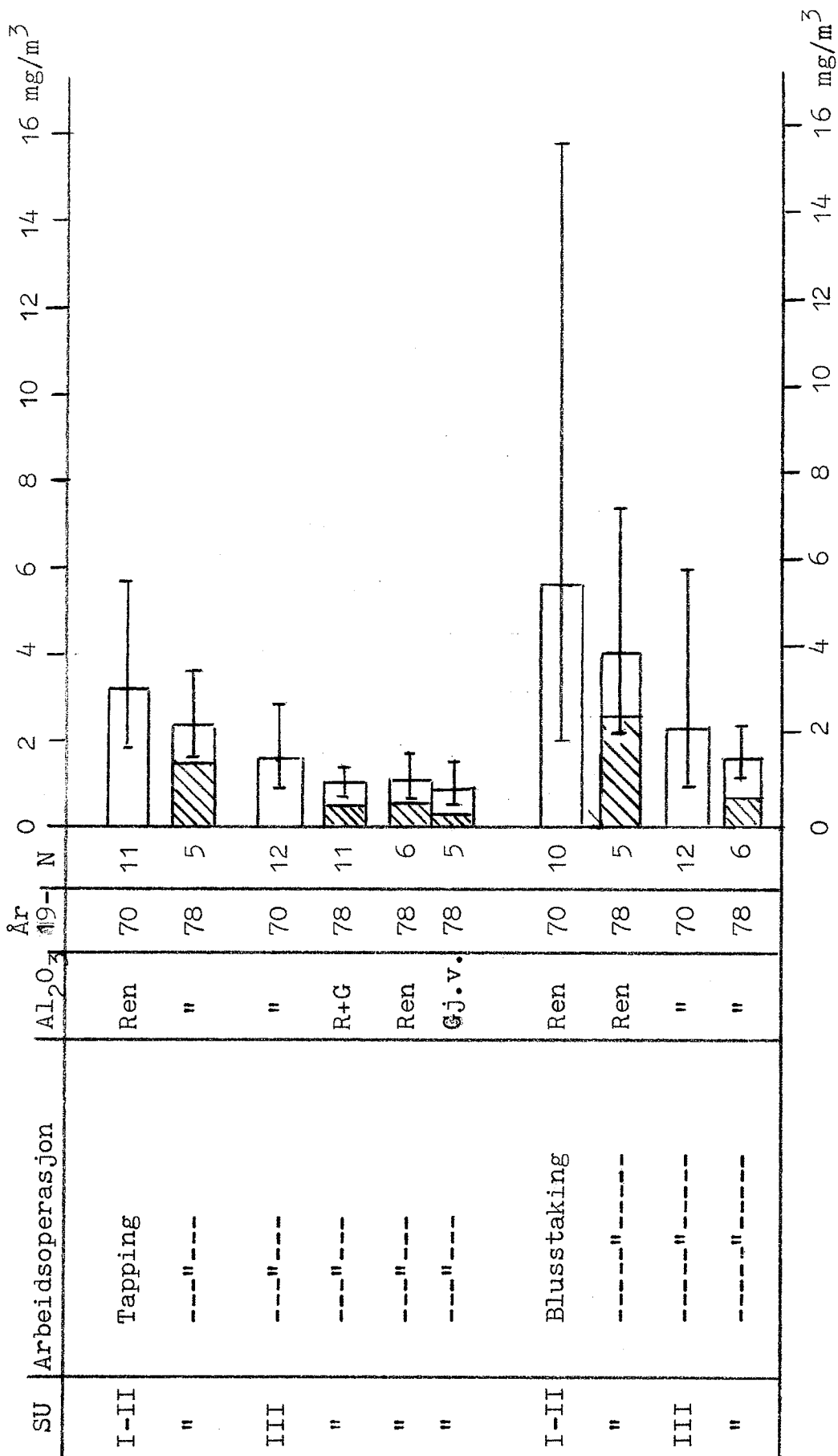


FIGUR 23

Figur 23. Totalstøveksponering m. 95 % konfidensgrenser, målt under spesielle arbeidsoperasjoner.

