

Miljøprojekt Nr. 808 2003

Massestrømsanalyse for kviksølv 2001

Susanne Skårup, Claus Lübeck Christensen, Jakob Maag
og Susan Heilemann Jensen
COWI A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 INTRODUKTION	15
1.1 UNDERSØGELSENS FORMÅL OG METODE	15
1.2 INTRODUKTION TIL KVIKSØLV	16
2 ANVENDELSER I DANMARK	19
2.1 RÅVARER OG HALVFABRIKATA	19
2.2 ANVENDELSE AF KVIKSØLV SOM METAL	20
2.2.1 Tandfyldninger	20
2.2.2 Lyskilder	26
2.2.3 Elektriske kontakter og relæer	31
2.2.4 Termometre	38
2.2.5 Måle- og kontroludstyr	40
2.2.6 Andre anvendelser som metal	41
2.2.7 Sammenfatning - metallisk kviksølv	42
2.3 ANVENDELSE AF KVIKSØLV SOM KEMISKE FORBINDELSER	42
2.3.1 Batterier	42
2.3.2 Kemikalier til laboratorie- og industribrug	48
2.3.3 Andre anvendelser af kemiske forbindelser	49
2.3.4 Sammenfatning - kemiske forbindelser	52
2.4 KVIKSØLV SOM FØLGESTOF I ANDRE PRODUKTER	52
2.4.1 Kul	52
2.4.2 Olie og biobrændsler	54
2.4.3 Cement	61
2.4.4 Jordbrugskalk og handelsgødning	62
2.4.5 Fødevarer	62
2.4.6 Andre forbrugsvarer	63
2.4.7 Sammenfatning - kviksølv som følgestof	64
3 OMSÆTNING MED AFFALDSPRODUKTER	65
3.1 GENANVENDELSE AF KVIKSØLV	65
3.2 OMSÆTNING I ØVRIGT MED FAST AFFALD	66
3.2.1 Totale mængder af fast affald	66
3.2.2 Termisk affaldsbehandling	67
3.2.3 Kilder til kviksølv i affald til forbrænding og deponi	71
3.2.4 Biologisk affaldsbehandling	72
3.3 OMSÆTNING MED FARLIGT AFFALD	73
3.4 OMSÆTNING MED SPILDEVAND OG SPILDEVANDSSLAM	76
3.4.1 Spildevand	76
3.4.2 Spildevandsslam	80
3.5 SAMMENFATNING OM TAB AF KVIKSØLV VED AFFALDSBEHANDLING	81
4 SAMMENFATTENDE VURDERING	83

4.1	ANVENDELSER OG FORBRUG I DANMARK	83
4.2	UDSLIP TIL OMGIVELSERNE I DANMARK	85
4.3	KVIKSØLVBALANCE FOR DANMARK	90
	REFERENCELISTE	93
	BILAG 1: INDRAPPORTERET ANTAL FYLDNINGER OG ANTAL TANDUDTRÆKNINGER	101
	BILAG 2: FIRMAER, DER HAR VÆRET KONTAKTET SOM LED I DENNE UNDERSØGELSE	103

Forord

Det overordnede formål med denne massestrømsanalyse er at opdatere den eksisterende viden om anvendelsen, forbruget og spredningen af kviksølv i Danmark. Den tidligere massestrømsanalyse for kviksølv dækker 1992/93.

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen og har været fulgt af en følgegruppe bestående af:

- Henri Heron, Miljøstyrelsen (formandsskab)
- Poul Erik Andersen, Arbejdstilsynet
- Mette Herget, HTS
- Henning Fokdal, Dansk Industri
- Carsten Lassen, COWI.

I undersøgelsen er der indhentet oplysninger fra brancheorganisationer, producenter, importører, Produktregistret, videnscentre og offentlige institutioner, uden hvis velvillige indsats undersøgelsen ikke kunne være gennemført.

Undersøgelsen er gennemført i perioden fra april 2002 til starten af 2003. Rapporten er udarbejdet af en arbejdsgruppe bestående af Susanne Skårup, Claus Lübeck Christensen, Susan Heilemann Jensen og Jakob Maag, COWI.

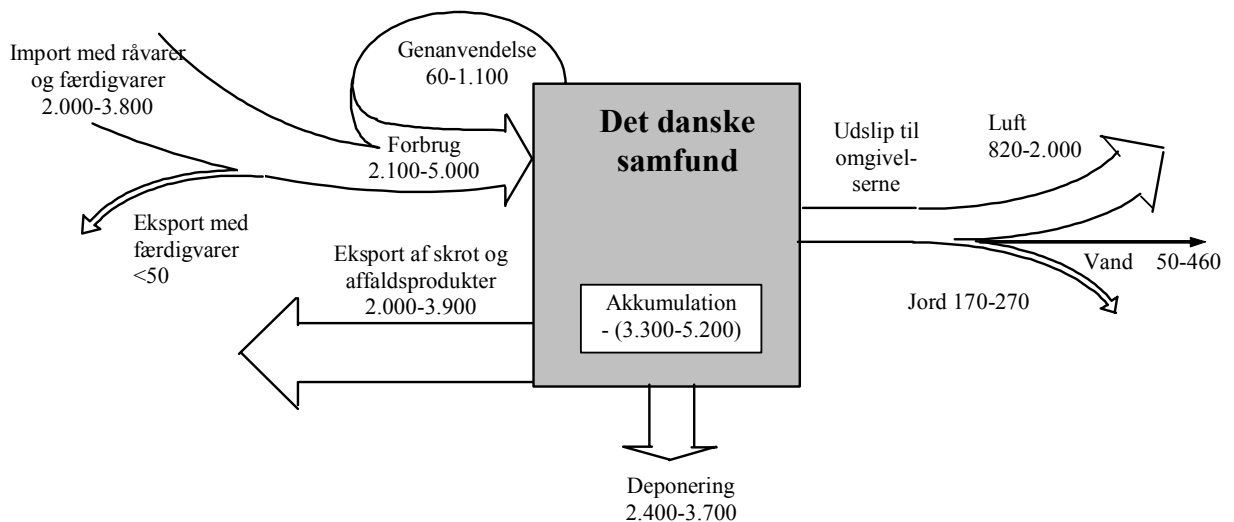
Sammenfatning og konklusioner

Der er gennemført en detaljeret opgørelse af forbruget af kviksølv i Danmark fordelt på anvendelser. Bortskaffelse og tab til miljøet er ligeledes kvantificeret. Analysen er overvejende baseret på data fra 2001.

Kviksølvbalance

De foreliggende oplysninger og vurderinger om forbrug og udslip til omgivelserne af kviksølv i Danmark er illustreret i Figur 1.

Figur 1
Kviksølvbalance for Danmark 2001 (alle tal i kg/år)



Som angivet i Figur 1 er kviksølvforbruget opgjort til 2.100-5.000 kg/år, mens importen af kviksølv og kvikholdige varer har været af størrelsen 2.000-3.800 kg/år, og eksporten med færdigvarer har været ubetydelig.

En mere detaljeret præsentation af de forskellige anvendelser er givet i Tabel 1, som er en forenkling af Tabel 4.1 fra rapportens sammenfattende vurdering.

Anvendelser

Den største tilsigtede anvendelse er kviksølvamalgam til tandfyldninger. Denne anvendelse svarer til ca. 1/3 af det samlede forbrug og 70-80% af det tilsigtede forbrug.

Mindre anvendelser omfatter lyskilder, batterier, termometre, målekontroludstyr og laboratoriekemikalier. De samlede tilsigtede anvendelser er anslået til at svare til ca. halvdelen af det samlede forbrug.

Resten af forbruget skyldes utilsigtet "forbrug" af kviksølv i form af kviksølv som følgestof i kul og andre varer.

Tabel 1
Kviksølvforbrug i Danmark 2001

Produktgruppe	Forbrug 2001 kg Hg/år	% af Total 2)
Metallisk kviksølv		
Tandfyldninger	1.100-1.300	34
Lyskilder	60-170	3
Kontakter og relæer	0-24	0
Termometre	16-24	1
Måle- og kontroludstyr	10-50	1
Andre anvendelser som metal	35-60	1
Kemiske forbindelser		
Batterier	70-150	3
Laboratoriekemikalier	30-70	1
Medicinske anvendelser	0-1	0
Andre kemiske anvendelser	5-50	1
Som følgestof		
Kul	600-1.000	23
Andre produkter 1)	140-2.100	32
I alt (afrundet)	2.100-5.000	100

1) "Andre produkter" omfatter olie, biobrændsler, handelsgødning, jordbrugskalk samt andre varer, hvor kviksølv forekommer som naturligt følgestof eller forurening i lave koncentrationer (ppb-niveauet). Forbruget af kviksølv til disse anvendelser kan kun anslås med stor usikkerhed. Se uddybning af tallene i Tabel 2.18.

2) Beregnet som middelværdien af de angivne forbrug.

Udviklingstendens

Brugen af kviksølv er generelt i tilbagegang. Det samlede forbrug er rundt regnet faldet til 20% af forbruget i 1982/83. For de tilsigtede anvendelser er forbruget faldet til 10% af forbruget i 1982/83. Forbruget er faldet til ca. 40% af forbruget opgjort i sidste massestrømsanalyse (for 1992/93, Maag et al. 1996), mens de tilsigtede anvendelser er faldet til 25% af de tilsigtede anvendelser i 1992/93. Man kan forvente et yderligere fald i fremtiden for de tilsigtede anvendelser.

Trods fald i forbruget i de fleste bevidste anvendelser er det værd at bemærke, at anvendelser, hvis forbrug tidligere var store og er blevet hårdt reguleret nationalt og internationalt, logisk nok er blevet mere perifere. Nu træder i stedet anvendelser frem, som ikke har været udsat for samme regulerings-pres og måske blandt andet derfor ikke har udviklet sig helt så meget over de sidste årtier. Det drejer sig for eksempel fortsat om tandfyldninger, om knapceller af andre typer end kviksølvoxid og om lyskilder.

Det er også værd at notere sig, at mobilisering og udslip fra kviksølv som følgestof i kul fortsat falder; primært fordi energiproduktionen i Danmark er søgt skiftet væk fra kul for at mindske udledningen af kuldioxid og en række andre forurenende stoffer.

Udslip til miljøet

Udslip af kviksølv til miljøet fremgår i store træk af Tabel 2, som er en forenklet udgave af Tabel 4.4.

Tabel 2
Udslip af kviksølv til omgivelserne i Danmark 2001, angivet i kg/år.

Produkt/anvendelse	Skønnet tab (kg kviksølv/år) til:				
	Luft	Vand	Jord	Deponi	I alt (afrundet)
Industrielle processer					
Cementfremstilling	70-170	-	-	-	70-170
Andre industrielle aktiviteter 3)	1-12	4-86	0-10	52	57-160
Energifremstilling					
Kul	190-310	-	-	68-110	260-420
Andre brændsler	22-110	4,7-6,7	1,2-5	7,9-23	36-140
Anvendelse af produkter					
Tandklinikker	-	50-250 1)	-	-	50-250 2)
Termometre	-	20-40 1)	-	-	20-40 2)
Andet	25-60	20-50 1)	13-40	-	58-150 2)
Affaldshåndtering					
Affaldsforbrænding	270-1.000	-	-	2.000-2.900 4)	2.300-3.900
Kommunalt spildevand/slam	22-46	14-280	62-94	40-47	140-470
Andet	220-270	26-84	97-120	230-570	570-1.000
I alt (afrundet)	820-2.000	50-460	170-270	2.400-3.700	3.400-6.300

1) De angivne mængder er udledes til spildevand, hvor kviksølvet efter behandling i renseanlæg vil ende dels i slam og dels i vand udledt fra renseanlæggene. Disse mængder er derfor med under "Kommunalt spildevand/slam" og regnes ikke med igen i "I alt".

2) De angivne mængder er kun medregnet ved sammentællingen i det omfang, de ikke er medregnet under andre emner.

3) "Andre industrielle aktiviteter" er inklusive olie- og gasudvinding.

4) Dette deponeres i udlandet.

Udslip til luft

Den vigtigste kilde til udslip til luft er affaldsforbrænding, hvilket vurderes især at bero på tilførslen af kviksølv med batterier, kontakter og relæer samt tandfyldninger. Det bemærkes dog, at det er vanskeligt med sikkerhed at redegøre for tilførslerne til affaldsforbrænding, da de kviksølv mængder, der skønnes tilført, er i underkanten af, hvad der er registreret ved udledningerne fra forbrændingsanlæggene.

Den næststørste kilde til udslip til luft er kulkraftværker, som skønnes at bidrage med 190-310 kg kviksølv årligt, mens kremeringer bidrager med 170-190 kg kviksølv/år.

Udslip til vand

Udslip til vand beror på spildevand fra kommunale renseanlæg, som vurderes primært at være belastet med kviksølv fra tandklinikker.

Udslip til jord

Udslip til jord beror især på spildevandsslam og kirkegårde (tandfyldninger).

Tab til deponi

Langt hovedparten af kviksølv lagt i deponi beror på restprodukter fra affaldsforbrænding. Disse lægges i deponi i udlandet.

Udviklingstendenser

Udledningen til luft er faldet til ca. ¼ af udledningen i 1982/83. Det skyldes især et fald i udledningen fra affaldsforbrænding pga. forbedret røggasrensning. Udledningen i 2001 var knap 2/3 af udledningen i 1992/93. Faldet hænger sammen med et fald i udledningen fra fremstilling af jern og stål, fra afbrænding af kul og fra bortskaffelse af lyskilder.

Udledning til vand er faldet til ca. 1/5 af niveauet i 1982/83, men er på niveau med - måske en smule højere end - udledningen i 1992/93. Det sidste dækker over, at udledning til havmiljøet fra offshore olie- og gasudvinding er medtaget i opgørelsen for 2001.

Udslip til jord er forholdsvis uændret i forhold til den sidste opgørelse for 1992/93. Siden 1982/83 er udslippet faldet betydeligt, hvor ændringen skyldes ophør af brug af kviksølvbejdsede sædekorn.

Den øgede brug af affaldsforbrænding har sammen med forbedret røggasrensning betydet en stigning i mængden af kviksølv til deponi.

Indsamling og bortskaffelse/genanvendelse

Der foregår en væsentlig indsamling af brugt kviksølv og kviksølvholdig affald i Danmark. Således indsamles der årligt 2-4 tons kviksølv med affald. Affaldet eksporteres.

Ophobning i samfundet

Som angivet i Figur 1 betyder disse aktiviteter, at der kan beregnes en negativ ophobning af kviksølv i det danske samfund på 3.300-5.200 kg/år. Dette illustrerer, at kviksølvforbruget er faldende, og at de eksisterende kviksølvlagre i det danske samfund (fx kontakter og relæer i gamle telefoner) mindskes.

Oplagring i samfundet

Det totale lager af kviksølv i det danske samfund blev for 1992/93 anslået til 50-250 tons. I 1992/93 var den negative ophobning 3.100-7.900 kg kviksølv pr. år. Den samlede udtømning af lageret i perioden frem til 2001 kendes ikke med sikkerhed, men har formodentlig udgjort omkring 40 tons, således at det nuværende kviksølvlager er af størrelsen 10-210 tons. De fortsatte strømme af kviksølv til bortskaffelse antyder, at den ophobede kviksølv mængde i samfundet måske oprindeligt var undervurderet, og at "afgiftningen" af samfundet derfor tager længere tid. Der er dog ikke grundlag for at kvantificere det nærmere.

Mere detaljerede data og sammenligninger med 1982/83 og 1992/93 findes i afsnit 4.

Summary and conclusions

This report presents a detailed analysis of mercury consumption and emissions to the environment in Denmark in 2001. The substance flow analysis is an update of an analysis from 1992/93.

The report has been prepared in accordance with the Danish Environmental Protection Agency's paradigm for substance flow analysis. The present knowledge is acquired through information from Statistics Denmark, the Danish Product Register, trade organisations, technical literature, private companies and governmental institutions.

The analysis was undertaken with the year 2001 as reference year and presents a comprehensive view of the turnover of mercury in Denmark.

Consumption

Consumption of mercury with applications in 2001 is shown in Table 1. The dominant use is amalgam for dental fillings. This alone accounts for 1/3 of the total use and 3/4 of the intended use.

Minor uses include mercury in lamps, batteries, thermometers, monitoring equipment and chemicals for laboratory purposes.

Unintended mobilisation of mercury due to impurity in coal and other commodities is estimated to account for approximately half of the total consumption.

Table 1
Consumption of mercury in Denmark in 2001

Use areas	Consumption 2001 kg/year	Trends	% of Total
Mercury metal			
Dental fillings	1.100-1.300	Decreasing	34
Lamps	60-170	Decreasing	3
Electrical switches and relays	0-24	Decreasing	0
Thermometer	16-24	Decreasing	1
Monitoring equipment	10-50	Decreasing	1
Other uses	35-60	Stag./Decrea.	1
Chemical compounds			
Batteries	70-150	Decreasing	3
Laboratory chemicals	30-70	Decreasing	1
Medical use	0-1	Decreasing	0
Other uses	5-50	Stag./Decrea.	1
Mobilised impurities			
Coal	600-1.000	Stagnating	23
Other uses	140-2.100	Stagnating	32
Total	2.100-5.000		100

Trends in consumption

The consumption of mercury is generally decreasing. The total consumption of mercury in 2001 has decreased to around 20% of the use in 1982/83. The intended use has decreased in the same period to 10% of the former intended use.

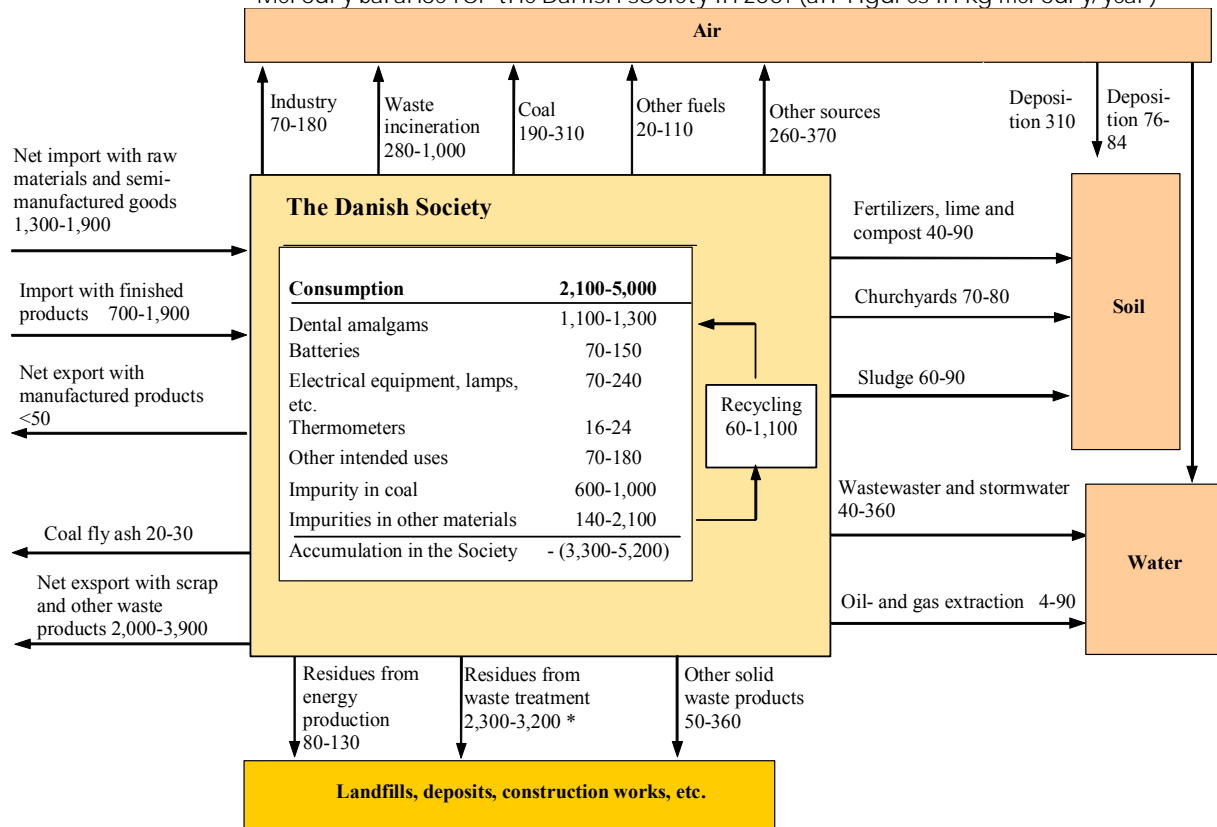
In spite of a drop in the mercury consumption with most intended uses, it is worth noting that uses which previously comprised large parts of the consumption and have been severely restricted nationally and internationally, have logically become more marginal. Instead, other uses which have not been subject to the same regulatory pressure, and maybe partly for this reason, have not changed so much during the last decades, appear as relatively larger remaining uses. Examples are dental fillings, button cell batteries of other types than mercury-oxide cells and light sources.

Also worth mentioning is the decline in the mobilisation of mercury present as impurities in coal; the primary reason for this being the intended shift in Denmark towards non-coal energy production due to the wish of reducing releases of carbon dioxide and a number of other atmospheric pollutants.

Mercury balance

Mercury balance for the Danish society is summarised in Figure 1.

Figure 1
Mercury balance for the Danish society in 2001 (all figures in kg mercury/year)



* Most of this (1,900-2,900 kg mercury per year) is exported.

Releases to the environment

Disposal and releases of mercury to the environment are shown in Figure 1. The total releases to the environment were 820-2,000 kg mercury to air, 50-460 kg mercury to water and 170-270 kg mercury to soil.

Emission to air

The principal source to emission to air is solid waste incineration, which is assessed in particular to be due to the supply of mercury with batteries, dental fillings and electrical switches and relays.

The second largest source for emission of mercury to air is coal-fired power plants with 193-310 kg mercury annually, while cremation contributes with 170-190 kg mercury per year to air.

Discharges to aquatic environments

Emissions to water are due to wastewater (treated) from municipal sewage treatment plants, which are primarily receiving mercury from dental clinics.

Releases to soil

Emission to soil is in particular due to sewage sludge from municipal sewage treatments plants (dental clinics) and churchyards (dental fillings).

Recycling

The ongoing collection of mercury and waste containing mercury is considerable. The yearly collection contains 2,000-3,900 kg of mercury of which the majority is exported.

Landfilling

About 2,400-3,700 kg of mercury was landfilled (including deposits, constructions work etc.). The main source was residues from solid waste incineration. Mercury in residues from solid waste incineration is primarily found in residues from flue gas cleaning; these products are exported to deposits abroad.

Stock building

As stated in Figure 1 the result is a negative stock building of mercury in the Danish society of 3,300-5,200 kg/year. These figures illustrate that the consumption of mercury is decreasing and that the existing stock of mercury in the Danish society (e.g. electrical switches and relays in old telephones) is being reduced.

The total stock of mercury in the Danish society (i.e. the mercury in use in miscellaneous products) was for 1992/93 estimated at 50-250 tonnes (Maag et al. 1996). The amount of mercury removed from the stock in the period up to 2001 is not known precisely, but may roughly be estimated at 40 tonnes. Thus, the existing stock of mercury may likely be estimated at around 10-210 tonnes. The continued flows of mercury to disposal indicate that the accumulated amount of mercury in the society may originally have been underestimated, and that the "detoxification" of the society therefore takes more time. There is however no basis for an actual quantification.

1 Introduktion

1.1 Undersøgelsens formål og metode

Det overordnede formål med denne massestrømsanalyse er at opdatere den eksisterende viden om anvendelsen, forbruget og spredningen af kviksølv i Danmark.

Omsætningen af kviksølv i Danmark er relativt velbeskrevet, idet der for årene 1982/83 (Hansen 1985) og 1992/93 (Maag et al. 1996) foreligger massestrømsanalyser. Analyserne indeholder detaljerede oplysninger om alle større anvendelsesområder for kviksølv og alle væsentligste kilder til udledning af kviksølv til omgivelserne. Siden 1992/93 er der sket et væsentligt fald i forbruget af kviksølv. Den seneste bekendtgørelse om kviksølv trådte i kraft i 1998, hvor salg af kviksølv er forbudt på nær nogle bestemte undtagelser.

Metode

Undersøgelsen er udført i overensstemmelse med de retningslinier for massestrømsanalyser, der er angivet i Miljøstyrelsens reviderede paradigma for denne type analyse (Hansen & Lassen 2000), idet massestrømsanalysen er gennemført på det niveau, der i paradigmaet angives som "detaljeret niveau".

Undersøgelsen er gennemført ved at kombinere oplysninger fra Danmarks Statistik, brancheorganisationer, Produktregistret, personlig henvendelse til en lang række producenter, importører, videncentre og offentlige institutioner samt litteraturstudier.

For information indhentet fra litteratur, statistikker, videncentre og offentlige institutioner er der generelt givet referencer til datakilderne. Oplysninger fra virksomheder, forhandlere og importører anvendes generelt uden kildehenvisning, da det ofte ønskes af kilderne, men bilag 3 indeholder en liste over virksomheder, der er rettet henvendelse til i forbindelse med undersøgelsen.

Så godt som alle mængdeoplysninger i denne form for analyse vil være behæftet med en usikkerhed, som det ikke er muligt at vurdere med traditionelle statistiske metoder. De angivne sikkerhedsintervaller skal derfor betragtes som intervaller, inden for hvilke forfatterne med et subjektivt skøn vurderer, at den rigtige værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig. Det betyder, at der er en vis sandsynlighed for, at de rigtige værdier befinder sig uden for de angivne intervaller, og at det for enkelte varegrupper eller emissioner kan forekomme, at den rigtige værdi ligger langt fra det angivne interval. Ved addition af intervaller er det imidlertid sådan, at sandsynligheden for, at den rigtige sum vil befinde sig inden for det resulterende interval, stiger med antallet af adderede mængder.

Den bevidste anvendelse af kviksølv er faldet betragteligt over de sidste årtier. Det betyder, at data om anvendelse og forbrug med undtagelse af et par store enkeltanvendelser er meget spredte. I takt med den vigende anvendelse bliver det således stadigt sværere at finde mængdedata, og usikkerheden på mængdeopgørelser som givet i denne type undersøgelse vil stige.

1.2 Introduktion til kviksølv

Kviksølv er det eneste rene metal, der er flydende ved stuetemperatur. Det fremtræder spejlblankt, som det stadig kan ses i især ældre febertermometre og barometre. Især på grund af dets miljøfarlighed har anvendelsen af kviksølv været under kraftig reduktion i Danmark igennem de sidste 2 årtier, så faktisk er det sandsynligt, at mange i de yngste generationer ikke har set produkter med tydeligt indhold af kviksølv - måske undtagen lige i klassiske U-rørsmanometre eller materialesamlinger i skolernes fysiklokaler.

Den kemiske formel for kviksølv er Hg, og atomvægten er 200,6u. Kviksølvs smeltepunkt er -39°C , som nævnt det laveste blandt de rene metaller. Også dets kogepunkt er lavt, 357°C , hvilket medfører, at der ved stuetemperatur sker en betydelige afdampning af kviksølv, hvis det ligger åbent, fx fra en dråbe tabt i gulvtæppet fra et ituslået termometer. Det betyder også, at kviksølv på dampform kan spredes over tusindvis af kilometer fra udledningskilden, og at der kontinuerligt er lave koncentrationer af kviksølv damp til stede i atmosfæren. Som det eneste flydende metal og i kraft af en række andre teknisk fordelagtige egenskaber har kviksølv været anvendt af mennesker i årtusinder og til en lang række formål.

Kviksølv forekommer i en lang række mineraler, men i praksis er cinnabar (kviksølvsulfid) den eneste malmtypen, hvorfra kviksølv udvindes som hovedprodukt. I takt med det stigende forbrug af kviksølv, især i den vestlige verden, men også globalt set, er kun få miner dedikeret til kviksølvudvinding i drift. Kviksølv udvindes dog også i vidt omfang sammen med andre metaller, især zink og guld, og disse kilder udgør en stadigt større relativ andel af forsyningen i takt med lukningen af de dedikerede kviksølvminer. I nogle lande overvejes det (og gennemføres måske også allerede i et vist omfang) at deponere sådant biprodukt kviksølv, frem for at markedsføre det på et stærkt stigende marked.

Samtidigt udgør genvundet kviksølv en stadig større del af markedet. Her er det især brugt kviksølv fra nedlagte eller omlagte chlor-alkali produktionsanlæg, der bidrager, men også mindre mængder fra brugte og indsamlede produkter. På grund af planer om afviklingen af brug af kviksølv til chlor-alkali fremstilling i en lang række Europæiske lande (medlemmer af OSPAR- og HELCOM-konventionerne), er der internationalt udtrykt frygt for, at markedet vil blive overmættet med kviksølv med risiko for øget anvendelse i lande med mindre regulering af kviksølvanvendelse til følge. På grund af den hemisfæriske og globale atmosfæriske transport af kviksølv, vil sådan anvendelse i andre lande bidrage både lokalt og globalt til kviksølvbelastningen, herunder også i lande som Danmark, hvor der er gjort en betydelig indsats for at reducere samme belastning.

Kviksølv i miljøet kan forårsage en række alvorlige skader på sundhed og miljø. Den måske alvorligste er skader på menneskers nervesystem allerede i fosterstadiet, der selv under ret almindelige forhold menes at kunne medføre langsommere indlæring og udvikling hos børn. Undersøgelser på Færøerne har vist, at sådanne skader sandsynligvis finder sted selv ved meget lave koncentrationer af kviksølv. Helt nye undersøgelser i USA har vist, at så mange som 8% af en repræsentativ gruppe kvinder havde kviksølvkoncentrationer i blodet på niveauer, der ikke kan udelukkes at give sådanne skader på de børn, som de føder. Der er ikke umiddelbart grunde til, at situationen skulle være væsentligt anderledes i Danmark. Så vidt vides, er der dog ikke opdaterede undersøgelser heraf i Danmark (UNEP 2002).

Tabel 1.1 nedenfor giver en oversigt over udviklingen af den kendte produktion af nyudvundet kviksølv på verdensplan. Hertil kommer som nævnt salg af genvundet kviksølv samt formodentlig en vis mængde nyudvundet kviksølv, der ikke er registreret.

Tabel 1.1
 Registreret årlig produktion af nyudvundet kviksølv globalt (i tons; kilde: Jasinski, (1994); Reese, (1997; 1999); og Hylander & Meili (2002), alle som citeret af UNEP (2002).

Periode	1981-1985	1986-1989	1990-1995	1996	1997	1998	1999	2000
Registreret årlig produktion af nyudvundet kviksølv globalt (i tons)	5500-7100	4900-6700	3300-6100	2600-2800	2500-2900	2000-2800	2100-2200	1800

Der eksisterer ikke dækkende opgørelser over fordelingen af det globale kviksølvforbrug på anvendelser. Globalt set er blandt andet chlor-alkali produktion, guldudvinding i mindre målestok, måle- og kontroludstyr og tandfyldninger blandt de store enkeltanvendelser. Til sammenligning med de danske tal præsenteret i denne massestrømsanalyse er den estimerede fordeling af kviksølvforbruget i USA i 1990 og 1996 vist i Tabel 1.2.

Tabel 1.2
 Registreret forbrug af kviksølv i USA i 1990 og 1996 (tons/år; Kilde: Jasinski (1994), samt Sznopek og Goonan (2000); begge som refereret i UNEP, 2002).

Anvendelse	1990	1996
Tandfyldninger	44	31
Laboratorieanvendelse	32	20
Måle- og kontroludstyr	108	41
Kontakter og elektrisk ledningsudstyr	70	49
Lyskilder	33	11
Maling	14	0
Batterier	105	0
Chlor-alkali produktion	247	136
Andet	58	84
Total	711	372

Kviksølv indtages af mennesker fra en række forskellige kilder. De største mængder indtages i almindelighed via sølv-kviksølvamalgam-fyldninger i tænderne, men den tilgængelige viden tyder på, at den alvorligste kilde er fisk og andre fødevarer med tilknytning til vandmiljøet. Det skyldes, at kviksølvet her hovedsageligt findes som kviksølvforbindelsen methylkviksølv, der på grund af en lettere optagelse og opkoncentrering i kroppen har en reel giftvirkning, der er større end (elementær) metallisk kviksølv.

Metallisk kviksølv omformes naturligt i miljøet af mikroorganismer til methylkviksølv, der opkoncentreres kraftigt i fødekæden. De største koncentrationer findes derfor i store gamle rovfisk, dyr og fugle højt i fødekæden. Fisk med kviksølvindhold, der kan give skadevirkninger ved høj indtagelse, er påvist de fleste steder på kloden. Kviksølv findes også naturligt i miljøet. Det er meget vanskeligt at opgøre forholdet mellem menneskeskabte og naturlige kilder præcist, men den tilgængelige viden tyder dog på, at de menneskeskabte kilder bidrager mest til belastning. De menneskeskabte kilder

menes at være mindsket globalt i de seneste år, dog formodentligt hovedsageligt i den vestlige verden.

Af ovennævnte årsager gøres der derfor i disse år (2001, 2002, 2003) fornyede overvejelser om behovet for øget internationalt samarbejde om mindskelse af udledningen af kviksølv (se omtale af processen på UNEP Chemicals kviksølv-hjemmeside www.chem.unep.ch/mercury).

I Danmark kræver både køb og salg af giftstoffer som kviksølv og dets forbindelser særlig tilladelse, der administreres af Arbejdstilsynet (køb til egen erhvervsmæssige anvendelse), Miljøstyrelsen Kemikaliekontrol (salg/køb til videresalg) og politiet (privates, skolars og tilsvarendes køb til egen anvendelse).

2 Anvendelser i Danmark

2.1 Råvarer og halvfabrikata

Den af Danmarks Statistik (DS 2002) registrerede import, eksport og produktion af råvarer og halvfabrikata af metallisk kviksølv og kviksølvforbindelser for årene 1996-2001 er angivet i Tabel 2.1.

Tabel 2.1
Forsyningsoplysninger fra Danmarks Statistik for metallisk kviksølv og kviksølvforbindelser i årene 1996-2001 (1000 kg) *1

		1996	1997	1998	1999	2000	2001
Metallisk kviksølv	import	1,2	1,4	0,9	1,1	0,6	1,3
	eksport	0	4,4	0,4	0,2	0,1	0,9
Sulfater af kviksølv og bly	import	34,9	31,7	0,8	55,4	66,5	0
	eksport	0	0	0	4,4	0	0
Nitrater af kviksølv og kobber	import	0	0	0	0	0,1	0
	eksport	0	0	0	0	0	0
Amalgamer af ædle metaller	import	67	36	0	0	68	3
	eksport	0	0	0	2	6	12

Noter:

*1 De angivne mængder er hentet fra Danmarks Statistik og er oplyst i tons. Sammenhængen mellem de angivne mængder og varestatistikens positionsnumre er som følger:

Metallisk kviksølv: positionsnummer 2805.40.10 og 2805.40.90.

Sulfater: positionsnummer 2833.29.70.

Nitrater: positionsnummer 2834.29.30.

Amalgamer: positionsnummer 2843.90.10.

Om den registrerede import/eksport skal bemærkes:

Produktion

Der var i 2001, såvel som i den tidligere opgørelse fra 1996, ingen registreret produktion af de anførte kemiske forbindelser.

