

# Vilka luftföroreningar förekommer vid gaslödning av rör och i hur höga halter?

---

*Ann-Beth Antonsson Bengt Christensson, Willem Duis & Bo Sahlberg*

**Författare:** Ann-Beth Antonsson Bengt Christensson, Willem Duis, Bo Sahlberg

**Medel från:** AFA Försäkring

**Rapportnummer:** B 2225

**Upplaga:** Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2015

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90

[www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

## Innehållsförteckning

|  |    |
|--|----|
| Sammanfattning .....   | 4  |
| Summary .....  | 5  |
| 1 Bakgrund .....   | 6  |
| 1.1 Om riskerna för höga koloxidhalter vid gassvetsning .....                              | 6  |
| 2 Mål .....  | 6  |
| 3 Om lödning .....   | 7  |
| 3.1 När och var förekommer lödning? .....  | 7  |
| 3.2 Alternativa fogningsmetoder ersätter lödning .....                                     | 8  |
| 3.3 Metoderna för lödning har förändrats .....   | 8  |
| 3.4 Luftföroreningar vid lödning av rör .....  | 8  |
| 3.5 Om skyddsåtgärder vid lödning .....  | 9  |
| 4 Metoder .....  | 10 |
| 5 Resultat .....   | 10 |
| 5.1 Kontrollerade försök .....   | 10 |
| 5.1.1 Uppmätta halter av koloxid, kvävedioxid, kväveoxid och koldioxid .....               | 11 |
| 5.1.2 Bildad mängd koloxid .....   | 13 |
| 5.1.3 Uppmätta halter av metaller, fosforpentoxid och svaveldioxid .....                   | 13 |
| 5.2 Temperaturens betydelse för termiskt sönderfall av plaster .....                       | 15 |
| 5.3 Mätningar på arbetsplats .....   | 15 |
| 5.3.1. Beskrivning av arbetsplatsen där mätningen utfördes 2014-08-20 och 2014-08-21 ..... | 15 |
| 5.3.2. Beskrivning av arbetsplatsen där mätningen utfördes 2014-11-17 och 2014-11-18 ..... | 16 |
| 5.3.3. Uppmätta halter av koloxid och kvävedioxid .....                                    | 16 |
| 5.3.4 Uppmätta halter av metaller .....  | 20 |
| 6 Diskussion .....   | 21 |
| 7 Slutsatser .....   | 22 |
| Referenser .....   | 22 |
| Bilaga 1. Intervju om förhållanden vid lödning i rör .....                                 | 24 |
| Bilaga 2. Mätmetoder .....   | 26 |
| Mätpunkter .....   | 26 |
| Koloxid  |    |
| Koldioxid .....  | 26 |
| Kväveoxider .....  | 27 |
| Fosforpentoxid .....   | 27 |
| Metaller .....   | 27 |
| Temperatur .....   | 27 |

## Sammanfattning

Vid hårdlödning med acetylgas bildas koloxid men även andra luftföroreningar. Mätningar har gjorts på tillfälliga arbetsplatser för att kartlägga halterna av de ämnen som bildas vid lödning av rör. Resultatet av mätningarna visar att inga uppmätta halter har överskridit gällande gränsvärden för kolmonoxid, kvävedioxid, svaveldioxid, koppar, silver eller fosforpentoxid.

Högst halter förekom i ett trångt och oventilerat utrymme. Om lödning måste göras i ett sådant utrymme är det viktigt att vidta åtgärder, så att den som löder inte utsätts för koloxidhalter över gällande korttidsvärde. Exempelvis bör lödning i oventilerat utrymme på 10 m<sup>3</sup> inte göras under mer än 15 minuter.

Förhöjda halter kan eventuellt också förekomma vid arbete under tak, om många fogar ska lödas och lödrök kan ligga kvar under taket och inte ventileras bort tillräckligt effektivt.

I dessa situationer behöver åtgärder vidtas för att minska exponeringen för lödrök. En effektiv åtgärd är att använda pressfogning (eller klämfogning) för att sammanfoga rör istället för att löda samman fogarna. Med denna teknik krävs ingen upphettning och det bildas ingen lödrök. Dessa fogningsmetoder har blivit allt vanligare under senare år. Andra tänkbara åtgärder är att förbättra ventilationen och att organisera arbetet så att ingen behöver arbeta med lödning under stor del av arbetsdagen. Gasvarnare som varnar för höga halter koloxid kan användas. Användning av andningsskydd med partikelfilter (P3) är en annan tänkbar åtgärd, men för att andningsskydd ska skydda också mot koloxid krävs tryckluftsmatat andningsskydd.

## Summary

### **What air contaminants are generated from brazing with acetylene and in what concentrations?**

Carbon monoxide and other air contaminants are generated during brazing with acetylene gas. Measurements have been made at temporary workplaces aiming at evaluating what concentrations of air contaminants that may occur during brazing of pipes. None of the measurements showed concentrations exceeding the Swedish threshold limit values, neither the daily average level limit values nor the short term values (15 minutes) for carbon monoxide, nitrogen dioxide, sulphur dioxide, copper, silver and phosphor pentoxide.

The highest concentrations were found in a small and poorly ventilated space. If brazing has to be done in such an environment it is important to undertake control measures to reduce the risk of exposures to carbon monoxide exceeding the short term values. As an example, brazing in an unventilated space of 10 m<sup>3</sup> should be restricted to at the most 15 minutes.

Increased concentrations may also occur during brazing of many joints in pipes under a ceiling, and if the room is poorly ventilated and brazing fumes accumulate under the ceiling and is not evacuated effectively enough.

In these situations control measures are needed to reduce the exposure to brazing fumes. One effective measure is to use other methods for joining the pipes, e.g. joining the pipes mechanically, applying pressure or squeezing. These techniques do not require any heating and no brazing fume is generated. These joining techniques have grown more common lately. Another possible measure is to improve ventilation, e.g. through using portable fans in combination with organizing the work in such a way that no one has to work with brazing operations during the conditions described above for a large part of the working day. Gas detectors can be used to warn in case of high concentrations of carbon monoxide. Use of respiratory protection with particle filter is another option, but particle filters do not protect against carbon monoxide. To obtain sufficient protection towards exposure to carbon monoxide, supplied air respirator is needed.

## 1 Bakgrund

Nyligen har arbetsmiljön i VVS-branschen uppmärksammats, bland annat efter ett dödsfall och två allvarliga olycksfall i samband med gassvetsning och avluftning av fjärrvärmerör. Olyckorna berodde på inandning av höga halter koloxid (kolmonoxid, CO) som ansamlats i rören under och efter svetsning. Frågan är om det finns liknande risker vid lödning, där en liknande metodik används (förbränning av acetylengas för upphettning och smältning av lodet).

I samband med mätningarna på fjärrvärmerör utförde IVL även en kort mätning (cirka 10 minuter) på koloxid vid lödning av fyra fogar på ett kopparrör. Mätningen visade att koloxid bildas inuti röret också vid lödning av kopparledning, som är ett vanligt arbetsmoment vid husbyggnation. IVL har därför i samråd med VVS-företagen och Byggnadsarbetareförbundet ansökt om anslag från AFA Försäkring för att undersöka hur höga halter av koloxid som kan förekomma vid lödning av rör och bedöma risken för de anställda som arbetar med lödning.

Detta projekt har initierats för att undersöka om det finns några risker med koloxid vid lödning av vattenledningsrör. I samband med de mätningar som genomförts inom projektet har vi även mätt halterna av andra luftföroreningar som kan förekomma vid lödning.

### 1.1 Om riskerna för höga koloxidhalter vid gassvetsning

På uppdrag av VVS Företagen och Svensk Fjärrvärme utredde IVL koloxidbildningen vid gassvetsning av rör (Christensson. B. 2010). Koloxid bildas när acetylen förbränns i samband med gassvetsning. Koloxiden spreds till arbetsmiljön när fjärrvärmerören avluftades inför driftsättning av fjärrvärmen och de som vistades i de slutna utrymmen i vilka avluften släpptes ut, utsattes för höga och i några fall livsfarligt höga halter av koloxid. Risken vid avluftning av fjärrvärmerör var inte känd sedan tidigare.

Den koloxid som bildas vid svetsning reagerar i vanliga fall med luftens syre och bildar då koldioxid. Inandning av koldioxid innebär inte samma allvarliga risk för kvävning som koloxid. Vid gassvetsning i fjärrvärmerör ansamlas en del av koloxiden inuti röret där tillgången till syre är begränsad. En del av den koloxid som finns i röret reagerar med syret och omvandlas till koldioxid. Resterande koloxid finns kvar och utgör en hälsorisk om den kommer ut i arbetsmiljön. Hur mycket koloxid som finns kvar i röret efter svetsning beror på omfattningen av svetsning och tillgången till syre i röret. Om tillgången på syre är god, reagerar merparten av koloxiden med syret och bildar koldioxid.

## 2 Mål

Projektets mål är att:

- Bedöma montörers exponering för koloxid och eventuella andra luftföroreningar vid hårdlödning av rör på tillfälliga arbetsplatser
- Identifiera vilka arbetsmoment som innebär sådana risker att åtgärder krävs.

### 3 Om lödning

Lödning innebär att metallföremål sammanfogas med hjälp av en metall som smälts och appliceras så att den bildar en tät fog mellan två metallytor. Som jämförelse kan nämnas att svetsning innebär att metaller fogas samman genom att själva metallerna upphettas så mycket att de smälter samman. Vid svetsning används inget lod.

