

546.49  
B59

# **KVIKSØLV**

**anvendelsesområder og muligheder  
for at reducere kviksølvforureningen**

**RAPPORT FRA EN ARBEJDSGRUPPE**

**Miljøstyrelsen, august 1978**

# **KVIKSØLV**

**anvendelsesområder og muligheder  
for at reducere kviksølvforureningen**

**RAPPORT FRA EN ARBEJDSGRUPPE**

**Miljøstyrelsen, august 1978**

**MILJØMINISTERIET  
MILJØSTYRELSEN  
Dokumentationsafdelingen  
Strandgade 29  
1401 København K**



**Dette hæfte er trykt på genbrugspapir**

## FORORD

Denne rapport er det første forsøg herhjemme på at give en samlet vurdering af, hvorledes man kan nedbringe forureningen med et bestemt stof, i dette tilfælde kviksølv. Den er eksempel på en type af vurderinger, som miljøstyrelsen fremover vil foretage, dels i medfør af den kommende lov om kemiske stoffer og produkter, dels i medfør af internationale aftaler om at nedbringe forureningen med visse stoffer mest muligt.

Det er miljøstyrelsens opfattelse, at det på grundlag af allerede indvundne erfaringer og opnåede undersøgelsesresultater er muligt at begrænse kviksølvforureningen ganske væsentligt. For at sikre det bedste udbytte af indsatsen mod kviksølvforureningen har miljøstyrelsen derfor ved hjælp af en arbejdsgruppe indenfor en række områder undersøgt de tekniske muligheder for at begrænse kviksølvforureningen og vurderet de økonomiske konsekvenser af disse mulighedsers udnyttelse. Arbejdsgruppens anbefalinger går ud på, så hurtigt som muligt, at sætte ind mod tre store anvendelsesområder for kviksølv, nemlig kviksølvbatterier, kviksølv-febertermometre og tandfyldninger, samt et mindre område - kviksølvholdig maling.

Forslagene afspejler, at der for at løse et forureningsproblem - i dette tilfælde med hensyn til kviksølv - kan tænkes benyttet en række forskellige muligheder, lige fra direkte forbud mod en bestemt anvendelse - som det foreslås i forbindelse med maling - til etablering af aftaler med bl.a. erhvervslivet om indsamling af størst mulige mængder af det kviksølvholdige affald - i denne forbindelse brugte kviksølvbatterier.

Det er mit håb, at rapportens udarbejdelse og offentliggørelse, og naturligvis især realiseringen af rapportens forslag, hurtigt fører til en reduktion af kviksølvforureningen. De områder, som arbejdsgruppen peger på, skal der gøres noget ved. Efter nærmere vurdering kan der også blive tale om at indføre regulering på andre anvendelsesområder. Dette vil indgå i overvejelser om prioriteringen af miljøstyrelsens indsats i det forebyggende miljøbeskyttelsesarbejde.

Jørgen Henningsen

<u>INDHOLDSFORTEGNELSE</u>	<u>Side</u>
1. INDLEDNING OG SAMMENFATNING	3
2. INDUSTRIELLE KILDER TIL KVIKSØLVFORURENING	5
2.1. Elektrolyseanlæg	5
2.2. El- og fjernvarmeværker	5
2.3. Andre industrier	6
2.4. Udviklingstendenser	6
3. KVIKSØLV I FORBRUGSVARER	7
3.1. Kviksølvbatterier	7
3.2. Andre batterier	8
3.3. Lyskilder	9
3.4. El-materiel	10
3.5. Maling m.v.	11
3.6. Kviksølv i termometre	11
3.7. Udviklingstendenser	12
4. ANDRE ANVENDELSER AF KVIKSØLV	13
4.1. Kviksølv i febertermometre m.v. (hospitaller)	13
4.2. Kviksølvforurening som følge af anvendelse af kviksølvholdige tandfyldninger	14
4.3. Kviksølv i måle- og kontroludstyr	16
4.4. Laboratorieanvendelse af kviksølv	16
4.5. Medicin, desinfektion, kosmetik m.v.	18
4.6. Dambrug	18
4.7. Kviksølvbejdsemidler	19
4.8. Udviklingstendenser	21
5. ANDRE KILDER TIL KVIKSØLVUDSLIP	23
5.1. Kviksølv fra fyring med fossilt brændsel	23
5.2. Affalds- og slamforbrænding	23
6. KVIKSØLVFORBRUG OG EMISSION I DANMARK	24
7. FORANSTALTNINGER TIL NEDBRINGELSE AF KVIKSØLVFORURENINGEN	29
7.1. Batterier	30
7.2. Termometre	31
7.3. Tandfyldninger	32
7.4. Laboratorier	35
7.5. Sædbejdsning	35
7.6. Andre udslip	35
7.7. Bortskaffelsesordning for kemikalieaffald	35
7.8. Sammenfatning	36
BILAG:	
1. OECD Council, Recommendation on measures to reduce all man-made emissions of mercury to the environment.	
2. Aftale mellem miljøstyrelsen og batteribranchen om indsamling	
3. Skrivelse fra Oticon vedr. indsamling af kviksølvbatterier	
4. Artikel fra Sygehustidende: Febertermometre - et forureningsproblem	
5. Artikel fra Tandlægebladet: Miljøforurening med kviksølv- også tandlægernes problem?	
6. Rapport fra Statens Naturvårdsverk, Sverige: Amalgam og miljørisiko	
7. Kviksølvindhold i kviksølvforbindelser.	
8. Litteraturliste	

## 1. INDLEDNING OG SAMMENFATNING

I september 1977 nedsatte miljøstyrelsen en arbejdsgruppe, der fik til opgave

- at kortlægge de vigtigste anvendelsesområder for kviksølv samt
- at vurdere mulighederne for at nedbringe den kviksølv mængde, der tilføres det ydre miljø.

Arbejdsgruppen fik følgende sammensætning:

Cand.merc. Gulla Holten, miljøstyrelsen (fra 1/1-78)

Cand.scient. Allan Astrup Jensen, miljøstyrelsen

Cand.merc. Jens Kjærsgaard, miljøstyrelsen (indtil 31/12-77)

Cand.agro. Ole Olsen, miljøstyrelsen, formand for arbejdsgruppen

Lektor, civilingeniør H.J. Styhr Petersen, Danmarks tekn. Højskole

Kontorchef, cand.jur. J.F. Simony, miljøstyrelsen

Cand.phil. Henrik Wichmann, miljøstyrelsen.

Desuden har civilingeniør Kirsten Warnøe og civilingeniør Kurt Delvig, begge miljøstyrelsen, bidraget til rapportens udarbejdelse.

Arbejdsgruppen har holdt 6 møder, og nærværende rapport, der er udarbejdet af arbejdsgruppen, skal tjene som miljøstyrelsens grundlag for de kommende års indsats mod kviksølvforureningen, idet målsætningen for dette arbejde vil være at nedbringe den kviksølv mængde, der tilføres det ydre miljø, mest muligt.

Denne målsætning har været grundlag for gruppens arbejde, idet udgangspunktet har været en OECD-rekommandation fra 1973, hvori medlemslandene opfordres til at mindske den menneskeskabte kviksølvforurening mest muligt (bilag 1). Baggrunden for OECD-rekommandationen var, at kviksølvforbindelser er yderst giftige, selv i meget små koncentrationer. Særligt farlige er organiske kviksølvforbindelser af den type, som forårsagede "Minamatasygen" i Japan i 50'erne og 60'erne, hvor spisning af kviksølvforurenede fisk og skaldyr resulterede i mange dødsfald og mere end tusinde ofre med uhelbredelige skader på nervesystemet. For yderligere oplysninger om skadelige virkninger henvises til litteraturen (bilag 8).

Alle kviksølvforbindelser kan i naturen - især i vandmiljøet - omdannes bl.a. til metylkviksølvforbindelser, der kan opkoncentreres i fødekæden. Risikoen for kviksølvforurening kan følgelig ikke elimineres ved at fortynde de udledninger, der sker - det er nødvendigt at begrænse udledningerne mest muligt.

Kviksølv og kviksølvforbindelser finder anvendelse på en lang række områder. En begrænsning af kviksølvudledningerne må derfor ske ud fra en samlet vurdering, således at der i første række sættes ind mod de udslip, der bidrager mest til forureningen, og som der er tekniske/administrative/økonomiske muligheder for at nedbringe.

I nærværende rapport redegøres der i afsnittene 2, 3, 4 og 5 for kilderne til kviksølvforureningen i Danmark, ligesom udviklingstendenserne i forbruget og dermed den potentielle forurening søges vurderet. I afsnit 6 opstilles en oversigt over kviksølvforbruget og emissionen i Danmark - og i afsnit 7 sammenfattes overvejelserne i et forslag til handlingsprogram for de kommende års indsats, hvis hovedpunkter er:

- Etablering af en pantordning for kviksølvbatterier, således at forbrugerne ansføres til aflevering. Pantordningen forudsætter, at der indføres en tydelig mærkning af kviksølvbatterierne.
- Undersøgelse af engangstermometre og elektroniske termometre samt afprøvning under praktiske forhold med henblik på gradvis at begrænse anvendelse af kviksølvtermometre til det mindst mulige.
- Installation af filtre i tandklinikker til begrænsning af udslippet af kviksølv.
- Udarbejdelse af en bekendtgørelse, der forbyder anvendelse af kviksølv i maling.

Skønsmæssigt skulle det efter arbejdsgruppens vurdering være muligt inden for en kortere årrække at nedbringe kviksølvudslippet med omkring en trediedel. Hvorvidt denne målsætning kan nås, vil især afhænge af, hvor hurtigt udviklingen af substitutionsmuligheder inden for batteriområdet vil kunne finde sted.

## 2. INDUSTRIELLE KILDER TIL KVIKSØLVFORURENINGEN

### 2.1. Elektrolyseanlæg

Elektrolyseanlæg med kviksølv som flydende elektroder benyttes bl.a. i chlor-alkali industrien og var tidligere årsag til betydelige udslip af kviksølv til omgivelserne.

I Danmark findes kun enkelte elektrolyseanlæg, og for det største af disse anlæg er totalemissionen til omgivelserne siden 1970 reduceret ganske betydeligt. Det skønnes, at udslippet i dag totalt er på ca. 150 kg/år.

Et firma i medicinalindustrien har et mindre elektrolyseanlæg, der ligeledes anvender kviksølv som elektrode. Dette anlæg har tidligere givet problemer, men efter de oplysninger, som arbejdsgruppen har haft adgang til, er forholdene nu tilfredsstillende.

### 2.2. El- og fjernvarmeværker

Kviksølv anvendes i en ældre type af ensrettere, der omformer vekselstrøm til jævnstrøm med det formål at forsyne S-tog og tidligere også sporvogne. Ensretterne er opstillet på el-værker og omformerstationer. I Københavns-området er et antal stadig i drift til forsyning af S-togene. De afløses fortsat af nye ensrettertyper, der arbejder på halvlederbasis.

Ved udskiftning af de ældre anlæg eller reparationer på dem må det sikres, at kviksølvet enten genindvindes eller bortskaffes via de kommunale ordninger for kemikalieaffald, således at det ikke slipper ud til omgivelserne (jfr. afsnit 7.7.).

I visse varmtvandsanlæg både i fjernvarmecentraler og større boligkomplekser anvendes kviksølv i væskelåse i forbindelse med anlæggenes ekspansionsbeholder. Disse låse kan være store og indeholde op til flere hundrede kg kviksølv. Ved uheld kan der således ske store udslip af kviksølv. Det blev i 1974 skønnet, at omkring 40% af de ca. 800 større fjernvarmeanlæg i Danmark var udstyret med væskelåse indeholdende kviksølv. Det bør der-



for indskærpes, at der ved arbejde på sådanne anlæg udvises stor påpasselighed, således at kviksølvudslip til omgivelserne undgås.

Arbejdstilsynet har i 1974 indført et forbud mod denne kviksølv-anvendelse i nye anlæg eller i væsentligt udvidede anlæg. (Arbejdstilsynet, Publikation nr. 42, 1974, Forskrifter for fyrede varmtvandsanlæg, og Publikation nr. 58, 1975, Forskrifter for ufyrede varmtvandsanlæg). I stedet blev påbudt mere pladskrævende vandløse.

### 2.3. Andre industrier

Omkring 1950 anvendte den danske papirindustri betydelige mængder phenylkviksølv som slimbekæmpelsesmiddel. I 1970 blev der mellem industrien og sundhedsstyrelsen truffet en aftale om ophør af denne anvendelse.

I råvarer (ler, kalk) til cementfremstilling findes små mængder kviksølv, som frigøres ved den høje temperatur under fremstillingsprocessen. Den danske cementproduktion er betydelig (2-3 mill. tons pr. år), således at et kviksølvindhold i råvarerne på omkring 0,1 ppm vil betyde et årligt udslip på 2-300 kg kviksølv til atmosfæren.

Det vides fra udenlandske undersøgelser, at kviksølv anvendes (eller har været anvendt) og emitteres fra forskellige andre industrier, såsom metal-, garveri-, plast-, tekstil-, gødnings- og medicinalindustrier.

Det er ikke fuldstændig klarlagt, i hvor høj grad disse industrier i Danmark anvender eller emitterer kviksølv til omgivelserne, men formentlig er der kun tale om ubetydelige mængder.

### 2.4. Udviklingstendenser

Der er næppe grund til at forvente en forøget kviksølvanvendelse inden for industrien i de kommende år - følgelig er der ingen grund til at antage, at der vil ske en forøget emission af kviksølv.

Kviksølvforbruget i industrien er meget komplekst sammensat - og der er næppe i dag tekniske eller økonomiske muligheder for en væsentlig reduktion, hverken af forbrug eller emission. Eksempelvis er en reduktion af udslippet fra en af de større kilder - nemlig cementindustrien - teknisk og økonomisk umulig.

### 3. KVIKSØLV I FORBRUGSVARER

#### 3.1. Kviksølvbatterier

Der foregår ikke produktion af kviksølvbatterier i Danmark. Hele forbruget importeres derfor, og desuden sker der en vis re-export. Ud fra import/export-statistikken kan nettoimporten af kviksølvbatterier opgøres som anført i tabel 3.1. Kviksølv-mængden er beregnet ud fra den antagelse, at en trediedel af batteriernes vægt er kviksølv.

Tabel 3.1

År	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Tons batterier	27,1	9,6	14,8	22,4	9,5	13,2	19,2	31,5	19,3
Tons kviksølv	9	3	5	7	3	4	6	10	6

Gennemsnitligt årsforbrug for perioden 1969-77: 6 tons kviksølv.

Kviksølvbatterier fremstilles meget kompakte - de mest almindelige har en diameter på ca. 1 cm og en højde på ca. 0,5 cm, og vejer 2-3 g. Batterierne udmærker sig ved at være en meget stabil strømkilde.

Kviksølvbatterierne anvendes hovedsagelig til:

- Høreapparater
- Personsøgere
- Ure
- Regnemaskiner
- Fotoudstyr
- Fjernbetjenere.

Hovedparten af batterierne bliver efter brugen bortkastet og fjernet med dagrenovationen. For at undersøge mulighederne for at indsamle brugte batterier tog miljøstyrelsen i 1974 initiativ til en række drøftelser med importører, forhandlere og forbrugerorganisationer. Resultatet af disse forhandlinger blev indgåelse af en aftale (bilag 2) mellem miljøstyrelsen, importørerne og Kommunekemi om at iværksætte en oplysningskampagne med det formål at få forbrugerne til i højere grad at returnere brugte kviksølvbatterier til forhandlerne. Derfra videregives batterierne til betryggende opbevaring hos importøren eller på Kommunekemi, indtil genindvinding af kviksølv fra batterierne bliver rentabel. Kampagnen startede i maj 1977.