Metallisk kviksølv

Import af metallisk kviksølv anvendes som angivet i Tabel 2.2, der er baseret på viden indhentet i denne undersøgelse. Forskellen mellem det registrerede forbrug i 2001 på omkring 600 kg og importen på ca. 1.300 kg kan skyldes reeksport af en del af det importerede kviksølv og lagerforskydninger. Det har således ikke været muligt at finde 900 kg rent kviksølv til eksport via genanvendelsesbranchen.

Sulfater og nitrater

I begge tilfælde dækker Danmarks Statistiks oplysninger over forbindelser med både kviksølv og bly. Som angivet i afsnit 2.3.2 er forbruget af kviksølv med kviksølvforbindelser i Danmark i dag marginalt, nemlig 30-60 kg kviksølv

forbindelser, svarende til 20-40 kg kviksølv pr. år. Dermed må den resterende import antages at dække over blyforbindelser.

Amalgamer

Der kan registreres en vis import/eksport af amalgamer. Ifølge Danmarks Statistik skete der i 2001 en nettoeksport på 9 tons amalgamer af ædle metaller.

Det har ikke været muligt at identificere den angivne mængde import/eksport af amalgamer af ædle metaller. Det er uvist, hvor kapsler med kviksølv og amalgampulver til dental amalgam registreres hos Danmarks Statistik. Der er ingen produktion af disse kapsler i Danmark. Det kan dermed heller ikke forklare den store nettoeksport i år 2001.

Tabel 2.2
Forbrug af metallisk kviksølv til produktion m.m. i Danmark i 1992, 1993 og 2001

Anvendelse	1992 (kg)	1993 (kg)	2001 (kg)
Elektrolyse	3.000	2.000	0
Kviksølv til anvendelse i dental amalgam	1.500	1.500	550-650 1)
Fremstilling af termometre	400	400	0
Fremstilling af batterier	200-300	200-300	0-9
Måle- kontroludstyr, laboratorier	550-650	250-350	10-30
I alt	5.800	4.500	560-690

1) Den angivne mængde for år 2001 dækker de 50% af tandlægenes forbrug, som indkøbes som rent kviksølv.

2.2 Anvendelse af kviksølv som metal

2.2.1 Tandfyldninger

Beskrivelse

Dental amalgam er en legering bestående af kviksølv, sølv, kobber og tin, hvoraf kviksølv udgør mellem 44 og 51% (efter vægt), dog typisk 48-49% (Munksgaard 2001). Der regnes her med et gennemsnitligt kviksølvindhold på 48%. Sølv udgør størstedelen af den øvrige fraktion, mens kobber og tin kun indgår i mindre mængder.

Amalgamet leveres til den enkelte tandlæge i form af dels rent kviksølv, som hos tandlægen blandes med amalgampulver indeholdende amalgamets øvrige bestanddele, dels i form af portionskapsler, der indeholder kviksølv og amalgampulver adskilt af en tynd membran, der brydes ved rystning i særlige rystemaskiner. Brugen af kapsler giver skønsomt mindre spild i form af overskudsamalgam end metoden med afvejning i klinikken. Ca. halvdelen af det danske forbrug af amalgam er i form af kapsler.

Forbrug i Danmark

Kontakt til de fire forhandlere af kviksølv til amalgam i Danmark viser et samlet forbrug af kviksølv til amalgam i Danmark på ca. 1.200 kg i år 2001.

Ca. det samme resultat fås ved beregning ud fra antal fyldninger. Det årlige forbrug af kviksølv i amalgam til tandfyldninger kan for de privatpraktiserende tandlægers vedkommende opgøres ud fra indrapporteringen af antal udførte amalgamfyldninger til Sygesikringen. Hertil kommer forbruget i den kommunale tandpleje (dvs. skoletandplejen), som ikke er dækket af indrapporteringen til Sygesikringen.

Private tandlæger

I Tabel 2.3 er der for årene 2000 og 2001 angivet de til Sygesikringen indrapporterede antal amalgamfyldninger udført af privatpraktiserende tandlæger i Danmark. I bilag 1 er der angivet de indrapporterede antal fyldninger for hele årrækken 1994-2001. Den tidligere massestrømsanalyse (Maag et al. 1996) har en tilsvarende række for årene 1980-1993.

Ved indrapporteringen - og i Tabel 2.3 - er tandfyldningernes størrelse angivet som a, b eller c afhængigt af, hvor mange tandflader der er blevet belagt med fyldningsmateriale. På basis af detaljerede undersøgelser regnes der med et forbrug af amalgam (inkl. spild) til udførelse af a-, b- og c-fyldninger som følger (Maag et al. 1996, Munksgaard 2001), (tallene svarer til tallene i den tidligere massestrømsanalyse):

a-fyldn. (en flade): 1,2 g
b-fyldn. (to flader): 1,8 g
c-fyldn. (tre flader): 2,4 g

Tabel 2.3

Sygesikringens opgørelse af udførte antal amalgamfyldninger fordelt på størrelserne a, b og c for årene 2000 og 2001. Opgørelsen dækker kun fyldninger udført i privat tandlægepraksis 1)

År		2000		2001	
		Antal fyldninger	Kviksølv forbrug	Antal fyldninger	Kviksølv forbrug
Størrelse	a	300.567	170 kg	274.272	160 kg
	b	620.838	540 kg	576.289	500 kg
	c	279.000	320 kg	259.627	300 kg
I alt		1.200.405	1030 kg	1.110.188	960 kg

1) Indrapporteringen til sygesikringen anses for pålidelig og præcis. Tal i tabellen er inklusive midlertidige amalgamfyldninger (såkaldt "gradvis eskivering"), som for årene 1999-2001 hos sygesikringen er opgjort for sig.

Offentlig tandpleje

Sundhedsstyrelsen har i januar 2002 skønnet, at der udføres 6.000 fyldninger af sølvamalgam på mælketænder om året (Nielsen 2002). Antages et gennemsnit på 0,4 g kviksølv pr. fyldning som ved den tidligere opgørelse (Maag et al. 1996), bliver forbruget 2,4 kg kviksølv til mælketænder.

Dertil kommer amalgam til de blivende tænder hos unge i den offentlige tandpleje. Hvert barn får gennemsnitligt 0,8 fyldning pr. år. Hvis det antages, at 20% er amalgamfyldninger (a-fyldninger), kan det samlede kviksølvforbrug i den kommunale tandpleje med ca. 1 mio. unge estimeres til ca. 100 kg kviksølv (Holst 2002).

Samlet forbrug

Det samlede kviksølvforbrug til tandfyldninger i Danmark i år 2001 kan således opgøres til ca. 1.200 kg pr. år. For denne opgørelse er det - baseret på forfatterens vurdering - realistisk at regne med en usikkerhed på ± 100 kg. Den forholdsvis lave usikkerhed beror på, at oplysninger fra samtlige forhandlere af amalgam stemmer godt overens med forbruget beregnet ud fra antal fyldninger.

Udviklingstendenser

Forbruget af amalgam til tandfyldninger er mindsket noget i løbet af de sidste 20 år. Således blev forbruget i 1982/83 opgjort til i alt 3.100 kg kviksølv og for

1992/93 til 1.800 kg kviksølv. Antallet af amalgamfyldninger indrapporteret til sygesikringen er faldet fra 2,7 mio. i 1982 til 1,8 mio. i 1992 og 1,1 mio. i 2001. Det mindskede forbrug må antages dels at bero på bedre tandhygiejne i befolkningen og dels på en øget anvendelse af alternative fyldningsmaterialer. En væsentlig faktor er formodentligt, at det er forbudt i dag at anvende kviksølv på andet end kindtænder, hvor der er slid på fyldningen (Bekendtgørelse 692 af 22/09/1998).

Den videre skæbne for amalgam

Det er her vurderet, at ca. 60% af tandlægenes kviksølvforbrug ender i tænderne. Det svarer til vurderingen i den tidligere massestrømsanalyse, og det svarer til ca. 1 g amalgam pr. tand (Munksgaard 2002). Dvs. at mellem 660 og 780 kg kviksølv pr. år ender i færdigmonterede tandfyldninger.

Resten af forbruget opsamles som overskudsamalgam eller fortsætter i udsuget sammen med kviksølv fra udborede plomber.

Udboring af gamle fyldninger

Amalgamfyldningers gennemsnitlige levetid er skønsmæssigt af størrelsesordenen 7-20 år (Munksgaard 2002, Marker 2002). De fyldninger, der udbores i dag i forbindelse med fornyelse, er således som gennemsnitsbetragtning lagt omkring 1988. I 1992/93 var forbruget ca. 1.800 kg kviksølv pr. år (Maag et al. 1996), mens det i 1982/83 var på ca. 3.100 kg (Hansen 1985). Påregnet, at ca. 50% af dette kviksølv blev placeret i tænderne, vil der i tandfyldninger lagt omkring 1988 i alt være ca. 1.100-1.300 kg. Af dette kviksølv vil en del blive udboret på ny, en del vil følge udtrukne og tabte tænder, resten vil være i tænderne hos døde personer, som begravnes eller kremes.

I år 2001 vurderes udboringen af gamle fyldninger at være 660-1.100 kg kviksølv. Det følger af følgende betragtninger (svarende til den tidligere massestrømsanalyse):

Til stede i gamle fyldninger:	1.100-1.300	kg
Til stede i udtrukne og tabte tænder	120-180	kg (se senere)
Til stede i tænder hos døde mennesker	ca. 240	kg (se senere)
Til rest til udboring	680-940	kg.

Pga. den store opmærksomhed på effekten af kviksølv i tænderne er der grund til at tro, at en del personer får udskiftet amalgamfyldninger med andre materialer, før amalgamfyldningerne er udtjente. Derfor kan den udborede mængde være højere end de 940 kg. Det er vanskeligt at kvantificere dette præcist, og der regnes her med, at maksimalt 1.100 kg kviksølv udbores. Dermed vurderes udboringen af gamle fyldninger at være 680-1.100 kg kviksølv pr. år.

Opsamling af kviksølv fra mundskyl

Alle tandlægestole er udstyrede med en filtersi, som fanger store partikler. Filtersien tømmes manuelt 1-5 gange om ugen (Marker 2002, Lindstrøm 2002). Indholdet - eller i det mindste de synlige amalgamstykker - sorteres fra som kviksølvholdigt affald. Resten bortskaffes som almindeligt affald eller skylles ud i den vask, hvor sorteringen er foregået.

Amalgamfiltre

Efter filtersien kan skyllesystemet være udstyret med et amalgamfilter, som opsamler 90-99,9% (Bindslev 1999, Marker 2002) af kviksølvet i

spildevandet. Hovedparten af landets kommuner har indført påbud om brug af amalgamudskillere med en maksimal udledning på f.eks. 5 g kviksølv pr. år. Tandlægeskolen i Århus har udført en spørgeskemaundersøgelse i samtlige landets kommuner (Bindslev 2002). Af de 239 besvarelser fremgik det, at påbud ikke var indført i 27% af kommunerne.

Den største filterproducent indsamler selv hovedparten af sine filtre. Filtrene skilles ad i Danmark, og filterindholdet sendes til Holland til oparbejdning. Filtrene renses og genbruges. Rensningen i Danmark foregår i et lukket system med recirkulering af vand og filter på udluftningen. Effektiviteten af luftfiltrene er ikke målt, og filtrene er så nye, at de endnu ikke er udskiftet. Ud fra viden om den behandlede mængde amalgamfilter vurderes udledningen til luft og vand groft til at være af størrelsen 1-5 kg kviksølv.

En anden filterproducent indsamler ligeledes filtre og en del kviksølvholdigt affald fra tandlægerne. Dette sendes til Sverige, hvor filtrene renses til genbrug, og kviksølvet oparbejdes. Det vurderes, at ca. 30% af det øvrige kviksølvholdige affald hos tandlægerne indsamles sammen med filtrene til eksport.

Den sidste fraktion af filtre lukkes ved filterskift og efterlades hos tandlægen. Filtrene bortskaffes sammen med det øvrige kviksølvholdige affald afhængigt af den kommunale ordning.

En indsamler af amalgamfiltre oplyser, at hvert filter ved indsamlingen typisk indeholder 250 g kviksølv. Det er mindre end vurderet ved den tidligere massestrømsanalyse, men denne mængde er verificeret af det aftagende svenske firma. Kontakt til filterproducenterne viser, at der årligt sælges 2.900-3.800 filtre i Danmark. Et tilsvarende antal må formodes at blive indsamlet. Dvs. at der årligt opsamles omkring 690-950 kg kviksølv i amalgamfiltre. Af disse eksporteres skønsmæssigt 480-575 kg til Sverige og Holland, hvor det oparbejdes. Resten indsamles til Kommunekemi.

Udledning til spildevand

Hvis det antages, at amalgamfiltrene er 98% effektive, udledes der 15-20 kg kviksølv til spildevandet fra tandlægeklinikker med amalgamfiltre. Hertil kommer udledning fra klinikker uden amalgamfiltre, der kan beregnes til ca. 175-240 kg. I alt kan udledningen således ud fra disse tal beregnes til 190-260 kg kviksølv fra tandlæger til spildevand om året. Her er det antaget, at 80% af tandlægeklinikkerne har amalgamfiltre, og at udledningen fra de øvrige 20% svarer forholdsmæssigt dertil. Ca. 27% af kommunerne har ikke påbud om filtre. Dette forhold antages at gælde for tandlægeklinikker også, men det skønnes, at flere tandlægeklinikker i disse kommuner alligevel har filtre, derfor er der regnet med 20% klinikker uden amalgamfiltre. Dette tal er dog forbundet med en væsentlig usikkerhed.

Til sammenligning blev der ved en undersøgelse af et begrænset antal klinikker på en enkelt dag i Århus fundet en udledning af kviksølv fra klinikker uden amalgamfilter på 65-842 mg kviksølv pr. tandlæge til kloaksystemet (svarende til 7-185 g Hg pr. år) og ved klinikker med amalgamfilter: 12-99 mg kviksølv pr. tandlæge (2,6-22 g Hg pr. år) (Arenholt-Bindslev 1996). Antages dette at være repræsentativt for hhv. 20% og 80% af alle ca. 5.000 tandlæger i Danmark svarer det til en udledning på 20-270 kg kviksølv pr. år. Det svarer meget godt til det ovenstående estimat - de få måledata taget i betragtning.

Sammenfattende skal der her vurderes følgende om udledningen til spildevand fra tandlægeklinikker:

En udledning på 20 kg er baseret på et begrænset antal målinger og må formodes at være for lavt ud fra øvrige tilgængelige data, mens en udledning på 50 kg kviksølv pr. år ikke er urealistisk. Modsat kan det ikke afvises, at udledningen kan være helt op til 250 kg pr. år. Udledningen til spildevand fra tandlægeklinikker anslås derfor til 50-250 kg kviksølv pr. år.

Amalgam i udtrukne og tabte tænder

Langt de fleste tænder, som voksne mennesker mister, bliver trukket ud hos tandlægen, mens kun et lille antal egentlig tabes. Der regnes her med, at den tabte mængde for voksne mennesker er betydningsløs.

Ifølge sygesikringens opgørelse over antallet af tænder, der udtrækkes årligt, blev der i år 2001 udtrukket 354.519 tænder i privat praksis (det vil sige, at de kan regnes som voksentænder, se bilag 1). Det må anses for sandsynligt, at en betydelig del og måske størsteparten af alle disse tænder har indeholdt amalgamfyldninger. Hvis det antages som i den tidligere massestrømsanalyse (Maag et al. 1996), at den gennemsnitlige vægt af fyldningerne er ca. 1 g amalgam, svarer det til 100-150 kg kviksølv årligt.

Hertil skal lægges den kviksølv mængde, som tabes og udtrækkes i den tid, hvor børnene behandles i skoletandplejen. Men da der siden 1.1. 1995 har været forbud mod kviksølv i tænder undtagen til tandfyldning af kindtænder, hvor der er slid på fyldningen, har mange klinikker stoppet brugen af kviksølv i mælketænder. Da de fleste udtrukne og tabte tænder i disse alderstrin er mælketænder (nyforbrug til mælketænder ca. 2,4 kg kviksølv/år), og kun et mere begrænset antal antages at være blivende tænder (nyforbrug ca. 100 kg/år), vurderes mængden af kviksølv fra udtrukne og tabte tænder i skoletandplejen til 20-30 kg pr. år. I den tidligere opgørelse, hvor anvendelsen af kviksølv til mælketænder var mere udbredt, blev dette skønnet til ca. 250 kg årligt.

Det kan således vurderes, at i alt 120-180 kg kviksølv pr. år bortskaffes med udtrukne og tabte tænder. Heraf vurderes det, at skønsmæssigt 20-30%, svarende til ca. 20-50 kg kviksølv, tilføres affald (dagrenovation), mens resten, 70-160 kg, vil blive tilført tandlægehøjskolerne (der samler tænder ind til undervisningsbrug), Kommunekemi eller bortskaffes sammen med amalgamfiltre af filterproducenter.

Amalgam i afdøde tænder

Ved den tidligere massestrømsanalyse er der regnet med gennemsnitligt 2 g kviksølv i afdøde personers tandsæt i Vesten. I forhold til tidligere bevarer langt flere mennesker deres tænder, indtil de dør. Ifølge Marker (2002) er det rimeligt at regne med 4 g kviksølv pr. død person.

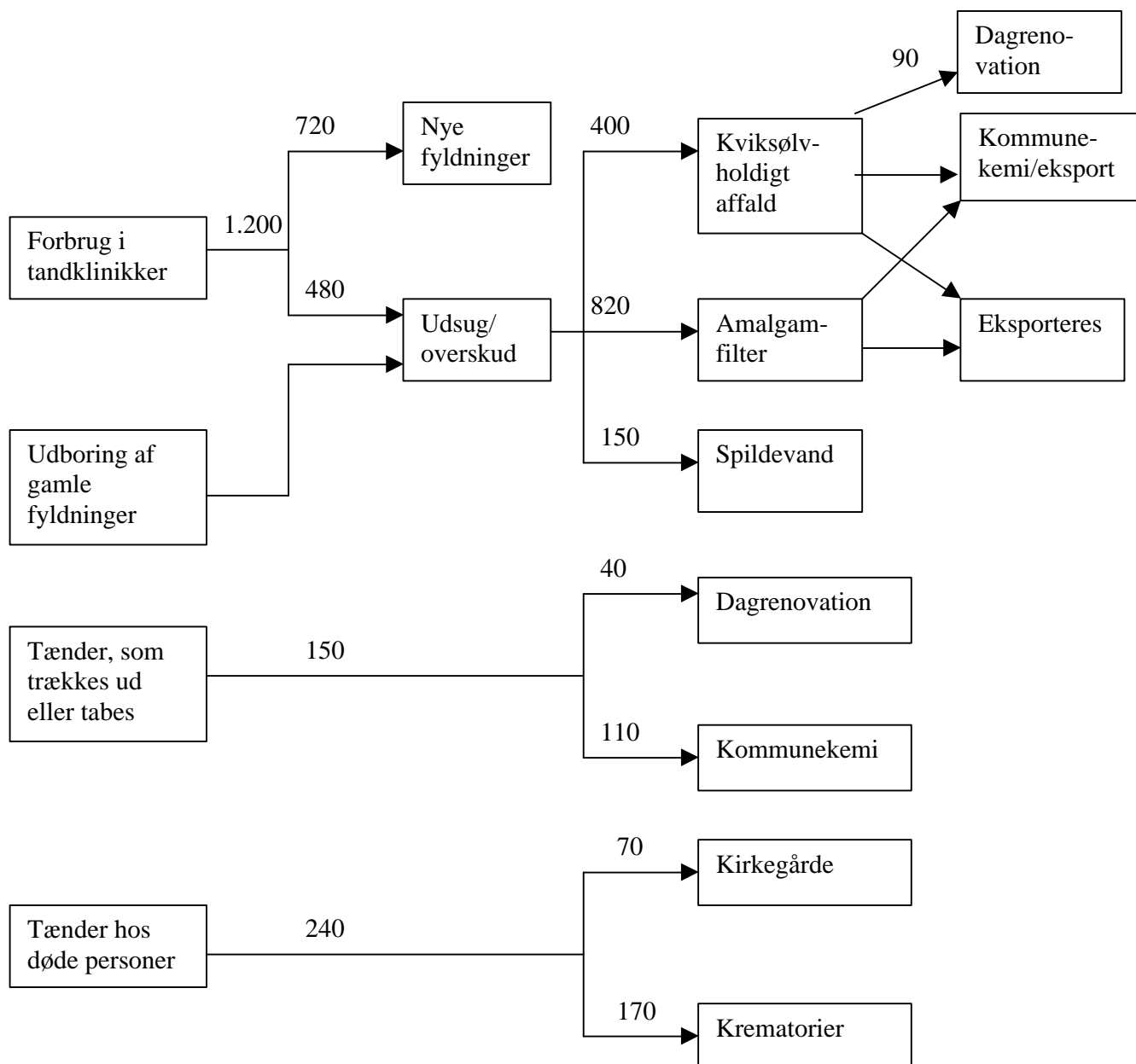
I 2001 døde ca. 58.000, hvoraf ca. 41.000 blev brændt og 17.000 begravet (Hansen 2002). Det betyder, at der tilføres ca. 170 kg kviksølv til krematorier, mens landets kirkegårde tilføres ca. 70 kg kviksølv pr. år. Da krematorier ikke er udstyret med røggasrensingsudstyr, der kan opfange kviksølvdampe, må stort set hele tilførslen til krematorier forventes at blive emitteret til atmosfæren.

Kviksølvholdigt affald

Kviksølvholdigt affald består af overskudsamalgam, amalgam fra filtersien og muligvis også kviksølvholdige udtrukne tænder. Affaldet opbevares hos tandlægerne typisk i en vandfyldt beholder, indtil det afleveres til den lokale modtagestation for kemikalieaffald. Enkelte indsamlere af filtre medtager det kviksølvholdige affald, men der findes ikke længere egentlige indsamlere af overskudsamalgam eller kviksølvholdigt affald (Due 2002, Metaligen 2002, Petersen 2002). Som grunde angives den lille mængde, lav pris og de besværlige arbejdsgange ved transport af farligt affald. Derfor er det yderst vanskeligt at sætte mængde på. Ud fra den solgte og udborede mængde kviksølv og mængden i spildevand og amalgamfiltre kan kviksølvmængden i dette affald beregnes til 120-680 kg pr. år.

Det vurderes, at personalet på tandlægeklinikkerne er opmærksomme på, at kviksølvholdigt affald ikke må bortskaffes med dagrenovation, hvorfor hovedparten, regnet som ca. 60-80%, antages at blive opsamlet særskilt, mens resten antages tilført dagrenovation. Det vil sige, at ca. 50-140 kg kviksølv herfra føres til dagrenovation, mens 70-540 kg regnes som indsamlet.

Ca. 30% af det indsamlede kviksølvholdige affald eksporteres sammen med indsamlede filtre til eksport. Det svarer til 20-160 kg kviksølv pr. år. Resten sendes til Kommunekemi. Kviksølvbalancen for tandlæger er illustreret i Figur 2.1. Det bemærkes, at det ikke er forsøgt at estimere den emission af kviksølv til luft, der beror på fordampning i tandlægeklinikker. Det er heller ikke forsøgt at kvantificere den mængde kviksølv, der med vattamponer og lignende lavbelastet affald fra tandlægeklinikker kan tænkes at havne i dagrenovationen. Der foreligger ikke oplysninger, der giver grund til at tro, at disse kviksølvmængder er af væsentlig betydning.



Figur 2.1

Skønnet kviksølv-cirkulation inden for tandplejen i Danmark 2001 (regnet som gennemsnit, afrundede tal, kg kviksølv pr. år)

2.2.2 Lyskilder

Flertallet af elektriske lyskilder af udladertypen indeholder en lille mængde kviksølv. Udladerlamper fungerer ved, at der sættes et kraftigt spændingsfelt over en gas, normalt kviksølv på gasform, hvorved gassen udsender lys. Blandt andet almindelige lysstofrør fungerer efter dette princip. I lysstofrør rammer det udsendte lys et såkaldt lyspulver, der er fastgjort på indersiden af glasset. Stofferne i lyspulveret udsender derpå lys i de ønskede farver. Lyspulver består overvejende af kemiske forbindelser af grundstoffer, der hører til de såkaldte "sjældne jordarter".

I Tabel 2.4 er der angivet de mængdemæssigt væsentligste lyskilder med indhold af kviksølv. I tabellen er der ligeledes angivet mængden af kviksølv pr. lyskilde for de forskellige typer og for forskellige produktionsår.

Tabel 2.4
De mængdemæssigt vigtigste lyskilder med kviksølv og indholdet af kviksølv i disse lyskilder.

Lyskilde	Indhold af kviksølv (mg/stk.) 1)	Hovedanvendelse
Lysstofrør	30-40 mg/rør (1993) 15 mg/rør (1997) 10 mg/rør (i dag)	Indendørsbelysning
Energisparepærer (kompakt-rør)	5-15 mg/lampe (1992, Maag et al.1996) 2) 5 mg/lampe (1993,1997, i dag)	Indendørs- og udendørsbelysning
Kviksølvdamplamper	75 mg/lampe (1993) 39 mg/lampe (1997) 30 mg/lampe (i dag)	Udendørsbelysning
Højtryksnatriumlamper	20 mg/lampe (1993) 25 mg/lampe (1997) 39 mg/lampe (i dag)	Udendørsbelysning og i butikker
Metalhalogenlamper	60 mg/lampe (1993) 30 mg/lampe (1997) 25 mg/lampe (i dag)	Private og kontorer
UV-lamper	25 mg/lampe (Maag et al.1996)	Solarier

1) Kilde: Floyd et al. 2002. Ved beregning af kviksølv mængder for de enkelte år er der ekstrapoleret fra de oplyste tal.

2) Den tidligere massestrømsanalyse angiver 5 - 15 mg kviksølv/stk. Dette bygger på oplysninger fra producenter, affaldsindsamlere og div. rapporter.

Der indgår også kviksølv i følgende lyskilder, som ikke er medtaget i Tabel 2.4:

- Superhøjtrykslamper til fotografiske formål
- Kviksølvdamplamper til kemiske analyser (atomabsorption)
- Såkaldte kvartslamper
- UV-sterilisationslamper
- LCD-skærme til computere og fjernsyn (se senere)
- Reklamerør (se senere).

Da salget af disse lyskilder er lille, bidrager indholdet af kviksølv i disse lyskilder kun marginalt til det samlede kviksølvforbrug.

Produktion i Danmark

Der sker produktion og reparation af reklamerør i Danmark. Forbruget af andre typer lyskilder beror udelukkende på import.

Forbrug i Danmark

I Tabel 2.5 er forbruget angivet i antal styk i perioden 1997-2001. Forbruget af kviksølv med de samme lyskilder i Danmark er estimeret i Tabel 2.6.

Tabel 2.5
Forbrug af kviksølvholdige lyskilder i årene 1997-2001 (antal 1.000 stk.). 1)

Lyskilde	1997	1998	1999	2000	2001
Lysstofrør	6.100	2.739	5.498	4.557	4.228
Energisparepærer (kompakt-rør)	4.403	4.653	3.741	4.562	5.688
Kviksølvdamplamper	370	135	221	139	107
Natriumdamplamper	222	72	211	156	99
Metalhalogenlamper	26	63	75	63	120
Andre udladningslamper	392	228	291	589	759
UV-lamper	420	431	441	324	263

1) Oplysninger om antal er baseret på Danmarks Statistik. Udladningslamper består blandt andet af kviksølvdamplamper, natriumdamplamper og metalhalogenlamper.

Tabel 2.6
Forbrug af kviksølv i lyskilder i årene 1997-2001 (kg kviksølv). 1)

Lyskilde	1997	1998	1999	2000	2001
Lysstofrør	92	38	71	55	42
Energisparepærer (kompakt-rør)	22	23	19	23	28
Kviksølvdamplamper	14	5	8	5	3
Natriumdamplamper	6	2	6	4	3
Metalhalogenlamper	1	2	2	2	3
Andre udladningslamper	12	6	8	15	19
UV-lamper	11	11	11	8	7
Totalt (ca.)	157	87	125	111	105

1) Baseret på Tabel 2.4 og Tabel 2.5.

Som det fremgår af Tabel 2.6, er det samlede forbrug af de i tabellen nævnte typer i 2001 estimeret til ca. 105 kg/år. For denne opgørelse er det baseret på forfatterens vurdering realistisk at regne med en usikkerhed på ± 50 kg.

Specialtildannede reklamerør

Ud fra oplysninger fra en række producenter af reklamerør kan det aktuelle forbrug til disse groft anslås til 1-5 kg kviksølv pr. år. I den tidligere opgørelse for 1992-93 var angivet et forbrug af kviksølv med reklamerør på 15 kg pr. år. Markedet er vigende. Kviksølvet tilsættes manuelt ved hjælp af en tynd glaspipette. Der tilsættes en lille dråbe pr. lysstofrør. En del lysreklamer fremstilles i dag med dioder og optiske fibre. Disse teknologier er i hastig fremmarch.

LCD-skærme til computere og fjernsyn

Fladskærme, såkaldte LCD-skærme, til computere - herunder også skærme på bærbare computere - indeholder kviksølvholdige lyskilder (LCD står for liquid crystal display). Det samme gælder LCD-fjernsynsskærme, som dog fortsat antages at have en meget begrænset udbredelse i Danmark.

Ifølge Floyd et al. (2002) indeholder skærme til bærbare computere typisk 2-4 lamper pr. skærm afhængigt af skærmens størrelse. En 15" skærm vil typisk indeholde 4 lamper, mens større skærme kan indeholde 6, 8 og flere lamper. Det typiske kviksølvindhold pr. lampe var i 2001 mellem 2,5 og 3,5 mg/lampe

(gældende krav for at bære EU-blomsten for LCD-skærme er, at kviksølvindholdet ikke må overstige 3 mg/lampe).

Forbruget af bærbare computere i Danmark udgjorde i 1997 ca. 75.000 stk. (IDC, 1999).

Forbruget af fladskærme til computere kan anslås ud fra et samlet forbrug af stationære pc'er på omkring 500.000 stk. (1997-tal; IDC, 1999), en antagelse om at der tilnærmelsesvis sælges 1 skærm pr. pc, samt en vurdering af fordelingen af nysalg af skærme mellem traditionelle CRT-skærme og fladskærme. En stor detailkæde anslår, at denne fordeling i 2001 var omkring 75% CRT-skærme mod 25% fladskærme, og at fordelingen blev forskudt meget hurtigt igennem 2002, så den mod årets udgang skønsmæssigt var 60/40. Forskydningen mod fladskærme forventes at fortsætte.

Salget af fjernsyn med LCD-skærme vurderes som nævnt som yderst begrænset (pga. meget høje priser), og det er her ikke søgt at kvantificere kviksølvforbruget med disse.

Forbruget af kviksølv med fladskærme kan således anslås som følger:

Bærbare pc: 75.000 stk. * (2 til 4 lamper) * 0,000003kg/lampe: 0,5-0,9 kg kviksølv.

Fladskærme til stationære pc'er: 0,25 * 500.000 stk. * (4 til 6 lamper) * 0,000003 kg/lampe: 1,5-2,3 kg kviksølv.

Da salget af begge produkttyper kan have været lidt højere i 2001 end i 1997, og der desuden er usikkerhed forbundet med såvel lampeantallet som kviksølvindholdet pr. lampe, skal det samlede forbrug af kviksølv til fladskærme i 2001 således anslås til 2-5 kg.

Lyskilder i biler

En stor producent og forhandler oplyser, at der sjældent anvendes lamper med kviksølv i biler. Et kvalificeret skøn er 1% af bilsalget, og indholdet er nogle få milligram pr. lampe. I 2001 blev der solgt ca. 115.000 personbiler i Danmark (Danmarks Statistik, 2002). Hvis det antages, at 1% af bilerne solgt i 2001 har udladningslamper med kviksølv, svarer det til et antal på 1.150 biler.

Hver lampe indeholder mellem 5 og 10 mg kviksølv (Ecology Centre, 2001). Hvis vi videre antager, at der er 6 lamper pr. bil, svarer det til et samlet kviksølvforbrug på mellem 35 og 70 g. Det skal nævnes, at kviksølv i lamper anvendes i stigende omfang - også i forholdsvis billige biler (Ecology Center, 2001).

Udladningslamper anvendt som baggrundsbelysning i instrumentbrætdisplays indeholder også kviksølv (i lighed med LCD-skærme), og substitution er i dag ikke mulig (Lohse, 2001). Mængden af kviksølv i de enkelte enheder er ikke kendt og varierer meget. En amerikansk undersøgelse oplyser, at der til et navigationssystem anvendes 1,2 mg og til et speedometer under 40 mg. Af undersøgelsen fremgår det endvidere, hvilke bilmærker af årgang 2000, der har udladningslamper. Listen er formentlig ikke udtømmende, men indeholder en række mærker, som er kendte på det danske marked. Dog er der tale om biler i luksusklassen. Ud fra den betragtning antages det, at 1% af bilerne solgt i 2001 har udladningslamper. Og hvis det endvidere antages, at hver bil indeholder 40 mg kviksølv, bliver det samlede forbrug 46 g.

Samlet forbrug

Det samlede forbrug af kviksølv med lyskilder er således anslået til 60-170 kg kviksølv/år, heraf ca. 100 ± 50 kg fra de mest brugte typer (se Tabel 2.6), 1-5 kg med specialtildannede reklamerør, 2-5 kg med LCD-skærme (fladskærme), og mindre end 1 kg med lyskilder i biler.

Udviklingstendenser

Forbruget af kviksølv med lyskilder er faldet siden den tidligere opgørelse, hvor forbruget blev opgjort til 170 kg i 1992. Faldet til ca. 115 kg (gennemsnit af 60-170 kg) år 2001 skyldes primært, at indholdet af kviksølv pr. lyskilde er lavere i dag. Forbruget af lineære lysstofrør er faldet med næsten 2 mio. stk. fra 1997 til 2001. I 1988-1992 var forbruget på 5-6 mio. stk. Til gengæld er forbruget af sparepærer steget fra 0,6 mio. i 1998 til 5,7 mio. stk. i år 2001.

Tab ved produktion

Som nævnt er forbruget af kviksølv til dansk produktion af lyskilder (reklamerør) meget lille. Tab ved produktion regnes her som forsvindende.

Tab ved bortskaffelse

Den mængde kviksølv, som i år 2001 blev bortskaffet med lyskilder, kan overslagsmæssigt anslås til ca. 140 kg/år (usikkerhedsinterval ± 40 kg). Med dette skøn er der taget højde for, at de fleste kviksølvholdige lyskilder sandsynligvis har en levetid på 8-10 år, samt at kviksølvforbruget med lyskilder for 1992 blev opgjort til ca. 170 kg/år (Maag et al. 1996). Den tidligere massestrømsanalyse anvendte en levetid på "3-4 år eller længere". Det er her vurderet som 8-10 år, da det er denne levetid, man ofte regner med for lysstofrør, sparepærer og damplamper.

Til dels afhængigt af lokale affaldsindsamlingsordninger må udtjente energisparepærer og andre små lyskilder forventes hovedsageligt at blive indsamlet med dagrenovationen, mens andre typer lyskilder indsamles separat, normalt via storskraldsordninger.