Det finns många olika typer av lödning. I denna rapport behandlar vi vad som brukar kallas hårdlödning. Vid hårdlödning upphettas lodet till över 450 °C, men under smälttemperaturen för de metaller som ska sammanfogas. Vid hårdlödning på tillfälliga arbetsplatser, använder man sig ofta av förbränning av acetylengas, för att uppnå önskad temperatur, se bild 1 och 2.

De munstycken som används vid gaslödning har ett flöde på 300 - 800 liter gas per timme. Det är förbränningen av denna gas som vid syreunderskott kan ge upphov till koloxid.

Lödning av rör kan göras på olika sätt, dels med hjälp av en hylsa, då hylsans båda ändar löds för att tätas mot röret vilket innebär att det blir två lödfogar per skarv, dels genom att löda ihop rören med en enda lödfog vid skarven. Användning av hylsa fördubblar alltså lödarbetet. Lödning av en fog tar från cirka 40 sekunder upp till cirka 6 minuter. Klena rör går snabbt, medan grövre rör tar längre tid. Efter lödning ska rören driftsättas. Ingen av de intervjuade hade någon särskild rutin för att undvika att få ut eventuella lödrök och -gaser från ledningarna ut i arbetsmiljön.



Bild 1. Utrustning för lödning av kopparrör



Bild 2. Lödning vid arbetsbänk

#### 3.1 När och var förekommer lödning?

Lödning av vattenledningsrör och gasledningar förekommer både i samband med nybyggnation och vid ROT-arbeten. De rör som man oftast löder, har en diameter på cirka 22-28 mm, men det förekommer även klenare och grövre rör, från 15 till 54 och ibland även 76 mm, se bild 1 och 2.

Exempel på miljöer och applikationer där lödning fortfarande förekommer är:

- Sjukhus
- Nybyggnation
- Fjärrvärmeinstallationer i bostadshus

## 3.2 Alternativa fogningsmetoder ersätter lödning

Trenden under senare år har varit att ersätta lödning med pressfogning. Även klämfogning förekommer men är inte lika vanligt som pressfogning. Flera av de intervjuade anger att det löds betydligt mindre numera och att man ersatt mycket av lödningen med pressning. En respondent uppger att för tio år sedan löddes nästan allt. Nu uppger flera respondenter att lödning sker sällan, kanske bara någon gång i månaden.

Fördelar med övergången till pressfogning är bland annat att man slipper lödbruk och att man kan arbeta intill brännbart material utan att behöva riskera brand och utan att stänga av brandlarmet.

Två respondenter uppgav i intervjuer att de fortfarande löder mycket och det handlar då om speciella applikationer till exempel ledningar för medicinsk gas på sjukhus. De miljöer där det kan förekomma mycket lödning (många skarvar som ska lödas) är bland annat:

- Pannrum
- Fläktrum
- Apparatur (korta sträckor med många böjar, kan finnas värmeväxlare, kylaggregat och fläktsystem)
- Värmecentraler och undercentraler till exempel för fjärrvärme
- Teknikrum
- I kulvertar kan det finnas långa sträckor med rör.
- Kompressorrum för fjärrvärme och kyla

## 3.3 Metoderna för lödning har förändrats

Under de senaste decennierna har både lod och flussmedel förändrats. Några av de viktigaste förändringarna är:

- Kadmium används inte längre i lod. Kadmium har förbjudits i de flesta applikationer där det användes tidigare och får inte längre importeras till Sverige.
- Bly har tidigare använts i lod. Genom EU:s RoHS-direktiv har bly förbjudits på grund av dess giftighet och lod ska därför vara blyfria.
- Flussmedlens sammansättning har förändrats. Tidigare ingick kolofonium-hartser i flussmedlen, men numera har kolofonium vanligtvis ersatts av fosfor. Kolofonium är klassat som allergiframkallande.
- Vid hårdlödning fungerar fosfor som flussmedel och fosfor ingår i lodet. Separat flussmedel och lodpasta används främst vid mjuklödning.

Sammantaget innebär dessa förändringar att de studier av arbetsmiljön som tidigare gjorts vid lödning inte är relevanta för den typ av lödning som förekommer idag i Sverige. De risker som tidigare ansågs vara de allvarligaste vid lödning, exponering för kadmium, bly och hartser (Daubenspeck et al 1944, Pengelly et al 1998, Smith et al 2000, Zimmet et al 2000), har i stort sett eliminerats.

## 3.4 Luftföroreningar vid lödning av rör

Vilka luftföroreningar som bildas vid lödning av rör beror på vilket lod och vilka flussmedel som används. Koloxid bildas vid gaslödning. Vid syrebrist exempelvis inuti vattenledningsrör, stannar reaktionen efter förbränning av acetylen vid koloxid. Finns syre oxideras koloxid vidare till mindre farlig koldioxid.

Det finns få yrkeshygieniska mätningar av koloxid och andra ämnen utöver kadmium, bly och hartser vid lödning på byggarbetsplatser. Numera innehåller lod ofta fosfor. Vid lödning förbrukas fosfor delvis och



kan i kontakt med luftens syre bilda fosforpentoxid. I kontakt med vatten kan fosforpentoxid bilda fosforsyra, som är irriterande till frätande beroende på hur hög halten är. Fosforpentoxid övergår sannolikt till fosforsyra vid inandning när den kommer i kontakt med fuktiga slemhinnor och fuktig vävnad i lungan. Loden kan även innehålla andra reaktiva och frätande ämnen som tillsätts för att göra kopparytorna lödbara. Loden innehåller även metaller som koppar och silver och dessa ämnen kan förekomma i lödröken.

Hälsoeffekterna med de ämnen som kan bildas vid lödning summeras nedan. Källor: Kemiska Risker. Arbetarskyddsstyrelsen 1989 och Sax N.I. Dangerous properties of Industrial Materials.

| Ämne           | Hälsoeffekt   |
|----------------|---|
| Koloxid        | Luktlös gas som i tillräckligt höga halter är kvävande. Blockerar blodets syreupptagare, hemoglobinet, vilket leder till dåligt upptag av syre. Höga halter är dödliga. Symptom är vid låga halter är huvudvärk och yrsel. Ju högre halterna blir, desto allvarligare blir symptomen, t ex svaghet och klumpighet, illamående och kräkningar, snabb och oregelbunden puls, bröstsmärta, förlorad hörsel, suddig syn, desorientering eller anfall av förvirring, medvetslöshet.  |
| Koldioxid      | Luktlös gas som är i höga halter är kvävande. Symptomen är huvudvärk, yrsel, andnöd, hjärtklappning, sömnlöshet, öronringning, och medvetslöshet.   |
| Kväveoxid      | Kan ge luftvägsirritation, hosta, brännande känsla i hals och bröst och vid inandning av högra halter också sömnlöshet och rastlöshet, snabb andhämtning, andnöd och lungödem. Symptomen kan uppkomma en tid efter inandning av kväveoxid. Inandning av små mängder under lång tid kan ge skador på luftvägar, hosta, huvudvärk, aptitlöshet och allmän svaghet.  |
| Kvävedioxid    | Kan ge luftvägsirritation, bröstsmärtor, hosta, huvudvärk, illamående, yrsel och vid inandning av högre halter också andnöd, sjunkande blodtryck och lungödem. Symptomen kan uppkomma en tid efter inandning av kväveoxid. Inandning av små mängder under lång tid kan ge skador på luftvägar, hosta, huvudvärk, aptitlöshet och allmän svaghet. Inandning av små mängder under lång tid kan ge huvudvärk, sömnlöshet, aptitlöshet, sårbildning i mun och näsa, matsmältningsbesvär samt luftrörsbesvär. Kan ge ögonirritation och missfärgning av hud, hår och tänder. |
| Fosforpentoxid | Detta ämne ombildas i kontakt med vatten/fukt till irriterande och frätande fosforsyra.   |
| Koppar         | Kopparoxid är irriterande för ögon och övre luftvägar. Inandning kan ge metallröksfeber. Upptag under lång tid kan ge blodförändringar  |
| Silver         | Varierande hälsoeffekter beroende på i vilken form silver förekommer.   |

### 3.5 Om skyddsåtgärder vid lödning

Den skyddsutrustning som de flesta, enligt intervjuer använder sig av vid lödning är handskar, skyddsglasögon och skyddskläder. Dessutom försöker man ordna med ventilation exempelvis genom att öppna fönster eller dörrar och ordna korsdrag eller använda punktutsug om sådant finns tillgängligt. Det

förekommer också att man löder utomhus exempelvis vid servicebilen, om det inte går att ordna med bra ventilation.

Inför lödning av prisolrör ska plasten slitsas 20 cm från skarven räknat och vikas undan. Efter lödning viks plasten tillbaka och tejpas med ålderbeständig tejp enligt rekommendationerna i AMA VVS & Kyl 09. Detta innebär att plasten inte värms upp av lödningen och risken att det bildas termiska sönderfallsprodukter från plasten minimeras.

## 4 Metoder

Sex chefer och tre skyddsombud, totalt nio personer från företag som arbetar med lödning av vattenledningsrör intervjuades, se Bilaga 1 för intervjuformulär. Syftet med intervjuerna var att få en bild av hur arbetet går till och vilka metoder man använder sig av vid lödning av rör. Resultatet av intervjuerna har presenterats i avsnitt 3 ovan.