Resultatet af kampagnen kan vanskeligt opgøres på nuværende tidspunkt - men foreløbige opgørelser tyder på, at kun 10-20% af de brugte batterier returneres. Selve indsamlingen har givet en række problemer. Det har således vist sig, at indsamlingsæskerne er lidet holdbare (jfr. bilag 3), samt at forbrugerne ikke kan skelne mellem de forskellige batterityper, således at kviksølvbatterier blandes med f.eks. brunsten- og sølvbatterier, hvorved mængden af indsamlede batterier øges unødvendigt, samtidig med, at en eventuel regenerering kræver en manuel sortering af det indsamlede materiale.

De økonomiske muligheder for en rentabel genindvinding af kviksølvet har tidligere ikke været til stede. For nylig er der dog i udlandet startet forsøg med genindvinding.

Det bør fremhæves, at bekendtgørelsen om kemikalieaffald er trådt i kraft efter aftalens indgåelse. Efter de nugældende regler er de kasserede kviksølvbatterier således kemikalieaffald, og virksomhederne har pligt til at bortskaffe dem via de kommunale modtageordninger (jfr. afsnit 7.7.).

### 3.2. Andre batterier

Der findes en lille mængde kviksølv i de fleste tørelementer. Ifølge en svensk undersøgelse "Omsætningen av kvicksilver i Sverige", udført for Produktkontrollnämnden, Statens Naturvårdsverk, er kviksølvindholdet i

- brunstensbatterier: 2,5 - 10 mg kviksølv pr. celle

- alkaliske brunstensbatterier: 125 - 1270 mg
- sølvoxid-batterier: gennemsnitligt 2 mg (1% af elementets vægt).

I gennemsnit er kviksølvindholdet i disse batterityper nogle få promille af batteriernes vægt.

Den samlede mængde kviksølv, som med kasserede batterier af disse typer indgår i det faste affald, er derfor forholdsvis lille - skønsmæssigt 0,5 - 1,0 ton pr. år under den forudsætning, at forbrugsmønstret i Danmark er nogenlunde det samme som i Sverige.

### 3.3. Lyskilder

Kviksølv anvendes i forskellige lyskilder, f.eks. lysstofrør og kviksølvlamper. Kviksølvindholdet i et lysstofrør varierer mellem 20 og 60 mg/rør med 40 mg/rør i de mest solgte. I kviksølvlamper ligger kviksølvindholdet på 10 til 80 mg, med et gennemsnitsindhold på 40 mg/rør, og i reklamelysstofrør er indholdet omkring 100 mg pr. meter rør. Ud fra ovennævnte oplysninger samt oplysninger om det årlige salg af lysstofrør m.v. må det årlige kviksølvforbrug anslås til mere end 250 kg pr. år - fordelt som vist i tabel 3.2.

Tabel 3.2

Lyskilde	Solgt mængde/år	Hg-mængde total
Lysstofrør	5 mill. stk.	200 kg
Kviksølvlamper	1,2 " "	48 "
Reklamelysstofrør	20.000 m	2 "
Fotolamper	?	?
Total		> 250 kg

Det må formodes, at hovedparten af dette forbrug med forsinkelse ender i dagrenovationen, hvoraf ca. 2/3 forbrændes og 1/3 henlægges på losseplads eller komposteres.

Totalt er den kviksølv mængde, der gennem bortskaffelse af brugte lysstofrør tilføres det ydre miljø, således relativt beskeden. Det skal nævnes, at Direktoratet for Arbejdstilsynet har gjort opmærksom på, at der kan være visse arbejdsmiljøproblemer ved håndtering af kasserede lysstofrør og lignende, som let går i stykker.

#### 3.4. El-materiel

Kviksølv har en del anvendelser til kontakter, afbrydere, relæer og andet. Man udnytter her, at kviksølv er et metal i væskeform ved normal temperatur. Kviksølvet er indesluttet i et tilsmeltet glasrør med indstøbte elektroder. Forbindelsen mellem elektroderne slutes og brydes, når glasrøret drejes. Komponenterne anvendes i mange husholdningsapparater og tekniske tavleanlæg. Ifølge DEMKO kan de anvendes i f.eks. strygejern, kaffemaskiner, friturekogere, kummefrysere, termostater, komfurer, niveauafbrydere og tidligere i elektriske hegn og trappe-lysautomater.

Funktionen i f.eks. kummefrysere er, at kviksølvkontakten automatisk sørger for, at lyset tændes og slukkes, når fryseren åbnes og lukkes. Denne type kontakt, der importeres, indeholder ca. 0,7 g kviksølv.

Baseret på oplysninger fra de største danske fabrikker for frysere skal det nævnes, at der i visse mærker af dansk fabrikerede kummefrysere fra begyndelsen af 1970-erne blev brugt kviksølvafbrydere, mens anvendelse i andre mærker først begyndte for et par år siden.

Antallet af apparater med komponenter, hvori indgår kviksølv, er meget stort, og det er ikke muligt at skønne antallet af eksisterende komponenter. Ved reparation eller udskiftning af apparater med kviksølvkomponenter vil der være stor risiko for, at kviksølvet slipper ud, da glasrørene som regel ikke har særlig beskyttelse mod knusning. Det bør derfor overvejes at undersøge omfanget af kviksølvforureningen fra kasserede elektriske apparater og komponenter nærmere.

### 3.5. Maling m.v.

Kviksølvforbindelser anvendes i visse skibsbundmalinger i koncentrationer svarende til 2-5% kviksølv for at bekæmpe kølbekvækning. Kviksølvet vil efterhånden frigøres fra skibsbunden til havvandet. I flere lande, såsom Japan, USA og Frankrig, er denne anvendelse direkte forbudt. I stedet anvendes tin- eller kobberforbindelser, selvom disse er mindre effektive end kviksølvforbindelser.

I visse træbeskyttelsesmidler anvendes kviksølvforbindelser som biocid i koncentrationer på 0,01-0,03% kviksølv. Denne anvendelse er dog i tilbagegang. I stedet anvendes pentachlorphenol og organiske tinforbindelser.

I vandbaseret plastmaling er det nødvendigt med et konserveringsmiddel, som forhindrer, at malingen mugner og derved misfarves, når det opbevares over længere tid. Kviksølvforbindelser er effektive i så henseende i koncentrationer svarende til 0,001-0,05% kviksølv.

Fra de malede genstande frigøres kviksølvet relativt langsomt til luften. Ved forsøg er det således vist, at indtil 90% af kviksølvet afdamper det første halve år efter påmalingen.

I Danmark er de fleste producenter af maling for flere år siden ophørt med at anvende kviksølv i maling. Brancheorganisationen anslår, at det samlede forbrug af kviksølv i malingprodukter i 1976 var 5-600 kg. Anvendelsen sker udelukkende som konserveringsmiddel. Miljøstyrelsen har erfaret, at mindre virksomheder udenfor brancheorganisationen i nogle tilfælde anvender kviksølv i skibsbundmaling. Hvad angår importeret maling, foreligger der ikke oplysninger, men der skønnes ikke at være tale om noget større problem, da importen af maling er ret lille (<15% af forbruget).

### 3.6. Kviksølv i termometre

Anvendelsen af febertermometre er hovedanvendelsen - idet kviksølv sjældent anvendes i stuetermometre. Laboratorie- og industritermometre behandles i afsnit 4.3.

Der omsættes årligt i Danmark ca. 800.000 febertermometre, indeholdende hver 1-2 g kviksølv, svarende til et forbrug på 1-2 ton, hvoraf en stor del tilføres omgivelserne, når termometrene slås i stykker. Omkring 60% af forbruget finder sted igennem eller på institutioner. Ca. 1/3 af forbruget er på sygehus, hvilket behandles i afsnit 4.1.

Der er i dag på apotekerne etableret en afleveringsordning for ituslåede febertermometre. Det er dog i praksis vanskeligt for den enkelte forbruger at få opsamlet kviksølv fra ituslåede termometre - og det er derfor kun en lille del af det omhandlede kviksølv, der kan forventes indsamlet.

Det indsamlede kviksølvaffald fra termometrene er omfattet af bekendtgørelsen om bortskaffelse af kemikalieaffald (jfr. afsnit 7.7.).

### 3.7. Udviklingstendenser

Hovedparten af kviksølvbatterierne anvendes i høreapparater - mens der f.eks. i ure og regnemaskiner hyppigt anvendes andre batterityper, f.eks. sølvoxidbatterier. En udskiftning af kviksølvbatterierne i høreapparater til sølvbatterier er teknisk mulig. Høreapparater med sølvbatterier må imidlertid forventes at være dyrere i drift end apparater, hvor der benyttes kviksølvbatterier.

Der er for nylig bragt luft/zink-batterier på markedet. Sådanne batterier kan formentlig uden tekniske problemer erstatte kviksølvbatterier i høreapparater. Efter alt at dømme vil en erstatning kunne ske uden en driftsfordyrelse, da prisen pr. amperetime formentlig vil være lavere end for kviksølvbatterier. De praktiske erfaringer med disse batterier er endnu beskedne - men en substitution af kviksølvbatterier med luft/zink-batterier må betragtes som en realistisk mulighed.

Som anført er hovedanvendelsen for kviksølvbatterier høreapparater. Til regnemaskiner, ure og fotoudstyr anvendes formentlig i udstrakt grad andre batterityper - herunder sølvbatterier. Sølvprisen har i de seneste år vist en stigende tendens samtidig med faldende kviksølvpriser. Denne udvikling kan

medføre en øget anvendelse af kviksølvbatterier i f.eks. ure, fotoudstyr m.v. Generelt må markedet for batterier til regnemaskiner, ure, fotoudstyr m.v. forventes at vokse fremover.

Anvendelsen af kviksølv i lysstofrør er beskeden og vil næppe vise en stigende tendens. Det samme gælder formentlig anvendelsen af kviksølv i el-materiel.

Hvad angår anvendelse i maling, er der tale om en beskeden anvendelse - men en anvendelse der helt kunne undgås, fordi der findes substitutionsmuligheder.

Markedet for termometre er formentlig mættet. Kviksølvtermometre kan imidlertid i mange tilfælde erstattes enten med elektroniske temperaturmålere eller med mere simple temperaturindikatorer.

#### 4. ANDRE ANVENDELSER AF KVIKSØLV

##### 4.1. Kviksølv i febertermometre m.v. (hospitaller)

Som omtalt ovenfor anvendes der på hospitalerne 2-300.000 termometre pr. år. Vedrørende febertermometre som forureningsproblem henvises til bilag 4. Termometerforbruget på de danske sygehuse varierer betydeligt fra sygehus til sygehus. Det gennemsnitlige termometerforbrug pr. seng pr. år ligger på knap 8 stk. Det kan desuden anslås, at et sygehustermometer gennemsnitligt anvendes 45 gange, inden det ituslås eller på anden måde udgår.

Der er i dag etableret en ordning, hvor de større sygehuse (ialt 11 sygehuse) opsamler kviksølvspildet fra termometre, måleinstrumenter m.v. Ordningen skønnes i dag at resultere i en opsamling af ca. 100 kg kviksølv/år.

En endnu mere effektiv forebyggende indsats vil det være, at sygehusene i højere grad går over til at anvende elektroniske temperaturmålere.

På lidt længere sigt kan det forventes, at indsamlingsordningen på hospitalerne samt en overgang til elektroniske måleinstrumenter vil resultere i en nedbringelse af kviksølvemissionen fra sygehussektoren ganske væsentligt.



For en række anvendelser skulle der være muligheder for at overgå til en anvendelse af termofølere.

Kviksølv-blodtrykmålere indeholder ligeledes kviksølv (50-100 g pr. stk.). I branchen er det blevet anslået, at omkring 2.500 af disse blodtrykmålere går itu hvert år, svarende til en kviksølvsmængde på indtil 250 kg om året. En væsentlig del af kviksølvspildet fra disse ituslæede instrumenter opsamles og regenereres på sygehusapotekerne. Dette kviksølvspild kunne dog helt undgås ved overgang til aneroid blodtrykmålere.

#### 4.2. Kviksølvforurening som følge af anvendelse af kviksølvholdige tandfyldninger

En betydelig del af det danske forbrug af kviksølv sker i form af amalgam, som anvendes til tandfyldninger - "sølvplomber".

Amalgamen består af 50-60% kviksølv, 25-35% sølv og ca. 12% tin, ca. 3% kobber og ca. 1% zink. Det anslås, at det årlige kviksølvforbrug i dansk tandlægepraksis er ca. 4 tons.

Dette skøn er baseret på, at der er ca. 4.000 tandlæger, som årligt udfører hver ca. 1.000 fyldninger, og at hver fyldning indeholder ca. 1 g kviksølv. Oplysninger fra tandlægenes leverandører - dentaldepoterne - tyder på, at det således skønnede forbrug er nogenlunde rigtigt. Det betyder, at ca. 15% af det samlede kviksølvforbrug i Danmark sker i tandlægepraksis. Forbruget svarer til ca. 0,8 g kviksølv pr. indbygger. Det tilsvarende forbrug i Sverige var i 1976 1,25 g pr. indbygger.

En lille mængde kviksølv vil med ventilationsluft fra klinikkerne blive tilført udeluften. Skønsmæssigt drejer det sig i Danmark om mindre end 50 kg ialt pr. år.

Hver gang der udføres tandfyldninger, blandes amalgam i lidt større mængder end det, der bruges. På grund af det høje indhold af sølv har amalgamresterne en så stor værdi, at det kan betale sig at indsamle dem og udvinde sølvet. Det skønnes, at amalgamrester svarende til ca. 25% af det årlige forbrug af amalgam til tandlægeformål indsamles og oparbejdes på grund af sølvindholdet. Derigennem indsamles og udvindes tillige en mængde kviksølv på ca. 1 ton pr. år.

Den største del af det amalgamaffald, der opstår ved fyldning af huller eller udboring af gamle fyldninger, vil via suget eller afløbet blive udledt med spildevandet fra klinikken - skønmæssigt drejer det sig om 1,5 tons kviksølv pr. år. I nogle tilfælde er der filter i afløbssystemerne, således at de grove partikler tilbageholdes. Disse filterrester bortskaffes sammen med udtrukne tænder - heraf en stor del plomberede - med dagrenovationen. På denne måde bortskaffes fra tandklinikker kviksølvholdigt affald svarende til ca. 1 ton kviksølv pr. år. Affaldet fjernes af dagrenovationen, hvoraf ca. 60% bortskaffes ved forbrænding og 40% deponeres på lossepladser.

Amalgamaffaldets omsætning i det ydre miljø er ikke særlig grundigt undersøgt. Der er dog for nylig af Statens Naturvårdsverk, Sverige, udarbejdet en litteraturoversigt, der belyser disse forhold (bilag 6). Det fremgår deraf, at det ved akvarieforsøg er konstateret, at relativt høje amalgamkoncentrationer i vand i løbet af kort tid medfører forøgede kviksølvkoncentrationer i leveren hos fisk. Sådanne laboratorieforsøg må selvsagt tages med forbehold, men det forekommer dog rimeligt at antage, at amalgamrester, der med spildevandet tilføres det vandige miljø, ender i bundsedimentet, og at der på grund af affaldets store overflade pr. vægtenhed vil kunne ske en nedbrydning og omsætning til metylkviksølv.

Kviksølvplomber i afdøde tænder vil dels blive tilført kirkegårdsjorden, dels efter ligbrænding blive udsendt til atmosfæren. I Københavns kommune er procenten af ligbrændinger opgivet til 91. På landsbasis er den 51% (1977). Det anslås, at kviksølv mængden i de afdøde tænder er 0,5-0,6 ton årligt. Det samlede udslip af kviksølv til atmosfæren som følge af ligbrænding kan derfor ansættes til 0,3 ton/år.

I tabel 4.1 er givet en oversigt over skønnede emissioner som følge af anvendelse af kviksølv i tandfyldninger.

Tabel 4.1.