Der findes et anlæg i Danmark til oparbejdning af de lige lysstofrør, hvor metal-enderne skæres af og sendes til metalsmelteri; det kviksølvholdige lyspulver blæses ud og sendes til de oprindelige producenter af lysstofrør til genanvendelse; glasset renses og sendes til glasværker, så det kan genanvendes til nye lyskilder. Mere end 98% af disse lysstofrør genvindes således. Det hele foregår i et lukket system med aktivt kulfilter på udgående strømme. Anlægget behandler ca. 2,6 mio. lige lysstofrør om året. Ca. 70% af lyspulveret herfra kan umiddelbart genbruges til produktion af nye rør. Produktionen sker i udlandet. Resten (30%) sendes til oparbejdning (destillering) i Belgien. 2,6 mio. lysstofrør med ca. 15 mg kviksølv pr. stk. svarer til ca. 40 kg kviksølv. Hertil kommer en eksport af ca. 500.000 lige rør fra andre indsamlere samt knuste rør og andre kviksølvholdige lyskilder. Baseret på viden om forbruget af de forskellige typer lyskilder er det forfatterens vurdering, at det svarer til ca. 10 kg kviksølv.

Ifølge oplysninger fra Kommunekemi blev der i år 2001 indleveret ca. 156.258 kg kviksølvholdige lyskilder. Lysstofrør vejer 50-300 g/stk. med ca. 15 mg kviksølv/stk., sparepærer vejer 40-100 g med 5-10 mg kviksølv/stk., mens damplamper vejer 30-200 g/stk. med 25-39 mg kviksølv/stk. Antages lyskilderne gennemsnitligt at veje 100-200 g med 15 mg kviksølv/stk., blev der indleveret 10-20 kg kviksølv med lyskilder til Kommunekemi i år 2001. Lyskilder deponeres på Kommunekemis grund med henblik på senere

oparbejdning i udlandet (Naamansen 2003). Her regnes denne mængde med til eksport.

I alt vurderes det, at 60-80 kg kviksølv indsamles og eksporteres (heraf 10-20 kg til Kommunekemi), mens 20-120 kg kviksølv ender i dagrenovationen.

Nogle lyskilder knuses under håndteringen af dem - især ved indsamling og sortering af rørene. Dette foregår med almindelig udsugning uden filter. Når lyskilderne knuses, vil kviksølv blive emitteret til luften. Der findes ingen opgørelser over mængden af knuste lyskilder, men det virker ikke urimeligt at antage, at 1-5 ud af 100 lyskilder går i stykker, i tiden fra lyskilderne kommer ind i landet, til de bliver forbrændt eller eksporteret ud af landet igen. 1-5% af potentialet på 100-180 kg kviksølv svarer til 1-9 kg. Dvs. at udledningen til luft pga. ødelagte lyskilder groft kan anslås til 1-9 kg kviksølv pr. år.

Sammenfattende om bortskaffelse:

Indsamlingspotentiale:	100-180 kg kviksølv pr. år
Heraf indsamles til eksport:	60-80 kg kviksølv pr. år
Til dagrenovation:	20-120 kg kviksølv pr. år
Emission til luft:	1-9 kg kviksølv pr. år.

2.2.3 Elektriske kontakter og relæer

Kviksølvholdige elektriske kontakter og relæer er igennem tiden anvendt i mange forskellige sammenhænge. I Tabel 2.7 er angivet de anvendelser af kviksølvholdige kontakter og relæer, for hvilke det ud fra de foreliggende oplysninger skønnes, at anvendelsen finder sted, har fundet sted, eller kan have fundet sted i Danmark inden for en overskuelig tidshorisont.

Tabel 2.7
Anvendelse af kviksølvholdige kontakter og relæer

Vare	Art og funktion af kviksølvholdig komponent	Anvendelse	Årligt kviksølvforbrug kg/år	Kilde
Frysere og køleskabe	Vippekontakt, der tænder lys ved åbning	Ophørt ca. 1990	-	(Maag et al., 1996) Ikke omfattet af undersøgelsen
Kaffemaskiner og strygejern	Termosikring/vippekontakt	Ophørt - vides ikke hvornår	-	(Maag et al., 1996) Ikke omfattet af undersøgelsen
Dykpumper	Niveauvipper med vippekontakt til væskestands kontrol	Ophørt omkring 1996	-	(Friis, 2002)
Biler	Vippekontakter til lys i bil ved åbning af døre	Ophørt ca. 1980	-	(Maag et al., 1996) Ikke omfattet af undersøgelsen
	G-sensor i visse ABS-bremser	Ophørt ca. 1996	-	(Nyborg, 2002) (Rasmussen, 2002)
	G-sensor i airbags	Ophørt i starten af 1990'erne	-	(Maag et al., 1996) Ikke omfattet af undersøgelsen
Alle typer telefoner	Vippekontakt i visse telefonrør	Ophørt sidst i 1980'erne	-	(Maag et al., 1996) Ikke omfattet af undersøgelsen
	Kviksølvrelæer i telefonens elektronik	Ophørt sidst i 1980'erne	-	(Maag et al., 1996) Ikke omfattet af undersøgelsen
Telefoncentraler	Kviksølvrelæer i analoge telefoncentraler	Fra 1960'erne. Ophørt i 1990'erne	-	(Mehlsen 2003)
Fjernsyn	Relæer	Ophørt i 1980'erne	<2 kg, se tekst	(Wessel, 2002)
Computerudstyr	Reed-relæer til datatransmission samt mekanisk relæer	Ingen sikker viden	<5 kg, se tekst	
Anden elektronik	Reed-relæer	Reed-relæer eksisterer fortsat, men har nok begrænset anvendelse.	<10kg, se tekst	(Maag et al., 1996)
	Vippekontakter	Vippekontakter i anden elektronik er omfattet af kviksølv-bekendtgørelsens forbud - der er ingen viden om deres aktuelle anvendelse hertil		
Industrianlæg	Rotationskontakt	Begrænset anvendelse på dispensation	Ca. 2 kg	Dispensation (Heron 2001)
Blinklys til togtrafik	Vippekontakt	Anvendes fortsat	0,190 kg/år	(Sørensen, 2002)

Vare	Art og funktion af kviksølvholdig komponent	Anvendelse	Årligt kviksølvforbrug kg/år	Kilde
Fjernstyring af togtrafik	Kviksølvvædet kontakt	Anvendes, men kun til reparation af gamle anlæg - substitueret i nye anlæg	Marginalt	Banestyrelsen (2003)
Tyverialarmer til både, motorcykler etc.	Funktion ukendt (formentlig vippekontakt)	Ingen viden	<5 kg, se tekst	(Maag et al., 1996) Ikke omfattet af undersøgelsen
Termo- og trykkontakter	Temperatur- og trykstyring	Ingen sikker viden	<1 kg, se tekst	(Maag et al., 1996) Ikke omfattet af undersøgelsen
Blinklys i løbesko	Vippekontakt	Anvendelse er ophørt i 1995	-	(Maag et al., 1996) (Bech 2002)
Dørklokke	Mekanisk kontakt	Ingen viden	-	(Maag et al., 1996) Ikke omfattet af undersøgelsen

Den følgende gennemgang af de vigtigste anvendelser er fokuseret på forbrugets størrelse. For en nærmere beskrivelse af de forskellige typer kviksølvkontakter og relæers funktionsmåde og opbygning henvises til (Rasmussen 1992). Dog skal der her kort redegøres for to dominerende typer. Traditionelle **reed-relæer** består af 2 elektroder anbragt i et lukket glasrør. Elektroderne bringes til kontakt med hjælp af en magnetisk påvirkning udefra. Kviksølvet - eller andre kontaktmaterialer som fx ruthenium eller rhodium - er i denne relætype lagt i et tyndt lag på de to elektroder på deres kontaktflader. Der sikrer de opretholdelse af en jævn kontaktflade, fordi de i modsætning til andre relevante materialer ikke danner ujævnheder, og dermed dårlig kontakt, ved gnistspring. Reed-relæer skal ikke forveksles med **kviksølv vippekontakter**, hvor kviksølv i større mængde skulper rundt i et glasrør og i visse vinkler danner selve den elektriske leder mellem elektroder, der er indstøbt i glasrørets vægge.

Husholdningsudstyr

Allerede i 1994 oplyste DEMKO, at der ikke anvendes kviksølvholdige termosikringer i husholdningsudstyr som kaffemaskiner og strygejern (Maag et al. 1996). Det er uvist, i hvilket omfang kviksølv er blevet anvendt til disse formål, og hvornår denne anvendelse er ophørt. Anvendelsens ophør kan hænge sammen med et tysk forbud mod anvendelse af kviksølvkontakter i en række husholdningsprodukter midt i 1980'erne (Rasmussen 1992). Affaldsindsamlere oplyser, at de også i år 2001 modtog f.eks. kviksølvholdige kaffemaskiner.

Dykpumper

En stor producent af dykpumper oplyser, at de af miljøhensyn stoppede anvendelsen af kviksølv omkring 1996, og at stoppet i øvrigt gælder branchen som sådan.

Forbruget af kviksølvholdige niveauvipper til dykpumper blev for 1982/83 opgjort til i alt 20.000-30.000 stk./år med et kviksølvindhold på 6,8-13,6 g/stk. svarende til et kviksølvforbrug på 140-400 kg/år. Salget af dykpumper til

kloakformål er faldet svagt, og i 1994 gav de førende producenter udtryk for, at salget var marginalt. Dog fandt der en mindre produktion af niveauvipper sted, men producent og størrelse var ukendt (Maag et al. 1996).

Størstedelen af salget af niveauvipper skønnes at gå til kloakanvendelser. Kviksølvholdige niveauvipper er ikke lovlige at anvende til rentvandsforsyning. En leverandør har oplyst, at der kan regnes med indhold på gennemsnitligt 10 g kviksølv pr. niveauvippe. Der regnes således med, at forbruget fra 1982 og frem til 1993 har varieret mellem 200 og 300 kg kviksølv årligt (Maag et al. 1996).

Biler

Historisk set har der været en del komponenter i biler, som indeholder kviksølv: ABS-bremser, airbags, vippekontakter, pærer og instrumentbrætdisplays. Efterhånden er der dog sket en udfasning af kviksølv i visse komponenter.

En stor importør og forhandler af biler mener ikke, at der er kviksølv i ABS-bremser og airbags længere. Oplysningen bekræftes af en brancheorganisation (Rasmussen, 2002).

I 1993/94 blev det vurderet, at skønsmæssigt under 1% af det samlede salg af personbiler indeholdt kviksølvkomponenter. Med hensyn til airbags blev det allerede den gang oplyst, at der er sket en løbende afvikling af kviksølv i sensorer.

Formodningen om, at der ikke længere findes kviksølv i ABS-bremser og airbags forstærkes af en undersøgelse foretaget af Miljøstyrelsen, som viser, hvilke bilmodeller og årgange, der indeholder kviksølvkontakter. Den seneste årgang, der er nævnt, er 1996. Desuden fremgår det, at en række kendte mærker i Danmark er helt uden kviksølvkontakter (Grau 2002, Sharp 2003).

I henhold til et EU-direktiv er det forbudt fra 1. juli 2003 at sælge nye biler, der indeholder tungmetaller. En række komponenter oplyst i Annex II til direktivet (Europaparlamentet, 2000) er dog undtaget fra forbudet. For kviksølvs vedkommende drejer det sig om udladningslamper og instrumentbrætdisplays, hvilket fremgår af en beslutning fra Kommissionen (Kommissionen, 2002). Direktivet er implementeret i en bekendtgørelse, som stiller krav om, at kviksølvkontakter afmonteres på udtjente køretøjer (Miljøministeriet, 2002).

Fjernstyring af togtrafik

Til eventuel reparation af ældre udstyr kan der blive anvendt kviksølvvædede relæer, hvilket stadig er tilladt ifølge bekendtgørelsen. Forbruget hertil er ikke kendt (Banestyrelsen, 2003), men må anses for marginalt. Kviksølvrelæer er substitueret i nye anlæg. Der anvendes i stedet moderne PLC-udstyr, hvor mikroprocessorer har overflødiggjort relæerne.

Fjernsynsapparater

I den tidligere massestrømsanalyse for kviksølv fremgår det, at kviksølv i fjernsyn er blevet anvendt i billedrør og relæer. Ifølge en stor producent af billedrør har der aldrig været kviksølv i billedrør, og anvendelse af kviksølv i relæer ophørte i 80'erne. En affaldsbehandler af elektronikaffald oplyser, at det er marginalt, hvad der i 2002 bortskaffes af fjernsyn med kviksølv - skønsmæssigt ét pr. uge ud af et samlet antal på ca. 3.000. Indholdet af kviksølv i relæer i fjernsyn blev i 1994 skønnet til mindre end 4 mg pr.

fjernsyn (Maag et al. 1996). Ligesom i forrige massestrømsanalyse må forbruget til fjernsyn anslås til mindre end 2 kg.

Computerudstyr

I personlige computere forventes der ikke at være indhold af kviksølvrelæer, der væsentligt overstiger mængden i gamle fjernsynsapparater. Disse relæer anvendtes så vidt vides i starten af 1990'erne primært i forbindelse med ekstern datatransmission, dvs. modems. I dag er traditionelle reed-relæer i modems formodentligt erstattet med mikroprocessor-teknologi. Samtidig er de fleste typer reed-relæer i dag belagt med andre materialer end kviksølv. Selv hvis der faktisk er et eller få reed-relæer med kviksølv i hvert modem, ville kviksølvforbruget næppe overstige 5 kg/år (ifølge oplysninger indsamlet ved den tidligere massestrømsanalyse kan der være tale om et kviksølvindhold af størrelsesordenen 0,1 til 10 mg kviksølv pr. relæ; salget af modems skønnes groft til omkring 500.000 stk./år ud fra oplysninger om salget af pc'er (IDC; 1999).

Anden elektronik

Ud fra samme argumenter som for computerudstyr vurderes forbruget af kviksølv i anden elektronik at være marginalt. Rapporten "Elektronik - Erfaringsopsamling 1999" (Faber et al. 1999) angiver et kviksølvindhold i printkort på 0,0009% (baseret på oplysninger fra midt i 1990'erne). Det totale forbrug af kviksølv med relæer i anden elektronik i Danmark, herunder importerede færdigvarer, vurderes på dette grundlag næppe at overstige 10 kg/år.

Industrianlæg

Miljøstyrelsen har givet dispensation til salg af særlige kviksølvholdige rotationskontakter til industrianlæg. Kontakterne anvendes til roterende overførsel af strøm og signaler på maskiner. Dispensationen gælder indtil udgangen af år 2002 for en begrænset mængde. Forbruget for år 2001 vurderes til ca. 2 kg.

Blinklys ved togtrafik

I Danmark produceres og serviceres blinksystemer indeholdende kviksølv til regulering af togtrafik og til jernbaneoverskæringer ved veje. Dette forbrug er stadig tilladt. I 2001 er der forbrugt 19 kviksølv-rør hver med et indhold på 10 g kviksølv. Det samlede forbrug er således 190 g. Forbruget varierer fra år til år, men 2001 er et år med et gennemsnitligt forbrug. Det forventes, at de næste 5 års forbrug i gennemsnit også er omkring 190 g pr. år. Det er væsentligt mindre end forbruget til samme anvendelse i 1992/93 (50-100 kg kviksølv).

Tyverialarmer

Forbruget af kviksølvholdige kontakter til tyverialarmer på både, motorcykler og videoapparater vurderes at være marginalt i Danmark og må ligesom i forrige massestrømsanalyse regnes for at være mindre end 5 kg/år (Maag, 1996).

Termo- og trykstyring

Forbruget af gaschromatografer, hvori der kan indgå en kviksølvholdig termokontakt, er i Danmark antalsmæssigt marginalt. Udstyret anvendes kun på laboratorier og har en relativt lang levetid på 5-10 år. Forbruget af kviksølv hertil skønnes groft at være mindre end 1 kg pr. år (som i forrige massestrømsanalyse: Maag, 1996).

Blinklys i løbesko

Løbesko med blinklys, der styres af en kviksølvvippekontakt, blev markedsført i Danmark i starten af 90'erne, men importen stoppede i midten af 90'erne (Maag et al. 1996). En stor importør bekræfter dette og oplyser, at der kun indkøbes sko, som ikke indeholder kviksølv (Bech 2002). Tilsvarende nævner Floyd et al. (2002), at kviksølvkontakterne i blinkende børnesko nu er erstattet af andre typer kontakter.

Samlet forbrug

Sammenfattende kan forbruget af kviksølv med kontakter og relæer opgøres til mindre end 24 kg kviksølv pr. år.

Udviklingstendenser

Alle oplysninger tyder på, at forbruget af større kviksølvholdige kontakter og relæer er ophørt - eller stort set ophørt - måske med undtagelse af et lille forbrug til reparation af ældre udstyr (fx jævnfør anvendelsen til fjernstyring af togtrafik). Derimod er det vanskeligt at vurdere, hvor stor anvendelse der er tilbage af kviksølv-vædede kontakter/relæer; dog er der som nævnt tale om meget små kviksølvmængder pr. stk. Ifølge leverandøroplysninger kan såkaldte reed-relæer med kviksølvmættet kontaktoverflade stadig købes, men der findes mange typer, der svarer til reed-relæer med andre kontaktmaterialer, ligesom sådanne relæer formodes at være erstattet af mikroprocessor-teknologi i mange anvendelser. Kviksølv-vædede kontakter og relæer er som nævnt fortsat undtaget i den danske kviksølv-bekendtgørelse.

Bortskaffelse

Tabet af kviksølv ved bortskaffelse af produkter er vanskeligt at bedømme med sikkerhed, da dette tab hovedsageligt er knyttet til anvendelser, som i dag er ophørt. En vurdering af tabet må derfor tage højde for størrelsen af det historiske forbrug såvel som sandsynligheden for, at der stadig er produkter i omløb, som indeholder kviksølv.

Det totale forbrug af kviksølv med elektriske kontakter og relæer omkring år 1992 har været af størrelsesordenen 200-400 kg pr. år, heraf 200-300 kg til dykpumper. Heri er ikke medregnet telefoner, hvoraf mange åbenbart har en længere levetid end 20 år, da brugte telefoner og telefoncentraler er kilde til hovedparten af det aktuelt indsamlede kviksølv med kontakter og relæer (se senere).

Mange af de angivne produkter i tabellen kan stadig være i brug eller stå pakket væk, hvorfra de efterhånden bliver bortskaffet (pulterkammereffekten). Bl.a. forventes der en lang levetid for vippekontakter i dykpumper.

Ifølge en affaldsindsamler er ca. halvdelen af de indsamlede frysere udstyret med kviksølvkontakter. Denne affaldsindsamler, som modtager ca. 20% af elektroniskrottet i Danmark, indsamlede i år 2001 ca. 10.000 frysere. Antages der et gennemsnitligt indhold på 5 g kviksølv pr. kontakt, svarer det til en indsamlet mængde på 125 kg kviksølv i Danmark om året fra frysere.

Affaldsindsamlere peger på gamle telefoner og telefoncentraler som en af de største kilder til hhv. kviksølvkontakter og kviksølvrelæer i elektronikaffald. De senere år har TDC selv indsamlet 800-1.000 kg kviksølvholdige kontakter og relæer fra telefoner og telefoncentraler om året. Alle telefoncentraler er nu skiftet til digitale centraler, som er uden kviksølv, men nogle af de gamle analoge anlæg sidder stadig "uvirksomme" rundt omkring. Antages kviksølvindholdet at være 70-90% af kontakternes og relæernes vægt,

indsamles der 600-900 kg kviksølv med telefoner og telefoncentraler om året hos TDC. Dertil kommer kviksølv fra telefoner, som andre modtagere af elektronikaffald behandler. Antages dette at svare til 10-20% af den mængde, som TDC selv indsamler, indsamles der i alt ca. 650-1.000 kg kviksølv med telefoner og telefoncentraler om året. Dette eksporteres.

Dertil kommer kviksølv eksporteret med hele telefoner til genbrug i udlandet. De sidste 3 år er hele telefoner blevet eksporteret til genbrug. Inden da blev telefonerne skrottet. Ca. 10% af de eksporterede telefoner vurderes af eksportøren til at være med kviksølv. Ud fra antal containere à 250 kg og en antagelse om 0,75-1 kg pr. telefon og 4-5 g kviksølv pr. telefon fås en eksporteret mængde på 50-90 kg kviksølv pr. år med hele telefoner.

Affaldsindsamlere angiver at printkort udgør 9-10% af den indsamlede elektronikmængde (ca. 20.000 tons ifølge indsamlere af elektronikaffald). Regnes der med et kviksølvindhold på 0,0009% (Faber et al. 1999, Rambøll, Hannemann & Højlund A/S 1995), svarer det til 14-16 kg kviksølv.

Nogle specielle gamle kaffemaskiner indeholder 10-20 g kviksølv pr. stk. Baseret på oplysninger fra en enkelt affaldsbehandler vurderes det, at ca. 100 kaffemaskiner af denne type indsamles om året. Det svarer til 1-2 kg kviksølv pr. år.

Dertil kommer de andre nævnte kontakter og relæer, som vurderes at udgøre en mindre andel af de indsamlede kontakter og relæer. Det er efter forfatterens skøn ikke urealistisk at regne med 50-150 kg kviksølv om året med andre typer kontakter og relæer.

Sammenfattende om indsamling af kviksølvholdige kontakter og relæer pr. år:

Telefoner og telefoncentraler	650-1.000	kg kviksølv
Kontakter i fryser	100-150	kg kviksølv
Printkort	14-22	kg kviksølv
Kaffemaskiner	1-2	kg kviksølv
Andet	50-150	kg kviksølv
I alt indsamlet (afrundet)	820-1.300	kg kviksølv
Eksporteret med hele telefoner:	50-90	kg kviksølv.

Det hele eksporteres; dog har Kommunekemi et midlertidigt lager med henblik på senere eksport til oparbejdning (Naamansen 2003, Hohberg 2003).

Det er sandsynligt, at en del kontakter og relæer med kviksølv ender i dagrenovationen. Ved den forrige massestrømsanalyse vurderedes <160 kg kviksølv at ende i dagrenovationen. Det drejede sig om kviksølv i telefoner, kaffemaskiner, etc. Som det ses herover, er den indsamlede mængde kviksølv med telefoner betydeligt større end tidligere vurderet. Levetiden for andre kviksølvholdige kontakter er muligvis ligeledes betydeligt længere end 10 år, snarere 20 år. Forbruget af kviksølv til el-materiel blev for 1982/83 vurderet til 160-520 kg pr. år. Heri var mindre end 100 kg kviksølv til telefoner (Hansen 1985).

Samtidig er der fundet en del kviksølv i output fra forbrændingsanlæg, dvs. at der stadig er en del kviksølv i affald, som ender i dagrenovationen. Som en grov vurdering er størrelsen af kviksølv til dagrenovationen vurderet til 10-30% af den indsamlede mængde. Det svarer til 80-400 kg kviksølv.

2.2.4 Termometre

I det sidste årti har kviksølvholdige termometre hovedsageligt været solgt som febertermometre og til kontrol af industrielle processer, overvejende kontrol af dieselmotorer i store skibe (Maag, 1996). I dag er kviksølvholdige termometre imidlertid i høj grad substitueret af elektroniske termometre og termometre med metalblandinger uden kviksølv.

Siden 1994 har der i medfør af den første kviksølvbekendtgørelse været forbud mod salg af kviksølvtermometre med undtagelse af termometre til specielle anvendelser (Miljøministeriet, 1994). Af en skrivelse fremgår det endvidere, at Sundhedsministeriet i en bekendtgørelse om medicinsk udstyr fra 1994 anfører, at udstyr, som har været underkastet EØF-typegodkendelse, fortsat kan markedsføres (Rüsander, 1994).

I den seneste kviksølvbekendtgørelse fra 1998 er det præciseret, at undtagelsen omfatter (Miljøministeriet, 1998):

- Termometre, der har været underkastet EØF-typegodkendelse (i overensstemmelse med direktiv 76/764/EØF med senere ændringer) indtil 30. juni 2004 (godkendte febertermometre),
- Termometre til specielle anvendelser:
 - marineindustri indtil 31. december 1999
 - kraftvarmeværker indtil 31. december 1999
 - kalibrering af andre termometre indtil videre
 - analyseudstyr indtil videre.

Det antages på det grundlag, at termometre, der har været underkastet EØF-typegodkendelse, har været på markedet i hele perioden.

Febertermometre

Forbruget af febertermometre med kviksølv er faldet stærkt de sidste 10 år. Allerede i den tidligere massestrømsanalyse kunne der ses et kraftigt fald i starten af 90'erne. Det skyldes, at der er sket en stigende anvendelse af elektroniske febertermometre samt desuden måske glastermometre med en flydende metalblanding bestående af gallium, indium og tin (Maag et al. 1996).

Der er ikke produktion af kviksølvholdige febertermometre i Danmark.

En importør af febertermometre oplyser, at apoteker ikke forhandler termometre med kviksølv. Apotekerforeningen bekræfter dette, men kan dog ikke helt udelukke, at enkelte apoteker indkøber kviksølvholdige termometre. Politikken om ikke at forhandle kviksølvholdige termometre blev indført i starten af 90'erne på grund af forventninger om et forbud (Riis, 2003).

Allerede i den foregående massestrømsanalyse kunne det konstateres, at feberholdige termometre stort set kun sælges til hospitaler og andre institutioner (Maag et al. 1996). Det antages, at der ikke forhandles kviksølvholdige febertermometre til privat brug længere, men der skønnes stadig at være en mængde kviksølvholdige febertermometre i brug.

Importører af kviksølvholdige termometre til hospitalsbrug oplyser, at der i 2001 blev solgt ca. 4.500 kviksølv termometre i Danmark. Forbruget har været stærkt faldende - for 10 år siden var det ca. 50.000 stk. Denne

oplysning stemmer overens med opgørelsen i den tidligere massestrømsanalyse. I dag kan der ifølge importører regnes med et gennemsnitligt indhold af kviksølv på 0,25 g pr. stk. Grunden til, at indholdet af kviksølv er faldet pr. stk. er, at glasindustrien nu er i stand til at producere kapillarrørene mere nøjagtigt. Det samlede kviksølvforbrug kan beregnes til godt 1 kg.

Andre termometre

Ved kontakt til en række importører og forhandlere af termometre til laboratoriebrug er der registreret et salg af kviksølv termometre på ca. 1200 stk./år. Idet der formodentligt desuden kan være et vist salg via andre kilder, skønnes det, at der i 2001 totalt blev solgt 1000-1500 termometre med kviksølv til laboratoriebrug. Der regnes med, at termometre til disse formål indeholder omkring 15 g kviksølv (baseret på leverandøroplysninger samt Norsk Renholds Verks-forening, 2001). Det svarer til et kviksølvforbrug på 15-23 kg/år.

Der er ikke længere produktion af kviksølvholdige termometre i Danmark.

Importører oplyser, at mange termometre til analysebrug i dag er med sprit, men kviksølvholdige termometre anvendes dog fortsat i et vist omfang.

Bortskaffelse af febertermometre

For febertermometre anvendt på sygehuse og institutioner må det påregnes, at knuste og kasserede termometre stort set 100% indsamles og bortskaffes som kemikalieaffald. I de tilfælde, hvor det ikke lykkes at opsamle det metalliske kviksølv fra knuste termometre fuldstændigt, må det antages, at dette opsamles med spildevand fra gulvvask.

Da omsætningen af termometre på institutioner vurderes som relativt hurtig (Maag et al. 1996), kan det forventes, at den mængde, der skal bortskaffes, svarer nogenlunde til det nuværende forbrug på ca. 1 kg kviksølv, mens en forsvindende mængde havner i spildevand og dagrenovation.

For febertermometre anvendt i private husstande må det logisk set forventes, at kun en beskedent del af kviksølvmængden opsamles som kemikalieaffald. I givet fald drejer det sig formodentligt overvejende om hele kasserede termometre, der indleveres til apotekerne. Andre bortskaffelsesmuligheder omfatter tab til affald (hele termometre, knuste termometre samt kviksølv, der opsamles/støvsuges op fra gulvet) samt spildevand (ved gulvvask).

Levetiden for febertermometre anvendt i husstande kan være betydelig, eftersom mange termometre kun bliver brugt få gange årligt eller endnu sjældnere. Der antages derfor, at en gennemsnitlig levetid for sådanne termometre er op imod 10 år.

Baseret på Maag et al. (1996) kan det skønnes, at forbruget af kviksølv med febertermometre i husholdninger i 1991 var af størrelsesordenen 70 kg årligt (1990: 100 kg, 1992: 20 kg og i 1993: 0 kg). Som et bedste skøn baseret på den foreliggende viden skal det her antages, at der i 2001 blev bortskaffet en mængde svarende til forbruget år 1991 fordelt som følger (svarende til fordelingen i den tidligere massestrømsanalyse, hvor Kommunekemi undersøgte det indkomne affald nøjere):

Opsamlet som kemikalieaffald:	20-25 kg
Opsamlet med dagrenovation:	20-30 kg
Udledt til spildevand:	20-30 kg.

Bortskaffelse af andre termometre

I 1992/93 blev der endvidere anvendt ca. 100 kg kviksølv i industritermometre o. lign. (Maag et al. 1996). Laboratorietermometre var i den tidligere massestrømsanalyse ikke opgjort særskilt men indgik i denne mængde. Også for industri- og laboratorietermometre virker det rimeligt at antage en middellevetid af størrelsen 10 år, selv om der formodentlig er stor variation afhængigt af de præcise anvendelser.

For industritermometre bestemmes bortskaffelsen sandsynligvis primært af den type udstyr, som termometret anvendes i (overvejende motorer). Kviksølv i sådanne anlæg må forventes hovedsageligt at blive opsamlet via genanvendelsesbranchen, sekundært at gå tabt til spildevand og affald ved afmontering af motorer etc.

Som et bedste skøn baseret på den foreliggende viden skal det her antages, at der i 2001 med industri- og laboratorietermometre blev bortskaffet en kviksølv mængde svarende til forbruget i 1992/93 fordelt som følger (samme %-fordeling som i den tidligere massestrømsanalyse):

Opsamlet som kemikalieaffald eller til genanvendelse:	ca. 90 kg
Opsamlet til dagrenovation:	ca. 5 kg
Udledt til spildevand:	ca. 5 kg.

Bortskaffelse samlet

Samlet skønnes det således, at der fra termometre i 2001 blev bortskaffet følgende kviksølv mængder:

Opsamlet som kemikalieaffald eller til genanvendelse:	100-120 kg
Opsamlet til dagrenovation:	20-40 kg
Udledt til spildevand:	20-40 kg.

Det understreges, at disse skøn i sagens natur er behæftet med betydelig usikkerhed og alene skal opfattes som et forsøg på at estimere størrelsesordenen for de kviksølv mængder, der må forventes bortskaffet pga. termometre i Danmark.

2.2.5 Måle- og kontroludstyr

Blodtryksmålere

Ifølge oplysninger fra en række leverandører sælges der fortsat omkring 170-400 blodtryksmålere med kviksølvindhold årligt. Indholdet af kviksølv er af størrelsen 5 ml, svarende til 70 g kviksølv/stk. Dette svarer således til et samlet forbrug med nye blodtryksmålere på 12-28 kg kviksølv/år.

Ifølge leverandører sælges langt størstedelen til privatpraktiserende læger. Hospitalssektoren har i højere grad end privatpraktiserende læger substitueret kviksølvholdige blodtryksmålere med nyere modeller uden kviksølv. Til private skønnes salget af blodtryksmålere udelukkende at være uden indhold af kviksølv.

Genfyldning af ældre kviksølv-blodtryksmålere ved kalibrering/servicering finder sted i et meget begrænset omfang. Der anvendes til dette formål

udelukkende genbrugskviksølv fra gamle blodtryksmålere - hertil anvendes årligt blot omkring 1 kg kviksølv.

Andet udstyr

Ligesom ved forrige massestrømsanalyse er der ingen sikker viden om fortsat forbrug af kviksølv til andre typer kviksølvholdigt måle- og kontroludstyr. Dog har tendensen i forbruget i de sidste årtier været stærkt gående mod substitution med andre, kviksølvfrie teknologier. Der er til denne analyse gjort en begrænset indsats for at opspore fortsat forbrug af kviksølv til disse anvendelser, men der har i forbindelse med den samlede dataindhentning ikke været tegn på, at der fortsat finder noget væsentlig kviksølvforbrug sted i fx skoler og industri (for industri er der redegjort for små mængder i andre afsnit om anvendelser). Dette indtryk underbygges også til dels af det faktum, at kviksølvbekendtgørelsen og kravet om gifttilladelser gør indkøb af kviksølv besværligt og vanskeligt. Højere læreanstalter kunne principielt være en undtagelse herfra, men der foreligger ingen konkrete oplysninger herom. Forbruget af kviksølv til sådanne andre måle- og kontrolanvendelser vurderes som minimalt og skal her groft antages at være <20 kg kviksølv/år.

Bortskaffelse

Forbruget af kviksølv til måle- og kontroludstyr blev i den forrige massestrømsanalyse (1992-1993 data) vurderet som havende været ret konstant på et niveau omkring 500 kg over en længere årrække. Det vurderes umiddelbart, at der for disse anvendelser kan forekomme meget lange "levetider", ligesom der øjensynligt er en vis fastholdelse af kviksølvanvendelsen, fx blodtryksmålere hos privatpraktiserende læger. Det samme kan måske være tilfældet for skoler og andre uddannelsesinstitutioners beholdninger af kviksølv i fysikundervisningslokaler mv.

En bortskaffelsesmængde, der mere afspejler de tidligere forbrug end de nuværende, synes derfor sandsynlig. Det skal dog understreges, at der ingen sikker viden er om bortskaffelsens størrelse i relation til måle- og kontroludstyr. Som groft skøn vurderes det som sandsynligt, at de årlige bortskaffede mængder herfra kunne udgøre 100-500 kg kviksølv.

Der er tale om anvendelser, hvor der som hovedregel vurderes at være en effektiv indsamling af kviksølv. Dog virker det sandsynligt, at mindre kviksølv mængder herfra tabes til dagrenovation, luft og spildevand i forbindelse med håndtering af ituslået udstyr. I mangel af egentlige data herom skønnes der groft at kunne være tale om den nedenstående fordeling af bortskaffelse og tab:

Opsamlet som kemikalieaffald:	100-450 kg
Til dagrenovation:	20-50 kg
Tab til luft:	20-50 kg
Tab til spildevand:	20-50 kg.

2.2.6 Andre anvendelser som metal

Fyrtårne

Farvandsvæsenet driver 12 fyrstationer, der er bygget eller ombygget i sidste halvdel af 1800-tallet. Fyrene er udstyret med kraftige, roterende linse-systemer. Linserne vejer fra nogle få hundrede kilo og op til 4 tons stykket. Disse linser flyder oven på en "gryde" med 6 til 200 kg rent kviksølv, hvorved der sikres så lav en friktion som muligt.

Der sker en lille fordampning af kviksølv fra disse "gryder", som i alt indeholder ca. 1.400 kg rent kviksølv. Antages fordampningen at være ca. 0,5%, svarer det til en emission på < 10 kg kviksølv pr. år.

Samtidigt afleverer Farvandsvæsenet ca. 40 kviksølv til Kommunekemi om året. Antages det, at disse mængder skal erstattes med nyt kviksølv, kan det årlige forbrug af kviksølv estimeres til ca. 50 kg. Usikkerheden på ovennævnte tal vurderes til ca. 20%.

2.2.7 Sammenfatning - metallisk kviksølv

De foreliggende vurderinger og viden om tilsigtet anvendelse af metallisk kviksølv i Danmark 2001 og bortskaffelse af kviksølv i disse sammenhænge er angivet i Tabel 2.8.

