



**Statens  
arbeidsmiljøinstitutt**

**Tittel:** Eksponeringsforhold ved lodding på rustfrie rør.

**Forfattere:** Per Sørstrand, Statens arbeidsmiljøinstitutt  
Hanne Line Daae, Statens arbeidsmiljøinstitutt

**Prosjektansvarlige:** Per Sørstrand, Statens arbeidsmiljøinstitutt

**Prosjektmedarbeidere:** Sverre Koren, Statens arbeidsmiljøinstitutt  
Steinar Messel, Statens arbeidsmiljøinstitutt  
Terje Nilsen, Statens arbeidsmiljøinstitutt

**Dato:** 12/9-94

**ISSN:** 0801-7794

**Serie:** HD 1058/94 FoU

---

#### **Sammendrag:**

I vannforsyningen er det tatt i bruk rør i rustfritt stål. For å kunne lodde sammen stålrørene brukes det loddemidler for å fjerne oksidbelegg. Under arbeid med disse loddemidlene har rørleggere blitt syke. Statens arbeidsmiljøinstitutt har testet loddemidler beregnet på rustfrie rør med hensyn på avgivelse av gasser og røyk.

Resultatene viste at konsentrasjonen av hydrogenfluorid i lodderøyken var i området 20-75 ppm. Eksponeringsmålingene under praktiske forsøk viste store variasjoner. Forskjellene var like store mellom parallelle forsøk som ved bruk av ulike loddemidler. Resultatene varierte i området 4-67 mg F/m<sup>3</sup>. Konsentrasjonen av nitrogendioksid varierte opp til 4 ppm og konsentrasjonen av nitrogenoksid opp til 20 ppm. I ett tilfelle fant vi store mengder kadmium i lodderøyken (6,25 mg Cd/m<sup>3</sup>). Alle tilsatsmaterialene vi brukte var garantert kadmiumfrie. Ved kontroll viste det seg at et av tilsatsmaterialene inneholdt 16,4 % kadmium.

Hovedkonklusjonen på undersøkelsen er at risikoen for å pådra seg helseskader ved lodding på rustfrie rør uten verneutstyr er stor p.g.a fluorholdige gasser som utvikles fra loddemidlene ved oppvarming. Faren for helseskader p.g.a kadmium i lodderøyken er også stor dersom tilsatsmaterialet inneholder dette metallet.

---

**Stikkord:** Hardlodding  
Rustfrie rør  
Eksponering  
Gasser

**Key words:** Brazing  
Stainless tubes  
Exposure  
Gases

---

Postadresse:  
Pb 8149 Dep.  
0033 Oslo

Besøksadresse:  
Gydas vei 8  
Majorstua

Telefon: 22 46 68 50  
Telefax: 22 60 32 76



**Statens  
arbeidsmiljøinstitutt**

**Tittel:** Eksponeringsforhold ved lodding på rustfrie rør.

**Forfattere:** Per Sørstrand, Statens arbeidsmiljøinstitutt  
Hanne Line Daae, Statens arbeidsmiljøinstitutt

**Prosjektansvarlige:** Per Sørstrand, Statens arbeidsmiljøinstitutt

**Prosjektmedarbeidere:** Sverre Koren, Statens arbeidsmiljøinstitutt  
Steinar Messel, Statens arbeidsmiljøinstitutt  
Terje Nilsen, Statens arbeidsmiljøinstitutt

**Dato:** 12/9-94

**ISSN:** 0801-7794

**Serie:** HD 1058/94 FoU

---

#### **Sammendrag:**

I vannforsyningen er det tatt i bruk rør i rustfritt stål. For å kunne lodde sammen stålrørene brukes det loddemidler for å fjerne oksidbelegg. Under arbeid med disse loddemidlene har rørleggere blitt syke. Statens arbeidsmiljøinstitutt har testet loddemidler beregnet på rustfrie rør med hensyn på avgivelse av gasser og røyk.

Resultatene viste at konsentrasjonen av hydrogenfluorid i lodderøyken var i området 20-75 ppm. Eksponeringsmålingene under praktiske forsøk viste store variasjoner. Forskjellene var like store mellom parallelle forsøk som ved bruk av ulike loddemidler. Resultatene varierte i området 4-67 mg F/m<sup>3</sup>. Konsentrasjonen av nitrogendioksid varierte opp til 4 ppm og konsentrasjonen av nitrogenoksid opp til 20 ppm. I ett tilfelle fant vi store mengder kadmium i lodderøyken (6,25 mg Cd/m<sup>3</sup>). Alle tilsatsmaterialene vi brukte var garantert kadmiumfrie. Ved kontroll viste det seg at et av tilsatsmaterialene inneholdt 16,4 % kadmium.

Hovedkonklusjonen på undersøkelsen er at risikoen for å pådra seg helseskader ved lodding på rustfrie rør uten verneutstyr er stor p.g.a fluorholdige gasser som utvikles fra loddemidlene ved oppvarming. Faren for helseskader p.g.a kadmium i lodderøyken er også stor dersom tilsatsmaterialet inneholder dette metallet.

---

**Stikkord:** Hardlodding  
Rustfrie rør  
Eksponering  
Gasser

**Key words:** Brazing  
Stainless tubes  
Exposure  
Gases

---

Postadresse:  
Pb 8149 Dep.  
0033 Oslo

Besøksadresse:  
Gydas vei 8  
Majorstua

Telefon: 22 46 68 50  
Telefax: 22 60 32 76

## SAMMENDRAG

I vannforsyningen er det tatt i bruk rør i rustfritt stål. For å kunne lodde sammen stålrørene brukes det loddemidler for å fjerne oksidbelegg. Under arbeid med disse loddemidlene har rørleggere blitt syke. Som en følge av dette er mange rørleggere usikre på hvor helsefarlige loddemidlene er.

Rørleggerbransjen har fått bidrag av NHO's miljøfond til å undersøke hvilken eksponering rørleggere utsettes for ved lodding på rustfrie rør. Statens arbeidsmiljøinstitutt har gjort litteraturstudier og gjennomført praktiske forsøk med tanke på den eksponering som rørleggerne utsettes for fra loddemidlene. Bare loddemidler som var beregnet til å bruke på rustfrie rør ble undersøkt. Instituttet gjennomførte også på eget initiativ bestemmelser av grunnstoffer (metaller) i lodderøyken.

Litteraturstudien viste at eksponeringen kan deles inn i 3 grupper:

- 1: Røyk fra loddetråden
- 2: Gasser og røyk fra loddemidlene
- 3: Gasser fra loddeflammen

Det var få kvantitative målinger i tilgjengelig litteratur. I grove trekk er de kvalitative vurderingene følgende:

1: Røyk fra loddetråden

Sink utgjør hovedtyngden av grunnstoffer i lodderøyken fra loddetråden dersom denne er fri for kadmium. Inneholder loddetråden kadmium vil dette metallet utgjøre hovedtyngden. Dessuten vil lodderøyken inneholde noe sølv.

2: Gasser og røyk fra loddemidlene

Gassene hydrogenfluorid (HF) og bortrifluorid (BF<sub>3</sub>) dannes ved oppvarming og spalting av loddemidlene. Røyk fra loddemidlene inneholder vesentlig salter og oksider av kalium, natrium, fluor og bor.

3: Gasser fra loddeflammen

I loddeflammen dannes det nitrøse gasser (NO<sub>x</sub>). Mengde og forholdet mellom NO og NO<sub>2</sub> kan variere betydelig avhengig av blandingsforholdene og temperaturen i flammen. Det dannes også noe karbonmonoksid (CO) ved ufullstendig forbrenning.

De praktiske forsøkene viste at eksponeringen var like stor uavhengig av hvilket loddemiddel som ble benyttet. Årsaken var i første rekke frigivelse av store mengder hydrogenfluorid i gassform under oppvarming av loddemidlene. Konsentrasjonen av HF i lodderøyken lå i området 20 - 75 ppm. Det ble også dannet nitrøse gasser og CO. Dersom en rørlegger eksponeres direkte for lodderøyken er faren for å pådra seg helseskader stor.

De høye konsentrasjonene av HF i lodderøyken gjør det nødvendig å bruke verneutstyr. Både friskluftmaske og effektivt punktavsug vil gi god beskyttelse.

De praktiske forsøkene viste også at det kan være store konsentrasjoner metalledamp og metalloksider i lodderøyken. Dette kommer vesentlig fra loddetråden. I et tilfelle ble det påvist store mengder kadmium i lodderøyken under lodding med loddetråd som var garantert kadmiumfri fra produsent og leverandør. Konsentrasjonen i lodderøyken var 6 mg/m<sup>3</sup>. Loddetråden som ble brukt inneholdt 16.4 % kadmium.

