

# Arbeidsforskningsinstituttene

Arbeidsfysiologisk institutt - Arbeidspsykologisk institutt - Muskelfysiologisk institutt  
Yrkeshygienisk institutt

Kontoradresse: Gydas vei 8, tlf. 02/46 68 50

Postadresse: P.b. 8149 Dep Oslo 1

Tittel: Løsemidler og helseskader ved vulkaniseringsarbeid.  
En arbeidsplasskasuistikk

Forfatter(e):

Steinar R. Berge og Kirsten E. Stabell

Prosjektansvarlig:

Prosjektmedarbeidere:

Syvert Thorud, ansvarlig for Vedlegg 1 og 2, produktanalyser  
Harald Olsen, ansvarlig for den nevrologiske undersøkelsen  
Roald Omdal, ansvarlig for den revmatologiske undersøkelsen

Utgiver (institutt): Yrkeshygienisk institutt

Dato:

24.03.86

Antall sider:

35

ISSN:

0800-3777

Serie:

HD 925/86 FOU

Sammendrag:

Åtte av 9 kvinner med mer enn ett års ansettelse i et vulkaniseringsverksted har gjennomgått yrkesmedisinsk, nevropsykologisk, nevrologisk og revmatologisk undersøkelse.

Tidligere målinger i arbeidsatmosfæren har vist løsemiddeleksponering langt over de administrative normene. Biologiske målinger har også ofte ligget over anbefalte verdier. Produktopplysninger og supplerende analyser viste dessuten et stort forbruk av ekstraksjonsbensiner, til dels med et høyt innhold av n-heksan.

Seks av de 8 undersøkte hadde hyppige symptomer på akutte løsemiddeleffekter i arbeidsperioden. Ved undersøkelsen (minst 1 1/2 år etter eksponeringsopphør) anga alle konsentrasjonsvansker og de fleste dessuten økt tretthet og irritabilitet, nedstemthet, hukommelsesvansker, hodepine, føleforstyrrelser samt ledd- og muskelplager.

Undersøkelseresultatene ga grunnlag for mistanke om løsemiddelbettinget sentral og/eller perifer nerveskade hos 6 av de undersøkte. To hadde objektive tegn på leddgikt.

Stikkord: organiske løsemidler  
vulkanisering  
gummiliming  
n-heksan  
trikloretylen  
toluen  
encefalopati  
leddsykdom

Key words: organic solvents  
vulcanization  
rubber gluing  
n-hexane  
trichorethylene  
toluene  
encephalopathy  
rheumatic disease

## Innholdsfortegnelse

	side
<b>Sammendrag</b>	2
<b>1. Innledning</b>	4
<b>2. Utredning av arbeidsforholdene</b>	4
2.1 Arbeidsoppgavene ved "Vulkbua"	4
2.2 Tidligere arbeidsmiljøundersøkelser	5
2.3 Vernetiltak	7
2.4 Undersøkelse av anvendte produkters kjemiske sammensetning	8
<b>3. Medisinske undersøkelser</b>	10
3.1. Undersøkelsesgruppe	10
3.2 Undersøkelsesmetode	10
<b>4. Resultater</b>	11
4.1 Akutte og kroniske nevrasteniske symptomer	11
4.2 Spesielle symptomer	12
4.3 Revmatologiske undersøkelsesresultater	12
4.4 Resultater av laboratorieundersøkelser	13
4.5 Nevropsykologiske testresultater	13
4.6 Nevrologiske undersøkelsesresultater	13
<b>5. Diskusjon</b>	14
<b>6. Konsekvenser</b>	18
6.1 Meldinger om yrkesbetingede sykdommer	18
6.2 Anbefalte tiltak	18
Tabeller	19
Litteratur	26
Vedlegg 1. Kvalitativ analyse av produkter fra A/S Sydvaranger (S. Thorud)	
Vedlegg 2. Fordampningsforsøk med Atlas 610 lim (S. Thorud og S. Berge)	

## Sammendrag

Yrkeshygienisk institutt foretok i 1984 en undersøkelse av en gruppe på 8 kvinner, tidligere ansatte i vulkaniseringsverkstedet ("Vulkbua") ved A/S Sydvaranger i Kirkenes. Med unntak av én kvinne representerer disse 8 arbeidstakerne samtlige kvinner med mer enn ett års ansettelse i "Vulkbua". Undersøkelsen ble iverksatt på anmodning fra LO's miljøkontor.

Undersøkelsen omfattet befaring av "Vulkbua", innsamling av resultater fra tidligere yrkeshygieniske målinger og biologiske prøver, innhenting av produktopplysninger og analyse av en del av de anvendte løsemiddelholdige produktene. I tillegg har arbeidstakerne gjennomgått yrkesmedisinsk utredning samt nevropsykologisk, nevrologisk og revmatologisk undersøkelse (de to sistnevnte ved Regionsykehuset i Tromsø).

Målinger av løsemidler i arbeidsatmosfæren foretatt 1977-79 har en rekke ganger vist resultater langt over administrativ norm, spesielt for toluen og trikløretylen ("tri"). Urinanalyse for utskillelsesprodukter fra "tri" og toluen (i perioden 1975-82) har likeledes vist høye verdier. Det er dessuten verd å merke seg at ingen av analysene har påvist ekstraksjonsbensindamper i arbeidsatmosfæren, til tross for at en del av de anvendte limproduktene hadde et høyt innhold av ekstraksjonsbensin. Denne svakheten skyldes begrensninger ved tidligere brukte måle- og analysemetoder. Enkelte av ekstraksjonsbensinene hadde et høyt innhold av n-heksan.

Ved den yrkesmedisinske utredning anga alle 8 arbeidstakere betydelig økt tretthet og søvnbehov under arbeidsperioden i vulkaniseringsverkstedet. Syv av de 8 fikk oppblåsning i mageregionen i løpet av arbeidsdagen. De fleste opplevde dessuten hyppig hodepine, leddsmerter, hevelse av ledd, økt irritabilitet og hadde hatt unormal ruseffekt av små mengder alkohol.

På undersøkelsestidspunktet (min. 1½ år etter eksponeringsopphør) anga alle konsentrasjonsvansker og flertallet dessuten unormal tretthet, økt irritabilitet, nedstemthet, hukommelsesvansker, hodepine, svimmelhet samt ledd- og muskelsmerter og periodisk hevelse av ledd. Fire hadde eksem eller annet kronisk hudutslett.

Den nevrologiske utredningen, inklusive blodprøver, spinalvæskeprøver, EEG og cerebral CT, ga i ingen av tilfellene holdepunkt for alternative nevrologiske årsaker til symptombildet og de observerte avvikene. Det var tegn til lett perifer nerveskade hos 4 av de undersøkte, lett nedsettelse av kraft og bevegelsestempo hos 2 og lette koordinasjonsforstyrrelser hos en.

Revmatologisk undersøkelse bekreftet diagnosen polyartritt hos to av arbeidstakerne; det var usikkerhet angående typen av leddgikt. To andre fikk diagnosene arthralgia og mulig fibrosittsyndrom. Ytterligere tre har periodiske leddplager.

Ut fra en samlet vurdering av de yrkesmedisinske, nevropsykologiske og nevrologiske resultater ble 3 tilfeller av sannsynlig og 3 tilfeller av mulig løsemiddelbetinget hjerneskade (organisk psykosyndrom) meldt til Arbeidstilsynet.

Undersøkelsen viser en meget høy forekomst av vedvarende plager tross relativt kortvarig løsemiddeleksponering. Både eksponeringens intensitet og kompleksitet og mulig større følsomhet for løsemiddelpåvirkning hos kvinner kan ha bidratt hertil. Det synes å være tale om et uvanlig komplisert eksponeringsmiljø, som bare er ufullstendig kartlagt. Flere løsemidler som må ha forekommet i høye konsentrasjoner ble ikke identifisert ved de tidligere analyser av arbeidsatmosfæren. I tillegg er kombinasjonseffektene ved samtidig bruk av ulike løsemidler fremdeles i liten grad avklart. Den utbredte forekomsten av leddplager i denne gruppen er påfallende, og slike plagers mulige relasjon til løsemiddeleksponering bør utredes nærmere.

## 1. Innledning

I 1984 ble YHI av LO's miljøkontor bedt om å undersøke 7 kvinner som man mente hadde fått helseskader etter arbeid i vulkaniseringsverkstedet ("Vulkbua") på A/S Sydvaranger. De fleste av kvinnenes plager lignet det som er beskrevet ved akutte og kroniske løsemiddelskader (Juntunen et al, 1980; Arlien-Søborg, 1983; Gregersen et al, 1984; Stabell et al, 1985). I tillegg var det en høy hyppighet av leddplager som hadde startet under eller etter arbeidet i "Vulkbua". Det ble derfor iverksatt en omfattende yrkesmedisinsk undersøkelse av arbeidsforholdene og helsetilstanden til de henviste arbeidstakerne.

## 2. Utredning av arbeidsforholdene

### 2.1 Arbeidsoppgavene ved "Vulkbua"

Når malmen kommer til smelteverket/pelletsverket blir den transportert på kilometerlange gummitransportbånd. Via forskjellige knusere blir den til finere og finere "sand". På et visst tidspunkt i knusningsprosessen går malmen/"sanden" over til å bli transportert i kanaler sammen med vann. For å forhindre slitasje på stålet i disse kanalene blir de belagt med gummiplater innvendig. Gummi blir dessuten brukt som belegg på store magnetiserte valser. Ved skader på gummibelegget må dette repareres eller skiftes ut. Kanaler, valser og lignende demonteres da vanligvis og fraktes til "Vulkbua".

Gummi har vært brukt til transportbånd på A/S Sydvaranger i årtier. Arbeidet med og kunnskapen om vedlikehold og reparasjon av slike bånd har antagelig vært vesentlig for at man fra ca. 1964 begynte med bruk av gummi for å beskytte stålet mot slitasje. Etterhvert fant man indikasjon for anvendelse av gummiisolasjon stadig flere steder i produksjonsprosessen (valser, kanaler m.m.). Den største aktiviteten med gummiisolasjon ved Pelletsverket fant sted i perioden 1974 til ca. 1979, hvor man hadde store utvidelser samtidig med at man måtte sørge for vedlikehold. Seks av de 8 undersøkte kvinnene hadde hele sin ansettelsestid i denne perioden.

På "Vulkbua" har alle stort sett gjort den samme jobben. Den har bestått i å fjerne gammel gummi, skjære til ny, lime denne på og fuge med gummimasse ("kaldvulk") i alle skjøter og kanter. Gammel gummi og lim ble fjernet ved hjelp av en kombinasjon av løsemidler, håndkraft, slipemaskiner og evt. taljer som kunne festes i en flik av gummien. Før man påførte ny gummi, måtte både metallflater og gummi være helt rene og fettfrie. Dette ble oppnådd ved bruk av løsemidler. Limet ble påført ved hjelp av flere strøk av "primer" ("solusjon") og lim. Disse inneholder også for det meste flyktige løsemidler.