Tabel 2.8
Forbrug og bortskaffelse af metallisk kviksølv anvendt til tilsigtede formål i Danmark 2001 (kg kviksølv pr. år)

Produkt/anvendelse	Forbrug kg Hg/år	Tendens	Skønnet bortskaffelse og tab (kg Hg/år) til:				
			Luft	Vand	Jord	Forbr./deponi	Kemikaliefald/Eksport
Tandfyldninger	1.100-1.300	Stag./faldende	-	50-250	-	68-190	830-1.660
Lyskilder	59-170	Faldende	1-9	-	-	20-120	60-80
Kontakter og relæer	0-24	Faldende	-	-	-	80-400	870-1.390
Termometre	16-24	Faldende	-	20-40	-	20-40	110-120
Måle- og kontroludstyr	10-50	Faldende	20-50	20-50	-	20-50	100-450
Andre anvendelser som metal	35-60	Stagnerende	5-10	-	-	-	30-50
I alt (afrundet)	1.200-1.600		26-69	90-340	-	210-800	2.000-3.800

2.3 Anvendelse af kviksølv som kemiske forbindelser

2.3.1 Batterier

Kviksølv anvendes tilsigtet i batterier af typerne kviksølvoxid, sølvoxid, zink/luft, og alkaliske. En EU-rapport (Floyd et al. 2002) viser indholdet af kviksølv i de forskellige batterityper. Tallene gælder for batterier solgt i EU. Tallene er bekræftet af batteriforeningen i Danmark (Madsen 2002). (Tal fra en forhandler i Danmark er i det følgende angivet i parentes.) Indholdet af kviksølv i kviksølvoxidbatterier er ca. 32% (30-32%). I disse batterier fungerer kviksølvet som katode. Knapceller med sølvoxid indeholder ca. 0,34% kviksølv, alkaliske knapceller ca. 0,45% (0,2-0,5%) og zink-luft-knapceller ca. 1,24% (1,1-1,2%). I disse batterier tilsættes kviksølv for at forhindre, at batteriet selvudlades samt for at forhindre gasudvikling under udladning med lækage eller i værste fald eksplosion til følge. Alle lithium-batterier og genopladelige batterier har altid været uden kviksølv (Floyd et al. 2002). Ca. 70% af det europæiske marked for knapceller udgøres af lithium-knapceller (Floyd et al. 2002). Det gælder dog ikke det danske marked, hvor zink-luft-knapcellerne dominerer.

Siden 1. januar 2000 har det været forbudt at importere og sælge batterier med over 0,0005 vægt-% kviksølv i Danmark. Forbudet gælder både løse

batterier og batterier i produkter. Knapceller må dog indeholde op til 2 vægt-% kviksølv (BEK nr. 1044 af 16/15/1999). Bekendtgørelsen er en implementering af et EU-direktiv. Dvs. tilsvarende forbud gælder i de øvrige EU-lande.

Produktion i Danmark

I Danmark foregår der en begrænset produktion af alkaliske batterier (ikke knapceller). Baseret på oplysninger fra Danmarks Statistik (2002b) og den maksimalt tilladelige mængde kviksølv i denne type batterier på 0,0005% kviksølv, skal forbruget af metallisk kviksølv til produktion af batterier i Danmark i 2001 groft anslås til maksimalt 9 kg kviksølv om året.

Kviksølvoxidbatterier

Da denne type batterier indeholder mere end de tilladelige 2% kviksølv, er disse ikke længere tilladte. Da kviksølvet indgår som en aktiv komponent i batteriets elektrokemiske system, kan reduktion af kviksølvindholdet ikke foretages i denne batteritype (Batteriforenings hjemmeside: www.batteri.dk). I Danmark er der et årligt forbrug på ca. 1.000 stk. kviksølvoxidbatterier, se Tabel 2.9.

Løse batterier

Danmarks Statistik angiver nogle specielt store tal for importen af kviksølvoxidbatterier for årene 2000 og 2001 (Danmarks Statistik 2002, 2001). Dette er sandsynligvis en fejlregistrering.

EPBA har opgjort forbruget af forskellige typer knapceller for hvert land i Europa for perioden 1996-2000. Batteriforeningen har derefter estimeret forbruget for år 2001. Resultatet for Danmark ses i Tabel 2.9.

Tabel 2.9
Forbrug af knapceller i Danmark (EPBA 2001) og deres indhold af kviksølv (Madsen 2001, Jochumsen 2003)

1.000 stk.	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Hg %	
							min.	maks.
Kviksølv oxid	361	358	219	15	1	1	30	32
Alkalisk	340	1.205	440	1.361	888	1.000	0,2	0,5
Sølvoxid	1.173	1.433	1.120	973	618	400	0,2	0,6
Lithium	401	1.411	525	638	636	700	0	0
Zink-luft	8.806	10.769	10.721	13.653	7.702	8.000	1,1	1,2
Total	11.081	15.176	13.025	16.640	9.845	10.101		

Det ses af tabellen, at der stadig er et forbrug af knapceller med kviksølvoxid, og at zink-luft batterier udgør hovedparten af knapcellerne. Zink-luft-knapceller anvendes næsten udelukkende til høreapparater (Jochumsen 2003). Det samlede antal forbrugte knapceller i Danmark er ca. 10.000 stk. i år 2000 og 2001.

Knapceller vejer 0,2-4 g pr. stk. De mest anvendte alkaliske knapceller vejer ca. 2 g/stk., mens zink-luft-batterierne ofte er noget mindre, 0,6-0,9 g/stk. (leverandøroplysninger). Antages der en gennemsnitsvægt på 1,5-2 g/stk. (dog 0,6-0,9 for zink-luft) i gennemsnit for knapcellerne, svarer salgstallene til et gennemsnitligt forbrug af knapceller i perioden 1996-2001 på 10-14 tons, mens gennemsnittet for 2000 og 2001 lå på 8-11 tons.

I Tabel 2.10 er forbruget af knapceller omregnet til kg kviksølv. Der er ikke taget højde for, at indholdet af kviksølv i de enkelte typer knapceller kan være faldet i perioden.

Tabel 2.10
Forbrug af kviksølv med knapceller i Danmark

Knapceller (kg kviksølv)	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Kviksølvoxid	160-230	160-230	99-140	6,8-9,6	0,45-0,64	0,45-0,64
Alkalisk	1-3,4	3,6-12	1,3-4,4	4,1-14	2,7-8,9	3-10
Sølvoxid	3,5-14	4,3-17	3,4-13	2,9-12	1,9-7,4	1,2-4,8
Zink-luft	58-95	71-120	71-120	90-150	51-83	53-86
Sum	220-340	240-380	170-280	100-190	56-100	58-100

Forbruget af kviksølv med løse knapceller kan dermed opgøres til 58-100 kg kviksølv pr. år. Det svarer til ca. 40% af forbruget i 1997. Faldet siden da skyldes primært et fald i forbruget af knapceller med kviksølvoxid.

Store løse batterier

Ikke-knapceller må indeholde op til 0,0005% kviksølv. Ifølge Danmarks Statistik blev der forbrugt ca. 3.000 tons andre batterier end knapceller, lithiumbatterier og brunstensbatterier i år 2001. Med et kviksølv-indhold på 0,0005% svarer det til ca. 15 kg kviksølv. Da mange batterier i dag er helt uden kviksølv, må 15 kg være udtryk for et maksimalt forbrug.

Batterier i færdigvarer

Kviksølvoxidbatterier vides at være blevet anvendt i mange typer af færdigvarer, herunder høreapparater, fotoudstyr, legetøj og ure. Af denne årsag er der forsøgt indhentet oplysninger om, i hvilket omfang sådanne batterier kan tænkes importeret med færdigvarer.

Kviksølvoxidbatterier er tidligere blevet anvendt til høreapparater, men ifølge batteriforeningen og Metaligen (Jochumsen 2003), som leverer batterier til samtlige høreapparater i Danmark, kan nutidens zink-luft-batterier helt erstatte kviksølvoxid-batterier til anvendelse i høreapparater (www.batteri.dk). Samtidig har høreapparater de sidste 20 år været designet til fortrinsvis zink-luft-batterier (Maag et al.1996).

Kviksølvoxidbatterier har tidligere været meget anvendt som strømforsyning til lysmalere i fotoudstyr (især spejlreflekskameraer). Disse apparater er over 20 år gamle (Petersen 2002). Der foregår muligvis stadig et vist erstatningssalg til disse apparater. Besøg hos 5 fotohandlere viste, at to af dem stadig forhandler kviksølvoxidbatterier, men i meget små mængder. Batterierne var indkøbt i år 2000 eller tidligere.

Der foregår en væsentlig import af batterier med billigt elektronisk udstyr (ure, lommeregner, gavekort (spiller melodi), legetøj og lignende, cykellygter og cykelcomputere). Knapceller i legetøj hos den største legetøjsforhandler i Danmark er hovedsageligt alkaliske. Denne leverandør importerer både knapceller og legetøj direkte fra fjernøsten og har garanti fra producenterne for, at der ikke anvendes kviksølvoxidbatterier (Top-toy, Vastrup 2002).

Der er foretaget gennemsyn af varer med indsatte knapceller i et stort supermarked tilhørende en landsdækkende supermarkeds kæde, hos en

cykelhandler og hos en butik med lavprisvarer fra fjernøsten. Flertallet af varer med indsatte batterier indeholdt stavbatterier. Kun ganske få varer indeholdt knapceller. Baseret på typebetegnelserne påtegnet emballagen eller selve knapcellerne vurderes det, at der i legetøj og cykelcomputere er tale om alkaliske knapceller, mens knapceller i cykellygter er af typen lithium.

Der er således i lighed med den sidste massestrømsanalyse ikke fundet eksempler på, at importerede færdigvarer indeholder kviksølvoxidbatterier.

Importen af knapceller indsat i færdigvarer kan anslås som følger (antal stk. fra Danmarks Statistik (2001 og 2001b)):

Lommeregner (altovervejende alkaliske - nettoimport ca. 860.000 stk. pr. år, hvoraf det efter forfatterens mening er realistisk at regne med, at 80% indeholder 1,5-4 g knapceller pr. stk. med 0,45 vægt-% kviksølv) =
4,6-12 kg kviksølv pr. år.

Armbåndsurre og lommeure (sølvoxid, alkaliske og lithium - nettoimport ca. 1,34 mio. stk., alle med 0,3-1,5 g batteri pr. stk. med 0,45 vægt-% kviksølv) =
1,8-9 kg kviksølv pr. år.

Vækkeure (typisk alkaliske - nettoimport 189.000 stk., hvoraf det vurderes, at ca. 25% indeholder 1,5-4 g knapceller med 0,45 vægt-% kviksølv) =
0,32-0,85 kg kviksølv pr. år.

Legetøj og lykønskingskort (alkaliske - salg ifølge oplysninger fra leverandør og egne skøn ca. 1,1 mio. stk. batterier med 0,2-0,45 vægt-% kviksølv) =
3,3-7,3 kg kviksølv pr. år.

Den samlede mængde kviksølv i knapceller i importerede færdigvarer til Danmark kan således anslås til 10-30 kg kviksølv.

Hvad angår stavbatterier i importerede færdigvarer, vurderes der altovervejende at være tale om brunstens- og alkaliske batterier, hvori kviksølvindholdet ligesom i løst solgte batterier vurderes som forsvindende. Mængden af stavbatterier importeret i varer udgør groft skønnet næppe over 30% af løst solgte stavbatterier, dvs. svarende til et kviksølvforbrug på mindre end 5 kg/år.

Samlet forbrug

Det samlede forbrug af kviksølv med batterier i Danmark pr. år i 2001 kan herved opgøres omtrentligt til:

Løse knapceller:	60-100 kg kviksølv
Andre løse batterier:	0-15 kg kviksølv
Knapceller i færdigvarer:	10-30 kg kviksølv
<u>Stavceller i færdigvarer:</u>	<u>0-5 kg kviksølv</u>
I alt	70-150 kg kviksølv

Udviklingstendens

Fokuseringen på kviksølv og forbudet mod mere end 2 vægt-% kviksølv i knapceller og 0,0005% kviksølv i andre batterier har betydet et kraftigt fald i forbruget af kviksølv med batterier. Dels fordi kviksølvoxidbatterier stort set ikke anvendes længere, dels fordi kviksølvindholdet i de enkelte batterier er blevet lavere, og dels fordi en del batterier ikke længere indeholder kviksølv (gælder mange stavceller). For knapcellers vedkommende er det ifølge

Batteriforeningen svært at fjerne kviksølv helt pga. fare for lækage og eventuel eksplosion.

Ifølge Danmarks Statistik er forbruget af knapceller i år 2001 på samme niveau som i 1992, ca. 15 tons, mens forbruget af andre løse batterier end knapceller er fordoblet siden 1992 fra 1.600 tons til ca. 3.700 tons.

Bortskaffelse

Det må påregnes, at der vil forekomme en vis forsinkelse i bortskaffelsen af kviksølv med batterier i forhold til det aktuelle forbrug. Batterier med kviksølvoxid blev i praksis forbudt 1. januar 2000 i Danmark. Dvs. at der i 2001 stadig kan have været en del kviksølvoxidbatterier i brug, eller oplagret hos brugerne med henblik på senere bortskaffelse. Også alkaliske batterier af andre typer end knapceller måtte frem til 1. januar 2000 indeholde mere kviksølv; 0,025% mod det nuværende maksimum på 0,0005%. Forbruget af kviksølv med kviksølvoxidbatterier i 1993 blev opgjort til 280-430 kg kviksølv med denne type batterier, mens forbruget i 1994 kan anslås til 440-600 kg (440 kg registreret af Batteriforeningen plus skønsmæssigt op til 160 kg importeret via andre kilder; baseret på Maag et al., 1996). Det samlede forbrug af kviksølv med batterier i 1992/1993 blev estimeret til 400-860 kg/år (Maag et al. 1996).

Kviksølvforbruget med batterier har været stærkt faldende i løbet af det sidste årti, det gælder især med kviksølvoxidbatterier. I Tabel 2.11 nedenfor er der angivet de kendte oplysninger om forbruget af kviksølv med kviksølvoxidbatterier.

Tabel 2.11

Tilgængelig viden om forbruget af kviksølv med kviksølvoxidbatterier

Kviksølvforbrug med kviksølvoxid-batterier	Forbrug, kg kviksølv 1)
1993 (Maag et al., 1996)	280-430
1994 (baseret på Maag et al., 1996)	440-600
1995, interpoleret mellem 1994 og 1996	300-400
1996, tal fra tabel 2.10	160-230
1997, tal fra tabel 2.10	160-230
1998, tal fra tabel 2.10	100-140
1999, tal fra tabel 2.10	7-10

Note: 1) Tallene er afrundede svarende til usikkerheden på tallene.

Der er jævnfør den tidligere massestrømsanalyse ingen sikre oplysninger om middelevetiden for kviksølvoxidbatterier, men tidsrum mellem køb og endelig bortskaffelse på samlet 4-6 år er langt fra utænkelige i betragtning af, at lysmalere til ældre fotoudstyr (med lavt strømforbrug) har været regnet som en af de væsentlige anvendelser for kviksølvoxidbatterier (Maag et al., 1996). Under antagelse af de i Tabel 2.11 angivne forbrugstal, kan indsamlingspotentialet for kviksølvoxidbatterier alene i 2001 således meget vel have ligget i intervallet 160-400 kg/år.

Hertil kommer indsamlingspotentialet for kviksølv i alkaliske stavbatterier; skønsmæssigt mellem 20 og 40 kg kviksølv vurderet groft ud fra udviklingen i kviksølvkoncentrationer og forbrug mellem 1993 (ca. 60 kg if. Maag et al., 1996) og 2001.

Hvad angår forbruget af kviksølv med andre typer knapceller end kviksølvoxid, har det været ret stabilt mellem 1993 (70-160 kg if. Maag et al.,

1996) og de i Tabel 2.10 nævnte ca. 60-150 kg/år i årene 1997-2000. Indsamlingspotentialet herfra vurderes på dette grundlag at være af samme størrelse, dvs. 60-150 kg/år.

Det samlede skønnede indsamlingspotentiale af kviksølv fra batterier skal på ovennævnte grundlag opsummeres som følger:

Kviksølvoxidbatterier:	160-400 kg/år
Alkaliske stavbatterier:	20-40 kg/år
<u>Andre typer knapceller:</u>	<u>60-150 kg/år</u>
I alt:	240-590 kg/år.

At der fortsat i 2000/2001 blev bortskaffet en væsentlig mængde kviksølvholdige batterier - såvel som andre kviksølvholdige produkter - understøttes af det faktum, at kviksølv mængden i dagrenovation fortsat var relativt stort sammenlignet med 2001-forbruget af kviksølv (se 3.2.2 om brændbart affald).

Brugere af høreapparater får betalt deres batterier til høreapparater af det offentlige. Derfor er der også kun en leverandør af disse batterier. Men de brugte batterier indsamles ikke centralt. De enkelte brugere bortskaffer selv batterierne. En stor del af disse knapceller kan man derfor formode bortskaffes med dagrenovationen.

Knapceller med sølvoxid anvendes hovedsageligt til ure, som langt overvejende får skiftet batteri hos urmageren. Disse knapceller samles sammen af et enkelt firma, som eksporterer batterierne til England til genvinding af sølvet. Den således indsamlede mængde kviksølv med sølvoxid knapceller svarer til 0,5-2,5 kg kviksølv.

Rapporten "Indsamlingsystemer for batterier - eksisterende erfaringer fra Danmark og udlandet" (Hansen og Hansen 2002) har indsamlet erfaringer fra 6 forskellige indsamlingsystemer i landet (Vejle Kommune, AVV, VEGA, REFA, Amagerforbrænding og R98, AKV og Bramming Kommune). Alle steder deponeres brunstensbatterier og til dels også alkaliske batterier lokalt. 44-97% (her gennemsnitligt regnet som 60-80%) af de indsamlede batterier deponeres således lokalt, mens de resterende 20-40% af de indsamlede batterier sendes til Kommunekemi.

Samme rapport angiver et (foreløbigt) skøn for indsamlingspotentialet på 0,41-0,54 kg pr. indbygger. Heraf indsamles gennemsnitligt 0,18 (0,16-0,26) kg pr. indbygger (Hansen og Hansen 2002). Det svarer til en indsamlingseffektivitet på 30-60%. Resten vurderes altovervejende at ende i dagrenovationen. Af de indsamlede mængder udgør brunsten og alkaliske batterier 72-97% (Hansen og Hansen 2002). Denne indsamlingseffektivitet benyttes for andre batterier end knapceller i de videre beregninger.

Kommunekemi, Elektromiljø og en privat indsamler af sølvoxidbatterier modtog i alt ca. 2,5 tons knapceller i 2001. Sammenholdt med det ovenfor angivne gennemsnitlige forbrug på skønsmæssigt 10-14 tons knapceller i årene frem til og med 2001 (og lidt lavere i 2000 og 2001), svarer dette til en indsamlingseffektivitet for knapceller på omkring 20-30%. Den resterende del vurderes altovervejende at blive tilført dagrenovation.

Kommunekemi og Elektromiljø modtog i år 2001 i alt godt 77 tons batterier af andre størrelser end knapceller. Ifølge udenrigshandelsstatistikken var det

samlede forbrug af andre løse batterier 3.700 tons. Mængderne af andre batterier end knapceller, der blev modtaget hos Kommunekemi og Elektromiljø, svarer således til ca. 2% af forbruget.

I Tabel 2.12 er der angivet fordelinger af bortskaffelsesmængderne for kviksølv med batterier omkring 2001 ud fra de ovenfor givne forudsætninger.

Tabel 2.12
fordeling af bortskaffelsesmængderne for kviksølv med batterier omkring år 2001

Batteritype	Skønnet indsamlings- effektivitet, %	Skønnet indsamlings- potentiale, kg kviksølv	Kviksølv indsamlet med batterier	Kviksølv tilført dagrenovation med batterier	Indsamlet kviksølv, der er deponeret særskilt lokalt ¹⁾
Kviksølvoxidknapceller	20-30	160-400	32-120	40-368	-
Andre typer knapceller	20-30	60-150	12-45	15-138	-
Alkaliske stavbatterier	30-60	20-40	6-24	0-34	4-19
I alt		240-590	50-189	55-540	4-19

2.3.2 Kemikalier til laboratorie- og industribrug

Traditionelt har kviksølv og dets forbindelser været anvendt til en lang række formål i analyselaboratorier. Dels i form af kemiske reagenser i forskellige analyser, dels i form af elektroder til måling af redoxforhold (standard calomel-elektrode), dels på metallisk form til en række analyseapparater såsom polarimetri, partikeltælling med såkaldte "Coulter countere" mv.

Kviksølv og dets forbindelser har tillige været anvendt i den kemiske industri, blandt andet som katalysator; både såkaldt heterogen katalyse, hvor kviksølv fx kunne optræde som bærestof for natrium, der gav den egentlige katalytiske effekt, og såkaldt homogen katalyse, hvor specifikke kviksølvforbindelser optrådte som katalysatorer i en opløsning af de reagerende stoffer. Såvel Kemisk Institut på Danmarks Tekniske Universitet (Fehrman 2002) som et antal førende industrier, der henholdsvis fremstiller og anvender katalysatorer, har det indtryk, at selv om kviksølv i princippet kan anvendes til katalyse i en række kemiske processer, er anvendelsen i dag helt marginal. Kviksølv betragtes i denne sammenhæng som "gammeldags" kemi, og der er gjort en hel del for at undgå anvendelsen af kviksølv af miljømæssige årsager. En stor kemisk industri oplyser endvidere, at de få gram, som de anvender årligt, indkøbes via de generelle laboratorieleverandører, fordi egen import af disse giftklassificerede stoffer er for administrativt tung sammenholdt med det minimale forbrug. Det er deres opfattelse, at det generelt forholder sig således.

Fra Produktregistret er der oplysninger om et marginalt forbrug af kviksølvforbindelser til produktion af en række forskellige maling/lak-produkter; se omtalen heraf nedenfor.

Forbrug

Der er indhentet oplysninger om forbruget af kviksølv og dets forbindelser hos en række leverandører, der tilsammen skønnes at dække op mod 95% af det generelle marked til laboratorier i Danmark (dækningen på kviksølvforbindelser kan være mindre). De oplysninger, som det har været muligt at få, vurderes dog som noget spredte, hvorfor der er regnet med en noget større usikkerhed på tallene, end den nævnte dækningsgrad kunne antyde.

Der er fra de pågældende leverandører registreret et samlet årligt salg i 2001/2002 på ca. 14 kg metallisk kviksølv samt 35-40 kg kviksølvforbindelser. Der er tale om en række forskellige kviksølvforbindelser omfattende blandt andet kviksølv -sulfat, -nitrat, -chlorid, -acetat, salte, kviksølv-natriumamalgam, salte af phenylkviksølv og kviksølvholdige benzosyre-derivater. Der er desuden et meget lille forbrug af kviksølvholdige organiske biocider i biologiske reagenser til fx immuno-assays - der er tale om ethylkviksølvforbindelser (thiomersal=thimerosal) af typen, som også anvendes i visse vacciner (se omtalen af disse). Umiddelbart vurderes kviksølv-sulfat, som fortsat anvendes til standard COD-analyse af spildevand, at udgøre en væsentlig del af forbruget af kviksølvforbindelser. Oplysningerne muliggør ikke en præcis beregning af kviksølvindholdet i forbruget af forbindelser; baseret på stofspecifikke opgørelser for en del af forbruget anslås det imidlertid til at svare til ca. 70% af mængden af kviksølvforbindelser.

Fordi der er tale om oplysninger fra bare ét år, fordi visse oplysninger er oplyst for 2002, samt fordi der formodes at kunne være tale om et vist salg fra andre leverandører, skal det samlede forbrug til laboratorier og industriel kemisk anvendelse i 2001 her anslås til 10-30 kg metallisk kviksølv og 30-60 kg forbindelser med et kviksølvindhold på ca. 20-40 kg.

Udviklingstendens

Såvel laboratorieleverandører som industrielle kontakter opfatter kemiske anvendelser af kviksølv som næsten ophørt i Danmark. Brugen af kviksølv-sulfat til COD-analyse synes ligeledes at kunne være faldende, om end analysen fortsat anvendes. For eksempel oplyste en kemikalieleverandør, at kviksølv og dets forbindelser ikke lagerføres hos dem i Danmark, samt at mange af de kviksølvholdige stoffer, som de katalogfører, slet ikke har været solgt i Danmark siden 1999. I massestrømsanalysen for 1992/1993 blev der registreret et salg på 60 kg kviksølv med kviksølvforbindelser, og på denne baggrund er der vurderet et samlet forbrug på 60-120 kg kviksølv/år til disse anvendelser (Maag et al., 1996).

Bortskaffelse

Langt størstedelen af det (begrænsede) forbrug af kviksølvforbindelser til kemiske formål synes at blive anvendt til kemiske analyser. Indsamlingen af miljøfarlige kemikalier fra laboratorier regnes i Danmark for effektiv, og det antages her, at forbruget indsamles og bortskaffes som farligt affald, og at tabet til spildevand mv. er forsvindende. Størstedelen forventes at blive tilført Kommunekemi. En mindre (men ukendt) del i form af rør/kits til COD-analyse returneres dog til de udenlandske leverandører, hvor de angiveligt genanvendes.

2.3.3 Andre anvendelser af kemiske forbindelser

Produktregistret

Der er til denne massestrømsanalyse foretaget en søgning af anvendelsen af kviksølv og kviksølvforbindelser i kemiske produkter i Produktregistret.

Samlet er der siden 1997 anmeldt ca. 400 produkter af 25 virksomheder med indhold af kviksølv/kviksølvforbindelser. Der er stort set udelukkende tale om maling-/lakprodukter og polymerbaserede produkter som hærdere og resiner til plastmaterialer, plastbelægninger til gulve, fugematerialer med videre. Der er ingen anmeldte produkter med kviksølvindhold, der er registreret som laboratoriekemikalier.

Ifølge oplysningerne fra Produktregistret er den årlige import af kviksølv/kviksølvforbindelser i anmeldte produkter af størrelsen 6 kg, hvoraf langt størstedelen er registreret som en forbindelse "neodecanoate-O)phenyl-kviksølv" (Cas-nr. 26545-49-3), som er anvendt i forskellige former for hærdere og resiner til en række plastbaserede materialer. Regnes der med en molekylvægt svarende til nævnte stof, svarer det til en import hermed af ca. 3 kg kviksølv.

Der er anmeldt et samlet forbrug af størrelsen 1 kg kviksølv (registreret som metallisk kviksølv) til produktion af en række forskellige maling-/lakprodukter. I alt er der tale om produktion af over 300 anmeldte produkter og en samlet produktion på ca. 7.000 tons produkter fordelt på mange firmaer. Oplysningerne om koncentrationer af kviksølv i produkterne er ikke konsistente, men antyder et niveau på få mg/kg. Det er ikke undersøgt nærmere, hvilken funktion kviksølvet har i disse produkter (mulige funktioner kan blandt andet være katalysatorer i hærdere eller konserveringsmidler).

Der er registreret en eksport af kviksølv i produkter på 0,7 kg kviksølv, hovedsageligt maling-/lakprodukter i de samme anvendelseskategorier som nævnt under produktion ovenfor.

Produktregistrets oplysninger er baseret på anmeldelse og opdatering på eget initiativ fra de virksomheder, der markedsfører produkterne, hvorfor såvel mængder som anvendelsesoplysninger må forventes at være forbundet med en væsentlig usikkerhed. Det er ikke givet, at der er et aktuelt forbrug af alle produkter, der figurerer som anmeldte. Ses der til sammenligning på det totale antal produkter, dvs. inklusive produkter, der er anmeldt inden 1997, beløber importen sig til ca. 80 kg kviksølv/kviksølvforbindelser, mens produktions- og eksporttallene er de samme som anført ovenfor. Ud af de 81 kg er størstedelen, 48 kg, registreret som "phenylkviksølvoleat". Efter 1997 er der ikke registreret anmeldelser af produkter med indhold af denne forbindelse.

Det er vanskeligt at vurdere, hvor store mængder af tilsvarende - men ikke anmeldte - produkter, der eventuelt omsættes i Danmark, især set i lyset af de meget små mængder. Anvendelsen af kviksølv i maling-/lakvarer er ikke tilladt i Danmark (med undtagelse af katalysatorer indtil videre) og er ligeledes i nogen grad reguleret i såvel EU som USA. En udbredt anvendelse af kviksølv i importerede produkter forventes således at være usandsynlig.

Forbrug og bortskaffelse

Forbruget af kviksølv med produkter af de typer, der er registreret i Produktregistret, skønnes løseligt på dette grundlag som værende mellem 5 og 50 kg/år.

Der synes overvejende at være tale om produkter, der anvendes i byggeri eller andre konstruktioner. Den indgående mængde kviksølv vil overvejende følge de materialer, som produkterne er påført, og regnes derfor her som affald til deponering. Den største anvendelse af kviksølvforbindelser i denne type produkter har tidligere været til konservering af latex-malinger samt muligvis i begrænset omfang som pigmenter. Begge anvendelser regnes som ophørt i Danmark. Anvendelsen af kviksølvforbindelser i dansk produktion af latex-maling er formentligt ophørt for mere end 20 år siden. Den tilgængelige viden giver ikke grundlag for at give en realistisk vurdering af, hvor meget kviksølv der i dag bortskaffes med gamle malede byggematerialer/konstruktioner. Der er således blot regnet med bortskaffelse af en mængde svarende til de aktuelle skøn for forbruget.

Fyrværkeri

Visse kilder angiver, at kviksølvforbindelser anvendes/har været anvendt i sprængstoffer og fyrværkeri. Floyd et al. (2002) oplyser, at kviksølvfulminat sommetider anvendes som detonator hertil.

En svensk undersøgelse angiver dog, at kviksølvforbindelser ikke anvendes i moderne fyrværkerifremstilling, og kviksølv blev kun fundet på sporniveau i analyser af 6 udvalgte typer fyrværkeri. De fundne niveauer svarer til et samlet forbrug af kviksølv med fyrværkeri på ca. 0,01 kg i 1998 (Göteborgs Miljöförvaltning, 1999).

Antallet og repræsentativiteten i de svenske undersøgelser er ikke tilstrækkelig til helt at udelukke, at kviksølvforbindelser anvendes i fyrværkeri. Der må dog her regnes med, at forbruget af kviksølv med denne anvendelse er betydningsløst.

Vacciner og øjendråber

Kviksølv er stadig tilladt til vacciner og øjendråber.

Kviksølv har ikke indgået i børnevacciner siden 1992. Kviksølv findes i nogle vacciner imod influenza og i nogle rejsevacciner (japansk encephalitis). Kviksølv indgår i thiomersal (=thimerosal), som er et konserveringsmiddel med en ethylkviksølv-forbindelse. Ca. halvdelen af de danske vacciner mod influenza indeholder thiomersal. Indholdet af kviksølv i hver vaccine er så lille (50 µg thiomersal pr. stk.), at det samlede danske forbrug til vacciner kan beregnes til <10 gram kviksølv pr. år.

Kviksølv tillades ifølge Lægemiddelstyrelsen ikke til nye præparater. Det er muligt, at enkelte præparater af øjendråber indeholder kviksølv, men i så fald er det kun nogle enkelte.

Det samlede forbrug af kviksølv til vacciner og øjendråber vurderes således som forsvindende (<1 kg).

2.3.4 Sammenfatning - kemiske forbindelser

Den foreliggende viden om forbrug af kviksølv som kemisk forbindelse samt tab i forbindelse med produktion og anvendelse af produkter, som indeholder kviksølv som kemisk forbindelse, er sammenfattet i Tabel 2.13.

Tabel 2.13
Forbrug og bortskaffelse af kviksølv som kemisk forbindelse til til sigtede formål i Danmark 2001 (kg kviksølv pr. år)

Produkt/anvendelse	Forbrug kg Hg/år	Tendens	Skønnet bortskaffelse og tab (kg Hg/år) til:				
			Luft	Vand	Jord	Forbr./deponi	Andet
Batterier	70-150	Faldende	-	-	-	60-560	50-190
Laboratoriekemikalier	30-70	Faldende	-	-	-	-	30-70
Medicinske anvendelser	0-1	Faldende	-	-	-	-	0-1
Andre kemiske anvendelser	5-50	Faldende	-	-	-	5-50	-
I alt (afrundet)	110-270	-	-	-	-	65-610	80-260

2.4 Kviksølv som følgestof i andre produkter

2.4.1 Kul

Fossile brændsler som kul og olie indeholder naturligt kviksølv i små mængder. Ved afbrænding vil hovedparten af brændslernes indhold af kviksølv følge med røggassen. Emission af kviksølv til luften ved afbrænding af fossile brændstoffer vil således variere med kviksølvindholdet i brændstofferne og det aktuelle røggasrensingsudstyr.

I perioden fra 1990 og frem er der sket et fald i forbruget af koks og kul, som er blevet erstattet af et stigende forbrug af naturgas og vedvarende energi. Der blev i 2001 anvendt 6,7 mio. tons kul til energifremstilling mod 12 mio. tons i 1994.

Tungmetalindholdet i kul varierer en del afhængigt af oprindelsesland, men også mellem enkelte miner i hvert land kan der ses en væsentlig variation. Indholdet af kviksølv i kul blev i den seneste massestrømsanalyse angivet til 0,04-0,18 mg kviksølv/kg (Maag et al. 1996). Nyere analyser viser et indhold af kviksølv i kul på 0,087-0,15 mg kviksølv/kg tørstof (Hald 2002), og det samlede forbrug af kviksølv med kul i år 2001 kan ud fra dette estimeres til 590-980 kg kviksølv/år. Oplysninger fra branchen tyder på, at middelværdien af kviksølv i de indfyrede kul er på omkring 550 kg kviksølv/år, men der angives intet usikkerhedsinterval. I det følgende regnes med en indfyret mængde med kul på 600-1.000 kg kviksølv/år, men det er sandsynligt, at det rigtige tal ligger i den lave ende af dette interval.

Omkring 17% af de indfyrede kul forbrændes på anlæg med semitør afsvovling, 69% forbrændes på anlæg med våd afsvovling, og 14% forbrændes på anlæg uden afsvovling. Massebalancer for kviksølv på danske kulfyrede kraftværker i 2000/2001 er angivet i Tabel 2.14.

Tabel 2.14

Fordeling af kviksølv i indfyret mængde kul samt restprodukter og emissioner fra danske kul fyrede el- og kraftvarmeanlæg. Dataene er fremkommet på basis af massebalancer fra samtlige danske kul fyrede kraftvarmeanlæg.

kg kviksølv/år	Indfyret	Slagge	Flyveaske	Afsvovlingsprodukter	Emission til luft
Semitør afsvovling	100-170	- 1)	50-80	30-40	30-40
Våd afsvovling	410-690	0,4-0,7	200-340	93-150	120-200
Ingen afsvovling 2)	80-140	- 1)	40-70	-	40-70
I alt	600-1.000	0,4-0,7	290-490	120-200	190-310

1) Der er ikke fundet kviksølv i analyserne af slagge fra kul fyrede kraftvarmeanlæg med semitør afsvovling og fra anlæg uden afsvovling.

2) På anlæg uden afsvovling anvendes der oftest en kultype med et lavere indhold af kviksølv (Hald 2002), men da det ikke har været muligt at skelne mellem disse kul og øvrige kultyper i datamaterialet, tages der ikke hensyn til dette i beregningerne.