**DEL I**  
**GENERELT**

## **1 Bakgrunn**

Under lodding kan håndverkeren bli eksponert for støv og gasser. Det er blitt rapportert helseplager ved lodding på rustfrie rør. Denne prosessen ser ut til å bli stadig mer utbredt i Norge fordi kobberør erstattes av rustfritt stål i vannforsyningen mange steder. I denne forbindelse har Norske Rørleggerbedrifters Landsforbund (NRL) anmodet Statens arbeidsmiljøinstitutt (STAMI) om å strukturere og gjennomføre et prosjekt med tanke på eksponering for gasser ved lodding på rustfrie rør med loddemidler. I første del av rapporten drøftes loddeprosessene på bakgrunn av litteraturundersøkelser. Rapportens andre del beskriver praktiske forsøk og resultater av målinger. Prosjektet er gjennomført med bidrag fra NHO's arbeidsmiljøfond.

## **2 Lodding**

Lodding er en prosess der 2 metallstykker varmes opp og settes sammen med et tilsatsmateriale som har lavere smeltepunkt enn metallstykkene som skal settes sammen. Prosessen kalles bløtlodding (engelsk: soldering) når smeltepunktet på tilsatsmaterialet er under 450 °C. Typisk er lodding av elektriske kretser ved 150-300 °C med en tinn/bly legering. Også lodding av kobberør foregår under 450 °C. Vanlig tilsatsmateriale er tinn med noen få prosent sølv. Har tilsatsmaterialet et smeltepunkt over 450 °C betegnes prosessen hardlodding (engelsk: hard soldering eller brazing). Opp til 1000 °C kalles prosessen lavtemperatur hardlodding (engelsk: low temperature brazing) og over 1000 °C kalles prosessen høy temperatur hardlodding (engelsk: high temperature brazing). Ved hardlodding består tilsatsmaterialet vanligvis av en kobber/sølv legering iblandet noen flere metaller i varierende mengder (1).

### **2.1 Tilsatsmateriale**

Sammensetningen av loddetråden varierer avhengig av hvilke materialer som skal loddet og hvilke krav som stilles til egenskaper og mekanisk styrke. Karakteristikken på loddetråden som brukes til hardlodding oppnås vanligvis ved å blande flere metaller. Smeltepunktet synker til en grense (eutektisk punkt) avhengig av f.eks. sølvinnholdet. Økes innholdet utover denne grensen stiger smeltepunktet igjen. De vanligste metallene som inngår i legeringen er satt opp i tabell 1 med angivelse av prosentvis innhold av de forskjellige komponenter (1).

**Tabell 1** Vanlige metaller i loddetråder som brukes til hardlodding.

Metaller	% - innhold	Metaller	% - innhold
Ag	2 - 50	Mn	0 - 8
Cu	15 - 90	In	0 - 15
Zn	0 - 35	Sn	0 - 100
Cd	0 - 40	P	0 - 6
Ni	0 - 5		

Sammensetningen bestemmer egenskaper som utflyting, mekanisk styrke og smeltetemperatur. Tabell 2 viser smeltetemperatur og damptrykk til de vanligst forekommende metallene i loddetråden (1) og Tabell 3 viser den laveste smeltetemperaturen som kan oppnås med ulike legeringer (3).

**Tabell 2** Smeltepunkt og damptrykk til metaller i tilsatsmaterialer ved 600 og 800° C.

Metall	Smeltepunkt °C	Damptrykk: 600 °C, mm Hg	Damptrykk: 800 °C, mm Hg
Ag	962	$1 \times 10^{-7}$	$4 \times 10^{-5}$
Cu	1083	-	$1 \times 10^{-7}$
Zn	420	60	232
Cd	321	342	760
Sn	232	$8 \times 10^{-7}$	$9 \times 10^{-5}$

**Tabell 3** Lavest oppnåelige smeltetemperatur på loddetråden avhengig av metallsammensetning.

Hovedkomponenter i legering	Cu, Ag, Zn	Cu, Ag, Zn, Sn	Cu, Ag, Zn, Cd
Lavest oppnåelige smeltepunkt, °C	730	680	640

Loddeledene kan også inneholde metallforurensninger i mikroskala. Standardene som brukes for å karakterisere loddeledene inneholder ikke data om innholdet av slike forurensninger. Dette gjelder f.eks. både den britiske BS 1845 og den europeiske DIN 8513.

## 2.2 Loddemidler

For at loddingen skal bli vellykket må metallene som skal loddes være rene. I tillegg må metallene beskyttes mot oksidasjon under oppvarming. Metallene kan renses eller rengjøres mekanisk og beskyttes mot oksidasjon med en inert gass. Men dette er tungvint, tidkrevende og kostbart. Mest utbredt er kjemisk rensing og beskyttelse ved å smøre på et loddemiddel som det fins et stort utvalg av. Vanlige komponenter i loddemidler som brukes ved lavtemperatur hardlodding er alkaliefluorider, borater og mer komplekse salter av disse (1). Andre typer kan inneholde ammoniumklorid og organiske forbindelser. Sammensetningen varierer slik at det aktive temperaturområdet til fluksen passer til loddeledens smeltepunkt. Under loddingen damper loddemidlet av eller spaltes i forbindelser som damper av. Boroksider blir ofte liggende utenpå loddeskjøten.

## 3 Energikilde

For å smelte tilsatsmaterialet ved bløtlodding i elektriske kretser brukes som regel en loddebolt som varmes opp elektrisk. Ved bløtlodding av kobberør brukes loddebolt eller gassflamme. For å smelte tilsatsmaterialet ved hardlodding brukes luft/oksygen - propan/etylen (acetylen) gass.

Oppvarmingen av loddestedet kan være en kritisk faktor med tanke på eksponeringen som håndverkeren utsettes for ved hardlodding. Både ved bruk av oksygen/luft - etylen og oksygen/luft - propan kan arbeidsstykket komme opp i 1000 - 1200 °C. Loddestedet kan lett overopphetes og resultatet kan bli hurtig avdampning av metaller, loddemidler og spaltingsprodukter. I tillegg vil det dannes nitroser gasser i flammen. Blandingsforholdet av gasser i flammen har betydning for hvor store mengder som dannes. En rapport fra "Puget Sound Naval Shipyard, Washington" i 1971 (2) gir en interessant belysning av problemet:

6 - 8 timer etter en loddejobb ble 2 håndverkere lagt inn på sykehus med diagnosen lungeødem. Antatt årsak var eksponering for kadmiumoksidrøyk under loddeprosessen. Undersøkelser viste at tilsatsmaterialet som var brukt bestod av 80 % kobber og 15 % sølv uten kadmium. Loddemidlet bestod av 27 % kaliumfluorid og 72 % kaliumborat. Under rekonstruksjon av ulykken ble det målt øyeblikksverdier på opptil 122 ppm nitrogendioksid. Målemetoden er imidlertid ikke angitt. Dette eksemplet blir nærmere omtalt i kapittel 5, "Eksponering" og kapittel 6, "Helseeffekter".



## 4 Lodderøyk

Røyken fra loddeprosessen inneholder støvpartikler, damper og gasser. Følgende faktorer har betydning for konsentrasjon og sammensetning av lodderøyken:

- a) Tilsatsmaterialet's smeltepunkt.
- b) Sammensetningen av legeringen som utgjør tilsatsmaterialet.
- c) Damptrykket av grunnstoffene i tilsatsmaterialet ved aktuell loddetemperatur.
- d) Arealet til smeltet tilsatsmateriale.
- e) Tiden som tilsatsmaterialet er smeltet.

De 2 første faktorene har håndverkeren ingen kontroll over under selve loddeprosessen. Temperatur, overflaten til smeltet metall og tiden som tilsatsmaterialet er smeltet er derimot variable som håndverkeren til en viss grad har innflytelse på.

Av tabell 2 framgår det at ved typisk lavtemperatur hardlodding (600 - 800 °C) er det bare damptrykket til Zn og Cd som er høyt nok til at metall kan dampe av fra tilsatsmaterialet i særlig grad. Undersøkelsen bekrefter at Cd, Zn og oksider av disse metallene utgjør hovedtyngden (98-99 %) av metallene fra tilsatsmaterialet i lodderøyken (4). Dersom kadmium er en vesentlig bestanddel i tilsatsmaterialet (ca 20-40 %), er typisk fordeling 85-95 % kadmium, 5-15 % sink og 1-2 % andre metaller som kobber, sølv, nikkel, mangan og tinn. Uten kadmium i tilsatsmaterialet utgjør sink typisk 98-99 % av metallinnholdet i lodderøyken som stammer fra tilsatsmaterialet (4). I lodderøyken kan det også være varierende mengder alkalie- og jordalkaliemetaller som stammer fra loddemidlet.

I referanse (5) ble det rapportert mye damp i lodderøyken og dette vanskeliggjorde bestemmelse av partikkelstørrelses fordelingen, men i tørret lodderøyk antydes det at mer enn 94 % av partiklene er mindre enn 1 mikrometer.

