

Miljøprojekt Nr. 917 2004

# Massestrømsanalyse for bly 2000 - revideret udgave

Carsten Lassen, Claus Lübeck Christensen og Susanne Skårup  
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	13
1 INTRODUKTION	19
1.1 UNDERSØGELSENS FORMÅL OG METODE	19
1.2 HVAD ER BLY?	20
1.3 INTERNATIONALT MARKED	20
2 ANVENDELSER I DANMARK	23
2.1 RÅVARER OG HALVFABRIKATA	23
2.1.1 <i>Metallisk bly</i>	23
2.1.2 <i>Bly som kemiske forbindelser</i>	26
2.2 ANVENDELSE AF BLY SOM METAL	28
2.2.1 <i>Blyakkumulatorer</i>	28
2.2.2 <i>Bly i byggeriet</i>	32
2.2.3 <i>Ammunition</i>	37
2.2.4 <i>Skibskøle</i>	40
2.2.5 <i>Kabelkapper</i>	41
2.2.6 <i>Bly-tinlegeringer</i>	44
2.2.7 <i>Andre legeringer</i>	49
2.2.8 <i>Fiskeredskaber</i>	53
2.2.9 <i>Afbalancering</i>	59
2.2.10 <i>Afskærmning mod stråling</i>	62
2.2.11 <i>Andre anvendelser som metal</i>	64
2.2.12 <i>Sammenfatning</i>	70
2.3 ANVENDELSE AF BLY SOM KEMISK FORBINDELSE	72
2.3.1 <i>Blymønje</i>	72
2.3.2 <i>Pigmenter</i>	73
2.3.3 <i>Billedrør</i>	76
2.3.4 <i>Andet glas</i>	78
2.3.5 <i>PVC stabilisatorer</i>	83
2.3.6 <i>Glasurer og emaljer</i>	86
2.3.7 <i>Andre kemiske anvendelser</i>	88
2.3.8 <i>Sammenfatning</i>	93
2.4 OMSÆTNING AF BLY SOM FØLGESTOF	94
2.4.1 <i>Kul</i>	94
2.4.2 <i>Olie og biobrændsler</i>	96
2.4.3 <i>Biobrændsler</i>	97
2.4.4 <i>Cement</i>	97
2.4.5 <i>Jordbrugskalk, handelsgødning og foderstoffer</i>	98
2.4.6 <i>Sandblæsemidler</i>	99
2.4.7 <i>Andet</i>	99
2.4.8 <i>Sammenfatning</i>	101

<b>3</b>	<b>OMSÆTNING AF BLY MED AFFALDSPRODUKTER</b>	<b>103</b>
3.1	GENANVENDELSE AF METALLISK BLY	103
3.2	OMSÆTNING AF BLY MED ANDET SKROT	106
3.3	OMSÆTNING I ØVRIGT MED FAST AFFALD	109
3.3.1	<i>Affaldsforbrænding</i>	111
3.3.2	<i>Deponeringsaktiviteter</i>	114
3.3.3	<i>Biologisk affaldsbehandling</i>	116
3.4	OMSÆTNING MED OLIE- OG KEMIKALIEAFFALD	117
3.5	OMSÆTNING MED SPILDEVAND OG SPILDEVANDSSLAM	119
3.5.1	<i>Spildevand</i>	119
3.5.2	<i>Spildevandsslam</i>	122
3.6	SAMMENFATNING	124
<b>4</b>	<b>SAMMENFATTENDE VURDERING</b>	<b>127</b>
4.1	FORBRUGET AF BLY I DANMARK	127
4.2	BORTSKAFFELSE OG TAB AF BLY TIL OMGIVELSERNE	131
4.3	BLYBALANCE FOR DANMARK	136
	<b>REFERENCELISTE</b>	<b>138</b>
	<b>BILAG 1 BLYFORBINDELSER REGISTRERET I PRODUKTREGISTRET</b>	<b>145</b>
	<b>BILAG 2 STATISTISKE OPLYSNINGER OM IMPORT, EKSPORT OG DANSK PRODUKTION AF BLYHOLDIGE PRODUKTER FOR PERIODEN 1996-2000</b>	<b>146</b>
	<b>BILAG 3 FIRMAER, ORGANISATIONER, MM. DER HAR VÆRET KONTAKTET SOM LED I DENNE UNDERSØGELSE</b>	<b>154</b>

# Forord

Det overordnede formål med denne massestrømsanalyse er at få et opdateret billede af omsætningen af bly i Danmark og de udslip, som denne omsætning giver anledning til. År 2000 er brugt som referenceår i undersøgelsen. Undersøgelsens resultater kan således også anvendes ved fremtidige evalueringer af, hvilken effekt Blybekendtgørelsen (Bek 1012), som trådte i kraft pr. 1. marts 2001, har haft på omsætningen af bly i Danmark og udledningerne af bly til miljøet.

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

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

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

Undersøgelsen er gennemført i to faser fra slutningen af 2001 til starten af 2003. Rapporten er udarbejdet af en arbejdsgruppe bestående af Carsten Lassen, Claus Lübeck Christensen og Susanne Skårup, COWI.

Nærværende rapport fra april 2004 er en revideret udgave af rapporten fra december 2003. I forhold til 1. udgaven er der sket ændringer vedrørende den samlede omsætning af bly med benzinadditiver.



# Sammenfatning og konklusioner

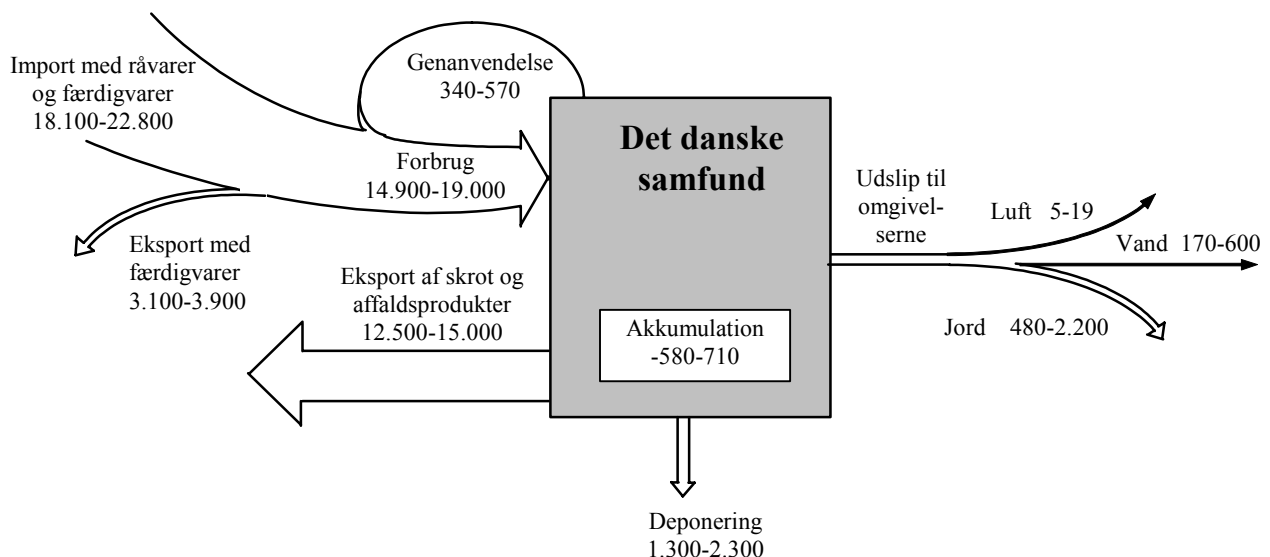
Der er gennemført en detaljeret massestrømsanalyse for bly, hvor anvendelsen af bly og spredningen af bly til omgivelserne i Danmark i 2000 er opgjort. Massestrømsanalysen er en opdatering af en tidligere massestrømsanalyse fra 1994. Undersøgelsen er gennemført i overensstemmelse med Miljøstyrelsens paradigme for massestrømsanalyser på baggrund af oplysninger fra Danmarks Statistik, brancheorganisationer, Produktregistret, personlig henvendelse til en lang række producenter, importører, videntcentre og offentlige institutioner samt litteraturstudier.

Undersøgelsen er gennemført med 2000 som referenceår og giver et billede af omsætningen af bly i Danmark, inden Blybekendtgørelsen trådte i kraft 1. marts 2001. For en række anvendelser af bly, som ifølge bekendtgørelsen ikke længere er tilladte, vil forbruget i skrivende stund (foråret 2003) derfor være betydeligt lavere end opgjort i undersøgelsen.

## *Blybalance*

Blybalancen for det danske samfund er sammenfattet i figur 1, som er en forenklet udgave af figur 5.1 (afs. 5.3). Set gennem de store briller er der ikke sket væsentlige ændringer i den samlede omsætning af bly i det danske samfund i perioden 1994 til 2000.

Figur 1  
Blybalance for det danske samfund i 2000. (Alle værdier i tons Pb/år)



## *Forbrug*

Forbruget af bly i 2000 fordelt på slutanvendelser fremgår af tabel 1. De væsentligste anvendelser af metallisk bly, for hvilke der ikke er sket markante ændringer, var akkumulatorer, byggematerialer, skibskøle, kobber- og tinlegeringer samt afbalanceringsklodser. Kabelkapper og haglpatroner er de eneste af de større anvendelsesområder, hvor der er set et markant fald fra 1994 til 2000, som skyldes, at bly er substitueret med andre materialer.

Importerede færdigvarer var ansvarlig for en væsentlig del af forbruget af bly med kemiske forbindelser. Brugen af blypigmenter i maling og plast og brugen af bly i glas og glasurer var næsten ophørt i dansk produktion i 2000, men dette synes ikke generelt at være tilfældet for resten af Europa. Der vurderes derfor at være en væsentlig import af bly med færdigvarer. De væsentligste anvendelser af bly som kemisk forbindelse var glas i krystalglas og billedrør, pigmenter i maling og plast samt stabilisatorer i PVC. I hårde PVC-produkter anvendtes blystabilisatorer i Danmark i samme grad som andre steder i Europa. I blødt PVC i kabler var blystabilisatorer substitueret i Danmark, mens blystabilisatorer stadig var de mest udbredte stabilisatorer til dette formål i Europa.

Omsætningen af bly som utilsigtet følgestof er primært knyttet til brugen af kul, og den samlede omsætning af bly som følgestof var i 2000 lidt mindre end i 1994 som konsekvens af et fald i forbruget af kul.

Tabel 1  
Forbrug af bly med færdigvarer i Danmark i 2000. (Alle værdier i tons Pb/år).

Produktgruppe	Forbrug tons Pb/år	% af Total
<b>Metallisk bly</b>		
Blyakkumulatorer	8.300-9.300	52
Byggematerialer	3.700-4.100	23
Skibskøle	240-740	2,9
Kabelkapper	350-380	2,2
Legeringer	360-700	3
Fiskeredskaber	530-910	4
Andet	257-913	3
<b>Kemiske forbindelser</b>		
Glas (inkl. billedrør)	660-980	5
PVC	440-570	3
Pigmenter i maling og plast	17-70	0,3
Andet	56-230	0,8
<b>Som følgestof</b>		
I brændsler	43-72	0,3
Andet	24-67	0,3
I alt (afrundet)	14.900-19.000	

Der har i undersøgelsen været særligt fokus på at beskrive en række mindre anvendelser som ikke - eller mindre detaljeret - har været omtalt i de tidligere massestrømsanalyser. Dette drejer sig blandt andet om:

- Bly som legeringselement i zink til varmforzinkning
- Bly til afbalancering af vindmøllevinger og ventilatorer
- Bly til strålebeskyttelse
- Piezoelektriske komponenter
- Blystabilisatorer og acceleratorer i elastomerer (gummi)
- Blyglas til optiske formål
- Fyrværkeri



- Superledere
- Pyrotekniske initiatorer i airbags, m.m.