Mot bakgrund av intervjuerna och en studie av litteraturen om luftföroreningar som kan uppkomma vid lödning, planerades mätningar för att kartlägga förekomst av luftföroreningar. I Bilaga 2 beskrivs de mätmetoder som användes. Inledningsvis gjordes mätningar under kontrollerade förhållanden. Därefter analyserades mätresultaten och slutsatser drogs om vilka ämnen som kan förekomma i högst halter, jämfört med sina hygieniska gränsvärden. De ämnen som kan förekomma i högst halter relativt sina gränsvärden var enligt de inledande mätningarna:

- Koloxid
- Koldioxid
- Kvävedioxid
- Kväveoxid
- Koppar
- Fosforpentoxid
- Silver

Vid diskussioner i referensgruppen framkom att de kopparrör som svetsas samman vanligtvis är belagda med en tunn plastfilm. Denna plastfilm brukar avlägsnas före svetsningen. Om den inte avlägsnas, kan det bildas termiska sönderfallsprodukter från plasten. Dessa ämnen kan vara irriterande för luftvägarna. I samråd med referensgruppen beslöts att inte undersöka vilka ämnen som eventuellt kan bildas när plasten upphettas, utan istället mäta vilka temperaturer som plasten kan utsättas för. Ju närmare lödfogen, desto högre blir temperaturen. Studier av termiskt sönderfall för olika typer av plaster visar att sönderfallet börjar vid cirka 150 -200 °C dvs. betydligt lägre temperaturer än i lödfogen. Om plasten på de kopparrör som löds samman avlägsnas intill lödfogen (vilket är rutin) och att kvarvarande plast inte upphettas till mer än 100 °C, bedöms risken för termiskt sönderfall som i stort sett obefintlig.

Avslutningsvis har mätningar gjorts vid lödning av rör på flera arbetsställen på en arbetsplats (nybyggnation).

## 5 Resultat

### 5.1 Kontrollerade försök

Mätningar gjordes vid lödning av skarvar i rör med diametern 55, 28 respektive 22 mm. Varje skarv täcktes med en hylsa och hylsans båda kortändor löddes fast, vilket innebar att vid varje skarv löddes två fogar.

Lödningen utfördes med ett sexlågigt lödmunstycke ("duschmunstycke") med flödet 500 l/timme. Vid lödningen användes ett lod med 5 % silver, 89 % koppar och 6 % fosfor. Rummet där mätningarna gjordes hade måtten 1,8 \* 6,6 m<sup>2</sup> golvyta och takhöjden 2,6 m vilket motsvarar en volym på 31 m<sup>3</sup>, se bild 3. Ventilationen var enligt uppgift cirka 250 m<sup>3</sup>/timme, vilket motsvarar en nominell luftomsättning på cirka 8 luftomsättningar per timme.



**Bild 3.** Uppställning vid mätning vid kontrollerade försök med lödning.

### 5.1.1 Uppmätta halter av koloxid, kvävedioxid, kväveoxid och koldioxid

I tabell 1 redovisas uppmätta halter av gaserna koloxid, koldioxid, kvävedioxid och kväveoxid vid kontrollerade försök sommaren 2013. I tabell 2 visas resultaten från den tidigare mätningen under kontrollerade förhållande (Christensson 2010). Mätningarna vid frånluftsdonet pågick tills koloxidhalten sjunkit till halter nära nivån före respektive försök. Redovisade medel-, max- och minvärden från mätpunkten vid frånluftsdonet avser uppmätta värden när lödning pågick.

Vid mätningen erhöles inga koloxid-, koldioxid- eller kväveoxidhalter i mätpunkten vid lokalens frånluftsdon på grund av fel i dataöverföringen från mätinstrumentet vid två av mätningarna (markerat med \*). I samma mätpunkt erhöles endast koloxidhalter från 40 sekunder vid lödning av 28 mm:s rör med stängda rörändar. Detta mätvärde är därför osäkert och är en grov skattning av koloxidhalten. Kvävedioxid mättes i andningszon och vid övre röröppningen med två instrument med samma mätprincip. Båda instrumenten registrerade inte alltid kvävdioxidhalten. Vi vet inte orsaken till att de inte alltid fungerade trots nyligen genomgången service. Inom parentes i kolumnen för mättid anges tiden som instrumenten registrerade kvävedioxidhalten.

**Tabell 1.** Uppmätta halter av koloxid, koldioxid, kvävedioxid och kväveoxid vid kontrollerade försök 2010.

| Mätpunkt                | Arbetsmoment   | Mättid (min) | Halt ppm; medel (min – max) |                        |                     |                 |
|-------------------------|--|--------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|-----------------|
|                         |  |              | Koloxid                     | Koldioxid              | Kvävedioxid         | Kväveoxid       |
| Andningszon, operatören | Lödning av fem skarvar i rör med $\Phi = 55$ mm. Stängda rörändar    | 33<br>(33)   | 14<br>(0-43)                | 5800<br>(300-9800)     | 1,6<br>(0-4,1)      | >32<br>(0->100) |
|                         | Lödning av fem skarvar i rör med $\Phi = 55$ mm. Öppna rörändar      | 20<br>(3)    | 11<br>(0-17)                | >6300<br>(300->9990)   | 0,00<br>(0,00-0,00) | 17<br>(0-46)    |
|                         | Lödning av tio skarvar i rör med $\Phi = 28$ mm. Öppna rörändar      | 15<br>(6)    | 9,3<br>(0-35)               | 2700<br>(1100-7200)    | 0,03<br>(0-1,1)     | >21<br>(0->100) |
|                         | Lödning av tio skarvar i rör med $\Phi = 28$ mm. Stängda rörändar    | 17<br>(5,5)  | 13<br>(0-69)                | >3500<br>(500 - >9990) | 0,4<br>(0-3,9)      | >27<br>(0->100) |
|                         | Lödning i fem skarvar i prisolrör med $\Phi = 22$ mm. Öppna rörändar | 8<br>(5)     | 8,5<br>(0-36)               | 2600<br>(300-8800)     | 0,17<br>(0-3,1)     | >19<br>(0->100) |
|                         | Lödning av 5 skarvar i rör med $\Phi = 54$ mm. Öppna rörändar        | 15<br>(?)    | 6,9<br>(0,1-36)             | *                      |                     |                 |
|                         | Lödning av 5 skarvar i rör med $\Phi = 54$ mm. Öppna rörändar        | 15<br>(?)    | 7,9<br>(0,17-20)            | *                      |                     |                 |
| Intill röränden         | Lödning av fem skarvar i rör med $\Phi = 55$ mm. Stängda rörändar    | 32<br>(29)   | 4,5<br>(0-10)               |                        | 2,4<br>(0,33-6,7)   |                 |
|                         | Lödning av fem skarvar i rör med $\Phi = 55$ mm. Öppna rörändar      | 20<br>(0)    | 17<br>(2-20)                |                        | -                   |                 |
|                         | Lödning av tio skarvar i rör med $\Phi = 28$ mm. Öppna rörändar      | 16<br>(2)    | 7,5<br>(0-20)               |                        | 0,30<br>(0,25-0,36) |                 |
|                         | Lödning av tio skarvar i rör med $\Phi = 28$ mm. Stängda rörändar    | 17<br>(0)    | 9,6<br>(0-20)               |                        | -                   |                 |
|                         | Lödning i fem skarvar i prisolrör med $\Phi = 22$ mm. Öppna rörändar | 7<br>(0)     | 9,3<br>(0-20)               |                        | -                   |                 |
| Vid frånlufts-ventilen  | Lödning av fem skarvar i rör med $\Phi = 55$ mm. Stängda rörändar    | *            | *                           |                        |                     |                 |
|                         | Lödning av fem skarvar i rör med $\Phi = 55$ mm. Öppna rörändar      | *            | *                           |                        |                     |                 |
|                         | Lödning av tio skarvar i rör med $\Phi = 28$ mm. Öppna rörändar      | *            | 5,3<br>(3,4-9,0)            |                        |                     |                 |
|                         | Lödning av tio skarvar i rör med $\Phi = 28$ mm. Stängda rörändar    | *            | Ca 5<br>(2 - 6)             |                        |                     |                 |
|                         | Lödning i fem skarvar i prisolrör med $\Phi = 22$ mm. Öppna rörändar | *            | 3,6<br>(0,5-8,0)            |                        |                     |                 |
| <b>Nivågränsvärde</b>   |  |              | <b>35</b>                   | <b>5 000</b>           | <b>2</b>            | <b>25</b>       |
| <b>Takgränsvärde</b>    |  |              |                             |                        | <b>5</b>            |                 |
| <b>Korttidsvärde</b>    |  |              | <b>100</b>                  | <b>10 000</b>          |                     | <b>50</b>       |

**Tabell 2.** Uppmätta halter av koloxid (CO) vid tidigare kontrollerade försök (Christensson 2010).

| Arbetsmoment                   | Exponering CO, ppm |     | Rörändar CO, ppm |     | Frånluft CO, ppm |     | Beräknad halt CO, ppm |                        |
|--------------------------------|--------------------|-----|------------------|-----|------------------|-----|-----------------------|------------------------|
|                                | medel              | max | medel            | max | medel            | max | medel                 | Max (efter 15 minuter) |
| Lödning, kopparrör, ren syrgas | 14                 | 22  | 9                | 180 | 6                | 19  | 75                    | 150                    |

Den beräknade halten 150 ppm är en fiktiv halt som utgår från antagandet att lödning har pågått oavbrutet i 15 minuter i ett litet oventilerat utrymme med volymen 10 m<sup>3</sup>, vilket motsvarar 2 x 2 x 2,5 meter.

### 5.1.2 Bildad mängd koloxid

Bildningen av koloxid beräknades baserat på koloxidhalten i frånluften och frånluftsflödet enligt tabell 1 ovan. Vid lödning av skarvar i 28 mm rör med öppna rörändar bildades 0,40 ml CO/s. Vid lödning i 28 mm rör med stängda rörändar bildades 0,2-0,3 ml CO/s och vid lödning av 22 mm prisolrör 0,27 ml CO/sekund.