Valg av loddemiddel har betydning for lodderøykens sammensetning. Det foreligger imidlertid ytterst få undersøkelser hvor lodderøyken er undersøkt med tanke på loddemidlet som er brukt under loddingen. Disse undersøkelsene vektlegger betydningen loddemidlene har på sammensetningen av metallrøyken. Forsøk tyder på at loddemidlene har liten innflytelse på metallsammensetningen i lodderøyken. Tre ulike mekanismer er foreslått for transport av metallene gjennom loddemidlet, og det er målt avgivelse av opp til 0.37 mg metall pr min. pr cm<sup>2</sup> metallsmelte under loddeprosessen (4).

### 1. Direkte fordampning fra metalloverflate:

Etter at loddemidlet har fjernet oksider vil metaller fordampe direkte fra smeltet legering ettersom loddemidlet flyter bort eller fordamper. Etter hvert vil oksygen oksidere den eksponerte smelten og metallemissjonen vil raskt avta ettersom metalloksidene har høyere kokepunkt enn metallene og siden temperaturen på loddestedet avtar. Mens metallene fordamper vil de raskt oksideres i luft. Dette vil føre til at partialtrykket til oksygen like over smelten synker slik at ytterligere metallfordampning fra overflaten favoriseres fordi oksidasjonsprosesser på smelteoverflaten hemmes av oksygenmangel.

## 2. Fordampning sammen med flyktige komponenter fra loddemidlet (HF, BF<sub>3</sub>):

Når loddemidlet varmes opp dannes det bobler av flyktige forbindelser. Disse boblene fungerer som bærere av metalledamper gjennom fluksen. Forsøk har vist at kadmiumemisjon fra en fluks/metall/luft smelteoverflate var 28 ganger større enn når smelten var helt dekket av loddemidlet (4).

## 3. Fordampning sammen med hydrogen fra reaksjon mellom fluks og metall:

Syrer i loddemidler kan være årsak til dannelse av små mengder hydrogen gjennom reaksjoner med metaller. Hydrogen vil på samme måten som flyktige komponenter i loddemidlet transportere metalledamper gjennom loddemidlet og på den måten øke metallemissjonen under loddingen.

For å redusere røykutviklingen gjennom den første mekanismen kan det brukes mer loddemiddel enn normalt og varme opp loddestedet forsiktig.

For å redusere røykutviklingen gjennom den andre mekanismen kan innholdet av gassdannende komponenter i loddemidlet (borater og fluorider) reduseres.

For å redusere røykutviklingen gjennom den tredje mekanismen må loddemidlet gjøres mindre surt (4).

Følgende er kjent om forbindelser fra loddemidler i lodderøyken:

Ved bruk av loddemidler som inneholder fluorborat frigis det blant annet hydrogenfluorid (HF) og bortrifluorid (BF<sub>3</sub>) i gassform under loddeprosessen. Dette skyldes at forbindelser som kaliumhydrogenfluorid og kaliumfluorborat dekomponerer ved henholdsvis 225 og 350 °C. Røyken inneholder også salter og oksider av fluor og bor (alkalief fluorborater, alkalief fluorider, kadmiumfluorid). Kjemisk karakterisering av røyken antyder partikler og aggregater av metalloksider med et ytre lag av metallfluorider. Årsaken antas å være reaksjoner i lodderøyken mellom metalloksider og hydrogenfluorid (4, 5).

## 5 Eksponering

Eksponeringen som håndverkeren utsettes for under lodding bestemmes grovt sett av følgende:

- 1)\* Konsentrasjon og sammensetning av lodderøyken.
- 2) Bruk av personlig verneutstyr.
- 3) Egen plassering i forhold til loddestedet.
- 4) Ventilasjon av loddestedet.
- 5) Arbeidets varighet.

\*Dette punktet er nærmere presisert i kapittel 4.

Den enkelte arbeidstaker vil til en viss grad ha innflytelse på de 3 første punktene. Punkt 4 og 5 vil arbeidstakeren vanligvis ha liten kontroll over.

Tabell 4 oppsummerer de viktigste komponentene i lodderøyken med hensyn på eksponering og helseeffekter under lavtemperatur hardlodding (5).

**Tabell 4** Lodderøyk fra kadmiumholdige tilsatsmaterialer og fluorboratholdige loddemidler. Hovedkomponenter med hensyn på helseeffekter.

Metaller, metalloksider	Salter	Gasser
Sink Kadmium Sølv	Fluorider Borater Fluorborater	Hydrogenfluorid Bortrifluorid Nitrose gasser Karbonmonoksid

## 6 Helseeffekter

Den mest påaktede helseeffekten av lodding er "metallfeber" som følge av eksponering for sink- og/eller kadmiumrøyk (6). Rapporterte tilfeller av "metallfeber" kan være mangelfulle med hensyn på hvilken total eksponering som arbeidstakeren har vært utsatt for. I referanse (2) går det fram at det som først ble diagnostisert som akutt lungeødem forårsaket av kadmiumoksidrøyk, ved nærmere undersøkelser viste seg å ha en mer kompleks årsak, blant annet kortvarig eksponering for nitrogen-dioksid i høye konsentrasjoner. Det er en stor svakhet i denne referansen at metode for bestemmelse av nitrogen-dioksid ikke er angitt.

Det ligger utenfor denne rapportens målsetning å vurdere rapporterte tilfeller av "metallfeber". Men det omtalte eksemplet gjør det naturlig å stille spørsmål ved om rapporterte tilfeller av "metallfeber" i enkelte tilfeller kan ha vært et resultat av en mer kompleks eksponering. I tabell 5 er det satt opp en forenklet oversikt over symptomer ved eksponering for kadmiumrøyk og nitrogen-dioksid. Av denne framgår det at iøynefallende symptomer er samsvarende (2).

**Tabell 5** Oversikt over skadevirkninger ved eksponering for kadmiumrøyk, nitrogendioksid og hydrogenfluoridgass-/partikler (2).

Skadevirkninger.	CdO - røyk	NO <sub>2</sub>	HF, F - part.
Kroniske	Nyreskader. Lungeskader (emfysem).	Irriterer øyne, nese, hals og lunger.  Lungeskader ved 5-20 ppm.	Irritasjon i luftveiene. Hoste, heshet og snue.
Akutte, tidlig	Tørr hals, hoste, tetthet i brystet, skjelving, hodepine, kvalme.	Tørr hals. Irriterte øyne, nese og hals. Tetthet i brystet. Hodepine.	Irriterte øyne, nese og hals. Hoste og snue.
Akutte, sent	Brystsmerter. Pustevansker. Eventuelt kollaps og lungeødem etter ca 4-8 timer. Bedring etter en uke.	Ingen symptomer etter 2-8 timer. Deretter: Lungeskader, brystmerter, utmattelse, pustevansker. Evtentuel lungeødem etter 8 - 48 timer.	Symptomer forsvinner raskt.
Ved svært høye konsentrasjoner.	Lungeødem. Eventuelt død.	Lungeødem. Eventuelt død. (100-200 ppm)	Utslett på huden. Lungeødem. Eventuelt død.

**Tabell 6** Administrative normer for forurensninger i arbeidsatmosfæren per 1994 for noen aktuelle forbindelser i lodderøyken.

Stoffnavn	ppm	mg/m <sup>3</sup>	anm
Bortrifluorid, (BF <sub>3</sub> )	1	3	T
Fluorider (beregnet som F)	-	0,6	
Hydrogenfluorid (HF)	0,8	0,6	
Kadmiumoksid (beregnet som Cd)	-	0,02	T
Nitrogendioksid (NO <sub>2</sub> )	2	3,6	T
Nitrogenoksid (NO)	25	30	
Sinkoksid	-	5	
Sølv, metallstøv og røyk	-	0,1	

Normene gjelder gjennomsnittet over en 8 timers arbeidsdag med unntak av de stoffene som er anmerket med en T, disse normene er takverdier. Dette betyr at normen aldri må overskrides; selv ikke i korte perioder.

## 7 Erfaringer i Skandinavia

I forbindelse med litteraturstudien i rapportens første del, ble det gjort henvendelser til våre naboland angående kjennskap til undersøkelser eller forsøk som er gjort med tanke på eksponeringsforholdene under hardlodding på rustfrie rør med flussmidler. Følgende institutter og bransjer ble kontaktet:

- Arbetsmiljöinstitutet i Solna, Sverige
- Arbejdsmiljøinstitutet i Danmark
- VVS-Branschens Yrkesnämnd i Sverige
- Svenska Byggnadsarbetareförbundet
- Arbetarskyddsstyrelsen i Sverige
- Landsorganisationens miljöavdelning i Sverige
- Yrkesmedicinska kliniken vid Karolinska sjukhuset i Sverige
- Blik- og Rørarbejderforbundet i Danmark
- Dansk VVS Installatør Forening
- FORCE Institutet i København

Ingen av de ovenfor nevnte hadde erfaring med eksponeringsforholdene under hardlodding på rustfrie rør med flussmiddel.

## 8 Konklusjoner

Lodderøyk er en meget varierende og kompleks matriks. Ved lavtemperatur hardlodding kan røyken inneholde metall og metalloksid. Sink og/eller kadmium utgjør hovedmengden av metallene. Partiklene er gjennomgående små, mindre enn 1 mikrometer.