Tons pr. år	total emission	til luft	til vand	til jord
Tab ved tandfyldning	1	-	1	-
Udboring af fyldninger	0,5	-	0,5	-
Udtrukne tænder	1	0,6	-	0,4
Afdøde tænder	0,6	0,3	-	0,3
Ialt	3,1	0,9	1,5	0,7

Desuden henvises til bilag 5, hvor kviksølvs anvendelse i tandplejen omtales nærmere.

#### 4.3. Kviksølv i måle- og kontroludstyr

Kviksølv har en lang række vigtige anvendelser i måle- og laboratorieinstrumenter, f.eks. i laboratorie- og industritermometre, barometre, manometre, kalorimetre, højdemålere, gyroskoper etc. Forbruget af kviksølv til disse formål sker i en lang række enkeltvirksomheder, som fremstiller måle- og kontroludstyr. Herudover importeres et stort antal måle- og kontrolinstrumenter med kviksølv i.

Laboratorie- og industritermometre vil ofte indeholde kviksølv i en relativt betydelig mængde i hvert instrument. Der findes ikke nøjagtige tal for forbruget af disse instrumenter. Hvor stor en del af kviksølvet fra ituslåede termometre, der opsamles og genanvendes, vides ikke.

Forbruget af kviksølv i måle- og kontroludstyr er ikke tilstrækkelig godt belyst. Det skønnes, at der indenfor dette område anvendes kviksølv svarende til ialt ca. 1 ton pr. år.

#### 4.4. Laboratorieanvendelse af kviksølv

Fra udenlandske undersøgelser er det klarlagt, at forskellige typer af laboratorier kan være en kilde til kviksølvforurening.

I undervisnings-, forsknings-, udviklings- og servicelaboratorier anvendes metallisk kviksølv i mange apparater og kviksølvforbindelser som analytiske reagenser.

Ved bestemmelse af protein i f.eks. foderstoffer efter Kjeldahl-metoden anvendes som katalysator ofte kviksølv eller kviksølvoxid. Proteinbestemmelse efter Kjeldahl-metoden udføres årligt i stort antal på en lang række private og offentlige laboratorier. Statens Foderstofkontrol udfører således årligt ca. 22.000 enkeltbestemmelser af protein. Anvendes kviksølvoxid som katalysator, svarer det til ca. 15 kg metallisk kviksølv pr. år.

Ved bestemmelse af kemisk iltforbrug i vand (COD), benyttes ved visse metoder ligeledes kviksølvforbindelser som reagens. Sådanne analyser udføres også i stort antal hvert år, men nærmere oplysninger om det samlede årlige forbrug af kviksølv til dette formål foreligger ikke.

Et ituslået kviksølvholdigt apparat i et laboratorium giver anledning til spredning af små dråber kviksølv, som kan lægge sig i revner og sprækker i gulve og inventar. Dette kviksølv er vanskeligt at fjerne, og der kan efterhånden ophobes betydelige mængder kviksølv sådanne steder. Fra disse "lagre" sker en fordampning af kviksølv, som skal lægges til den forurening af laboratorielokalet, der løbende sker ved håndtering af kviksølv og kviksølvreagenser.

Foruden ovennævnte hygiejniske problemer giver kviksølvanvendelsen i laboratorier anledning til udslip af kviksølv til omgivelserne. Udslip som følge af anvendelse af metallisk kviksølv sker formentlig især til atmosfæren via ventilationsluften, mens udslip som følge af anvendelse af kviksølvholdige analysereagenser især sker til det vandige miljø via spildevandet, idet analysereagenser ofte skylles ud i vasken.

Undersøgelser i USA viser, at spildevand fra rene beboelsesområder indeholder omkring 0,2 ppb (max. 2 ppb) kviksølv. Spildevand fra et universitetscenter indeholdt til sammenligning omkring 8 ppb kviksølv, og fra kemi- og biologifdelinger 10-100 gange mere.

Den totale anvendelse af kviksølv i danske laboratorier kendes ikke nøjagtigt, men skønnes at være ca. 2 tons pr. år.

#### 4.5. Medicin, desinfektion, kosmetik m.v.

I århundreder har kviksølv og kviksølvforbindelser været anvendt til behandling af bl.a. syfilis. I dag anvendes kviksølvholdig medicin kun i begrænset omfang som antiseptika, kemo-terapeutika og konserveringsmiddel, f.eks. i salver og i fugtevand i medicinske apparater, samt som diuretika i form af mer-salyl.

Det totale salg af kviksølvholdige præparater fra private apoteker svarede i 1976 til 120 kg kviksølv. Heraf var en stor del merbromin ("tøsejod"). Hertil kommer sygehusapotekernes udlevering, som kan anslås til ca. 30 kg.

Sublimatopløsning (mercurichlorid) var tidligere et meget anvendt desinfektionsmiddel på sygehuse og andre steder. Den megen omtale heraf i relation til hospitalsspildevand har betydet, at denne anvendelse næsten er ophørt.

Anvendelse af kviksølvforbindelser i veterinær medicin og praksis er formentlig minimal. Tidligere er børstave indeholdende phenylkviksølvforbindelser blevet anvendt i nogen udstrækning. Denne anvendelse er næsten hørt op og kan forventes helt at falde bort.

Anvendelse af kviksølvforbindelser som konserveringsmiddel i kosmetiske midler er tilladt til øjenkosmetik, fordi kviksølv anses for den eneste effektive forebyggelse af pseudomonas inficering af produktet og dermed begrænsning af risikoen for øjeninfektioner af meget alvorlig karakter.

EF-direktiv af 27. september 1976 om kosmetiske midler tillader at anvende thiomersal (ethylkviksølvthiosalicylat) eller phenylkviksølvsalte i koncentrationer på indtil 0,007% kviksølv i øjen-make up. Indholdet skal deklarereres på pakningen.

Den samlede anvendelse af kviksølvholdige præparater til medicin, kosmetik og lignende overstiger næppe 200 kg pr. år.

#### 4.6. Dambrug

Ifølge oplysninger fra veterinærdirektoratet til sundhedsstyrelsen i 1974 anvendes der i danske dambrug calomel (mercurochlorid) blandet med fiskefoder til behandling af visse fiske-sygdomme.

Forsøgsdambruget i Brøns har frarådet denne kviksølvanvendelse, som kan resultere i en lokal kviksølvbelastning af vandløb. Anvendelsen er i dag efter alt at dømme ubetydelig.

#### 4.7. Kviksølvbejdsemidler

Kviksølvholdige bejdsemidler anvendes til bejdsning (afsvampning) af korn og frø inden såning med henblik på beskyttelse af udsæden og den deraf fremspirende plante mod svampeangreb.

Det er hovedsagelig methoxyethylkviksølvacetat, der anvendes. Derudover anvendes kviksølvforbindelser til afsvampning af blomsterløg og frø og til bekæmpelse af mos i græsplæner (calomel).

I 1950'erne og 1960'erne lå det totale årlige forbrug af kviksølv til bejdsning på 3,5-5,0 tons.

I begyndelsen af 1970'erne faldt forbruget, til det i 1973 var 1,5 tons, og i 1975 faldt det helt ned til 1,1 tons. Dette fald skyldtes bl.a., at doseringen til byg og anden vårsæd blev nedsat til det halve af den hidtidige dosering. I 1976 steg kviksølvforbruget til 1,8 tons, bl.a. fordi doseringen i et vist omfang igen blev sat op til det oprindelige niveau, idet det blev konstateret, at nedsættelsen var en medvirkende årsag til en opformering af visse svampesygdomme. I 1977 faldt forbruget til 1,6 tons, bl.a. som følge af giftnævnets ændrede dispensationspraksis (jfr. tabel 4.2.).

Tabel 4.2

År	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Tons	4,1	3,7	3,1	1,5	1,3	1,1	1,8	1,6

Gennem tiderne har der været tilfælde, hvor befolkningen eller husdyr er blevet forgiftet, fordi kviksølvbejdset sædekorn fejlagtigt er blevet anvendt til menneskeføde eller husdyrfoder.

Herhjemme har to forgiftningstilfælde været særligt omtalt.

I 1959 blev det opdaget, at et Nakskov-kornfirma i 11 år havde blandet 20.000 tons bejdset overskudshvede i brød- og foderkorn.

En anden episode var den såkaldte Ganløse-sag, hvor 568 tons bejdset sædekorn i perioden maj 1972 til juni 1973 blev solgt som foderkorn gennem en række kornfirmaer på Sjælland. Denne overtrædelse af gældende bestemmelser blev afsløret på grund af forgiftningstilfælde i sjællandske svinebesætninger.

Foranlediget af Ganløse-sagen udstedte miljøstyrelsen i 1973 en bekendtgørelse, som dels begrænsede kredsen af brugere af kviksølvholdige bejdsemidler ved at forbyde privat brug af disse midler, og dels begrænsede kredsen af brugere af kviksølvbejdset sædekorn ved kun at tillade kviksølvholdige bejdsemidler anvendt til korngenerationerne til og med certificeret sædekorn, 1. generation, for rug dog kun til og med basissæd samt til afsvampning af frø. Bekendtgørelsen indeholder dispensationsmuligheder. I 1977/78 skærpede giftnævnet den hidtidige praksis med hensyn til udstedelse af dispensationer - og det må derfor forventes, at den kviksølvmængde, der via bejdset sædekorn tilføres landbrugsarealerne, formodentlig vil falde til under 1 ton pr. år - eller til samme størrelsesorden som de kviksølvmængder, der tilføres via nedbøren eller via anvendelse af fosfatgødning.

Såfremt den kviksølvmængde, der tilføres landbrugsjorden med sædekornet, således reduceres væsentligt, vil det have en betydelig indvirkning på kviksølvbelastningen af landbrugsjorden. Virkningen kan illustreres ved et eksempel, hvori der opstilles en massebalance for kviksølvtilførslen i den værst tænkelige situation, der vil være karakteriseret ved en samtidig udlægning af spildevandsslam og anvendelse af bejdset sædekorn. I eksemplet er tilførslen af kviksølv beregnet dels ved fastholdelse af tidligere praksis med hensyn til bejdsning, og dels under forudsætning af en reduceret anvendelse af kviksølvbejdsning som følge af den ændrede dispensationspraksis. Der kan under disse forudsætninger opstilles de i tabel 4.3 viste balancer for kviksølvtilførslerne.

Tabel 4.3

Kviksølvtilførsel g/ha pr. år	Hidtidige praksis for anvendelse af kvik- sølvholdige bejdse- midler	Reduceret anvendelse af kviksølv- holdige bejdse- midler
Nedbør	0,7	0,7
Kunstgødning	0,2	0,2
Spildevandsslam	0,4	0,4
Sædbejdsemidler	1,3	0,6
Tilførsel ialt	2,6	1,9
Nedsivning, udvaskning	0,1	0,1
Afgasning	0,3	0,3
Planteoptagelse	0,1	0,1
Fraførsel ialt	0,5	0,5
Maksimal nettotilførsel til jord	2,1	1,4

#### 4.8. Udviklingstendenser

Kviksølvforbruget til tandfyldninger vil formentlig holde sig nogenlunde konstant. Ganske vist findes der erstatningsmaterialer for amalgam, men det nødvendige udviklingsarbejde vil næppe kunne fremskyndes så meget, at anvendelsen af andre materialer bliver almindelig indenfor de nærmeste 5-10 år.

Til termometre og måleinstrumenter er der allerede i nogen grad muligheder for at tage alternativ teknik i brug - men også her gælder det, at erfaringsgrundlaget er spinkelt. Det er således muligt at fremstille industritermometre (fjerntermometre), hvor en inaktiv luftart, f.eks. kvælstof, erstatter kviksølv. Kalorimetre udstyres i stigende grad med elektronisk måleudstyr. Derved undgås anvendelse af kviksølv.



Anvendelsen af kviksølv i måle- og kontroludstyr som helhed må forventes at falde.

Anvendelsen af kviksølv i laboratorier - herunder til skoleforsøg og forskning - er dårligt kortlagt. Anvendelsen af kviksølv i forbindelse med forskellige analysemetoder kan i nogle tilfælde reduceres ved at gå over til andre metoder. Dette gælder således for bestemmelse af kemisk iltforbrug. Derimod er det vanskeligere at erstatte Kjeldahl-metoden, som er internationalt anerkendt som standardmetode for bestemmelse af protein. Hvorvidt forbruget vil være stigende eller faldende fremover, kan vanskeligt bedømmes, men der kan være et væsentligt forureningsproblem forbundet med disse anvendelser.

Udarbejdelse af en vejledning til laboratorierne om bortskaffelse af kviksølvholdigt affald vil formentlig kunne bidrage til at reducere denne kilde til kviksølvforurening.

Af de øvrige anvendelser er der især grund til at hæfte sig ved bejdsning af korn, hvor de foranstaltninger, der allerede er truffet, har resulteret i en stærk reduktion af forbruget. Ved en fortsat restriktiv politik på området er der næppe grund til at forvente en stigning i forbruget.

Metallisk kviksølv var ikke tidligere optaget på giftlovens lister over gifte eller sundhedsfarlige stoffer, hvorfor giftlovens regler ikke var gældende for metallisk kviksølv.

Ved den ændring af listerne til giftloven, der blev gennemført ved bekendtgørelse nr. 348 af 16. juni 1977, blev metallisk kviksølv optaget på listen som et giftstof. Dette medfører bl.a., at de regler for udlevering og opbevaring af gifte, der er fastsat i bekendtgørelse nr. 350 af 16. juni 1977, nu er gældende for metallisk kviksølv. Da udleveringsreglerne begrænser adgangen til udlevering af gifte, kan det antages, at også dette forhold vil medføre nogen nedgang i anvendelsen af kviksølv.

## 5. ANDRE KILDER TIL KVIKSØLVUDSLIP

### 5.1. Kviksølv fra fyring med fossilt brændsel

Kviksølv forekommer i små mængder i kul, olie og gas. Indholdet i kul er stærkt varierende og afhænger af det sted, hvor kullene er brudt. Således viser analyser, at indholdet af kviksølv varierer fra 0,01 ppm til ca. 300 ppm. Hvis der regnes med et gennemsnit på 0,2 ppm, vil der i Danmark alene fra elværkerne med en årlig kulfyring på ca. 4 mio. tons ske et udslip hovedsagelig til atmosfæren (ca. 90%) på ca. 800 kg kviksølv - et udslip, der vanskeligt kan reduceres. Råoliens indhold af kviksølv er ikke så velundersøgt som kuls indhold af kviksølv. De undersøgelser, der findes, tyder på, at indholdet af kviksølv i råolier er lavere end i kul - en realistisk middelværdi vil formentlig være 0,05 ppm.

Svenske undersøgelser viser, at kviksølvindholdet i raffinerede olieprodukter er endnu mindre end i råolien - nemlig fra 2 til 17 ppb. Med et dansk forbrug på 17 mio. tons raffinerede olieprodukter (herunder gas) med et anslået gennemsnitligt kviksølvindhold på 20 ppb vil der årligt udsendes 340 kg kviksølv til atmosfæren fra afbrænding af disse produkter.

Efter oliekrisen anvendes kul i stigende grad som energikilde, især i el-værker. Dels sker der en omlægning fra anvendelse af olie til anvendelse af kul, dels baseres el-værksudvidelser og nyanlæg i stigende grad på kul. Denne udvikling medfører en stigende emission af kviksølv.

### 5.2. Affalds- og slamforbrænding

En stigende mængde affald destrueres på forbrændingsanlæg. For husholdningsaffald drejer det sig om ca. 60%, mens resten af dette hovedsageligt henlægges på losseplads.

Affaldet vil bl.a. indeholde kasserede kviksølvbatterier m.v. Ved forbrænding af affaldet tilføres luften betydelige mængder kviksølv. Alene i København afbrændes årligt 500.000 tons affald, svarende til udsendelse af 1000-1500 kg kviksølv. En reduktion af dette udslip vil bedst kunne ske ved en reduktion

af de kviksølv-mængder, der tilføres affaldsforbrændingen - gennem anvendelsesbegrænsninger, specielle bortskaffelsesordninger eller genanvendelse for f.eks. kviksølvbatterierne.