Arbeidet kan være fysisk anstrengende, spesielt for kvinner, med derav følgende større innånding. Det kan være meget vanskelig å få

revet løs gammel gummi. Tilskjæring av ny gummi kan være en hard belastning på hendene. Arbeidet med liming og vasking med løsemidler måtte ofte foregå nede i eller inne i metallkonstruksjonene. Enkelte av dem var svært trange, slik at løsemiddelkonsentrasjonen kunne bli meget høy.

## 2.2 Tidligere arbeidsmiljøundersøkelser

Vi har hatt adgang til arbeidsmiljødokumenter fra 1970. Det er ingen beskrivelse av symptomer eller plager fra den gang, men på grunn av høye måleresultater for trikloretylen og toluen ble det konkludert med at det måtte installeres ventilasjon og punktavsug. Flere leverandører av lim og løsemidler til bedriften har dessuten på det tidspunktet skrevet til bedriften og forklart at løsemiddelgasser er et stort problem for mange som bruker produktene. Det advares spesielt mot arbeid i lukkede og trange rom, og det understrekes at det må være godt med utsug og tilførsel av friskluft.

I 1975 ble det gjort anmerkning om det dårlige arbeidsmiljøet i "Vulkbua". Med bakgrunn i at arbeidstakerne klaget over akutte løsemiddeleffekter i form av tretthet, hodepine, sterkt økt søvnbehov, ledd/muskelplager, oppblåst mage m.m., ble det foretatt en rekke undersøkelser ved bedriften. Det har således vært tatt en del biologiske prøver, 2 til 10 prøver fra de undersøkte kvinnene i den perioden de har arbeidet der (se tabell 2). Det har også vært foretatt enkelte målinger av arbeidsatmosfæren (se tabell 1).

I april 1978 stoppet hovedverneombudet midlertidig arbeidet i "Vulkbua" pga. løsemiddeleksponeringen og sykdom og plager hos arbeidstakerne. Dette ga ytterligere aktivitet i miljøarbeidet, og en partssammensatt delegasjon reiste bl.a. på befaring til Trelleborg, A/S Viking og Den Norske Remfabrikken for å se hvordan man der løste lignende problemer. Arbeidsoppgavene var imidlertid ikke helt de samme som ved "Vulkbua" i Kirkenes, slik at man mente det var vanskelig å overføre kunnskapen. Man konkluderte dog med at det som kunne nedsette eksponeringen for løsemidler mest var å begynne med varmvulkanisering i lukkede anlegg. Dette forslaget synes "lagt på is".

Det ble også gjort en undersøkelse av arbeidsmiljøforholdene på "Vulkbua" av Sentralinstituttet for industriell forskning (SI) i 1978. Man hadde fått innvilget en søknad til Kommunaldepartementet om penger til en slik undersøkelse. Det ble tatt en rekke målinger, og man konkluderte med en lang rekke anbefalinger for forbedring av arbeidsmiljøet. Til tross for at flere av målingene sannsynligvis har vært feilaktig lave (se s.7), ble det innført økt ventilasjon, punktavsug, friskluftmasker og nye gassmålere. Statens Arbeidstilsyn foretok en vurdering av arbeidsmiljøforholdene der i mai 1979. Også de kom med en del anbefalinger om vernetiltak.

Selv om det er innhentet en del opplysninger om de kjemiske produktene, er det et gjennomgående trekk ved de tidligere undersøkelser og målinger at de er meget ufullstendige, idet man ikke har målt med tanke på alle de aktuelle løsemidlene i produktene.

I de dokumenter vi har hatt adgang til, foreligger det kun én analyse av løsemiddeleksponeringen hvor man beregner "summasjonsfaktor". Denne er datert 15.3.77, og etter vurdering av nivået for etylacetat, trikloretylen og toluen lå sumfaktoren opptil 7 ganger daværende administrative normer (idag ville det tilsvart ca. 10 ganger normen). Også denne undersøkelsen mangler sannsynligvis analyse av flere vesentlige komponenter (se senere). De fleste andre undersøkelsene tar kun for seg en vurdering av enkelte av løsemidlene i arbeidsatmosfæren, eksempelvis på toluen eller "tri". I 1970 ble det tatt 9 målinger på toluen med gjennomsnitt på 216 ppm (100 - 400 ppm) og 17 målinger på "tri" med gjennomsnitt på 150 ppm (10 - 350 ppm). Målinger tatt i perioden da de undersøkte kvinnene arbeidet i "Vulkbua" vil framgå av tabell 1.

Også de biologiske prøver (se tabell 2) som tidligere har vært foretatt har vært meget ufullstendige. Således har man gjennomgående analysert på toluenutskillingsprodukter eller trikloretylenutskillingsprodukter, og således ikke fått frem et samlet mål på den totale eksponering. Målinger av trikloreddikksyre i urin vil reflektere trikloretyleneksponeringen de siste 4-5 dager (Arbete och Hälsa, 1979:13). De vil ikke gi noe godt bilde av høye trikloretyleneksponeringer i korte perioder på dagen eller en dag med høy eksponering for "tri", hvor man kanskje neste dag arbeider med toluen, metylenklorid og andre løsemidler. Trikloreddikksyremålinger er derfor en dårlig indikator på eksponering, når eksponeringen er varierende (som her). Svært lave verdier kan dog si noe om at det totale opptak av "tri" har vært lavt den siste uke. Ved jevn eksponering på ca. 30 ppm trikloretylen, og ingen spesielle forhold, vil det være mindre enn 50 mg trikloreddikksyre pr. liter urin (300  $\mu\text{mol/l}$ ) (Arbete och Hälsa, 1979:13). Tolueneksponering målt ved hippursyre i urinen kan også være vanskelig å vurdere. Vi utskiller alle hippursyre, ca. 5-6 mmol/døgn (dvs ca 3-4 mmol/l urin), dog med store variasjoner. Hippursyreutskillelsen kan bl.a. påvirkes av kosten. Etter et skift (8t) med konstant eksponering og ingen unormal hippursyreutskillelse eller spesielt konsentrert urin, kan man anslå at en verdi på 16 mmol/l tilsvarer ca 100 ppm toluen i arbeidsatmosfæren (Arbete och Hälsa, 1979:5)

En rekke målinger av biologiske utskillingsprodukter av trikloretylen og toluen har vist seg å ligge høyt. Urinanalyser har vist at de ansatte har vært eksponert for uforsvarlig høye trikloretylenkonsentrasjoner inntil 1978/79 (se tabell 2). Fra dette tidspunkt foreligger det få urinanalyser på trikloreddikksyre. Prøver på hippursyre i urin er det en del av senere. Enkelte av disse tyder på et ikke ubetydelig opptak av toluen, selv om man på dette tidspunkt har begynt med friskluftmasker. De fleste urinanalysene har dog ligget på lave og akseptable nivåer for det målte løsemiddel.

Man installerte på et tidspunkt et alarmanlegg, som man senere beregnet skulle reagere ved ca. 1800 ppm for løsemidlene. Hvilket prinsipp alarmen virket etter, kjenner vi ikke til, og det er derfor ikke mulig å vurdere hvilke utslag den ga for forskjellige

løsemidler, d.v.s. om responsen var den samme. Enkelte slike alarmsystemer reagerer på brennbare løsemidler. De vil da i liten grad reagere på klorerte løsemidler. Etter 35 slike alarmer over en periode mente man at alarmeren gikk på et langt lavere konsentrasjonsnivå (enn 1800 ppm) og sluttet derfor å bruke den. Såvidt vi forstår, tolket man en lav måling (i januar 1978) av "tri" og toluen under arbeid med toluen- og "tri"-holdige produkter som uttrykk for at man ikke kan ha hatt så høye løsemiddelkonsentrasjoner som alarmeren tilsa. Dessuten mente man at målerne var plassert lavere (nærmere maksimale gasskonsentrasjoner) enn arbeidstakernes pustehøyde og derfor ikke ga et adekvat uttrykk for innåndingen av løsemiddeldamper. I tillegg medførte utløsning av alarmeren at ventilasjonsviftene stanset.

Vi har nå vurdert de tidligere målinger tatt av arbeidsatmosfæren og sammenlignet dem med de opplysninger man har om de anvendte produktene. Det er påfallende at det ikke er noen resultater som viser nivåene for ekstraksjonsbensiner i arbeidsatmosfæren. Eksempelvis har man ved bruk av flere lim og "vaskemidler" målt toluen en rekke ganger, men selv ved gasskromatografiske analyser har man ikke fått frem ekstraksjonsbensinen, som det er minst like meget av i produktene. De vil avdampe hurtigere enn toluen og dermed gi større konsentrasjonstopper.

En vesentlig grunn til at ekstraksjonsbensinen ikke er registrert ved analysene kan være at man har benyttet karbondisulfid (CS<sub>2</sub>) ved "uttrekking" av stoffene fra kullet i målerøret. Det er kjent at CS<sub>2</sub> kan "maskere" ekstraksjonsbensin ved slike analyser (Thorud, personlig kommunikasjon).

Man bemerker også at målerresultater fra SI, eksempelvis ved bruk av Atlas 60, viser relativt høye konsentrasjoner av toluen, men ikke etylacetat som det er mer av i limblandingen, og heller ikke ekstraksjonsbensin, som er tilstede i samme blandingsforhold som toluen. Man må forvente at det under arbeid med limet i en viss periode ville bli høyere konsentrasjon av disse stoffene enn av toluen i lufta, fordi de mest flyktige løsemidlene må antas å avdampe forttere enn de mindre flyktige. Dermed må man forvente at sammensetningen av den totale løsemiddeleksponeringen har forandret seg med tiden, men at den samlede løsemiddeleksponeringen har vært langt høyere enn målerresultatene viste. Vi har gjort et forsøk på å teste denne hypotesen, og resultatene bekrefter den (se vedlegg 2).

Nyere erfaringer har vist at også korttidsprøver med håndpumper til kullrør kan ha hatt vesentlige svakheter. Lufthastighetene kan ha vært for høye, slik at løsemidlene ikke har hatt tid til å binde seg til kullet i målerøret. Spesielt ved høye konsentrasjoner kan dette ha medført for lave verdier.

### 2.3 Vernetiltak

I løpet av 70-årene ble det innført en rekke vernetiltak. Man forsøkte å forbedre den generelle ventilasjonen, og man begynte å bruke kullfiltermaske hyppigere. I løpet av 1978-79 ble det tatt i bruk friskluftsmasker. Idag har man i tillegg til den generelle ventilasjonen også lokale avsg.



I praksis viser imidlertid både de ansattes subjektive symptomer og målinger av løsemidler i urinen at man ikke alltid har brukt (eller kunnet bruke) maske. Bruk av maske har vært vanskelig f.eks. under arbeid inne i trange konstruksjoner, og det har antagelig vært så ubehagelig at man ikke har orket gå med maske hele dagen. Indirekte eksponering fra andre som brukte løsemidler, mens man selv arbeidet med andre ting uten maske, har dessuten vært vanlig.