I lodderøyken er det loddemidler og spaltningsprodukter. Ved bruk av fluor- og borholdige loddemidler inneholder røyken salter og oksider av fluor, bor og fluorborater. Det er også påvist partikler av metaller og oksider med et tynt lag metallfluorider på overflaten.

Typiske gasser i lodderøyk fra lavtemperatur hardlodding med loddemiddel som inneholder fluorborater, er hydrogenfluorid og bortrifluorid.

I loddeflammen kan det dannes betydelige mengder nitrøse gasser. Temperatur og sammensetning av gassblandingen har betydning for hvor store mengder som dannes. Det dannes også karbonmonoksid ved ufullstendige forbrenninger i loddeflammen.

**DEL II**

**PRAKTISKE FORSØK**

## **1 Beskrivelse av forsøkene**

De praktiske forsøkene ble utført på Statens arbeidsmiljøinstitutt i tidsrommet 7-10 februar 1994. Fra rørleggerfirmaet H. Hansen efft. A/S i Fredrikstad deltok Leif Skauen og Johny Hansen. Teknisk sjef i Castolin Norge A/S, Ben Odenkirchen, var tilstede mandag 7 og formiddagen tirsdag 8 februar, for å godkjenne dyktigheten til rørleggeren som utførte det praktiske arbeidet. Terje Nilsen, Steinar Messel, Hanne Line Daae og Per Sjøstrand fra Statens arbeidsmiljøinstitutt tilrettela forsøkene og var ansvarlige for prøvetakingen under forsøkene. Analysene ble delvis utført på Statens arbeidsmiljøinstitutt (nitrose gasser, karbonmonoksid, borholdige gasser, støv og grunnstoffer). Driftslaboratoriet ved Hydro Aluminium på Karmøy analyserte prøvene med hensyn på gassformig og partikulært fluor.

På grunnlag av målinger av hydrogenfluorid i lodderøyken med indikatorrør i innledende forsøk fant vi det nødvendig å benytte friskluftmaske i forsøkene. Nødvendig måleutstyr ble festet på utsiden av friskluftmaske, (appendix 6).

For å sammenligne røykutviklingen fra de forskjellige loddemidlene besluttet vi å sveiselodde (slaglodde) flere like arbeidstykker i rustfritt stål til en rustfri stålplate (bilde 1, appendix 6). Det ble loddet sammenhengende i 1/2 time, 2 ganger med hvert loddemiddel. Punktavsug ble plassert like over og litt bak vedkommende som loddet. På denne måten ble måleutstyret som var plassert på utsiden av friskluftmaska eksponert direkte for lodderøyken.

Det ble også simulert en arbeidssituasjon der det ble loddet på et T - rør oppe i et hjørne (bilde 2, appendix 6). I disse forsøkene plasserte vi et punktavsug 2 meter fra loddestedet slik at lodderøyken langsomt ble sugd bort fra loddestedet og vedkommende som loddet på T - røret. Dette arbeidet som vesentlig var en kapillærlodding, ble utført 1 gang med hvert loddemiddel. T - rørene var levert av Andersen & Ødegaard A/S.

Det ble loddet med acetylen/oksygen flamme. Gassblandingen var nøytral (hverken oksiderende eller reduserende flamme).

## **2 Loddemidler**

Følgende loddemidler ble testet:

- UTP: Flux AGF
- Castolin: ActivaTec 1000
- Relekta: Magna 64 Flux
- Esab: Meltolit 770
- K.A. Rasmussen: Kar fluss nr. 3

Produktdatablad for de fire første viste at de inneholdt opp til flere av følgende forbindelser: Alkalifluorborater, alkalifluorid, alkalihydrogenfluorid, alkaliborater, sinkklorid og alkaliklorider. Fra K.A. Rasmussen har vi ikke fått tilsendt produktdatablad. På produktemballasjen var det oppgitt at loddemidlet inneholdt samme type forbindelser som de øvrige 4 loddemidlene vi testet. Fra firmaet Thorshaug & Dejlighberg A/S fikk vi



dessverre tilsendt loddemiddel for sent til at det kunne bli med i testen.

### 3 Analysemetoder

Lodderøyk og gass ble samlet opp på filtre og impregnerte papplater ved hjelp av IOM kassetter og Casella pumper (2 l/min). Filtre og papplater ble analysert med hensyn på fluor på driftslaboratoriet ved Hydro Aluminium Karmøy (Sintanalyser) (7). På Statens arbeidsmiljøinstitutt ble filtre og til dels papplater analysert med hensyn på grunnstoffer (ICP - AES).

Nitrøse gasser ble samlet opp i absorpsjonsrør (SKC) ved hjelp av Sipin pumpe og analysert våtkjemisk etter NIOSH metode P&Cam 231.

Nitrogendioksid ble også analysert direkte med elektrokjemisk sensor (Metrosonic pm-7700). Karbonmonoksid ble analysert direkte med elektrokjemisk sensor (Compur monitox 4100 SD).

Konsentrasjonen av hydrogenfluorid og nitrogendioksid ble analysert direkte i lodderøyken med indikatorrør (Dräger).

### 4 Resultater

De direkte analysene med indikatorrør i lodderøyken viste at konsentrasjonen av hydrogenfluorid var i størrelsesorden 20 - 75 ppm. Appendix 1 viser resultatene av disse målingene.

Eksponeringsmålingene (utenfor friskluftmaske) under sveiselodding på metallstykke viste at konsentrasjonene av fluorholdige gasser var i området 4 - 64 mg F/m<sup>3</sup>. Parallell forsøk av samme loddemiddel viste til dels store variasjoner. Konsentrasjonene av partikulært fluor var i området 0,2-12 mg F/m<sup>3</sup>. Resultatene er vist i appendix 2 og 2A.

Appendix 3 og 3A viser resultatet av analysene av fluorforbindelser i lodderøyken fra eksponeringsmålingene under kapillærlodding på T - rør. Konsentrasjonen av fluorholdige gasser var i området 0,3-0,9 mg F/m<sup>3</sup>. Konsentrasjonene av partikulært fluor var i området 0,03-2,5 mg F/m<sup>3</sup>.

Konsentrasjonen av nitrogendioksid i lodderøyken var i størrelsesorden 1,3-4,4 ppm. Konsentrasjonen av nitrogenmonoksid varierte opptil 26 ppm. I Appendix 4 og 4A er resultatet av eksponeringsmålingene av nitrøse gasser (utenfor maske) vist under sveiselodding på metallstykke.

Appendix 5 og 5A inneholder resultatene av eksponeringsmålinger fra forsøket med kapillærlodding på T - rør. Eksponeringen (utenfor maske) for nitrogendioksid var i området 1,3-1,7 ppm og for nitrogenmonoksid 5,2 - 5,3 ppm.

Det ble målt opptil 40 ppm karbonmonoksid direkte i lodderøyken med elektrokjemisk sensor.

De fullstendige resultatene av grunnstoffanalysene er satt opp i appendix 7 - 11. Konsentrasjonen av totalstøv var opptil 27 mg/m<sup>3</sup> i lodderøyken. Den karakteriserte andelen var opptil 36 %. Konsentrasjonen av grunnstoffer i lodderøyken varierte innenfor følgende grenser:

**Tabell 7**

Metall	Konsentrasjon i mg/m <sup>3</sup>	Metall	Konsentrasjon i mg/m <sup>3</sup>
Ag	< 0,003 - 0,265	Sn	< 0,004 - 0,012
Cu	< 0,003 - 0,102	Na	< 0,004 - 0,0889
B	< 0,02 - 3,01	K	0,017 - 2,91
Zn	< 0,006 - 3,12	Ca	< 0,004 - 0,0742
Cd	< 0,0006 - 6,25		

Analysen av papplatene med hensyn på bor indikerer luftkonsentrasjoner < 0,05 mg/m<sup>3</sup> i lodderøyken.

## 5 Diskusjon

Målingene med indikatorrør i lodderøyken viste høye konsentrasjoner hydrogenfluorid. Vi har ikke funnet noen som kan levere indikatorrør for bortrifluorid. Vi kan heller ikke se at det er gjort tester på hvordan indikatorrørene for hydrogenfluorid reagerer på bortrifluorid. Dräger Norge A/S hadde ikke kjennskap til at slike tester var utført. Det kan derfor tenkes at både bortrifluorid og hydrogenfluorid har gitt utslag på disse målingene.