KORTTIDSPRØVER UNDER ARBEIDSOOPERASJONER

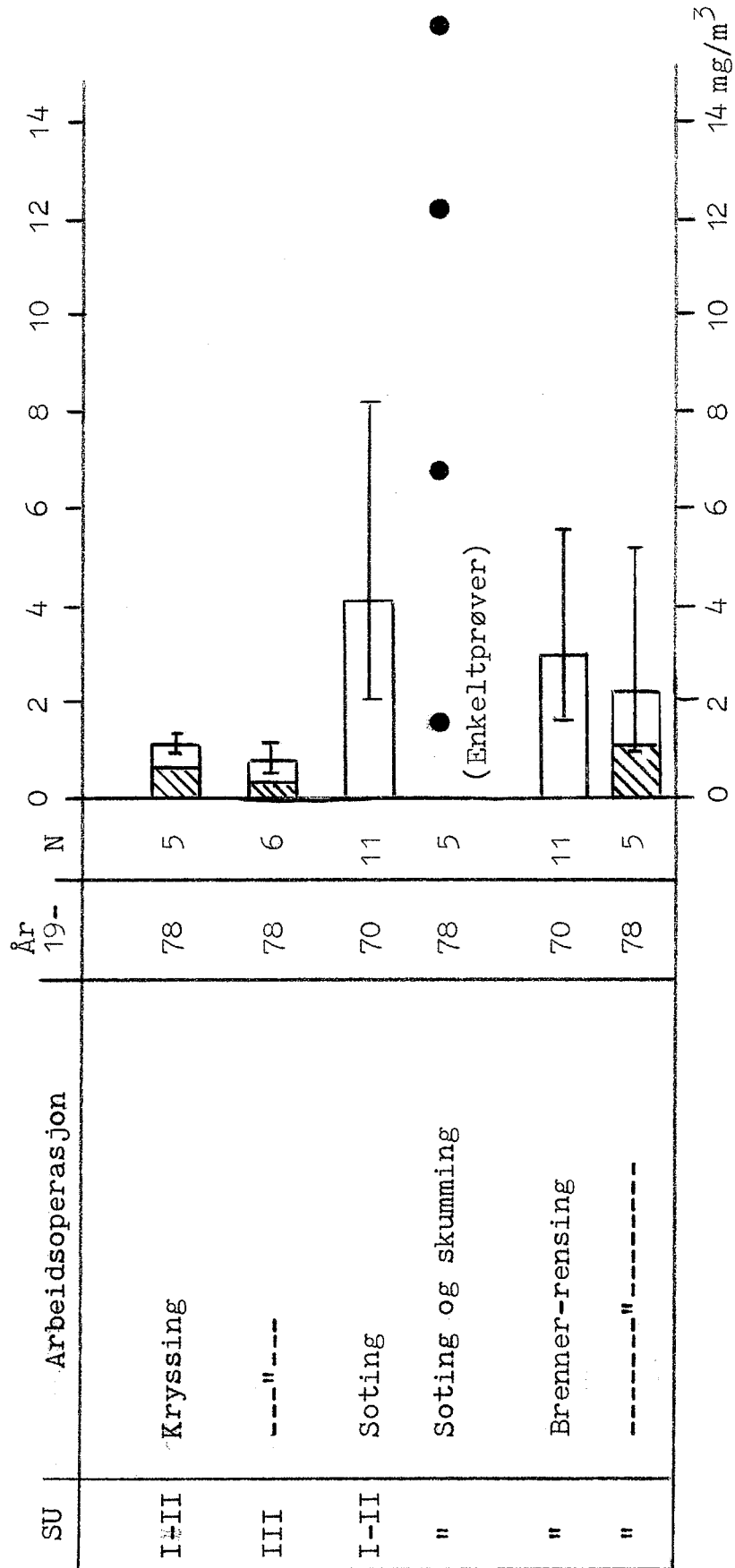
FLUORIDER, mg/m³. Skravert felt er gassformig fluorid.



Figur 24. Fluorideksponering m. 95 % konfidensgrenser, målt under spesielle arbeidsoperasjoner.