Emission til luft

Som det fremgår af Tabel 2.14 bliver omkring en tredjedel (ca. 31%) af det indfyrede kviksølv emitteret med røggas. Der synes at være en klar tendens til, at anlæg med afsvovling har en relativt lavere emission af kviksølv end anlæg uden afsvovling. Fra anlæg med afsvovling emitteres der ca. 25-30% af det indfyrede kviksølv, mens omkring 50% emitteres fra anlæg uden afsvovling. Den samlede emission til luft i 2001 anslås til 190-310 kg kviksølv/år. Ifølge oplysninger fra de kul fyrede anlæg ligger det rigtige tal i den lave ende af dette interval. Emissionen blev i den seneste massestrømsanalyse i 1992 anslået til 300 kg kviksølv/år, og der er derfor sket et samlet fald i emissionen i forhold til 1992. Faldet skyldes primært en halvering af forbruget af kul.

Restprodukter

Restprodukterne fra kulfyredning omfatter flyveaske, slagge/bundaske og afsvovlingsprodukter. Omkring 50% af kullenes indhold af kviksølv ender i flyveasken, langt under 1% ender i slagge og bundaske, mens omkring 20% ender i afsvovlingsprodukterne.

Det har ikke været muligt at indhente data for mængderne af restprodukter fra kul fyrede anlæg i 2001, men der er data for år 2000. Da der totalt set er indfyret samme mængde kul i 2001 som i 2000, antages det, mængderne af restprodukter i 2000 er de samme som i 2001. I 2000 blev der i hele landet produceret i alt 554.000 tons flyveaske fra afbrænding af kul. Der har kun kunnet fremskaffes detaljerede oplysninger om disponeringen af flyveaske produceret inden for ELSAMs område, hvor disponeringen fordelte sig således (Hald 2002):

- Ca. 32% anvendtes til cementfremstilling
- Ca. 31% anvendtes til fremstilling af asfalt og beton
- Ca. 30% blev deponeret eller anvendt som fyld (anlægsarbejder)
- Ca. 3% blev eksporteret til cement/betonproduktion i udlandet
- Ca. 4% blev kørt på lager

De 43.000 tons slagge/bundaske blev disponeret som følger:

- ca. 91% anvendtes til fyld (anlægsarbejder)
- ca. 9% blev eksporteret.

Afsvovlingsprodukterne anvendtes til en række formål: Gipsplader, cement, svovlgødning, m.m.

Under forudsætning af at disponeringen af restprodukterne fra ELSAMs område er repræsentative for hele landet, kan bortskaffelsen af kviksølv med restprodukter fra kulfyring i Danmark i 2001 opgøres som angivet i nedenstående punkter (afrundet). Denne forudsætning for at fordele mængderne af kviksølv fra restprodukterne kan dog under- eller overestimere enkelte af strømmene.

F.eks. er bidraget til cementproduktionen - ud fra ELSAMs fordeling - på 97-160 kg kviksølv/år på trods af, at mængden af kviksølv med afsvovlingsgips og flyveaske, der faktisk genanvendes i cementproduktionen, kan estimeres til 35-91 kg. Det vides ikke, om afsvovlingsgips og flyveaske til cementproduktionen udelukkende stammer fra kulfyrede anlæg. Forskellen kan skyldes, at cementproduktionen kun foregår et sted i Danmark, hvilket medfører, at transportomkostninger har indflydelse på, om det kan betale sig at transportere restprodukterne hertil. Forskellen på de to intervaller er 62-70 kg kviksølv, og denne mængde må antages at fordele sig på én eller flere af disponeringsformerne; asfalt m.m., deponering og fyld, lager eller eksport.

- Cementfremstilling: 40-90 kg kviksølv/år
- Asfalt, beton, gips m.m.: 100-360 kg kviksølv/år
- Deponering og fyld: 70-110 kg kviksølv/år
- Lager: 10-20 kg kviksølv/år
- Eksport: 20-30 kg kviksølv/år.

2.4.2 Olie og biobrændsler

I dette afsnit er der redegjort for tab og omsætning af kviksølv med olie og gas fra indvinding på boreplatforme samt tab og omsætning på raffinaderier og med de færdige gas- og olieprodukter. I forbindelse med boring efter olie og gas anvendes der borevæsker og -mudder, som også kan have relevans for kviksølv. Figur 2.2 viser en samlet oversigt over resultaterne fra dette afsnit.

Indvinding af olie og gas

Produktion af olie og naturgas foregår fra flere felter i den danske del af Nordsøen. På boreplatformene sker der en primær separation af de oppumpede mængder i henholdsvis vand-, olie- og gasfase. I 2001 blev der produceret 20 mio. m³ råolie og 11.116 mio. Nm³ naturgas (Energistyrelsen, 2001). Naturgas og olie transporteres til land til raffinering og salg, mens vandfasen udledes til havet. En del af det oppumpede vand samt naturgas injiceres dog i havbunden for at opretholde det tryk, der er nødvendigt for at få olie og gas til at strømme mod indvindingsbrønde. En mindre mængde af naturgassen afbrændes på platforme enten som brændsel eller flaring. En oversigt over, hvad der sker med de producerede mængder på danske felter i Nordsøen, ses i Tabel 2.15.

Tabel 2.15:

Oplysninger om produktion og videre strømme af naturgas, råolie og vand fra danske felter i Nordsøen. Data udledt fra (OSPAR 2002), (Energistyrelsen 2001).

Danske felter i Nordsøen	Naturgas		Råolie		Vand	
	mio. Nm ³ /år	%	mio. tons/år	%	mio. m ³ /år	%
Produktion (samlet indvinding offshore)	11.116	100%	17	100%	21	100%
Injiceres i havbund	2.916	26%	0	0%	8	37%
Udledes til hav	0	0%	0	0%	13 1)	62%
Flaring	270	2%	0	0%	0	0%
Brændstof (offshore)	604	5%	0	0%	0	0%
Til land	7.326	66%	17	100%	0	0%

1) Ca. 443 tons olie udledes til havet sammen med produktionsvandet (OSPAR 2002)

Råolien transporteres til land, hvor den færdigbearbejdes på raffinaderier. Der er tre danske raffinaderier, som i alt bearbejder 9,4 mio. tons olie årligt (Olieberetning 2002). Det svarer til, at ca. 55% af den danske produktion af råolie bearbejdes på danske raffinaderier, mens resten må antages at blive eksporteret. Naturgassen tørres og rekomprimeres offshore, hvorefter den sendes i rørledninger til land (Dalsager 2002). Ifølge Danmarks Statistik eksporteres knapt halvdelen af den mængde naturgas, der leveres til land.

Kviksølv findes på flere forskellige former i henholdsvis naturgas, olie og vand. Generelt vil ioniske former af kviksølv følge vandfasen, mens elementære og organiske former tilbageholdes i kulstoffasen (Wilhelm 2001). Generelt er der en mangel på viden om indholdet af kviksølv i olie og naturgas samt kviksølvs skæbne med produkter fra oppumpning offshore og videre distribuering til land. Manglerne på data for kviksølv gælder ikke kun for danske felter, men er generelt kendetegnende for øvrige felter rundt omkring i verden, ligesom der er store usikkerheder forbundet med det eksisterende datamateriale (Wilhelm 2001).

Råolie: På verdensmarkedet rapporterer Wilhelm (2001) om et kviksølvindhold i råolie fra omkring 1,5 mg/ton til 3.000 mg/ton. Wilhelm (2001) oplyser om værdier på 2,5-9,3 mg/ton for fire analyser af råolie fra Nordsøen, der bearbejdes på et amerikansk raffinaderi. Fra en dansk operatør i Nordsøen oplyses der om litteraturværdier i råolie med kviksølvindhold på 30-100 mg/ton. Der er således meget stor variation i indholdet af kviksølv i råolie. Under antagelse af, at kviksølvindholdet i råolie svarer til de fire amerikanske analyser af råolie fra Nordsøen, svarer dette til en omsætning af kviksølv på 43-160 kg/år fra dansk undergrund. Potentielt kan der med de værdier, som er angivet i litteraturen, dog være tale om et forbrug på adskillige tons/år, og det vil derfor være nødvendigt med specifikke analyser af kviksølv fra de danske felter i Nordsøen for at vurdere den faktiske omsætning af kviksølv. I de følgende beregninger af kviksølvs skæbne med råolien anvendes dog de fire analyser, som antages at være repræsentative for dansk olie fra Nordsøen.

Naturgas: I naturgas findes kviksølv næsten udelukkende på sin elementære form ved koncentrationer langt under mætningspunkt, hvilket indikerer, at der i de underjordiske reservoirer ikke eksisterer kviksølv på væskeform (Wilhelm 2001). Der findes ikke danske analyser af kviksølvindholdet i naturgas, der oppumpes og behandles på boreplatforme. Koncentrationen af kviksølv i det afbrændte naturgas offshore antages af Wilhelm (2001) at være i størrelsesordenen 1 µg kviksølv/m³ som generelt for amerikanske forhold.

Under antagelse af, at denne koncentration gælder for dansk naturgas før transport onshore, svarer det til, at der omsættes i alt omkring 11 kg kviksølv/år med naturgas behandlet på danske felter. Hele den oppumpede mængde behandles offshore, hvoraf en del bliver injiceret, en mindre del afbrændes, og den resterende mængde transporteres som salgsklar gas i rørledninger til land. Omkring 2,9 kg kviksølv/år injiceres med gas, 0,9 kg kviksølv/år afbrændes ("flares") og den resterende mængde transporteres med gassen i rørledninger til land. Elementært kviksølv adsorberer til metalliske komponenter, og kviksølvindholdet i naturgas aftager derfor med afstanden fra oppumpningsbrønden (Wilhelm 2001). Ved transport af især våd gas sker der en udfældning af kviksølv i rørledningerne, som resulterer i, at kviksølv helt forsvinder fra gassen ved transport til raffineringsanlæg på land (Wilhelm 2001). Det vides ikke, hvad der sker med det udfældede kviksølv, men Wilhelm (2001) skønner, at det udfælder sammen med voks, sand og andre faste partikler i rørledningerne (gas-slam). Det danske naturgassystem fra platforme og til land er et tørt system, og der vil derfor ikke være så stort et tab af kviksølv under transporten af gassen. Analyser af dansk naturgas i naturgasnettet på land (salgsgas) viser et indhold af kviksølv på under detektionsgrænsen, hvor detektionsgrænsen – afhængigt af prøvevolumener – er angivet til $<0,1-0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gruithuijsen 2001). Kviksølvindholdet i naturgas angives i Wilhelm (2001) til $<0,02-0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. På basis af Gruithuijsen (2001) estimeres omsætningen af kviksølv i det danske forbrugsnet til under 0,73-5,9 kg kviksølv/år, og denne mængde antages at blive emitteret med røggas ved forbrænding på land. Differencen mellem denne mængde og den mængde kviksølv, der forlader boreplatformene, udgør – med de anvendte tal – omkring 1,5-6,6 kg kviksølv/år, som antages at blive udfældet i rørledninger – enten under transporten til land eller på gasbehandlingsanlæg på land.

Det er her relevant at nævne en undersøgelse af kviksølvflowet i det hollandske samfund, der angiver, at kviksølvindholdet i hollandsk naturgas er usædvanligt højt, og at Holland er det eneste land, der vides at fjerne kviksølv fra gassen før salg (Maxson & Vonkeman 1996). Ifølge Maxson & Vonkeman (1996) synes tysk naturgas at indeholde højere koncentrationer af kviksølv end hollandsk naturgas. Slam fra indvinding af naturgas er en af de to største og mest koncentrerede kilder til kviksølv i Holland (Maxson & Vonkeman 1996). Omsætningen af kviksølv fra slam, affald og emissioner relateret til naturgasproduktion udgør 8,5 tons kviksølv i Holland (Maxson & Vonkeman 1996). Heraf findes hovedparten i gas-slam, som så vidt vides fraskilles på landbaserede anlæg i Holland. Der foreligger som nævnt ingen specifikke oplysninger om indholdet af kviksølv i dansk naturgas i forbindelse med produktion, mens salgsgassen er meget veldokumenteret. I salgsgas findes kviksølv kun under detektionsgrænsen (Gruithuijsen 2001). Det står indtil videre ikke klart, hvordan kviksølvet vil følge materialestrømme (vand- eller luftudledninger fra platforme, slam eller faste restprodukter, der bringes til land mv.) ved den teknologi, der anvendes i Danmark. Foreløbige oplysninger tyder dog på, at kviksølvet muligvis hovedsageligt skilles fra salgsgassen på platformene. Den hollandske produktion af naturgas er ca. 9 gange større end den danske naturgasproduktion (IEA 2002). Dette kan dog ikke alene forklare de store forskelle.

Produktionsvand: Analyser af produktionsvand, der udledes fra danske felter i Nordsøen, viser et gennemsnitligt indhold af kviksølv på omkring $0,3 \mu\text{g}/\text{l}$ (OSPAR 2000). På baggrund heraf skønnes omsætningen af kviksølv med produktionsvand at udgøre i størrelsesordenen 6 kg kviksølv/år. Heraf vil

omkring 60% (ca. 4 kg kviksølv/år) udledes til havet, og de resterende ca. 2 kg kviksølv/år injiceres i undergrunden, jf. fordelingen angivet i Tabel 2.15.

Behandling på raffinaderier

I de fleste tilfælde sker der ikke noget tab af kviksølv ved transport af væske, især ikke for kviksølv i olie (Wilhelm 2001). Det skønnes derfor, at der fra indvinding offshore og frem til raffinaderierne ikke sker noget væsentligt tab af kviksølv i råolie. Den samlede omsætning på raffinaderier antages derfor at svare til den samlede omsætning med råolien, der er estimeret til 40-160 kg kviksølv/år. Der bearbejdes som nævnt 9,4 mio. tons råolie på danske raffinaderier (Olieberetning 2002), svarende til en omsætning på omkring 20-90 kg kviksølv/år. Den resterende mængde eksporteres med råolie, svarende til 20-70 kg kviksølv/år. Det påpeges, at disse mængder er fremkommet på basis af fire amerikanske analyser af råolie fra Nordsøen, men at der i litteraturen er meget stor variation på indholdet af kviksølv i råolie. Der er således et klart behov for kviksølvanalyser af dansk råolie for at få sikre tal.

Der er kun et begrænset kendskab til kviksølvs skæbne i selve raffineringsprocesserne. På raffinaderierne ender kviksølv enten i de færdige produkter, i spildevand, i røggas eller i et fast affaldsprodukt i form af f.eks. røggasrensingsprodukt eller slam fra spildevandsrensning. Generelt er der en trend imod lavere koncentrationer af kviksølv i produkterne desto højere destillationstemperaturen bliver (Wilhelm 2001).

I (Wilhelm 2001) refereres der en canadisk undersøgelse, der omhandler emissioner fra canadiske raffinaderier. Den canadiske undersøgelse tager ikke højde for et eventuelt indhold af kviksølv i spildevand og i faste affaldsprodukter og konkluderer, at mængden af kviksølv, der emitteres til atmosfæren fra canadiske raffinaderier, er forskellen mellem kviksølv i råolien og kviksølv i de raffinerede produkter. Den canadiske undersøgelse konkluderer, at mere end 90% af kviksølvet i råolien emitteres til atmosfæren under raffineringsprocesserne på canadiske raffinaderier (Wilhelm 2001).

Ligeledes refereres (Wilhelm 2001) til en amerikansk undersøgelse, der omhandler kviksølvs vej gennem raffineringsprocessen. Undersøgelsen finder, at 66% af råoliens kviksølv ender i de raffinerede produkter, 18% emitteres til luft, 13% ender i de faste affaldsprodukter, og 3% ender i spildevandet fra raffineringsprocessen (Wilhelm 2001). Resultaterne, der ligger til grund for denne amerikanske undersøgelse, er dog forbundet med væsentlige usikkerheder. Tabel 2.16 viser den skønnede omsætning af kviksølv med råolie på danske raffinaderier med udgangspunkt i ovennævnte amerikanske tal.

Tabel 2.16
Skønnet omsætning på danske raffinaderier.

Anvendelse	Forbrug 1)	Skønnet bortskaffelse og tab (kg kviksølv/år)			
		Luft	Vand	Deponi	Produkter
Råolie	20-90	4-16	0,7-3	3-10	20-60

1) Der er regnet med et forbrug på 9,4 mio. tons råolie, svarende til den samlede kapacitet på danske raffinaderier (Olieberetning 2002). Der er regnet med et kviksølvindhold i råolie på 2,5-9,3 µg/kg på basis af kun fire analyser af olie fra Nordsøen (Wilhelm 2001).

Forbrug

Det samlede danske forbrug af olieprodukter er i 2001 opgjort til 6,2 mio. tons (Olieberetning 2001). Der er ikke fundet nye danske analyser af kviksølvindholdet i forskellige olieprodukter, og derfor er der til beregning af omsætningen anvendt analyser fra den seneste massestrømsanalyse, samt

amerikanske analysedata. Tabel 2.17 viser omsætningen af kviksølv med olieprodukter i 2001.

Tabel 2.17
Omsætning af kviksølv i 2001 med olieprodukter.

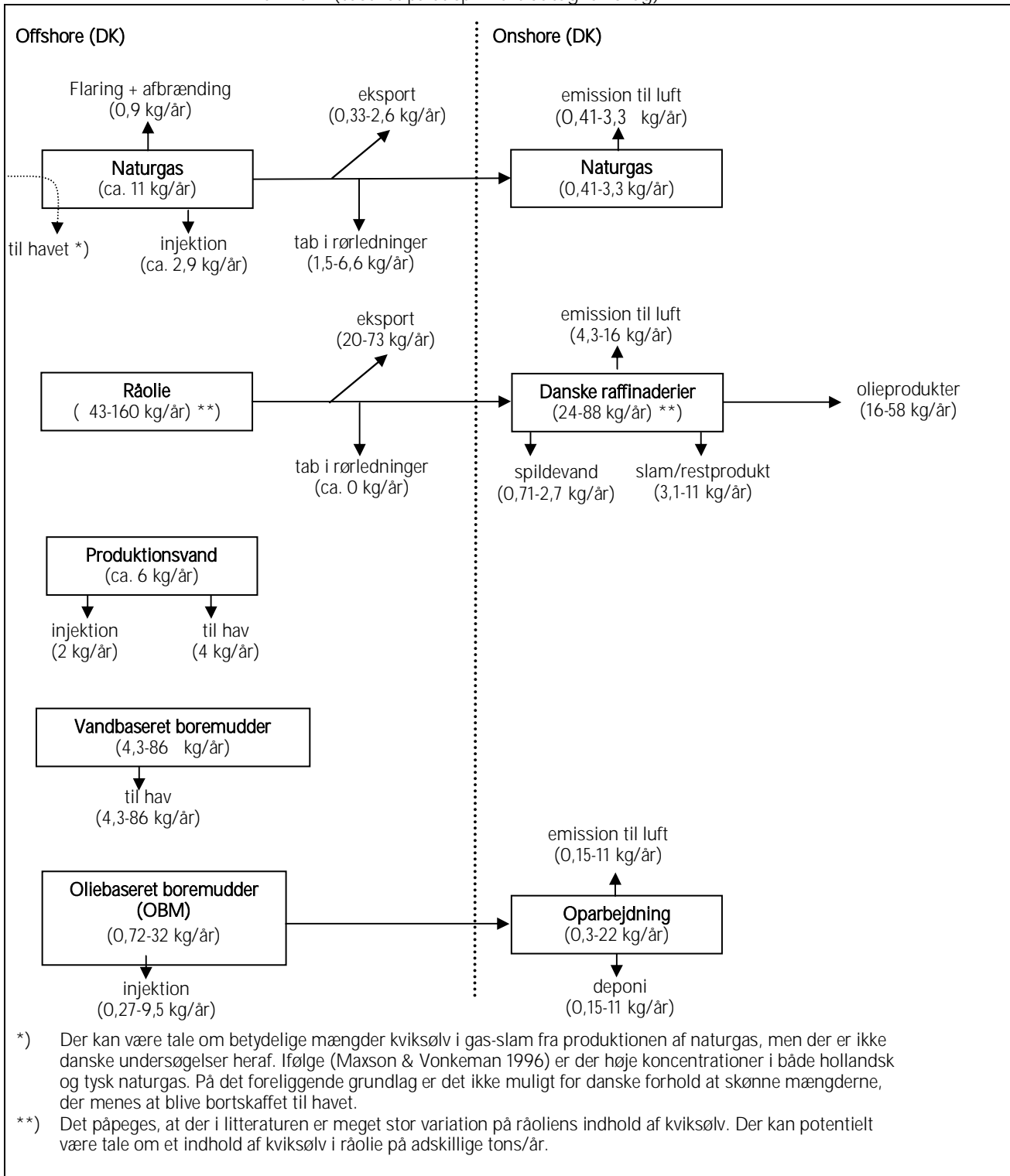
Produkt	Forbrug		Koncentration 2) mg Hg/ton (ppb)	Forbrug kg Hg/år
	1.000 m ³ /år	tons/år 1)		
Flydende gas (LPG)	130	71.000	0,2-30 3)	0,014-2,1
Autobenzin	2.600	1.940.000	0,2-2 3)	0,39-3,9
Petroleum	8	6.400	50 3)	0,32
Fyringsolie	1.300	1.100.000	0,2-10 3)	0,22-11
Autodiesel/gasolie	3.000	2.560.000	0,2-4 4)	0,51-10
Fuel- og smøreolie	590	580.000	1-5 5)	0,58-2,9
I alt	7.600	6.250.000		2-30

- 1) Omregningsfaktorer fra m³ til tons baseres på (DONG 2002).
- 2) Den laveste koncentration af kviksølv baseres for alle produkter på den seneste massestrømsanalyse (Maag et al. 1996), mens der for hvert enkelt produkt – som en note – er angivet reference for den øverste koncentration.
- 3) Den højeste koncentration i intervallet er baseret på (Wilhelm 2001).
- 4) Den højeste koncentration i intervallet er baseret på den seneste massestrømsanalyse (Maag et al. 1996).
- 5) Wilhelm (2001) angiver et maksimum-indhold på 50 mg kviksølv/ton. I beregningen er der dog anvendt samme maksimum-værdi (5 mg kviksølv/ton) som i den seneste massestrømsanalyse (Maag et al. 1996).

Det samlede danske forbrug med olieprodukter er i alt 2-30 kg kviksølv. Idet olieprodukter altovervejende forbrændes uden efterfølgende røggasrensning, vurderes det, at olieprodukternes kviksølvindhold vil blive emitteret til luft.

I Figur 2.2 vises en sammenfattende oversigt over kviksølvs vej med produkter fra Nordsøen og videre til behandling og forbrug på land. Her er der ligeledes vist omsætningen af olie- og vandbaseret borevæsker og -mudder, der er yderligere beskrevet i teksten efter figuren.

Figur 2.2
 Groft estimerede mængder af kviksølv i forbindelse med indvinding af gas og olie i Danmark (baseret på et spinkelt datagrundlag).



Borevæsker og -mudder

Ved boring efter olie og gas i Nordsøen bruges der borevæsker samt en række hjælpestoffer (bore- og cementeringskemikalier). Borevæsker anvendes i såvel efterforsknings- som produktionsboringer. Borevæskerne opdeles i vandbaserede og ikke-vandbaserede (=olebaseret boremudder, OBM).

Anvendelsen af borevæske er nødvendig for at modsvare trykket af olie og gas. Borevæskerne indeholder derfor materialer med høje massefylder, f.eks. bariumsulfat (barit, BaSO_4).

Forbruget af OBM er ca. 5.-8.000 tons årligt og har været stigende de senere år i takt med den større aktivitet i Nordsøen (Strandmark et al. 2002). Omsætningen af kviksølv med OBM er højst 33 kg kviksølv/år og er baseret på indholdet af kviksølv i mineralet barit, som udgør ca. 80% af borespånerne (Strandmark et al. 2002). Indholdet af kviksølv i barit er angivet til <5 mg kviksølv/kg (Strandmark et al. 2002).

Der er et væsentligt forbrug af vandbaserede borevæsker, som groft anslås til omkring 30.000-40.000 tons/år, hvor det skønnes, at kviksølvbidraget primært stammer fra barit, som det er tilfældet i OBM. Fire analyser af vandbaseret borevæske fra Indonesien viser et kviksølvindhold på 0,14-2,14 mg kviksølv/kg (Wilhelm 2001). Dette er i overensstemmelse med kviksølvindholdet i det barit, som anvendes i OBM, hvor kviksølvindholdet er på <5 mg kviksølv/kg (Strandmark et al. 2002).

På baggrund af analyserne af kviksølv i vandbaseret boremudder fra Indonesien, skal omsætningen med vandbaseret boremudder her anslås til 4,3-86 kg kviksølv/år. Omsætningen af kviksølv med OBM skønnes at være i størrelsesordenen 0,72-32 kg/år. Anvendelse og bortskaffelse af borespåner fra oliebaseeret boremudder er reguleret i den internationale OSPAR-konvention, der forbyder udledning i havet (Strandmark et al. 2002). Borespåner fra oliebaseeret boremudder bortskaffes derfor i dag i dansk sektor enten ved injektion under havbunden i feltet eller ved transport til land for videre behandling, hvor olien i borevæsken genvindes i form af baseolie, mens det faste materiale deponeres (Strandmark et al. 2002). Injektion i havbunden er en irreversibel proces, og det er således ikke muligt at få de bortskaffede materialer op igen (Strandmark et al. 2002). I 2000 blev alle borespåner fra OBM bragt i land (Strandmark et al. 2002). Under genvindingsprocessen opvarmes boremudderen, hvor en del af kviksølvet skønnes at blive emitteret med røggas. Under antagelse af, at halvdelen af kviksølvet emitteres, og at resten deponeres, vil 0,15-11 kg kviksølv blive emitteret til luft og 0,15-11 kg kviksølv/år blive deponeret. Omsætningen af kviksølv med boremudder er skitseret sammen med olieprodukter i Figur 2.2.

Det vides ikke, hvorledes de vandbaserede borevæsker bortskaffes, men det skønnes mest sandsynligt, at de enten udledes til hav eller injiceres i havbunden. Det antages, at denne mængde bortskaffes til havet sammen med øvrige offshore kemikalier. For hjælpestoffernes vedkommende blev ca. 40% af det danske forbrug på Nordsøen, svarende til 55 mio. tons, udledt til havet i 2001 (OSPAR 2002).

Biobrændsler

Forbruget af halm, flis og andre træprodukter har stort set ikke ændret sig i perioden siden seneste massestrømsanalyse og var i 2000 på i alt 2,4 mio. tons (Energistyrelsen 2000). Heraf blev 0,9 mio. tons brugt i kraft- og fjernvarmeværker, mens resten blev anvendt på mindre gårdanlæg, i industrien, private hjem m.m.

Tungmetaller findes i varierende mængde i biomasse, afhængigt af hvor biomassen er dyrket, og hvilken plante biomassen er baseret på. Generelt foreligger der kun sparsomme oplysninger om indholdet af kviksølv i biomasse, og der er ikke fundet nyere data for indholdet af kviksølv i træ og

halm i forhold til den seneste massestrømsanalyse. For rent træ estimeres kviksølvindholdet i (Christensen et al. 1997) til <0,007 mg kviksølv/kg tørstof. En større dansk rapport fra Dansk Teknologisk Institut om sporelement massebalancer på stråfyrede anlæg omfatter detaljerede analyser af 12 forskellige sporstoffer, men heri indgår ikke kviksølv (Evald, 1998). I den seneste massestrømsanalyse er indholdet af kviksølv i træ angivet til 1,0-1,5 µg/MJ eller 0,02-0,03 g kviksølv/ton tørstof (Maag et al. 1996). Indholdet af kviksølv i træ antages at være 0,007-0,03 mg kviksølv/kg tørstof. Under antagelse af at indholdet af kviksølv i halm svarer til indholdet af kviksølv i træ, er omsætningen af kviksølv med biobrændsler ca. 18-76 kg/år.

Ved forbrænding af halm og flis på danske værker fremkommer der bundaske (slagge) og flyveaske fra multicyklon eller filter. De fleste værker er endvidere udstyret med røggaskondenseringsanlæg, hvorfra der fremkommer slam (Morsing & Westborg 1996). Restprodukterne sammenblandes normalt i en fælles askecontainer (Morsing & Westborg 1996).

Den producerede mængde asketørstof ved afbrænding af halm udgør 4-7% af den indfyrede mængde (Videncenter for halm- og flisfyring 1999), og for afbrænding af flis produceres der 0,4-3% aske (Videncenter for halm- og flisfyring 2000). På baggrund af disse oplysninger estimeres det, at der årligt dannes 36.000-63.000 tons halmaske og 6.500-49.000 tons træaske målt som tørstof. I en række analyser af halmaske fra danske værker målt der et indhold af kviksølv i aske på 0,09-0,16 mg kviksølv/kg tørstof (Videncenter for halm- og flisfyring 1999), mens flisaske indeholder <0,05-1 mg kviksølv/kg tørstof (Videncenter for halm- og flisfyring 2000). Der findes ingen samlet opgørelse af, hvorledes asken bortskaffes, men det skal her groft regnes med, at 2/3 deponeres, mens resten spredes på landbrugsjord. Under disse forudsætninger deponeres der omkring 2,4-10 kg kviksølv/år, mens ca. 1,2-5 kg kviksølv/år spredes på landbrugsjord. Den resterende mængde antages at blive emitteret med røggassen, hvilket svarer til omkring 14-61 kg kviksølv/år.

2.4.3 Cement

I produktionen af grå cement indgår der visse genanvendelsesmaterialer og brændsler, som bidrager med de væsentligste mængder kviksølv. Den anvendte kalk bidrager dog også. Mængden af kviksølv, der stammer fra råvarerne til cementproduktion, udgør omkring 140-320 kg kviksølv/år, hvoraf størstedelen af kviksølvbidraget stammer fra brændsler og flyveaske. Til cementproduktionen anvendtes der i 2000 0,2 mio. tons flyveaske, hvilket mængdemæssigt er det samme som i 1992. Indholdet af kviksølv heri varierer mellem 0,13 og 0,39 mg kviksølv/kg.

I 2000 blev der på Aalborg Portland produceret 2,6 mio. tons cement. Produktionen af grå og hvid cement samt klinker udgør henholdsvis 2,0, 0,5 og 0,1 mio. tons/år. Disse produkter udgør omkring 99% af produktionen, og kviksølvindholdet i produkterne er under den anvendte detektionsgrænse på 0,05 mg kviksølv/kg. Produktionen af cement har været stabil de seneste år. Kviksølvindholdet i den samlede produktion i 2000 anslås til 54-130 kg kviksølv/år, hvoraf hovedparten af kviksølvet findes i den grå cement. I den seneste massestrømsanalyse for kviksølv blev mængden af kviksølv, der omsættes med produkter fra cementproduktionen, anslået til 60-220 kg kviksølv/år (Maag et al. 1996).

På baggrund af oplysninger om import og eksport anslås forbruget af grå cement i Danmark i 2000 til 1,3 mio. tons/år. I 1992 var forbruget ca. 1,1

mio. tons/år. På baggrund af de foreliggende oplysninger anslås det danske forbrug af kviksølv med cement i 2000 at være 26-65 kg kviksølv/år, mens det anslås, at omkring 28-65 kg kviksølv/år bliver eksporteret med produkter.

Den samlede mængde kviksølv i restprodukter fra cementproduktionen, der deponeres, udgør 4,6-18 kg kviksølv/år og består primært af filterstøv.

Kviksølv fordamper ved omkring 350°C, og det meste kviksølv fra råmaterialerne fordamper derfor i produktionsprocesserne ved cementfremstillingen (Keating 1997). Emissionen med røggas anslås af forfatterne til 70-170 kg kviksølv/år.

Levetiden for beton kan være ganske lang, typisk fra 30 til 75 år. Nedknust beton og andet uorganisk byggeaffald bliver anvendt som fyld. Som et groft skøn for bortskaffelsesmængden regnes der her med halvdelen af den aktuelle forbrugsmængde i Danmark. Derfor skønnes det, at en kviksølv mængde på 13-32 kg kviksølv/år tilførtes deponi eller anvendtes til anlægsarbejder.

2.4.4 Jordbrugskalk og handelsgødning

Jordbrugskalk

Forbruget af jordbrugskalk er ifølge indberetninger til Danmarks Statistik faldet fra 1 mio. tons i 1992/93 til 0,44 mio. tons i 2001. Tendensen de seneste 10-15 år har været et faldende forbrug af jordbrugskalk som følge af, at den tilførte mængde kvælstof til agerjord er faldende. Kvælstof sænker pH, og jordbrugskalk tilsættes for at holde pH stabil. Da kviksølvindholdet i jordbrugskalk anses for at være ret stabilt, kan der alene på baggrund af det faldende forbrug anslås, at der siden 1992/93 er sket mere end en halvering af tilførslen af kviksølv til dansk landbrugsjord med jordbrugskalk. Nye analyser af kviksølv i jordbrugskalk angiver et kviksølvindhold under detektionsgrænsen på 0,01 mg/kg tørstof (Poulsen 2002). Tilførslen af kviksølv til dansk landbrugsjord med jordbrugskalk anslås således til <4,4 kg kviksølv/år.

Handelsgødning

Kviksølvindholdet i handelsgødning er altovervejende knyttet til gødningens indhold af fosfor. Kviksølvindholdet i råfosfat er meget variabelt og afhængigt af, hvorvidt råfosfaten er af vulkansk eller sedimentær oprindelse. På grund af introduktionen af en renhedsgaranti, der garanterer et maksimalt indhold af kviksølv på 0,2 mg kviksølv/kg gødning, sikres der en minimal variation i gødningers kviksølvindhold. I henhold til oplysninger fra producenter er det dog sjældent, at indholdet reelt vil have dette indhold af kviksølv, og indholdet er i de fleste tilfælde <0,05 mg kviksølv/kg. Tendensen har været et faldende forbrug de seneste 10-15 år. I gødningsåret 2000/01 var det totale forbrug af handelsgødning på 1,10 mio. tons (Plantedirektoratet 2001), hvilket er et fald på 0,3 mio. tons/år i forhold til gødningsåret 1992/93. Heraf er omkring halvdelen P-holdig gødning. På baggrund af de indsamlede data kan det samlede indhold af kviksølv med handelsgødning anslås til 11-36 kg kviksølv/år. I den seneste massestrømsanalyse blev mængden af kviksølv med handelsgødning anslået til <50 kg kviksølv/år.

2.4.5 Fødevarer

Kviksølvindholdet i fødevarer stammer både fra naturlige kilder og fra menneskeskabt forurening over mange år. I dyr koncentrerer kviksølv i lever og nyrer (Furness 2001). Visse typer fisk kan indeholde meget kviksølv, og indholdet varierer meget fra fiskeart til fiskeart og desuden mellem de

forskellige farvande. Kviksølvindtagelsen via fisk udgør i Danmark gennemsnitligt 0,005 mg/uge, men afhænger meget af den enkeltes fiskekonsum (Fødevaredirektoratet 1996). Fødevaredirektoratet (1996) angiver, at danskernes indtagelse af kviksølv med den samlede kost i gennemsnit udgør 0,035 mg/uge og i højeste fald op til ca. 0,060 mg/uge. På baggrund heraf anslås der en samlet omsætning med fødevarer på 9,6-17 kg kviksølv/år. Kviksølv, som ikke optages i kroppen, vil hovedsageligt ende i spildevandet (en lille del udåndes). Optagelsen i kroppen er meget afhængig af, hvilken form kviksølv forekommer i. Således optages næsten alt organisk kviksølv efter indtagelse gennem munden, mens kun 5-10% af uorganiske kviksølvforbindelse optages (Miljøstyrelsen 1987). Kilden til organisk kviksølv i maden er primært fisk. Halveringstiden for kviksølv ophobet i kroppen er 70-80 dage (Miljøstyrelsen 1987). Samlet set vil kroppen således udskille størstedelen af den mængde kviksølv, som den indtager. Her er regnet med et tab til spildevand svarende til omsætningen på 9,6-17 kg kviksølv pr. år.