Filtrene som ble brukt til oppsamling av fluorholdige gasser er prøvd ut i aluminiumindustrien (7). Oppsamlingseffektiviteten var 99 % ved 0.3 mg F/m<sup>3</sup>. Det er usikkert hvor stor oppsamlingseffektiviteten er ved de høye konsentrasjonene som var i lodderøyken. Videre er det usikkert i hvor stor grad bortrifluorid absorberes i filtrene. Bortrifluorid er polar og vannløselig. Det er ikke usannsynlig at gassen absorberes på de impregnerte papplatene. I så tilfelle kan både hydrogenfluorid og bortrifluorid ha gitt utslag også på disse målingene. Analyser av 2 av papplatene med hensyn på bor viste lave verdier. Dette er en indikasjon på at fluor i gassform vesentlig foreligger som hydrogenfluorid og i mindre grad som bortrifluorid. Metoden er imidlertid for dårlig dokumentert til å kunne fastslå dette.

Kapillærloddingen på T - rør ble utført med et punktavsug plassert et stykke fra arbeidsstedet. Vi har ikke gjort kvantitative beregninger over hvor effektivt dette var. Vi

har heller ikke vurdert hvordan situasjonen er i praksis ute på en arbeidsplass. Det er mulig at konsentrasjoner av gasser og støv kan bygge seg opp og føre til at eksponeringen kan bli høyere under arbeid i f.eks. et tett rom uten ventilasjon.

De nitrøse gasser som dannes, skyldes sannsynligvis oksidasjon av luftens nitrogen nær loddeflammen. Gassblandingen og intensiteten i loddeprosessen vil påvirke temperaturen og dermed dannelsen av nitrøse gasser. I forsøkene la vi vekt på å bruke en nøytral flamme og å unngå overoppheting.

Analyse av karbonmonoksid ble ikke foretatt systematisk, men målingene indikerer at det under loddingen sannsynligvis har vært ufullstendig forbrenning av organisk materiale eller spalting av karbonater. Den mest sannsynlige årsaken til dannelsen av karbonmonoksid, er ufullstendig forbrenning.

I innledende forsøk la vi merke til at rørleggeren som gjorde de praktiske forsøkene trakk seg bort fra området like over loddestedet. Men han spurte tidlig om ikke avgassingene fra loddeprosessen måtte være for liten til at vi kunne påvise noe i målingene. Målingene med indikatorrør viste imidlertid så høye verdier at vi fant det nødvendig å bruke friskluftmaske under forsøkene. Dette viser en av farene ved å lodde med disse midlene: Det er vanskelig å registrere avgassingene visuelt. Det er bare når oppvarmingen skjer så raskt at gassene river med seg faste partikler fra loddemidlene og tilsatsmaterialet at lodderøyken blir synlig.

Under forsøkene steg lodderøyken rett opp i en smal stripe. Dette betyr at små endringer i arbeidsstilling kan ha hatt stor betydning for i hvor stor grad måleutstyret har blitt eksponert for gassene i lodderøyken. Dette kan forklare de til dels store forskjellene i gass- og partikkelkonsentrasjoner vi fant i parallelle forsøk. Forskjellene mellom parallelle forsøk med samme loddemiddel var like store som forskjellene vi fant mellom de ulike loddemidlene. En sammenligning av f.eks. to loddemidler i et enkelt forsøk kan derfor bli svært misvisende. For å hindre at resultatene kan misbrukes har vi derfor valgt å anonymisere loddemidlene og kalle dem A, B, C, D og E i diagrammene.

Rørleggeren som utførte forsøkene påpekte at det var noe forskjell på de praktiske vanskelighetene i forsøkene. Hvorvidt dette hadde sin årsak i loddemidlene eller loddeetradene lå utenfor dette prosjektets målsetning å undersøke.

Totalt viser forsøkene at risikoen for å bli eksponert for høye konsentrasjoner helsefarlige gasser er stor under lodding på rustfrie rør. Friskluftmaske gir god beskyttelse mot de farlige gassene. Punktavsug kan tenkes å gi god beskyttelse i gitte situasjoner. Man må da forsikre seg om at avsuget virkelig suger bort røyken slik at den som utfører loddingen ikke blir eksponert. En filtermaske kan muligens gi tilfredsstillende beskyttelse. Det forutsetter da at produsent eller leverandør kan gi garantier for at filteret absorberer gassene i de høye konsentrasjonene som er i lodderøyken. Kapasiteten på filteret må også garanteres.

Det er mulig at en erfaren håndverker som kjenner farene ved bruk av de undersøkte loddemidlene, kan utføre enkelte arbeider uten verneutstyr og uten å bli eksponert for lodderøyken. Det er sannsynligvis på denne måten de fleste som ikke har fått helseskader

har jobbet. Generelt viser forsøkene at den som lodder på rustfrie rør med fluorholdige loddemidler uten verneutstyr risikerer å pådra seg helseskader. For en som ikke kjenner farene er risikoen meget stor.

Masseforholdet mellom bor og kalium i støvprøvene varierte mellom 0,9 og 3,0 og siden forholdet mellom bor og kalium i kaliumfluorborat er 3,6, indikerer dette at forholdet mellom mengden bor som ryker av og mengden som blir igjen som boroksid på loddestedet kan variere betydelig.

## 6 Tilleggs kommentarer

Statens arbeidsmiljøinstitutt arbeider for å bedre arbeidsmiljøet og å forebygge helseskader. I denne sammenheng har vi på eget initiativ foretatt flere rutineanalyser av prøvene som ble tatt i forsøkene med ulike loddemidler. Et par av resultatene har vi funnet det viktig å kommentere.

### Sølv i lodderøyken:

I litteraturundersøkelsen (kapittel 4, "Lodderøyk") fant vi referanser som viste at 98 - 99 % av metallene i lodderøyken fra søvlodding var sink og- eller kadmium. 1 - 2 % var sølv og andre metaller. Våre analyser viste at 0,5 - 6 % av metallene i lodderøyken var sølv. De høyeste konsentrasjoner som ble påvist i lodderøyken var 2 - 3 ganger høyere enn den administrative normen for sølv (se tabell 6 side 8 og tabell 7 side 12).

### Kadmium i lodderøyken:

Analysene viste at lodderøyken i enkelte forsøk inneholdt særdeles store mengder kadmium. Konsentrasjonen av kadmium i lodderøyken var opptil 300 ganger høyere enn den administrative normen for kadmium (se tabell 6 side 8 og tabell 7 side 12). Årsaken til dette var kadmium i et av tilsatsmaterialene, Magna 64 F. I følge håndbok fra importøren Relekta A/S, skal dette søvloddet være kadmiumfritt. Vi analyserte derfor dette søvloddet med hensyn på metallinnhold. Det viste seg å inneholde 16,4 vekt % kadmium.

Hovedkonklusjonen på metallanalysene er at kadmium i lodderøyken kan innebære en alvorlig helserisiko. Også konsentrasjonen av sølv i lodderøyken kan komme opp i konsentrasjoner høyere enn den administrative norm. Det er lite sannsynlig at risikoen er begrenset til lodding på bestemte materialer eller til bestemte loddemidler. Det avgjørende er tilsatsmaterialets sammensetning og faktorer som ellers er omtalt i kapittel 4, "Lodderøyk" og kapittel 5, "Eksposering". Dersom bruken av kadmiumholdig tilsatsmateriale er utbredt blant rørleggere, kan dette representere en betydelig helserisiko innen yrkesgruppen.