En del spildevandsslam fra rensningsanlæggene anvendes som jordforbedringsmiddel. Da især industrielt spildevandsslam indeholder bl.a. cadmium, vil det normalt ikke være særlig velegnet som jordforbedringsmiddel. Derfor henlægges på losseplads eller afbrændes en betydelig mængde af slammet. Ved Avedøre Kloakværk i København fremkommer ca. 20.000 tons årligt, som med et skønnet kviksølvindhold på 5 ppm betyder tilførsel af 100 kg kviksølv. Landets totale slamproduktion er ca. 100.000 tons.

## 6. KVIKSØLVFORBRUG OG EMISSION I DANMARK

På grundlag af import/eksportstatistikken kan nettoimporten af kviksølv og diverse kviksølvforbindelser opgøres som anført i tabel 6.1.

Tabellen indeholder kraftige lagerudsving, men udtrykker dog over en længere årrække forbruget i Danmark, idet kviksølv ikke udvindes/fremstilles i Danmark.

Kviksølvindholdet i de i tabellen anførte uorganiske forbindelser varierer fra 67-96%. Det skønnes, at gennemsnittet må være mindst 75%. Den tilsvarende variation for organiske forbindelser er 53-76% med et skønnet gennemsnit på mindst 60%. For amalgam er variationen 50-60% og gennemsnit 55% (jfr. bilag 7).

Gennemsnitstallene er benyttet til beregning af årligt importerede mængder af rent kviksølv, tabel 6.1. For perioden 1970-77 svarer den gennemsnitlige import pr. år til 23,3 tons rent kviksølv. Hertil kommer den kviksølv-mængde, der er indeholdt i importerede batterier, termometre, el-artikler og andet.

I afsnittene 2, 3, 4 og 5 er der redegjort for de vigtigste kendte anvendelser af kviksølv i Danmark.

På det foreliggende grundlag skønnes det, at kviksølvanvendelsen er 30-35 tons pr. år, fordelt på forskellige områder som vist i tabel 6.2. Anvendelsen til industriformål, i batterier og til bejdsning af sædekorn er gennemsnit for perioden 1970-77.

Tabel 6.1. Nettoimport af kviksølv, uorganiske kviksølvforbindelser, organiske kviksølvforbindelser og amalgam, tons/år og deri indeholdt rent kviksølv (beregnet), tons/år.

	1970		1971		1972		1973		1974		1975		1976		1977		1970-77 Gns. forb. Hg	
	forb.	Hg	forb.	Hg	forb.	Hg	forb.	Hg	forb.	Hg	forb.	Hg	forb.	Hg	forb.	Hg		
% Hg <sup>x)</sup>																		
Metallisk Hg	19.9	11.0	12.2	13.4	19.6	13.9	15.3	5.6	13.9									13.9
Uorganiske Hg-forb.	3.3	2.5	4.6	3.4	1.4	1.0	3.5	2.6	1.1	0.8	2.4	1.8	4.8	3.6	3.5	2.6	2.8	2.1
Organiske Hg-forb.	4.9	2.9	4.4	2.6	4.4	2.6	23.6	14.2	22.7	13.6	10.7	6.4	4.8	2.9	10.4	6.2	10.7	6.4
Amalgam	2.7	1.5	1.3	0.7	2.6	1.4	3.0	1.6	1.2	0.7	1.0	0.5	1.1	0.6	0.9	0.5	1.6	0.9
I alt (Hg)	26.8	17.7	17.2	31.8	33.1	22.6	22.4	14.9	≈23.3									

x) se bilag 9 for beregning af kviksølvindholdet i de forskellige grupper.

Tabel 6.2.

	Forbrug		Indsamling genanven- delse	Tendens i forbruget
	ton/år	%		
Industri	6	20	?	uændret
Forbrugsvarer				
Kviksølvbatterier	6	20	1	stigende
andre batterier	1	3		
elektriske artikler	1	3		uændret
maling	0,5	2		
termometre	1	3		
Andre anvendelser				
febertermometre (hospitaler)	1	3	0,1	uændret
tandfyldninger	4	13	1	uændret
måle- og kontroludstyr	1	3	?	uændret
laboratorier	2	7		uvist
medicin, desinfek- tion, kosmetik	0,2	1		
bejdsning af sædekorn	2,3	8		faldende
Ikke kortlagte anvendelser	4	13		
Ialt	30			

Det skal understreges, at flere af opgivelserne i tabellen, således som det også fremgår af de foregående afsnit, er udtryk for meget grove skøn. Hertil kommer, at det ikke er alle anvendelser, der er kortlagt.

En mere nøjagtig analyse kunne gennemføres under forudsætning af, at mere detaljerede oplysninger om importører og importerede mængder bliver tilvejebragt. Arbejdsgruppen har ikke haft mulighed for at indhente og udnytte sådanne oplysninger og har derfor været henvist til i flere tilfælde at benytte tal, der er behæftet med stor usikkerhed.

For at muliggøre en sammenligning med forbrug og anvendelse af kviksølv i andre lande er i tabel 6.3. opført nogle statistiske oplysninger, overvejende fremkommet ved en rundspørge, foranstaltet af OECD.

Tabel 6.3.

Kvikslølvanvendelse gram/år pr. ind- bygger	DK (1976)	Sverige (1975)	Norge (1975)	Holland (1975)	USA (1975)	Frankrig (1975)	England (1975)	V. Tyskland (1974)	Canada (1970)
Chlor-alkali	1,0*	0,6	0,4	1,0	2,6	1,4	9,5	5,4	9,6
Kvikslølvbatterier	0,5	0,6	1,6	0,1	2,8 (1973)	1,2	0,7	0,2	1,0
Andre el-artikler	0,2	-	-	1,0	0,3 (1973)	-	0,1	0,2	0,3
Maling	0,1	-	-	(0,02)	1,2	0,5	0,7	0,3	0,6
Måle- og kontrol- instrumenter	1,6	1,3	1,5	(0,02)	0,7	0,7	0,3	0,3	0,9
Tandlægepraksis	0,8	1,5	0,6	0,8	0,3	0,5	0,6	-	1,2
Laboratorier	0,2	-	-	-	(0,05)	0,5	-	0,2	-
Medicin	(0,01)	-	(0,02)	0,0	(0,08)	0,5	-	0,4	0,1
Landbrug	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,6	0,6	0,6
Katalysatorer	-	0	-	-	0,1	-	0,2	0,5	-
Andet	-	(0,03)	-	-	0,3	1,4	-	0,9	(0,04)
Millioner indbyggere	5	8	4,5	15	200	50	50	60	17

\* formentlig ekstraordinært højt tal - jfr. tabel 6.2.

På det foreliggende grundlag kan der opstilles nedenstående oversigt (tabel 6.4) over kviksølvudslip til omgivelserne - luft, vand og jord - som følge af kendte og skønnede anvendelser af kviksølv. Det skal understreges, at tabellen ikke er udtryk for en fuldstændig kortlægning af kviksølvs kredsløb; eksempelvis vil en del af de kviksølv-mængder, der bortføres med spildevandet, i rensningsanlæggene blive fjernet med slam, der senere deponeres på jord eller forbrændes, hvilket vil medføre, at der tilføres henholdsvis jord og luft større kviksølv-mængder en angivet i tabellen.

Tabel 6.4.

	Til luft ton/år	Til vand (hoved- sagelig til spil- devand ton/år	Til jord (hoved- sagelig til los- sepladser ton/år	Total ton/år
<u>Industri</u> (fra produktions- processer)	0,5	0,2	0,2	0,9
<u>Forbrugsvarer</u>				
batterier	4,0	0	2,0	6,0
elektriske artikler	0,5	0	0,5	1,0
maling	0,4	0	0,1	0,5
febertermometre	0,5	0,3	0,2	1,0
<u>Andre anvendelser</u>				
febertermometre (hospitaler)	0,5	0,3	0,2	1,0
tandfyldninger	0,9	1,5	0,7	3,1
måle- og kontroludstyr	0,5	0,3	0,2	1,0
laboratorier	1,0	1,0	0	2,0
bejdsning af sædekorn	0	0	2,0	2,0
andet	0,5	0	0,5	1,0
<u>Fossilt brændsel</u>	1,0	0	0,1	1,1
<b>Total</b>	<b>10,3</b>	<b>3,6</b>	<b>6,7</b>	<b>20,6</b>

Oversigten i tabel 6.4 redegør for et totalt kviksølvudslip på ca. 20 tons pr. år. Når der ikke er balance mellem forbrug og udslip skyldes det bl.a.

- at en del kviksølvaffald langtidsopbevares med henblik på senere regenerering,
- at en del af udslippet (f.eks. i cementindustrien og ved forbrænding af olie og kul) ikke modsvares af en registreret import af kviksølv.

## 7. FORANSTALTNINGER TIL NEDBRINGELSE AF KVIKSØLVFORURENINGEN

Som det fremgår af tabel 6.4., kan omkring 80% af den kviksølv-mængde, der tilføres det ydre miljø, henføres til anvendelsen af kviksølv til

- kviksølvbatterier
- termometre
- tandfyldninger
- laboratorier og
- sædbejdsning.

Hertil kommer andre udslip som følge af kviksølvanvendelse i

- måleinstrumenter
- elektriske artikler
- maling
- fossilt brændsel.

På de fleste af de anvendelsesområder for kviksølv, der giver anledning til større kviksølvudslip, er der substitutionsmuligheder for kviksølv. En række af disse muligheder er anført nedenfor i tabel 7.1.

Tabel 7.1.

Kviksølvanvendelse	Substitutionsmulighed
Chlor-alkali produktion	Diafragma-proces
Kviksølvbatterier	Zn/MnO <sub>2</sub> /Grafit, zink/luft
Industrielle instrumenter	Forskellige substitutionsmuligheder - såsom aneroid-trykmålere bimetal termoelementer, flydende gallium, K-Na legeringer
Skibsmaling (konservering)	Tin- og kobberforbindelser
Plastmaling (konservering)	Organiske biocider
Træbeskyttelsesmidler	Pentachlorphenol og tin-forbind.
Amalgam til tandfyldning	Porcelæn, plast
Sædbejdsning	Organiske biocider



Som det fremgår af de foregående afsnit, er det ikke alle disse substitutionsmuligheder, der kan benyttes eller er hensigtsmæssige på kort sigt.

For at begrænse kviksølvudslippet mest muligt over en kortere årrække er det derfor nødvendigt at indsamle det kviksølvholdige affald til langtidsopbevaring eller genanvendelse/recirkulation.

Hvilke områder, der skal sættes ind på med indsamlingsordninger, er afhængigt af en række forskellige forhold for de enkelte områder, bla.

- kviksølvudslippets størrelse
- kviksølvudslippets karakter
- substitutionsmuligheder
- kviksølvkoncentration i affaldet
- alternative bortskaffelsesmuligheder
- ressourcekrav for at sikre tilfredsstillende indsamlingsprocent
- administrative muligheder
- kontrolmuligheder.

Disse forhold indgår i nedenstående overvejelser af mulighederne for at reducere kviksølvudslippet fra en række anvendelsesområder.

### 7.1. Kviksølvbatterier

Den returneringsprocent, 10-20, der synes opnået det første år gennem den frivillige indsamlingsordning, kan ikke på længere sigt betragtes som tilfredsstillende. I forbindelse med drøftelserne omkring ordningen blev det overvejet at indføre en pantordning i detailhandelen. Der blev imidlertid rejst en del indvendinger mod en eventuel pantordning.

Det blev således anført, at en eventuel pant, der skulle erlægges ved indkøb af batterier, i givet fald måtte fastlægges relativt højt for at virke motiverende for en returnering. Alternativt til en pantordning overvejedes en afgiftsstyring, der skulle tjene til at dreje forbruget væk fra kviksølvbatterierne og over mod andre batterier.

Den eneste mulighed for at sikre en tilfredsstillende indsamlingsprocent for brugte kviksølvbatterier synes, på trods af problemerne omkring en sådan, at være indførelse af en frivillig pantordning. Dette forudsætter, at kviksølvbatterierne mærkes på en sådan måde, at de let - af forbrugere og forhandlere - kan kendes fra andre batterityper.

Det provenu, der som følge af pantopkrævningen må forventes at fremkomme i distributionssystemet, vil imidlertid formentlig være tilstrækkeligt til at dække omkostningerne i forbindelse med en mærkning.

En pantordning vil sikre en betydeligt større indsamlingsprocent end den, der hidtil er opnået. Det må anses for realistisk, at indsamlingsprocenten i løbet af en periode på 2 år kommer op på ca. 75.

En forventet samtidig gradvis substitution af kviksølvbatterier med luft/zink batterier vil bidrage til begrænsning af kviksølvudslippet, således at dette i løbet af en 3-5 års periode må kunne reduceres til ca. 1 ton år. år eller ca. 15% af det nuværende niveau.

Såfremt ordningen ikke i løbet af 2-3 år giver tilfredsstillende resultater, vil det blive aktuelt - alt afhængig af den teknologiske udvikling omkring i første række luft/zink-batterierne - at indføre anvendelsesbegrænsninger eller forbud.

## 7.2. Termometre

Anvendelsen af febertermometre giver anledning til en væsentlig kviksølvtilførsel til det ydre miljø. Igangsatte indsamlingsordninger giver et beskedent positivt resultat, men må følges op af miljøstyrelsen og kommunerne med krav om, at hospitaler og lignende institutioner overholder kravene i bekendtgørelsen om kemikalieaffald.

Samtidig skal udnyttelse af substitutionsmulighederne fremmes mest muligt.

Til privat brug, hvor det i mange tilfælde er nok at fastslå, om en patient har feber eller ej, kan anvendes engangstermometre eller temperaturindikatorer, der kan bruges flere gange.

Begge er baseret på flydende krystaller. Bortskaffelsen af disse typer af ikke-kviksølvbaserede termometre - enten på losseplads eller ved forbrænding - kan næppe anses for at være miljømæssigt betænkelig.

Anvendeligheden af engangstermometre under hospitalsforhold er i nogen grad belyst, men endnu er der ikke draget nogen endelig konklusion af de gennemførte undersøgelser.

I hospitals- og institutionssektoren kan anvendes elektroniske termometre. Sådanne termometre er afprøvet og sammenlignet med kviksølvtermometre under normale hospitalsforhold. Mulighederne for at erstatte kviksølvtermometre med elektroniske termometre må undersøges nærmere. Dette kan ske i samarbejde med sundhedsstyrelsen, Amtsrådsforeningen, Dansk Sygehusinstitut, Kommunernes Landsforening og andre.

Hvor stor en del af kviksølvanvendelsen i termometre, der kan elimineres, kan selvsagt ikke vurderes på nuværende tidspunkt. Det forekommer dog næppe urealistisk, at det i løbet af 3-5 år skulle være muligt at nedbringe kviksølvudslippet på grund af anvendelsen i febertermometre med omkring halvdelen i forhold til situationen i dag.

### 7.3. Tandfyldninger

Der er ikke i Danmark truffet lovgivningsmæssige foranstaltninger til begrænsning af kviksølvforureningen fra tandklinikker ud over bestemmelserne i bekendtgørelsen om kemikalieaffald.

Miljøstyrelsen har gennem en længere periode jævnligt haft kontakt med Dansk Tandlægeforening om mulighederne for at begrænse udslippet af kviksølv fra landets næsten 3000 tandklinikker - herunder såvel offentlige (kommunale) som private klinikker. Der blev i oktober 1977 i miljøstyrelsen holdt et møde med repræsentanter for tandlægeforeningen, hvor det blev aftalt, at foreningen skulle komme med et oplæg til videre drøftelse af konkrete begrænsningsmuligheder, såsom installering af filtre til opsamling af overskydende kviksølv fra fremstilling af amalgamfyldninger.