Flere av kvinnene forteller at de hadde hatt vanskeligheter med å finne masker som sluttet tett omkring deres smale ansikter. På grunn av dette fikk en av dem limt på ekstra gummi i masken.

Man må også kunne regne med at, ved de ekstreme konsentrasjoner det sannsynligvis har vært nede i konstruksjonene, har ikke kullfilter-maskene vært tilstrekkelige. Ved den hastighet man puster igjennom filteret med, vil ikke all gassen nå å binde seg til kullfilteret. Dette er helt tilsvarende de forannevnte svakhetene ved kullrørsmålinger med håndpumpe. Flere mente at de hadde kjent gasslukten gjennom kullfilteret. Man må også regne med at filtrene hurtig er blitt mettet med løsemidler.

Hansker har ikke vært brukt konsekvent de første årene. Hanskene hadde også kort "levetid", fordi de gikk i stykker pga. løsemidlene (svullet opp og ble sprø). Som kommentar til to relativt høye "tri"-målinger på to av de undersøkte er det skrevet at de to personene vasket hendene i 70% "tri". Enkelte av arbeidstakerne hadde dog vært meget nøye med bruk av hansker og brukte flere lag.

#### 2.4 Undersøkelse av anvendte produkters kjemiske sammensetning

Vi har bedt om å få en oversikt over forbruket av løsemidler i den perioden hvor de henviste kvinnene arbeidet i "Vulkbua". Vi har mottatt informasjon angående forbruket i 1976 og i 1983 (se tabell 3). Den viser at løsemiddelforbruket har vært nærmere fire ganger så høyt i 1976 som i 1983. "Tri"-holdige produkter har man tydeligvis nå forsøkt å erstatte med mindre toksiske produkter.

Vi har forsøkt å innhente mest mulig nøyaktig opplysning om sammensetningen av de produkter vi har fått opplyst har vært brukt. Dette er tidkrevende arbeid. Man får ofte sparsomme opplysninger, og man er heller ikke sikker på om disse er helt korrekte. De løsemidler som går igjen, er de som man har vært oppmerksom på, eksempelvis trikloretylen, toluen og etylacetat. I tillegg har produktene inneholdt vesentlige mengder andre løsemidler, eksempelvis 1,1,1-trikloretan, white-spirit, metylenklorid, perkloretylen, xylen, metoksyetanol og forskjellige ekstraksjonsbensiner (se tabell 4).

Vi undersøkte først et av limene ved en ikke helt fullstendig gasskromatografisk undersøkelse, og det fremgikk at limet ("Atlas 60") inneholdt en ekstraksjonsbensin med ca 50% n-heksan (se vedlegg 1). Sammensetningen ellers tyder på at den svarer til det som på engelsk betegnes "commercial Hexane".

Med bakgrunn i ovennevnte funn innhentet vi nærmere opplysninger angående petroleumstilsetning i flere andre av de brukte produkter.

I tillegg analyserte vi sammensetningen i en rekke av produktene (se vedlegg 1). Et lim ("Solufix 9") viser seg å inneholde ca 50% petroleum med et n-heksan innhold som kan variere fra 20% til 30%. Et vaskemiddel ("K-fortynner") inneholder 50-60% petroleum med ca. 6% n-heksan.

De andre produktene som inneholder ekstraksjonsbensin har ifølge produsentene et litt høyere kokepunkt (90° - 100-110°), og vil således måtte forventes å inneholde lite n-heksan. Om produsentene har skiftet til ekstraksjonsbensin med høyere kokepunkt (og mindre n-heksan) i den aktuelle periode er usikkert.

Ved liming av transportbelter ute i Pelletsverket blir det brukt ren ekstraksjonsbensin med 50% n-heksan til "vasking". Til liming blir det brukt Atlas 50 som hovedsakelig inneholder den samme ekstraksjonsbensinen som løsemiddel. Dette arbeidet foregår nå i enormt store lokaler, og det er derfor mulig at eksponeringen blir liten. Tidligere ble enkelte reparasjoner foretatt i et lite rom i Pelletsverket. Målinger fra 1970 viser at man der under liming hadde 10-15 mg "kullvannstoff" pr. liter luft. Dette oppfatter vi som et mål på ekstraksjonsbensinen. Med forbehold om at det ikke er opplysninger om hvordan man har målt, tilsvarer dette 3-4000 ppm (30-40 ganger dagens administrative norm). Men disse produkter skal angivelig ikke ha vært brukt i "Vulkbua", og de undersøkte kvinner har heller ikke limt transportbelter. En av dem har dog assistert ved denne limingen i en kort periode.

Metyletylketon (MEK) kan forsterke n-heksans skadevirkninger på perifere nerver betydelig (Arbete och Hälsa 1980:19; Altenkirch et al, 1978; Spencer et al., 1980). Det er derfor svært viktig å vite om MEK har vært brukt. MEK er vanlig brukt i lim til kunstgummi, men ifølge produsentene (1984) finnes det ikke MEK i noen av de produktene vi har bedt om opplysninger på. I følge gamle papirer på den mest brukte primeren (Liquid Buffer) inneholdt den i 1970 bl.a. ketonene MEK og cykloheksanon og i 1979 "3% ketoner". Man må da kunne anta at det dreier seg om de samme ketoner i 1979 som i 1970. Om de var til stede i produktet i høyere konsentrasjon enn 3% før 1979, vet vi ikke. I 1985 fant vi, i overensstemmelse med produsentens opplysninger, ingen ketoner (se vedlegg 1). I følge opplysninger fra formannen ble det inntil ca. 1970 brukt lim fra Trelleborg som inneholdt 10-30% MEK. I perioden 1980-82 ble det brukt ca. 10 liter ren MEK til rengjøring av verktøy.

I tillegg til løsemidlene inneholder produktene en rekke stoffer i mindre konsentrasjon, men som kan være mer potente og ha mer vanskelig forutsigbare virkninger. Eksempler på dette er tungt flyktig isocyanat i herdere. Små mengder fenylisocyanat ble påvist ved analyse av den anvendte herder. Ditiocarbamater, som flere av limene inneholdt, er andre forbindelser som kan være biologisk aktive, men hvor det vil være vanskelig å forutsi den biologiske effekt. Ditiocarbamater har i dyreforsøk vist seg å kunne øke opptak av bly til hjernen (Oskarsson, 1984) og "tri" til blodet (fra innåndingsluften) (Jakobson et al., 1984). Det er kjent at gummiindustri har et uhyre komplekst kjemisk miljø (Holmberg og Sjöström, 1977). En del av disse "gummikjemikalier" (i tillegg til de allerede nevnte) må forventes å ha vært tilstede i de brukte gummilim og gummiløsninger.

### 3. Medisinske undersøkelser

#### 3.1 Undersøkelsesgruppen

Initiativet til undersøkelsen kom fra 7 kvinner som hadde vedvarende helseplager etter å ha arbeidet i mer enn ett år i "Vulkbua", A/S Sydvaranger. De hadde tatt kontakt med LO's miljøkontor, som henviste dem til Yrkeshygienisk institutt. I løpet av utredningen viste det seg imidlertid at ytterligere to kvinner hadde hatt tilsvarende ansettelsestid i "Vulkbua" (mer enn 1 år). Disse kvinnene ble også tilbudt undersøkelse. Den ene har gjennomgått fullstendig utredning, den andre delvis utredning. Resultatene for begge disse kvinnene er i alt vesentlig samsvarende med resultatene for de øvrige undersøkte, både når det gjelder akutte og vedvarende symptomer. I denne rapporten framlegges resultatene for de 8 arbeidstakerne som har deltatt i fullstendig yrkesmedisinsk, nevropsykologisk, nevrologisk og revmatologisk undersøkelse.

Gjennomsnittsalderen for de 8 undersøkte var på undersøkelsestidspunktet 42 år (32-60 år). Gjennomsnittlig ansettelsestid var 31 måneder (12-45 mndr.). Eksponeringstiden har vært en del kortere for enkelte pga. sykemeldinger og kurs. Tid fra opphør av eksponering til undersøkelsene ble påbegynt var gjennomsnittlig  $4\frac{1}{2}$  år (15 måneder til 7 år).

I tillegg har det fra 1974 arbeidet 4 andre kvinner i "Vulkbua" (før det ingen kvinner). Disse var under 20 år og arbeidet der fra 6 måneder inntil ét år.

I den samme perioden har omtrent like mange menn vært ansatt i "Vulkbua". To mannlige arbeidstakere, med henholdsvis 35 og 12 års ansettelse og som fortsatt arbeider i "Vulkbua", ønsket ikke undersøkelse.

Antall ansatte i "Vulkbua" har variert fra 3 til 8 personer. Fra 1968 til juni 84 ble 26 personer ansatt. De hadde en gjennomsnittlig ansettelsestid på  $1\frac{3}{4}$  år (6 mdr - 5 år).

#### 3.2 Undersøkelsesmetode

Forut for den yrkesmedisinske undersøkelsen utfylte pasientene det såkalte "Ørebrokjemaet" ("screeninginstrument" for løsemiddel-skader) (Hane et al, 1980). Ved den yrkesmedisinske undersøkelsen ble det lagt vekt på en grundig gjennomgang av tidligere yrkesmessige eksponeringer, tidligere sykdommer og sosiale forhold. Man gjennomgikk detaljert hvordan arbeidsoperasjonene i "Vulkbua" ble utført, og hvilke symptomer og plager som oppstod i tilknytning til arbeidet. I tillegg til et delvis strukturert journalopptak og utdyping av svarene på Ørebrokjemaet, besvarte alle to detaljerte spørreskjemaer, ett om utvikling av hevelser i magen/kroppen og ett om leddplager. Det ble foretatt en vanlig klinisk undersøkelse samt en orienterende nevrologisk undersøkelse.

Den nevropsykologiske undersøkelse (tabell 8) vurderer ved hjelp av psykologiske tester og samtale om det er målbare utfall i spesielle hjernefunksjoner som hukommelse, konsentrasjon, abstraksjonsevne m.m., og om disse utfall har en karakter og et mønster forenelig med det vi ser ved løsemiddelbetinget hjerneskade (Hänninen & Lindström, 1979; Ekberg & Hane, 1982; Tvedt, 1984). I tillegg gir psykologens undersøkelse verdifulle supplerende opplysninger om arbeidsmiljø og sykehistorie.

Pasientene ble dernest henvist til neurologisk avdeling i Tromsø. Samtidig ba vi om at de måtte bli undersøkt av revmatolog pga. den påfallende høye hyppigheten av leddplager. I tillegg til en grundig legeundersøkelse ble det foretatt en rekke laboratorieundersøkelser og supplerende neurologiske undersøkelser (CT, EEG, EMG med neurografi, "evoked responses"). Endelig er det tatt røntgenbilder av ledd.