For bly anvendt til piezoelektriske komponenter, superledere og pyrotekniske initiatorer ses en stigende tendens i forbruget. Set i forhold til det samlede forbrug bidrager disse anvendelser dog kun meget beskedent. I forhold til opgørelserne af de direkte tab til miljøet og kilder til spildevand har nogle af disse anvendelser betydning, idet fyrværkeri var blandt de væsentligste kilder af bly til luft, mens bly fra varmforzinkning vil være en mindre kilde til bly i spildevand. Bly i fyrværkeri er i dag jf. Blybekendtgørelsen forbudt.

#### *Tab til omgivelserne*

Bortskaffelse og tab af bly til omgivelserne fremgår af tabel 2. De samlede tab til omgivelserne var på 5-19 tons bly pr. år til luft, 170-600 tons bly til vand og 480-2.200 tons bly til jord.

#### *Luft*

De største kilder til udslip til luft var fyrværkeri, affaldsforbrænding, benzinadditiver, støbeaktiviteter og genvinding af jern og stål. En stor del af usikkerheden på den samlede opgørelse skyldes usikkerheden på opgørelsen af udslip fra brug af fyrværkeri, som skønnes til 1-8 tons bly. I de tidligere opgørelser af omsætningen af bly i 1985 og 1994 var benzinadditiver den væsentligste kilde til udslip til luft, men denne kilde er nu reduceret til 1,6-2 tons i Danmark.

#### *Vand*

Udslip til vandmiljøet skyldtes primært tab af fiskeredskaber og kabler efterladt på havbunden. Der er betydelig usikkerhed i forhold til, hvor store mængder bly der tabes i havet med fiskeredskaber til erhvervsfiskeri, mens tabene af bly fra lystfiskeri er relativt sikkert bestemt. Mængderne, der angives for kabler, udtrykker de samlede mængder bly der efterlades med kabler, der er taget ud af drift og ikke afgivelsen af bly fra kabler til det omgivende miljø. Der er i de senere år kommet øget fokus på området, og der vil fremover være krav om at fjerne søkabler, som er taget ud af drift. Kabler, som er taget ud af drift, er registreret i et centralt register.

Sammenlignet med de to nævnte kilder er udledninger med spildevand beskedne. I relation til spildevand udgjorde nedbørsbetingsede udløb, som ledes uden om kommunale renseanlæg, den væsentligste kilde til udslip til vandmiljøet, idet mere end 90% af det bly, som tilledtes renseanlæggene, blev tilbageholdt med slammet. Den altovervejende kilde til bly i spildevand, som tilførtes renseanlæg, vurderes i lighed med de tidligere undersøgelser at være blyoxider, som afvaskes fra blyinddækninger på tage eller blytage på historiske bygninger. Der skal bemærkes, at der er en betydelig usikkerhed på opgørelsen af disse kilder, og kilderne estimeres på det foreliggende grundlag at være større end de samlede mængder bly, der tilledes renseanlæg. Det ændrer dog ikke ved, at afvaskningen fra tage vurderes at være den største kilde til bly i spildevand - et resultat, som også er fundet i andre lande.

#### *Jord*

Kabler tegner sig også for det største tab til jordmiljøet, men det skal understreges, at det er vanskeligt at sige, hvor mange af kablerne der senere vil blive fjernet i forbindelse med gravearbejder. Der ligger omkring 150.000 tons bly med kabler i jorden i Danmark, og der er de senere år kommet øget fokus på at fjerne kabler, som tages ud af drift. Den anbefalede praksis er i dag at fjerne kabler, som tages ud af drift - eventuelt i forbindelse med senere gravearbejder i det tracé, hvor kablet ligger. Men det er uklart, hvor mange kabler der senere

vil blive fjernet på denne måde. Ligesom for søkablerne udtrykker den skønnede mængde den samlede mængde bly, der efterlades med kabler - og er ikke et udtryk for afvaskningen fra kablerne til den omgivende jord.

Ud over kabler er ammunition den væsentligste kilde til tab til jord. Sammenlignet med de tidligere undersøgelser er der sket et væsentligt fald i mængden, der spredes med ammunition; primært opnået gennem et forbud mod brug af blyhagl. Andre kilder til bly til jord er tab fra skrotpladser og fra akkumulatører i forbindelse med brud. Det er meget vanskeligt at opgøre disse kilder, da der vil være tale om meget spredte aktiviteter.

#### *Genvinding*

Der foregår en omfattende indsamling af affald indeholdende metallisk bly og blyholdigt støv i Danmark. Foruden blyaske og støv fra stålfremstilling og støberier (490-670 tons bly) indsamledes i 2000 væsentlige mængder blyakkumulatører (10.000-11.000 tons bly), inddækningsbly (600-1.200 tons bly), kobberlegeringer (370-650 tons) og kabler (580-690 tons bly). Indsamling af blyglas fra billedrør til genindvinding i udlandet tegnede sig for 90-260 tons, mens der blev indsamlet 18-50 tons bly med PVC til genvinding. Samlet blev der indsamlet 12.800-15.600 tons bly til genvinding.

Størsteparten af skrottet og de øvrige affaldsprodukter eksporteredes til genvinding i udlandet. Kabler blev dog i høj grad oparbejdet i Danmark, ligesom der skete en import af kabler til oparbejdning. Produktet af oparbejdningen blev dog i de fleste tilfælde eksporteret. Recirkulationen af bly i Danmark i 1994 vurderes at være af størrelsen 340-570 tons.

#### *Deponering*

Der blev årligt bortskaffet i størrelsesordenen 1.300-2.300 tons bly til deponier (herunder vejanlæg o.l.). De største bidrag kom fra restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg (630-980 tons bly) og affald fra bilfragmenteringsanlæg (380-700 tons bly) og fiskeredskaber (170-340 tons bly). Ud over den angivne mængde fiskeredskaber, der direkte deponeres, vil der også være en mindre mængde der bortskaffes til forbrændingsanlæg og dermed indgår i de 630-980 tons bly fra forbrændingsanlæggene.

#### *Ophobning i samfundet*

På grund af usikkerhederne på opgørelserne af forbrug, eksport af skrot og affaldsprodukter samt tab til omgivelser og deponi kan det ikke fastslås, om der i 2000 skete et mindre fald eller en mindre stigning i den samlede mængde af bly der med færdigvarer er ophobet i samfundet. De største blylagre i samfundet vurderes at findes i kabler (100.000-200.000 tons bly), tage og inddækninger (80.000-120.000 tons bly) og akkumulatører (30.000-40.000 tons). Hertil kommer i størrelsesordenen 40.000-100.000 tons, som findes i skibskøle, bly til strålingsbeskyttelse, elektronik, kobberlegeringer, PVC, blyglas og andre produkter. Samlet vurderes det således, at der i samfundet er akkumuleret 260.000- 460.000 tons bly med blyholdige produkter.

Tabel 2  
Bortskaffelse og tab af bly til omgivelserne i Danmark i 2000.

Produkt/anvendelse	Skønnet tab (tons Pb/år) til:				
	Luft	Vand <sup>1)</sup>	Jord	Deponi	I alt (afrundet)
<b>Industrielle processer</b>	-	-	-	-	
Støbeaktiviteter <sup>4)</sup>	0,1-3	-	-	-	0,1-3
Fremstilling af jern og stål	0,51	-	-	52	53
Glasfremstilling og keramiske produkter	0,09-1,1 <sup>3)</sup>	-	-	0,5-1,2	0,59-2,3
Andet	0,13-0,15	2-4	-	-	2,1-4,2
<b>Energifremstilling</b>	0,2-0,59	-	0,9-1,7	12-19	13-21
<b>Anvendelse af produkter</b>					
Blytage og inddækninger	-	-	3-25	-	3-25
Ammunition	-	-	43-68	-	43-68
Fiskeredskaber	-	117-290	-	- <sup>5)</sup>	120-290
Blymønje, maling og andre kemiske forbindelser	-	1-3	7-22	-	8-25
Gødning, foderstoffer og kalk	-	-	4-11	-	4-11
Fyrværkeri	1-8	-	-	-	1-8
Andet	1,6-2	-	2,6-11	-	4,2-13
<b>Affaldshåndtering</b>					
Affaldsforbrænding/deponering/biologisk affaldsbehandling <sup>2)</sup>	1,1-3,6	0,01-0,18	5,7-9,1	850-1.460	860-1.500
Olie- og kemikalieaffald	0,061-0,075	<0,001	-	37	37
Spildevand og spildevandsslam	0,02-0,09	2,6-6,8	3,8-5,1	6,1-7,4	13-19
Kasserede kabler	-	50-300	400-2.000	-	450-2.300
Håndtering af skrot	-	0,03-0,19	6-30	380-700	390-730
<b>I alt (afrundet)</b>	<b>5-19</b>	<b>170-600</b>	<b>480-2.200</b>	<b>1.300-2.300</b>	<b>2.000-5.100</b>

- 1) Omfatter ikke udledninger af bly til spildevandsafløb fra den enkelte proces.
- 2) Deponering omfatter ikke restprodukter fra affaldsbehandling og energifremstilling, der er ført under de enkelte processer.
- 3) Emissionerne fra glasfremstilling er efter 2000 mindsket markant på grund af forbedret røg-gasrensning.
- 4) Omfatter også ikke-industrielle støbeprocesser.
- 5) Fiskeredskaber til deponi indgår under "Affaldsforbrænding/deponering...".



# Summary and conclusions

This report presents a detailed analysis of lead consumption and emissions to the environment in Denmark in 2000. The substance flow analysis is an update of a previous analysis from 1994.

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 using year 2000 as reference year and presents a comprehensive overview of the turnover of lead in Denmark, before the Danish statutory order on lead came into force on March 1, 2002. For a number of applications, which according to the statutory order is no longer allowed, the consumption at the time of writing (spring 2003) will be considerably lower than estimated in the investigation.

## *Consumption*

Consumption of lead by applications in 2000 is shown in Table 1. The principal uses of lead, for which no significant changes have taken place, were lead for accumulators, building materials (flashing and roofs), keels, copper and tin compounds, and balancing weights. Cable sheets and lead shots are the only major application areas, in which a significant decrease in consumption has taken place from 1994 to 2000, because lead has been replaced by other materials.

Imported finished goods accounted for the major part of the consumption of lead compounds. The use of lead pigment in paints and plastics, and the use of lead for glass and glazing had nearly come to an end in Danish production of consumer goods. This seems, however, not to be generally true for the rest of Europe. Consequently, the import of lead with finished goods is estimated to be significant. The principal applications of lead compounds were lead in crystal glass and cathode ray tubes, pigments in paints and plastics and stabilisers in PVC. In rigid PVC products lead stabilisers were used in Danish production to the same extent as in the rest of Europe. In soft PVC for cables, lead stabilisers have been replaced by other stabilisers, whereas lead stabilisers are still the main choice for this application in Europe as a whole.

The unintentional turnover of lead as impurity is mainly associated with the use of coal, and the total turnover of lead as an impurity was in 2000 slightly lower than in 1994 due to a decrease in the consumption of coal.