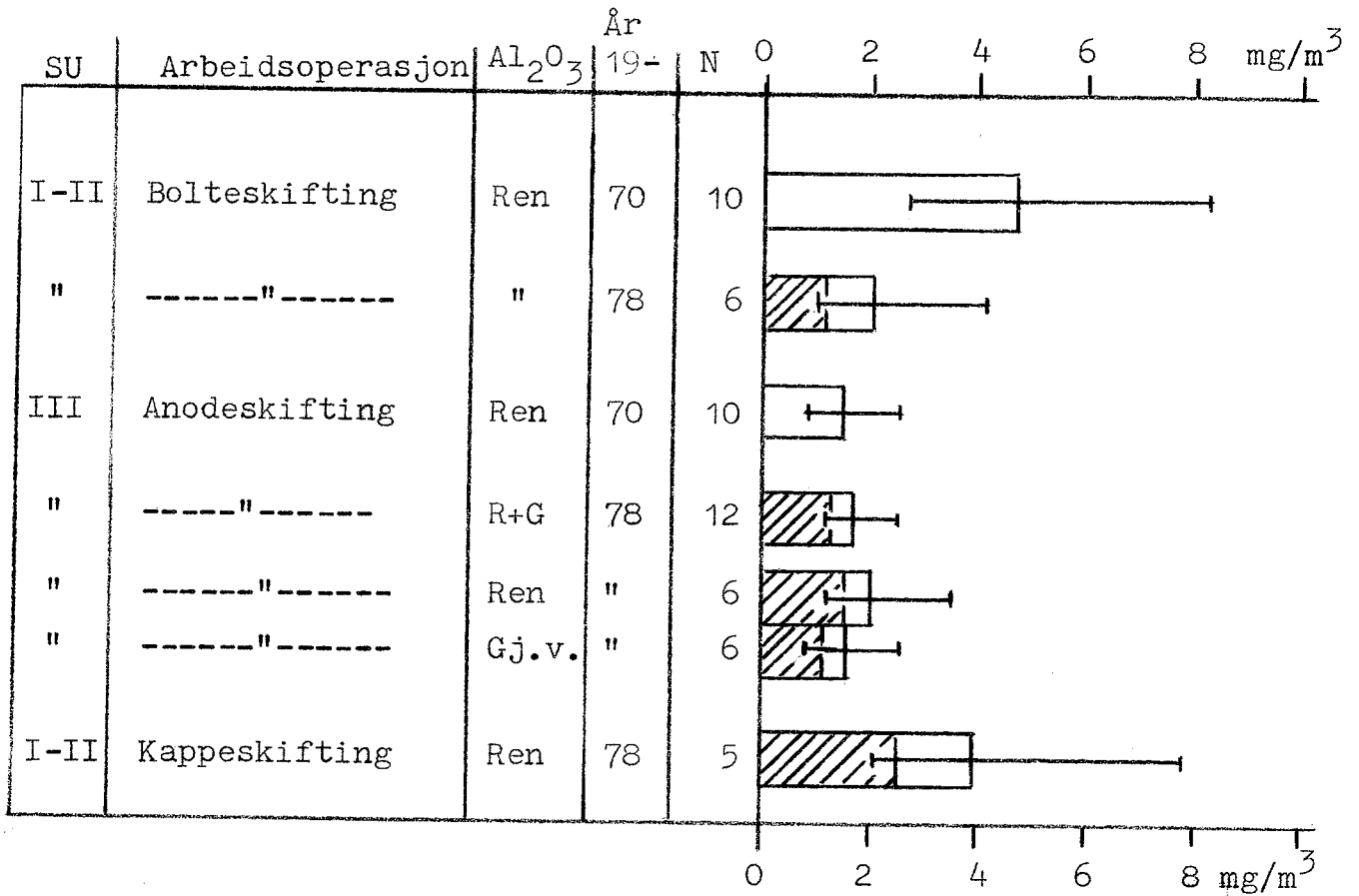
KORTTIDSPRØVER TATT UNDER ARBEIDSOOPERASJONER

FLUORIDER, mg/m³. Skraverte felt er gassformig fluorid.



Figur 25. Fluorideksponering m. 95 % konfidensgrenser, målt under spesielle arbeidsoperasjoner.

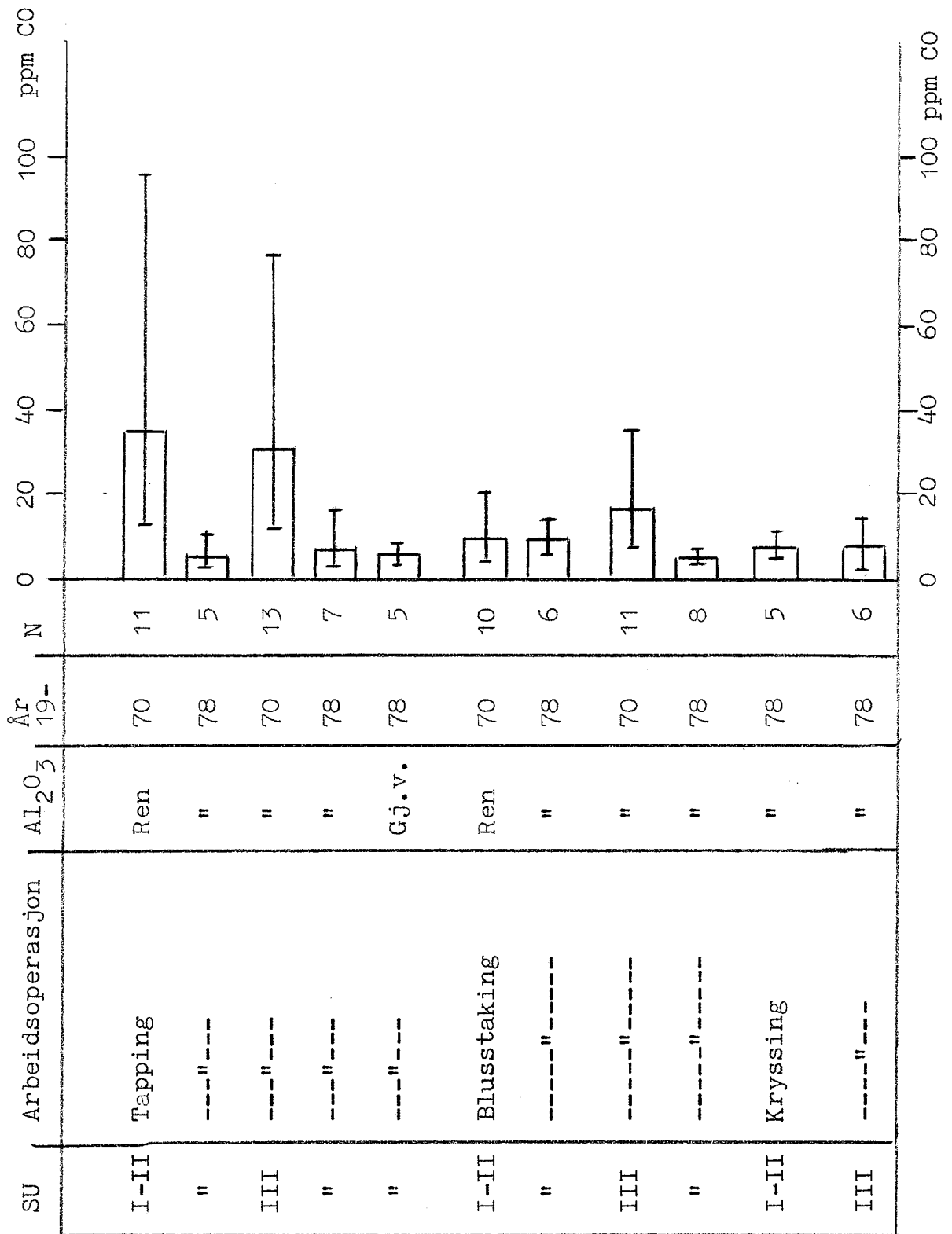
KORTTIDSPRØVER TATT UNDER ARBEIDSOPERASJONER
 FLUORIDER, mg/m³. Skraverte feltt er gassformig fluorid.