I tandlægeforeningens oplæg, skrivelse af 16. marts 1978, tilkendegives, at man

- er opmærksom på, at der er mulighed for en ret betydelig forurening af omgivelserne med metallisk kviksølv fra landets tandklinikker,
- savner tilstrækkelige oplysninger om forureningen fra den enkelte klinik,
- anser det for usandsynligt, at der i løbet af det næste 10-år vil blive udviklet alternative fyldningsmaterialer med samme gode egenskaber som amalgam,
- kan begrænse kviksølvforureningen væsentligt ved at opsamle amalgam-affald - herunder ekstraherede tænder,
- savner oplysning om, i hvilket omfang en sådan opsamling finder sted allerede.

Tandlægeforeningen foreslår, for at begrænse kviksølvforureningen fra tandklinikker,

- at foreningen i samarbejde med miljøstyrelsen iværksætter en oplysningskampagne rettet mod foreningens medlemmer og mod klinikpersonale,
- at foreningen medvirker til en typegodkendelse af dentalsug med filter, således at man sikrer opsamling af i det mindste de faste amalgampartikler,
- at foreningen tager initiativ til iværksættelsen af en indsamlingsordning for amalgam-affald fra klinikkerne,
- at der - foreløbig begrænset til 3 år - indføres en registrering af kviksølvforbruget til dentalt formål og af de indsamlede/tilbagekøbte mængder amalgam-affald.

De tal, der foreligger for mængderne af kviksølvaffald fra tandklinikkerne, er ikke særligt nøjagtige. En grundigere registrering og kortlægning er dog ikke nødvendig for at kunne iværksætte forskellige foranstaltninger til begrænsning af kviksølvudslippet fra klinikkerne til miljøet.

Efter arbejdsgruppens opfattelse bør det sikres, at tandklinikkerne i løbet af en kortere overgangsperiode installerer central-sug med filtre, der har nærmere specificerede funktionskrav.

Ifølge oplysninger fra fabrikanter af dentalsug, vil det betyde en éngangsudgift for hver klinik på indtil 10.000 kr. plus installationsomkostninger, som afhænger af de eksisterende forhold på hver enkelt klinik. I denne sammenhæng må kommunerne som de ansvarlige for kemikalieaffaldsordningerne inddrage tandklinikkerne i kontrol- og oplysningsarbejdet omkring disse ordninger.

Bortskaffelsen af det opsamlede kviksølvaffald/amalgam finder mest hensigtsmæssigt sted ved, at dentaldepoterne (eller andre) forpligter sig til at indsamle og aftage det og sørge for, at det går til virksomheder i Danmark eller udlandet til udvinding af kviksølv og andre metaller. Det bemærkes, at amalgamaffald ofte vil have en positiv værdi grundet indholdet af sølv.

En sådan behandling af affaldet, som allerede finder sted i nogen udstrækning, forudsætter dispensation fra afleveringspligten til den enkelte tandklinik, idet kommunen i hvert tilfælde må bedømme, om den foreslåede bortskaffelsesmåde er miljømæssigt forsvarlig.

På baggrund af dette, samt de allerede førte forhandlinger, finder arbejdsgruppen, at det vil være hensigtsmæssigt, om miljøstyrelsen ved forhandlinger med Tandlægeforeningen og Kommunernes Landsforening finder en branchemæssig løsning. Resultatet heraf kan eventuelt udformes som en vejledning fra miljøstyrelsen, som kan danne grundlag for indretningen af tandklinikkerne på en teknisk og økonomisk hensigtsmæssig måde, og danne baggrund for kommunernes dispensationspraksis.

Det foregående har drejet sig om mulighederne for at begrænse den kviksølvforurening, der forårsages af fast affald fra tandlægepraksis. Den - formentlig ret ubetydelige - luftforurening med kviksølv via ventilationsluft fra tandlægeklinikkerne kan ifølge oplysninger fra fabrikanter af ventilationsanlæg reduceres betydeligt ved installation af filtre i anlæggene.

Iværksættelsen af de foreslåede foranstaltninger kan skønsmæssigt forventes at resultere i indsamling af ca. 1,5 tons kviksølv udover det, der indsamles fra tandklinikkerne i dag, og dermed reducere det totale udslip af kviksølv fra klinikkerne med ca. 50%.

#### 7.4. Laboratorier

Anvendelsen af kviksølv på laboratorier er dårligt belyst, og det er vanskeligt at nå frem til blot nogenlunde kvalificerede skøn. Første skridt mod en reduktion af udslippet kunne derfor være en henstilling til f.eks. skolerne om at påse, at der ikke sker spild, og at eventuelle forsøg, der ikke behøver at være baseret på kviksølv, begrænses mest muligt. Endvidere kan det indskærpes overfor analyselaboratorier og andre, at kviksølvholdigt kemikalieaffald (brugte analysereagenser og lignende) er omfattet af kemikalieaffaldsbekendtgørelsen og skal bortskaffes i overensstemmelse hermed.

#### 7.5. Sædbejdsning

Som anført tidligere må de begrænsninger, der allerede er indført på dette område, anses for at give rimelige regulerings- og begrænsningsmuligheder.

#### 7.6. Andre udslip

For anvendelse af kviksølv til måleinstrumenter og elektriske artikler må der formentlig i første række arbejdes på oplysning om forsvarlig bortskaffelse.

For maling specielt må et anvendelsesforbud i lighed med, hvad der er gældende i andre lande, stærkt overvejes, da anvendelsen efter alt at dømme ikke er nødvendig, da der findes rimelige erstatningsprodukter.

Anvendelsen af kviksølvforbindelser i medicin og kosmetik giver ikke anledning til noget nævneværdigt udslip af kviksølv til omgivelserne. Derimod udsættes visse grupper af befolkningen herigennem for kviksølv, og det ville derfor være ønskeligt at reducere eller helt undgå denne anvendelse af kviksølv.

#### 7.7. Bortskaffelsesordningen for kemikalieaffald

Den eksisterende ordning for bortskaffelse af kemikalieaffald er gennemført ved bekendtgørelse nr. 121 af 17. marts 1976 om kemikalieaffald og beskrevet nærmere i det tilhørende cirkulære af 14. oktober 1976.

Bekendtgørelsen omfatter de arter af kemikalieaffald, der er optaget på bilaget til bekendtgørelsen, samt andre arter, der har tilsvarende egenskaber. Bilaget nævner således kviksølvaffald, indeholdende metallisk kviksølv, organiske og uorganiske kviksølvforbindelser (f.eks. sublimat).

Enhver, der opbevarer, transporterer eller bortskaffer kemikalieaffald, er ansvarlig for, at der ikke herved sker forurening af luften, jorden, grundvandet eller overfladevandet, herunder havet. Denne bestemmelse omfatter såvel privatpersoner som virksomheder (offentlige og private). En virksomhed, på hvilken der fremkommer kemikalieaffald, skal anmelde dette til kommunalbestyrelsen, og virksomheden er pligtig at aflevere dette på et af kommunalbestyrelsen anvist sted, medmindre affaldet afhentes ved kommunalbestyrelsens foranstaltning.

Der kan søges dispensation for afleveringspligten.

Kommunalbestyrelsen har pligt til at stille en bortskaffelsesordning til rådighed for virksomheden og kan fastsætte afgifter for modtagelse af kemikalieaffaldet til dækning af kommunens udgifter til opbevaring, transport og bortskaffelse af affaldet.

Det indsamlede kemikalieaffald bortskaffes via Kommunekemi - for kviksølvaffalds vedkommende i dag hovedsageligt ved deponering i Tyskland.

### 7.8. Sammenfatning

Kviksølvforbruget er overordentlig komplekst sammensat. Der findes derfor ikke noget enkelt middel, der kan tages i anvendelse for generelt at reducere udslippet til det ydre miljø. Arbejdsgruppen har i nærværende rapport forsøgt at kortlægge forbruget - og anvise veje til at nedbringe emissionen. Den forventede virkning af de forslag, der stilles herom i afsnittene 7.1 - 7.6, fremgår af nedenstående oversigt (tabel 7.2.), som viser, hvorledes de skitserede begrænsninger fordeler sig på de enkelte områder.

Tabel 7.2.

Udslip ton/år:	nuværende	målsætning	reduktion	%
Kviksølvbatterier	6	1	5	80
Febertermometre	1	0,5	0,5	50
Tandfyldninger	3	1,5	1,5	50
Maling	0,5	0	0,5	100
Total	10,5	3,0	7,5	

Det er arbejdsgruppens vurdering, at det ved et bevidst forsøg på at presse den teknologiske udvikling i en miljømæssig rigtig retning uden væsentlige samfundsøkonomiske eller privatøkonomiske konsekvenser over en 5-års periode skulle være muligt at nedbringe den menneskeskabte kviksølvforurening med ialt ca. 8 tons, hvilket svarer til ca. 35% af det skønnede totale udslip i dag. Et sådant skøn eller målsætning for arbejdet må selvfølgelig justeres i lyset af de erfaringer, der indhøstes.



Paris, 2nd October, 1971

C(75)172 (Final)

COUNCIL

RECOMMENDATION OF THE COUNCIL

ON MEASURES TO REDUCE ALL MAN-MADE EMISSIONS  
OF MERCURY TO THE ENVIRONMENT

(Adopted by the Council at its 334th Meeting on  
18th September 1973)

The Council,

Having regard to Article 5(b) of the Convention on the  
Organisation for Economic Co-operation and Development of  
14th December, 1960;

Having regard to the Recommendation of the Council of  
26th May, 1972, on Guiding Principles concerning International  
Economic Aspects of Environmental Policies /C(72)128/;

Considering the use and hazards of mercury, as well as  
the possibilities for emission control and the contingent  
economic effects thereof;

On the proposal of the Environment Committee;

1. RECOMMENDS that the Governments of Member countries  
should adopt measures:

- (a) to reduce all man-made emissions of mercury to the  
environment to the lowest possible levels, with  
particular attention to:
  - (i) the elimination of alkyl-mercury compounds  
from all uses that allow this material to reach  
the environment in any way;
  - (ii) the maximum possible reduction of mercury in  
discharges from all industrial plants using  
or manufacturing products containing mercury  
chemicals;

- (b) for which immediate targets should be:
  - (i) the elimination of alkyl-mercury compounds in agriculture;
  - (ii) the elimination of all mercury compounds from use in the pulp and paper industry;
  - (iii) the maximum possible reduction in the discharges of mercury from mercury-cell chloralkali plants.

2. INVITES the Governments of Member countries:

- (a) to inform the Organisation of the measures taken pursuant to this Recommendation;
- (b) as from 1st January, 1974, to proceed annually to an exchange of information, wherever possible, within the Environment Committee, on the following subjects:
  - (i) the quantity of alkyl-mercury used in agriculture and horticulture;
  - (ii) the quantity of mercury used by the pulp and paper industry;
  - (iii) the quantity of mercury discharged by the chloralkali industry in air and water and remaining in the solid wastes rejected by that same industry;
  - (iv) the total national net consumption of mercury

Den 10. marts 1976.

J.nr. MST 0132-116/75

HEP

## A F T A L E

om indsamling af brugte kviksølvbatterier.  
-----

Producenter/importører forsyner deres forhandlere med æsker til indsamling af brugte kviksølvbatterier. De fyldte æsker returneres til producenten/importøren, som afholder udgifterne til fremstilling af æsker til eget brug samt udgifterne til porto og forsendelse.

Producenten/importøren afleverer batterierne til en modtageplads for kemikalieaffald, hvorfra de viderebringes til Kommunekemi. Producenten/importøren betaler til Kommunekemi en éngangsafgift på 2.500 kr. pr. ton afleverede kviksølvbatterier.

Ønsker producent/importør senere at genindvinde eller lade genindvinde kviksølvet i batterierne, kan disse afhentes på Kommunekemi, såfremt denne ikke forinden har startet en genindvindingsproces.

Påtænker Kommunekemi at genindvinde kviksølv fra batterierne, skal der gives meddelelse herom til producenter/importører senest tre måneder inden genindvindingen påbegyndes.

Producenten/importøren kan undlade at aflevere de indsamlede kviksølvbatterier til Kommunekemi, såfremt batteriernes opbevaring sikres på anden forsvarlig måde.

Miljøstyrelsen stiller stansejern og tryksats til fremstilling af indsamlingsæskerne til rådighed for producenter/importører. Miljøstyrelsen finder endvidere - efter indhentning af tilbud - frem til det trykkeri, der skal fremstille æskerne.

Indsamlingsordningen træder i kraft pr. 1. april 1976.

Ordningen genforhandles senest 31. december 1977.

Såfremt der sker væsentlige ændringer i forudsætningerne for ordningens gennemførelse, herunder at eventuelle nye producenter/importører af kviksølvbatterier ikke ønsker at tilslutte sig ordningen, kan de virksomheder, der har tilsluttet sig indsamlingsordningens gennemførelse, kræve at ordningen genforhandles.



Miljøministeriet.  
Miljøstyrelsen  
Kampmannsgade 1  
1604 København V.

Att.: Hr. cand scient-  
Allan Astrup Jensen.

MOBY 1857

100 177

Your ref.:

Our ref.: TG/kl

Date: 1977.10.31

Vedr. indsamling af kviksølvbatterier:

Som aftalt d.d. skal vi hermed kort resumere indholdet af vor telefonsamtale:

Opsamlingsæsken som er udleveret til batteriforhandlerne har vist sig at være af en alt for ringe kvalitet til at kunne holde til en almindelig postforsendelse.

Ca. 1/3 del af de returnerede fyldte emballager er så makulerede at batterierne falder ud.

Et meget stort antal æsker er efterlukknet af postvæsenet.

Den nuværende æske er fremstillet i 0,6 mm. pap mod den oprindelige som var 0,9 mm..

Opmærksomheden henledes på, at afladene batterier kan være så utætte, at frit kviksølv kan forekomme. Det vil derfor være nødvendigt at ændre æskedesign således at batterierne er omgivet af en kraftig selv-lukkende tæt polyetylen pose.

Bedste løsning ville dog være en spec. fremstillet polyetylen flaske m. prop i nuværende æskes format. Flasken forsynes m. et papomslag med tekst.

Indtil en forbedret emballage-form er fundet vil vi til vore forhandlere sende en meddelelse som angiver korrekt emballering for forsendelse d.v.s.:

Batterierne i lukket polyetylen pose.  
Opsamlingsæsken skal sikres i begge  
ender mod oplukning med tape.

Miljøstyrelsen bedes tage problemerne omkring indsamlingsæskerne op på førstkommende møde.

Med venlig hilsen  
OTICON ELECTRONICS A/S.

  
T. Gath  
Laboratoriefchef.

ADMINISTRATION:

9, Klædemaalet · DK-2100 Copenhagen, Denmark · Phone: (01) 29 03 77 · Cable: Oticoncorp · Telex: 19370 Oticon DK · Giro 219720

Miljøministeriet 1975-80  
Miljøstyrelsen

J. nr. M. 354-1

# Sygehustidende ORIENTERING · DEBAT · KOMMENTAR

## Febertermometre - et forureningsproblem

Af cand. scient. Allan Astrup Jensen, Miljøstyrelsen

I 1973 vedtog OECDs ministerråd en rekommendation (1), som opfordrede medlemslandene til at iværksætte foranstaltninger til at mindske den menneskeskabte kviksvølvudledning til omgivelserne mest muligt. Som et led i disse bestræbelser arbejder Miljøstyrelsen på at kortlægge kviksvølvforureningerne i Danmark for derved at få mulighed for at mindske kviksvølvforureningen. Miljøstyrelsens undersøgelser tyder på, at febertermometre er en af de væsentligste kviksvølvforureningskilder i Danmark.

### Historisk baggrund

Termometre af glas er en gammel opfindelse (2). Allerede i 1640 fandt man i Italien ud af at bruge det velkendte fysiske fænomen – at væskers rumfang øges med temperaturen – til at måle temperaturforskelle.