Om lödning pågår under 15 min med samma bildning av koloxid stiger halten i ett 10 m<sup>3</sup> stort oventilerat utrymme till 35 ppm, 20-30 ppm respektive 24 ppm, det vill säga betydligt lägre än den beräknade halten enligt den tidigare mätningen, se tabell 2.

Om arbete skulle pågå på samma sätt som i de tidigare kontrollerade försöken (tabell 2) i ett litet (10 m<sup>3</sup>) och oventilerat utrymme under 15 minuter, kan koloxidhalten stiga till cirka 150 ppm och 200 ppm efter 20 minuter. En så hög halt som 200 ppm innebär allvarliga risker, bland annat för att bli omtöcknad. Om man fortsätter att vistas i miljön kan man förlora medvetandet efter cirka 2 timmar (NIOSH 1994, NAC/AEGL 2008).

När man gör riskbedömningar, kan man välja att göra noggranna bedömningar som baseras på mätningar eller att använda sig av tumregler. Det är komplicerat att mäta, men det går att använda gasvarnare som varnar när koloxidhalten överskrider ett förbestämt värde, exempelvis 35 ppm (nivågränsvärdet).

Om man istället vill använda sig av tumregler, är vår rekommendation mot bakgrund av de mätningar som gjorts, att i små (10 m<sup>3</sup>) och oventilerade utrymmen bör man inte arbeta längre än maximalt cirka 15 minuters med intensivt lödningsarbete. Ökar rummets volym, kan tiden ökas, exempelvis 20 m<sup>3</sup> – 30 minuter. Om utrymmet ventileras, stiger halten inte lika snabbt och arbetet kan då pågå lite längre tid.

### 5.1.3 Uppmätta halter av metaller, fosforpentoxid och svaveldioxid

I tabell 3 redovisas de halter av metaller, svaveldioxid och fosforpentoxid som uppmätts vid lödning i rör i de kontrollerade försöken. Samtliga prover togs i andningszonen under pågående lödning. Observera att redovisade värden uppmätts under korta mätperioder. De redovisade gränsvärdena avser medelvärden under en hel arbetsdag (nivågränsvärde) och medelvärden under 15 minuter (korttidsvärde). Dessa korta mätningar kan därför enbart jämföras med korttidsvärden (när sådana finns). För jämförelse med nivågränsvärdet måste man ta hänsyn till hur hög exponeringen är under övrig arbetstid.

**Tabell 3.** Uppmätta halter av metaller (endast halterna av de metaller där halterna låg över mätmetodens detektionsgräns redovisas), fosforpentoxid och svaveldioxid. Vi har antagit att all fosfor, zink och svavel förekommer som oxid och räknat om dessa halter till halt av motsvarande oxid.

| Arbetsmoment  | Mättid (min) | Uppmätta halter, mg/m <sup>3</sup> |                               |                       |            |               |
|---|--------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------|---------------|
|   |              | Koppar, totaldamm                  | Fosfor-pentoxid <sup>1)</sup> | Zink-oxid             | Silver     | Svavel-dioxid |
| Lödning av fem skarvar i rör med $\Phi = 55$ mm. Stängda rörändar | 33           | 0,29                               | 5,4 (2,7)                     | 0,017                 | 0,034      | 0,026         |
| Lödning av tio skarvar i rör med $\Phi = 28$ mm. Öppna rörändar   | 15           | 0,40                               | 2,4 (1,2)                     | 0,034                 | 0,029      | 0,074         |
| Lödning av tio skarvar i rör med $\Phi = 28$ mm. Stängda rörändar | 19           | 0,26                               | 1,6 (0,79)                    | 0,024                 | 0,014      | 0,055         |
| <b>Nivågränsvärde</b>   |              |                                    | <b>1</b>                      |                       |            | <b>5</b>      |
| <b>Totaldamm</b>  |              | <b>1</b>                           |                               | <b>5<sup>2)</sup></b> | <b>0,1</b> |               |
| <b>Respirabelt damm</b>   |              | <b>0,2</b>                         |                               |                       |            |               |
| <b>Takgränsvärde</b>  |              |                                    |                               |                       |            | <b>13</b>     |
| <b>Korttidsvärde</b>  |              |                                    | <b>5</b>                      |                       |            |               |

- 1) Fosforpentoxidhalten har beräknats utgående från mängden fosfor i proven (för metallanalys med PIXE) och med antagandet att all fosfor har oxiderats till fosforpentoxid. Inom parentes anges fosforpentoxidhalten analyserad med en annan mätmetod.
- 2) Gränsvärdet gäller för zinkoxid
- 3) Detta gränsvärde gäller för svårslösliga silverföreningar. Sannolikt är de föreningar som bildas vid lödning svårslösliga.

**Kommentar:** Mätning av fosforpentoxidhalten har gjorts med två olika metoder som båda bygger på filterprovtagning. Med PIXE-analys av filtret erhöles den totala mängden fosfor i provet. Med jonkromatografisk analys erhöles mängden fosfat i provet, vilket svarar bättre mot förekomsten av fosforpentoxid. PIXE-analysen gav en dubbelt så hög halt fosforpentoxid. Det beror sannolikt på att det antagande som gjorts (att alla fosfor har oxiderats och finns i form av fosforpentoxid) är felaktigt. Sannolikt har endast cirka hälften av fosfor oxiderats, eftersom den jonkromatografiska analysen som endast mäter oxiderad fosfor uppvisar halter som endast är hälften av de halter som beräknats utgående från Pixe-analysen.

Vår slutsats är att cirka hälften av fosfor förekommer i oxiderad form. Det innebär att halterna kommit upp i drygt halva korttidsvärdet d.v.s. 2,7 mg/m<sup>3</sup> jämfört med korttidsvärdet 5 mg/m<sup>3</sup>.

Koppar har mätts i totaldamm. Eftersom koppardamm genererats vid lödning, är sannolikt kopparpartiklarna små (respirabla) och halten bör därför jämföras med gränsvärdet för koppar i respirabelt damm. Samtliga uppmätta halter låg över nivågränsvärdet för respirabelt koppardamm. Mätningen gjordes dock endast under kort tid (15-33 minuter) och kan därför inte jämföras direkt med nivågränsvärdet som gäller som medelvärde för en hel arbetsdag. Mätningen indikerar att om lödning görs i litet och dåligt ventilerat utrymme under en stor del av arbetsdagen, finns risk för överskridande av nivågränsvärdet för koppar.

## 5.2 Temperaturens betydelse för termiskt sönderfall av plaster

Mätningar gjordes av vilken temperatur som kan uppnås vid lödning, se tabell 4. Mätningen gjordes för att kontrollera om det förekom risk för termiskt sönderfall av plasten, men även temperaturen intill lödfogen uppmättes. Mätningarna gjordes några sekunder efter varje avslutad lödfog vid lödning av tio fogar.

Vid dessa mätningar hade plasten avlägsnats 20 cm från lödfogen.

**Tabell 4.** Kopparrörets temperatur några sekunder efter avslutad lödning. Med "intill plasten" avses rörets ytemperatur alldeles intill plasten.

| Lödfog | Temperatur (°C), intill plasten |
|--------|---------------------------------|
| 1      | 32,6                            |
| 2      | 34,2                            |
| 3      | 31,2                            |
| 4      | 36,0                            |
| 5      | 31,0                            |
| 6      | 33,9                            |
| 7      | 30,7                            |
| 8      | 31,0                            |
| 9      | 33,0                            |
| 10     | 33,0                            |

Som synes, var temperaturen på platsidan mellan 30 och 36 °C, vilket är mycket väl under de temperaturer då plasten börjar sönderfalla. På fogsidan kan dock temperaturen bli mycket hög, upp till 420 °C uppmättes. Om rekommendationerna i AMA VVS & Kyl 09 om att ta bort plasten 20 cm från lödfogen följs, finns ingen risk för termiskt sönderfall av plasten.

## 5.3 Mätningar på arbetsplats

Mätningar har utförts vid fyra tillfällen på en byggarbetsplats där lödning av kopparrör förekom i stor omfattning. De två första mätningarna gjordes i augusti 2014 och de två avslutande i november 2014. Vid båda mättillfällena mättes följande:

- **Koloxid** med direktvisande instrument
- **Fosforpentoxid** (mätning av fosfor på filter)
- **Koppar i respirabelt damm**
- **Koppar och silver i totaldamm**
- **Kvävedioxid på filter**

Vid allt lödarbete i kopparrör på arbetsplatsen användes silverfosforkopparlod (5 % Ag, 6 % P och 89 % Cu).

### 5.3.1. Beskrivning av arbetsplatsen där mätningen utfördes 2014-08-20 och 2014-08-21

Lödningsarbetet utfördes i en lång öppen korridor på femte våningen med anslutningar till andra rum. Det fanns inga fönster och inga dörrar till intilliggande rum. Det förekom andra typer av byggarbete i närliggande rum. Närmast lödningsarbetet användes elektriska pelarliftar som användes av andra montörer för arbete i taket. Ventilationen i korridoren (närområdet runt mätningen) bestod av två flyttbara

byggfläktar som stängdes av under mätningen. Andra byggfläktar i närheten samt fönsteröppningar som inte var täta bidrog till att luften under taket blandades om och lödroken späddes ut och spreds i hela korridoren.

Rördelar löddes ihop på en bänk på golvet. Därefter monterades rören i taket. Under mätningen löddes 5 fogar i rör med 54 mm (första mätningen) och 9 fogar i rör med samma dimension under andra mätningen.