Figur 26. Fluorideksponering m. 95 % konfidensgrenser, målt under spesielle arbeidsoperasjoner.

FIGUR 27

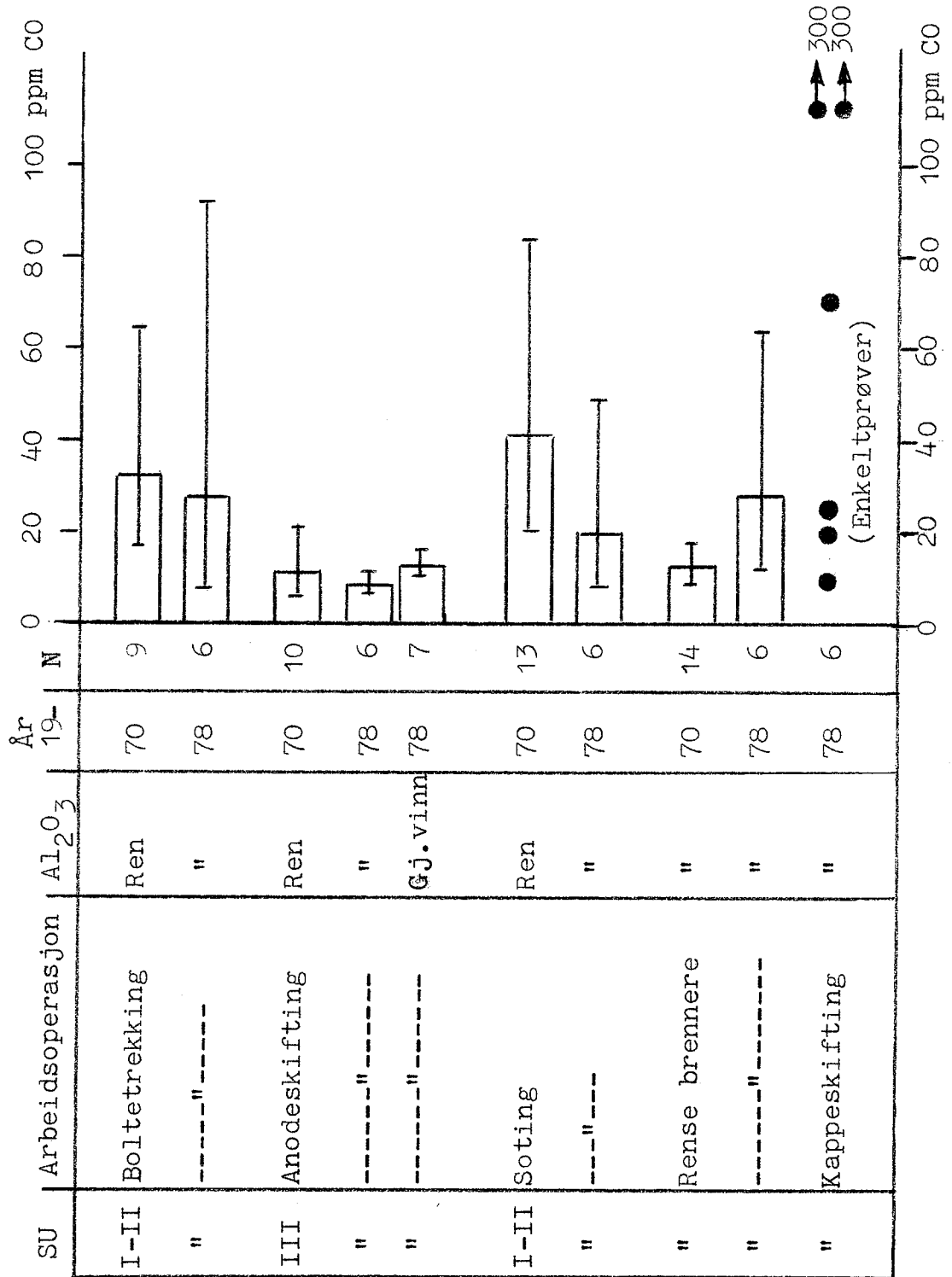
KORTTIDSPRØVER TATT UNDER ARBEIDSOOPERASJONER
KARBONMONOKSYD, CO, ppm.