Ved død vil den ophobede mængde kviksølv i kroppen - når der ses bort fra kviksølv i tænderne - være minimal, vægtmæssigt set. Kviksølv vil fordele sig forskelligt i kroppen. Der er således fundet følgende koncentrationer af kviksølv: 8 µg/liter blod, 2 µg/g hår, 4 µg/liter urin og 10 µg/kg våd vægt moderkage (OECD 1994). Derudover vil en del kviksølv findes i fedt. Antages hele kroppen (60 kg) i et beregningseksempel at have samme koncentration af kviksølv som hår, som har den højeste af de ovennævnte koncentrationer af kviksølv, vil der være ca. 18 mg kviksølv i en krop. Årligt dør ca. 60.000 personer. Disse vil i så fald indeholde i alt ca. 1 kg kviksølv. Det er kun en brøkdel af den mængde kviksølv, som vil være at finde i tænderne. Der er derfor valgt at se bort fra den mængde kviksølv, som er ophobet i kroppen andre steder end i tænderne ved død.

2.4.6 Andre forbrugsvarer

Generelt gælder det, at kviksølv må forventes at være til stede i stort set alle produkter og varer i større eller mindre koncentrationer, dels på grund af den naturlige forekomst af kviksølv som spormetal, dels grundet diffus forurening med kviksølv.

I den gamle massestrømsanalyse blev forbruget af kviksølv som følgestof i andre varer groft anslået til 70-1.400 kg kviksølv/år (Maag et al. 1996). Denne mængde er fremkommet på baggrund af de mængder, der som følgestof omsættes med fast affald til genanvendelse, forbrænding og deponi og under antagelse af et indhold af kviksølv i andre varer på 0,01-0,2 g kviksølv/ton (Maag et al. 1996).

Dette indhold af kviksølv som baggrundsniveau virker rimeligt, når der sammenlignes med baggrundskoncentrationer for kviksølv for kul (0,087-0,15 g kviksølv/ton), olie (0,0015-3 g kviksølv/ton), cement (<0,05 g kviksølv/ton tørstof), gødning (<0,05 g kviksølv/ton tørstof) (se tidligere afsnit) og jord (0,04-0,12 g kviksølv/ton tørstof) (Stubsgaard 2001).

I år 2001 var den samlede affaldsmængde på ca. 9,5 mio. tons. Med en kviksølvkoncentration på 0,01-0,2 g kviksølv/ton svarer det til 94-1.900 kg kviksølv. Antages det, at kviksølv mængden, der omsættes med affald, modsvarer forbruget som følgestof i diverse varer, kan forbruget som følgestof groft anslås til 94-1.900 kg kviksølv/år, hvoraf 55-1100 kg er med varer, som genanvendes. Der foreligger ingen oplysninger, som tillader et mere præcist skøn af denne mængde.

Denne kviksølv mængde må før eller siden påregnes bortskaffet altovervejende med fast affald; fordelingen hermed fremgår af Tabel 3.4.

2.4.7 Sammenfatning - kviksølv som følgestof

De foreliggende vurderinger af massestrømme af kviksølv som følgestof er opsummeret i Tabel 2.18.

Tabel 2.18
Forbrug og bortskaffelse af kviksølv som følgestof i Danmark 2001 (kg kviksølv pr. år)

Produktgruppe	Forbrug (afrundet) Kg Hg/år	Tendens	Bortskaffelse og tab (kg kviksølv/år) til:				
			Luft	Vand	Jord	Deponi o. lign. 2)	Andet 3)
Kul	600-1.000	Faldende	190-310	-	-	70-110	230-570
Olieprodukter	2-30	Stagnerende	6,3-50	5-7	-	6-13	-
Naturgas	0,4-3	Stagnerende	1-4	-	-	-	2-7
Boremudder	-	Stagnerende	0,2-10	4,3-86 7)	0,27-9,5	0,2-10 4)	-
Biobrændsler	20-80	Stigende	10-60	-	1-5	2-10	-
Cement	30-70	Stagnerende	70-170	-	-	20-50	-
Gødning og foderstoffer	10-40	Stagnerende	-	-	10-40	-	-
Jordbrugskalk	<4,4	Faldende	-	-	2-4	-	-
Fødevarer	10-17	Stagnerende	-	9,6-17	-	-	-
Alle andre varer	90-1.900	Forskelligt	-	-	-	40-780 5)	55-1.100 6)
I alt (afrundet)	740-3.100 1)		280-600	19-110	14-55	130-970	290-1.700

- 1) Ved sammentællingen er der fratrukket 26-65 kg kviksølv, som med flyveaske anvendes til cementfabrikation og således optræder to gange i tabellen.
- 2) Under "deponi o. lign." er der medregnet restprodukter, som anvendes til bygge- og anlægsformål, samt kviksølv i affald, der forbrændes eller deponeres (jf. kap. 3).
- 3) Kviksølv i restprodukter, som udnyttes til industriel produktion eller eksporteres til bygge- og anlægsformål (jf. cementfremstilling) og kviksølv som følgestof i varer, som genanvendes.
- 4) Heraf bliver 0,3-9,5 kg injiceret i havbunden i forbindelse med borearbejder på Nordsøen.
- 5) Forventes bortskaffet med fast affald til forbrænding eller deponi (se Tabel 3.4).
- 6) Kviksølv som følgestof med varer, som forventes genanvendt, se afsnit 3.1.
- 7) Det vides ikke, hvorledes denne mængde bortskaffes, men det skønnes mest sandsynligt, at mængden udledes til havet eller injiceres i havbunden.

3 Omsætning med affaldsprodukter

3.1 Genanvendelse af kviksølv

Det har ikke været muligt at finde virksomheder i genanvendelsesbranchen, som opkøber metallisk kviksølv. Virksomheder, som gjorde det, da den sidste massestrømsanalyse blev lavet, angiver pris, besvær og lille mængde som årsag til stop for indsamling.

I stedet indsamles kviksølv med de kommunale indsamlingsordninger, hvorfra hovedparten sender det til Kommunekemi.

Det metalliske kviksølv stammer fra ituslåede termometre, måleudstyr, laboratorie- og skolekemikalier og fra fjernvarmeværker. Så vidt vides er kviksølvstandrør hos fjernvarmeværker ikke længere i brug, men AVV i Hjørring modtog ca. 230 kg rent kviksølv fra et varmeværk så sent som i år 2000. Dette stammer sandsynligvis fra et sådant kviksølvstandrør, som først er blevet bortskaffet i år 2000. Sådanne enkelte tilfælde ændrer fuldstændigt den totale indsamlede mængde indsamlet rent kviksølv, som ellers for AVV i år 1999-2001 var 3-10 kg kviksølv pr. år.

Så vidt vides er der ingen virksomheder i Danmark i dag, som skiller kviksølvholdige produkter ad bortset fra Elektromiljø, som håndterer lige lysstofrør. Der foregår udelukkende en sortering i Danmark. Dog vi man ofte tage knapceller og kviksølvholdige relæer af printkort under sorteringen.

Der er grund til at tro, at mængden af kviksølv i fragmenteringsanlæg er faldet betydeligt.

Det skyldes dels det lavere forbrug af kviksølv i produkter, dels afmontering af kviksølvholdige enheder hos autoophuggeren, hos TDC og hos genanvendelsesvirksomheder, som behandler fryserne, og dels indsamling af elektronikskrot.

De sidste år har det været påbudt autobranschen at afmontere kviksølvkontakter i biler inden skrotning. Afmonteringen foregår først hos autoophuggeren, derefter checkes dette inden fragmentering. Til denne brug findes en liste over, hvilke biler der måtte have sådanne kontakter siddende.

Mange af de hele indsamlede telefoner er de sidste 3 år blevet eksporteret hele i stedet for at blive hugget op her i Danmark.

Udtjente køleskabe og fryserne tømmes for CFC inden skrotning. I samme ombæring fjernes eventuelle kviksølvkontakter.

Kviksølvholdige dele fjernes fra elektronikaffald inden skrotning af apparaterne.

Det vil sige, at det i dag er normalt, at kviksølvholdige dele afmonteres, inden metalskrot sammenpresses, neddeles eller shreds. Der kan alligevel være overset nogle kviksølvholdige dele, som ved sammenpresning, neddeling eller shreddning vil gå i stykker og frigive kviksølv. Temperaturen ved shreddning kan nå op omkring 300°C, hvorved kviksølv for en stor del vil fordampe. I Danmark er der 5 virksomheder med fragmenteringsanlæg (el. shreddere) og omkring 30 virksomheder med andre mekaniske neddelingsanlæg (Miljøstyrelsen 1998). I år 2000 blev der indsamlet 1.089.000 tons dansk jern- og metalskrot til genanvendelse (Miljøstyrelsen 2001a).

Ved den forrige massestrømsanalyse blev den samlede udledning til luft fra fragmenteringsanlæg estimeret til <50 kg kviksølv pr. år. Der er ikke noget bedre bud på udledningen i dag.

Ved fragmenterings- og neddelingsprocesser bliver ca. 8% (87.000 tons) af det tilførte skrot til affald til deponering, ca. 0,2% (ca. 2.000 tons) bliver til affald til forbrænding, og en meget lille fraktion (vådvaskeslam) bortskaffes som farligt affald til Kommunekemi (Miljøstyrelsen 1998). Denne mængde blev i den forrige massestrømsanalyse estimeret til mindre end 50 tons årligt.

Den forrige massestrømsanalyse estimerede kviksølv mængden med affald fra fragmenteringsanlæg til ca. 200 kg ud fra enkelte målinger i affaldet. Der er ikke noget bedre bud på udledningen i dag. Heraf går ca. 5 kg til forbrænding, mens resten deponeres.

Omsmeltning af jern og stål

Eventuelt kviksølv, der bliver hængende i metalskrot, vil blive frigivet til luft i forbindelse med omsmeltning. Det vides, at der ved omsmeltning af jern- og stålskrot i Danmark sker en emission af kviksølv til luft på omkring 0,5 kg kviksølv pr. år (år 2000), hvilket er betydeligt lavere end ved den sidste opgørelse på 70 kg kviksølv til luft (Maag et al. 1996). Det kan skyldes forbedret røggasrensning, da der genfindes ca. 360 kg kviksølv i restprodukter, hvoraf ca. 310 indgår i produkter, som genanvendes. Dertil kommer ca. 14 kg kviksølv med stålprodukter.

Indsamlet med metalskrot

Der må således regnes med, at der i indsamlet metalskrot indgår omkring 625 kg kviksølv årligt.

Andre genanvendelsesaktiviteter

Ved alle genanvendelsesaktiviteter vil der ske en genanvendelse af kviksølv, som forekommer som følgestof i de genanvendte materialer. Med en samlet genanvendelse af størrelsen 5.544.000 tons (se Tabel 3.1) og et kviksølvindhold på 0,01-0,2 g/tons (se afsnit 2.4.6) kan beregnes, at det drejer sig om en kviksølv mængde af størrelsen 55-1.100 kg pr. år.

3.2 Omsætning i øvrigt med fast affald

3.2.1 Totale mængder af fast affald

Den samlede nettoaffaldsproduktion i Danmark - fraregnet affald/restprodukter fra sekundære kilder (oparbejdningsanlæg, forbrændingsanlæg, komposteringsanlæg/biogasanlæg og deponeringsanlæg) - var i 2000 ca. 9,5 mio. tons (jf. Tabel 3.1). Affaldsmængden har været stigende, og i 1993 var den tilsvarende affaldsmængde på ca. 6,8 mio. tons.

3.2.2 Termisk affaldsbehandling

Forbrændinganlæggene tilførtes i 2000, jf. Tabel 3.1, omkring 2,8 mio. tons affald, heraf ca. 1,4 mio. tons fra dagrenovation (80% af dagrenovationsmængden) og ca. 0,35 mio. tons fra storskrald (48% af storskraldsmængden).

Tabel 3.1
Affaldsproduktion i Danmark i 2000, opgjort på kilde og behandlingsform 1)
(Miljøstyrelsen 2001a).

Affaldstype	Genanvendelse		Forbrænding		Deponering		Særlig behandling		I alt 1000 tons
	1000 tons	%	1000 tons	%	1000 tons	%	1000 tons	%	
Dagrenovation	260	15	1.400	80	88	5	0	0	1.748
Storskrald	110	15	350	48	260	36	1,8	0,25	722
Haveaffald	630	97	9,8	1,5	12	1,8	0	0	652
Erhvervsaffald	4.500	72	980	16	740	12	1,1	0,02	6.221
Miljøfarligt affald	44	30	81	55	9,3	6,4	12	8,2	146
Spec. sygehusaffald	0	0	4	61	0,005	0,08	2,5	38	6,5
I alt	5.544	58	2.825	30	1.109	12	17,4	0,18	9.496

1) I tabellen er angivet de mængder af hver affaldstype, der fra de primære kilder er tilført en bestemt behandlingsform. Primære kilder er husholdninger, institutioner, handel og kontor, fremstillingsvirksomheder, byggeri og nedrivning, veje og anlægsarbejder, rensningsanlæg og containere/omlastestationer. Det betyder f.eks., at under affaldstypen "dagrenovation" er der registreret affaldstypen dagrenovation, uanset om kilden er husholdninger eller f.eks. handel og kontor. I tabellen er der ikke medtaget affald/restprodukter fra sekundære kilder (oparbejdningsanlæg, forbrændingsanlæg, komposteringsanlæg/biogasanlæg og deponeringsanlæg).

Der foreligger ingen aktuelle undersøgelser af kviksølvindholdet i dagrenovation eller storskrald i Danmark, men den samlede mængde, der bortskaffes ved termisk affaldsbehandling, kan estimeres ud fra et kendskab til kviksølvindholdet i restprodukterne fra forbrændingsprocessen samt røggasemissionen.

I forbindelse med udarbejdelsen af denne massestrømsanalyse er der sendt spørgeskemaer til samtlige danske affaldsforbrændingsanlæg. Affaldsforbrændingsanlæggene er blevet bedt om at oplyse om indfyret mængde affald, sur røggasrensningstype (våd, tør eller semitør), filtertyper, røggasemission, samt koncentrationer af kviksølv i slagge, flyveaske og røggasrensningsprodukter. På baggrund af svarene fra spørgeskemaundersøgelsen har det været muligt at estimere emissionen af kviksølv samt omsætningen af kviksølv med slagge, flyveaske og røggasrensningsprodukter.

Den foreliggende viden om kviksølvindholdet i restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg er gengivet i Tabel 3.2, mens emissionen til luft med rensset røggas fra affaldsforbrændingsanlæg er estimeret i Tabel 3.3. På baggrund af gældende praksis for bortskaffelse af restprodukter er der ikke krav om løbende analyser af restprodukter, og det har derfor ikke været muligt at få opdaterede værdier for alle affaldsforbrændingsanlæg. Den foreliggende viden om restprodukter er derfor hovedsageligt relateret til værdier for perioden 1998-2001.

Som faste restprodukter fra affaldsforbrænding skelnes der her mellem:

- Slagge
- Flyveaske
- Røggasrensingsprodukter

Slagge

Slagge er det faste restprodukt, der udtages i bunden af forbrændingskammeret. Som slagge medregnes her også ristegennemfald og kedelaske, som typisk vil blive blandet op i den egentlige slagge. Slaggen indeholder jern og metal i varierende omfang og evt. små mængder uforbrændt materiale. Såfremt slaggen ønskes afsat til genvinding, vil den blive oparbejdet ved sigtning (evt. efter knusning) og magnetisk separation og opdeles herved i tre fraktioner:

- Harpet slagge (slagge, der er sigtet og magnetsepareret)
- Jernskrot
- Rest, dvs. skrot-slagge (slagge, som er smeltet sammen til større klumper og større uforbrændte dele).

Flyveaske

Flyveasken er den faste forbrændingsrest, der kan tilbageholdes fra røggassen, uden at den har undergået nogen form for kemisk reaktion. Separat udskillelse af flyveaske sker traditionelt ved elektrofilter.

Røggasrensingsprodukter

Røggasrensingsprodukter opstår ved rensning af røggassen for sure gasser. Metoderne til røggasrensning opdeles normalt i "tør", "semitør" og "våd" røggasrensning. Ved tør og semitør røggasrensning, hvor der blæses kalk ind i røggassen, blandes røggasrensingsprodukterne med flyveaske. Ved våd røggasrensning ledes røggassen gennem en kalkopslemning. Det dannede slamprodukt håndteres ofte separat fra flyveasken. Det har ikke været muligt at få oplysninger om de producerede mængder restprodukter for år 2001, og derfor er der for restprodukterne anvendt mængdedata fra år 2000.

Der blev i år 2000 fraført 68.000 tons røggasrensingsprodukter fra forbrændingsanlæggene. Langt hovedparten eksporteres til deponering i Norge eller Tyskland. I 2000 blev der således eksporteret 85.700 tons til udlandet (Miljøstyrelsen 2001a). Forskellen mellem de fraførte og eksporterede mængder skyldes lagerforskydninger. Eksporten varetages af to firmaer Dansk Restprodukt Håndtering og Special Waste Systems.

Kviksølvkoncentrationer for restprodukterne, der er angivet i Tabel 3.2, er hentet dels fra indberetninger i forbindelse med spørgeskemaundersøgelsen, dels fra grønne regnskaber fra affaldsforbrændingsanlæggene og dels fra Dansk Restprodukt Håndtering, der håndterer en meget stor del af de danske restprodukter. Det har ikke været muligt at finde tilstrækkelige data for år 2001, og derfor er der anvendt data fra en længere årrække, men størstedelen af de anvendte data stammer dog fra perioden 1998-2001. Datagrundlaget for det tørre og semitørre restprodukt har været ret sparsomt, hhv. 3 og 4 analyser. For det våde restprodukt har der været et væsentligt bedre datagrundlag, i alt 14 analyser, men to af disse er ikke medregnet, idet de her betragtes som højst usædvanlige/forkerte. (Den ene prøve var angivet til under detektionsgrænsen på 20 mg Hg/kg tørstof, og den anden prøve var på 1.400 mg Hg/kg tørstof.) I alt er der derfor anvendt 12 analyser til bestemmelse af kviksølvindholdet i det våde restprodukt. Indholdet af kviksølv i flyveasken

vurderes at være ret godt bestemt, idet denne bestemmelse baseres på 16 analyser. Kviksølvindholdet i slagger er bestemt på baggrund af 10 analyser.

Ud over den del af kviksølvet, der følger restprodukterne, vil en del følge med røggassen ud gennem skorstenen. Røggassen er affaldsforbrændingsanlæggets luftformige emission.

Det bemærkes, at alle affaldsforbrændingsanlæg i dag har sur røggasrensning, hvilket har været tilfældet siden 1995. I 1992 var der indført sur røggasrensning for ca. 86% af den samlede afbrændte affaldsmængde (Maag et al. 1996).

I Tabel 3.2 og Tabel 3.3 er der taget højde for, hvor stor en affaldsmængde der forbrændes med de forskellige former for sur røggasrensning. De variationer, der ses i kviksølvindholdet i slagge og røggasrensningsprodukter, kan være en konsekvens af, at kviksølv fordeler sig forskelligt i forskellige anlæg, idet mange kemiske og tekniske faktorer har indflydelse på fordelingen. Dette forhold er ikke undersøgt nærmere.

Tabel 3.2
Estimerede mængder af kviksølv i restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg i Danmark i 2001 1).

Restprodukt	Restproduktmængder i 2001			
	tons tørstof/år	mg Hg/kg tørstof 7)	kg Hg/år	
Slagger	422.000 2)	0,059-0,072	21-26	
Røggasrensningsprodukter:				
Fra anlæg med tør proces	Blandingsprodukt	5.500 3)	1-5,1	5,5-28
Fra anlæg med semitør proces	Blandingsprodukt	24.700 4)	2,7-10	67-250
Fra anlæg med våd proces	Flyveaske	27.500 5)	2,5-6,4	69-180
	Røggasrensningsprodukt	4.800 6)	360-500	1.800-2.400
I alt		485.000		2.000-2.900

Der er anvendt følgende forudsætninger for beregning af restproduktmængder:

- 1) I 2001 blev der forbrændt ca. 3.014.000 tons affald fordelt med ca. 259.000 tons (8,5%) på anlæg med tør proces, ca. 755.000 tons (25%) på anlæg med semitør proces, og ca. 2.001.000 tons (66,5%) på anlæg med våd proces. Det har ikke været muligt at få oplysninger om de producerede mængder restprodukter for år 2001, og derfor er der for restprodukterne anvendt mængdedata fra år 2000. I 2000 blev der dannet 494.000 tons slagge, 5.500 tons tørt røggasrestprodukt, 25.000 tons semitørt røggasrestprodukt, 9.900 våd røggasrestprodukt (slam fra våd røggasrensning) samt 27.600 tons flyveaske (Nørby, 2003). Det forventes, at der overordnet er tale om de samme mængder restprodukter i 2001 som i 2000.
- 2) Slaggeproduktionen er angivet til 494.000 tons i Affaldsstatistik for år 2000, svarende til en slaggeproduktion på 16% af den afbrændte affaldsmængde. På baggrund af spørgeskemaundersøgelsen er tørstofindholdet for slagge fundet til ca. 85%.
- 3) På baggrund af spørgeskemaundersøgelsen er tørstofindholdet for blandingsproduktet fra tør proces fundet til 100%. Produktionen af blandingsproduktet fra tør proces er i 2000 på 21 kg tørstof/ton affald. Denne værdi ligger i den lave ende af det interval, som angives af Flyvbjerg & Hjelmar (1997), der angiver en restproduktproduktion for den tørre proces på 24-50 kg tørstof/ton affald.
- 4) På baggrund af spørgeskemaundersøgelsen er tørstofindholdet for blandingsproduktet fra tør proces fundet til ca. 99%. Produktionen af blandingsproduktet fra semitør proces er i 2000 på 33 kg tørstof/ton affald. Dette er i overensstemmelse med Flyvbjerg & Hjelmar (1997), der angiver en produktion for den semitørre proces på 16-36 kg tørstof/ton indfyret affald.
- 5) På baggrund af spørgeskemaundersøgelsen er tørstofindholdet for flyveaske fundet til ca. 99,6%, svarende til en produktion af flyveaske på 14 kg tørstof/ton indfyret affald. Dette er i

overensstemmelse med Flyvbjerg & Hjelmar (1997), der angiver værdier på 10-30 kg flyveaske pr. ton affald.

- 6) På baggrund af spørgeskemaundersøgelsen er tørstofindholdet for det våde røggasrensningsprodukt fra våd proces fundet til 49%, svarende til en produktion af vådt røggasrestprodukt på 2,4 kg tørstof/ton indfyret affald. Dette er i overensstemmelse med Flyvbjerg & Hjelmar (1997), der angiver et interval på 0,5-5 kg tørstof/ton indfyret affald.
- 7) Til opstilling af intervalgrænser er der anvendt et 80%-konfidensinterval.

Ifølge den seneste massestrømsanalyse, hvor data stammer fra 1992/93, blev der med restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg i alt omsat 790-2.100 kg kviksølv (Maag et al. 1996). Det har som tidligere omtalt ikke været muligt at anvende mængdedata for år 2001, og derfor er der anvendt mængdedata for år 2000. Denne mængde er for 2000 bestemt til 2.000-2.900 kg kviksølv. Der er således for år 2000 tale om en forøgelse af omsætningen af kviksølv med restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg i forhold til 1992/93 på 800-1.200 kg kviksølv pr. år, hvilket dels skyldes, at affaldsmængden, der forbrændes, er steget. I 1992 blev der forbrændt ca. 1,8 mio. tons affald, og i 2000 blev der forbrændt 2,8 mio. tons affald, svarende til en forøgelse på godt 50%. Den øgede affaldsmængde, der forbrændes, kan dog ikke alene forklare, at en større mængde kviksølv tilbageholdes i restprodukterne. At der i dag tilbageholdes mere kviksølv med restprodukterne, skal derimod tillægges en mere effektiv røggasrensning.

Siden 1995 har lovgivningen krævet, at alle affaldsforbrændingsanlæg skal have etableret sur røggasrensning, og i 1992 blev ca. 14% af affaldsmængden forbrændt på anlæg uden sur røggasrensning. Desuden afbrændes der relativt mere affald på anlæg med våd røggasrensning, der - jf. Tabel 3.3 - har en væsentlig bedre tilbageholdelse af kviksølv med røggasrensningsproduktet end anlæg med tør og semitør røggasrensning. I 1992 blev således omkring 33% af affaldet forbrændt på anlæg med våd røggasrensning, mens anlæg med våd røggasrensning i 2001 forbrændte omkring 67% af affaldet.

Tabel 3.3
Estimeret emission af kviksølv til luft fra affaldsforbrændingsanlæg i Danmark 2001).

Røggasrensning	Indfyret affaldsmængde i 2001 tons/år	Kviksølvindhold i røggas 2) mg kviksølv/Nm ³	Estimeret totalemission til luft kg/år
Tør	259.000	0,0014-0,053	2,3-87
Semitør	750.000	0,012-0,12	57-570
Våd	2.000.000	0,017-0,029	210-370
I alt	3.009.000		270-1.000

- 1) På baggrund af spørgeskemaundersøgelsen er der estimeret en luftmængde pr. ton indfyret affald på 6.100-6.500 Nm³/ton affald.
- 2) De angivne målinger er anført for tør røggas ved 0°C, 1.013 mbar og 11% O₂. Oplysninger om kviksølvindholdet i røggas er indsamlet med spørgeskemaer til danske affaldsforbrændingsanlæg i forbindelse med dette projekt.

Der er væsentlige usikkerheder på indholdet af kviksølv i røggasemissionen, hvilket kan skyldes den anvendte metode til måling af kviksølv i røggassen. Gældende lovgivning foreskriver, at emissionen af kviksølv skal måles i form af stikprøver minimum seks gange årligt som et gennemsnit af mindst to målinger over en times varighed (Miljøstyrelsen 1993). Denne form for prøvetagning vil imidlertid altid kun være en stikprøve af en "øjeblikssituation", som ikke tager højde for eventuelle driftsforstyrrelser og variationer i sammensætningen af det afbrændte affald.

I forhold til situationen i 1992 - hvor der fra affaldsforbrændingsanlæg emitteredes ca. 690-2.070 kg kviksølv (Maag et al. 1996) - er der sket et fald i emissionen af kviksølv fra affaldsforbrændingsanlæg. Faldet i emissionen af kviksølv, der er sket trods en forøgelse af de forbrændte affaldsmængder på 50%, skyldes dels, at alle affaldsforbrændingsanlæg i dag har etableret sur røggasrensning og dels, at affaldsmængderne i dag i højere grad forbrændes på anlæg med våd røggasrensning, som renser mere effektivt for kviksølv end anlæg med tør og semitør røggasrensning.

3.2.3 Kilder til kviksølv i affald til forbrænding og deponi

Balance, affaldsforbrænding

Som det fremgår af Tabel 3.2 og Tabel 3.3, kan det samlede indhold af kviksølv i affald, der tilførtes forbrændingsanlæg i Danmark i 2001, estimeres til (2.000-2.900) + (270-1.000) = 2.300-3.900 kg/år.

Til sammenligning ses det i Tabel 3.4, at der ud fra de estimater, der er givet for kviksølvbidraget til brændbart affald fra hvert af de enkelte anvendelsesområder, kan redegøres for omkring 270-1.800 kg/år. Dette kan hænge sammen med, at kviksølvindholdet i produkter er stærkt faldende. Dette gør estimeringen af bortskaffelses- og tabsmængderne meget følsom over for, hvilken levetid og pulterkammereffekt der regnes med for de kviksølvholdige produkter. "Pulterkammereffekt" er udtryk for, at defekte produkter opbevares hos forbrugeren i et tidsrum inden bortskaffelse. Det er ikke muligt på det foreliggende grundlag at vurdere, om tilførslerne reelt er undervurderet, eller om der er tale om generel usikkerhed på opgørelserne.

Tabel 3.4
Kilder til kviksølv i affald til forbrænding og deponi

Kilde	Tilførsel Tons Hg/år	% af total (afrundet)	Til forbrænding Tons Hg/år	Til deponi Tons Hg/år
Tænder og andet dental-affald	70-190	10	64-180	4,1-11
Lyskilder	20-117	5	19-110	1,2-7
Kontakter og relæer	80-404	18	75-380	4,8-24
Termometre	20-40	2	19-38	1-2
Måle- og kontroludstyr	20,2-50	3	19-47	1,2-3
Batterier	55-540	22	52-510	3-32,4
Cement 1)	18-50	3	-	18-50
Biobrændsler 1)	2-10	0	-	2,4-10
Olieprodukter 2)	6-13	1	-	5,5-13
Kul 1)	68-110	7	-	68-110
Anvendelse som følgestof	39-780 3)	30	28-560	11-220
I alt (afrundet)	400-2.300	101	280-1.800 4)	120-480

1) Anvendes som fyldmateriale eller til deponi.

2) Slam fra røggasrensning og bundslam fra tanke på raffinaderier.

3) Dækker indholdet af kviksølv som følgestof i diverse varer. Beregnet ud fra en affaldsmængde til forbrænding og deponi på hhv. 2.825.000 tons og 1.109.000 tons (se Tabel 3.1) og et kviksølvindhold på 0,01-0,2 g/tons.

4) Hertil kommer en mindre mængde kviksølv i slam, som brændes af i affaldsforbrændingsanlæg, se afsnit 3.4.2.

Deponeringsaktiviteter

Der foreligger ikke nogen samlede oplysninger om indholdet af kviksølv i affald, som deponeres på losseplads. Baseret på den foreliggende viden er der i Tabel 3.4 givet et skøn over den mængde kviksølv, der kan antages at blive tilført kontrollerede lossepladser i Danmark. Der findes ikke oplysninger, der muliggør en kontrol af dette skøn. Ud over de mængder, der er angivet i Tabel 3.4, tilføres der endvidere kviksølv med forurenede jord, som deponeres og kviksølv med restprodukter fra affaldsforbrænding, skrothåndtering og spildevandsslam, se Tabel 3.11. Deponeret kviksølv vil med tiden fordampe eller blive udvasket fra lossepladser.

Udvaskning fra lossepladser

I den forrige massestrømsanalyse er mængden af kviksølv, som siver ud fra lossepladser med perkolat skønnet til ca. 2,5 kg kviksølv pr. år (Maag et al. 1996). Det er ikke forsøgt at finde et bedre estimat for år 2001. Dette perkolat tilføres renseanlæg.

3.2.4 Biologisk affaldsbehandling

Her er anvendt tal for år 2000, da tal for år 2001 endnu ikke er tilgængelige. Der produceredes i år 2000 i alt ca. 0,45 mio. tons kompost, hvoraf ca. 80% bestod af rent have- og parkaffald, 9% bestod af kompost fremstillet på basis af husholdningsaffald, og 11% bestod af kompost fremstillet på basis af spildevandsslam (Petersen 2002). Statistikken er baseret på indberetninger fra 133 kompostanlæg samt 5 biogasanlæg. Kun biogasanlæg, der behandler organisk dagrenovation, er medtaget. Anlæg, der modtager og flishugger

have- og parkaffald uden at kompostere dette, indgår ikke i de totale mængder kompost (Petersen 2002). Ud over komposten blev der fraført ca. 19.000 tons sigterester.

Det gennemsnitlige kviksølvindhold i kompost baseret på dagrenovation er målt til 0,11 mg kviksølv/kg TS (5 målinger), mens der i kompost af rent have- og parkaffald og have-/parkaffald blandet med slam blev målt henholdsvis 0,08 (gennemsnit af 10 målinger) og 0,4 mg kviksølv/kg TS (1 måling).

På baggrund af de foreliggende oplysninger anslås det - under hensyn til usikkerheden på dataene - at omsætningen af kviksølv med kompost var af størrelsen 29-44 kg kviksølv/år, hvoraf hovedparten af kviksølvet (godt 90%) omsattes med komposten fremstillet på basis af dagrenovationsaffald. Denne mængde skønnes at blive ført til jord.

Ved fremstilling af kompost fremkommer der en sigterest, som hovedsageligt består af grove grene, der ikke lader sig neddele. Der foreligger ingen målinger af sigteresten. Da sigteresten overvejende består af grene, vil det gennemsnitlige indhold af kviksølv formentlig ligge lavere end i komposten, og her anslås koncentrationen groft at være i gennemsnit 0,02-0,09 mg kviksølv/kg. Den samlede omsætning med sigteresten skønnes således at være 0,32-1,5 kg kviksølv/år.

Mængden af produceret gødningsvæske i 2000, der fremkommer ved behandling i biogasanlæg, skønnes her at svare til produktionen i 1999 på 0,2 mio. m³ gødningsvæske med et tørstofindhold på 3,5-5% (Petersen 2001). Der har ikke kunnet fremskaffes målinger af kviksølv i gødningsvæsken. Under den antagelse, at kviksølv primært er knyttet til tørstoffet, og at tørstoffet har en koncentration svarende til den, som man finder i tørstoffet fra kompost, anslås det samlede indhold af kviksølv i gødningsvæsken at være i størrelsen 0,8-3,9 kg kviksølv/år. Gødningsvæsken anvendes til jordbrugsformål.

Samlet anslås det, at der omsættes 30-49 kg kviksølv/år med restprodukter fra biologisk affaldsbehandling, som tilføres jord.

3.3 Omsætning med farligt affald

Indsamlet kviksølvholdigt affald ender i Danmark hos Kommunekemi, Elektromiljø i Vejle, hos producenter af amalgamfiltre til tandlæger, hos indsamler af sølvoxidbatterier hos urmagere, hos Renoflex, Nicha Miljøteknik eller i mere eller mindre midlertidige depoter lokalt.

Det sidste gælder f.eks. alkaliske batterier, som deponeres regionalt (se afsnit om batterier). Det gælder også kviksølvholdigt affald indsamlet af AVV, som dækker 9 kommuner i Vendsyssel. AVV opbevarer det indsamlede kviksølvholdige affald, indtil de har fundet en aftager, som ikke genvinder kviksølvet til recirkulation, men som vil opbevare kviksølvet, så det ikke indgår i det globale forbrug af kviksølv (Nørregaard 2002). AVV indsamlede i år 2001 ca. 20 kg kviksølv (2,4 tons kviksølvholdigt affald) med termometre, kontakter, lyskilder og rent kviksølv. År 2000 modtog AVV ca. 250 kg kviksølv, hvoraf 223 kg kom fra et enkelt varmekær. Dette opbevares lokalt.

Kviksølvholdigt affald indsamlet hos Kommunekemi eller Elektromiljø eksporteres til hhv. Tyskland og Belgien, hvor det oparbejdes til

genanvendelse. Kommunekemi har dog hverken i år 2000 eller i år 2001 sendt kviksølvholdigt affald til Tyskland, men opbevarer det midlertidigt. Amalgam og amalgamfiltre fra tandlæger indsamlet af filterproducenter sendes til enten Holland eller Sverige til genvinding. En del af det kviksølvholdige affald behandlet hos Nicha Miljøteknik kommer til Elektromiljø. Kviksølv med affald eksporteret direkte fra Renoflex og Nicha Miljøteknik er mindre mængder og er med i Tabel 3.6, mens Tabel 3.5 kun omhandler affald indleveret til de største aftagere af kviksølvholdigt affald.