I begyndelsen blev farvet sprit anvendt som termometervæske. En snes år senere blev man klar over, at kviksvølv på grund af stor massefylde og regelmæssig varmeudvidelse gav mere nøjagtige resultater. Kviksvølvets relativt dårlige varmeledningssevne gav dog kviksvølvtermometre en træghed.

Kviksvølvtermometret blev af hollænderen Anton De Haen (1704-1776) indført i lægevidenskaben til måling af syge personers legemstemperaturer. På trods af at det kunne tage 10 minutter før termometret indstillede sig på den maksimale temperatur foretrak De Haen kviksvølvtermometret fremfor andre typer. Med stor tålmodighed bestemte han normaltemperaturen hos et stort antal raske individer og studerede forskellige sygdommes feberkurver.

Termometret blev hurtigt et vigtigt redskab, når diagnose og prognose skulle stilles. Det tog dog næsten 100 år, før termometret fik en udformning, som ligner den, vi kender i dag.

### Febertermometrets indretning

Moderne febertermometre fremstilles af »pyrex-glas«, som tåler pludselige temperaturændringer. Der er 2 hovedtyper: Kappetermometret og stavtermometret. (3).

Kappetermometret anvendes til måling af temperaturen i endetarmen. Det kaldes derfor også for rec-

taltermometret. Kappetermometret skylder sit navn, at gradinddelingen findes under yderglasset (»kappen«). Et kappetermometer vejer normalt omkring 9 gram. Heraf er de 2 gram kviksvølv.

Stavtermometret, der er prismeformet, er beregnet på at måle temperaturen i munden. Det kaldes derfor også for oralttermometret. Normalt vejer et sådant termometer omkring 5½ gram. Heraf er 1 gram kviksvølv.

Da legemstemperaturen ikke svinger ret meget udover den normale på 37° C, omfatter febertermometrets skala kun temperaturer mellem 35° C og 42° C. Gradinddelingen er i 1/10 grad.

Termometrene er forsynet med en »maksimumsordening«, som sikrer, at kviksvølvøjlen ikke falder ned af sig selv efter brug. Det er derfor nødvendigt at »slå« termometret ned inden anvendelsen.

I sundhedsstyrelsens »Rekom-

mendationer vedrørende medicinske utensilier« er der opstillet visse krav til lægetermometre vedrørende anvendte materialer, udførelse, gradinddeling og justering samt kviksvølvets renhed. Tilladelig fejlvisning er maksimalt 1/10 grad. Termometre, som opfylder disse krav, kan opnå officiel godkendelse, der giver ret til at mærke termometret »MEDU E-1« (4).

I EF behandles et forslag til rådsdirektiv »Om tilnærmelse af medlemslandenes lovgivning om lægetermometre med kviksvølv af glas med maksimumsordening« (5). Heri stilles krav til termometrenes egenskaber, som svarer til sundhedsstyrelsens – de er dog endnu mere specificerede. Der er imellem landene udpræget enighed om direktivets indhold. Det forlyder, at det, der volder de største problemer, er spørgsmålet om den yderste del af kviksvølvbeholderen bør være pæreformet eller olivenformet.

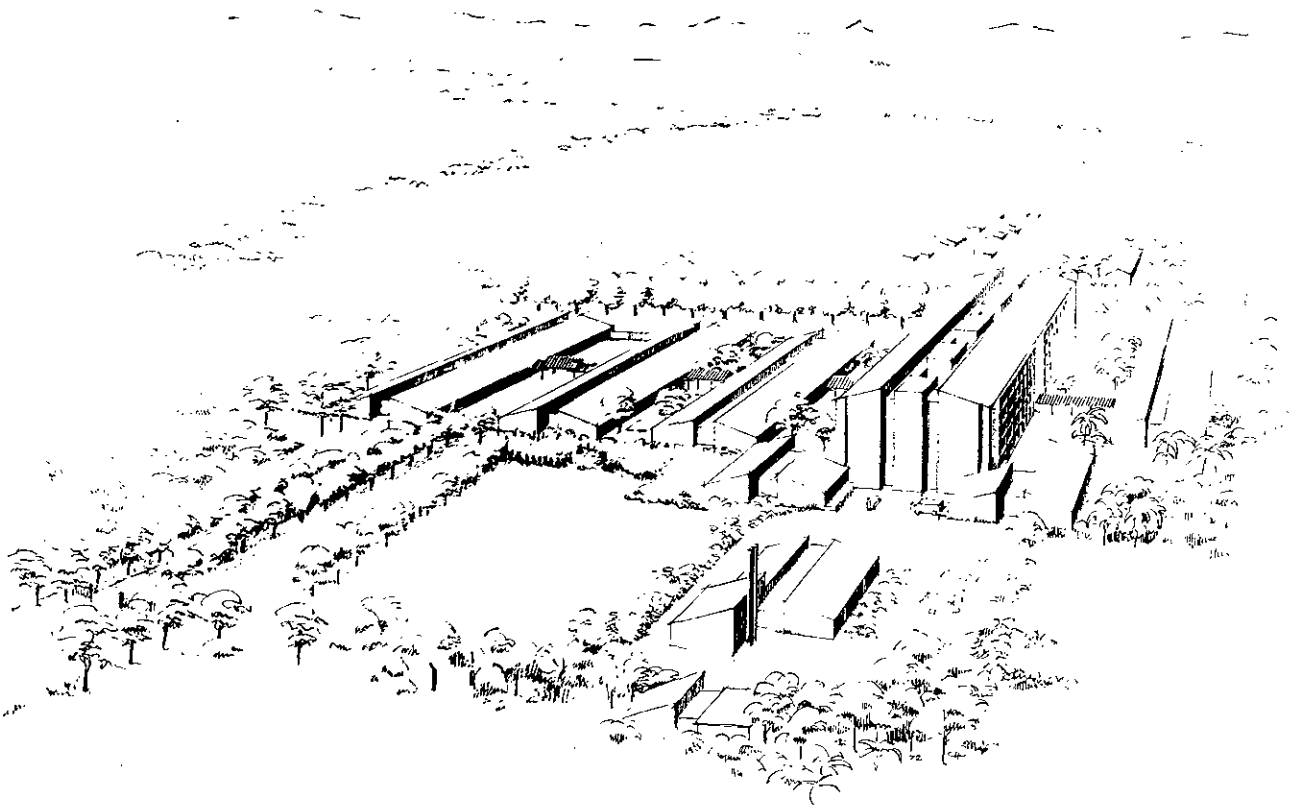
### Forbruget af febertermometre i Danmark

Der er ikke produktion af febertermometre i Danmark. Det kan ikke betale sig på grund af kravet om en meget forfinet teknik til fremstilling af kviksvølvøjlen, som har en diameter på 0,06 mm. Det er derfor nødvendigt

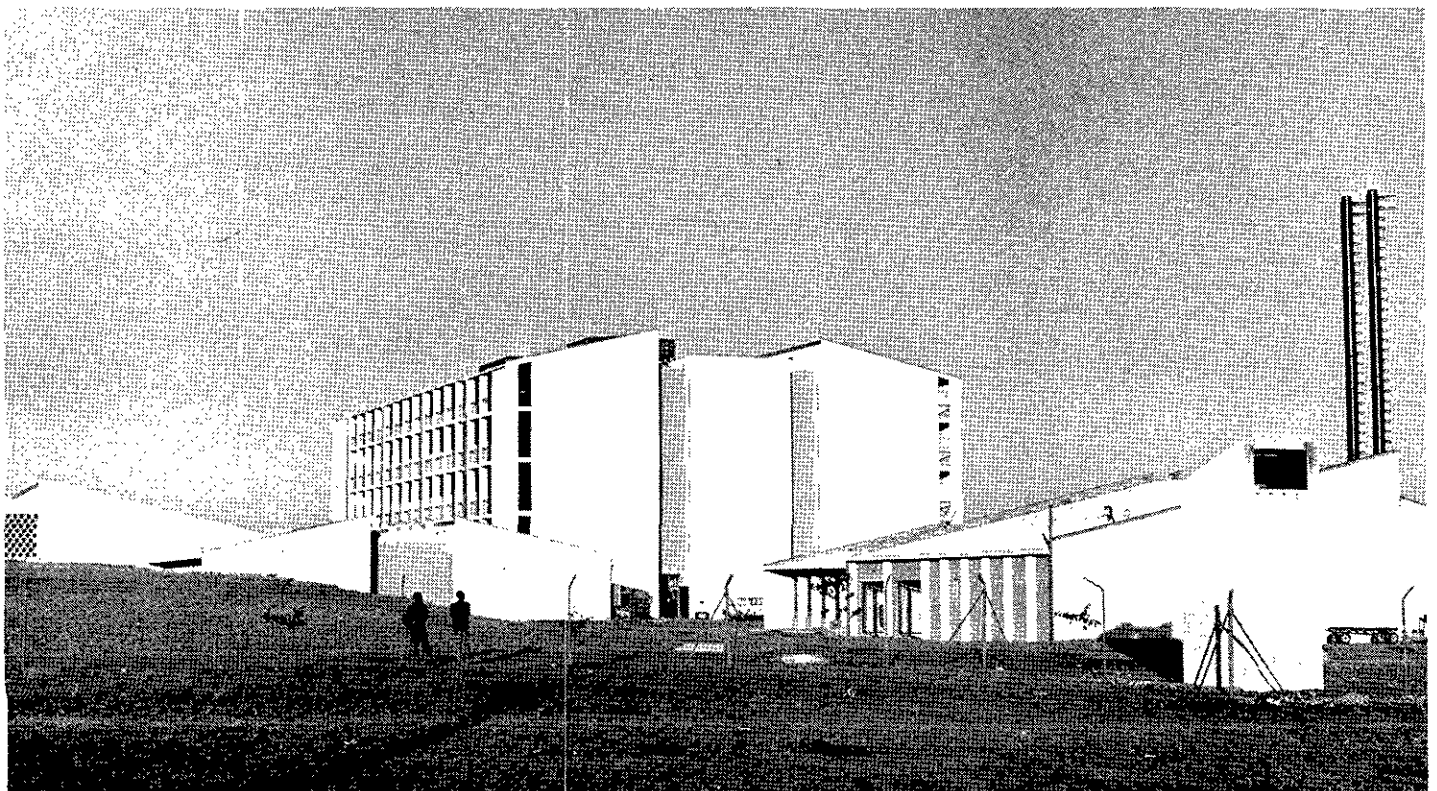
med specielt uddannede glaspustere. (14).

Det danske forbrug må derfor importeres – hovedsagelig fra DDR. Den importerede mængde minus reeksporteret mængde må svare til det danske forbrug. I tabel 1 er anført forbruget i perioden 1969-1975 (6):

År:	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
Tons termometre:	5,1	5,2	7,7	7,4	10,1	7,5	6,4



Hospitalet, set fra vest. Længst til venstre ambulatorium, derefter modtagelse og kontorer, behandlingsbygning og endelig den høje patientbygning. Kedelhus og værksteder i forgrunden til højre i billedet.



Tabel 2: ÅRLIGT TERMOMETERFORBRUG I DANSKE SYGEHUSE 1973/74.

Sygehus	Sengepladser	Termometre			Termometre pr. seng
		Oral	Rectal	Ialt	
Københavns amt	2.300	4.500	14.000	18.500	8,0
Give	125	300	25	325	2,6
Odense	1.400	11.600	5.300	16.900	12,1
Grindsted	138	1.080	0	1.080	7,8
Horsens	368	842	2.212	3.054	8,3
Holbæk	366	826	1.939	2.765	7,6
Århus kommune	1.100	0	6.850	6.850	6,2
Århus amt	390	1.378	1.732	3.110	8,0
Næstved	533	1.500	2.000	3.500	6,6
Sorø	89	150	30	180	2,0
Bispebjerg	1.400	1.000	8.500	9.500	6,8
Rigshospitalet	1.635	2.000	9.000	11.000	6,7
Københavns kommune	1.000	500	5.000	5.500	5,5
Vejle	440	0	1.739	1.739	4,0
Fredericia	233	0	809	809	3,5
Nyborg	140	0	1.100	1.100	7,9
Middelfart	160	0	1.000	1.000	6,3
Kolding	429	0	2.500	2.500	5,8
Rudkøbing	125	0	500	580	4,0
Slagelse	351	0	2.500	2.500	7,1
Nykøbing Sj.	106	100	400	500	4,7
Kalundborg	180	300	1.300	1.600	8,9
Randers	392	0	2.450	2.450	6,3
Dronninglund	103	0	1.600	1.600	15,5
Ortopædisk hospital	200	680	1.000	1.680	8,4
Fødselsanst., Århus	174	1.000	0	1.000	5,8
Sønderborg	398	2.000	2.000	4.000	10,1
Ialt	14.319	29.756	75.486	105.242	7,4

Hvis gennemsnitstermometret ansettes til at veje 8 gram, har det årlige forbrug de senere år været på omkring 1 million styk – svarende til en kviksvølmængde på nær 2 tons.

Hovedparten af dette forbrug erstatter ituslåede termometre, hvorfra kviksvølv et via lossepladser og forbrændingsanlæg når ud i naturen.

En udledning af omkring 2 tons kviksvølv pr. år er stor efter danske forhold. Termometre er formodentlig den næststørste kviksvølvforureningskilde i Danmark efter kviksvølvbatterierne (15), som anvendes i høreapparater, personsøgere (også på hospitaler) m.m. (I disse måneder sker der en intensivning af en indsamlingskampagne for kviksvølvbatterier arrangeret af branchen, Kommunekemi og Miljøstyrelsen).

Sygehusene i Danmark står for en meget stor del af forbruget af febertermometre. I forbindelse med en større undersøgelse af kemikalieforbruget på danske sygehuse foretaget af Amdtsrådsforeningen i samarbejde med Miljøstyrelsen spurgte man bl.a. om forbruget af termometre. I tabel 2

er opført nogle udvalgte hospitalers termometerforbrug udvalgt fra Amdtsrådsforeningens materiale. Ud fra hospitalernes omtrentlige sengeantal (7) er termometerforbruget pr. seng udregnet. Det viser sig, at termometerforbruget pr. seng varierer meget fra sygehus til sygehus. Gennemsnitsværdien for de udvalgte sygehuse er 7,4 stk. termometer pr. seng. Da der er ca. 45.000 sengepladser ialt på danske sygehuse, skulle det totale termometerforbrug altså være ca. 330.000 stk. Årsagerne til de store forskelle i forbruget kan være mange. F.eks. kan sengene være mere eller mindre hårdt belastede, nogle sygehuse har specialiseret sig i bestemte lidelser. Desuden kan lagerbeholdningen af termometre på opgørelsestidspunktet have været forskelligt. Muligvis kan varierende omhyggelighed ved håndteringen, herunder rengøringen af termometrene også have betydning.

Man kan få et indtryk af, hvor mange gange et termometer genanvendes ved at se på sygehusenes forbrug af termometerbeskyttere af

plast (kaldes ofte misvisende for »engangstermometre«). Københavns amt bruger årligt 14.000 stk. rectaltermometre og 630.000 stk. termometerbeskyttere. Det betyder, at et termometer anvendes gennemsnitlig omkring 45 gange, inden det ituslås.

En stikprøveundersøgelse i Canada viste, at termometerforbruget pr. hospitalsseng pr. år var 7-12 stk. (8). Det svarer til de danske forhold.

Som nævnt er det sandsynligt, at 1/3 af de importerede febertermometre forbruges på hospitaler. Resten af importen må derfor forbruges på klinikker, plejehjem og andre institutioner samt i private hjem.

Institutioner vil muligvis anskaffe termometrene direkte fra grossist, mens den almindelige forbruger i de fleste tilfælde vil købe termometret på et apotek.

En rundspørge til nogle store københavnske apoteker (med natekspedition) viste et årligt termometersalg på 2000-3000 stk. Mindre byapoteker samt landapoteker sælger formodentlig under halvdelen. Derfor vil



det totale termometersalg på de ca. 350 apoteker realistisk bedømt være i nærheden af 350.000 stk.