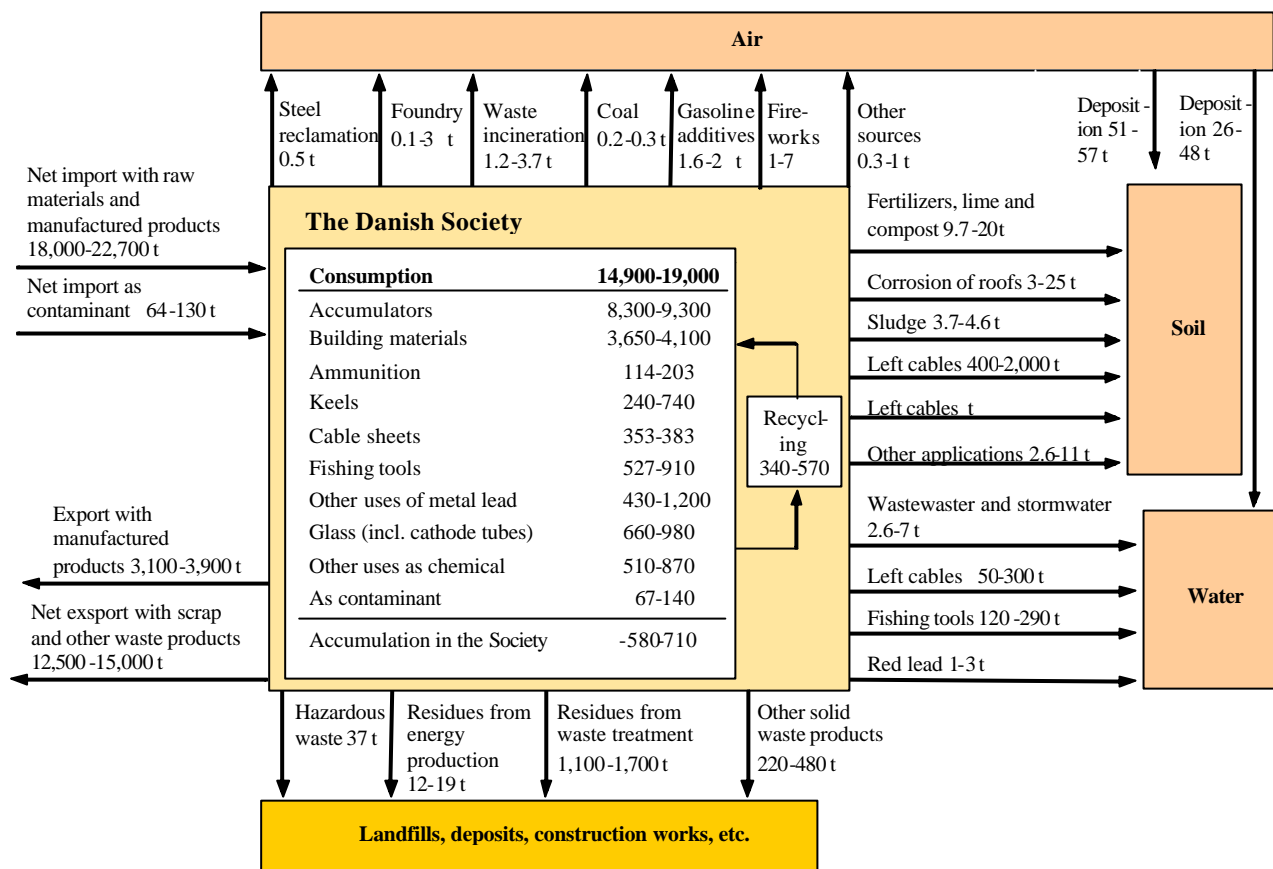
Table 1  
Consumption of lead in Denmark in 2000

Product group	Consumption tonne Pb/year	% of total	Trend
<b>Lead metal</b>			
Accumulators	8,300-9,300	52	Increasing
Building materials	3,700-4,100	22.9	Stagnant
Ammunition	110-200	1.0	Decreasing
Keels	240-740	3.0	Varying
Cable sheets	353-383	2.2	Decreasing
Lead-tin alloys	190-350	1.6	Stagnant
Other alloys	170-350	1.5	Stagnant
Fishing tools	530-910	3.8	Decreasing
Other uses as metal	76-160	0.4	Stagnant
<b>Chemical compounds</b>			
Red lead	0.5-2	<0.1	Decreasing
Pigments	17-70	0.3	Decreasing
Cathode ray tubes	520-640	3.0	Stagnant
Other glass (mainly crystal glass)	140-340	1.4	Stagnant
PVC	440-570	3.0	Stagnant
Ceramics	40-150	0.6	Stagnant
Other uses as chemical	15-76	0.3	Different
<b>Turnover as impurity</b>			
Coal	40-67	0.3	Decreasing
Oil products	<0.12	<0.1	Stagnant
Biofuels	2.7-5.1	<0.1	Increasing
Cement	13-26	0.1	Stagnant
Fertilizers and feedstuff	3.5-9.7	<0.1	Stagnant
Lime	0.5-1.1	<0.1	Decreasing
Sand blasting	2.9-6.1	<0.1	Stagnant
Other turnover	4-24	<0.1	Different
<b>Total (rounded)</b>	<b>14,900-19,000</b>	<b>100</b>	

### Lead balance

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

Figure 1  
Lead balance for the Danish society in 2000. (All figures in tonnes Pb/year)



### Small applications

Investigation has focused particularly on the description of a number of minor application areas which have only been briefly described - or not described at all - in the previous substance flow analyses.

Among other applications it includes:

- Lead as alloying element in zinc used for hot-dip galvanising
- Lead for balancing windmill wings and ventilators
- Lead used for radiation shielding
- Piezoelectric components
- Lead stabilisers and accelerators for elastomers ("synthetic rubbers")
- Lead glass for optical applications
- Fireworks
- Superconductors
- Pyrotechnic initiators in airbags, etc.

For lead used for piezoelectric components, superconductors and pyrotechnic initiators the consumption is increasing, but these applications account for only a modest part of the total consumption. In terms of direct releases to the environment some of the applications are of significance, as fireworks were among the major sources of releases of lead to the air, whereas lead from hot-

dip galvanised products was a minor source of lead to wastewater. Lead in fireworks is now prohibited according to the statutory order on lead.

#### *Releases to the environment*

Disposal and releases of lead to the environment are shown in Table 2. The total releases to the environment amounted to 5-19 tonnes of lead to air, 170-600 tonnes of lead to water and 470-2,200 tonnes of lead to soil.

#### *Emissions to air*

Principal sources of emissions to air were fireworks, solid waste incineration, gasoline additives, casting and iron and steel reclamation. A major part of the uncertainty of the total estimate is due to the uncertainty of the estimate of the releases from fireworks, which is estimated at 1-8 tonnes of lead. In the previous analyses of the turnover of lead in 1985 and 1994, gasoline additives were the major source of lead emissions to air. This source was 1.6-2 tonnes in Denmark in 2000.

#### *Discharges to aquatic environments*

Main sources of releases to aquatic environments were loss of fishing tools and cables left at the sea floor. The total amounts lost by the use of fishing tools by the fishing trade are quite uncertain, whereas the losses from angling are very certain, as almost all tools used for angling will be lost to the sea. The quantity indicated for cables does not represent the release of lead from the cables to the sea water, but the total quantity taken out of service and left on the sea floor (estimated annual average). In recent years more focus has been directed to the issue, and in the future removal of submarine cables taken out of service will be required. Cables taken out of service are recorded in a centralised register.

Compared to these two sources the discharge with wastewater is small. Storm water drained directly to recipients represented the main part of lead discharged with wastewater/storm water, as more than 90% of the lead entering sewage treatment plants was retained with the sludge. The predominant source of lead to municipal wastewater is in accordance with the previous analyses estimated to be lead oxides corroded from lead flashing and lead roofs on historical buildings. It should be noted that the estimate of these sources is subject to significant uncertainty, and the sources are on the basis of the present knowledge estimated to be larger than the total amount of lead entering sewage treatment plants. However, it does not affect the fact that corrosion from flashing and roofing is estimated to be the major source of lead to wastewater - a result that is in agreement with results obtained in other countries.

#### *Releases to soil*

Cables left in the ground account for the major loss of lead to the soil environment but it should be noted that it is difficult to state how many of the cables that will later be removed by future excavation activities. In total some 150,000 tonnes lead in cables are placed in the earth in Denmark, and in recent years more focus has been attached to the removal of cables, which are abandoned. The recommended practice is to remove abandoned cables, when the track is later excavated, but it is unclear how many of the cables will actually be removed eventually. As it is the case for the submarine cables the estimated amount represents the amount left in the ground, not the release of lead from cables to the surrounding ground.



Besides cables, ammunition is the principal source of lead releases to the soil. Compared to the previous substance flow analyses, the amount of lead spread by ammunition has decreased substantially; primarily as a consequence of the ban on the use of lead shot. Other sources of releases to soil are releases from scrap storages and releases from broken accumulators. As these activities are rather dispersed, the estimation of these sources is very difficult and the estimates consequently very uncertain.

### *Recycling*

Extensive collection of waste containing lead metal and dust takes place in Denmark. Besides ashes and dust from steel reclamation and foundries (490-670 tonnes lead) considerable amounts of lead accumulators (10,000-11,000 tonnes of lead), lead flashing (600-1,200 tonnes of lead), copper alloys (370-650 tonnes) and cables (580-690 tonnes of lead) were collected. Collection of lead glass from cathode ray tubes for recovery abroad accounted for 90-260 tonnes, whereas 18-50 tonnes of lead was collected with PVC for recovery.

In total 12,800-15,600 tonnes of lead were collected for recovery in Denmark in 2000.

The major part of the scrap was exported for recovery abroad. However, a significant part of the cables were recovered in Denmark, and cables were imported as well for recovery in Denmark. The products of the recovery were mainly exported. Recycling of lead within the Danish society is estimated at 340-570 tonnes.

### *Landfilling*

About 1,300-2,300 tonnes of lead was landfilled (including deposits, construction work etc.). The main sources were residues from solid waste incineration (630-980 tonnes of lead) and shredder waste (380-700 tonnes of lead) and fishing tools (170-340 tonnes of lead).

### *Stock building*

Due to the uncertainty of the estimated consumption, the disposal of waste, the export of scrap and waste products, and releases to the environment it is not possible to estimate whether the total amount of lead accumulated in products in use in the society was slightly increased or decreased in 2000. The stock in the society comprises lead in cables (100,000 -200,000 tonnes of lead), roofs and flashing (80,000-120,000 tonnes of lead corresponding to 30 years' consumption) and batteries (30,000- 40,000 tonnes corresponding to four years' consumption). Additionally 40,000-100,000 tons are accumulated in keels, X-ray laboratories, electronics, PVC, glass and other products. In total, the stock is estimated at 220,000- 410,000 tonnes of lead.



# 1 Introduktion

## 1.1 Undersøgelsens formål og metode

Det overordnede formål med denne massestrømsanalyse er at få et opdateret billede af omsætningen af bly i Danmark og de udslip, som denne omsætning giver anledning til. År 2000 er brugt som referenceår i undersøgelsen. Undersøgelsens resultater kan således anvendes ved fremtidige evalueringer af, hvilken effekt Blybekendtgørelsen (Bek 1012), som trådte i kraft pr. 1. marts 2001, har haft på omsætningen af bly i Danmark og udledningerne af bly til miljøet.

Omsætningen af bly i Danmark i midten af 1980'erne og midten af 1990'erne er relativt velbeskrevet, idet der for årene 1985 (Hansen & Busch 1989) og 1994 (Lassen & Hansen 1996) foreligger massestrømsanalyser. Analyserne indeholder detaljerede oplysninger om alle større anvendelsesområder for bly og alle væsentligste kilder til udledning af bly til omgivelserne. Metallisk bly bruges dog også til en lang række mindre anvendelser, og massestrømsanalyserne indeholder ikke detaljerede oplysninger om brugen i Danmark for alle disse anvendelser. I forbindelse med arbejdet med Blybekendtgørelsen er Miljøstyrelsen således blevet bekendt med enkelte anvendelser, som ikke har været dækket af analyserne. Da import og salg af produkter, der indeholder metallisk bly, kun er forbudt for produkter, der specifikt er nævnt i bilag 2 til Blybekendtgørelsen, har der været behov for at få et detaljeret kendskab til alle anvendelser af metallisk bly i Danmark.