### **5.3.2. Beskrivning av arbetsplatsen där mätningen utfördes 2014-11-17 och 2014-11-18**

Lödningsarbetet utfördes i en lång öppen korridor på 8: e våningen med anslutningar till andra rum. Det fanns inga fönster och inga dörrar till intilliggande rum. Andra typer av byggarbete förekom i närliggande rum. Ventilationen i korridoren bestod av två flyttbara byggfläktar som var i drift vid mätningen. Byggfläktarna bidrog till att luften under taket blandades om och lödroken späddes ut och spreds i hela lokalen. Endast enstaka lödarbeten utfördes på en arbetsbänk. Huvudelen av arbetet vid mättillfällen var lödning av 28 mm rör under tak. Andra dagen utfördes lödningsarbetet i en stor öppen lokal. Ventilationen i lokalen bestod av flera byggfläktar som var i drift vid mätningen. Huvudelen av arbetet vid mättillfällen var lödning av 28 mm rör under tak. I lokalen förekom visst byggarbete endast under korta perioder. Vid den andra mätningen förekom lödarbete vid en arbetsbänk. Arbetsbänken var placerad i den andra änden av lokalen.

Dessa arbetsmoment valdes eftersom exponeringen speciellt vid lödning av många lödfogar uppe under tak bedömdes kunna bli hög. Mätningar gjordes vid lödning av 10 fogar, diameter 35 mm (första mätningen), fyra fogar och diameter 25 mm (andra mätningen) och 30 fogar och 25 mm diameter (tredje mätningen).

### **5.3.3. Uppmätta halter av koloxid och kvävedioxid**

I tabell 5 redovisas de halter av koloxid och kvävedioxid som uppmätts vid lödning i rör. Samtliga prover har tagits i andningszonen i samband med lödning. Observera att redovisade värden uppmätts under korta mätperioder medan de redovisade gränsvärdena avser medelvärdet under en hel arbetsdag (nivågränsvärde) och medelvärdet under 15 minuter (korttidsvärdet).

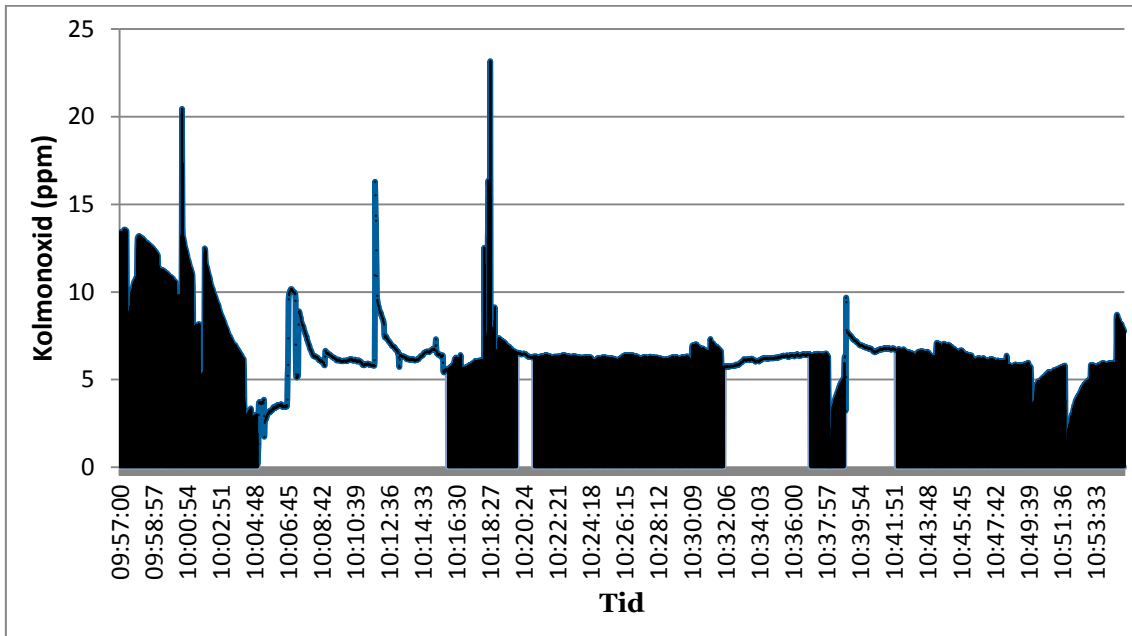


**Tabell 5.** Uppmätta halter av koloxid (mätt med IR-instrumentet Maihak Sidor) och kvävedioxid. I tabellen anges medelvärde under den tid lödningen pågick och uppmätta min- och maxvärden under samma period.

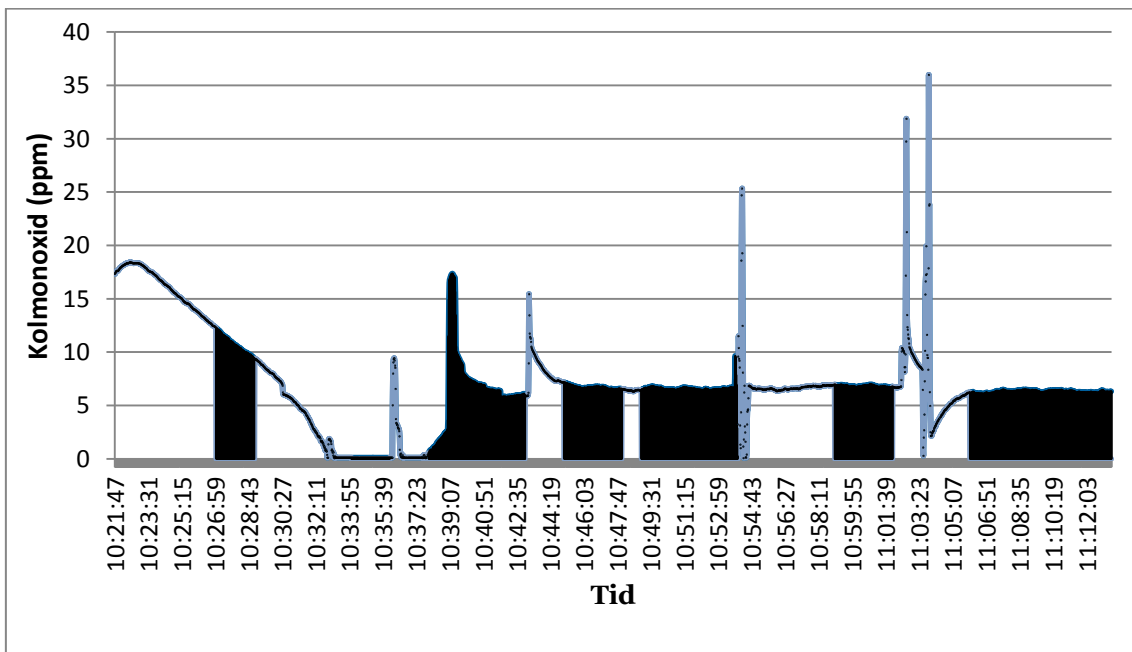
| Mätpunkt              | Datum/Tid                 | Arbetsmoment                                   | Mättid (min) | Halt ppm; medel (min – max) | Halt mg/m <sup>3</sup> |
|-----------------------|---------------------------|--|--------------|-----------------------------|------------------------|
|                       |                           |  |              | Koloxid                     | Kvävedioxid            |
| Andningszonen         | 10:02-10:42<br>2014-08-20 | Lödning av 5 skarvar i rör med $\Phi = 54$ mm. | 40           | 6,62 (0,09–23,17)           | 0,046                  |
|                       | 10:20-11:12<br>2014-08-21 | Lödning av 9 skarvar i rör med $\Phi = 54$ mm. | 52           | 7,13 (0,10–36,00)           | 0,16                   |
|                       | 10:44-12:20<br>2014-11-17 | Lödning av 10 skarvar i rör med $\Phi = 35$ mm | 96           | 5,52 (0,09–76,04)           | 0,028                  |
|                       | 11:36-12:29<br>2014-11-17 | Lödning av 4 skarvar i rör med $\Phi = 25$ mm  | 53           | -1)                         | 0,057                  |
|                       | 09:47-11:20<br>2014-11-18 | Lödning av 30 skarvar i rör med $\Phi = 25$ mm | 93           | 5,59 (0,1–32,85)            | 0,045                  |
| <b>Nivågränsvärde</b> |                           |  |              | <b>35</b>                   | <b>4</b>               |
| <b>Takgränsvärde</b>  |                           |  |              |                             | <b>10</b>              |
| <b>Korttidsvärde</b>  |                           |  |              | <b>100</b>                  |                        |

- 1) Detta arbete gjordes parallellt med arbetet enligt raden ovan. Mätinstrumentet för kolmonoxid användes vid ovanstående mätning.