### Hvordan kan forureningen fra knuste termometre formindskes?

Den mest effektive foranstaltning vil være at gå bort fra anvendelse af kviksølv som termometervæske. Ifølge en svensk kviksølvrapport (9) findes der alternative termometervæsker. Hvis de nye »flydende krystal«-engangstermometre, som for tiden afprøves på danske sygehuse holder, hvad de lover, er det muligt, de kan erstatte kviksølvtermometret.

På sygehuse og større institutioner vil det være en mulighed i højere grad at anvende moderne elektroniske instrumenter med termoelementfølere. Disse instrumenter anvendes allerede på intensivafdelinger, fordi de måler legemstemperaturen hurtigt og nøjagtigt samt kontinuert. En fordel ved instrumenterne er tillige, at de kan anvendes til temperaturmåling på alle områder af kroppen, også huden. Flere patienter kan desuden få taget temperaturen samtidig. Selvom disse instrumenter er kostbare i anskaffelse, vil de muligvis på længere sigt alligevel være økonomiske på grund af rationaliseringsgevinsten. Desuden vil de betyde et hygiejnisk fremskridt.

I de sidste par år er nogle af de store sygehuse blevet opmærksomme på kviksølvspildet fra knuste termometre, blodtrykmålere o.a. Der er nedsat en interessegruppe med deltagelse fra 11 sygehusapoteker med det formål at få mindsket forureningen fra sygehuse mest muligt og få genbrugt, hvor det er muligt. Flere steder har man fra sygehusapotekerne til sygehusenes øvrige afdelinger udsendt vejledning i omgang med kviksølvspild fra knuste instrumenter. Det opsamlende kviksølv returneres til sygehusapoteket, hvor det renses og genanvendes. (10).

Hvilke muligheder har de små sygehuse og institutioner samt den almindelige forbruger for at komme af med et ituslået termometer på betryggende måde?

Ituslåede kviksølvtermometre er at betragte som kemikalieaffald (11). I Miljøministeriets bekendtgørelse fra

marts 1976 om kemikalieaffald (12) er det anført i § 3, stk. 1:

»Enhver, der opbevarer, transportører eller bortskaffer kemikalieaffald er ansvarlig for, at der ikke herved sker forurening af luften, jorden, grundvandet eller overfladevandet, herunder havet«.

I den forbindelse bliver der inden 1. januar 1977 etableret en modtageordning for kemikalieaffald i alle kommuner. Den vil betyde, at der bliver kommunale eller fælleskommunale modtagepladser, hvor private kan aflevere kemikalieaffald. Der kan blive tale om en afleveringsafgift, men det må på forhånd anses for sandsynligt at kommunen ikke vil opkræve afgift, for et ituslået termometer afleveret af en privatperson.

Da disse modtagepladser kan have en afsides beliggenhed for mange borgere, vil det være en fordel, om apotekerne ville medtage ituslåede kviksølvtermometre i deres tilbud om at modtage medicinrester fra forbrugere (13). På forhånd må det anses for sandsynligt, at apotekerne vil stille sig positive, hvis forbrugere returnerer termometrene forsvarligt indpakket i yderbeholderen eller en plastpose.

### Konklusion

Kviksølv fra ituslåede kviksølvtermometre må betegnes som en meget betydelig kviksølvforureningskilde i Danmark. Anvendelsen af kviksølvtermometre i sygehussektoren og i den private sektor synes at være af samme størrelsesorden.

Da det er ønskeligt at begrænse forureningen med en miljøgift af så stor farlighed som kviksølv mest muligt, og da det i disse tider er vigtigt at tænke i ressource- og genanvendelsesbaner, er det nødvendigt med en forøget indsats for at begrænse dette kviksølvspild.

Sagen skal nok gribes forskelligt an i sygehussektoren og i den private sektor. I sygehussektoren vil det være ønskeligt om sygehusadministrationerne tog forureningsaspekterne med ind i overvejelserne forud for anskaffelse af nyt apparatur og sørgede for, at en indsamlingsordning for ituslået kviksølvholdigt apparatur kom i stand på alle sygehuse.

Med hensyn til den private sektor er det vigtigt med en bedre information om problemerne til køberne af termometre. Stærkt på tale må komme en trykt vejledning på emballage eller vedlagt termometret med oplysning om, hvordan et ituslået termometer skal håndteres, hvor det kan afleveres og hvorfor det bør afleveres.

### Referencer:

1. OECD Recommendation on Measures to Curb Mercury Pollution. Press/A(73)41. Paris 4. oktober 1973.
2. Goldwater, L.J.: Mercury, A History of Quicksilver. York Press, Baltimore, 1972.
3. Sundhedsstyrelsens rekommendation vedr. medicinske utensilier. E-1. Udgave 1, April 1967.
4. Sundhedsstyrelsens Meddelelse om godkendelse af medicinske utensilier. 18. november 1974.
5. Note vedr.: Forslag til Direktiv om tilnærmelse af medlemsstaternes lovgivning om lægetermometre med kviksølv af glas med maksimumanordning. R/1161/73(ECO 118). 18/5 1973.
6. Danmarks Vareindførsel og -udførsel, Danmarks Statistik, 1969-76.
7. Den almindelige danske lægeforenings Vejviser, 1975.
8. National Inventory of Sources and Emissions of Mercury. Air Pollution Control Directorate, Environment Canada, 1973.
9. SNV, Kviksilver – Användning, Kontroll och Miljöeffekter. SNV PM 421, 1973.
10. B. Steffens, Apotek-forureningsproblematik, Farmaceutisk Tidende nr. 42 (1974), 933-37.
11. Vejledning nr. 1/76 fra miljøstyrelsen: Bortskaffelse af sygehusaffald.
12. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 121 af 17/3 1976: Bekendtgørelse om kemikalieaffald.
13. Danmarks Apotekerforening, Orientering nr. 2: Vedr. modtagelse og destruktion af medicinrester.
14. Hr. Kummer, Skandinavisk Termometer og Glasfabrik, personlig meddelelse.
15. Helge Odel, »Kampagne mod kviksølv«, Kronik i Berlingske Tidende 8. oktober 1975.

# Tandlægebladet

DANISH DENTAL JOURNAL . DANSK TANDLÆGEFORENING'S MEDLEMSBLAD . NR. 7 . APRIL 1978 . ÅRG. 82

## Miljøforurening med kviksølv – også tandlægenes problem?

PRAKSISNYT

Arne Strudsholm

Danske tandlæger har gennem deres uddannelse fået godt kendskab til de biologiske ulykker, kviksølv og kviksølvforbindelser kan afstedkomme. De arbejds-hygiejniske foranstaltninger ved omgang med kviksølv håndhæves strengt på vore tandlægehøjskoler. Det er mit indtryk, at disse spilleregler også følges dagligt på alle tandklinikker til gavn for personalet, tandlægerne og omgivelserne. *Dreyer Jørgensen*<sup>1</sup> og *Jørgen Jensen*<sup>2</sup> har yderligere suppleret disse foranstaltninger.

Fra dagspressen kender alle tandlæger sikkert også beskrivelserne af de kendte store naturforureningsulykker med kviksølv. De fleste vil imidlertid nok mene, at deres eget udslip af kviksølv til omgivelserne er så ringe, at det er uden praktisk betydning for balancen i naturen.

Mange ting tyder dog på, at vi må revidere denne opfattelse. Tandlægenes samlede årlige forbrug af kviksølv (4 tons) repræsenterer en af de største poster i det danske samfunds anvendelse af kviksølv, og måske er tandlægevirksomhed vor største kilde til kviksølvforurening.

Det til amalgamfyldninger anvendte kviksølv vender på et eller andet tidspunkt tilbage til naturen, medmindre man forsøger at opsamle og genanvende kviksølvet. Det metalliske kviksølv og de tungt-opløselige amalgamer kan i naturen

omdannes til giftige organiske kviksølvforbindelser. Kviksølvet »for-svinder« ikke i naturen, men ophobes til stadighed. På grund af den store vægtfylde sker det nær brugsstederne, altså i tætbefolkede områder. De giftige organiske forbindelser koncentrerer sig ligesom andre miljøgifte igennem fødekæderne.

Den stigende anvendelse af forbrænding til bortskaffelse af renovation bidrager til en hurtigere og farligere spredning af kviksølvet i tandlægenes affald. Resultaterne af profylaksen mod tandsygdomme og befolkningens stigende interesse for at bevare egne tænder samt den større frekvens af ligbrænding vil med tiden give anledning til et forøget udslip af kviksølvdampe gennem krematorieskorstenene.

### Hvor ligger de kritiske grænser?

Hvor mange år endnu kan vi sorgløst sende en del af vort »farlige« klinikaffald mod en ukendt skæbne?

Ligesom ved andre miljøforurenings-spørgsmål kan man ikke give absolutte svar på sådanne spørgsmål. Vi kender imidlertid konsekvenserne fra de områder, hvor det er gået galt. Ingen er formentlig interesseret i, at vi passivt skal nærme os katastrofen. I nedenstående tabel er opstillet et skøn over,

hvordan kviksølv til dentalt formål med vor nuværende viden kvantitativt kan optræde som forureningskilde.

### Hvad kan vi gøre for at undgå forurening med kviksølv?

Det logiske svar vil naturligvis være at undlade brugen af amalgamfyldninger. De praktiske muligheder herfor, ligesom de økonomiske konsekvenser for samfundet og det fagligt forsvarlige ved et sådant forehavende behøver vi næppe diskutere her. Tandlægerne bør dog nok i stigende grad interessere sig for alternative fyldningsmaterialer og disses eventuelt mindre miljømæssige risici.

Det realistiske svar bliver opsamling og genanvendelse af kviksølv – altså de kendte metoder til bortskaffelse af miljøgifte, som industrien og det øvrige samfund må lære at leve med.

Hvor stor chance har vi for succes i den retning?

Jeg vil mene, det er et spørgsmål om den gode vilje, om enkle tekniske hjælpemidler og om organisation af indsamlingen. Opgaven skulle være overkommelig, specielt da sølvamalgam på grund af det store sølvindhold repræsenterer en betragtelig værdi, så foranstaltningerne og ulejligheden måske endda kan blive lønsom.

Tabel I. Kviksølvs anvendelse i tandplejen i Danmark og forureningsmuligheder i forbindelse hermed.

Årsforbrug	Kviksølvs videre skæbne		Vej tilbage til naturen
4 tons			
Fyldninger 2 tons	Udbores påny ½ ton	støv damp – slam faste partikler	Ventilation og indånding Sug – kloak Renovation eller røg
	Tænder trækkes ud eller tabes 1 ton		Renovation eller røg
	Døde personer ½ ton	begravelse ligbrænding	Langsom udvaskning Røg
Overskud 1 ton	Udpres efter amalgamering ½ ton	direkte opsamling	Genanvendelse efter rensning
	For meget udrørt amalgam ½ ton	direkte opsamling	Genanvendelse efter spaltning
Affald 1 ton	Emission ved amalgamering 1/20 ton		Ventilation og indånding
	Tab ved blanding af amalgam 1/20 ton	direkte opsamling	Genanvendelse efter spaltning
	Tab ved insertion af fyldning 2/5 ton		Sug – kloak
	Tab ved konturering af fyldning 2/5 ton		Sug – kloak
	Tab ved pudning af fyldning 1/10 ton		Sug – kloak

Af arbejds-hygiejniske grunde samler de fleste tandklinikker allerede det direkte overskud af både kviksølv og amalgam med henblik på genbrug. Den nye opgave bliver i det væsentlige at fange de kviksølv-mængder, der slipper ud med suget og undlade at bortkaste ekstrahe-rede tænder og andet fast amalgam-affald sammen med klinikens øvrige affald. I suget forekommer så-vel faste partikler som findelt slam. De faste partikler kan opsamles ved hjælp af forskellige filtre, der kan indskydes inden væskefasen udtøm-mes i kloaksystemet. Leverandø-erne af de forskellige sugesystemer kan give anvisning på, hvor det er mest hensigtsmæssigt at indskyde opsamlingsenheden. Filtrene skal naturligvis udskiftes med jævne mellemrum og indholdet skal opbe-vares hygiejnisk forsvarligt indtil genudvinding kan finde sted. Slam-

met repræsenterer for nærværende et mørkt afsnit i opsamlingsmulig-hederne, også selvom man bruger ret store slamkister. Det svenske sy-stem, der markedsføres under navnet VACUP har øjensynlig løst denne opgave, idet man i reklamen an-fører, at 99,5% af amalgamaffaldet tilbageholdes. Systemet bygger på centrifugalprincippet. Det tegner meget lovende, selvom det kun kan tilsluttes motordrevne sug.

Allerede nu brændes op mod 70% af renovationsaffaldet. Er man vi-dende om, at ens affald går til for-brænding bør man sortere ekstrahe-rede tænder og andre faste amal-gampartikler fra og sørge for forsvarlig destruktion. Tandlæge-højskolernes bidfunksionsafdelinger har i mange år efterlyset ekstrahe-rede tænder til undervisningsfor-mål, så det er en nærliggende mulig-hed at sende tænderne dertil. Afde-

lingerne må så til gengæld sørge for, at amalgamen ikke havner på for-brændingsanstalten. Indsamling af fast kviksølvaffald iøvrigt bør ske enten gennem Dansk Tandlægefore-ning's Alderdomsfond, Dentaldepo-terne eller Kommunekemi i Ny-borg.

Miljøstyrelsen og Dansk Tandlæ-geforening samarbejder om prakti-ske anvisninger til løsning af kvik-sølvproblematikken og nærmere instrukser vil følge.

Begynd dog allerede nu at organi-sere en indsamling på din arbejds-plads. Det frivillige initiativ giver oftest de bedste resultater.

#### Litteratur

1. Er danske tandklinikker kviksølvfor-urenede? *Tandlægebladet*. 1977: 81: 577-579.
2. Forslag til forebyggelse af kviksølvfor-urening. *Tandlægebladet*. 1977: 81: 579-581.

Gudrun Westerlund, KB

## Amalgam och dess miljörisker - en litteraturöversikt

### 1 Inledning

Avsikten med denna litteraturstudie är att ge en överblick över hittills kända fakta rörande tandamalgam och dess risker för vattenmiljön. Intresset för detta problem är relativt nytt varför publicerade arbeten är få. Däremot har kunskapen om amalgams struktur och egenskaper väsentligt förbättrats under de senaste åren. Det faktum att amalgam till ca 60 % består av kvicksilver gör att det ur miljövårdssynpunkt är synnerligen angeläget att klarlägga om och i vilken mån utsläpp av amalgam bidrar till kvicksilverföroreningen av våra vattendrag.

Litteraturen har erhållits genom manuell och retrospektiv datasökning vid Tekniska Högskolans bibliotek.

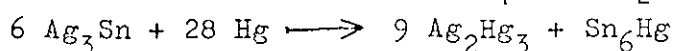
### 2 Allmänt om amalgam

Tandamalgam är fortfarande och har sedan början av 1900-talet varit det mest använda tandfyllnadsmaterialet. Den främsta orsaken till detta är att materialet tack vare sina mekaniska egenskaper är lätt att bearbeta.

Amalgam är en legering där en av komponenterna utgörs av kvicksilver (ca 60 %). De flesta moderna tandamalgamer innehåller även silver, tenn, koppar och zink. Dessa metaller ingår i det s k alloyet, vilket utgör ca 40 % av amalgamet. Den konventionella amalgamtypen (i litteraturen ofta kallad silveramalgam eller silvertennamalgam) skall enligt gällande standardspecifikation innehålla ett alloy, som består av minst 65 % silver, högst 29 % tenn, högst 6 % koppar, högst 2 % zink och högst 3 % kvicksilver (1). Silveramalgamet är det mest använda (80 %) av alla tandfyllnadsmaterial (2).