Ved mistanke om løsemiddelbetinget hjerneskade er det viktigste formålet med neurologisk undersøkelse å utelukke andre årsaker, men man kan også i enkelte tilfeller finne tegn som styrker løsemiddel-diagnosen. Dette kan f.eks. være forandringer i hjernens størrelse. Ved store forandringer kan disse ses på spesielle røntgenbilleder (computertomografi (CT)). Skader i det perifere nervesystem (f.eks. til armer og ben) kan i enkelte tilfeller påvises i form av nedsatt følesans, forandrede reflekser og/eller unormal hastighet og styrke på nerveimpulser målt ved elektriske metoder. Undersøkelsen ved neurologisk avdeling skulle også utelukke andre medisinske årsaker som stoffskiftesykdom, blodsykdom m.m.

Den revmatologiske undersøkelse ble gjennomført for å bekrefte eller avkrefte revmatisk sykdom, og for å klarlegge om det var spesielle fellestrekk i symptombilledet.

## 4. Resultater

### 4.1 Akutte og kroniske nevrasteniske symptomer

Samtalene ga entydig inntrykk av at det hadde vært brukt svært store mengder løsemidler under uforsvarlige forhold. De fleste beskrev hvordan løsemidler ble øst med litersboks eller våte koster på steder hvor fastsittende lim og gummi skulle fjernes. Flere tilfeller av akutte forgiftninger med kvalme, oppkast og nærbesvimelse ble beskrevet i forbindelse med vasking med løsemidler og liming. Beskrivelsene av akuttsymptomer tyder på at arbeidstakerne må ha vært utsatt for meget høye løsemiddelkonsentrasjoner (se tabell 5).

Etter oppstemthet og nærmest rusfølelse på arbeidet var ekstrem trøtthet om ettermiddagen og aftenen det vanlige. Enkelte falt i søvn over matpakka i spisesalen. Flere hadde gitt opp fritidsaktiviteter, fordi de var så trøtte. Lange middagslurer tok svært ofte hele aftenen. Familimedlemmer hadde klaget over konas eller mors trøtthet. Fem fortalte at de ofte sovnet på bussen hjem, selv

om kjørestrekningen var kort. De fleste hadde opplevd unormal reaksjon på alkohol i form av sterk effekt av små kvanta samt at de fort ble dårlige hvis de drakk mere. Vanligvis gikk plagene en del tilbake i helger eller etter noen dager/uker med ferie eller sykefravær. Flere beskrev det som en helt ny tilværelse, da de kom seg bort fra "Vulkbua". De fleste har dog fortsatt en del vedvarende plager, og hos enkelte har leddplager og forskjellige tretthetssymptomer gjort at de ikke er i arbeid idag (se tabell 6). Syv av 8 enten er eller har vært på attføring.

#### 4.2 Spesielle symptomer

##### Hevelser

Syv hadde opplevd at de ble oppblåst i magen i tilslutning til arbeidet i Vulkbua. Denne oppblåstheden ble av de fleste oppfattet som en ubehagelig hevelse i magen, mest i nederste del. Enkelte opplevde det som luftplager, men de fleste visste ikke sikkert om det var luft eller væske i magen. Det følte som "graviditet i 6. måned". Plagene tiltok ut på arbeidsdagen og mot arbeidsukens slutt. Ofte hadde de vansker med å få på seg private klær ved arbeidstidens slutt. Fire hadde hyppige plager og søkte bedriftslegen for dette. I enkelte tilfeller bekreftet måling forstørret mageomfang. En fikk tatt røntgenbilleder av mage og tarm. Disse plagene var delvis årsak til omplassering av enkelte. Tre-fire fortalte at de fikk et kraftig sug i magen og behov for å spise noe når de hadde arbeidet med enkelte lim. Plagene er stort sett forsvunnet etter at de sluttet i "Vulkbua".

En arbeidstaker opplevde første gang hun arbeidet med "kaldvulking" at hun dagen etter var svært hoven og pløsete i ansiktet. En uke etter prøvde hun seg igjen og fikk de samme plagene. Etter dette nektet hun å arbeide med "kaldvulking". Tre andre hadde en del plager med hevelser i hender, ankler og ansikt.

##### Leddplager (se tabell 7)

Syv av de 8 har utviklet leddplager. Hos 6 av dem utviklet leddplagene seg mens de arbeidet på "Vulkbua", hos den syvende etterpå. En er uførepensjonert pga. leddgikt, og en har en sannsynlig revmatisk leddgikt som i hvert fall i perioder gjør henne helt arbeidsufør. De resterende har mere eller mindre behandlingstrenghende lette leddplager kombinert med plager fra ømme muskler og/eller kraftnedsettelse eller føleforstyrrelser (paresthesier). Plagene er gjerne startet i fingre, tær, håndledd og ankler. Hos flere har leddplagene vært kombinert med følelse av stivhet, hovenhet omkring ledd og føleforstyrrelser i hud og muskulatur omkring leddene.

#### 4.3 Revmatologiske resultater

Hos to av de undersøkte ble det funnet objektive tegn på leddgikt. I begge tilfelle mener revmatologen at det er en viss usikkerhet om typen leddgikt. Fire andre fikk diagnosene arthralgi (leddsmerter) og/eller mulig "fibrosittsyndrom" (en slags revmatisk lidelse med tretthet, varierende smerter i ledd og muskler m.m. (Brath, 1982)). En hadde en ledd/muskellidelse av mulig revmatisk karakter.

#### 4.4 Resultater av laboratorieundersøkelser

Ved undersøkelsen i Tromsø er det funnet normalverdier angående blodprosent, antall røde og hvite blodlegemer og blodplater, leverfunksjon, nyrefunksjon, stoffskifteprøver mm. "Giktantistoff"-prøver (Waalser, Latex) var positive hos en pasient med leddgikt og en av prøvene var positiv hos en som ikke har fått diagnosen leddgikt. Begge prøvene var negative hos en pasient med objektive tegn på leddgikt.  
(En positiv prøve kan gi mistanke om leddgikt, men prøven kan også være positiv hos enkelte som ikke har leddgikt.)  
Det fantes ingen holdepunkter for alternative medisinske sykdommer.

#### 4.5 Nevropsykologiske testresultater

Testene ga grunnlag for å anta at en pasient hadde løsemiddelbettinget hjerneskade. To andre arbeidstakere hadde resultater som reiste mistanke om løsemiddelskade (se tabell 9). En fjerde av de undersøkte hadde klare avvik på sensomotoriske prøver. Utfallene var atypiske for løsemiddelskade, men nevrologisk undersøkelse har ikke avdekket noen alternativ forklaring. Det ble i øvrig konkludert med at alle evnemessig lå på eller over gjennomsnittet. Det er således tale om personer med evnemessig utrusting til å kompensere for lettere svikt på enkelte psykologiske funksjonsområder. Vi har erfaring for at slike personer kan kompensere for lettere innlærings- og hukommelsesvansker i testsituasjonen og til dels også i dagliglivet, men at dette ofte krever en uvanlig innsats og kan gi seg utslag i uttalt tretthet og hodepine.

#### 4.6 Nevrologiske undersøkelsesresultater

Hos fire ble det funnet tegn forenelige med lett polynevropati. To hadde lett nedsatt muskelstyrke og bevegelsestempo, og en hadde lette koordinasjonsforstyrrelser. Utover dette ble det ikke gjort vesentlige nevrologiske funn.  
Røntgenbilder av hjernen (cerebral CT) og registrering av hjernens elektriske aktivitet (EEG) viste normale resultater for alle.  
Måling av ledningshastigheten i nerver i armer og ben viste lett nedsatt nerveledningshastighet ved 3 målinger hos en pasient og mulig nedsatte verdier hos en annen.  
I ingen av tilfellene ble det funnet holdepunkt for alternative, nevrologiske sykdommer.

## 5. Diskusjon

Høye løsemiddelkonsentrasjoner gir ofte akutte løsemiddeleffekter i form av rusfølelse, tretthet, økt søvnbehov, kvalme, uvanlig reaksjon på selv små mengder alkohol, abstinenssymptomer, irritasjon og hodepine (Arlien-Søborg, 1983; Gregersen et al., 1984; Stabell et al., 1985). Alle disse helseeffekter har vært til stede hos 7 av de 8 undersøkte kvinner. Dette gir en klar indikasjon på at løsemiddelkonsentrasjonen har vært tilstrekkelig høy til å kunne gi helseskader. (Den åttende arbeidet sjelden inne i trange konstruksjoner, måtte fritas for kaldvulkanisering pga. ødemutvikling ved dette arbeidet og hadde veltilpasset verneutstyr.)

Sykehistoriene og de medisinske og psykologiske undersøkelsesresultatene peker også klart i retning av kronisk løsemiddelbetinget hjerneskade hos flere av arbeidstakerne. Enkelte av de tidligere og nåværende subjektive symptomer (føleforstyrrelser og nedsatt kraft i armer og ben) tyder dessuten på at også det perifere nervesystem er blitt påvirket. Dette underbygges ved at det hos fire er gjort funn som kan være forenlige med perifere nerveskader. De nevrologiske og laboratoriemessige undersøkelser har ikke gitt holdpunkter for alternative årsaksfaktorer til symptomene, hverken på sentral eller perifer skade. Det er dessuten sammenfall i tid mellom løsemiddeleksponeringen og symptomutviklingen, og de vedvarende symptomene stemmer godt overens med det som er kjent fra tidligere undersøkelser av løsemiddeleksponerte. Således er det velkjent at løsemiddeleksponering over tid kan gi varige sentrale nerveskader (hjerneskade) i form av et organisk psykosyndrom (Juntunen et al, 1980; Arlien-Søborg, 1983). Det er også velkjent at løsemidler kan gi perifere nerveskader (Juntunen et al, 1980; Aarli & Fossan, 1985). Eksempelvis har n-heksan i flere industriarbeidergrupper vist seg å kunne utløse nerve- og muskelskader i ben og armer (Abritti et al, 1976; Buiatti et al, 1978). Disse symptomer og sykkelige forandringer kan oppstå etter få måneders eksponering. Lammelsene har også ofte utviklet seg eller begynt flere måneder etter avsluttet n-heksaneksponering. Derne vil de normalt gå tilbake over en periode på inntil to-tre år. Også toluen, "tri" og andre løsemidler vil kunne utløse perifere nerveskader (Grandjean et al, 1955; Matsushita et al., 1975; Takeuchi et al., 1975; Magnussen og Fossan, 1983; Devathanan et al., 1984). Enkelte undersøkelser har påvist perifere nerveskader så lenge etter opphørt eksponering at man mener skadene er blitt permanente (Looft, 1930; Mutti et al, 1982; Seppäläinen, 1982).

Det uvanlige i den aktuelle undersøkelsen består i at symptomene på nerveskade er oppstått etter så kort eksponeringstid (12-45 måneder). En mulig årsak kan være at det har vært mange høye løsemiddelkonsentrasjonstopper under arbeidet. De tidligere målingene både i arbeidsatmosfæren og i urinen synes å være beheftet med vesentlige svakheter og har sannsynligvis vist for lave verdier i forhold til den reelle løsemiddeleksponeringen. Til tross for dette har en rekke prøver, spesielt i perioden 1974-78, vist verdier langt over de administrative normene. Dessuten har en vesentlig del av arbeidet i "Vulkbua" foregått i mere eller mindre trange kanaler og "kasser" hvorfra man erfaringsmessig vet at det

er vanskelig å få ventilert bort løsemiddeldamper. Man må forvente at det her har vært svært høye/ekstreme konsentrasjoner. I tillegg har arbeidet i "Vulkbua" ofte vært fysisk anstrengende, og man vet at tungt fysisk arbeid øker opptaket av løsemidler. Sammenlignet med lett arbeide kan to timers tungt arbeide flerdoble opptak av løsemidler og opptil 10-doble nivået av løsemidler i fettvev (Åstrand, 1984).