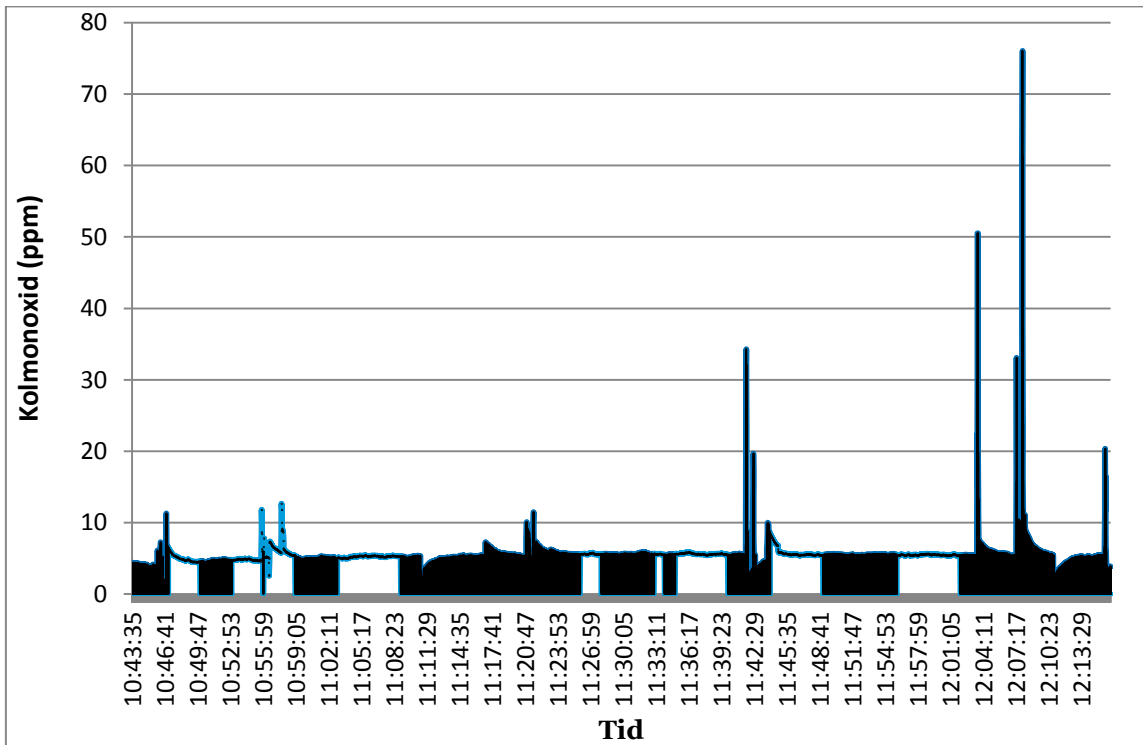
Figur 1-4 nedan visar hur koloxidhalterna varierade under de dagar då mätningarna gjordes.



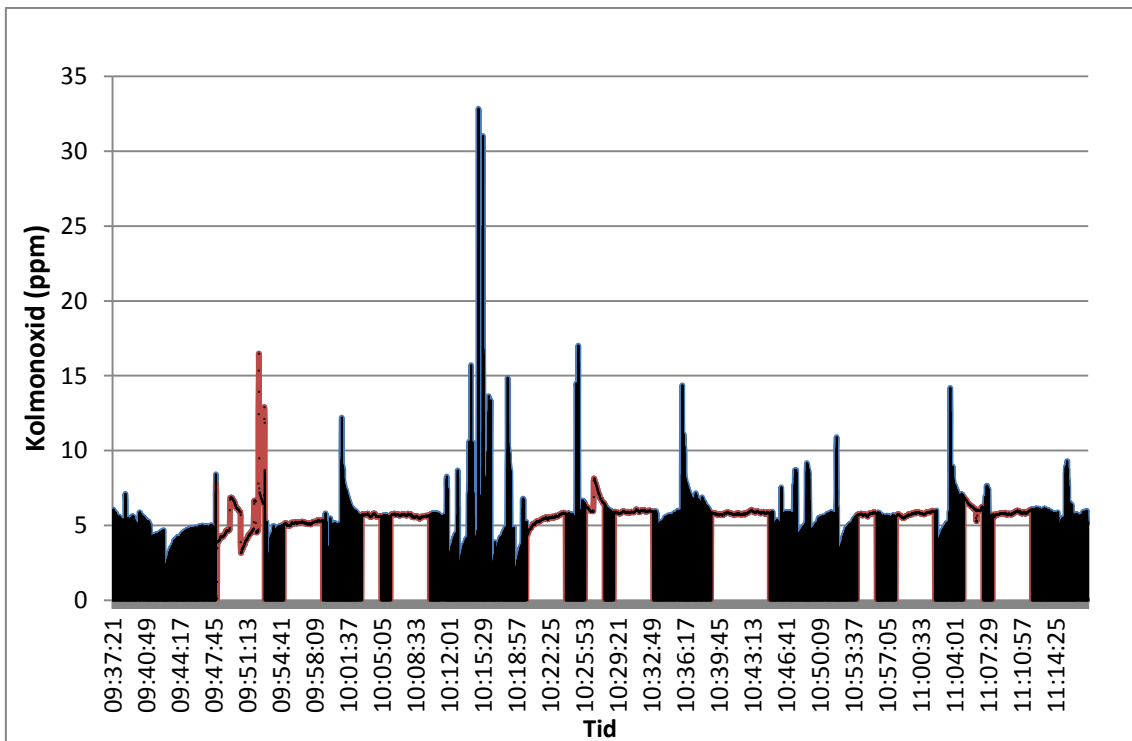
**Figur 1.** Uppmätta koloxidhalter mätt med IR-instrumentet Maihak Sidor 2014-08-20. Koloxidhalten under tiden lödning pågick visas av perioderna med vit yta.



**Figur 2.** Uppmätta koloxidhalter mätt med IR-instrumentet Maihak Sidor 2014-08-21. Koloxidhalten under tiden lödning pågick visas av perioderna med vit yta.



Figur 3. Uppmätta koloxidhalter mätt med mätt med IR-instrumentet Maihak Sidor 2014-11-17.



Figur 4. Uppmätta koloxidhalter 2014-11-218. Koloxidhalten under tiden lödning pågick visas av perioderna med vit yta.

### 5.3.4 Uppmätta halter av metaller

I tabell 6 redovisas halterna av metaller, fosforpentoxid och svaveldioxid vid arbetsplatsmätningarna.

**Tabell 6.** Uppmätta halter av metaller, fosforpentoxid och svaveldioxid. Vi har antagit att all fosfor, zink och svavel förekommer som oxid och räknat om dessa halter till halt av motsvarande oxid. Svaveldioxid mättes endast vid den första mätningen.

| Arbetsmoment   | Mättid (min) | Uppmätta halter, mg/m <sup>3</sup> |                               |                       |            |               |
|--|--------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------|------------|---------------|
|  |              | Koppar, totaldamm                  | Fosfor-pentoxid <sup>1)</sup> | Zink-oxid             | Silver     | Svavel-dioxid |
| Lödning av 5 skarvar i rör med $\Phi = 54$ mm.               | 40           | 0,0033                             | 0,0039<br>(0,0020)            | 0,00043               | <0,0044    | 0,017         |
| Lödning av 9 skarvar i rör med $\Phi = 54$ mm.               | 52           | 0,00085                            | 0,0037<br>(0,0018)            | 0,00070               | <0,0045    | 0,020         |
| Lödning av 10 skarvar i rör med $\Phi = 35$ mm <sup>4)</sup> | 96           | 0,00019                            | <0,24                         | <0,0013               | <0,00052   | -             |
| Lödning av 4 skarvar i rör med $\Phi = 25$ mm <sup>4)</sup>  | 53           | 0,0022                             | <0,43                         | 0,0036                | <0,00094   | -             |
| Lödning av 15 skarvar i rör med $\Phi = 25$ mm <sup>4)</sup> | 93           | 0,0012                             | <0,25                         | <0,0013               | <0,00054   | -             |
| <b>Nivågränsvärde</b>  |              |                                    |                               |                       |            |               |
| <b>Totaldamm</b>   |              | <b>1</b>                           | <b>1</b>                      | <b>5<sup>2)</sup></b> | <b>0,1</b> | <b>5</b>      |
| <b>Respirabelt damm</b>                                      |              | <b>0,2</b>                         |                               |                       |            |               |
| <b>Takgränsvärde</b>   |              |                                    |                               |                       |            | <b>13</b>     |
| <b>Korttidsvärde</b>   |              |                                    | <b>5</b>                      |                       |            |               |

- 1) Fosforpentoxidhalten har beräknats utgående från mängden fosfor i proven och med antagandet att all fosfor har oxiderats till fosforpentoxid. Inom parentes anges halten under antagandet att endast hälften av fosfor har oxiderats (enligt resultat vid laboriemätningen, se ovan).
- 2) Gränsvärdet gäller för zinkoxid
- 3) Detta gränsvärde gäller för svårslösliga silverföreningar. Sannolikt är de föreningar som bildas vid lödning svårslösliga.
- 4) Dessa prover analyserades med ICP/MS vid Arbets- och miljömedicin, Örebro

## 6 Diskussion

Vid hårdlödning och gaslödning bildas koloxid men även andra luftföroreningar bland annat fosforpentoxid. För ämnen med takgränsvärden och korttidsvärden (koloxid och kvävedioxid) är det därför viktigt att säkerställa att halterna inte överskrider takgräns- respektive korttidsvärdet som gäller som medelvärde för 15 minuters exponering. Vilka halter som uppkommer kan dock variera mycket, eftersom arbetet vid lödning är omväxlande med perioder av lödning och däremellan perioder av förberedelser och efterarbete. Lödning förekommer ofta på tillfälliga arbetsplatser av varierande storlek och med varierande ventilation.