I Tabel 3.5 ses, hvor store mængder kviksølvholdigt affald Kommunekemi, Elektromiljø og AVV har indsamlet i år 2001.

Tabel 3.5
Opgjorte mængder kviksølvholdigt affald indleveret til Kommunekemi, Elektromiljø og AVV

Affaldstype (tons)	Kommune- kemi	Elektro- miljø	AVV	Affaldsmængde (tons/år)
COD-væske	12	-	-	12
Kviksølvholdig Kjeldahl-væske	11	-	-	11
Andet pumpbart, organisk forurennet	7,9	-	-	7,9
Blandede batterier	65	10	34	110
Kviksølvbatterier	2,3	0	0,16	2,4
Øvrigt fast Hg-holdigt affald	9,6	34	0,046	44
Lyskilder	160	440	2,4	590
Apotekerboks	110	-	-	110
Amalgam	-	-	0,058	0,058
Amalgamfiltre/amalgam	3,7	-	0	3,7
I alt	370	480	36	890

Tabel 3.6 viser skønnede kviksølv mængder indleveret som farligt affald i Danmark.

Tabel 3.6
Skønnede kviksølv mængder indsamlet som farligt affald i Danmark

Affaldstype (tons)	Kviksølv mængde (kg/år)
Blandede batterier	50-190
Amalgam	830-1.660
Lyskilder	60-80
Printkort	14-22
Kontakter i fryserne	100-150
Telefoner og telefoncentraler	650-1.000
Kaffemaskiner	1-2
Andre kontakter og relæer	50-150
Termometre	110-120
Blandet laboratorieaffald, inkl. COD- og Kjeldahl-væske	30-70
Div. måle- og kontrolapparater	100-450
Kviksølv fra fyrstationer	30-50
i alt	2.000-3.900

Kviksølvholdigt affald indleveret til Kommunekemi bortskaffes som følger: Brunsten- og alkaliske batterier indstøbes i beton og deponeres på Kommunekemis deponi. Metallisk kviksølv samles og afhændes til oparbejdning/genanvendelse i udlandet. Filterslam samt diverse elektriske kontakter, måle- og kontroludstyr og lyskilder eksporteres ligeledes fra Kommunekemi (oplagres i perioder hos Kommunekemi) til et genvindingsanlæg for kviksølv. Andet affald eksporteres til deponering i Tyskland.

Kviksølvholdigt affald indleveret til Elektromiljø bortskaffes som følger: Lige lysstofrør behandles i et lukket system i Vejle, hvor enderne skæres af, og lyspulveret med kviksølv blæses ud. Ca. 70% af lyspulveret kan umiddelbart genanvendes af producenter af lyskilder, mens 30% sendes til oparbejdning i Belgien sammen med andre lyskilder og andet kviksølvholdigt affald. Kulfilter ved anlæg, som behandler de lige lysstofrør, sendes ligeledes til Belgien.

Kviksølvholdigt affald indleveret til AVV opbevares hos AVV i Vendsyssel med henblik på fremtidig sikker slutdeponering.

Amalgamfiltre og kviksølvholdigt affald indsamlet af producenter af amalgamfiltre sendes til Sverige og Holland. En del af filtrene tømmes i Danmark, inden indholdet sendes til Sverige, og filtrene renses til genanvendelse. Der findes ikke målinger af emissioner fra denne tømning og rensning. Til beregning af emission vurderes 1-2% at blive emitteret.

Af Kommunekemi er det endvidere oplyst, at der fra forbrændingsanlægget i 2001 blev emitteret < 1,8 kg kviksølv til luft, 0,103 kg kviksølv til vand som direkte udledning, 0,04 kg kviksølv til spildevandet, mens 7,6 kg blev deponeret på Kommunekemis deponi med aske og filterkager.

Sammenfattende gælder det således, at:

Ca. 5-11 kg kviksølv emitteres til luft,
<1 kg udledes til vand,
ca. 23-33 kg kviksølv årligt deponeres (inkl. deponeret hos AVV),
ca. 2.000-3.900 kg eksporteres årligt (reelt er der ikke fysisk eksport hvert år,
men affaldet oplagres midlertidigt og eksporteres løbende i passende
mængder).

Spildolie

Da der ikke haves data for 2001, anvendes data for 2000. Der indsamles en lang række spildoliefraktioner til behandling i Danmark. Ifølge affaldsstatistik 2000 (Miljøstyrelsen 2001a) blev der i 2000 indsamlet ca. 19.500 tons genanvendelsesegnet olie, som består af motorolie, gear- og hydraulikolie, smøreolie m.m. Af disse blev 12.500 tons bortskaffet til forbrænding på fjernvarmeværker, mens 6.912 tons gik til genvinding.

Herudover indsamledes der omkring 14.000 tons andre olieholdige produkter, herunder fra olie- og benzinudskillere, olieemulsion og andre olieholdige produkter (Miljøstyrelsen 2001a). Disse produkter har generelt et højt vandindhold, så der er tale om en væsentligt mindre mængde ren olie.

Baseret på oplysninger fra branchen anslås spildolien at have et gennemsnitligt kviksølvindhold på 20-52 mg kviksølv/ton, og den samlede omsætning med spildolier kan med disse tal groft anslås til 0,68-1,8 kg kviksølv/år.

Behandlingsresten fra genraffineringen af spildolie samt affald indeholdende fuelolie og afvandede skære/kølemidler anvendes til cementfremstilling og indgår således i massebalancen for cement i afsnit 2.4.3.

Anslået 4.000 tons spildolie bortskaffes til Kommunekemi, svarende til <0,2 kg kviksølv pr. år.

3.4 Omsætning med spildevand og spildevandsslam

3.4.1 Spildevand

Kviksølv vil sammen med spildevand udledes fra følgende punktkilder:

- Renseanlæg
- Regnvandsbetingede udløb fra overløbsbygværker og separatkloakerede områder
- Industri med særskilte udledninger
- Spredt bebyggelse.

Den totale spildevandsmængde udledt via kommunale renselanlæg i Danmark udgjorde ca. 720 mio. m³/år for år 2001, mens regnvandsbetingede udløb afledt uden om renselanlæg androg ca. 200 mio. m³/år (Miljøstyrelsen 2002).

Målinger af miljøfremmede stoffer i spildevand foretages i forbindelse med det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet, NOVA 2003, og er senest rapporteret i publikationen "Punktkilder 2001" (Miljøstyrelsen 2002).

Renseanlæg

Målinger af miljøfremmede stoffer og tungmetaller foregår på udvalgte renselanlæg, som Miljøstyrelsen finder tilnærmelsesvist repræsentative for håndteringen og sammensætningen af spildevand i Danmark (Miljøstyrelsen 2002).

Der er aktuelt data for 37 anlæg for perioden fra 1998 til 2001. Spildevandet fra disse anlæg repræsenterede ca. 45% af den samlede spildevandsmængde. Industribelastningen i tilløbet til de 19 anlæg, hvor der er målt miljøfremmede stoffer og tungmetaller, var gennemsnitligt omkring 35%, hvilket svarer nogenlunde til landsgennemsnittet. I alt 33 anlæg ud af de 37 anlæg, hvor der er målt miljøfremmede stoffer og tungmetaller, er dimensioneret til kvælstof- og fosforjernelse og renses generelt spildevandet bedre end de stillede krav. Fire ud af de 37 anlæg er mindre anlæg med mekanisk og mekanisk-biologisk rensning.

De målte middelværdier samt 5% og 95% fraktiler for indløb og udløb er vist i tabel 2.7. Det ses, at der er en betydelig variation i de målte værdier.

Tabel 3.7
Middelværdier og fraktiler for tungmetaller i indløb og udløb fra rensningsanlæg, 1998-2001 (Miljøstyrelsen 2002)

Indløb ($\mu\text{g kviksølv/l}$)			Udløb ($\mu\text{g kviksølv/l}$)		
Middel	5% fraktil	95% fraktil	Middel	5% fraktil	95% fraktil
0,5	0,1	1,6	0,17	0,02	0,39

Note: Det skal bemærkes, at fraktilerne fortæller noget om spredningen på dataene, men ikke siger noget om, hvor præcist middelværdien er bestemt, da dette vil være afhængigt af antallet af målinger.

På baggrund af de koncentrationer, der er nævnt i Tabel 3.7, og ovennævnte mængder, anslås den samlede udledning fra renselanlæg groft til 14-280 kg kviksølv/år med en middelværdi på 120 kg kviksølv/år.

Beregnet på lignende måde på grundlag af den gennemsnitlige indløbskoncentration på 0,50 $\mu\text{g kviksølv/l}$ fås det, at renselanlæggene totalt skulle tilføres ca. 360 kg kviksølv. Hvis middelværdierne betragtes, vil ca. 120 kg kviksølv udledes til recipienter, og den resterende mængde på omkring 240 kg bør således kunne genfindes i slammet. Denne mængde er – usikkerhederne taget i betragtning – i overensstemmelse med den beregnede mængde i spildevandsslam fra kommunale renselanlæg, som omtales senere i dette afsnit. På grundlag af et meget stort antal analyser af slam estimeres det, at slammet totalt set indeholder ca. 150-230 kg kviksølv/år. På grund af det store antal prøver af slam må den samlede mængde kviksølv i slammet antages at være bestemt med ret stor sikkerhed. I gennemsnit bliver 53% af spildevandets indhold af kviksølv tilbageholdt i slammet.

Tabel 3.8
Kilder til kviksølv i kommunalt spildevand

Kilde	Anslået mængde Kg Hg/år	Bemærkninger
Atmosfærisk deposition	12	1)
Perkolat fra deponier	2,5	Se afsnit 3.2.3
Tandklinikker	50-250	Se afsnit 2.2.1
Termometre	20-40	Se afsnit 2.2.4
Olieraffinering	0,7-2,7	Se afsnit 2.4.2
Fækalier og urin	9,6-17	Se afsnit 2.4.5
Måle- og kontroludstyr	20-50	Se afsnit 2.2.5
Andet	?	2)
I alt (afrundet)	110-370	

1) Den atmosfæriske deposition er regnet ud fra et kloakeret areal på 1.718.000 m², hvorpå der er et årligt nedfald af kviksølv på ca. 7 mg/m² (Kjølholt et al. 1998).

2) Der kan stadig være ophobet en ganske betydelig mængde kviksølv i danske kloaksystemer, hvorfra det kun frigives langsomt ved den løbende erosion eller hurtigt i forbindelse med kloakspulinger. En undersøgelse af kilder til spildevandsslam med højt indhold af kviksølv viser således, at kviksølv ophobet i kloaker pga. historiske udledninger fra fjernvarmeværker ofte er årsag til de høje kviksølvkoncentrationer (Markmann et al. 2001).

Ud fra koncentrationer i indløb til renseanlæg er der til sammenligning estimeret en mængde på 360 kg kviksølv pr. år. Det vil sige, at der er en ret pæn overensstemmelse. En del af forklaringen på forskellen kan være langsom frigivelse af kviksølv ophobet i kloaker fra tidligere udledninger. Se også note 2 til Tabel 3.8. Desuden kan tallene antyde, at de aktuelle udledninger fra tandlæger måske reelt ligger i den høje ende af det vurderede interval.

Regnvandsbetingede udløb

De regnvandsbetingede udløb kan opdeles i separate udledninger af overfladevand og overløb fra fælleskloakerede områder (især ældre byområder), der udgør en blanding af overfladevand og spildevand. Aflastninger fra fælleskloakerede områder indeholder ikke kun overfladevand, men er en blanding af kommunalt spildevand, resuspenderet kloaksediment og biofilm samt overfladeafstrømning. Afløb fra separatkloakerede områder indeholder primært overfladevand fra befæstede arealer (tage, veje m.m.) samt resuspenderet materiale fra rørledningerne. Selve processen at måle volumen af og stofindhold i et regnvandsbetinget udløb kræver avanceret måleudstyr, og da udløbene kun sker ved kraftig nedbør, kan det være vanskeligt at planlægge måleprogrammer. De nedenfor angivne volumener er baserede på modelberegninger, og der er en betragtelig usikkerhed forbundet med opgørelserne af udledninger under regn, hvilket ses, når disse opgørelser sammenlignes med konkrete målinger (Miljøstyrelsen 1997).

Der udledtes i 2001 149 mio. m³ vand som separate regnvandsafløb og 36 mio. m³ via overløbsbygværker - både fra fælles- og separatkloakerede områder (Miljøstyrelsen 2002). En større undersøgelse af danske og internationale udledninger via overløbsbygværker konstaterer, at den foreliggende viden om indholdet af miljøfremmede stoffer i sediment og biofilm er særdeles begrænset (Arnbjerg-Nielsen et al. 2002). Ifølge undersøgelsen er der grund til at antage, at indholdet af tungmetaller i biofilm og sediment i afløbssystemer fra fælleskloakerede oplande er sammenligneligt med – og i visse tilfælde højere end – det tilsvarende indhold i partiklerne fra spildevand og urbane overflader. Det skønnede koncentrationsinterval af

kviksølv i overløbsvand angives til 0,05-0,2 µg kviksølv/l (Arnbjerg-Nielsen et al. 2002). Dette koncentrationsinterval synes rimeligt i forhold til koncentrationen i indløb til spildevandsrensning på gennemsnitligt 0,5 µg kviksølv/l. Antages dette interval at gælde for de samlede mængder fra regnvandsafløb og overløbsbygværker, anslås den samlede udledning i forbindelse med regnhændelser i 2001 til 10-41 kg kviksølv/år.

Det skal dog bemærkes, at en del kviksølv bliver tilbageholdt i bassiner og fjernet i forbindelse med rensning af bassinerne. Der ses en tydelig tendens til, at flere arealer afvandes via udledninger over bassin, både for fælles- og separatkloakerede arealer. Inden for fælleskloakerede områder er der således i perioden 1991-2000 sket en stigning på 58% i det befæstede areal, hvorfra der udledes via bassiner, og tilsvarende er arealet faldet med 19% for områder, hvorfra der udledes uden bassiner (Miljøstyrelsen 2001b). Der foreligger ingen undersøgelser af, hvor store mængder tungmetaller der tilbageholdes i bassinerne.

Industri med direkte udledning

For 2001 er der for tungmetaller kun udtaget prøver fra syv udvalgte virksomheder, og en opgørelse af de udledte mængder vil således ikke være gældende for landet som helhed (Miljøstyrelsen 2002). Omkring 10% af alle prøver for kviksølv viser koncentrationer i spildevandet, som er mere end 10 gange højere end kvalitetskravene for vandområderne. Kravene må her generelt forventes ikke at have været overholdt, og koncentrationerne må betegnes som kritiske (Miljøstyrelsen 2002).

For 2000 er der indsamlet oplysninger fra 162 virksomheder, hvoraf de 82 udleder tungmetaller og/eller miljøfremmede stoffer (Miljøstyrelsen 2001b). Herudover er der oplyst om 14 virksomheder, der formodes at udlede tungmetaller og/eller miljøfremmede stoffer, som ikke indgår i opgørelsen (Miljøstyrelsen 2001b). For 2000 blev den samlede udledning anslået til 1,9 kg kviksølv/år og maksimalt 3,3 kg kviksølv/år (Miljøstyrelsen 2001b).

Der udledtes i 2000 omkring 74 mio. m³ spildevand fra særskilte industrielle udledere, hvilket - sammenholdt med mængderne nævnt ovenfor - svarer til et indhold af kviksølv i spildevandet på omkring 26 µg/m³. I 2001 udledtes omkring 65 mio. m³ fra særskilte industrielle udledere, og den samlede udledning for 2001 skal således her anslås til 0,42-2,9 kg kviksølv/år.

Spredt bebyggelse

Ejendomme beliggende i spredt bebyggelse, landsbyer eller sommerhus-områder er ofte ikke tilsluttet fælleskloakering, men kan have en spildevandsrensning med for eksempel septiktank med udledning til jord eller markdræn. Spildevandsafledningen fra samtlige kommuner anvendes til at estimere vandforbruget og den samlede udledning af kviksølv (Miljøstyrelsen 2002). Der er ikke for 2001 oplyst om udledte mængder af kviksølv fra spredt bebyggelse. De må formodes at være i samme størrelsesorden som i 2000, hvor udledningen blev beregnet til 25 kg kviksølv/år. Den samlede udledning i 2001 anslås her til 13-38 kg kviksølv/år på grund af usikkerhederne.

De samlede udledninger af kviksølv fra punktkilder til vandmiljøet er sammenfattet i Tabel 3.9.

Tabel 3.9

Udledninger af kviksølv fra punktkilder til vandmiljøet i 2001. Baseret på oplysninger fra 2000 og 2001 (Miljøstyrelsen 2001b) og (Miljøstyrelsen 2002).

Kilde	Udledning spildevand Mio. m ³ vand	Middelkoncentration µg Hg/m ³	Udledning Kg Hg/år
Renseanlæg	720	20-390	14-280
Overløbsbygværker	39	50-200	2-7,9
Separate regnvandsafløb	164	50-200	8,2-33
Industri med direkte udledning	65	6,4-45	0,42-2,9
Spredt bebyggelse	33.310	-	13-38
I alt (afrundet)	34.298		37-360

3.4.2 Spildevandsslam

Efter endt behandling på et renselanlæg skal slammet bortskaffes. Der fandtes indtil 1995/96 i princippet tre hovedmuligheder for den endelige bortskaffelse af spildevandsslam, nemlig anbringelse på landbrugsjord, forbrænding i eksternt eller internt anlæg eller anbringelse på kontrolleret deponi.

Udviklingen i bortskaffelsen af spildevandsslam har bevirket, at der de seneste år er anvendt andre muligheder for disponering af spildevandsslam, som ikke kan indpasses i de nævnte hovedområder for slamdisponering.

Antallet af slammineraliseringsanlæg er steget markant i de seneste år. Slammineralisering betragtes i kommunerne som en alternativ mulighed for slambortskaffelsen. Der regnes med, at slammet kan opbevares i op til 10 år i mineraliseringsanlæg, før der skal tages stilling til, hvorvidt slammet kan spredes på landbrugsjord, forbrændes eller anbringes på kontrolleret deponeringsanlæg (Miljøstyrelsen 2001c).

Desuden har en række private firmaer i løbet af 1997/98 arbejdet på at etablere alternative metoder til bortskaffelse af slam, hvor den uorganiske del (asken) indbygges og dermed genanvendes i produkter som cement og sandblæsningsmidler.

I 1999 blev prøver, der repræsenterer ca. 94,5% af tørstofmængden af slam, undersøgt for indhold af kviksølv og andre tungmetaller (Miljøstyrelsen 2001c). Det vægtede gennemsnit for kviksølv var på 1.200 mg kviksølv/ton, og under den antagelse, at det undersøgte slam er repræsentativt for de samlede mængder slam, kan de samlede mængder kviksølv med slam anslås at være 150-230 kg kviksølv/år. Fordelingen af dette på de forskellige disponeringsformer er angivet i Tabel 3.10.

Sammenlignet med 1994, hvor omsætningen af kviksølv med slam blev estimeret til ca. 250 kg i 170.000 tons tørstof, ses det, at der muligvis er en tendens til et fald i den samlede omsætning af kviksølv.

Samlet blev landbrugsjord, skove og gartnerier tilført 62-94 kg kviksølv med slam. En mindre del af dette slam var inden spredning på jorden behandlet i biogasanlæg eller komposteringsanlæg.

En del af spildevandsslammet bortskaffes ved forbrænding - enten internt på de enkelte renselanlæg eller eksternt. Forbrændingsanlæggene er udstyrede

med fuldt udbygget røggasrensningsudstyr. Emissionsfaktoren for kviksølv på danske forbrændingsanlæg skal her groft antages til 50-70%. Den samlede emission fra forbrænding af slam kan på den baggrund estimeres til 20-50 kg kviksølv/år, mens slammets øvrige indhold af kviksølv bliver deponeret sammen med restprodukter.

Tabel 3.10
Kviksølv i spildevandsslam fordelt på slutdisponering i 2001 (Baseret på Miljøstyrelsen 2001c).

Slutdisponering	Slam 1.000 tons TS/år	Samlet indhold af kviksølv	
		kg Hg/år	% af total
Landbrug m.m. 1)	86	62-94	41
Forbrænding 2) 3)	35	43-65	28
Losseplads 2)	5,9	7,2-11	5
Langtidslager 2)	9,1	11-17	7
Andet 2)	23	28-42	18
I alt (afrundet)	160	150-230	100

Note:

- 1) Det gennemsnitlige indhold af kviksølv i slam udbragt på landbrugsjord, i skove m.m. er angivet til 910 mg kviksølv/ton tørstof. Da der foreligger et stort antal målinger, vurderes middelværdien her at være bestemt med relativt stor sikkerhed.
- 2) Det gennemsnitlige indhold af kviksølv i slam, som ikke blev udbragt på landbrugsjord, kan på grundlag af Miljøstyrelsen (2001c) beregnes til 1.530 mg kviksølv/ton tørstof. Denne værdi vurderes her at være bestemt med relativt stor sikkerhed. Der er ikke angivet specifikke værdier for slam bortskaffet til deponi, forbrænding m.m. Det er her groft antaget, at den gennemsnitlige kviksølvkoncentration har været den samme for de forskellige disponeringsformer.
- 3) Heraf anslås det groft, at 21,5-46 kg kviksølv/år emitteres til luft.

3.5 Sammenfatning om tab af kviksølv ved affaldsbehandling

Den foreliggende viden om tab af kviksølv i forbindelse med omsætning af affaldsprodukter er sammenfattet i Tabel 3.11.

Tabel 3.11
 Tab af kviksølv ved håndtering af affaldsprodukter i Danmark 2001 (kg kviksølv pr. år)

Produkt/anvendelse	Skønnet bortskaffelse og tab (kg Hg/år) til:				
	Luft	Vand	Jord	Deponi	Andet
Håndtering af skrot	40-60	-	-	180-220	
Fremstilling af jern og stål	0,5	-	-	52	310 2)
Affaldsforbrænding	270-1.000	-	-	2.000-2.900 5)	-
Deponering (ekskl. restprodukter fra forbrænding)	-	2,5 1)	-	120-480 6)	-
Biologisk affaldsbehandling	-	-	30-49	-	-
Olie- og kemikalieaffald/farligt affald	6-13	0,14	-	7,6	2.000-3.900 3)
Udledninger fra kommunale renseanlæg	-	14-280	-	-	-
Regnvandsbetingede udledninger	-	10-41	-	-	-
Andet spildevand	-	13-40	-	-	-
Spildevandsslam	20-50	-	60-90	40-47	30-40 4)
I alt (afrundet)	340-1.100	40-360	90-140	2.400-3.700	2.300-4.300

1) Perkolat fra lossepladser ledes til kommunale renseanlæg.

2) Jern og stål til genbrug.

3) Kviksølvholdigt affald, som eksporteres.

4) Spildevandsslam, som ikke eksporteres, men oplagres midlertidigt.

5) Heraf eksporteres langt hovedparten til deponi i Norge og/eller Tyskland.

6) Se Tabel 3.4.

4 Sammenfattende vurdering

4.1 Anvendelser og forbrug i Danmark

De foreliggende oplysninger og vurderinger af kviksølvforbruget i Danmark 2001 er sammenfattet i Tabel 4.1.

Tabel 4.1
Kviksølvforbrug i Danmark 2001

Produktgruppe	Forbrug kg Hg/år	% af Total	Udviklingstendens
Metallisk kviksølv			
Tandfyldninger	1.100-1.300	34	Stag./faldende
Lyskilder	59-170	3,2	Faldende
Kontakter og relæer	0-24	0,34	Faldende
Febertermometre	1,1	<0,1	Faldende
Andre termometre	15-23	0,54	Faldende
Måle- og kontroludstyr	12-48	0,85	Faldende
Andre anvendelser som metal	35-60	1,3	Stagnerende
Kemiske forbindelser			
Kviksølvoxid batterier	0,5-0,6	<0,1	Faldende
Andre batterier	70-150	3,1	Faldende
Laboratoriekemikalier	30-70	1,4	Faldende
Medicinske anvendelser	0-1	<0,1	Faldende
Andre kemiske anvendelser	5-50	0,77	Faldende
Som følgestof			
Kul	600-1.000	23	Faldende
Olieprodukter	2-30	0,45	Stagnerende
Naturgas	0,4-3	<0,1	Stagnerende
Boremudder	-	<0,1	Stagnerende
Biobrændsler	18-76	1,3	Stigende
Cement	26-65	1,3	Stagnerende
Gødning og foderstoffer	11-36	0,66	Stagnerende
Jordbrugskalk	-4,4	<0,1	Faldende
Fødevarer	9,6-17	0,37	Stagnerende
Alle andre varer	90-1.900	28	Forskelligt
I alt (afrundet)	2.100-5.000 1)	100	

1) Ved sammentællingen er fratrukket kviksølv til cement, som med flyveaske anvendes til cementfabrikation og således optræder to gange i tabellen.

Som det fremgår af Tabel 4.1 og Tabel 4.2, kan forbruget for tiden anslås som følger:

Tilsigtede anvendelser (afrundet) ca. 1.320-1.900
Anvendelser som følgestof (afrundet) ca. 740-3.100
 I alt (afrundet) ca. 2.100-5.000

Tilsigtede anvendelser er således ansvarlige for ca. halvdelen af totalforbruget, hvoraf tandfyldninger alene står for 1/3.

Til sammenligning er der i Tabel 4.2 desuden vist forbruget i 1992/93 samt 1982/83.

Udviklingstendenser, forbrug

Tabel 4.2
 Kviksølvforbrug i Danmark år 1982/83, 1992/93 og 2001

Produktgruppe	1982/83	1992/93	2000/01
	kg Hg/år	kg Hg/år	kg Hg/år
Metallisk kviksølv			
Tandfyldninger	3.100	1.800	1.100-1.300
Lyskilder	140	170	60-170
Kontakter og relæer	160-520	200-400	0-20
Febertermometre	750	50	1,1
Andre termometre	1.300-1.800	100	15-20
Måle- og kontroludstyr	430-630	500	10-50
Klor-alkali produktion	3.000	2.500	-
Andre anvendelser som metal	-	-	40-60
Kemiske forbindelser			
Kviksølvoxid batterier	2.400	280-430	0,5-0,6
Andre batterier	2.300	120-430	70-150
Laboratoriekemikalier	500	60-120	30-70
Medicinske anvendelser	-	-	0-1
Andre kemiske anvendelser	1.050-1.900	<50	5-50
I alt, tilsigtede anvendelser	15.100-17.000	5.800-6.600	1.300-1.900
Som følgestof			
Kul	1.000-2.000	500-1.300	600-1.000
Olieprodukter	<50	2-34	2-30
Naturgas	-	-	0,4-3
Biobrændsler	-	30-45	18-80
Cement	10-80	60-220	30-70
Jordbrugskalk, gødning og foderstoffer	20-130	<50	11-40
Fødevarer	-	<50	10-20
Alle andre varer	30-600	70-1.400	94-1.900
I alt, følgestof	1.100-2.900	660-3.100	760-3.100
I alt (afrundet)	16.200-19.900	6.400-9.600	2.100-5.000

Der er sket et kraftigt fald i forbruget af kviksølv i de sidste 20 år, se Tabel 4.3.

Tabel 4.3
Udvikling i gennemsnitligt forbrug af kviksølv i Danmark siden 1982/83.

	1982/83		1992/93		2001	
	(kg Hg pr. år)		(kg Hg pr. år)		(kg Hg pr. år)	
I alt	18.050	100%	8.000	44%	3.550	20%
Tilsigtede anvendelser	16.050	100%	6.200	39%	1.600	10%

Trods fald i forbruget i de fleste bevidste anvendelser er det værd at bemærke, at anvendelser, hvis forbrug tidligere var store og er blevet hårdt reguleret nationalt og internationalt, logisk nok er blevet mere perifere. Nu træder i stedet anvendelser frem, som ikke har været udsat for samme reguleringspres, og måske blandt andet derfor ikke har udviklet sig helt så meget over de sidste årtier. Det drejer sig for eksempel fortsat om tandfyldninger, om knapceller af andre typer end kviksølvoxid og om lyskilder.

Det er også værd at notere sig, at mobilisering og udslip fra kviksølv som følgestof i kul fortsat falder; primært fordi energiproduktionen i Danmark er søgt skiftet væk fra kul for at mindske udledningen af kuldioxid og en række andre forurenende stoffer.

Kviksølv med "Andre anvendelser som følgestof" var vurderet lavt i 1982/83. Det beror på en anden vurderingsmetode dengang og er således ikke udtryk for en udvikling. Der er ingen grund til at forvente en reel forskel mellem 1982/83 og de andre år. Det store interval afspejler, at der i alle tilfælde er tale om et forbrug, som kun kan anslås med betydelig usikkerhed.

4.2 Udslip til omgivelserne i Danmark

De foreliggende oplysninger og vurderinger af udslippet af kviksølv til omgivelserne i Danmark er sammenfattet i Tabel 4.4. Som det fremgår af denne, kan det samlede udslip af kviksølv i 2001 anslås til

til luft:	820-2.000	kg/år
til vand:	50-460	kg/år
til jord:	170-270	kg/år

Herudover vil omkring 2.700-4.400 kg/år havne i depoter, herunder veje, dæmninger og andre formål, hvor der anvendes restprodukter fra affaldsforbrænding og kulafbrænding.

Udslip til luft

Udledningen til luft beror væsentligst på:

Affaldsforbrænding	ca. 45% af totaludslippet.
Kulafbrænding	ca. 18% af totaludslippet.

Det resterende udslip beror overvejende på cementfremstilling, andre former for affaldshåndtering og kremeringer. Det bemærkes, at industrielle processer kun synes at være ansvarlig for ca. 9% af det samlede udslip i Danmark.

Herudover bemærkes det, at indholdet af kviksølv i brændbart affald må påregnes primært at bero på kviksølv som følgestof (ca. 30%), batterier (ca. 22%) og kontakter og relæer (ca. 18%) - jvf. Tabel 3.4. Tilførslen med batterier og kontakter og relæer må antages i betydeligt omfang at bero på tidligere forbrug, som først langsomt bortskaffes og ender i affald.

Udledningen af kviksølv til luft er faldet til ca. 1/4 af udledningen i 1982/83. Det skyldes især et fald i udledningen fra affaldsforbrænding pga. forbedret røggasrensning. Udledningen i 2001 var knap 2/3 af udledningen i 1992/93. Faldet hænger sammen med et fald i udledningen fra fremstilling af jern og stål, fra afbrænding af kul og fra bortskaffelse af lyskilder.

Udslip til vand

Udslip til vand beror på tilførslen med spildevand, som påregnes at indeholde kviksølv primært fra tandklinikker (over 60%), men også fra bl.a. termometre og måle- kontroludstyr - jf. Tabel 3.8.

Udledningen til vand er faldet til ca. 18% af niveauet i 1982/83, men er på niveau med - måske en smule højere end - udledningen i 1992/93. Det sidste dækker bl.a. over, at udledning til havmiljøet fra offshore olie- og gasudvinding er medtaget i opgørelsen for 2001.

Udslip til jord

Udslip af kviksølv til jord beror væsentligst på:

Spildevandsslam:	ca. 35% af totaludslip
Begravelser:	ca. 32% af totaludslip
Kompost:	ca. 18% af totaludslip
Gødning og foderstoffer:	ca. 11% af totaludslip

Udledningen til jord ligger på niveau med den foregående undersøgelse, men er betydeligt lavere end tabet til jord i 1982/83, hvor ændringen skyldes ophør af brug af bejdsede sædekorn.

Udslip til deponi

Hovedparten (80%) af deponering af kviksølv beror på restprodukter fra affaldsforbrænding.

Deponeringen af kviksølv er steget siden de tidligere opgørelser. Det hænger sammen med den effektive røggasrensning, som i nogen grad renses røgen for kviksølv, så udledningen til luft bliver lav, men kviksølvet genfindes i restprodukterne fra affaldsforbrændingen; samtidig er mængden af affald, som forbrændes, steget. Langt hovedparten af restprodukter fra affaldsforbrænding deponeres i udlandet (Norge, Tyskland).

Samlet udslip

Det samlede udslip af kviksølv viser dermed kun et lille fald siden den sidste opgørelse. Usikkerhedsintervallet er derimod steget, især pga. usikkerheden på kviksølv i restprodukter, som udgør den største del af tabet af kviksølv til omgivelserne.

Usikkerhed

Den foreliggende opgørelse af bortskaffelse og tab er i et vist omfang baseret på skøn, som i sagens natur er behæftet med usikkerhed og altid vil kunne gøres til genstand for diskussion.

De mængder, der er skønnet tilført affaldsforbrændingsanlæg, synes at være i underkanten af, hvad der er registreret. Dette kan hænge sammen med, at kviksølvindholdet i produkter er stærkt faldende. Dette gør estimeringen af bortskaffelses- og tabsmængderne meget følsom over for, hvilken levetid og pulterkammereffekt der regnes med for de kviksølvholdige produkter. "Pulterkammereffekt" er udtryk for, at defekte produkter opbevares hos forbrugeren i et tidsrum inden bortskaffelse. Det er ikke muligt på det foreliggende grundlag at vurdere, om tilførslerne reelt er undervurderet, eller om der er tale om generel usikkerhed på opgørelserne.

Nøjagtigheden af de anslåede bortskaffelses- og tabsmængder skal med dette forbehold sammenfattende karakteriseres ved, at størrelsesordenen af de angivne mængder kan anses for pålidelig.

Tabel 4.4
Udslip af kviksølv til omgivelserne i Danmark 2001

Produkt/anvendelse	Skønnet tab (kg kviksølv/år) til:				
	Luft	Vand	Jord	Deponi	I alt (afrundet)
Industrielle processer					
Cementfremstilling	70-170	-	-	-	70-170
Fremstilling af jern og stål	0,5	-	-	52	53
Fremstilling og reparation af lyskilder	-	-	-	-	-
Olie- og gasudvinding	0,2-11	4-86	0,3-10	-	4,7-110
Energifremstilling					
Kul	190-310	-	-	68-110 3)	260-420
Olie	6-46	5-7	-	6-13 3)	17-66
Naturgas	1-4	-	-	-	1-4
Biobrændsler	14-61	-	1-5	2-10 3)	18-76
Anvendelse af produkter					
Tandklinikker	-	50-250 1)	-	-	50-250 1)
Termometre	-	20-40 1)	-	-	20-40 1)
Måle- og kontroludstyr	20-50	20-50 1)	-	-	40-100 1)
Laboratorier	-	-	-	-	-
Gødning og foderstoffer	-	-	11-36	-	11-36
Jordbrugskalk	-	-	2-4,4	-	2-4,4
Fyrstationer	5-10	-	-	-	5-10
Affaldshåndtering					
Bortskaffelse af lyskilder	1-9	-	-	-	1-9
Indsamling af metallisk kviksølv	-	-	-	-	-
Andre genanvendelsesaktiviteter	-	-	-	-	- 1)
Affaldsforbrænding	270-1.000	-	-	2.000-2.900 2)	2.300-3.900
Biologisk affaldsbehandling	-	-	30-49	-	30-49
Deponering (ekskl. restprodukter fra forbrænding)	-	2,5	-	120-480 4)	120-480
	6-13	0,14	-	7,6	14-21
Udledninger fra kommunale renseanlæg	-	14-280	-	-	14-280
Andre udledninger af spildevand	-	20-80	-	-	20-80
Spildevandsslam	20-46	-	62-94	40-47	120-190
Håndtering af skrot	40-60	-	-	180-220	220-280
Andre aktiviteter					
Kremeringer/begravelser	170-190	-	67-75	-	240-270
I alt (afrundet)	820-2.000	50-460	170-270	2.400-3.700	3.500-6.500

1) De angivne mængder udledes til spildevand, hvor kviksølvet efter behandling i renseanlæg vil ende dels i slam og dels i vand udledt fra renseanlæggene. Disse mængder er derfor med under "Udledninger fra kommunale renseanlæg" og "Spildevandsslam" og regnes ikke med igen i "I alt".