Tandvårdsverksamheten är idag en av de största kvicksilverförbrukarna i Sverige. Under 1976 förbrukades ca 10 ton kvicksilver. En del av amalgamavfallet omhändertogs för upparbetning av kvicksilver (3,4-3,9 ton). Drygt 2 ton kvicksilver hamnade dessutom med avfall för deponering, (specialsopor). Vid de flesta tandläkarstationer finns någon typ av amalgamavskiljare. I allmänhet spolas dock en stor del av avfallet ut genom avloppssystemet. Emissionen till vatten beräknades under 1976 uppgå till 3,4-4 ton kvicksilver (3). I detta sammanhang bör nämnas att kvicksilverhalten i avloppsslam vid reningsverket i Umeå är högre än slam från reningsverk i allmänhet. Under 1977 gjordes en undersökning i Umeå för att lokalisera föroreningskällorna. Resultaten visade att kvicksilvret med största sannolikhet härrör från lasarettet och från Tandtekniker- och Tandläkarhögskolan (4).

Vid amalgamberedningen sker en reaktion mellan ett alloypulver och metalliskt kvicksilver. Härvid bildas 2 nya metallfaser, som betecknas  $\kappa_1$ - och  $\kappa_2$ -fas.



$\kappa_1$ -fasen utgör en kemisk förening mellan silver och kvicksilver ( $\text{Ag}_2\text{Hg}_3$ ). Denna förekommer i naturen och kallas Moschellandsbergit.  $\kappa_2$ -fasen är en blandningskristall mellan tenn och kvicksilver ( $\text{Sn}_6\text{Hg}$ ). Dessa två reaktionsprodukter är olika till struktur och egenskaper.  $\kappa_2$ -fasen är kemiskt instabil och har den största korrosionsbenägenheten.

(Vid korrosion frigörs bl a kvicksilverjoner från amalgamet) Galvanisk korrosion kan uppstå om amalgam förekommer tillsammans med en elektrolyt i vattenlösning. Andra förutsättningar för korrosion kan t ex vara skillnader i syrekoncentration på amalgamytan. En bakterie- och födo-restbeläggning i munhålan kan åstadkomma sådana skillnader. På liknande sätt kan skillnader i pH-värde i olika delar av munhålan öka korrosionen (1).

Korrosionsbenägenheten hos 6 olika alloyer har testats i en syntetisk salivlösning. Silveramalgamet konstaterades ha den största korrosionsbenägenheten. Laborarieexperimentet

visade även att korrosionen var beroende av amalgamytans struktur. En ojäm yta korroderade starkare än en jämn (5).

Hos konventionellt amalgam beräknas  $\kappa_2$ -fasen uppgå till ca 10 % (1). Under de senaste åren har man studerat en ny typ av alloy, där man minskat  $\kappa_2$ -fasen till omkring 1 % vilket avsevärt skulle minska korrosionsbenägenheten (6).

### 3 Kvikksilveravgång från amalgam

#### 3.1 Avgång till kroppsvävnad

För att kontrollera avgången av kvikksilver från amalgamplomber använde Frykholm radioaktivt kvikksilver vid amalgamberedningen. Han fyllde 4-5 hål hos vardera 5 patienter. Efter 5 dygn uppmättes hos dessa patienter 2,5  $\mu\text{g}$  Hg/l i urinen. Efter ytterligare 2 dygn sjönk halten markant (7). Författarens slutsats var att amalgamfyllningar inte nämnvärt bidrar till upplagring av kvikksilver i kroppsvävnader hos människa, eftersom metallen utsöndras. Även Söremark och medarbetare har visat att amalgamfyllning avger kvikksilver. En plomberad tand fick under 5 dygn ligga i en balanserad saltlösning (Ringerslösning). Efter försökstiden noterades förhöjda kvikksilverhalter i lösningen. Man undersökte vidare om metalljoner från amalgamfyllningar kunde tränga in i omgivande tandvävnader. Resultaten visade en förhöjning av kvikksilverhalt i emalj och dentin. Författarna påpekar vidare att korrosionsprodukter som avges till tandkött, pulpa och saliv mycket väl kan transporteras vidare genom kroppen till olika organ (8). En annan möjlighet är att kvikksilvret förångas och inandas (9). Fredén och medarbetare fann förhöjda kvikksilverhalter i tandköttet runt amalgamfyllningar (10).

Finfördelat amalgam, som inopererats på marsvin i underkäksregionen förorsakade metallavgång till omgivande vävnader. Tenn och kvikksilver utlöstes långsammare än koppar, silver och zink, men processen fortgick under hela försöksperioden (1 år).

Man påpekar att liknande upptagningsprocesser mycket väl kan förekomma hos människa (11). En likartad undersökning hos råttor visar att tuggningsorganen hos dessa ackumulerat kvicksilver. Kvicksilvret tillsattes i form av kvicksilveroxid och-nitrat. Ackumuleringen var snabbare i mjukvävnader jämfört med de hårdare vävnaderna. Cytologiska studier visade att slemhinnorna påverkats och att keratiniseringen hos epitelcellerna ökat (12).

Helgeland och Leiskar studerade effekten av korroderade kvicksilverjoner på epitel-celler från människa. Förutom vissa toxiska effekter på cellkulturen hämmades celltillväxten efter amalgambehandling (13-14). Med hjälp av elektronmikroskop kunde Kawahara (15) visa att vissa för cellen livsviktiga organeller påverkats av korroderade kvicksilverjoner (fibroblastceller från möss). Dessa gifteffekter förstärktes inte oväntat om amalgamet fördelades eller om kvicksilverhalten ökades.

### 3.2 Avgång till vatten och upptag i fisk.

Undersökningslaboratoriet vid SNV utförde 1971 ett akvarieförsök med gammalt restamalgam och laxungar. En förhöjning av kvicksilverhalten i vatten noterades i akvarier med amalgamtillsats. Dessutom visade sig detta kvicksilver vara i en för fisken anrikningsbar form. I försöksfiskens lever uppmättes efter 14 dygns exponering 4,3-4,8 mg Hg/kg, (ca 50-60 ggr högre än den ursprungliga halten). Mängden tillsatt restamalgam var 50 g/l vatten. Vattentemperaturen var 16-18°C. Vid lägre temperatur (1-2°C) var kvicksilverupptaget lägre (5-9 ggr) på grund av nedsatt metabolism hos försöksdjuren. Ett liknande försök med nyberett amalgam har nyligen slutförts vid laboratoriet. Preliminära resultat visar överensstämmelse med resultaten från 1971.

### 3.3 Upptag i samband med arbete med amalgam.

Litteraturen beträffande arbetsmiljön på tandläkarmottagningar och tandlaboratorier är relativt omfattande. Halterna av

kvicksilver i luft överstiger i allmänhet inte gränsvärdet (USA) för tillåten halt dvs  $0,05 \text{ mg Hg/m}^3$  (17). I Sovjet är motsvarande gränsvärde  $0,01 \text{ mg Hg/m}^3$  (9).

Vid speciella aktiviteter ex direkt arbete med amalgam eller vid finfördelning av amalgam kan halterna tillfälligt överstiga det amerikanska gränsvärdet. I sådana fall har man funnit ett direkt samband mellan kvicksilverhalt i laboratorieluft och urin hos berörd personal (18).

Halten kvicksilver i urin var enligt en fransk undersökning genomgående högre hos personal som i sitt dagliga arbete varit i kontakt med amalgam än hos laboratoriepersonal, som inte använde amalgam. Kviksilverhalten i urinen når sitt maximum mitt på dagen för att sedan under natten sjunka till samma nivå som hos kontrollgruppen (19).

Enligt Joselow absorberades signifikanta mängder kvicksilver genom huden vid direkt beröring med amalgam. I Litauen undersöktes 455 kvinnliga anställda inom tandvården. Man fann att 14,4 % av kvinnorna var sterila (hos kontrollgruppen var motsvarande siffra 3,5 %). Man kan inte utsluta att detta beror på att kvinnorna arbetat med kvicksilver (9).

Hos en grupp nyblivna mödrar (19 st anställda inom tandvården) i Oslo noterades förhöjda kvicksilverhalter i moderkaka och fosterhinnor. Denna ökning indikerar amalgampåverkan. Det bör nämnas att halten kvicksilver i luft i arbetslokalerna understigit gränsvärdet på  $0,05 \text{ mg/m}^3$  (20).

### 3.4 Kviksilver i vattenmiljön

Många undersökningar rörande kvicksilvrets omsättning och effekter i vattenmiljön har gjorts. Resultaten visar att oberoende av utsläppsformen återfinns kvicksilvret förr eller senare i bottensedimentet, där mikroorganismer med metylerande förmåga omvandlar kvicksilvret till metylkvicksilver. I denna form anrikas de vattenlevande organismerna metylkvicksilvret, som sedan transporteras vidare i näringskedjan för att anrikas i de högre trofinivåerna t ex i



rovlevande fisk som t ex gädda (21-25).

### Sammanfattning

Den ovan genomgångna litteraturen visar att tandamalgam inte är så kemiskt stabilt som ibland hävdats. Korrosionsbenägenheten hos  $\alpha_2$ -fasen i amalgamet medför kvicksilveravgång. I anslutning till amalgamfyllningar har man hos människa noterat kvicksilverförhöjning i dentin, emalj och tandkött. Kvicksilverjoner från korroderat amalgam är toxiska på cellnivå och kan hämma celltillväxten. Akvarietester har visat att amalgam i vattenmiljö avger kvicksilver i sådan form att det kan upptas och upplagras i fisk. Förhöjda halter av kvicksilver i slam från reningsverket i Umeå härrör med största sannolikhet från amalgamutsläpp.

REFERENSER:

- 1 Dreyer Jörgensen K, Dentale amalgamer. 1967.
- 2 Kawahara H, Nakamura M, Yamagami A och Nakanishi T, Cellular responses to dental amalgam in Vitro. J. Dent. Res. vol 54, nr 2, mars-april 1975.
- 3 Petterson O, VIAK AB, Delrapport beträffande inventering av kvicksilverbalansen i Sverige, Tandvårdsverksamhet, dec 1977.
- 4 Krüger B, Lundström N-G, Nylander G och Thorson J, Kviksilver i slam från reningsverket i Umeå. mars 1977.
- 5 Rickard T J, An investigation of the corrosion characteristics of dental alloys. Air Force Inst. of Tech. Wright-Patterson AFB, Ohio School of Engineering, juni 1971.
- 6 Kropp R, Rapid qualitative chemical test for the detection of  $\kappa_2$ -phase in dental amalgams. J. Dent. Res. vol 55, nr 5, sept.-okt 1976.
- 7 Rupp NV och Paffenbarger GC, Significance to health of mercury used in dental practice: a review. Jour. Am. Dent Assoc., vol 82, juni 1971.
- 8 Söremark R, Wing K, Olsson K och Goldin J, Penetration of metallic ions from restorations into teeth. J. Pros. Dent., vol 20, nr 6, dec 1968.
- 9 Stöfen D, Dental amalgam- a poison in our mouth? Toxicology, 2 mars 1974.
- 10 Fredén H, Helldén L och Milleding P, Mercury content in gingival tissues adjacent to amalgam fillings. Odont. Revy, nr 25, 1974.
- 11 Eley BM, Garrett JR och Harrison JD, Analytical ultra-structural studies on implanted dental amalgam in guinea-pigs. Histochemical Journal 8, aug 1976.
- 12 Radwanska E, Experimental studies on the uptake and cumulation of  $^{203}\text{Hg}$  by the organ of mastication. Folia Medica Cracoviensia, XVII, 1, 1975.
- 13 Leiskar J och Helgeland K, A methodologic study of the effect of dental materials on growth and adhesion of animal cells in Vitro. Scand. J. Dent. Res. 80, 1972.
- 14 Helgeland K och Leiskar J, A further testing of the effect of dental materials on growth and adhesion of animal cells in Vitro. Scand. J. Dent. Res. 80, 1972
- 15 Kawahara H, Takashima Y, Nakamura M och Yamagami A, Electron microscopic study of the cytotoxicity of cadmium and mercury in Vitro. J. Dent. Res. 54, jan-febr 1975.

- 16 Statens Naturvårdsverk, Forsknings- och Undersökningsavdelningen, opublicerat.
- 17 Pagnotto L D och Comproni E M, The silent hazard: an unusual case of mercury contamination of a dental suite. Jour. Am. Dent. Assoc., vol. 92, juni 1976.
- 18 Stevens J T, Box J M, Pelleu G B Jr, Mercury vapor levels in dental spaces. Naval Graduate Dental School Bethesda Md aug 1972.
- 19 Baquet A, Faou A, Truhaut R, Sur les risques d'hydragyrie dans les cabinets d'onto-stomatologie. European Journal of Toxicology, 9, nr 7, 1976.
- 20 Wannag A och Skjaeråsen J, Mercury accumulation in placenta and foetal membranes. A study of dental workers and their babies. Environ. Physiol. Biochem. 5:5, 1975
- 21 Jernelöv A och Lann H, Studies in Sweden on feasibility of some methods for restoration of mercury contaminated bodies of water. Environmental Sciences and Technology, vol 7, 1973.
- 22 Langley D G, Mercury methylation in an aquatic environment, Journal WPCF 45 nr 1, 1973.
- 23 Jewett K L, Brinckman F E och Bellama J M, Chemical factors influencing metal alkylation in Water. ACS symposium series, nr 18, Marine chemistry in the coastal environment.
- 24 Gavis J och Ferguson JF, The cycling of mercury through the environment. Water Res. vol 6, 1972.
- 25 Shim E-B och Krenkel P, Mercury uptake by fish and biomethylation mechanisms. Water Poll. Control, vol 48, nr 3, mars 1976.

Kviksølvindhold i kviksølvforbindelser

Kviksølvs atomvægt = 200,61

<u>Uorganiske forbindelser</u>	<u>Molekylvægt</u>	<u>% Hg</u>
mercuro-acetat	259,65	77,3
calomel (HgCl)	236,07	85,0
HgCl <sub>2</sub>	271,52	74,0
Hg <sub>2</sub> O	417,22	96,0
HgO	216,61	92,6
Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	497,28	80,6
HgSO <sub>4</sub>	296,67	67,6
Hg <sub>2</sub> S	433,28	93,0
HgS	232,67	86,4
<u>Organiske forbindelser</u>		
dimethylaminophenyl-Hg-acetat	379,82	53,0
ethyl-Hg-Cl	265,13	76,0
phenyl-Hg-acetat	336,75	60,0
phenyl-Hg-Cl	313,17	64,0
<u>Amalgam</u>		50-60

LITTERATURLISTE

- Air Pollution Control Directorate "National Inventory of Sources and Emissions of Mercury (1970)". Nov. 1973.
- Department of the Environment "Environmental Mercury and Man". Pollution Paper No. 10. 1976.
- Patricia A. D'itri and Frank M. D'itri "Mercury Contamination: "A Human Tragedy". John Wiley & Sons. 1977.
- Environment Agency, Japan "Studies on the Health Effects of Alkylmercury in Japan". 1976.
- L. Friberg and J. Vostal "Mercury in the Environment" CRC, 1972.
- Goldwater, Leonard J. "Mercury, a History of Quicksilver", York Press, 1972.
- H.R. Jones "Mercury Pollution Control", Pollution Control Review No. 1. Noyes Data Corporation. 1971.
- Organisation for Economic "Mercury and the Environment", 1974.
- Statens Naturvårdsverk "Kvikksilver - Användning, Kontroll och miljöeffekter", 1973.
- Tandlægebladet "Er der behov for dental nurses i Danmark", p. 239 - 243, No. 7, 1978.
- U.S. Department of the Interior "Mercury in the Environment", Geological Survey Professional Paper 713, 1970.

Wallace, Robin A. et al "Mercury in the Environment,  
the human element", Oak Ridge National Laboratory  
Jan. 1971.

World Health Organization "Mercury, Environmental  
Health Criteria, 1". 1976.

ATLAS BOGTRYK KØBENHAVN

FU 00-144

ISBN 87-503-2674-0

ATLAS BOGTRYK KØBENHAVN

FU 00-144

ISBN 87-503-2674-0