Vid de mätningar som gjorts har konstaterats att:

- **Inga halter har överskridit gällande gränsvärden för kolmonoxid, kvävedioxid, svaveldioxid koppar, silver eller fosforpentoxid.** Mätningarna gjordes endast under korta perioder, då lödning pågick. De flesta ämnen har endast nivågränsvärden (medelvärden för en hel arbetsdag) medan korta mätningar bör jämföras med korttids- och takgränsvärden.
- Risken för dödligt höga halter av kolmonoxid bedöms vara liten jämfört med liknande arbete vid svetsning av fjärrvärmerör. För att så höga halter ska uppkomma krävs intensivt lödningsarbete i ett litet och oventilerat utrymme under i storleksordningen en eller ett par timmar eller mer.
- Högst halter uppmättes vid de kontrollerade försöken, vilka utfördes i små utrymmen. De ämnen som uppnådde högst halter jämfört med sina respektive gränsvärden var:
  - Kväveoxidhalten (kväveoxid) var som högst något över 65 % av korttidsvärdet. Det exakta värdet är osäkert eftersom instrumentet mätområde (-100 ppm) överskreds under kortare perioder.
  - Koldioxidhalten var som högst över 63 % av korttidsvärdet. Hur högt över är osäkert eftersom instrumentets mätområde (-9 900 ppm) överskreds under kortare perioder.
  - Fosforpentoxid var som högst cirka 54 % av korttidsvärdet (beräknat utgående från antagandet att cirka hälften av all fosfor förekommer som fosforpentoxid, vilket jonkromatografianalysen tyder på).
  - Koppardamm (respirabelt damm) var som högst 200 % av nivågränsvärdet under 15 minuter. Nivågränsvärdet gäller som medelvärde för en hel arbetsdag.
  - Silverhalten var som högst 34 % av nivågränsvärdet under 33 minuter.
  - Koloxidhalten var som högst 14 % av korttidsvärdet.
- Att halterna vid de kontrollerade försöken generellt sett var högre än vid arbetsplatsmätningarna beror med stor sannolikhet på att utrymmet som lödningen gjordes i var litet och inte så väl ventilerat och lödningsarbetet var intensivt.
- Överskridanden av korttidsvärdet för kolmonoxid och fosforpentoxid kan sannolikt förekomma om lödning görs i ett litet och dåligt ventilerat utrymme, exempelvis undercentral. **Risk för överskridande av gränsvärden kan finnas** exempelvis i utrymmen:
  - Om utrymmets volym är cirka 10 m<sup>3</sup> (2 m \* 2 m \* 2,5 m) och utrymmet inte är ventilerat, kan korttidsvärdet för koloxid överskridas efter cirka femton minuter om lödningsarbetet är intensivt. Lödröken innehåller en blandning av olika gaser och flera kan förekomma i relativt höga halter. Det är därför klokt att vidta åtgärder för att minska exponeringen vid allt arbete i denna typ av utrymmen.

- Om utrymmets volym är cirka 20 m<sup>3</sup> (2 m \* 4 m \* 2,5 m) och inte ventilerat, kan korttidsvärdet för koloxid överskridas efter cirka en halvtimme. Även i denna typ av utrymmen är det klokt att vidta åtgärder för att minska exponeringen.
  - Om utrymmet är ventilerat tar det längre tid innan gränsvärdet överskrids.
  - Gasvarnare kan användas för att varna för förekomst av höga halter koloxid.
- Om halten fosforpentoxid blir hög, märks det genom att luften känns irriterande för luftvägarna. Även kväveoxider är irriterande för ögon och luftvägar. Ingen av de som intervjuats har påtalat några besvär som tyder på förekomst av höga halter av fosforpentoxid.

Utvecklingen under senare år har inneburit en övergång till nya fogningsmetoder, främst pressfogning men även klämfogning. Dessa metoder rekommenderas som ett alternativ till lödning och det är en fördel om dessa metoder kan användas speciellt i utrymmen som är små och dåligt ventilerade.

## 7 Slutsatser

Vid lödning i små och oventilerade utrymmen bör åtgärder vidtas för att minska exponeringen för lödrok. Alternativa fogningsmetoder som pressfogning och klämfogning kan användas istället för lödning.

Om lödning måste göras i ett trångt och dåligt ventilerat utrymme är det viktigt att säkerställa att ventilationen förbättras, exempelvis med hjälp av fläktar som kan ventilerar ut luften från utrymmet, alternativt flyttbara byggfläktar som kan blåsa in ren luft, så att den som löder inte utsätts för koloxid- och fosforpentoxidhalter över gällande korttidsvärde. Observera att luftrenare inte kan användas för att rena luften eftersom dessa inte avskiljer gaser utan endast partiklar (damm). Gaser som koloxid, koldioxid och kväveoxider passerar oförändrade genom luftrenaren och släpps ut i rummet igen. Med luftrenare i små utrymmen finns det därför en risk för att gaser som bildas vid lödning anrikas och halterna kan bli akut hälsofarliga, till exempel om mycket lödning utförs och ingen ventilation finns som tillför ren luft och ventilerar ut förorenad luft. Gasvarnare kan användas för att varna om halten koloxid blir hög.

Andra tänkbara åtgärder är att organisera arbetet så att ingen behöver arbeta med lödning under dessa förhållanden under hela arbetsdagen. Användning av andningsskydd med partikelfilter (P3) är en annan tänkbar åtgärd, men för att andningsskydd ska skydda också mot koloxid krävs tryckluftsmatad andningsskydd.

## Referenser

Alvarez Eliana (2010) Kemiska hälsorisker vid svetsning och lödning på tillfälliga arbetsplatser. IVL U2482

Alvarez Eliana (2010) En granskning av arbetsolyckor som inträffat på grund av exponering för gaser i samband med avluftning av fjärrvärmeinstallation. IVL U2742

Christensson, Bengt (2010) Exponering för koloxid vid gassvetsning av rör för fjärrvärme. IVL U2928

Daubenspeck GW, Tienson A Noyes AM (1944): Soldering Operations:—Evaluation of Health Hazards in the Various Types of Soldering Operations, and Illustration of Practical. Means of Control—, American Industrial Hygiene Association Quarterly, 5:4, 880-887

NAC/AEGL (2008) Acute exposure guideline levels (AEGLs) Carbon monoxide. National Advisory Committee for Acute Exposure Guideline Levels for Hazardous Substances

NIOSH (1994) Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations NTIS Publication No. PB-94-195047: National Institute for Occupational Health and Safety.

Pengelly I, Groves J, Simpson A, Northage C (1998) Workplace Exposure to Rosin-based Solder Flux Fumes During Hand Soldering. Ann. occup Hyg, Vol 42, No 5, pp 295-302

Smith PA, Bowerbank CR, Lee ML, Solberg M, Drown DB, Alexander W, Still KR (2000): Airborne Aldehydes from Heating Rosin Core Solder and Liquid Rosin Flux to Soldering Temperatures, AIHAJ - American Industrial Hygiene Association, 61:1, 95-101

Zimmer AT, Biswas P. (2000) Mechanistic Understanding of Aerosol Emissions from a Brazing Operation. AIHAJ - American Industrial Hygiene Association, 61:3, 351-361

## Bilaga 1. Intervju om förhållanden vid lödning i rör

Vid gassvetsning i fjärrvärmerör har forskning visat att det under vissa förhållanden kan bildas höga och farliga halter av koloxid (en kvävande gas). Nu planeras en studie av lödning i rör, där acetylengas används. Målet är att undersöka om det kan bildas farliga halter också vid lödning i rör. Om halterna kan bli höga, ska vi också beskriva under vilka förhållanden halterna kan bli höga.

**För att kunna planera de mätningar vi ska göra, är vi tacksamma om du vill svara på några frågor om hur det brukar vara när ni löder i rör.** (Om någon har svårt att svara på någon fråga – hoppa över den.)

Intervjun riktar sig till den som är chef/arbetsledare eller montör och som har god kännedom om arbetet med gaslödning.

1. I vilka sammanhang förekommer det att ni löder i rör på tillfälliga arbetsplatser? (undercentraler, lägenheter, villor, industrier ...) [Click here to enter text.](#)
2. Används acetylen till andra arbetsmoment än lödning, ev svetsning och ev skärbränning? [Click here to enter text.](#)

### Om de rör ni löder i

3. Vilka mått brukar det vara på de rör som löds i (ange gärna ett intervall från minsta till största).
  - 3a. Rørets yttre diameter [Click here to enter text.](#)
  - 3b. Rørets inre diameter [Click here to enter text.](#)
  - 3c. Rørets längd [Click here to enter text.](#)
- 3d. Skatta fördelningen på olika rördiametrar. [Click here to enter text.](#)
4. Hur många skarvar brukar ni löda i varje rörsystem/anläggning? [Click here to enter text.](#)
5. När det är ovanligt många skarvar som ska lödas i ett rörsystem/en sammanhängande anläggning, hur många skarvar kan det vara då? I vilka sammanhang förekommer detta? [Click here to enter text.](#)
6. Förekommer det att ni löder i rör av annat material än koppar? (ange vilket/vilka) [Click here to enter text.](#)
7. I samband med lödning, förekommer det att en eller båda rörändar är slutna? [Click here to enter text.](#)
8. Skatta andelen öppet, en rörända sluten och båda rörändarna slutna. [Click here to enter text.](#)

### Om utrustningen som ni använder vid lödning

9. Vilket/vilka munstycken använder ni? [Click here to enter text.](#)
10. Vilket gasflöde brukar ni ha när ni löder? [Click here to enter text.](#)
11. Ungefär hur lång tid tar det att löda en fog? [Click here to enter text.](#)
12. Ungefär hur lång tid tar det förbruka en acetylengastub? [Click here to enter text.](#)
13. Hur stora tuber brukar ni ha? [Click here to enter text.](#)
14. Kan du uppskatta ungefär hur stor del av tiden som lågan brinner utan att man löder i rör (ange i procent eller som andel av tiden, t ex 1/2 tiden)? [Click here to enter text.](#)
15. Händer det att ni använder gasol vid lödning? [Click here to enter text.](#)

### Om avluftning (driftsättning) efter lödning av rör

16. Hur brukar ni göra ni när ni avluftar/driftsätter efter lödning? [Click here to enter text.](#)
17. Kan du uppskatta ungefär hur långa rör som avluftas (dvs hur lång rörsträcka som innehåller luft som avlägsnas när röret ska driftsättas)? [Click here to enter text.](#)