Man bør dessuten merke seg at stoffer som har vært tilstede i betydelige konsentrasjoner i flere av de mest brukte produkter ikke er registrert ved de kjemiske analysene av prøvene fra arbeidsatmosfæren i "Vulkbua". Det dreier seg hovedsaklig om ekstraksjonsbensiner med varierende mengder n-heksan, men også xylen, perkloretylen mm. Disse stoffer har forskjellige karakteristiske toksikologiske egenskaper, som er av betydning for vurdering av helseskadene. F.eks. har, som ovenfor nevnt, perifere nervelammelser i forbindelse med n-heksaneksponering ofte vært sett etter få måneders eksponering. Man vet at n-heksan også kan påvirke sentralnervøse strukturer (Schaumburg & Spencer, 1976; Mutti et al., 1982). De sentrale skader vil ha mindre tendens til å være reversible. Man kan således ikke se bort fra at n-heksaneksponering kan ha hatt betydning for den raske utviklingen av flere av disse pasienters symptomer på løsemiddelbetingede hjerneskade.

I tillegg må man, i det kompliserte kjemiske miljøet som her har vært tilstede, kunne regne med muligheten for at forskjellige kjemiske stoffer kan ha påvirket hverandres opptak og effekt (evt. forsterket, forminsknet eller på annen måte forandret effekten) (Hansson et al., 1984). Først og fremst må man kunne regne med at de stoffer som har vært tilstede i store konsentrasjoner, dvs. de forskjellige løsemidlene, vil kunne påvirke hverandres effekter, men også andre potente stoffer i små mengder vil teoretisk kunne ha hatt betydning for utviklingen av skader.

Ditiocarbamater finnes f.eks. i små mengder i to av limene. Det er vanskelig å si om det har vært noe opptak av betydning, men disse stoffene har vist seg å kunne 3-4 doble opptaket av trikloretylen i blodet (Jakobson et al., 1984), og i likhet med en del andre stoffer kan de øke trikloretylens leverskadende effekt. De har også vist seg å kunne aktivere kroppens immunapparat (Renoux, 1981; Neveu et al., 1980). (Immunapparatssykdom kan være en mulig forklaring på de her beskrevne leddplagene.)

Et av de brukte limstoffene (en "solusjon") har inneholdt 1-5% blyfosfit. Etter avdampning av løsemidlene vil konsentrasjonen av bly øke på den limte flaten. Dette blyet må formodes å ha vært relativt sterkt bundet i limet, men kan teoretisk - ved en kombinasjon av uheldige arbeidsrutiner, bearbeidning av tidligere limte flater o.l. - bli gjort tilgjengelig for biologisk opptak. Støv fra "rondeller", som ble brukt til å slipe bort rester av lim og gummi, kan ha inneholdt bly. Mange av pasientenes symptomer kan være forenlig med blyforgiftning (Baker et al., 1984). Det er ikke tatt analyser til vurdering av bly i arbeidsatmosfæren eller biologisk opptak. Ditiocarbamater har i dyreforsøk vist seg å mangedoble (inntil 100 ganger) opptaket av bly til hjernen (Oskarsson, 1984). Vi anser dog ikke blyeksponeringen som den mest sannsynlige årsaken til pasientenes symptomer.



Når det gjelder sammenheng mellom leddplager og løsemidler, foreligger det få holdepunkter i litteraturen. Lette leddplager (arthralgier) er dog beskrevet i forbindelse med trikloretylen og petroleumsprodukter (Dorendorf, 1901) og i enkelte artikler som et vanlig symptom ved løsemiddelbetingede hjerneskadener og perifere nerveskadener (Pedersen et al., 1980)

Vi har ikke i forskningslitteraturen funnet noen sikker sammenheng mellom leddplager eller leddgikt (revmatisk) og løsemidler. Årsaken til leddgikt vet man lite om. Man vet at det er en familiær disposisjon, men utløsende faktorer er langt fra klarlagt. Leddplager og leddgikt kan ses i forbindelse med infeksjoner f.eks. Reiters sykdom og tuberkulose (Denman, 1977). I dyreeksperimenter og ved uhell hos menneske har en liten injeksjon av døde tuberkelbasiller fremkalt leddgikt (Conklin et al., 1969). Et medikament til behandling av tuberkulose har framprovosert enkelte tilfeller av leddgikt (Saslaw & Klainer, 1969). Vinylklorid (monokloretylen) som brukes til å produsere PVC, menes å være årsak til en såkalt "immunsykdom" som blant annet medinndrar benbygning og ledd (Dinman, 1971). Enkelte forfattere mener at trikloretylen og perkloretylen også kan påvirke kroppens immunsystem og gi lignende sykdomsbilder (Reinl, von W., 1957; Sparrow, 1977; Saihan et al, 1978).

I et dyreforsøk har man testet forskjellige kjemiske stoffers evne til å gi leddbetennelse ved å sprøyte stoffet inn i leddet (Rogers et al., 1969). Utgangspunktet var mistanke om at feil i stoffskiftet kunne gi opphopning av slike stoffer og derved fremkalle leddgikt. Man fant da at de stoffer som hadde størst evne til å fremkalle leddskade, var de med størst fettløselighet. Toluen ble også testet, og det hadde en viss evne til å fremkalle leddbetennelse. Teoretisk kan man tenke seg at løsemidlene via lunger og blod kan nå frem til leddhulen og fremkalle en irritasjon og senere symptomer som ved leddgikt.

Foreløpig kan dette bare anses for å være spekulasjoner, og det er etter vår mening ikke nok tungtveiende argumenter for å si at arbeidsmiljøet er den avgjørende faktor bak de her observerte tilfellene av leddgikt og leddplager.

Fire av de undersøkte fikk under arbeidet i "Vulkbua" smerter i skuldre og/eller håndledd, som sannsynligvis skyldes belastningen ved løsrivning av gammelt gummibelegg og tilskjæring av gummi. Belastning kan imidlertid neppe forklare leddplagene i de ytre fingerledd i samtlige fingre eller leddplagene i ben og føtter.

Når det gjelder hevelsene i magen/underlivet ("som graviditet i 6. måned"), synes vi også det er vanskelig å peke på sannsynlige årsaksfaktorer. Mage- eller tarmpplager er på den annen side et svært vanlig symptom ved løsemiddeleksponering. Men plagene går stort sett på "sur i magen", "løs mage", luftplager o.l. Klager over oppblåsthet i magen er imidlertid rapportert hos enkelte løsemiddeleksponerte (Andersson, 1957). Det er tenkelig at irritasjonseffekter av gassene på tarmveggen eller f.eks. bedøvelse av nervene til tarmen kan føre til nedsatt tarmbevegelse og luftdannelse. Nylig er det kommet en japansk artikkel om pasienter med en sjelden tarmsykdom (pneumatosis cystoides coli) som medfører

dannelse av små luftbobler under slimhinnen i tarmen (Yamaguchi et al., 1984). Man undersøkte 13 pasienter som hadde vært innlagt for denne sykdommen tidligere. Det viste seg at 12 av dem hadde arbeidet med trikløretylen. De var blitt bedre da de ikke lenger var eksponert. Selv om det ikke later til at disse pasientenes symptomer ligner på de "oppblåste magene" i "Vulkbua", forsterker det inntrykket av at trikløretylen og antagelig andre løsemidler kan påvirke tarmene.

Hvorfor er det bare kvinner som er blitt syke? Vi vet lite om mennenes plager og mulige positive funn hos dem. De mannlige arbeidstakere idag ønsket ikke å la seg undersøke. Vi har imidlertid fått flere indikasjoner på at noen av de mannlige arbeidstakerne i "Vulkbua" i hvert fall har hatt plager fra omgangen med løsemidler. Tidligere avisskriverier om impotens hos mennene på "Vulkbua" gjør vel (tross dementier) sitt til at mennene ikke ønsker ny stigmatisering. Kvinner ble tatt inn i produksjonen fra 1974. Dette faller sammen med en toppaktivitet på "Vulkbua" i perioden 1974-79. Med økende aktivitet må man også regne med økende løsemiddeleksponering. At hovedverneombudet stoppet arbeidet på "Vulkbua" midlertidig våren 1978, kan også tyde på dette. I slutten av perioden ble arbeidsmiljøaktivitetene økt, slik at man med bedre rutiner og verneutstyr burde forvente en lavere eksponering. En bedring har det vært, men likevel viser subjektive plager og biologiske målinger at det må ha skjedd et ikke ubetydelig opptak av løsemidler også etter at disse forandringene ble gjennomført (Se tabell 1 og 2).

Enkelte undersøkelser indikerer at kvinner lettere påvirkes av løsemidler enn menn (Abritti, 1976). Aktuelle hypoteser er at hormonelle forskjeller kan bety noe for opptak, forbrenning og fordeling av løsemidler, og at kvinnene pga. forholdsvis større mengde underhudsfett kan oppta mere løsemidler der og avgi det langsomt til blodet, slik at det skaper en mere kronisk påvirkning hos kvinner. I tillegg er det sannsynlig at kvinnene i "Vulkbua" måtte anstrenge seg mere ved dette til tider tunge arbeidet. Det medfører at de må forventes å ha pustet mere, og således kan ha opptatt forholdsvis mere løsemiddel via lungene. Enkelte av kvinnene mente dessuten at de mere enn andre arbeidet i trange kanaler, fordi de var små nok til det. Dette kan eventuelt ha gitt flere og høyere konsentrasjonstopper. Endelig hadde enkelte kvinner problem med å få gassmaskene til å passe til deres smale ansikter. Det ble lett lekkasje av gass inn i masken.

Man tar ofte høy "gjennomtrekk" av arbeidskraft som et tegn på dårlig arbeidsmiljø. Til tross for at kvinnene beskriver et svært godt felleskap og en fin omgangstone på "Vulkbua", har det vært en usedvanlig høy "gjennomtrekk". Bortsett fra formannen og hans sønn virker det som om mennene har søkt seg bort ennå fortere enn kvinnene, og at de har hatt lettere for å få andre jobber, når de fikk plager på "Vulkbua".

## 6. Konsekvenser

### 6.1 Meldinger om yrkesbetingete sykdommer

Utifra en samlet vurdering av eksponering, subjektive symptomer og deres tidsmessige relasjon til løsemiddeleksponeringen samt psykologiske og medisinske undersøkelsesresultater er følgende lidelser meldt til Arbeidstilsynet. Kopi er sendt til det lokale trygdekontor.