I undersøgelsen har der derfor været fokus på at opdatere tal for de kendte anvendelser og yderligere beskrive de mindre anvendelsesområder for metallisk bly.

### *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 paradigmet angives som "detaljeret niveau".

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

For information indhentet fra litteratur, statistikker, videntcentre og offentlige institutioner er der generelt givet referencer til datakilderne. Oplysninger fra virksomheder, forhandlere og importører anvendes generelt uden kildehenvisning, da dette 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.

## 1.2 Hvad er bly?

Bly er et grå-hvidt metal. Den kemiske formel er Pb, og atomvægten er 207,19. Bly er karakteristisk ved at have et relativt lavt smeltepunkt på 327,5°C, mens kogepunktet er på 1.750°C. Det er blødt og dermed let at arbejde, har en høj massefylde (11,3 g/cm<sup>3</sup>) og korroderer yderst langsomt.

Bly forekommer i malme oftest sammen med andre metaller især sølv, zink og kobber og udvindes sammen med disse. Omkring to tredjedele af verdens produktion af bly udvindes sammen med zink (Ayres et al. 2002).

## 1.3 Internationalt marked

På trods af international udfasning af bly til en række formål ses der en stadig stigning i brugen af bly i såvel hele verden som i den vestlige verden. Som det fremgår af Tabel 1.1 er der sket et markant fald i brugen af bly med benzintilskud, mens forbruget med blyakkumulatorer er steget fra at udgøre 39% af det samlede blyforbrug i 1970 til i 2000 at tegne sig for 75% af forbruget. For de øvrige anvendelsesområder ses kun mindre ændringer, når der ses på hele anvendelsesområdet samlet.

Den samlede omsætning af bly med pigmenter og andre blyforbindelser har i perioden været stigende, selv om andelen, som disse anvendelser udgør af det samlede forbrug, er faldet fra 11% i 1970 til 9% i 2000. Denne stigning skyldes en stigning i omsætningen af bly med andre forbindelser - især til glas - mens der samtidig er sket et fald i forbruget af pigmenter.

Som det fremgår af tabellen, modsvares stigningen i forbruget af bly ikke af en tilsvarende stigning i mineproduktionen. Dette er udtryk for, at genvinding tegner sig for en stadig større del af forbruget. Mere end halvdelen af forbruget i hele verden var i 2001 således baseret på genanvendt bly. Det er især genvinding af bly i blyakkumulatorer, som trækker læsset.

Der er ikke umiddelbart udsigt til mangel på bly. De opgjorte reserver for bly udgjorde i 2000 64 mio. tons, mens reservebasen udgjorde 130 mio. tons, svarende til henholdsvis 21 og 42 års forbrug på det nuværende niveau (USGS 2002b). De samlede identificerede ressourcer udgjorde imidlertid mere end 1.500 mio. tons, svarende til ca. 500 års forbrug på det nuværende niveau.

Hvis man zoomer ind på forbruget af bly med pigmenter og andre kemiske forbindelser, ses der markante ændringer i forbruget mellem 1990 og 2000. Billedrør udgør en stigende del af forbruget af kemiske blyforbindelser, og andre additiver til maling udgør en faldende del.

Tabel 1.1  
Udviklingen i forbruget af bly i OECD-landene fra 1970 til 2000.

Anvendelsesområde	Forbrug (1000 tons Pb)		
	1970 <sup>1)</sup>	1990 <sup>1)</sup>	2000 <sup>2)</sup>
Blyakkumulatorer	1.200	2.100	4.200
Kabelkapper	370	170	ikke angivet <sup>5)</sup>
Blyplader og profiler	370	300	340
Ammunition	120	100	170
Legeringer indeholdende bly	210	130	220
Benzinadditiver	310	67	56
Pigmenter og andre blyforbindelser	340	340	510
Andet	150	130	110
I alt for OECD-landene	3.050	3.365	5.612 <sup>3)</sup>
Forbrug i hele verden	4.502	5.627	6.494 <sup>3)</sup>
Mineproduktion i hele verden (1.000 tons Pb) <sup>4)</sup>	3.390	3.370	3.100

- 1) Baseret på procentangivelser i (OECD 1993).
- 2) Kilde: (LDAI 2002). Det er i referencen ikke specifikt angivet, om fordelingen kun vedrører OECD-landene, men tilsvarende fordelinger kan findes i (ILZSG 2002), hvor de angives at dække "Western World".
- 3) Kilde: ILZSG 2002. I referencen anvendes betegnelsen "Western World".
- 4) Kilde: USGS 2002a.
- 5) Ifølge den Europæiske Metalsammenslutning repræsenterede kabelkapper i 1997 3% af forbruget i hele verden og 5% af det europæiske forbrug (Eurometaux 1997).

Ifølge Tukker et al. (2001) er der i perioden 1990 til 2000 kun sket ganske små ændringer i forbruget af blyforbindelser i EU. I perioden fra 1990 til 1998 faldt det samlede forbrug af bly til produktion af kemiske forbindelser i EU fra 203.000 tons til 193.000 tons (Tukker et al. 2001). Det har ikke været muligt at fremskaffe opgørelser for 2000, der dækker alle OECD-lande.

Det europæiske marked for henholdsvis blyholdige pigmenter og PVC-stabilisatorer er yderligere omtalt i afs. 2.3.2 og afs. 0.

Tabel 1.2  
Forbruget af blyforbindelser i OECD-landene 1970 og 1990 (baseret på OECD 1993).

Anvendelsesområde	1970 (1000 tons Pb) <sup>1)</sup>	1990 (1000 tons Pb) <sup>1)</sup>
<b>Glas</b>		
Billedrør	56	140
Krystalglas	50	51
Specialglas	19	14
Lyskilder	19	10
<b>Andre forbindelser</b>		
Pigmenter og stabilisatorer til plastik	56	78
Glasurer	31	31
Pigmenter og sikkativer i maling	69	14
Keramik	16	7
I alt	316	345

- 1) Omtrentlige mængder baseret på procentangivelser og totalmængder i (OECD 1993).



## 2 Anvendelser i Danmark

### 2.1 Råvarer og halvfabrikata

#### 2.1.1 Metallisk bly

Den af Danmarks Statistik (DS 2000) registrerede import, eksport og produktion af råvarer og halvfabrikata af metallisk bly og blylegeringer for årene 1995-2000 er samlet i bilag 2. På basis heraf og det anslåede indhold af bly i de enkelte varegrupper er der i Tabel 2.1 foretaget en vurdering af forsyningen af bly med råvarer og halvfabrikata i Danmark. Import og eksport af bly med skrot fremgår af tabel 2.1. I tabellen er der endvidere angivet import og eksport og produktion af de råvarer af tin- og kobberlegeringer, som vurderes at kunne have et væsentligt indhold af bly.

#### *Blymalm*

Der foregår ingen primær produktion af bly i Danmark. Der var i 2000 en registreret import af blymalm. Der er ikke registreret en import de foregående fem år, og importen af blymalm i 2000 formodes derfor at dække over en fejlindberetning.

#### *Dansk produktion og eksport*

Der foregår en dansk produktion af sekundært bly i tilknytning til oparbejdning af kabelkapper og andre blyholdige produkter (jf. afs. 2.2.5). Blyet fra produktionen bliver overvejende eksporteret. Den samlede registrerede danske produktion af ikke-forarbejdede blyråvarer var på 440 tons raffineret bly, hvilket er væsentligt under den faktiske produktion af sekundært bly i Danmark, som jf. afs. 2.2.5 var på ca. 970-1.200 tons. Den registrerede eksport på samlet 2.200 tons blyråvarer er til gengæld noget større end den danske produktion, hvilket kan skyldes, at der er sket en eksport af bly fra lagre i forbindelse med flytningen af den danske produktion af blyakkumulatorer til udlandet (se nedenfor).

Eksport af "andre varer af bly" omfatter primært eksport af blykøle (jf. afs. 2.2.4).

#### *Raffineret og uraffineret bly*

Raffineret bly er tidligere blevet anvendt til produktion af blyakkumulatorer, og forsyningen af raffineret bly er faldet markant med ophøret af blyakkumulatorproduktion i Danmark. Fra 1998 til 1999 steg eksporten fra ca. 200 tons til 13.379 tons, hvilket formodes at være knyttet til flytningen af den danske blyakkumulatorproduktion. En del af eksporten i 2000 kan muligvis også være knyttet til denne flytning.

Den registrerede import af raffineret bly formodes at omfatte bly til fremstilling af kabler med blykappe, og mængden svarer meget vel til det oplyste forbrug til produktion (jf. afs. 2.2.5).

Tabel 2.1  
 Import, eksport og produktion af bly med metaliske råvarer 2000.

Halvfabrikata	Blyindhold %	Produktion Tons Pb/år	Import Tons Pb/år	Eksport Tons Pb/år	Forsyning Tons Pb/år
<b>Bly og blylegeringer</b>					
Blymalm	5-95	-	0,78-15	-	1-15
Uraffineret bly	95	-	450	0,38	450
Raffineret bly	99	440	1.400	1.700	140
Bly-antimon legeringer	91-97	-	1.400	180-190	1.220-1.210
Andre blylegeringer	91-97	-	6-6,4	230-250	-224--244
Stænger, profiler og tråd	99	220	270	23	467
Bånd og folie (<0,2 mm)	99	-	26	-	26
Plader og bånd (>0,2 mm)	99	-	3.300	97	3.203
Rør og rørfittings	95	-	-	0,67	-1
Fladvalset jern/ulegeret stål, beslag eller overtrukket med bly, yderligere forarbejdet	0-1	-	-	0-5	0--5
Andre varer af bly	85-95	-	750-830	910-1.000	-160--170
<b>Tinlegeringer</b>					
Tinlegering, ubearbejdet	10-20	...	1,1-2,1	0,31-0,62	1
Stænger, profiler og tråd	40-60	...	140-220	15-22	125-198
Andre varer af tin	35-40	1,1-1,2	30-34	1,3-1,5	30-34
<b>Kobberlegeringer</b>					
Stænger af kobber-zink legeringer	2-3	-	560-840	18-26	542-814
Rør af kobberlegeringer (andre end messing, nysølv og cupronikkel)	3-7	-	7-16	1,1-2,5	6-14
I alt (afrundet)	-	660	8.300-8.800	3.200-3.300	5.800-6.200

Note: "... " diskretioneret i statistikken

#### *Uraffineret bly*

Uraffineret bly blev i 2000 hovedsageligt anvendt til støbning af tagplader (jf. afs. 2.2.2), støbning af synk til fiskeredskaber (jf. afs. 2.2.8) og andre støbte emner. Det skal bemærkes, at der i 1994, som den tidligere massestrømsanalyse vedrører, var en negativ forsyning af uraffineret bly, hvilket indikerer, at der kan være en vis variation i, hvorledes blyråvarerne registreres.

#### *Bly-antimon legeringer*

Bly-antimon legeringer anvendtes i 2000 til støbning af skibskøle, og den registrerede import svarer stort set til forbruget til dette formål (jf. afs. 2.2.4). Bly-antimon kan også være basislegering for fremstilling af hvidtmetal (jf. afs. 2.2.6), men anvendelsen til dette formål er marginal. Importen har været relativt stabil i en længere årrække.

#### *Andre blylegeringer*

Andre blylegeringer kan omfatte bly-tellur og lignende legeringer, som har været anvendt til kabelfremstilling (jf. afs. 2.2.5), men bly importeret til dette formål synes at være ført under raffineret bly. Der har en årrække været en negativ forsyning, hvilket må skyldes, at der foregår en eksport af eksempelvis sekundært bly fra kabler, som dog ikke er ført under produktion.