### Om de lod, lodpasta och flussmedel som ni använder

18. Vilka lod använder ni? Ange produktnamn och tillverkarens namn [Click here to enter text.](#)
19. Använder ni lod belagda med **flussmedel**?  Ja  Nej
20. Om ja, ange flussmedlets produktnamn och tillverkarens namn [Click here to enter text.](#)
21. Använder ni **lodpasta**?  Ja  Nej
22. Om ja, ange produktnamn och tillverkarens namn [Click here to enter text.](#)



### Om eventuella symptom och besvär efter lödning med acetylengas

23. I samband med eller efter lödning, har det förekommit att någon mått dåligt t ex känt av trötthet, huvudvärk, illamående, hjärtklappning eller yrsel eller blivit medvetslös?  Ja  Nej
24. Om ja, kan du lämna mer information om detta? [Click here to enter text.](#)
25. Har det förekommit att någon fått hälsoproblem eller symptom vid användning av något lod?  Ja  Nej
26. Om ja, kan du lämna mer information om detta [Click here to enter text.](#)
27. Brukar ni använda någon form av skyddsutrustning eller vidta några skyddsåtgärder när ni löder?  Ja  Nej
28. Om ja, kan du beskriva vilken utrustning/vilka skyddsåtgärder? [Click here to enter text.](#)

### Övrigt

29. Förekommer det att ni använder andra fogningsmetoder (t ex klämfogning eller pressfogning) istället för att löda?  Ja  Nej
30. Om ja, vilka andra fogningsmetoder används? Hur mycket löder resp. press- eller klämfogar ni? Skulle denna/dessa fogningsmetoder kunna användas ännu mer? [Click here to enter text.](#)

### Några frågor om plastsvetsning

31. I vilken omfattning svetsar ni samman plaströr? [Click here to enter text.](#)
32. Vilken typ av plast är det i rören och vilka dimensioner brukar det handla om? [Click here to enter text.](#)
33. Har det förekommit att någon känt av besvär på något sätt av rök eller ångor från svetsning av plaströr? Om ja, på vilket sätt och i vilken omfattning? [Click here to enter text.](#)
34. Är det skillnad i rökbildning mellan olika verktyg och om så är fallet vilka ryker mer. [Click here to enter text.](#)
35. Vid vilken temperatur brukar plaströren svetsas? Hur kontrollerar ni temperaturen? [Click here to enter text.](#)

### Kontaktuppgifter (frivilligt)

Om vi behöver fråga mer om hur ni arbetar med lödning, är det OK att kontakta dig då?

Namn: [Click here to enter text.](#)

E-postadress (om det är OK att vi kontaktar dig per e-post): [Click here to enter text.](#)

Telefonnummer (om det är OK att vi tar kontakt per telefon): [Click here to enter text.](#)

Vi planerar att göra mätningar vid lödning på några arbetsplatser i höst. Är ni intresserade av att medverka i projektet genom att vi gör mätningar hos er? Tror du att ni kommer att ha någon lödning som kan vara intressant att mäta på i höst? (intressant = grova rör och/eller många skarvar per sammanhängande rörsystem/anläggning) [Click here to enter text.](#)

## Bilaga 2. Mätmetoder

### Mätpunkter

Mätningarna av koloxid, koldioxid, kvävedioxid, metaller och fosforpentoxid har gjorts i andningszonen hos den operatör som utförde lödningsarbetet. Metaller och fosforpentoxid mättes med filter som operatören bar under lödningen. Koloxid mättes med ett direktvisande instrument som sög luft via en slang, som hölls i operatörens andningszon. Små direktvisande instrument för koloxid, kvävoxider och koldioxid hölls också i operatörens andningszon.

Vid de arrangerade mätningarna mättes dessutom koloxid i två kompletterande stationära mätpunkter, dels i frånluften från lokalen, dels intill röränden. Dessa mätpunkter valdes för att göra det möjligt att kvantifiera mängden bildad koloxid.

Vid arbetsplatsmätningarna valdes likartade mätpunkter med undantag för de stationära koloxidmätningarna i frånluft och vid rörände.

### Koloxid

Koloxid har mätts med direktvisande instrument, Maihak Sidor, som är ett IR-instrument. Instrumentet kalibrerades med kalibrergas med känd halt av koloxid före varje mätning. Mätinstrumentet för koloxid mätte halten varje sekund. Mätnoggrannhet  $\pm 5$  %. Dessutom mättes koloxidhalten med två andra instrument, Multiwarn och Dräger X-am 7000 som båda har en elektrokemisk sensor för mätning av koloxid. Inför mätningen hade dessa andra instrument servats och kalibrerats av instrumentleverantören.

IR-instrument är betydligt mer tillförlitliga än elektrokemiska celler för mätning av koloxid. Elektrokemiska celler kan ge utslag även för andra ämnen i luften. Lödrök innehåller en blandning av olika ämnen och det finns därför flera ämnen som kan störa mätningen. Enligt en tidigare jämförelse mellan ett av instrumenten med elektrokemiska celler och IR-instrument överskattas CO-halten betydligt. Det fanns också en mindre skillnad mellan de två instrumenten med elektrokemiska celler. Efter de två första försöken vid laboriemätningarna jämfördes därför uppmätt halt med IR-instrumentet med halter uppmätta med de båda elektrokemiska instrumenten. De båda elektrokemiska instrumenten placerades vid inloppet till IR-instrumentet under 2 – 3 minuter. Eftersom IR-instrumentet är mer tillförlitligt än de elektrokemiska instrumenten, togs korrigeringsfaktorer fram som användes för att korrigera halterna uppmätta med de elektrokemiska instrumenten.

Även efter korrektion för skillnaden mellan IR-instrumentet och Multiwarn/Dräger är osäkerheten stor. Osäkerheten är i storleksordningen maximalt en faktor 2.

### Koldioxid

Mätningar har utförts med instrumenten Multiwarn och X-am 7000. Eftersom de analyserar halten med en elektrokemisk cell, kan instrumentet även ge falska utslag beroende på förekomst av andra gaser. Koldioxid mättes enbart vid den inledande mätningen. Inför mätningen hade instrumenten servats och kalibrerats av instrumentleverantören. Mätnoggrannhet  $\pm 20$  %.

## Kväveoxider

Vid den inledande mätningen mättes kväveoxid och kvävedioxid med de enkla direktvisande instrumenten Multiwarn och X-am 7000. Mättnoggrannhet  $\pm 50$  %. Eftersom instrumenten analyserar halten med en elektrokemisk cell, kan instrumentet även ge falska utslag beroende på förekomst av andra gaser. Eftersom resultatet indikerade att kväveoxid- och kvävedioxidhalterna kunde bli höga, mättes kvävdioxidhalten med en mer specifik metod vid arbetsplatsmätningarna. Då mättes halten med en diffusionsprovtagare, som analyserades på IVL:s laboratorium. Inför mätningen hade instrumenten servats och kalibrerats av instrumentleverantören. Mättnoggrannhet  $\pm 10$  %.

## Fosforpentoxid

Fosfor provtogs dels tillsammans med metaller (se nedan) för vidare analys med PIXE. Analysen ger den totala mängden fosfor på filtret. Vid beräkningarna av halten fosforpentoxid har antagits att all fosfor förekommer som fosforpentoxid.

Fosforpentoxid provtogs också på cellulosaaacetatfilter för analys med jonkromatografi. Eftersom provtagningstiden var kort, cirka 15-30 minuter, användes en högflödespump med flödet drygt 1 m<sup>3</sup>/timme, för att den analyserade luftvolymen skulle bli så stor som möjligt. Filtren analyserades på IVL:s laboratorium. Jonkromatografianalysen, kan inte skilja fosforpentoxid från fosforsyra. Metoden finns i databasen Chemsite som förvaltas av Arbetsmiljöverket och som bygger på en Arbete och Hälsa-rapport från Arbetslivsinstitutet om principer och rekommendationer för mätning av ämnen på listan över hygieniska gränsvärden.

## Metaller

Provtagning av metaller gjordes på filter. Luft sögs genom filtren med ett flöde på cirka 2,2 l/min. Mätningen gjordes under 15 till cirka 30 minuter. Proven analyserades med PIXE (Particle Induced X-ray Emission) vid Institutionen för kärnkemi, Lunds Universitet. PIXE är en mycket känslig analysmetod som analyserar ett stort antal metaller samtidigt. PIXE valdes, eftersom det är en mycket känslig analysmetod som tillåter korta provtagningstider. Dessutom kan tre ämnen som bedömdes vara särskilt intressanta, koppar, silver och fosfor, analyseras med PIXE. Mättnoggrannhet  $\pm 20$  %.

De ämnen som ingår i analysen är förutom de ämnen som vi var särskilt intresserade av även svavel (S), klor (Cl), kalium (K), kalcium (Ca), titan (Ti), vanadin (V), krom (Cr), mangan (Mn), järn (Fe), nickel (Ni), koppar (Cu), zink (Zn), gallium (Ga), germanium (Ge), arsenik (As), selen (Se), brom (Br), rubidium (Rb), strontium (Sr), yttrium (Y), zirkonium (Zr), tenn (Sn), volfram (W) och bly (Pb).

## Temperatur

Temperaturen på ytan av röret mättes med en värmekamera Testo 830-T4. Temperaturen mättes i två punkter på röret; nära plasten och nära fogen.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm  
Tel: 08-598 563 00 Fax: 08-598 563 90  
[www.ivl.se](http://www.ivl.se)