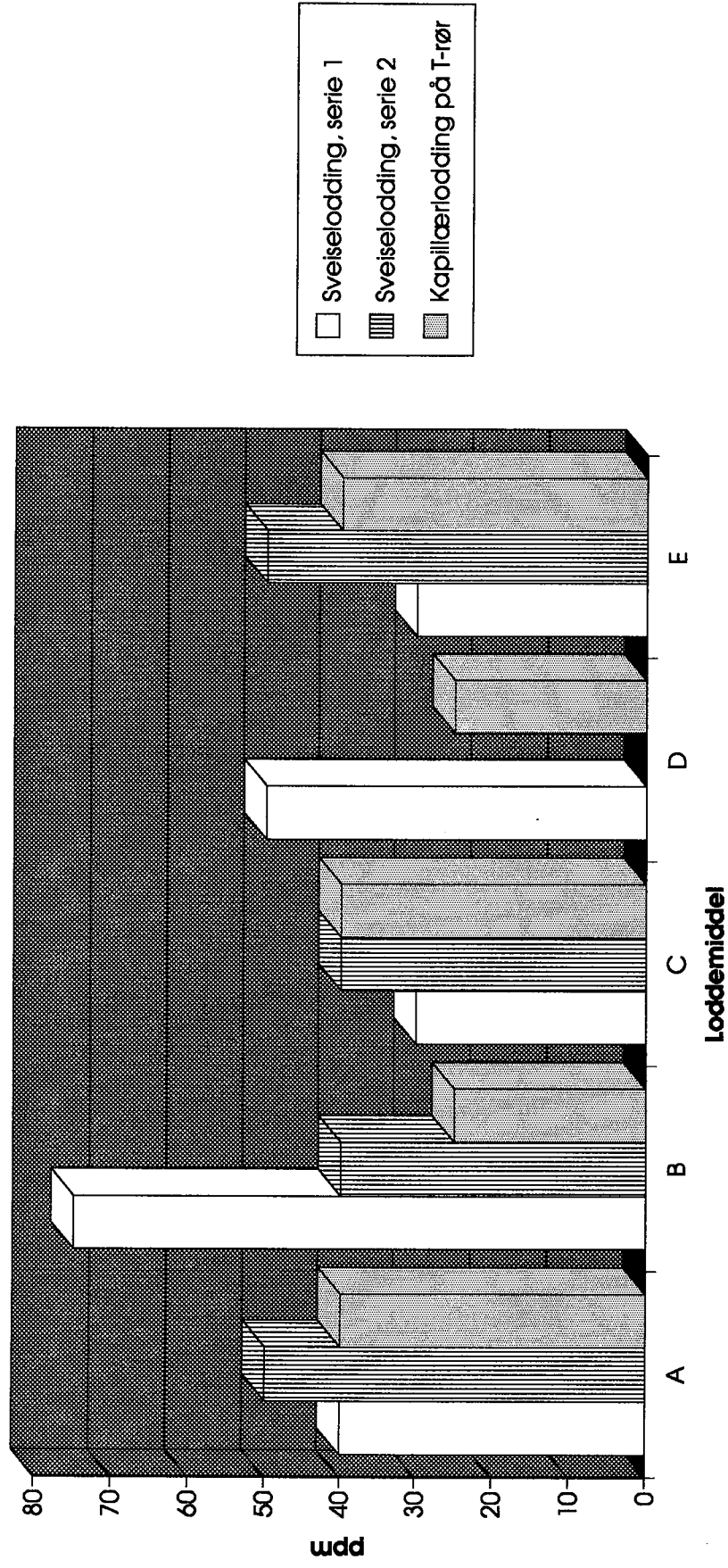
Importøren av Magna 64 F (som viste seg å inneholde 16,4 % kadmium selv om det var garantert fritt for kadmium) har på forespørsel til produsenten fått bekreftet at dette tilsatsmaterialet inneholdt kadmium. I følge produsenten, Magna Industrial Co., var tilsatsmaterialet produsert for en leverandør i Indonesia og ved en feiltakelse sendt til Relekta i Norge. Betegnelsen på tilsatsmaterialet var i begge forsendelsene Magna 64 F. Dette må betraktes som en svakhet i kvalitetssikringen av produktene.

## REFERANSER

- 1 Heathcote LA; Fumes produced during brazing; Health and Safety at Work, 1981.
- 2 Mangold CA and Beckett RR.; Combined Occupational Exposure of Silver Brazers to Cadmium Oxide, Nitrogen Dioxide and Fluorides at a Naval Shipyard.; Am. In. Hyg. Ass. J. (1971) 32 (2) 115-18.
- 3 Zimmermann KF; Die neuen "Technischen Regeln für Gefahrstoffe" erschieren die Verwendung cadmiumhaltiger Hartlote.; Schweissen und Schneiden (1990) 42 (10) 520-22
- 4 Thorne BD and Hewitt PJ; Generation of Cadmium Fume from Alloy Surfaces.; Ann. Occup. Hyg. (1985) 29 (2) 181-89.
- 5 Thorne BD and Hewitt PJ; Chemical Composition and Particle Morphology of Brazing Fume from Cadmium Brazing Alloy and Fluoroborate Flux.; Ann. Occup. Hyg. (1988) 32 (4) 489-97.
- 6 Sue Johnson J and Kilburn KH; Cadmium Induced Metal Fume Fever: Results of Inhalation Challenge.; Am. J. Ind. Med. (1983) 4 (4) 533-40.
- 7 Bjørge R, Johansen Ø og Thomassen Y (1987): Prøvetaking av HF og SO<sub>2</sub> i hallatmosfære i Al - industrien. Testing av gassfiltre. Statens forskningscenter for arbeidsmedisin og yrkeshygiene. HD 970/87 FOU.

# **VEDLEGG KURVER OG TABELLER**

### HF-målinger med indikatorrør direkte i lodderøyk



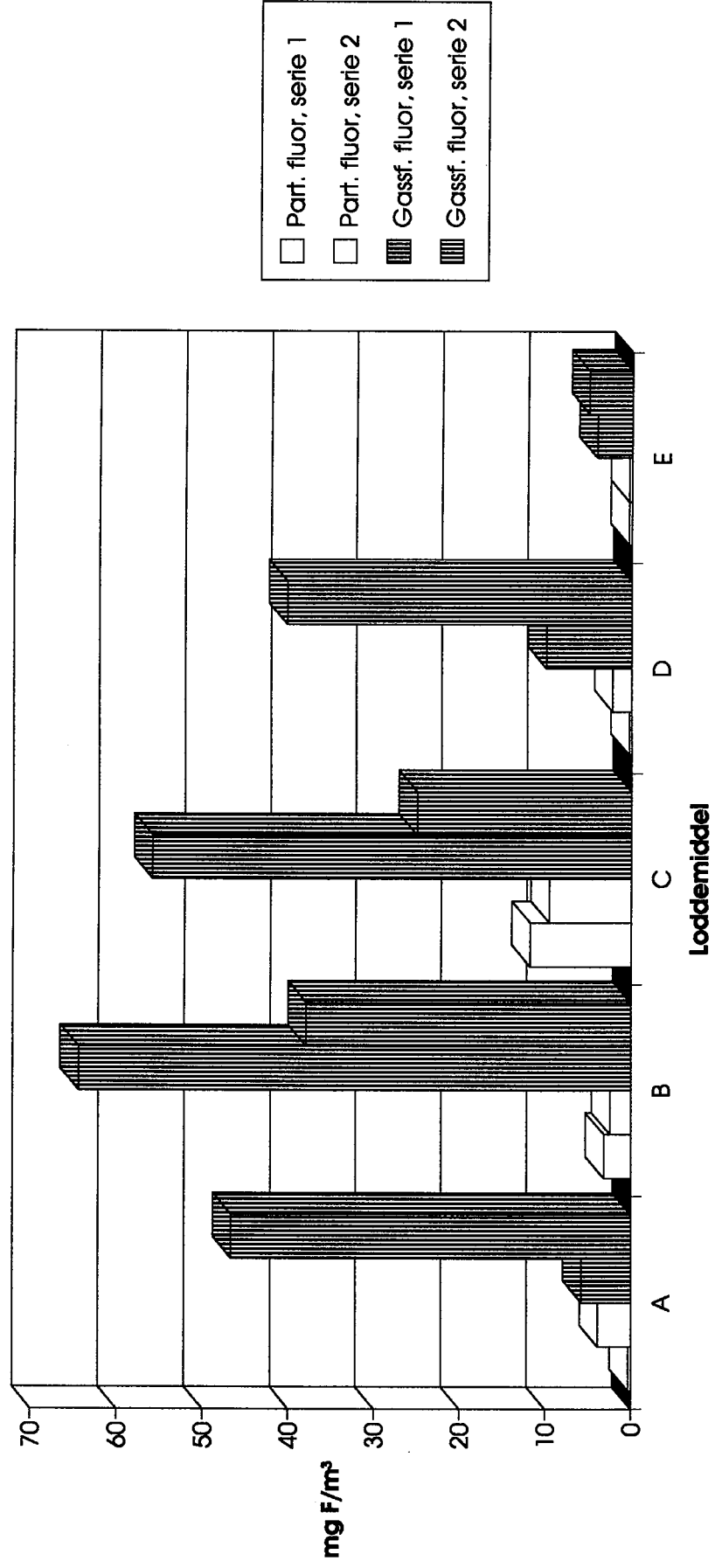
## Appendix 1A

Tabellen viser dataene for HF - målinger med indikatorrør målt direkte i lodderøyken.