### *Stænger, profiler og tråd*

Blyprofiler anvendes til blyindfattede ruder og til afskærmning over for røntgenstråling (jf. afs. 2.2.2 og afs. 2.2.10), mens blytråd anvendes til produktion af ammunition og fiskeudstyr (jf. afs. 2.2.3 og afs. 2.2.8). Forsyningen har været relativt stabil i en årrække.

### *Plader og bånd*

Blyplader og -bånd anvendes langt overvejende til inddækningsbly i byggeriet (jf. afs. 2.2.2) og i mindre omfang til afskærmning mod stråling (jf. afs. 2.2.10).

### *Bånd og folie*

Forsyningen af bånd og folie <0,2 mm af bly var i 2000 på 26 tons, mens den som gennemsnit for perioden 1995-2000 har været på 12 tons. Bånd og folie af bly anvendes dels til dekorationsformål, dels til beskyttelse af røntgenfilm (jf. afs. 2.2.10).

### *Andre varer*

Eksporten af andre varer af bly omfatter hovedsageligt køle af bly til sejlbåde (jf. afs. 2.2.4). Importen er steget væsentligt fra under 200 tons/år i perioden 1995-98 til 683 tons i 1999 og 878 tons i 2000. Der kan evt. være tale om import af køle til produktion af lystbåde i Danmark, men en sådan stigning i importen har ikke kunnet bekræftes af aktører på markedet.

### *Tin og tinlegeringer*

Ubearbejdet tinlegering antages primært at være hvidtmetal, som anvendes til produktion af lejeforminger m.m. Stænger, profiler og tråd af tin omfatter primært loddetin i tråd, mens andre varer af tin antages primært at omfatte bly-tinlegeringer, som anvendes til elektronik (jf. afsnit 2.2.6).

### *Kobberlegeringer*

En række kobberlegeringer vil - afhængigt af bearbejdningsmetode - kunne indeholde bly. Eksempelvis indeholder messing, som bearbejdes ved smedning eller spåntagende bearbejdning, typisk 2-3% bly, mens andre typer messing ikke gør. I Tabel 1.1 er kun varenumre, som dækker råvarer af kobberlegeringer, som antages at indeholde bly i væsentlige mængde, taget med. Stænger af kobber-zinklegeringer antages på baggrund af massestrømsanalyse for kobber (Lassen et al. 1996) langt overvejende at være stænger, som forarbejdes ved smedning eller spåntagende bearbejdning til armaturer, ventiler, pumper og en lang række andre messingdele (jf. afsnit 2.2.7). Rør af kobberlegeringer (andre end messing, nysølv og cupronikkel) antages - ligeledes på baggrund af massestrømsanalyse for kobber - primært at være rør af rødgoods, som forarbejdes ved spåntagende bearbejdning. I statistikker er der desuden oplysninger om en forsyning af "Kobber-tinlegeringer" på 2.177 tons. En del af dette vil udgøres af rødgoods, som typisk indeholder 2-6% bly. Ifølge oplysninger fra råvareleverandører vil 300-500 tons af kobber-tinlegeringerne indholde bly.

### *Sammenfatning*

For de råvarer, som anvendes til støbning og ekstrudering, er det muligt at lave en balance, hvor det anslåede forbrug sammenholdes med de importerede råvarer. Den samlede registrerede forsyning af ubearbejdet bly og blylegeringer angivet i Tabel 1.1. som "Raffineret bly", "Uraffineret bly", "Bly-antimon legeringer" og "Andre blylegeringer" var i 2000 på 1.520-1.640 tons, mens det anslåede forbrug til produktion af produkter var på 2.700-3.200 tons (jf. Tabel 1.2). Forskellen synes primært at bero på, at kun en del af den danske produktion af sekundært bly tilsyneladende er registreret i statistikken,

samt at råvarerne til produktion af tagplader ikke registreres, da der er tale om en omsmelting af de gamle tagplader.

I 1994 blev der samlet anvendt omkring 6.000 tons bly/år til industrielle processer i Danmark. Der er således sket et væsentligt fald i forbruget af bly som råvare som konsekvens af flytningen af den danske blyakkumulatorproduktion og nedgang i produktionen af kabler med blykappe.

Tabel 2.2  
Forbrug af råvarer af ubearbejdet bly til støbning eller ekstrudering i Danmark; i år 2000.

	Forbrug til produktion Tons Pb år
<b>Støbning</b>	
Skibskøle	1.200-1.400
Tagplader	250-400
Fiskeredskaber til professionelle	75-150
Orgelpiber	3-5
Kontravægte, balancevægte mm.	20-80
Hjemmestøbning	14-40
<b>Ekstrudering</b>	
Kabler	1.150
I alt (afrundet)	2.700-3.200

## 2.1.2 Bly som kemiske forbindelser

Den af Danmarks Statistik (DS 2000) registrerede import, eksport og produktion af blyholdige kemiske forbindelser for årene 1995-2000 er samlet i bilag 2. På basis heraf og det anslåede indhold af bly i de enkelte varegrupper er der i Tabel 2.3 foretaget en vurdering af forsyningen af bly med kemiske forbindelser.

Tabellen omfatter varenumre i Udenrigshandelsstatistikken, hvor bly eksplicit optræder, eller som vides hovedsageligt at omfatte blyforbindelser. En væsentlig del af de kemiske forbindelser indeholdende bly vil imidlertid kunne være ført under varenumre, hvor blyforbindelserne kun udgør en mindre del.

### *Produktion*

Der var i 2000 såvel som i den tidligere opgørelse fra 1994 ingen registreret produktion af de anførte kemiske forbindelser.

### *Blyoxider*

Der var i 2000 ingen registreret forsyning af blymonoxid. Andre blyoxider end blymonoxid omfatter hovedsageligt blymønje  $Pb_3O_4$ , som anvendtes til korrosionsbeskyttende maling (jf. afs. 2.3.1) og i begrænset omfang keramiske glasurer (jf. afs. 2.3.6) og produktion af piezoelektriske materialer (jf. afs. 2.3.7).

### *Blycarbonat*

Blycarbonat anvendtes tidligere som stabilisator i PVC. Der har siden 1996 ikke været en registreret forsyning af blycarbonat.

### *Blyulfater*

Blyulfater anvendes som stabilisator i PVC (jf. afs. 0). Der ses en jævn stigning i forsyningen af sulfater af bly og kviksølv i perioden fra 1995 til 2000. Det formodes, at der udelukkende er tale om sulfater af bly.

### *Blysilikat*

Blysilikat anvendtes til glasurer til keramiske produkter (jf. afs. 2.3.6) og til fremstilling af bremsebelægninger (jf. afs. 2.3.7) og gummi (jf. afs. 2.3.7). Blysilikat er siden 1992 blevet ført sammen med andre silikater, og det er ud fra statistikken ikke muligt at sige noget om forsyningen af blysilikat.

### *Pigmenter af chromforbindelser*

Pigmenter af chromforbindelser indeholder i gennemsnit 40-60% bly i form af blychromater og anvendtes i 2000 til produktion af plastråvarer og industrielle/marine malinger (jf. afs. 2.3.2). Mere end 90% af pigmenterne eksporteres med produkter.

### *Andre forbindelser*

Der er i statistikken desuden oplysninger om forsyningen af oxychlorider og hydroxylchlorider af bly (0 tons) samt zink- eller blychromater (0 tons) (jf. bilag 2).

En række blyforbindelser vil ikke blive ført særskilt i statistikken, men er slået sammen med andre beslægtede forbindelser. Eksempelvis bliver næsten alle blyforbindelser, der anvendes som stabilisatorer i PVC, ført sammen med andre forbindelser. Af forbindelser, som formodes eller vides at være anvendt som råvarer i Danmark i 2000, skal nævnes:

- Blysulfit anvendtes sammen med blysilikat til bremsebelægninger (jf. afs. 2.3.7).
- Blyacetat anvendtes i begrænset omfang i medicin og som reagens i kemiske analyser (jf. afs. 2.3.7).
- Blyoxid phosphonat og blystearat anvendtes som stabilisatorer i PVC (jf. afs. 0).
- Blynaphthenat og flere forbindelser af bly og carboxylsyrer anvendtes i begrænset omfang som sikkativ til maling (jf. afs. 2.3.7).

Tabel 2.3  
 Import, eksport og produktion af bly med kemiske råvarer 2000 2).

Halvfabrikata	Blyindhold %	Udv. tendens	Produktion Tons Pb/år	Import Tons Pb/år	Eksport Tons Pb/år	Forsyning Tons Pb/år
Blymonooxid	93	Stabilt	-	-	-	-
Andre blyoxider	91	Stigende	-	42	-	42
Sulfater af kviksølv og bly	40-90	Variierende	-	27-60	-	27-60
Blycarbonat	75	Stabilt	-	-	-	-
Pigmenter og præparater på basis af chromforbindelser	40-60	Stabilt	-	160-240	28-43	131-197
Antibankningsmidler: <sup>1)</sup>						
- på basis af tetraethylbly	50-70	Stabilt	-	-	2,3-3,2	-2,3--3,22
- på basis af andre blyforbindelser	-	Stabilt	-	-	-	-
I alt (afrundet)	-		-	230-340	30-46	200-300

- 1) Der var i 2000 en registreret forsyning på 1.308 tons additiver til modvirkning af bankning, fremstillet på basis af blyforbindelser andre end tetraethylbly. Forbruget af disse har ligget konstant omkring 1.000 tons/år i perioden 1991-2000. I forbindelse med denne undersøgelse har der været rettet henvendelse til de danske raffinaderier, Benzin- og Oliebranchens Arbejdsgiverforening, en producent af additiver og flyvevåbnet, men det har ikke været muligt at få bekræftet anvendelsen af dette stof. Det vides derfor ikke, hvilke produkter der er tale om. Da blyindholdet i produkterne ikke kendes, og produkterne ikke menes at blive anvendt i Danmark, er det valgt her ikke at medtage dette bidrag.
- 2) Der er i statistikken desuden oplysninger om forsyningen af oxychlorider og hydroxylchlorider af bly (0 tons), zink- og blychromater (0 tons). Forsyningen af blynitrat var i perioden 1995-1998 på 0 tons. Fra 1999 er blynitrat ført sammen med en række andre nitrater.

## 2.2 Anvendelse af bly som metal

### 2.2.1 Blyakkumulatorer

Blyakkumulatorer tegner sig for hovedparten af forbruget af bly - såvel i Danmark som på verdensplan. For visse typer af akkumulatorer anvendes oftest betegnelsen "batterier", og det er derfor valgt også her at anvende disse typebetegnelser.

Blyakkumulatorer kan opdeles i:

- Startbatterier
- Traktionsbatterier
- Stationære blyakkumulatorer og små blyakkumulatorer.

#### *Startbatterier*

Startbatterier anvendes i motorkøretøjer. I Brugstariffen skelnes der mellem startbatterier < 5 kg, som anvendes til knallerter og motorcykler, og startbatterier > 5 kg, som anvendes til biler, lastvogne og andre transportmidler. Disse batterier er beregnet til at levere en stor effekt igennem en kort periode (ved start af motor).

#### *Traktionsbatterier*

Traktionsbatterier anvendes til elektriske køretøjer, hvor der er behov for en konstant effekt igennem længere tid. Størrelsen af batterierne kan variere fra

10 kg til et ca. 1,5 tons. Hovedparten af traktionsbatterierne anvendes i gaffeltrucks og andre elektriske trucks.