Sannsynlig løsemiddelbetinget hjerneskade	3
Mulig løsemiddelbetinget hjerneskade	3
Sannsynlig yrkesbetinget perifer nerveskade	2
Mulig nervelammelse, sannsynlig yrkesbet.	1
Mulig yrkesbet. leddgikt eller leddsmerter	7
Sannsynlig yrkesbetinget eksem	1
Mulig yrkesbetinget eksem	1

Samme person kan ha fler enn én diagnose.

Rapport om resultatene av undersøkelsen er sendt til LO's miljøkontor og til bedriften.

### 6.2 Anbefalte tiltak

De aktuelle arbeidstakere må få hjelp til å få de nødvendige trygdeytelser, en hurtig saksbehandling og evt. støtte til attføring og omskolering.

Man bør igjen vurdere arbeidsprosessene i "Vulkbua" og skifte ut toksiske løsemidler med mindre giftige. Bruk av n-heksanholdig lim bør avskaffes. Kontroll av eksponeringen må foregå slik at man unngår de forannevnte feilkilder ved målingene.

Man bør igjen vurdere om prosessene kan lukkes inne i større grad ("varmvulkanisering").

Tabell 1

Løsemiddelmålinger i arbeidsatmosfæren i "Vulkbua"

Administrativ norm (1984): Toluen:75, "Tri":30, etylacetat: 300, 1,1,1-trikloretan:100 ppm.

Dato	Målemetode	Løsemiddel	Konsentrasjon (ppm)	Arbeidsprosess
mars77	Kullrør/kortttids (20 pumpe­slag)			
	Prøvenr 1	Etylacet. "Tri" Tolu­en	59 24 630	Liming (20-30% toluen 20-30 exbens(heksan) og 30-40 etylac.)
	Prøvenr. 2	Etylac. "Tri" Tolu­en	203 12 412	Samme lim Prøve 1 og 2 tatt i ansiktshøyde.
	Prøvenr. 3	Etylacet. "Tri" Tolu­en	34 12 35	Samme lim, prøve tatt i rommet.
	Prøvenr. 4	Etylacet. "Tri" Tolu­en	17 60 16	Lim("Tri" 60-100%) + vaskem.("Tri" 60-100% og 10-30 etylac. )
	Prøvenr. 5	"Tri"	42	Lim( 60-100% "Tri")
	Prøvenr. 6	"Tri"	16	Samme lim, prøven tatt i rommet.
	Prøvenr. 7	"Tri"	90	
jan 78	Kullrør/kort- tids (20 pumpe­slag)	"Tri" Tolu­en	32 53	Vask m. toluen og lim inneh. "tri".
Jan-feb 1978	Langtidsrør (ca 12 prøver)	Tolu­en Gjenn.sn.	20-100 50	Vasking/liming
Apr-mai 1978	Langtidsrør (Personbåret)	Tolu­en	460 220 1167 250 140	1 time lim/vask 1 time lim/vask 1½ time lim/vask (lim 20%,vask 40% toluen) Vasking/liming Vask/liming
mai 79	Korttid (AT) (Topp.eks­po. i pustesone) Langtids (8 t) (2 mål. i rom) "Personbårne prøver ødelagt i analysen"	Tolu­en Etylacet. Metylenkl. Tolu­en "Tri"	130(g.sn) 2000 100 10-20 2-5	Liming/vask m.tolu­en.  Liming. "Kaldvulk"
13/9-79	Kapillar- kolonne med aktivkull (SI)	Tolu­en "Tri" 1,1,1-Tri- kloretan	30-50 20-150 29(en pr.)	<u>I rom</u> under liming. (Høye verdier for Trikloretylen når "Tri"-lim/vask. Da lave for toluen. Ellers omvendt.
				<u>Bensiner ikke målt.</u>

Tabell 2

Måling av utskillelsesprodukter for "Tri" og toluen i urin

Som mål på trikloretyleneksponering er det målt trikloreddikkesyre (TCA) i umol/l. Som mål på tolueneksponering er det målt hippursyre i mmol/l. Vanligvis er det tatt en urinprøve før arbeidstid og en ny prøve ved arbeidstids slutt. Angående normalverdier se side 6.

Pas.nr	Dato	Løsemiddel	Verdi	Kommentar
2	mai. 75	TCA	180 og 130	
	nov. 76	TCA	470 og 160	
	jan. 77	TCA	<60 og <60	
	apr. 77	TCA	405	
	jun. 77	TCA	<50 og <50	
1	des. 76	TCA	<60 og <60	
	juli 77	TCA	<50 og <50	
	feb. 78	TCA	141 og <60	"Brukt maske"
	mar. 78	Hipp.	1,0 og 6,5	
7	mai 77	TCA	180 og 100	
	feb. 78	TCA	<60 og <60	"Brukt maske"
	mar. 78	Hipp.	10,0 og 3,3	
	juli 78	Hipp.	1,2 og 1,2	
4	mai 77	TCA	878 og 786	
	jun. 77	TCA	258 og 308	
	sep. 77	TCA	<60 og <60	
	feb. 78	TCA	104 og 159	"Brukt maske"
	feb. 78	TCA	<50 og <50	
	apr. 78	TCA	445 og 381	
	mai 78	TCA	<50 og <50	"Brukt maske"
	jan. 79	TCA	<20 og <20	"Friskluftmaske"
	mar. 79	TCA	<10 og <10	
	jun. 79	TCA	<30 og <30	
	mar. 78	Hipp.	1,0 og 8,0	
	feb. 79	Hipp.	0,9 og 1,4	"Friskluftmaske"
	3	mai. 75	TCA	30 og 60
okt. 77		TCA	251 og 190	"Brukt maske"
feb. 78		TCA	<60 og <60	"Brukt maske"
mai. 78		TCA	<50 og <50	"Brukt maske"
8	nov. 76	TCA	0 og 0	
6	1980-81	TCA (2 x 2 pr.)	Alle <50	"Friskluftmaske"
	okt. 80	Hipp.	27,8 og 8,5	"Friskluftmaske"
	mar. 81	Hipp.	31,7 og 13,3	"Friskluftmaske"
5	1981-82	TCA (3 x 2 prøv.)	Alle <50	"Friskluftmaske"
	mar. 81	Hipp.	20,0 og 20,5	"Friskluftmaske"
	des. 81	Hipp.	15,3 og 4,7	
	Aug. 82	Hipp. -	56,7 og 29,4	

Tabell 3

Forbruk av løsemiddelholdige produkter i liter pr. år

Produkt	1976	1983
Toluol ( ca.100% toluen)	590	340
Atlas limer (toluen,"bensin"mm)	355	170
Casco tynner (toluen, "bensin")	105	50
Esso solvent 4	105	
Solufix lim ("bensin",toluen)	60	
Liquid Buffer (60-100% "Tri," og metylenchlorid, + toluen, acetater og ketoner)	1220	100
SC 2000 - lim (60-100% "Tri")	450	20
Pangoprene lim (60-100% "Tri")	150	0
Herder (60-100% metylenklorid)	90	?
Conrema lim ( 1,1,1,-triklor.)		40
Conrema primer		10
	<hr/>	<hr/>
	3125	730

(Enkelte brukte produkter er ikke kommet med i oversikten, men vi antar at tabellen er dekkende for hovedparten av de løsemiddelholdige produktene)

Tabell 4 **Produktopplysninger**

---

Løsemidler:

Toluen	Ren (ingen forurening med benzen ved analyse mai 1985) ble brukt til "vasking" av metall og gummiflater. 30-60% i et annet vaskemiddel. 20-30% i to lim.
Xylen	Mer enn 60% i en "primer" ("solusjon").
Trikloretylen	80-90 % i to vaskemidler og to "primere". 30-60 % i flere lim.
Perkloretylen	10-30% i et lim.
Metylenklorid	100% (?) til vask og fjerning av maling. 60-100% i forskjellige herdere.
Ekstraksjonsbensin	60-100% i to lim. 30-60 % i et vaskemiddel. 20-30% i 2 lim. 100% Esso Solvent 4 (k.p. 85-112 C)
n-Heksan	10-15% i 2 lim. 3% i et vaskemiddel (og Solvent 4?)
Etylacetat	10-30% i et lim.
Metyletylketon (MEK)	100%? i rengjøringsmiddel for verktøy (brukt ca 1980-81). 3 % (?) i et vaskemiddel. Tidligere (til 1970 ?) 10-30% i et lim.
Klorbenzen	5-10% i herder.

Det totale løsemiddelinhold i "vaske"-midler, primere og limprodukter varierer fra ca 80 til 100%.

Andre kjemikalier:

Trifenylmetan-triisocyanat	10-30 % i herdere. Forurenset med små mengder med flyktig fenylisocyanat.
Ditiocarbamater	0-2% i limer.
Kloroprengummi	10-30% løsning i flere limer.
Naturgummi	5-10% løsning i to limprodukter.
Blyfosfit	1-5% i en primer.
Svovel	1-5% i flere limprodukter.

---

Tabell 5

**Arbeidstakernes plager/symptomer mens de arbeidet i "Vulkbua"**

Symptom	Ja	Nei	Vet ikke/uopplyst
Rusfølelse på arbeide	6	1	1
Oppblåsthet i magen	7	1	
Hodepine	6		2
Svimmelhet/ustøhet	3		5
Tretthet/økt søvnbehov	8		
Økt irritabilitet	5		3
Depressivitet	2		6
Konsentrasjonsvansker	3	1	4
Fordøyelsesproblemer	4	2	2
Unormal effekt av alkohol	6		2
Leddsmerter	6	2	
Hovne ledd	5	1	2
Føleforstyr. i ben/armar	2		6
Øyenplager	2	2	4
Utslett/eksem	3(4?)	1	4

Tabell 6

**Arbeidstakernes symptomer idag (Plager som er oppstått under/etter "Vulkbua")**

Symptom	Ja	Nei	Vet ikke/uopplyst.
Tretthet/økt søvnbehov	6(7?)	1	
Mye hodepine	5	3	
Svimmelhet/ustøhet	5	3	
Økt irritabilitet	5	3	
Depressive tendenser	6	2	
Konsentrasjonsvansker	8		
Hukommelsesvansker	5	3	
Unormal svette/frysning	3(4?)	4	
Føleforstyr. i ben/armar	7	1	
Fordøyelsesbesvær	2(3?)	5	
Leddsmerter	7	1	
Hevelse av ledd	6	2	
Utslett/eksem	4	4	
Øyenplager	2	5	1
Menstruasjonsforstyrrelser	4	1	3