2) Deponeres i udlandet.

3) Inkluderet i "Deponering (ekskl. restprodukter fra forbrænding)".

4) Se Tabel 3.4.

Udslip til deponi og luft fra forbrændingsanlæg stammer primært fra dental amalgam, batterier, lyskilder samt kontakter og relæer.

Tabel 4.5
Udslip af kviksølv til omgivelserne i Danmark 1992/93

Produkt/anvendelse 1992/93	Skønnet tab (kg kviksølv/år) til:				
	Luft	Vand	Jord	Deponi	I alt (afrundet)
Industrielle processer					
Elektrolyse	<6	<1	-	-	7
Cementfremstilling	60-220	-	-	-	60-220
Fremstilling af jern og stål	70	-	-	-	70
Fremstilling og reparation af lyskilder	5-10	-	-	-	5-10
Energifremstilling					
Kul	200-500	-	3-9	150-500	350-1.000
Olie	2-34	-	-	-	2-34
Naturgas	-	-	-	-	-
Biobrændsler	15-25	-	-	15-20	30-45
Anvendelse af produkter					
Tandklinikker	-	150-200 1)	-	-	150-200 1)
Termometre	-	100-250 1)	-	-	100-250 1)
Måle- og kontroludstyr	-	<100 1)	-	-	100 1)
Laboratorier	-	<10 1)	-	-	10 1)
Gødning og jordbrugskalk	-	-	<100	-	50-100
Andet	2,5	-	-	-	2,5
Affaldshåndtering					
Bortskaffelse af lyskilder	120-140	-	-	-	120-140
Indsamling af metallisk kviksølv	50	-	-	-	50
Andre genanvendelsesaktiviteter	<50	-	?	130 3)	130-180 2)
Affaldsforbrænding	1.100	-	-	1.300	2.400
Biologisk affaldsbehandling	-	-	1	-	1
Deponering (ekskl. restprodukter)	-	2,5	-	400-1.100	400-1.100
Olie- og kemikalieaffald/farligt affald	110	-	-	400-1.600	510-1.700
Udledninger fra kommunale renseanlæg	-	250	-	-	250
Spildevandsslam	50	-	140	60 3)	250 2)
Andre aktiviteter					
Kremeringer/begravelser	100	-	50	-	150
I alt (afrundet)	1.880-2.470	250	200-300	2.300-4.500	4.600-7.500

1) De angivne mængder er allerede medregnet under "Udledninger fra kommunale renseanlæg" og "spildevandsslam".

2) De angivne mængder er kun medregnet ved sammentællingen i det omfang, hvor de ikke er medregnet under andre emner.

3) De angivne mængder er allerede medregnet under "deponering (ekskl. restprodukter)" og medregnes derfor ikke under "deponi, i alt".

Tabel 4.6
Udslip af kviksølv til omgivelserne i Danmark 1982/83

Produkt/anvendelse 1982/83	Skønnet tab (kg kviksølv/år) til:				
	Luft	Vand	Jord	Deponi	I alt (afrundet)
Industrielle processer					
Elektrolyse	20	40	-	-	60
Cementfremstilling	160-380	-	-	-	160-380
Fjernvarmeværker	-	50 1)	-	-	50 1)
Rensning af kviksølv	100-150	-	-	-	100-150
Gødningsfremstilling og andre industrielle processer	-	20-50	-	-	20-50
Energifremstilling					
Kul	500-1.000	?	?	230-450	730-1.500
Olie	40	-	-	20	60
Anvendelse af produkter					
Tandklinikker	-	600-1.100 1)	-	-	600-1.100 1)
Termometre, måle- og kontroludstyr	<250	200-450 1)	-	-	200-700 2)
Laboratorier	100	40-90 1)	-	-	140-190 2)
Gødning og jordbrugskalk	-	-	20-130	-	20-130
Bejdsede sædekorn	-	-	800-890	-	800-890
Affaldshåndtering					
Bortskaffelse af lyskilder	140	-	-	-	140
Indsamling af metallisk kviksølv	100	-	-	-	100
Andre genanvendelsesaktiviteter	70-200	-	30-100	-	100-300
Affaldsforbrænding	2.300-3.900	-	-	200-300	2.500-4.200
Deponering af fast affald	-	<20	5	1.000-1.800	1.000-1.800
Kemikalieaffald/Kommunekemi	20-40	-	-	30	50-70
Udledninger fra kommunale renseanlæg	-	1.300	100	-	1.400
Spildevandsslam	280	-	240	280	800
Andre aktiviteter					
Kremeringer/begravelser	270	-	180	-	450
I alt (afrundet)	4.100-6.900	1.400	1.400-1.600	1.700-2.900	8.500-12.800

1) De angivne mængder er medregnet under "kommunalt spildevand".

2) Delvist medregnet under "kommunalt spildevand".

4.3 Kviksølvbalance for Danmark

De foreliggende oplysninger og vurderinger om forbrug og udslip til omgivelserne af kviksølv i Danmark er illustreret i Figur 4.1. Om figuren skal det bemærkes:

Nettoimporten af kviksølv kendes ikke præcist, men er estimeret på baggrund af den foreliggende opgørelse af forbruget af kviksølv i Danmark.

I modsætning til den tidligere massestrømsanalyse er der ikke fundet nogen væsentlig eksport af kviksølvholdige produkter. Eksporten for 1992/93 omfattede 600-700 kg kviksølv, som inkluderede batterier, termometre og

blinklys til regulering af togtrafik. Den danske produktion af batterier omfatter kun alkaliske batterier, som ikke er knapceller. Indholdet af kviksølv i disse udgør maksimalt 15 kg (se afsnit 2.3.1). Der er ikke længere en dansk produktion af kviksølvholdige termometre. Det danske forbrug af kviksølv med blinklys er faldet fra ca. 10 kg i 1992/93 til ca. 0,2 kg i 2001. Et tilsvarende fald gælder sandsynligvis eksporten, som i 1992/93 udgjorde 90 kg kviksølv. Sammenfattende vurderes eksporten af kviksølv med produkter og halvfabrikata til mindre end 50 kg/år.

En del af forbruget af kviksølv som følgestof stammer fra genanvendelse af produkter, og en mindre del fra forbrug af dansk jordbrugskalk og biobrændsler. Nettoimporten af kviksølv som følgestof er beregnet som det samlede forbrug af kviksølv som følgestof fraregnet den del af forbruget, som stammer fra genanvendelse af produkter og fra dansk jordbrugskalk og biobrændsler.

Genanvendelse omfatter recirkulation af kviksølv som følgestof i genanvendt materiale.

Samlet svarer den nævnte import og recirkulation til det angivne forbrug på 2.100-5.000 kg kviksølv årligt.

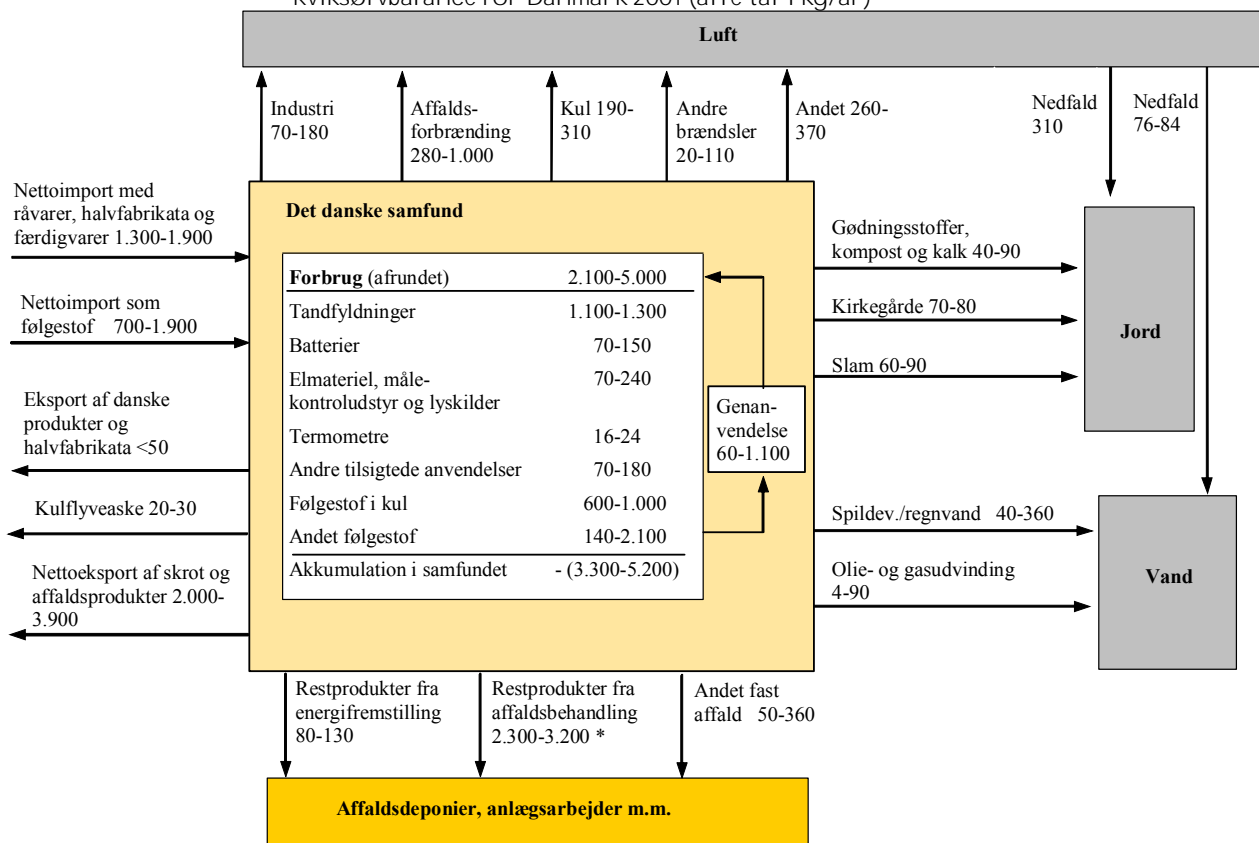
Den tilsvarende figur i den tidligere massestrømsanalyse havde en særskilt kasse med Kommunekemi. Kommunekemi er i dag kun en aktør blandt flere, som håndterer kviksølvholdigt affald. Disse aktører sender alle deres kviksølvholdige affald ud af landet - evt. efter en sortering. Det eneste kviksølvholdige affald, som behandles her i landet, er nogle amalgamfiltre, som renses til genbrug, og lige lysstofrør, hvor lyspulveret inkl. kviksølv separeres fra og eksporteres. Tab af kviksølv til omgivelserne fra disse aktiviteter er små og inkluderet i "andet til luft".

Der foregår ikke længere en egentlig indsamling af metallisk kviksølv som i 1992/93. Metallisk kviksølv indsamles sammen med andet kviksølvholdigt affald og eksporteres. I figuren indgår metallisk kviksølv i "skrot og affaldsprodukter".

Langt hovedparten af emissionen af kviksølv til luft fra industri stammer fra cementfremstilling. Dertil kommer lidt fra offshore olie- og gasudvinding. Kviksølv fra kremeringer udgør 170-190 kg af "Andet" til luft.

Det angivne skøn for nedfald fra luft er hentet fra Kjølholt et al. (1998), og repræsenterer baggrundsnedfaldet, dvs. det atmosfæriske nedfald fjernt fra punktkilder. Der sker en fordampning af kviksølv såvel fra landjorden som fra vandoverflader. Det er ikke forsøgt at estimere størrelsen af disse transporter.

Figur 4.1
Kviksølvbalance for Danmark 2001 (alle tal i kg/år)



* Heraf eksporteres 1.900-2.900 kg kviksølv pr. år til deponi i udlandet.

Ophobning i samfundet

Som angivet i figuren kan der beregnes en negativ ophobning af kviksølv i det danske samfund på 3.300-5.200 kg/år. Dette illustrer, at kviksølvforbruget er faldende, og at der sker en udtømning af de eksisterende kviksølvlagre i det danske samfund.

Det totale lager af kviksølv i det danske samfund blev for 1992/93 anslået til 50-250 tons. I 1992/93 var den negative ophobning 3.100-7.900 kg kviksølv pr. år. Den samlede udtømning af lageret i perioden frem til 2001 kendes ikke med sikkerhed, men har formodentlig udgjort omkring 40 tons.

Import/eksport via luft

Som det fremgår af figuren, må det påregnes, at lufthavet over Danmark modtager 820-2.000 kg kviksølv årligt, mens baggrundsnefaldet over den danske landjord og de indre danske farvande udgør i alt 390 kg kviksølv årligt. Hertil kommer den fordampning, der sker fra landjorden og de indre danske farvande. Med forbehold for den usikkerhed der ligger i, at der ikke er data for det forventede forhøjede nedfald i byområder og nær punktkilder til kviksølvemission, må det påregnes, at Danmark er nettoeksportør af kviksølv med atmosfæren. Det samme var tilfældet i 1992/93 (Maag et al. 1996), omend værdierne for både udslip og nedfald er mindsket siden da.

Referenceliste

- Arenholt-Bindslev, Dorthe and A. H. Larsen. Århus Tandlægeskole. ***Mercury levels and discharge in waste water from dental clinics***. Water, Air and Soil Pollution. 86:93-99. 1996.
- Arenholt-Bindslev, Dorthe. Århus Tandlægeskole. ***Environmental Aspects of Dental Restorative Materials. A review of the Danish situation*** in Mercury in the Environment. Proceeding of a Specialty Conference. September 15-17, 1999, Minneapolis, Minnesota. Air & Waste Management Association In Association with EPA, pp. 471-475.
- Arenholt-Bindslev, Dorthe. Århus Tandlægeskole. Tilsendt materiale 2002.
- Arnbjerg-Nielsen, Karsten; Hvitved-Jacobsen, Thorkild (PH-Consult). Ledin, Anna; Auffarth, Karina; Mikkelsen, Peter Steen; Baun, Anders (Miljø & Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet). Kjølholt, Jesper (COWI A/S): ***Bearbejdning af målinger af regnbetingede udledninger af Npo og miljøfremmede stoffer fra fællessystemer i forbindelse med NOVA 2003***. Miljøprojekt 701, 2002. Miljøstyrelsen, København.
- Banestyrelsen, Poul Henning Dræholm. Personlig oplysning, februar 2003.
- Bech, Thomas. Dansk Supermarked. Personlig kommunikation, november 2002.
- Braunschweig, Ole. Buch & Holm. Personlig kommunikation, december 2002.
- Christensen, Birgitte Holm. Evald, Anders. Baadsgaard-Jensen, Jørgen. Bülow, Kjeld. dk-Teknik og DTI Træteknik. ***Fyring med biomassebaserede restprodukter***. Miljøprojekt nr. 358, 1997. Miljøstyrelsen, København.
- Dalsager, Søren. Personlig reference, november 2002. DONG, Hørsholm.
- Danmarks Statistik, 2001b. ***Varestatistik for industri***. Serie A-D. 2001.
- Danmarks Statistik. ***Udenrigshandelen fordelt på varer og lande. Januar-december 2001***.
- DONG, 2002. ***Omregningsfaktorer, mål og forkortelser***. Hentet fra DONG's hjemmeside, november 2002.
http://www.dong.dk/omregningsfaktorer/dong_omregningsfaktorer.pdf.
- Due, Ib. Ib Due's Guldwarefabrik. Personlig kommunikation november 2002.
- Ecology Center, Great Lakes United. University of Tennessee Centre for ***Clean Products and Clean Technologies 2001. Toxics in Vehicles: Mercury***.
- Ellegaard, Tom. Dansk Genvinding A/S, Trige. Personlig kommunikation, januar 2003.

- Energistyrelsen, 2000. *Energistatistik 2000*. Energistyrelsen, København.
- Energistyrelsen, 2001. *Danmarks olie- og gasproduktion 2001*. København, maj 2002.
- EPBA. *Trends of the portable battery market in Europe. Production and Sales Statistics*, Draft version, 1996-2000. Volume 1. June 2001.
- Europaparlamentet og Rådets direktiv 2000/53/EC af 18. september 2000 om udrangerede køretøjer.
- Evald, Anders. *Trace element balances in four full scale experiments on straw fired systems in Denmark*. dk-Teknik, Århus. Januar 1998.
- Faber, Anders, Bjørn Malmgren-Hansen, Finn Ørssløff. Teknologisk Institut, Center for Affald & Genanvendelse. *Elektronik - Erfaringsopsamling 1999*.
- Fehrman, R. (2003): Personlig oplysning. Kemisk Institut, DTU, januar 2003.
- Floyd, P., P Zarogiannis, M Crane, S Tarkowski, V Bencko. *Risks to Health and the Environment Related to the Use of Mercury Products*. Prepared for The European Commission, DG Enterprise by Risk & Policy Analysts Limited. Contract: J372/Mercury. 9. August 2002.
- Flybjerg, John. Hjelmar, Ole. VKI Institut for vandmiljø. *Restprodukter fra røggasrensning ved affaldsforbrænding 3*. Arbejdsrapport nr. 92, 1997. Miljøstyrelsen, København.
- Friboe, P. Ry Kommune. Personlig kommunikation, september 2002.
- Friis, Morten. Grundfos, udviklingsafdelingen. Personlig kommunikation, november 2002.
- Furness, Hilton: *Mercury – in soil, food and fertilizer*. Fert Research, New Zealand. <http://www.fertresearch.org.nz>. Oktober 2001.
- Fødevarerdirektoratet 1996: FødevarerNyt nr. 3, 1996. Fødevarerdirektoratet, Søborg.
- Grau, Peter. Miljøstyrelsen. Liste over bilmodeller med angivelse af, hvilke årgange, der anvender kviksølvkontakter i en række komponenter, november 2002.
- Gruijthuijsen, Leo van. *Metaller i naturgas*. Dansk Gasteknisk Center. Hørsholm, 2001.
- Göteborgs Miljöförvaltning (1999): *Fyrverkeriers miljöpåverkan - En undersökning av metaller i konsumentfyrverkerier*. PM 1999:1, Göteborgs Miljöförvaltning, Sverige.
- Hald, Uffe. Personlig oplysning. ELSAM, Fredericia. Januar 2002.
- Hansen, Charlotte Libak og Erik Hansen. COWI A/S. *Indsamlingsystemer for batterier - eksisterende erfaringer fra Danmark og udlandet*. 2. udkast, oktober 2002. Rapport for Miljøstyrelsen.

- Hansen, Erik. *Forbrug og forurening med kviksølv i Danmark - Materialestrømsanalyse*. COWIconsult for Miljøstyrelsen, Kbh. 1985.
- Hansen, Erik. Lassen, Carsten: *Bæredygtighed af nuværende miljøbelastning med persistente kemiske stoffer. Bilagsrapport: Restprodukter – mængder, karakteristika og bortskaffelsesmuligheder*. COWI A/S, Vejle. Arbejdsrapport nr. 52. Miljøstyrelsen, København. 1997.
- Hansen, Kirsten. Bedemændenes landsforening. Personlig kommunikation september 2002.
- Holm, Hintze. Hintze Holm Aps. Personlig kommunikation, januar 2003.
- Holst, Christian, Dansk Tandlægeforening. Personlig kommunikation september 2002.
- Hylander, L.D. and Meili, M. (2002): *500 years of mercury production: global annual inventory by region until 2000 and associated emissions*. In print, *Science of the Total Environment*.
- International Data Corporation, IDT, January 1999. *Market analysis*. As cited in "Lassen C. et al. (1999): *Brominated Flame Retardants*. Environmental Project, 1999, Danish Environmental Protection Agency".
- International Energy Agency. *Monthly Natural Gas Survey*. September 2002. <http://www.iea.org/statist/index.htm>.
- Jasinski, S.M. (1994): *The materials flow of mercury in the United States*. The United States Department of the Interior, Bureau of Mines, Circular 9412. Tilgængelig på <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/>.
- Jochumsen, Helge. Metaligen International ApS, Ringsted. Personlig kommunikation.
- Keating, Martha H. *Mercury study report to congress: An inventory of Anthropogenic Mercury Emissions in the United States*. EPA-452/R-97-004. U.S. Environmental Protection Agency, December 1997.
- Kjølholt, Jesper, Thomas Sander Poulsen og Jan Holmegaard Hansen. COWI Rådgivende Ingeniører AS. *Kilder til tungmetaller og miljøfremmede stoffer i landbrugsjord*. Miljøstyrelsen, august 1998.
- Kommissionens beslutning om ændring af bilag II til Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/53/EF af 18. september 2000 om udrangerede køretøjer. ENV-2001-00701-01-00-DA-TRA-00 (EN).
- Lindstrøm, Søren. Tandlæge. Personlig kommunikation, oktober 2002.
- Lohse, Dr. Joachim. *Heavy Metals in Vehicles II*. Report compiled for the Directorate General environment, Nuclear Safety and Civil Protection of the Commission of the European Communities. Ökopol, Germany 2001.
- Madsen, Frederik. Batteriforeningen i Danmark. E-mail til COWI I Vejle 15. november 2001.

- Marker, Ole. Dansk Tandlægeforening. Personlig kommunikation, september 2002.
- Markmann, Peter Noe, Peder Jensen og Jan Abildgaard. NIRAS. *Kildesporing af tungmetaller i afløbssystemer. En undersøgelse af kloakslam med særlig fokus på kviksølvforurening fra ældre varmekærter*. Miljøprojekt 591. 2001. Miljøstyrelsen.
- Maxson, P. Wonkeman, G. 1996: *Mercury stock management in the Netherlands*. Instituut voor Europees Milieubeleid, december 1996. Background document prepared for the workshop "Mercury: ban it or bridle it?", 21 November 1996, The Hague. Ministry of Environment – Directorate for Materials, Safety and Radiation, The Hague.
- Mehlsen, Anders. Miljøchef TDC. Personlig kommunikation, januar 2003.
- Metaligen International Aps. Personlig kommunikation november 2002.
- Miljøministeriet, Bekendtgørelse nr. 480 af 19. juni 2002 om håndtering af affald i form af motordrevne køretøjer og affaldsfraktioner herfra.
- Miljøministeriet. Bekendtgørelse nr. 520 af 9. juni 1994 om forbud mod salg af kviksølv og kviksølvholdige produkter.
- Miljøministeriet. Bekendtgørelse nr. 692 af 22. september 1998 om forbud mod salg af kviksølv og kviksølvholdige produkter.
- Miljøstyrelsen 1987. *Kviksølvredegørelse. Anvendelse - forurening - løsningsforslag*. Redegørelse fra Miljøstyrelsen. Nr. 5 1987. Udført for Miljøstyrelsen af Cowiconsult AS.
- Miljøstyrelsen 1993. *Begrænsning af forurening fra forbrændingsanlæg*. Vejledning nr. 60.273 af 01/01/1993. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen 1998. *Erhvervsaffald og udvalgte affaldsstrømme, et debatoplæg*. Miljøstyrelsen 23.09.1998.
- Miljøstyrelsen 2001a. *Affaldsstatistik 2000*. Orientering nr. 14, 2001. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen 2001b. *Punktkilder 2000*. Orientering fra miljøstyrelsen nr. 13 2001. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen 2002. *Punktkilder 2001*. Orientering nr. 7, 2002. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen. 1997. *Punktkilder 1996*. Orientering nr. 16. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen. 2001c. *Spildevandsslam fra kommunale og private renselanlæg i 1999*. Orientering fra miljøstyrelsen nr. 3 2001. Miljøstyrelsen, København.
- Morsing, M. & S. Westborg. 1994. *Aske fra halm- og flisfyrede værker til jordbrugsmæssig anvendelse*. Forprojekt. Energistyrelsen j.nr. 51161/94-0006.

- Munck, Asbjørn. Renoflex, København. Personlig kommunikation november 2002.
- Munksgaard. Tandlægeskolen i København. Personlig kommunikation, september 2002.
- Møller, Claus. Den-tec. Personlig kommunikation, oktober 2002.
- Maag, Jakob. Lassen, Carsten. Hansen, Erik. ***Massestrømsanalyse for kvikksølv***. COWI A/S, Vejle. Miljøprojekt nr. 344, 1996. Miljøstyrelsen, København.
- Nielsen, Jens. Tandlæge. Sundhedsstyrelsen. Brev til Miljøstyrelsen 22. januar 2002.
- Nomeco. Personlig kommunikation, januar 2003.
- Norsk Renholds Verks-forening, arbejdsgruppe for spesial avfall. ***Veileder for sanering av kvikksølv***, Rapport nr. 8, 2001.
- Nyborg, Viggo. SMC biler. Personlig kommunikation, november 2002.
- Nørby, Erik. Miljøstyrelsen, København. Personlig kommunikation, februar 2003.
- Nørregaard, Torben. AVV, Hjørring. Personlig kommunikation, oktober 2002.
- Naamansen, Ebbe Tubæk. Kommunekemi. Notat sendt til COWI, januar 2003.
- OECD 1994. ***Risk reduction Monograph No. 4: Mercury. Background of national experience with reducing risk***. Environment Directorate. Organisation for Economic Co-operation and development. Paris 1994. OECD Environment Monograph Series No. 103. OECD/GD (94)98.
- OSPAR 2000. ***Quality Status Report 2000, Region II – Greater North Sea***. Ospammission, London 2000.
- OSPAR 2002. Data fra den årlige indberetning til OSPAR for år 2001 for danske offshore installationer. Udleveret af Tage Andersen, Miljøstyrelsen, København. November, 2002.
- Penhoat, Caroline. Nicha Miljøteknik A/S, Vissenbjerg. Personlig kommunikation november 2002.
- Petersen, Claus. ***Statistik for behandling af organisk affald fra husholdninger 1999 – revideret udgave***. Econet A/S, Lyngby. Miljøprojekt 654, 2001. Miljøstyrelsen, København.
- Petersen, Claus. ***Statistik for behandling af organisk affald fra husholdninger 2000***. Econet A/S, Lyngby. Miljøprojekt 708, 2002. Miljøstyrelsen, København.
- Petersen, Erik. Rectus A/S. Personlig kommunikation november 2002.
- Petersen, K. S. Ry Fotohandel. Personlig kommunikation, december 2002.

- Plantedirektoratet. 2001. *Danmarks forbrug af handelsgødning 2000/01*. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2001. <http://www.pdir.dk/pdf/hango01.pdf>
- Poulsen, Frede. Personlig reference, november 2002. Dankalk, Løgstør.
- Rambøll, Hannemann & Højlund A/S. *Elektriske og elektroniske produkter. Indsamling og bortskaffelse*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 53, 1995.
- Rasmussen, B.: *Substitution af kviksølv i produkter*. Miljøprojekt nr. 196, Miljøstyrelsen, København 1992.
- Rasmussen, Søren. FDM. Personlig kommunikation, november 2002.
- Reese (1997): *USA Geological Survey Minerals Yearbook – 1997: Mercury*. USGS at www.usgs.gov.
- Reese (1999): *USA Geological Survey Minerals Yearbook – 1999: Mercury*. USGS at www.usgs.gov.
- Riis, Carsten. Danmarks Apotekerforening. Personlig kommunikation, januar 2003.
- Rüsander, Finn G. Skrivelse dateret 23. september 1994, Forbud mod lægetermometre med kviksølv i Danmark.
- Sharp, Lennart. Dansk Autogenbrug. Personlig kommunikation, januar 2003.
- Strandmark, Lisbeth. Kühl, Jesper. Teglhøj, Peter. Miljøstyrelsen, København. *Samfundsøkonomisk analyse af bortskaffelse af borespåner behæftet med oliebaseeret boremudder*. Miljøprojekt nr. 736, 2002. Miljøstyrelsen, København.
- Stubsgaard, Anke. DHI. *Økologisk byfornyelse og spildevandsrensning, 5. Danske Piletræer*. Miljøstyrelsen.
- Sznopek, J.L. and Goonan, T.G. (2000): *The materials flow of mercury in the economies of the United States and the world*. USA Geological Survey Circular 1197, vers. 1.0, USA Geological Survey, Nov. 2000, downloaded fra <http://greenwood.cr.usgs.gov/pub/circulars/c1197/> in January 2001. Tilgængelig fra <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/mercury/>.
- Sørensen, Ole. Bombardier. Personlig kommunikation, november 2002.
- Thomsen, C. Personlig reference. Statoil, Kalundborg. November, 2002.
- UNEP Chemicals (2002): *Global Mercury Assessment*. Tilgængelig på www.chem.unep.ch/mercury/.
- Videncenter for halm- og flisfyring. Videnblad nr. 146, december 1999. dk-Teknik Energi og Miljø, Søborg.
- Videncenter for halm- og flisfyring. Videnblad nr. 147, marts 2000. dk-Teknik Energi og Miljø, Søborg.
- Wessel, Birger. Phillips. Personlig kommunikation, november 2002.

Wilhelm, Mark S. *Mercury in Petroleum and Natural Gas: Estimation of Emissions from Production, Processing, and Combustion*. U.S. Environmental Protection Agency, Washington. EPA-600/R-01-066. September 2001.

Bilag 1:

Indrappoteret antal fyldninger og antal tandudtrækninger

Indrappoteret antal fyldninger og antal tandudtrækninger, kilde:
Amtsrådsforeningen.

År	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
a-fyldning	548.532	452.155	400.240	?	378.493	340.535	300.567	274.272
b-fyldning	772.085	739.742	717.497	?	700.957	674.372	620.838	576.289
c-fyldning	362.135	335.360	303.901	?	289.547	277.939	279.000	259.627
Sum	1.682.752	1.527.257	1.421.638	?	1.368.997	1.292.846	1.200.405	1.110.188
Tandudtrækninger	350.677	356.425	364.695	?	365.015	363.106	352.755	354.519

Bilag 2:

Firmaer, der har været kontaktet som led i denne undersøgelse

Affaldscenter Århus, Århus
Amagerforbrænding I/S, København S
Amtsrådsforeningen
AV Miljø, Hvidovre
Averhoff Genbrug A/S, Århus
AVV, Hjørring
Banestyrelsen, København
Basta Danmark A/S, Korsør
Batteriforeningen, København K
Bedemændenes landsforening
Bendix Neon ApS., Viborg
Bie & Berntsen A-S, Rødovre
Bilka Indkøb A/S, Tilst
Bombardier
Bosch, Ballerup
Brancheforeningen for Høreapparater i Danmark
BR-Legetøj A/S, Top Toy, Roskilde
Canon Danmark, Søborg
Canon Europe, Holland
Center for Restprodukter, Hørsholm
Cheminova, Lemvig
Cirring Dental ApS
COOP Danmark, Albertslund
COWI, Lyngby
D34 Dental Aktieselskab af 1934, Rødovre
Daconet A/S, Skive
Dandental
Dankalk, Løgstør
Danmarks Apotekerforening
Dansk Autogenbrug, København
Dansk Gasteknisk Center DGC, Hørsholm
Dansk Genvinding A/S, Trige
Dansk Nordenta
Dansk Olie Genbrug A/S, Kalundborg
Dansk RestproduktHåndtering, DRH, Odense
Dansk Specialaffald AS, København S (Amager)
Dansk Tandlægeforening, København K.
Danske Fjernvarmeværkers Forening, Kolding
Dental-Partner Produktion ApS, Egå
Den-tec A/S, Virum
Det Danske Stålvalseværk, Frederiksværk
DONG, Hørsholm
DONG, Nybro, laboratoriet
ELEKTRO MILJØ A/S, Vejle
Elektroluma, Søborg

ELSAM, Fredericia
El-Supply, Nexø
ENERGI E2 A/S, Ballerup
Energistyrelsen, 7. kontor
EnviDan A/S, Silkeborg
Esbjerg Havn, Esbjerg
Eurocenter under Erhvervsfremmestyrelsen
FDM
Grundfos, Bjerringbro
Gunnar Lund Olieservice A/S, Esbjerg
H. J. Hansen Genvindingsindustri A/S, Odense
Hadsund Bys fjernvarmeværk, Hadsund
Haldor Topsøe A/S, Lyngby
Hals Metalindustri A/S, Hals
Hintze Holm APS
Hirtshals Havn, Hirtshals
Horsens Kraftvarmeværk, Horsens
Huch & Holm, Herlev
Ib Due's Guldvarefabrik I/S, Århus
IT og Telestyrelsen
Institut for Elektroniske Systemer, AUC
K.E. Mathiasen A/S, Brabrand
KARA I/S (Roskilde), Roskilde
Lundbeck, Valby
Kemira Danmark A/S, Fredericia
Kommunekemi a/s, Nyborg
Metaligen International ApS, Ringsted
Miljøfirmaet Pap & Plast A/S, Randers
Mærsk olie og Gas A/S
Nettodental, Risskov
Nicha Miljøteknik A/S, Vissenbjerg
NKT Cables A/S, Stenlille
Nomeco
Odense Kraftvarmeanlæg (ELSAM)
Phillips
Piesens Fiskeriartikler, Fjerritslev
Plantedirektoratet, Lyngby
RAMBØLL, Virum
Randers Reb A/S, Randers
Rasch Dental, Smørum
Rectus ApS, Viby J
RenoFlex, København S
Reno-Nord I/S, Aalborg
ReturBat, København
RGS 90 A/S, København
RS Components A/S, København NV
Ry Fotohandel
Ry Kommunale Tandpleje, Ry
Ry Kommune
SAYBOLT DANMARK A/S, København S
Scandinavian Calcium Oxide ApS, Løgstør
Scanfors A/S, Risskov
Shell Raffinaderiet, Fredericia
Shell, Kalundborg
Sigma-Aldrich, Vallensbæk
SMC

Special Waste System A/S, Nr. Alslev
Statens Seruminstitut, Kbh. S
Statoil, Kalundborg, København
Studstrupværket, ELSAM, Skødstrup
Søren Lindstrøm, tandlæge, Vejle
Tandlægehøjskolen, Panuminstituttet i Kbh.
Tandlægeskolen i Århus
TDC A/S, Tranbjerg
Tech-wise A/S, Fredericia
Thyborøn Havn, Thyborøn
Thyborøn Trawlbinderi A/S, Thyborøn
Uniscrap A/S Genvindingsindustri, Kolding
Uniscrap A/S Hasselager
VEGA I/S, Taastrup
Vejen Kraftvarmeværk A/S, Vejen
Vestforbrænding I/S, Glostrup
Videncenter for Halm & Træflisfyring, ved Dansk Teknologisk Institut,
Teknologiparken, 8000 Århus C
VN Legetøj A/S, Hasselager
Vrist-Cut, Harboøre
VWR International (tidl. Struers Kebolab), Albertslund
Østjydsk Dantal-Teknik ApS, Vejle
Aadum Autoophug
Aalborg Portland A/S, Aalborg