#### *Stationære blyakkumulatorer og små blyakkumulatorer*

Stationære blyakkumulatorer anvendes hovedsageligt i nødstrømsanlæg og alarmanlæg. Nødstrømsanlæg har traditionelt været store samlinger af blyakkumulatorer i forbindelse med f.eks. fyrtårne, telefoncentraler eller kraftværker. I de seneste år er der herudover kommet et væsentligt marked for såkaldte UPS-anlæg ("Uninterruptable Power Supply"), der er små eller store nødstrømsanlæg i tilknytning til computere, SRO- og procesanlæg. De stationære blyakkumulatorer registreres af Danmarks Statistik under "i.a.n." (ikke andet nævnt). Sammen med stationære blyakkumulatorer skal der her regnes små blyakkumulatorer, der ikke anvendes som startbatterier, og som ligeledes registreres under "i.a.n.". Det væsentligste anvendelsesområde for små blyakkumulatorer er sygehusmateriel, handicapudstyr og tyverialarmer. Små blyakkumulatorer er lukkede blyakkumulatorer med ikke-flydende elektrolyt (gel elektrolyt).

#### *Sammensætning*

Der er i mange år ikke sket væsentlige ændringer i sammensætningen af blyakkumulatorer, og den følgende beskrivelse er derfor stort set identisk med den tidligere massestrømsanalyse. Langt den overvejende del af blyforbruget ligger på startbatterier, hvis indretning kan beskrives som følger:

Et typisk startbatteri (blyakkumulator) består af 24 blyplader, hvoraf halvdelen er pluselektroder, mens resten er minuselektroder. Pladerne er fordelt på 6 celler, der hver yder en spænding på 2 volt, således at blyakkumulatoren i alt yder en spænding på 12 volt. Pladerne består af et gitter af antimonbly, som pålægges et lag delvist oxideret bly. Elektrodernes gennemsnitlige antimonindhold er ca. 2.6%.

Kvantitativt består en opladet blyakkumulator af:

- Ca. 66% bly og blyoxid (inkl. antimon)
- Ca. 24% fortyndet svovlsyre (elektrolyt)
- Ca. 10% andre materialer (plast etc.).

Det reelle blyindhold vil være på 55-60%. Usikkerheder på estimatet knytter sig især til indholdet af elektrolyt i blyakkumulatorerne, som kan variere.

Det skal bemærkes, at blyakkumulatorerne, selv om de her er opgjort under metalliske anvendelser af bly, i høj grad indeholder bly som kemisk forbindelse.

#### *Produktion i Danmark*

I Danmark blev der indtil 1999 produceret blyakkumulatorer i Danmark hos én virksomhed. Produktionen er nu flyttet til Østeuropa.

#### *Forbrug*

Blyakkumulatorer importeres dels sammen med nye biler, dels i løs vægt til udskiftning af udtjente blyakkumulatorer.

Hovedparten af blyakkumulatorerne importeres i løs vægt. Den af Danmarks Statistik registrerede import, eksport og forsyning fremgår af Tabel 2.4. Bemærk, at tallene ikke repræsenterer blyforbruget, som er opgjort i tabel 2.5, men den samlede vægt af blyakkumulatorerne.

Tabel 2.4  
 Danmarks Statistiks oplysninger om import, eksport og forsyning af blyakkumulatorer, 2000.

Batteritype	Produktion Tons/år	Import Tons/år	Eksport Tons/år	Forsyning Tons/år
Startbatterier	0	10.078	1.861	8.217
Traktionsbatterier	0	1.386	157	1.228
Stationære blyakkumulatorer og små blyakkumulatorer	0	2.301	60	2.241
I alt	0	13.764	2.079	11.685

- 1) Omfatter varegrupperne "Blyakkumulatorer med flydende elektrolyt, i.a.n", "Blyakkumulatorer, ej med flydende elektrolyt, i.a.n" og "Blyakkumulatorer, undt. til start af stempelmotorer, til civile fly".

Blyindholdet i importerede og eksporterede blyakkumulatorer vil være afhængig af, om blyakkumulatorerne er påfyldt elektrolyt, når de registreres. På grundlag af oplysninger fra importører/eksportører om indholdet af elektrolyt i de forskellige typer af blyakkumulatorer, som blev indhentet i forbindelse med den tidligere massestrømsanalyse, skal det her anslås, at forsyningen på 11.685 tons/år svarer til en total-blyakkumulatorvægt (med elektrolyt) på 14.000-14.500 tons/år. Med et gennemsnitligt blyindhold på 55-60% af total-blyakkumulatorvægten kan blyforbruget med løse blyakkumulatorer anslås til 7.700-8.700 tons Pb/år.

Nettoimporten af biler, inkl. vare- og lastbiler samt traktorer, udgjorde i 2000 ca. 100.000 stk. Stort set alle køretøjer importeres med monteret blyakkumulator. Under antagelse af at den gennemsnitlige vægt af blyakkumulatorerne i de importerede/eksporterede køretøjer svarer til gennemsnitsvægten af startbatterier, som sælges løst, anslås det, at der i 2000 med køretøjer netto importeredes blyakkumulatorer svarende til 1.300-1.400 tons Pb/år.

Elektriske trucks, som anvender traktionsbatteri, importeres/eksporteres langt overvejende uden batteri.

Der er en væsentlig import/eksport af stationære blyakkumulatorer med UPS-anlæg. UPS-anlæg anvendes som nødstrømsanlæg i tilknytning til computere, telefoncentraler, SRO- og procesanlæg. I 2000 eksporteredes der således ca. 670-740 tons bly med blyakkumulatorer i UPS-anlæg. Forbruget med UPS-anlæg i Danmark anslås på baggrund af aktører til 100-200 tons bly.

Blyakkumulatorer bliver desuden importeret/eksporteret med aktuatorer (komponenter, som f.eks. bruges til løft af hovedgærder i hospitalssenge og handicapudstyr), motorfodervogne, mobillifte samt visse små elektriske trucks. Aktuatorer, hvortil der er tilknyttet en blyakkumulator, bruges udelukkende i transportabelt udstyr. Der fremstilles aktuatorer i Danmark, og i produktionen anvendes importerede blyakkumulatorer. Langt hovedparten af aktuatorerne eksporteres. På baggrund af oplysninger fra aktører på det danske marked anslås forbruget af bly med blyakkumulatorer i aktuatorer groft til 20-36 tons bly/år.

Samlet anslås det, at der med disse produkter er et forbrug på omkring 120-240 tons Pb/år.

Det samlede forbrug af bly med blyakkumulatorer i 2000 fremgår af afs. 2.2.1.

Tabel 2.5  
Forbrug af bly med blyakkumulatorer 2000.

Type		Forbrug Tons bly/år
<b>Løse blyakkumulatorer:</b>	Startbatterier	5.400-6.100
	Traktionsbatterier	810-910
	Stationære blyakkumulatorer og små blyakkumulatorer	1.500-1.700
<b>Monterede blyakkumulatorer:</b>	Nettoimport med køretøjer	1.300-1.400
	Eksport med UPS-anlæg, mm.	750-840 <sup>1)</sup>
I alt (afrundet)		8.300-9.300

1) Eksport med UPS-anlæg m.m. er fratrukket ved sammenregningen.

### *Udviklingstendenser*

Den danske produktion af blyakkumulatorer er flyttet til udlandet.

Der er siden 1994 stort set ikke sket nogen udvikling i forbruget af bly med akkumulatorer. Der er i de seneste år lavet meget udviklingsarbejde for at udvikle blyfri akkumulatorer, men der er ikke udsigt til væsentlige ændringer i forbruget af blyakkumulatorer de kommende år.

### *Tab ved brug*

Der påregnes ikke at være et tab til omgivelserne ved anvendelse af blyakkumulatorer. Der er i dag ingen service på blyakkumulator til biler i form af udskiftning af elektrolyt. Det kan forekomme, at der fra industri-blyakkumulatorer (traktions- eller stationære blyakkumulatorer) bortskaffes syre til Kommunekemi, men der foreligger ingen opgørelse af omfanget.

### *Tab ved oparbejdning*

Tidligere kunne der være et væsentligt tab af bly til jord i forbindelse med opbevaring og håndtering af blyakkumulatorer hos skrothandlere. For at forhindre tab af bly med udsivende syre og blyslam bliver blyakkumulatorer i dag eksporteret med syre i syrefaste containere. Ved en undersøgelse af skrotblyakkumulatorer (refereret i den tidligere massestrømsanalyse) kunne det dog konstateres, at 2-3% af blyakkumulatorerne på grund af brud ikke længere indeholdt elektrolyt, som derfor må antages at være tabt til jord. Med en samlet bortskaffelse på 17.000 tons blyakkumulatorer pr. år hvoraf ca. 30% er elektrolyt, vil der være tale om, at der tabes i størrelsesordenen 50-100 tons elektrolyt pr. år (vægten af elektrolytten vil være afhængig af, hvorvidt blyakkumulatoren er opladet, så der er her tale om et groft estimat). Upublicerede målinger indikerer, at der i elektrolytten vil være i størrelsesordenen 1-2% bly. Bly vil forekomme i bundslam i elektrolytten i ældre blyakkumulatorer, men slammet er normalt så fast, at det ikke vil blive opslemmet og tabt sammen med elektrolytten. Ved kraftige brud må det påregnes, at såvel dele af bundslammet som dele af blyakkumulatorpladerne kan blive tabt. I dag er det almindelig praksis at blyakkumulatorerne allerede i første led af indsamlingen opbevares i lukkede containere, men der vil stadig kunne ske tab til jord ved brud, inden blyakkumulatorerne indsamles. På den baggrund skal det forsigtigt antages, at der ved brud på blyakkumulatorer tabtes i størrelsesordenen 1-10 tons bly fra blyakkumulatorerne i 2000, som endte på jorden.

### *Bortskaffelse*

Blyakkumulatorer bortskaffes langt overvejende via skrothandlere, som eksporterer blyakkumulatorerne til oparbejdning i udlandet. I 2000 var den registrerede nettoeksport af blyakkumulatorer på 17.800 tons (9.800-10.700 tons bly). I perioden 1997-2000 varierede den registrerede nettoeksport fra 13.400 til 19.400 tons med et gennemsnit på 16.400 tons blyakkumulatorer.

Mængden for 2000 på 17.800 tons er noget større end den indsamlede mængde registret hos Returbat, som administrerer ordningen for indsamling af blyakkumulatorerne. Ifølge Returbats statistik blev der indsamlet 15.920 tons blyakkumulatorer i 2000 (8.800-9.600 tons bly). Gennemsnittet for perioden 1997-2000 ligger på 15.200 tons, ca. 1.200 tons lavere end gennemsnittet for nettoeksporten registreret hos Danmarks Statistik.

Blyakkumulatorer skal forskriftsmæssigt fjernes fra biler, inden de fragmenteres i bilfragmenteringsanlæg. Det kan dog forekomme, at biler fragmenteres med monteret blyakkumulator, men med den fungerende pantordning må det antages at forekomme uhyre sjældent. Affald fra bilfragmenteringsanlæg ansås (jf. afs. 4.2) at indeholde 380-670 tons bly, men der er i samme afsnit peget på en lang række andre kilder til bly i affald fra bilfragmentering. Det anslåede indhold er desuden baseret på målinger fra tiden før pantordningen.

Små lukkede blyakkumulatorer, der eksempelvis anvendes til tyverialarmer, bliver i et vist omfang bortskaffet via indsamlingsordninger for blyakkumulatorer til Kommunekemi.

Der foreligger ingen oplysninger om, i hvilket omfang blyakkumulatorer bortskaffes til forbrænding/deponi, men det antages, at dette med den fungerende pantordning stort set ikke forekommer. Enkelte små lukkede akkumulatorer vil evt. kunne bortskaffes med dagrenovation, men det skal her groft vurderes at det næppe er mere end 1% af de små akkumulatorer - svarende til rundt regnet 10 tons.

Ved selve oparbejdningen, der for størstedelens vedkommende sker i Sverige, er tabene af bly til omgivelserne meget beskedne (Karlsson 1999).

### **2.2.2 Bly i byggeriet**

Metallisk bly anvendes i byggeriet til:

- Tagdækning på kirker og andre historiske bygninger
- Inddækning, f.eks. i forbindelse med skorstene og tagvinduer
- Blyindfattede ruder.