Figur 27. Eksponering for karbonmonoksyd (m. 95 % konfidensgrenser) målt under spesielle arbeidsoperasjoner.

KORTTIDSPRØVER TATT UNDER ARBEIDSPERASJONER

KARBONMONOKSYD, CO, ppm.



Figur 28. Eksponering for karbonmonoksyd (m. 95 % konfidensgrenser) målt under spesielle arbeidsoperasjoner.

PROGRAM FOR DEN TEKNISK-HYGIENISKE UNDERSØKELSE I
ELEKTROLYSEHALLENE VED A/S ÅRDAL OG SUNNDAL VERK,
HØSTEN 1978

PRØVETAKNING OG ANALYSER

1. INNLEDNING

I april 1970 ble det foretatt en større undersøkelse av arbeidsforholdene i elektrolysehallene ved Sunndal Verk. Bakgrunnen for at verket nå ønsker en ny, tilsvarende undersøkelse, er at det har opptrådt en del eksemplifelle etter innføring av tørr-rensing av ovngassen ved Su III. Man har en mistanke om at dette henger sammen med bruken av gjenvinningsoksyd (F-oksyd) fra tørr-renseanlegget. Su III har lukkede ovner med ferdig-forkoksede anoder (prebake).

Yrkeshygienisk institutt (YHI) har mottatt prøver av renoksyd og F-oksyd. Disse blir nå analysert for å bestemme forskjellene i kjemiske og fysiske egenskaper.

Med enkelte tillegg, bør den teknisk-hygieniske undersøkelsen utføres på samme måte som i 1970 slik at resultatene blir sammenlignbare.

2. PRØVETAKNING

Det tas representative prøver på alle tre skift både i hallene A-B (Søderberganoder) og hallene C-D (lukkede prebakeovner).

Det tas følgende typer av prøver:

Stasjonære prøver på de vanlige faste prøvesteder i ovnhallene (generell arbeidsatmosfære), mobile prøver av den generelle arbeidsatmosfære, personlige prøver uttatt med bærbare pumper over ca. 7 timer, samt personlige prøver som bare tas under de enkelte arbeidsoperasjoner (korttids, maksimal eksponering). Samtidig med disse prøvene tas en del større

støvprøver med nettdrevet utstyr (HVS) for spesielle undersøkelser.

Urinprøver samles før og etter skift for de samme operatører som har bærbare pumper over skiftet.

2.1. Generell hallatmosfære

2.1.1. Stasjonære prøver

Disse tas av ÅSV på vanlig måte for bestemmelse av støvformig fluorid, F(s), gassformig fluorid, F(g), totalfluorid, F(t) og SO₂.

2.1.2. Mobile prøver

Disse prøvene tas ved å kjøre langs begge sider av ovnsrekkene med tre bærbare pumper, en med filter etter den nye dobbeltfiltermetoden utarbeidet av miljøsekretariatets teknisk-hygieniske utvalg og de to andre med de vanlige dobbeltfilterkassetter hvor filteret ligger direkte på den impregnerte underlagskive. Filterholderne festes tett sammen på et stativ i en halv meter horisontal avstand fra ovnskanten og i høyde 1,6 m over gulvet. Samtidig tas prøver på SO₂ med absorpsjonsflasker (etter metode fra Lista Aluminiumverk) og CO-prøver ved hjelp av Ecolyzer med skriver hvis utstyret tåler magnetfeltene i hallene. Eventuelt brukes Drägerpumpe med CO-rør. Luftinntaket til dette utstyret plasseres sammen med filterholderne.

Det tas ett sett mobile prøver pr. dag både i Söderberg-hallene og prebake-hallene. Hvor det arbeides i ovnene, kjøres prøveapparatene i en bue utenom.

2.2. Personlige prøver

2.2.1. Syv-timers filterprøver

Prøvene tas på vanlig måte ved hjelp av bærbare pumper og filterholdere med filter direkte på impregnert underlagsskive. I tabellen nedenfor er

angitt hvilke operatører det skal tas prøver for på de forskjellige skift og på dagtid.

<u>Helkontinuerlig 5-skift</u>	<u>Hall A-B</u>	<u>Hall C-D</u>	<u>Tot. pers.</u>
Ovnspass	1	1	
Blussrulling	1	1	
Runderulling	1	1	40
Boltetrekking	2		
 <u>Helkontinuerlig 4-skift</u>			
Tapping	1	1	8
	<hr/>	<hr/>	
	6	4	
 <u>2-skift</u>			
Kullskift og kryssing		2	4
 <u>Dagtid</u>			
Ovnspass	3	3	
Kryssing	1		
Feiing med maskin	1	1	11
Badtemp. måling	1	1	<hr/>
			63 <hr/>

Det tas syv timers personlige prøver for i alt 63 personer.