LODDEMIDDEL	TYPE LODDING	PPM HF
A	Sveiselodding, serie 1	40
	Sveiselodding, serie 2	50
	Kapillærlodding på T-rør	40
B	Sveiselodding, serie 1	75
	Sveiselodding, serie 2	40
	Kapillærlodding på T-rør	25
C	Sveiselodding, serie 1	30
	Sveiselodding, serie 2	40
	Kapillærlodding på T-rør	40
D	Sveiselodding, serie 1	50
	Sveiselodding, serie 2	
	Kapillærlodding på T-rør	25
E	Sveiselodding, serie 1	30
	Sveiselodding, serie 2	50
	Kapillærlodding på T-rør	40



### Sveiselodding på metalstykke

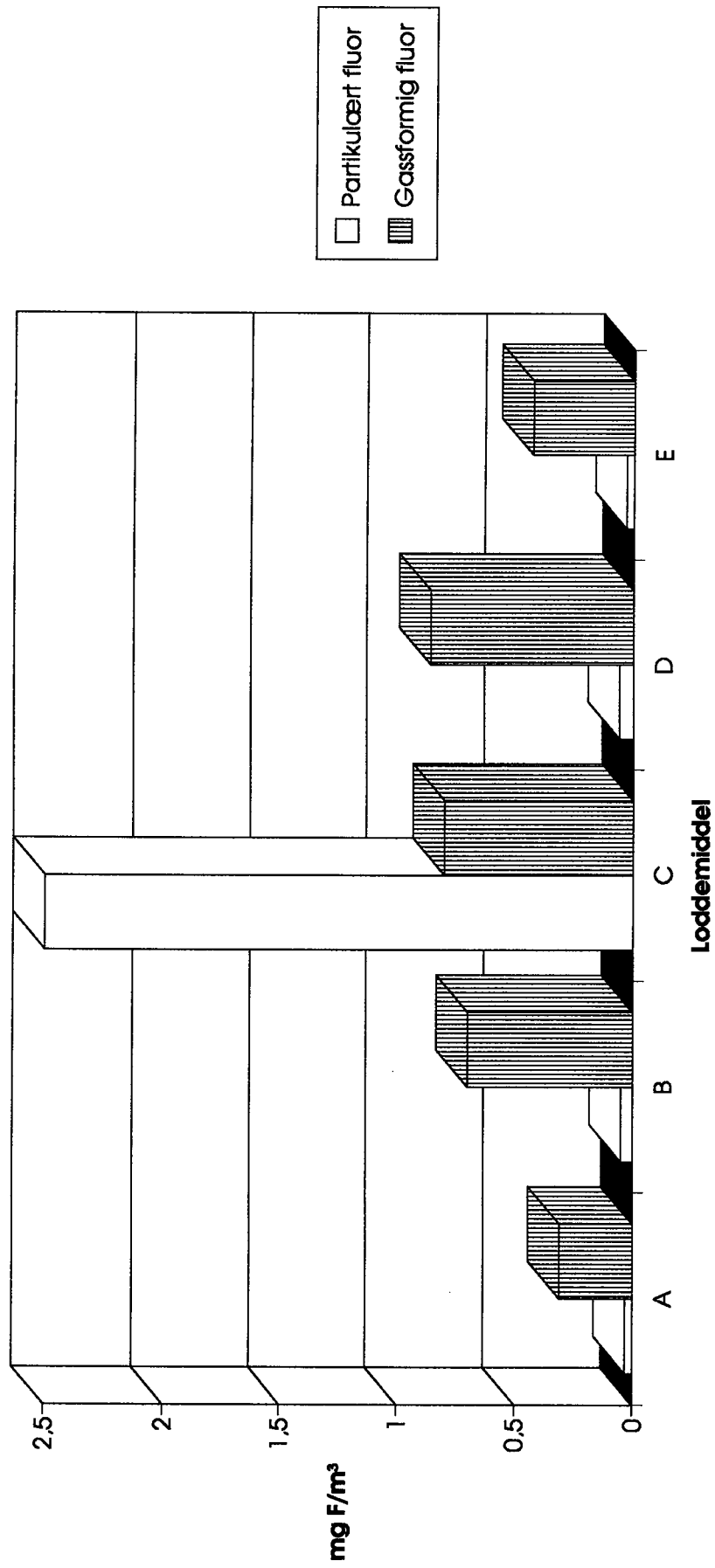


## Appendix 2A

Tabellen viser resultatene av eksponeringsmålingene med hensyn på fluor målt ved sveiselodding på metallstykke.

Loddemiddel	Partikulært fluor, mg F/m <sup>3</sup>	Gassformig fluor, mg F/m <sup>3</sup>
A serie 1	0,30	5,75
A serie 2	3,82	46,7
B serie 1	3,14	64,4
B serie 2	2,41	37,9
C serie 1	11,8	55,9
C serie 2	9,57	25,0
D serie 1	0,23	9,98
D serie 2	2,18	40,2
E serie 1	0,30	4,04
E serie 2	0,31	5,01

### Kapillærledning på T-rør



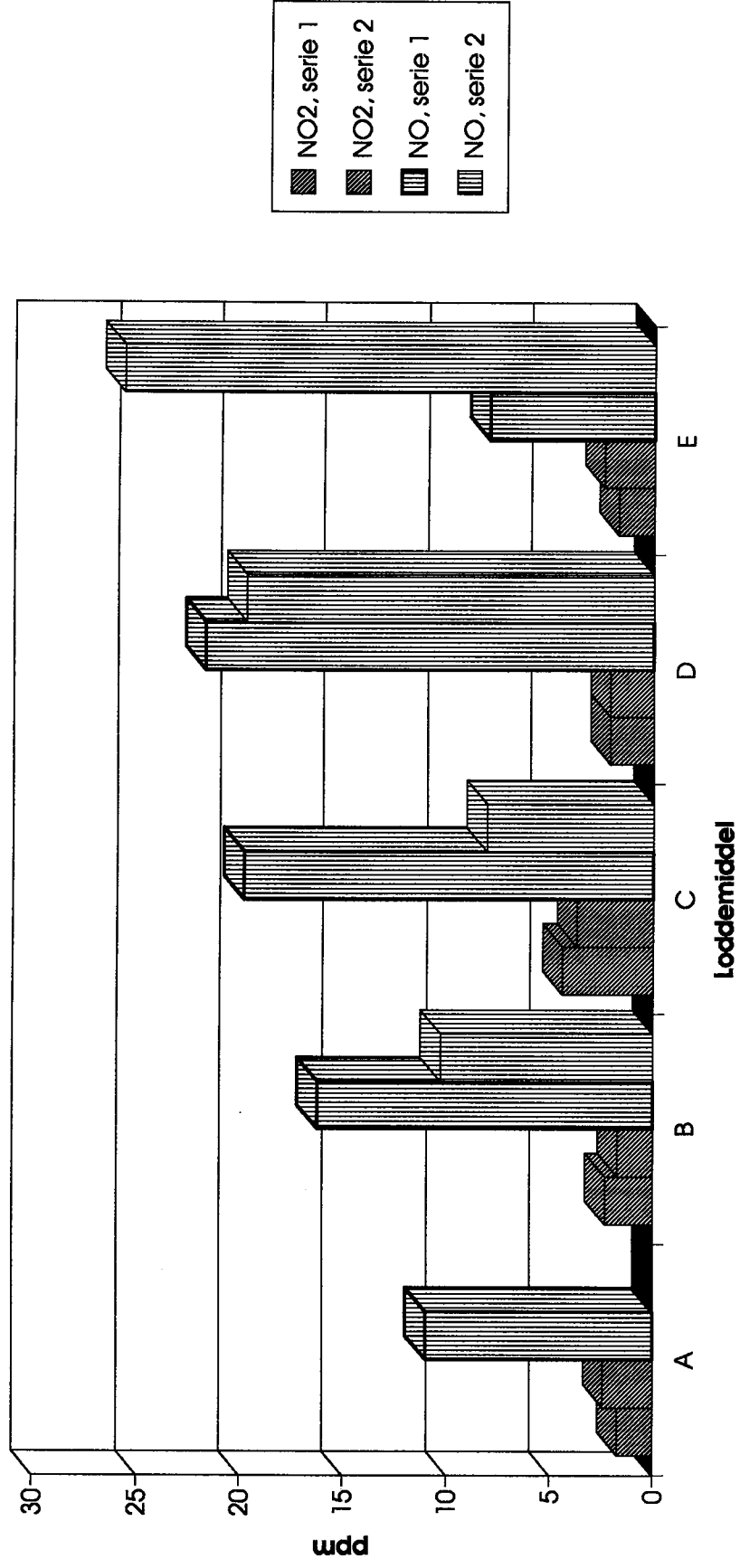
Appendix 3A

Tabellen viser resultatene av eksponeringsmålingene med hensyn på fluor ved kapillærledning på T- rør.

Loddemiddel	Partikulært fluor, mg F/m <sup>3</sup>	Gassformig fluor, mg F/m <sup>3</sup>
A	0,03	0,31
B	0,05	0,70
C	2,50	0,80
D	0,06	0,86
E	0,03	0,43