Herudover anvendes bly i byggeriet til lodninger af tagrender o. lign. (afsnit 2.2.6), beskyttelse mod stråling (afsnit 2.2.10), tagrender, nedløbsrør og vinduer af PVC (afsnit 0), glaserede tegl (afsnit 2.3.6) samt armaturer af messing og andre legeringer (afsnit 2.2.7).

Der vil for anvendelserne omtalt i dette afsnit typisk være tale om rent bly. Bly til støbning af tagplader er i tabel 2.1 anført som "Raffineret bly", mens bly til de øvrige anvendelser vil være ført som "Plader og bånd" eller "Stænger, profiler og tråd".



### *Produktion*

Der er ingen dansk produktion af blyplader til inddækningsformål, men ved udskiftning af et blytag omsmeltes de gamle plader. Skønsmæssigt omsmeltes der årligt 200-300 tons gamle blyplader, som sammen med 50-100 tons (oplyst af importører), der tilføres i form af raffineret, ulegeret bly, giver 250-400 tons nye tagplader. Da der er tale om vedligeholdelse af historiske bygninger, er forbruget til dette formål meget konstant. Der er i de seneste år sket en væsentlig ændring i praksis vedrørende omsmeltningsen af blyet. Tidligere foregik omsmeltningsen typisk udendørs i nærheden af den bygning, der skulle tækkes. I dag sker omsmeltningsen i et vist omfang hjemme hos blytækkerne, men det forekommer også, at smeltningsen sker udendørs.

Et blytag holder typisk 100-200 år; nordsiden cirka dobbelt så længe som sydsiden.

### *Forbrug*

Inddækning til tagvinduer, skorstene, karnapper og lign. anslås at udgøre 90-95% af forsyningen af blyplader, som i 1998-2000 var på ca. 3.800 tons/år, svarende til 3.400-3.600 tons bly/år (forsyningen var i 2000 på 3.300 tons, men da der forekommer store udsving fra år til år, vælges der at tage udgangspunkt i forsyningen over en treårig periode). Den øvrige del af blypladerne anvendes hovedsageligt til afskærmning mod stråling (afsnit 2.2.10).

Hertil kommer der et forbrug af blyprofiler til særlige formål, som groft skal anslås til 100-200 tons.

På en del ældre byejeendomme og herskabsvillaer er der mindre tårne eller karnapper, som er blytækkede. Råvaren til disse mindre tækningsarbejder vil formodentlig ofte være færdiglavede blyplader og indgå i den opgjorte mængde for blyinddækninger.

På tagvinduer (f.eks. Velux) har der tidligere fra fabrikken være monteret en 0,85 mm tyk blyplade på 0,2-0,25 m<sup>2</sup>, men denne er i dag erstattet af en aluminiumplade.

Til inddækning af skorstene på huse med tegl- eller eternittag anvendes forskriftsmæssigt en 1,25 mm blyplade, som typisk vil dække 1,5-2 m<sup>2</sup>. Mange stålskorstene leveres med færdigmonteret blyplade til inddækning.

En del af blypladerne bliver monteret på skorstene, som eksporteres. Eksporten af inddækninger til skorstene er marginal i forhold til det danske forbrug, og typisk leveres inddækningen af lokale montører i modtagerlandet. Der foreligger ingen statistiske oplysninger om produktion og eksport af stålskorstene. På baggrund af oplysninger fra producenter skal det groft skønnes, at der i år 2000 forbruges 410-720 tons bly til inddækning af skorstene fra pejse, oliefyre, ventilations- og industri anlæg. En del af forbruget går til udskiftning af allerede eksisterende inddækninger. Aftræk fra ventilationssystemer og naturgasfyre leveres ligeledes med fabriksmonterede blyinddækninger. Omfanget af eksport af bly med disse produkter er ikke nærmere undersøgt, men anslås næppe at andrage mere end 100 tons bly/år.

Som ovenfor omtalt tilføres der 50-100 tons nyt raffineret bly om året til tagdækning på historiske bygninger.

Til fremstilling af blyindfattede ruder anvendtes der i 1994 4-5 tons bly. Forbruget i år 2000 er ikke nærmere undersøgt, men vurderes at være af samme omfang. Forbruget i 2000 skønnes således til 2-8 tons bly.

I alt skønnes det således, at der til anvendelser inden for byggeriet dækket af dette afsnit i år 2000 anvendtes 3.700-4.100 tons bly (Tabel 2.6). Der er imidlertid en række anvendelser dækket af andre afsnit, hvor produkterne anvendes i byggeriet. Medregnes disse anvendelser, bliver den samlede mængde til byggeformål 4.000-4.600 tons (Tabel 2.6).

Tabel 2.6  
Forbrug af bly til bygningsformål i 1994 og 2000.

Anvendelse	Forbrug (tons Pb/år)	
	1994	2000
<b>Omfattet af dette afsnit:</b>		
Tagdækning	250-400	250-400
Blyindfattede ruder	4-5	2-8
Inddækninger	2.560-3.670	3.400-3.700
I alt	2.800-4.100	3.700-4.100
<b>Omfattet af andre afsnit:</b>		-
Loddetin til VVS formål	60-100	60-105
Armaturer af kobberlegeringer <sup>1)</sup>	150-200	85-175
PVC produkter (ekskl. rør)	200-230	120-250
Strålebeskyttelse	200-230	29-350
I alt	410-530	265-530
I alt til byggeriet (afrundet)	3.200-4.600	4.000-4.600

1) Groft skønnet at halvdelen af forbruget af bly med kobberlegeringer anvendes til byggeformål.

Blyplader til bygningsformål udgjorde i Danmark omkring 20% af det samlede blyforbrug, hvilket er noget højere end gennemsnittet i OECD-landene, hvor blyplader kun udgør ca. 6%, som det fremgår af Tabel 1.1. Der ser ud til at være en generel tendens til, at blyplader anvendes i højere grad i Europa end i resten af verden. Ifølge Den europæiske metalsammenslutning (Eurometaux 1997) udgjorde blyplader til bygningsformål omkring 15% af blyforbruget i midten af 1990'erne, mens de i hele verden kun udgør 5%. Forbruget i nord-europæiske lande er generelt større end i de sydeuropæiske (Tukker et al. 2000).

#### *Udviklingstendenser*

Der er ikke set nogen væsentlig ændring i anvendelsen af bly i byggeriet fra 1994 til 2000. Der er udviklet et nyt materiale til substitution af bly til inddækning. Materialet består af coated aluminium. Materialet er i handelen fra 2002 og forventes fremover i høj grad at erstatte brugen af bly til inddækning.

#### *Tab ved omsmelting*

Ved omsmelting af kirketage sker der en emission af bly til luft. En del af omsmeltingen foregår udendørs uden særlig luftrensning, men hovedparten af omsmeltingen foregår indendørs hos blytækkerne. I de tilfælde, hvor omsmeltingen foregår indendørs, er der etableret udsugning og filtre til at reducere udslip til omgivelserne. Udslip fra denne del må forventes at være be-

grænset sammenlignet med udslip fra den udendørs smeltning. Groft anslået bliver 1/3 af den samlede mængde omsmeltet udendørs. Emissionen fra den udendørs smeltning anslås at være i størrelsesordenen 1-10 kg bly for hvert ton, der smeltes, svarende til 0,1-1,3 tons Pb/år. Der foreligger ingen oplysninger om den faktiske emission i forbindelse med smeltningen, og der er derfor valgt at sætte en stor usikkerhed på estimatet. Den nedre grænse på 1 kg/ton svarer til typiske emissioner fra industriel sekundær blysmeltning i midten af 1980'erne (Pacyna 1989), mens den øvre grænse er estimeret i forbindelse med de tidligere massestrømsanalyser. Der foreligger ingen måling af emissionsfaktor for støbning indendørs, men der skal her groft regnes med, at emissionsfaktoren vil være af størrelsen 0,05-1 kg/ton. Til sammenligning giver "EMEP/CORINAIRguidebook" typiske emissionsfaktorer for sekundær produktion af bly på 0,1-0,3 kg Pb/ton behandlet (EMEP/CORINAIR 1999). Der findes i denne bog ikke typiske emissionsfaktorer for blystøbning.

Der formodes ikke at ske noget tab til spildevand ved støbeaktiviteten. Ved omsmeltningen bliver en del af skrottet til blyaske, der eksporteres med henblik på oparbejdning. Denne mængde er i forbindelse med den tidligere opgørelse af blyforbruget i Danmark på baggrund af oplysninger fra tækkere blevet anslået til ca. 7% af den omsmeltede mængde, svarende til 18-28 tons Pb/år. Da omsmeltningen i dag foregår på samme måde, og det er samme mængde der omsmeltes, antages det, at tab til slagge og aske fra omsmeltningen i 2000 ligeledes er 18-28 tons Pb/år.

#### *Tab ved korrosion*

Afvaskning af blyoxider fra tage og inddækninger tilføres den omgivende jord eller spildevands-/regnvandsafløb. Der foreligger ingen aktuelle målinger af korrosionsrater for blytage og -inddækninger. For kirketage er det nærliggende at antage, at korrosionen svarer til den mængde, der tilføres ved omsmeltning fratrukket tab til slagge/aske og emission til luft under omsmeltningen divideret med den gennemsnitlige tid mellem omsmeltningerne. Med denne beregningsmetode anslås det i (Jørgensen & Willems 1987), at der afvaskes ca. 14 g Pb/m<sup>2</sup>/år fra kirketage, mens det i en tidligere massestrømsanalyse - på baggrund af oplysninger fra en tækker - anslås, at der afvaskes i størrelsesordenen 60 g Pb/m<sup>2</sup>/år (Hansen & Busch 1989). Ved denne beregningsmetode antages det, at de blyplader, der tages ned, oprindeligt har haft samme tykkelse som pladerne, der sættes op. Om denne forudsætning er opfyldt, vides ikke. Blot en lille forskel vil have stor indflydelse på de beregnede korrosionsrater.

Amerikanske undersøgelser (refereret i Uhlig 1965) angiver korrosionshastigheder svarende til 4-6 g Pb/m<sup>2</sup>/år. Det vides ikke, hvorvidt disse rater også vil være gældende under danske forhold. F.eks. vil korrosionen være afhængig af temperatursvingninger, hvilket ses af, at taget på sydsiden på kirker kun holder halvt så længe som nordsiden (Jørgensen & Willems 1987). I hollandske undersøgelser (refereret i Tukker et al. 2002) anvendes en korrosionsrate på 5 g/m<sup>2</sup>/år, men det er ikke klart, om disse rater bygger på målinger af den faktiske korrosion på bygninger. Thornton et al. 2001 refererer yderligere undersøgelser, hvor bly har været udsat for mange typer af vand - herunder havvand. I disse undersøgelser måles rater svarende til 20 til 230 g/m<sup>2</sup>/år.

Hvorvidt forskellen mellem de 14-60 g Pb/m<sup>2</sup>/år estimeret for kirkerne og de 4-6 g Pb/m<sup>2</sup>/år refereret i andre undersøgelser kan hidrøre fra, at der fra tagene - udover afvaskning - også sker et tab ved slitage f.eks. fra sne, som skrider ned ad taget, eller i forbindelse med frost/tøsvingninger, vides ikke. Det er også muligt, at der i forbindelse med renovering af tagene kan ske tab i forbindelse med nedrivning af det gamle tag, ved at blyoxid bankes af og tabes til

jord. Det skal her vurderes, at den største korrosionsrate beregnet for kirketage formentlig er for stor, hvilket kan skyldes, at pladerne på de nye tage er lidt tykkere end de nedtagne plader oprindeligt har været.