Tabell 7

Leddplager

Pas.nr.	Symptomdebut etter ansettelsen i "V.bua"	Hvilke ledd?	Diagnose idag
1	<2 mdr	Fingre, håndledd og ankler. Usikker om smerten kom fra ledd el. hovenhet rundt.	Arthralgier (paresthesier)
7	$\frac{1}{2}$ -1 år	Ytterledd fingre og føtter først. Deretter mellomledd og grunnledd og hånd- og ankelledd. Senere (etter "Vulkbua") større ledd.	Arthralgier, fibrosittsyndrom? (paresthesier)
5	1 år	Grunnledd i hendene og føttene. Albuer knær.	Arthralgier (paresthesier og nedsatt kraft)
4	Ikke hatt leddplager		
8	1-2 år? 3-5 år?	Smertesmerter i håndledd Fingerledd.	Begynnende polyarthrose. Fibrosittsyndrom.
6	2 mdr	Fingres grunn- og mellomledd. Senere tær og større ledd.	Polyarthrititis Sero-negativ reumatoid arthritt?
2	$\frac{1}{2}$ -1 $\frac{1}{2}$ år?	Fingres mellomledd senere tær, håndledd, albueledd mm.	Sanns. Reumatoid arthritt. Sero-pos.
3	1 år?	Fingre, alle ledd, håndledd og albueledd.	Arthralgier

NEVROPSYKOLOGISK TESTBATTERI

FUNKSJON	ANVENDTE TESTER	SKÅRINGSVARIABLER OG KVALITATIVE MÅL
Sensomotorisk funksjon	Fingertapping (Halstead)	gjennomsnittlig antall spaketrykk for hver hånd i 5 serier à 10 sek.
	Grooved pegboard (Kløve-Matthews)	tid i sek. for plassering av 25 metall"nøkler" med hver hånd; observasjon av tremor og ataksi
	Sandpapir (Kløve-Matthews)	ruhetsdiskriminering antall feil og tid i sek.
Intellektuell funksjon, abstraksjon og resonnering	delprøvene Likheter, Ordforståelse, Billedutfylling og Terningmønster (WAIS) delprøven Ulikheter (Mønnesland)	råskårer for antall korrekt løste oppgaver
Psykomotorisk tempo	Trail Making Test A & B (Reitan), Tallsymboler (WAIS)	tid i sek. antall/90 sek.
Visuokonstruktiv funksjon	Terningmønster (WAIS) kopiering av 2- og 3-dimensjonale figurer	råskåre avviksskåre
Minnespenn og konsentrasjon	Tallhukommelse (WAIS), Setningsgjengivelse (Basisbatteriet, RH, Kbh.)	antall korrekte elementer
Hukommelse og innlæring	Benton Visual Retention Test, adm.A	antall rette svar, antall feil; kvalitativ vurdering av feiltyper
	12-ord læring (a.m. Lezak)	antall innlærte ord, antall "trials to criterion", antall husket etter 1 time; kvalitativ vurdering av innlæringsprosessen, interferens mm
	15 ordpar (Basisbatteriet, RH, Kbh.)	antall feil ved innlæring og gjenkallelse; kvalitativ vurdering
	Visuelle gestalter (Basisbatteriet, RH)	antall feil i første forsøk, under innlæringen og ved gjenkallelse; kvalitativ vurdering av feiltyper

NEVROPSYKOLOGISKE TESTRESULTATER

Funksjon	pasientnummer							
	1	2	3	4	5	6	7	8
sensomotorisk	0/4	0/4	0/4	1/4	0/4	0/4	4/6	5/9
innlæring/ retensjon	3/8	1/7	4/4	1/8	0/8	0/6	1/7	4/8
konsentrasjon	2/3	1/3	1/3	0/3	0/3	0/3	1/3	0/3
psykomotorisk tempo	0/3	0/3	0/5	0/3	2/3	0/3	0/3	1/5
resonnering	0/5	1/5	0/5	0/5	0/5	1/5	1/5	1/10
<hr/>								
konklusjon ang. reduksjon	(+)	-	+	-	-	-	-	(+)

Telleren i brøken angir antall testresultater minst et standardavvik under forventet nivå. Nevneren i brøken angir totalt antall testresultater innen det angjeldende funksjonsområdet.

+ = sannsynlig kognitiv reduksjon forenlig med løsemiddelskade;

(+) = mulig reduksjon; - = normal funksjon

## LITTERATUR

- Abritti G, Siracusa A, Cianchetti C, Coli CA, Curradi F, Perticoni GF, De Rosa F. Shoe-makers' polyneuropathy in Italy: the aetiological problem. *Br J Ind Med* 33 (1976) 92-99.
- Altenkirch H, Stoltenburg G, Wagner HM. Experimental Studies on Hydrocarbon Neuropathies Induced by Methyl-Ethyl-Ketone (MEK). *J Neurol* 219 (1978) 159-170.
- Andersson A. Gesundheitliche Gefahren in der Industrie bei Exposition für Trichloräthylen. *Acta Med Scand* 157 Suppl. 323 (1957) 1-200.
- Arbete och Hälsa 1979:13. Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 3. Trikloretalen.
- Arbete och Hälsa 1979:5. Nordiska expertgruppen för gränsvärdesdokumentation. 2. Toluén.
- Arbete och Hälsa 1980:19. Nordisk ekspertgruppe for grænseværdidokumentation. 16. Hexan.
- Arlien-Søborg P. Kronisk toksisk encefalopati hos bygningsmalere. Forlaget Modtryk, København, 1983.
- Aarli JA, Fossan GO. Organiske løsemidler. Skader på det perifere nervesystem. *Tidsskr Nor Lægeforen* 105 (1985) 417-420.
- Baker EL, Feldman RG, White RA, Harley JP, Niles CA, Dinse GE, Berkey CS. Occupational lead neurotoxicity: a behavioural and electrophysiological evaluation. Study design and year one results. *Br J Ind Med* 41 (1984) 352-361.
- Brath HK. Fibrosittsyndromet (fibromyalgi). *Norsk Revmatologisk forening, Vår møte* (1982:Stockholm) 18-28.
- Buiatti E, Cecchini S, Ronchi O, Dolara P, Bulgarelli G. Relationship between clinical and electromyographic findings and exposure to solvents, in shoe and leather workers. *Br J Ind Med* 35 (1978) 168-173.
- Conklin HB, Curtis RM, Shlomo B-E. Koch's phenomenon involving the flexor tendon sheath. *J Bone Joint Surg* 51 (1969) 1413-1419.
- Devathasan G, Low D, Teoh PC, Wan SH, Wong PK. Complications of chronic glue (toluene) abuse in adolescents. *Aust NZ J Med* 14 (1984) 39-43.
- Denman AM. Viruses, poisons and arthritis. *Rheum and Rehab* XVI (1977) 205-216.
- Dinman BD, Warren AC, Whitehouse WM, Magnusson HJ, Arbor A, Ditchek T. Occupational acroosteolysis I. An epidemiological study. *Arch Environ Health* 22 (1971) 61-73.
- Dorendorf Dr. Benzinvergiftung als gewerbliche Erkrankung. *Z Klin Med* 53 (1901) 42-58.

- Ekberg K, Hane M. Test battery for investigating functional disorders - The TUFF battery. Scand J Work Environ Health 10 (1984) suppl 1, 14-17.
- Grandjean E, Münchinger R, Turrian V, Haas PA, Knoepfel H-K, Rosenmund H. Investigations into the effects of exposure to trichlorethylene in mechanical engineering. Br J Ind Med 12 (1955) 131-142.
- Gregersen P, Angelsø B, Nielsen TE, Nørgaard B, Uldal C. Neurotoxic effects of organic solvents in exposed workers: An occupational, neuropsychosocial, and neurological investigation. 5 (1984) 201-225.
- Hane M, Hogstedt C, Sundell L. Frågeformulär om neuropsykiatriska symtom för hälsokontroll vid lösningsmedelsexposition. Läkartidningen 77 (1980) 437-439.
- Hänninen H, Lindström K. Behavioral test battery for toxicopsychological studies. Second revised ed. Institute of Occupational Health, Helsinki, 1979.
- Hansson A-C, Höglund G, Knave B. Neurotoxiska effekter av lösningsmedel i blandning. Arbete och Hälsa 1984:1
- Holmberg B, Sjöström B. A toxicological survey of chemicals used in the Swedish rubber industry. Investigation report 1977/19. Arbetarskyddsstyrelsen, Stockholm.
- Jakobson I, Holmberg B, Ekner A. Vein blood levels of inhaled trichloroethylene in female rats and changes induced by interacting agents. Arbete och Hälsa 1984:29, 20.
- Juntunen J, Vuokko H, Hernberg S, Luisto M. Neurological picture of organic solvent poisoning in industry. A retrospective clinical study of 37 patients. Int Arch Occup Environ Health 46 (1980) 219-231.
- Looft A. Benzindampe som årsak til bedriftssygdom. Medicinsk Revue 47 (1930) 1-15.
- Magnussen Z, Fossan GO. Nevrasteni og polynevropati. Tidsskr Nor Lægeforen 103 (1983) 2039-2041.
- Matsushita T, Arimatsu Y, Ueda A, Satoh K, Nomura S. Hematological and neuro-muscular response of workers exposed to low concentration of toluene vapor. Ind Health 13 (1975) 115-121.
- Mutti A, Ferri F, Lommi G, Lotta S, Lucertini S, Franchini I. n-Hexane-induced changes in nerve conduction velocities and somatosensory evoked potentials. Int Arch Occup Environ Health 51 (1982) 45-54.
- Neveu PJ, Buscot N, Thierry D. Effect of sodium diethyl dithiocarbamate on mitogen induced lymphoproliferation "in vitro". Biomedicine 33 (1980) 247-248.

- Oskarsson A. Dithiocarbamate-induced redistribution and increased brain uptake of lead in rats. *Neurotoxicology* 5 (1984) 283-294.
- Pedersen LM, Nygaard E, Nielsen OS, Saltin B. Solvent-induced occupational myopathy. *J Occup Med* 22 (1980) 603-606
- Reinl Wv. Sklerodermie durch Trichloräthylen-Einwirkung? *Zentralbl Arbeitsmed Arbeitsschutz* 7 (1957) 58-60.
- Rogers KS, Forbes JC, Nakoneczna I. Arthritogenic properties of lipophilic, aryl molecules. *Proc Soc Exp Biol Med* 131 (1969) 670-672.
- Renoux, G. Levamisole and sodium diethyldithiocarbamate. *Trends in Pharmacol Sci* 2 (1981) 248-249.
- Saihan EM, Burton JL, Heaton KW. A new syndrome with pigmentation, scleroderma, gynaecomastia, Raynaud's phenomenon and peripheral neuropathy. *Br J Dermatol* 99(1978)437-440.
- Saslaw S, Klainer AS. Rheumatoid syndrome during isoniazid therapy. *Am Rev Respir Dis* 100(1969)221-223.
- Schaumburg HH and Spencer PS. Degeneration in central and peripheral nervous systems produced by pure n-Hexane: An experimental study. *Brain* 99(1976) 183-192.
- Seppäläinen AM. Neuropsychological findings among workers exposed to organic solvents. *Acta Neurol Scandinav* 66, suppl 92 (1982) 109-116.
- Sparrow GP. A connective tissue disorder similar to vinyl chloride disease in a patient exposed to perchlorethylene. *Clin Exp Dermatol* 2 (1977) 17-22.
- Spencer PS, Couri D, Schaumburg HH. n-Hexane and Methyl n-Butyl Ketone. I Spencer PS, Schaumburg HH, ed. *Experimental and Clinical Neurotoxicology*. Williams & Wilkins, Baltimore, 1980, 456-475.
- Stabell KE, Levy F, Mowé G. Yrkesmedisinsk og nevropsykologisk undersøkelse av løsemiddeleksponerte arbeidstakere. Oslo: Yrkeshygienisk institutt 1985; HD 909/85.
- Takeuchi Y, Mabuchi C, Takagi S. Polyneuropathy caused by petroleum benzine. *Int Arch Arbeitsmed* 34 (1975) 185-197.
- Tvedt B. Nevropsykologisk testing ved løsemiddelskader. *Tidsskr Nor psykologforen* 21 (1984) 500-505.
- Yamaguchi K, Shirai T, Furuta S, Sato A. Occupational exposure to trichloroethylene causes pneumatosis cystoides coli? *Arbete och Hälsa*. 1984:29 149.
- Åstrand I. Parameters governing solvent uptake via the lungs. *Arbete och Hälsa*. 1984:29 38.