2.2.2. Filterprøver tatt under arbeidsoperasjoner

Utstyret henges på operatøren umiddelbart før en arbeidsoperasjon begynner. Hvis den varer mindre enn 15 minutter, brukes samme filter flere ganger under samme arbeidsoperasjon inntil samlet prøvetakningstid er 15 minutter eller mer. Pumpen stoppes mellom arbeidsoperasjonene.

2.2.3. Gassanalyser ved arbeidsoperasjoner

CO og SO₂ måles i operatørens innåndingssone med håndpumper med prøverør. Hvis man ikke får nok pumpeslag under den ene arbeidsoperasjonen, tas resten under samme type arbeidsoperasjon et annet sted.

Prøvene under 2.2.2. og 2.2.3. tas uavhengig av hvilken operatør som utfører arbeidsoperasjonen. Disse prøvene tas fortrinnsvis på dagtid og det bør tas minst seks prøver for hver type arbeidsoperasjon. I tabellen nedenfor er angitt de arbeidsoperasjoner det skal tas korttidsprøver for.

	Antall arbeidere v/operasjonen	Hall (B ev. og A)	Hall C og D
Tapping	1	x	x
Anodeskifting	2		x
Bolteskifting	2	x	
Kryssing	2	x	x
Soting, skumming	1	x	x
Rense brennere	1	x	
Ta ovner av bluss	1	x	x

Operasjoner i alt		6	+ 5 = <u>11</u>

2.3. Urinprøver

Urinprøver samles inn før og etter skiftene for alle de operatørene som går med bærbart pumpeutstyr over syv timer. For de samme operatørene skal det dessuten samles urinprøver etter at de har vært borte fra arbeidet i minst to døgn og før de begynner å arbeide igjen.

De siste prøvene, som gir en antydning om lagringen av fluorid i kroppen, må enten tas før den øvrige prøvetakning er påbegynt, eller etter at den er avsluttet.

Det skal også samles urinprøver fra en kontrollgruppe på ca. 30 personer, fortrinnsvis med samme aldersfordeling, røkevaner, osv. som de 49 operatører. Det samles bare to urinprøver fra hver person i kontrollgruppen, én før og én etter arbeid.

3. PRØVETAKNINGSGRUPPER

Utstyret for den teknisk-hygieniske undersøkelsen er ført opp i tabellen i vedlegget. YHI sørger for utstyret hvor ikke annet er nevnt. ÅSV bruker sitt vanlige utstyr til de stasjonære prøver av hallatmosfæren. ÅSV skaffer også 3-hjuls-mopeder til mobil prøvetakning av den generelle hallsatmosfære.

4. PRØVETAKNINGSPERSONALE

ÅSV sørger for personale til de stasjonære prøver i hallen og til innsamling av urinprøver. I tillegg til dette trengs:

To personer til innsamling av mobile prøver av den generelle hallatmosfære.

Fire personer på formiddags- og ettermiddagsskift for utdeling og innsamling av de bærbare pumper samt lading av disse og kontroll av pumpekapasitet før og etter prøvetakning. Disse må dessuten, i den utstrekning det blir tid til det, delta i innsamling av prøver under spesielle arbeidsoperasjoner.

Seks personer til innsamling av korttidsprøver under spesielle arbeidsoperasjoner.

I alt skulle det behøves tolv personer, hvorav vi regner med at YHI og ÅSV kan stille med seks hver.

Det tas forbehold om mindre endringer i programmet.

Oslo, 18. juli 1978

Jørgen Jahr

A SIMPLIFIED METHOD FOR SEPARATE
DETERMINATION OF PARTICULATE AND GASEOUS FLUORIDES

by Jørgen Jahr

SUMMARY

The method, which can be used for both work atmospheres and ambient air, is a simplified modification of the "Double Filter Method" by Jahr (1). The air is drawn through a membrane filter (MF) placed on a support pad (SP), which has been impregnated with an alkaline absorbent. The use of this filterunit was introduced by Bonney and Farrah(2). Any HF adsorbed on the MF is transferred to the SP by heating slightly. The fluorides on the MF and the SP are measured separately after extraction, using a fluoride ion selective electrode.

The method can be used to determine from 0,5 µg fluoride on the MF and between 0.5 µg and 5 mg fluoride on the SP. The precision and accuracy of the method are satisfactory.

EQUIPMENT AND REAGENTS USED

Millipore disposable filterholders (or similar) each with a 0.8 µm nominal pore diameter membrane filter supported on a porous, impregnated, cellulose cardboard pad. The filterholders may be reused after cleaning and reloading with new filters and support pads.

Personal samplers with pumping capacity 1 to 3 l/min.

Stationary samplers for environmental measurements may have higher capacity. For stationary sampling, the cover of the filterholder should be removed during the sampling.

Stoppered or covered polyethylene beakers with internal diameter approximately 38 to 40 mm.

4 cylinders to accommodate four to six of the beakers above.

Shaking machine for accommodation of four cylinders.

Magnetic stirrer and teflon-covered magnets.

Orion fluoride ion activity electrode with digital mV-meter, or similar.

Fluoride-free, distilled H₂O.