Appendix 4

Sveiselodding på metallstykke

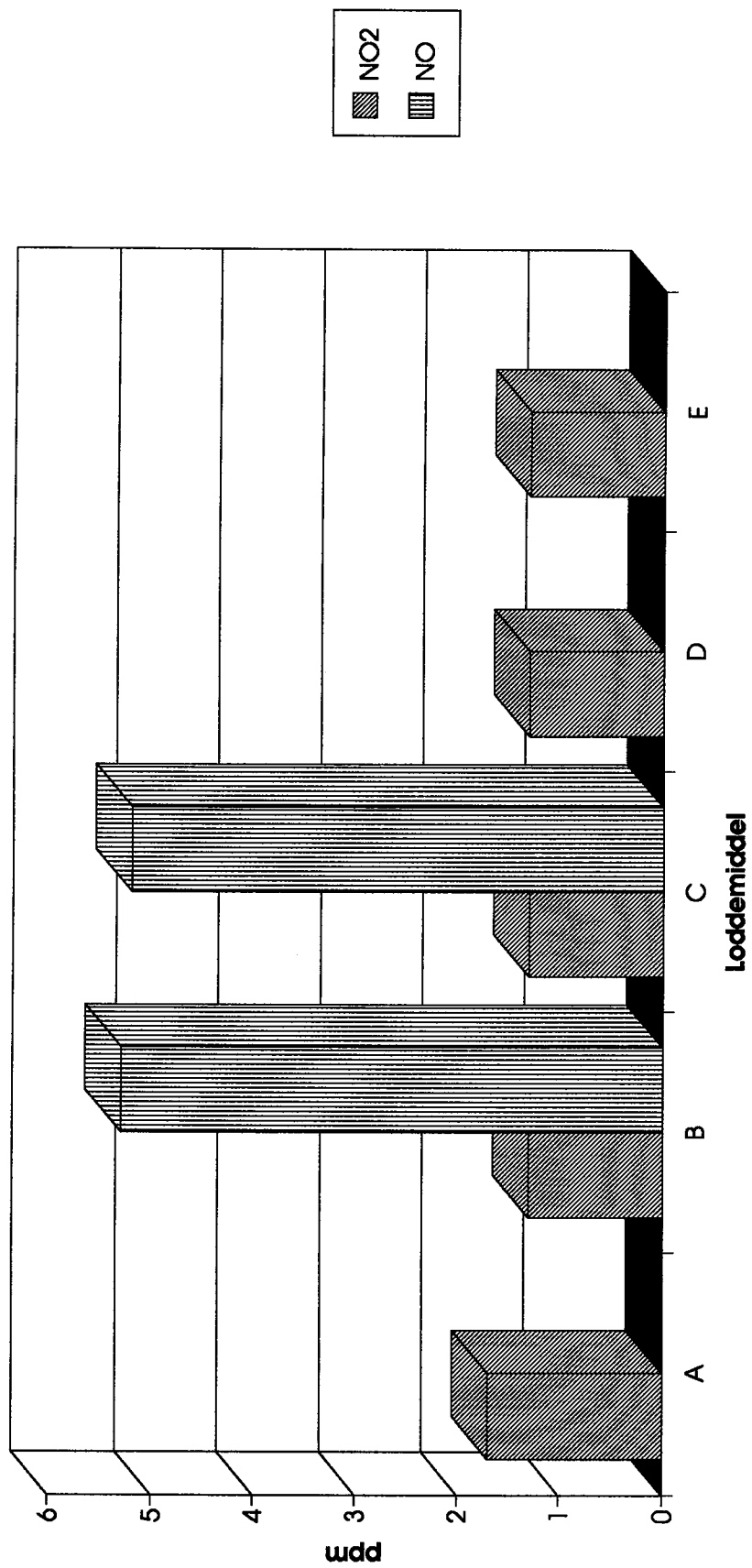


## Appendix 4A

Tabellen viser resultatene av eksponeringsmålingene med hensyn på NO<sub>2</sub> og NO målt ved sveiselodding på metallstykke.

Loddemiddel	ppm NO <sub>2</sub>	ppm NO
A serie 1	1,7	11,0
A serie 2	2,4	
B serie 1	2,3	16,2
B serie 2	1,7	10,3
C serie 1	4,4	19,8
C serie 2	3,7	8,1
D serie 1	2,1	21,7
D serie 2	2,1	19,7
E serie 1	1,7	8,0
E serie 2	2,4	25,7

### Kapillærlodding på T-rør



Tabellen viser resultatene av eksponeringsmålingene med hensyn på NO<sub>2</sub> og NO målt ved kapillærlodding på T - rør.

Loddemiddel	ppm NO <sub>2</sub>	ppm NO
A	1,7	
B	1,3	5,3
C	1,3	5,2
D	1,3	
E	1,3	



Appendix 6

**BILDE 1**



Sveiselodding på rustfritt stål.  
Rørlegger med friskluftmaske og måleutstyr.

**BILDE 2**



Simulert arbeidssituasjon.  
Kapillærlodding på T-rør.  
Rørlegger med friskluftmaske og måleutstyr.

## Appendix 7

Tabellen viser resultatene av eksponeringsmålingene med hensyn på grunnstoffer ved sveiselodding på metallstykke og ved kapillærlodding på T - rør.

Loddemiddel/ type lodding	Grunnstoffkonsentrasjon mg/m <sup>3</sup>											Luftvolum m <sup>3</sup>			
	Ag	B	Ca	Cd	Cr	Cu	K	Na	Pb	Sn	Zn				
<b>A serie 1</b>															
Sveiselodding på metallstykke	0,103	0,370	0,014	0,0039	<0,002	0,0320	0,474	0,004	<0,002	0,004	<0,002	0,004	0,702	0,050	
<b>A serie 2</b>															
Sveiselodding på metallstykke	0,105	0,968	<0,002	0,0115	<0,002	0,0463	0,830	0,01	<0,002	0,009	<0,002	0,009	1,44	0,051	
<b>A</b>															
Kapillærlodding på T - rør	<0,003	<0,02	0,0387	0,001	0,005	<0,003	0,017	0,005	<0,003	0,003	<0,003	0,003	0,01	0,038	

## Appendix 8

Tabellen viser resultatene av eksponeringsmålingene med hensyn på grunnstoffer ved sveiselodding på metallstykke og ved kapillærlodding på T - rør.

Loddemiddel/ type lodding	Grunnstoffkonsentrasjon mg/m <sup>3</sup>											Luftvolum m <sup>3</sup>
	Ag	B	Ca	Cd	Cr	Cu	K	Na	Pb	Sn	Zn	
<b>B serie 1</b> Sveiselodding på metallstykke	0,0495	0,439	<0,002	0,001	<0,002	0,015	0,560	<0,002	<0,002	<0,002	0,435	0,049
<b>B serie 2</b> Sveiselodding på metallstykke	0,265	3,01	0,0263	0,0216	<0,002	0,102	2,91	0,0889	<0,002	0,012	3,12	0,055
<b>B</b> Kapillærlodding på T - rør	0,003	0,02	<0,003	<0,0006	<0,003	<0,003	0,0508	0,020	<0,003	<0,003	0,02	0,043

## Appendix 9

Tabellen viser resultatene av eksponeringsmålingene med hensyn på grunnstoffer ved sveiselodding på metallstykke og ved kapillærlodding på T - rør.

Loddemiddel/ type lodding	Grunnstoffkonsentrasjon mg/m <sup>3</sup>											Luftvolum m <sup>3</sup>				
	Ag	B	Ca	Cd	Cr	Cu	K	Na	Pb	Sn	Zn					
<b>C serie 1</b>																
Sveiselodding på metallstykke	0,020	1,60	<0,002	3,87	<0,002	0,013	1,03	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,945	0,050
<b>C serie 2</b>																
Sveiselodding på metallstykke	0,0278	1,97	<0,002	6,25	<0,002	0,0258	0,620	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	1,54	0,058
<b>C</b>																
Kapillærlodding på T - rør	<0,003	0,07	<0,003	0,0733	<0,003	<0,003	0,209	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,0439	0,042

## Appendix 10

Tabellen viser resultatene av eksponeringsmålingene med hensyn på grunnstoffer ved sveiselodding på metallstykke og ved kapillærlodding på T - rør.

Loddemiddel/ type lodding	Grunnstoffkonsentrasjon mg/m <sup>3</sup>											Luftvolum m <sup>3</sup>
	Ag	B	Ca	Cd	Cr	Cu	K	Na	Pb	Sn	Zn	
<b>D serie 1</b> Sveiselodding på metallstykke	0,011	0,647	<0,002	0,0231	0,006	0,003	0,773	<0,002	<0,002	0,002	0,628	0,074
<b>D serie 2</b> Sveiselodding på metallstykke	0,01	0,396	<0,002	0,0229	<0,002	0,007	0,426	<0,002	<0,002	<0,002	0,577	0,054
<b>D</b> Kapillærlodding på T - rør	<0,004	<0,02	<0,004	0,0163	<0,004	<0,004	0,020	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	0,034

## Appendix 11

Tabellen viser resultatene av eksponeringsmålingene med hensyn på grunnstoffer ved sveiselodding på metallstykke og ved kapillærlodding på T - rør.

Loddemiddel/ type lodding	Grunnstoffkonsentrasjon mg/m <sup>3</sup>											Luftvolum m <sup>3</sup>				
	Ag	B	Ca	Cd	Cr	Cu	K	Na	Pb	Sn	Zn					
<b>E serie 1</b>																
Sveiselodding på metallstykke	0,0547	0,554	0,024	0,0041	<0,002	0,015	0,850	0,0304	<0,002	0,003	0,717					0,050
<b>E serie 2</b>																
Sveiselodding på metallstykke	0,019	0,241	0,0742	0,0429	<0,002	0,005	0,448	0,013	<0,002	<0,002	0,706					0,060
<b>E</b>																
Kapillærlodding på T - rør	<0,004	<0,02	<0,004	0,0008	<0,004	<0,004	0,025	<0,004	<0,004	<0,004	<0,006					0,032