## VEDLEGG 1

### KVALITATIV ANALYSE AV PRODUKTER FRA A/S SYDVARANGER

Yrkeshygienisk institutt har i forbindelse med utredningen av forholdene i "Vulkbua" ved A/S Sydvaranger analysert kvalitativt en del produkter som anvendes/ble anvendt der. Analysen ble utført ved hjelp av gasskromatografi koplet massespektrometri (GC-MS). Det er analysert prøver av dampen i flaskene over produktene (head space) og løsninger av en del av produktene i karbondisulfid (CS<sub>2</sub>) og/eller N,N-dimetylformamid (DMF). Analysene er således ikke en fullstendig kvalitativ analyse av produktene, men gir en god oversikt over de flyktige løsemidlene i produktene. Produktene 1-4 er tilsendt av produsenten. Produktene 1-3 er bestanddeler som brukes i limet Atlas 610. Dette skal ha samme løsemiddelsammensetning som Atlas 60, som ble brukt ved "Vulkbua".

### RESULTATER

#### 1. Bensin:

Ekstraksjonsbensinen ble analysert både head space og løst i DMF. Den inneholder følgende 5 hovedkomponenter:

- 2-metylpentan
- 3-metylpentan
- n-heksan
- metylcyklopentan
- cykloheksan

Anslagsvis inneholder produktet ca. 50-60% n-heksan og ca. 10-15% av de andre komponentene. Produktet inneholder også spor av 3-metylheksan og n-heptan.

#### 2. Toluen:

Denne er analysert ved hjelp av head space samt løst i DMF og CS<sub>2</sub>. Toluen ser "ren" ut, og forurensning av benzen ble ikke påvist, dvs. < 1% benzen.

#### 3. Etylacetat:

Denne er bare analysert ved hjelp av head space og inneholder i tillegg til etylacetat små mengder metylpropionat.

#### 4. Herder for Atlas 610:

Herderen ble analysert både head space og løst i CS<sub>2</sub>. Som flyktige løsemidler ble påvist metylenklorid og klorbenzen. I løsning ble det også påvist spor av en komponent som sannsynligvis er fenylisocyanat. Høyere isocyanater (f.eks. trifenylmetan-4,4', 4''-triisocyanat) kan ikke forventes å påvises med denne metodikk.

#### 5. Atlas 610 lim:

Limet ble analysert både head space, løst i CS<sub>2</sub> og løst i DMF. Følgende flyktige komponenter ble påvist:

- 2-metylpentan
- 3-metylpentan
- n-heksan
- metylcyklopentan
- cykloheksan
- etylacetat
- metylpropionat
- toluen

I tillegg ble det observert spor av 3-metylheksan, n-heptan, etylbenzen, m- og p-xylen og 2,2,4,6,6-pentametylheptan.

#### 6. Liquid Buffer:

Påviste løsemidler (head space):

- Metylenklorid
- 1,1,2-triklor-1,2,2-trifluoretan
- etylacetat
- 1,1,1-triklorethan
- trikloretylen
- tetrakloretylen

#### 7. Solufix 9:

Påviste løsemidler (head space):

- Ekstraksjonsbensin (hovedkomponenter: 3-metylpentan, 2-metylpentan, n-heksan, dimetylpentaner, 3-metylheksan, n-heptan).
- Toluen
- Etylbenzen
- m&p-xylen
- Trikloretylen (spor)

#### 8. Solufix 7 B:

Påviste løsemidler (head space):

- Ekstraksjonsbensin (hovedkomponenter: 2-metylpentan, 3-metylpentan, n-heksan, dimetylpentaner, 3-metylheksan, C<sub>7</sub>-alken, n-heptan, metylcykloheksan).
- Toluen

#### 9. Solufix 7 A:

Påviste løsemidler (head space):

- Ekstraksjonsbensin (hovedkomponenter: n-heksan, dimetylpentaner, 3-metylheksan, n-heptan, metylcykloheksan, C<sub>8</sub>-alkan.)
- Toluen

**10. Casco K-Tynner nr. 3801:**

Påviste løsemidler (head space):

- Ekstraksjonsbensin (hovedkomponenter: 2-metylpentan, 3-metylpentan, n-heksan, metylcyklopentan, cykloheksan, dimetylpentaner, 3-metylheksan, C7-alkener, n-heptan, metylcykloheksan).
- Toluen.

**11. SC 2000 Cement:**

Påviste løsemidler (head space):

- Trikloretylen

**12. Herder for SC 2000:**

Påviste løsemidler (head space):

- Metylenklorid
- Klorbenzen

**13. Conrema lim:**

Limet ble analysert både head space og løst i CS<sub>2</sub>. Følgende komponenter ble påvist:

- 1,1,1-trikloretan
- trikloretylen
- 1,4-dioksan
- toluen
- 1,1,2-trikloretan
- 2,6-di-t-butyl-p-kresol

I tillegg ble det i løsning påvist små mengder av 2 uidentifiserte komponenter med relativt høyt kokepunkt. Head space ble det også påvist spor av nitrometan, som sannsynligvis, sammen med 1,4-dioksan, er stabilisator i 1,1,1-trikloretan.

**Kommentarer:**

Løsemiddelinholdet i produktene synes stort sett å være i overensstemmelse med det som er oppgitt av produsentene. I produktet "Liquid Buffer" ble det påvist mindre mengder av flere andre halogenholdige løsemidler (metylenklorid, 1,1,2-triklor-1,2,2-trifluoretan, 1,1,1-trikloretan og tetrakloretylen) i tillegg til de som er oppgitt.



## VEDLEGG 2

### FORDAMPNINGSFORSØK MED ATLAS 610 LIM

Hensikten med fordampningsforsøket var å undersøke forholdet mellom løsemiddelkomponentene i dampen sammenlignet med i produktet, samt forsøke å få en pekepinn på hvordan konsentrasjonen av de forskjellige løsemidlene varierte avhengig av tidspunktet etter påføring. Atlas 610 har samme løsemiddelsammensetning som Atlas 60 som ble brukt i Vulkbua ved A/S Sydvaranger.

#### Forsøksbetingelser.

Forsøket ble utført i et eksponeringskammer den 9.7.85. Kammerets volum er 750 l. Avsuget var avstengt fra starten av. Atlas 610 lim (ca. 150 ml) ble tømt utover et fat (ca. 45 x 35 cm) og dekket totalt en flate på ca. 0,12 m<sup>2</sup>. Forsøksstemperatur var 22°C.

**NB!** Limet ble ikke tilsatt herder, dvs. bidrag fra metylenklorid mangler.

Under forsøket ble det tatt to parallelle kullrørsprøver à 15 minutters perioder. Rørene var plassert ca.  $\frac{1}{2}$  m fra limfatet.

Prøverør ble byttet ved at vinduet fra slusen ble åpnet, dvs. det ble åpning til omgivelsene.

#### Resultater (A nr. OR 133/85).

Konsentrasjonen av løsemidler i kammeret er vist i tabell 1 (serie B). For serie A er resultatene forkastet fordi pumpa har sugd falsk luft pga. hull i slangen. Løsemiddelinhold i kontrolldelene er angitt i tabell 2. Kontrolldelene skal fange opp gasser som har passert målerøret uten å bli absorbert.

Dampens prosentvise innhold av de forskjellige komponenter er vist i figur 1.

#### Vurderinger/kommentarer.

a) Luftkonsentrasjoner (tabell 1 og 2).

Løsemiddelkonsentrasjonen i kammeret, samlet og hver enkelt komponent, økte under de 3 første måleperiodene. I 3. måleperiode var additiv faktor for prøvene 19,6 + 0,98 (Administrativ norm (AN)=1), og konsentrasjonene var:

alifater C6)	597 + 48,8 ppm
etylacetat	1 110 + 142 "
toluen	494 + 0,75 "

b) Sammensetning av dampen (figur 1).

Som forventet utgjør de flyktigste komponentene den første tiden en større andel i dampen enn i selve produktet. I den første 15 minutters perioden har spesielt alifater (C6) en vesentlig større

andel i dampen, mens toluen utgjør en betydelig lavere andel i dampen enn i produktet. I annen måleperiode øker andelen av etylacetat og toluen svakt, mens andelen av alifater (C6) avtar noe. Denne tendensen fortsetter i 3. måleperiode, men i den perioden har fortsatt etylacetat og alifater (C6) en høyere andel (vektprosent) i dampen enn i produktet. Etter utluftning i ca. 42 min. forandrer forholdene seg i 4. måleperiode. Andelen av etylacetat i dampen avtar noe, mens alifater (C6) avtar dramatisk, samtidig som toluen-andelen øker sterkt. Etter nye 32 minutters utluftning forsterkes denne tendensen ytterligere, og i siste måleperiode utgjør toluen den alt overveiende del av dampen (ca. 78%).

Forsøket viser at den %-vise sammensetning av løsemiddeldampene forandrer seg sterkt, avhengig av tidspunkt i forhold til påføring av limet og avhengig av ventilasjonen. Prøvetakingstidspunktet i forhold til påføring av lim vil altså kunne innvirke sterkt på den prosentvise sammensetning av løsemiddeldampen.

Det må imidlertid tilføyes at løsemiddelsammensetningen i produktet som ble undersøkt er noe forskjellig fra resepten. Innholdet av alifater (C6) er lavere i vår produktprøve, noe som tyder på at det har skjedd en viss avdamping fra produktet innen prøven ble foretatt.

Tabell 1. Kullrørsprøver

	Additiv faktor	Alifater (C6) ppm	Etylacetat ppm	Toluen ppm
NORM		100	300	50
B 1	5,74	294	350	82,0
B 2	16,8	565	1000	393
B 3	19,6	597	1110	494
B 4	6,05	42,2	225	244
B 5	4,47	5,3	57,2	211

Tabell 2. Kontrolldeler

	Additiv faktor	Alifater (C6) ppm	Etylacetat ppm	Toluen ppm
NORM		100	300	50
K B 3	0,98	48,8	142	0,75

Figur 1. Prosentvis fordeling av komponentene i dampen fra Atlas 610 lim.