TISAB reagent: 28.5 cm³ of glacial acetic acid, 29 g of NaCl and 150 mg of sodium citrate are dissolved in approximately 500 cm³ water and neutralised to pH 5.2 - 5.3 with 5 N NaOH in a cooling water bath. Dilute to 1,000 cm³ with H₂O.

Sodium citrate solution

Dissolve 30.0 g of the dihydrate salt in H₂O and dilute to 1,000 cm³.

Standard fluoride solution: Dissolve 221.1 mg of NaF in H₂O and dilute to 1,000 cm³ with H₂O. Store in a polyethylene bottle. One cm³ contains 0.100 mg F.

Sodium formate solution: Dissolve 100 g Na-formate in 500 cm³ H₂O and dilute to 1,000 cm³ with ethyl alcohol.

PROCEDURE

Impregnate the support pads by immersing in the Na-formate solution. Dry at 60°C and place each pad underneath a membrane filter in a filterholder. Press the parts firmly together and tape the filterholder (fig 1) all around. After sampling, place the used filterholders and 4 blinds for at least 2 h (preferably over night) at 60°C in a heating cabinet after loosening the bottom plug in the filterholders. (High blind values indicate HF in the heating cabinet atmosphere.)

Carefully remove the MF and the SP from the filterholder and place in separate polyethylene beakers to which 10.0 cm³ of the sodium citrate solution has been added. Stopper the beakers and place them (after marking adequately) in a cylinder. Shake for one hour.

Take out the beakers, remove the cover and insert a magnet in each beaker. Add 10.0 cm³ TISAB and start the magnetic stirrer. Insert the fluoride-sensitive electrodes and read the potential after it has been stable for 3 minutes.

Standard curves are prepared each day, with at least 5 points and covering the expected range, before analysing the samples. Check 2 points on the curve at least once during and after the analysis of a series of samples, or as often as necessary. To 10.0 cm³ of TISAB add a pipetted amount of standard fluoride solution and make up with sodium citrate solution to 20.0 cm³. Analyse as described for the samples and draw the standard curve on a semi-logarithmic curvepaper with mg fluoride on the logarithmic scale.

RANGE, PRECISION AND ACCURACY

The useful range of the method is from 0.5 µg to 5 mg fluoride absorbed on the support pad, and from 0.5 µg upwards on the filter. Dilution of the sample may be required for the higher amounts.

The precision of the method has been investigated by Larsson (3), Skeie (4) and Svedin (5), using only slightly different methods.

The table below shows some of the results which have been recalculated using simple analysis of variance.

Process, environment	Ref.	Phase ^{x)}	N	n ^{xx)}	Range mg/m ³	Precision s _{ln}	Precision in % of absolute value corresponding to s _{ln}
Etching with HF	3	g(HF)	32	15	0.4 - 4.8	0.084	+ 8.8 and - 8.1
	3	g	8	3	2.4 - 3.3	0.069	+ 7.2 and - 7.7
	3	s	10	4	0.03 - 0.08	0.078	+ 8.1 and - 7.5
Aluminium plant potroom	4	g	20	9	0.11 - 0.76	0.091	+ 9.5 and - 8.7
	4	s	20	9	0.09 - 0.32	0.122	+ 12.3 and - 11.5
	4	s+g	20	9	0.31 - 1.1	0.075	+ 7.8 and - 7.2
Aluminium plant potroom Original double filter method ref. (1)	4	g	16	7	0.93 - 2.2	0.069	+ 7.1 and - 6.6
	4	s	14	6	0.22 - 0.46	0.076	+ 7.9 and - 7.3
	4	s+g	14	6	0.83 - 2.7	0.045	+ 4.6 and - 4.4
Ambient air near Al-plant	4	s+g	63	40	0.0004 - 0.0041	0.154	+ 16.7 and - 14.3

x) g = gas, s = solid (particulate), s+g = total fluoride.

xx) N = number of samples, n = degrees of freedom for the calculation of the precision.

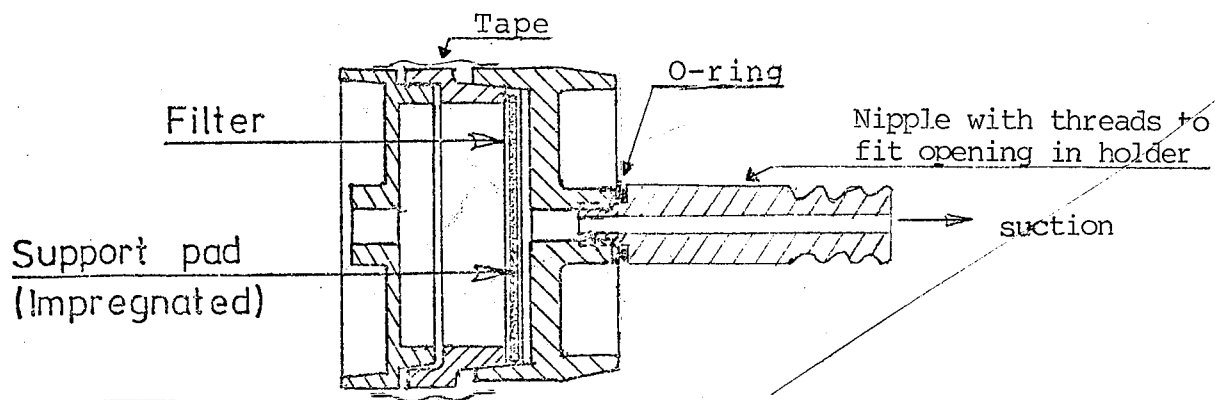


Fig. 1: Filter assembly with threaded tube connector.

The accuracy has been investigated for total fluoride concentration by Svedin (5) for samples taken in an aluminium plant potroom. Of two samples collected simultaneously, one was distilled and the other extracted. The mean values of four sets of samples were not significantly different ($p = 0.52$), but distillation followed by colorimetric determination gave slightly higher result, 0.51 mg/m^3 , than extraction, which gave 0.47 mg/m^3 .

NOTES

The pump capacity must be controlled before and after sampling. Let a battery operated pump run some minutes before measuring, until the battery tention has been stabilized. Measure with filter connected.

The method described may not be absolutely quantitative for fluoride in the dust-phase if strong fluoride-complexing agents are present. Fluoride not detected by the electrode is, however, not likely to have much physiologic effect. If a true quantitative determination is desired, the filter with the dust must be subjected to a Willard-Winther distillation, preferably using sulfuric acid and analysis of the distillate by using the fluoride-sensitive electrode.

An alternative extraction method, using 5% NaOH, has been introduced by ALUSUISSE (6). The filter with the dust is dissolved by boiling in 10 cm^3 5% NaOH for 2 - 3 minutes in a 100 cm^3 glass beaker. The solution/suspension is transferred to a 100 ml volumetric flask, diluted to the mark and 10 cm^3 aliquote(s) are analysed after

addition of a special buffer. The support pad is extracted by pouring 10 ml hot 5% NaOH into the filterholder (with the ring to keep the SP in place) placed in a Witt suction apparatus so that the liquid is collected directly into a 100 cm³ volumetric flask. Water is then flushed through the SP until the flask is filled to the mark. The method seems convenient, but no data on precision or accuracy are given. This will be investigated by Aluminiumindustriens Miljøsekretariat through its Technical-Hygienic Committee.

The total amount of dust collected on the membrane filter may be determined by weighing the filter before sampling and after sampling and heating of the MF and the SP in the filterholder. Great care must be exercised to secure identical conditioning of sample and blind filters before weighing. The precision and accuracy of the total dust determination must be controlled.

LITTERATURE

1. Jahr, J, Eine neue Doppelfiltermethode zur separaten Bestimmung von Fluorwasserstoff und staubförmigen Fluoriden in der Luft. Staub-Reinhalt. Luft 32. (1972), pp. 248-252. (Vo. 32. No. 6, pp. 17-22 in the American Edition. In English.)
2. Bonney, T.B. and Farrah, G.H., Prevention of Bony Fluorosis in Aluminum Smelter Workers, Appendix A - Analytical Methods. J. Occup. Med., Vol 18, (1976), pp. 24-25.
3. Larsson, R, Örebro Läns Landsting, Regionsjukhuset Yrkesmedicinska Kliniken, 701 85 Örebro, Sweden, personal communication.
4. Skeie, O, DNN Aluminium A/S, 5770 Tyssedal, Norway, personal communication.
5. Svedin, G, Gränges Aluminium, Sundsvallsverken, Fack, 851 01 Sundsvall, Sweden, personal communication.
6. Alusuisse, "Personal Sampler" - Methode zur Probenahme von Fluorwasserstoff und Fluor in Staub sowie Staub in Arbeitsplatzatmosphären. Neuhausen, November 1975.

SKIFTPRØVER

Forskjeller i middeleksponering og urinverdier for operatører i Su III og Su I-II.

	Gassf. F ⁻ mg/m ³	Støvformig F ⁻ mg/m ³	Total F ⁻ mg/m ³	Totalstøv mg/m ³	Urin F ⁻ før skift mg/l	Urin F ⁻ etter skift mg/l
Ovnspassere	- 0.15*	+ 0.04**	- 0.11	+ 3.85	- 0.05	+ 0.13
Tappere	- 0.37	0.00	- 0.37	- 0.08	- 0.37	- 2.82
Blussrullere	- 0.44	0.00	- 0.44	+ 7.06	- 0.77	- 0.57
Runderullere	- 0.03	+ 0.01	- 0.02	+ 3.23	- 0.20	- 0.20
Boltetrekk/anodeskift	+ 0.21	+ 0.05	+ 0.16	+ 2.05	+ 0.46	+ 1.41
Kryssere	-----	-----	-----	-----	+ 0.39	+ 2.63
Feiemaskinfører	+ 0.02	+ 0.06	+ 0.08	+13.17	+ 0.25	+ 0.10
Metallprøvetaking	+ 0.01	+ 0.03	+ 0.04	+ 0.57	+ 0.52	+ 1.17

* Minustegn (-) betyr at verdiene var lavest for SU III-operatører.

** Plusstegn (+) viser at det var høyere eksponering for SU III-operatører enn for SU I-II operatører.

ikke lavt med