Ved den seneste massestrømsanalyse valgtes det på det foreliggende grundlag at anslå korrosionen fra tage og inddækninger til 6-20 g Pb/m<sup>2</sup>/år. Den herved beregnede mængde, der skulle tilføres spildevand, var imidlertid væsentligt større end de mængder af bly, der tilføres renseanlæg. Årsagen kan, udover at raterne er for store, dels være, at en del af blyet bliver tilbageholdt i afløbssystemet, dels at den samlede mængde af blyinddækninger på bygningsmassen er overestimeret.

I hollandske undersøgelser når man imidlertid også frem til, at korrosion af blytage og inddækninger er den væsentligste kilde til bly i spildevand. I én undersøgelse er det estimeret, at korrosion af bly fra inddækninger er ansvarlig for 58% af tilførslen af bly til spildevandssystemet (Annema et al. 1995), mens det i en anden undersøgelse estimeres, at inddækningerne er ansvarlig for 75% af tilførslerne (Roorda & van der Ven 1999). I svenske undersøgelser vurderes korrosion fra inddækninger ikke at være en væsentlig kilde, hvilket hænger sammen med, at bly i Sverige kun i lille omfang anvendes til tage og inddækninger (Sörme et al. 2001).

#### *Tab fra blytage*

Der er omkring 2.000 bygninger med blytage i Danmark. Under antagelse af, at tagene i gennemsnit er på 400-600 m<sup>2</sup> (beregnet i Lassen & Hansen 1996), kan det anslås, at der samlet er dækket 0,8-1,2 mio. m<sup>2</sup> med bly. Afvaskningen fra blytækkede tage kan under disse antagelser anslås til 5-24 tons Pb/år. Dette kan sammenholdes med, at der årligt tilføres 50-100 tons i forbindelse med vedligeholdelse af tagene, mens der med slagge og aske bortskaffes 18-28 tons. Fordelingen mellem jord og spildevand kendes ikke, men antages groft at være 1/1, dvs. 3-12 tons bly til jord og 3-12 tons bly til spildevand.

#### *Tab fra inddækninger*

Fra inddækninger på andre huse vil bly, som afvaskes, langt overvejende tilføres spildevands/regnvandsafløb. De seneste mange år har forbruget til inddækninger ligget konstant på 2.500-3.500 tons bly/år. Hvis det antages, at der som inddækninger ligger en mængde svarende til 30 års forbrug af denne størrelse, og at blyinddækningerne i gennemsnit er 1-1,5 mm tykke, kan det anslås, at der samlet vil være dækket 5-9 mio. m<sup>2</sup> med blyinddækninger, dvs. 1-2 m<sup>2</sup> pr. indbygger i Danmark. Kun en del af inddækningerne vil være eksponeret for regnvand. Under den antagelse at 40-70% er eksponeret for regnvand, og at korrosionshastigheden er 6-20 g Pb/m<sup>2</sup>/år, anslås det, at der årligt afvaskes 15-130 tons bly fra inddækninger. En mindre del vil kunne tilføres jord, eksempelvis med sne som skrider ned eller i form af støv, som blæser fra taget. Det antages groft, at det drejer sig om 2-10%, men der kunne eventuelt være tale om en større del.

I de seneste ca. 10 år har inddækninger til færdigproducerede tagvinduer været overfladebehandlet med et plastprodukt til forhindring af korrosion. Formålet er først og fremmest at undgå anløb af blyoxid på tagsten under vinduet. Overfladebehandlingen formodes af producenten at holde i vinduets levetid. Disse belægninger er specielt udviklet til vinduerne og anvendes ikke generelt på inddækningsbly. Der har i ovenstående beregning ikke været taget hensyn til, at korrosionen på noget inddækningsbly på grund af belægninger vil være formindsket, idet det kun vil dreje sig om en meget lille del af den samlede mængde i bygningsmassen.

### *Samlet tab til spildevand*

Samlet kan det således anslås, at der tilledes 17-130 tons bly/år til spildevands-/regnvandsafløb.

Det skal bemærkes, at den samlede omsætning med bly i spildevand er væsentlig mindre (omkring 13-21 tons) end denne mængde, hvilket kunne tyde på, at den rigtige værdi skal findes i den lave ende af ovenfor nævnte estimat. Det er dog som omtalt ovenfor muligt, at ikke alt bly, som afvaskes, vil ende i renseanlæg. Anløb af bly på tagsten kan umiddelbart iagttages (i et omfang, så det af nogle anses som et æstetisk problem); og det kunne på samme måde tænkes, at væsentlige mængder vil ende på overfladen af tagrender, nedløbsrør og kloakrør. Dette bly vil ende på deponi med byggeaffald eller med metal-skrot. Det er ikke forsøgt at vurdere omfanget af disse tab, som vil kræve en nøjere undersøgelse. Korrosionen fra tage og inddækninger synes dog at være den største kilde til bly i spildevand.

### *Genanvendelse*

I forbindelse med tagreovering og -nedrivning vil blyinddækninger i vid udstrækning blive indsamlet til genvinding. Der foreligger ingen oplysninger om, hvor store mængder det kan dreje sig om. Af skrothandlere vurderes det, at inddækningsbly sammen med kabler udgør hovedparten af skrotblyet. På denne baggrund skal det (jf. afs. 4.1) anslås, at der årligt indsamles 600-1.200 tons bly med inddækninger, hvilket svarer til omkring 20-30% af forbruget.

### *Forbrænding/deponi*

Ifølge oplysninger fra håndværkere vil mindre stykker bly, f.eks. monteret på gamle tagvinduer, ofte bortskaffes som brændbart byggeaffald sammen med de produkter, hvorpå blyet sidder. Mængden skal her anslås til 10-100 tons bly. Hertil kommer de 200-300 tons bly i form af gamle tagplader, som omsmeltes i forbindelse med reovering af blytage.

## **2.2.3 Ammunition**

Bly anvendes i følgende typer af ammunition:

- Blyhaglpatroner, som anvendes til jagt og flugtskydning. Denne anvendelse er forbudt siden 1996. Der er enkelte dispensationer til internationale discipliner
- Riffel- og pistolpatroner, som anvendes dels til jagt, dels til øvelses- og konkurrenceskydning
- Blyhagl til luftgeværer
- Ammunition til militære formål.

Der vil typisk være tale om bly legeret med 1,5-2,5% antimon og 2-3% tin.

### *Produktion*

Der er aktuelt kun en producent af ammunition i Danmark, som producerer til militære formål. Råvaren til produktionen er blytråd, som forarbejdes ved valsning og presning.

Herudover foregår der en vis hjemmeproduktion af ammunition til pistoler.

### *Forbrug*

Forhandling af blyhaglpatroner har været forbudt siden 1996. Ifølge Danmarks Jægerforbund og Dansk Skytteunion er det ikke sandsynligt, at der sker en privat indførsel af blyhaglpatroner, idet stålhagl er konkurrencedygtig på

prisen, og anvendelsen af blyhagl er ikke velset blandt jægerne. I skove anvendes hagl af bismut eller wolfram. Disse er 3-10 gange dyrere end bly, men ammunitionen udgør stadig en brøkdel af en jægers budget. Der benyttes dog 5-7 tons bly på enkelte skydebaner til internationale idrætsdiscipliner (Würts 2002).

Der er ingen regulering af brugen af bly i riffel- og pistolammunition. I Danmarks Statistik er mængder for patroner opgjort både i antal og i vægt fordelt på lande. Heraf ser det ud til, at vægten på patronerne varierer meget fra land til land, og at vægten pr. stk. er meget lav, mens antallet af patroner er meget højt. Det kan ifølge importører ikke passe. Ved kontakt til importører, Danmarks Jægerforbund, De danske Skytteforeninger og Dansk Skytteunion er forbruget af patroner til geværer med riflet løb med "centraltænding", dvs. jagtrifler, vurderet til at være mellem 1,5-2 mio. stk., svarende til 11-22 tons bly. Tilsvarende vurderes forbruget af patroner til geværer med riflet løb med "randtænding", dvs. salonrifler, til at være 20-30 mio. stk., svarende til 40-90 tons bly.

Hagl til luftgeværer er ikke længere ført under et selvstændigt varenummer i statistikken. Nettoimporten af hagl til luftgeværer og patrondele til geværer med glat løb var i år 2000 på 47,4 tons, som dog ikke er rent bly. Der anvendes næsten udelukkende blyhagl til luftgeværer. Ved kontakt til de nævnte aktører er forbruget af bly til luftgeværer vurderet til 16-32 tons. Heraf vurderes ca. halvdelen brugt på baner inklusive tivolier og sommerlande, mens den øvrige halvdel bruges af private.

Det samlede forbrug af bly med ammunition til militære formål kan - hvis estimeret alene baseres på oplysninger om produktionen (Sørensen, H) og nettoimporten af ammunition til dette formål i 2000 - anslås til 42-47 tons bly. Da de statistiske oplysninger tilsyneladende er behæftet med væsentlig usikkerhed, skal det samlede forbrug dog anslås til 40-100 tons bly pr. år. Det vides ikke, om der afskydes en mængde svarende til dette, eller om der sker en lageropbygning. Det skal dog her påregnes, at den angivne mængde bruges i forbindelse med øvelsesskydning.

Tabel 2.7  
Forbrug af bly med ammunition, 2000.

Ammunitionstype	Forbrug (tons Pb/år)
Haglpatroner	4-7
Patroner til jagtrifler	11-22
Ammunition til salonrifler og pistoler (civile formål)	40-90
Hjemmeproduceret ammunition til pistoler	1-5
Hagl til luftgeværer	16-32
Ammunition til militære formål	42-47
I alt (afrundet)	110-200

#### *Udviklingstendenser*

Generelt arbejdes der på at mindske brugen af bly. Forbruget af bly med ammunition er ca. halveret siden 1994.

Det største fald skyldes, at bly i haglpatroner er erstattet af stål, bismut og wolfram. Herudover er vægten af en standardkugle til jagtrifler til banebrug faldet fra 9,1 g/stk. i midten af 1990'erne til i dag 8,4 g/stk. (Askholm 2002).

Militæret anvender nye ammunitionstyper, som for nogle typers vedkommende har halveret forbruget af bly. Forbruget forventes at falde yderligere fremover.

Der gøres forsøg med alternativer til bly til patroner til randtænding. Men der er ikke sket væsentlige ændringer endnu.

Forbruget af bly med luftgeværer ligger på samme niveau som tidligere.

#### *Bortskaffelse og tab*

Bly i haglpatroner vil blive spredt næsten 100% til omgivelserne omkring flugtskydningsbaner, svarende til 4-7 tons Pb/år.

Ca. halvdelen af jagtriffelprojektiler og en mindre del af salonriffelprojektilerne, der anvendes til jagt eller rammer uden for banerne, må påregnes at blive spredt til omgivelserne. Her regnes med, at 20% af salonriffelprojektilerne (dvs. 8-18 tons) tabes til omgivelserne. Enkelte af jagtpatronerne vil blive fjernet fra skudt vildt og bortskaffet til forbrænding/deponi. Hovedparten af patronerne går dog igennem dyrene. Det samlede tab til jord med riffelammunition anslås til at være 15-30 tons, mens 1-2 tons bortskaffes med dagrenovationen.

Riffel- og pistolammunition samt ammunition til militære formål bruges primært på skydebaner. Størstedelen bruges på udendørs skydebaner, hvor ammunitionen vil lejres i voldene omkring skydebanerne. Skydebaner skal have en miljøgodkendelse, og i forbindelse med udstedelse af godkendelsen stilles der krav til udarbejdelse af procedurer for håndtering af affald. Der vil formentlig være et vist tab til jord, som er indregnet i de ovenstående 20%, der tabes til jord. Det skal på den baggrund antages, at ca. 80% af projektilerne anvendt til salonrifler, ca. 40% af projektilerne anvendt til jagtrifler, og 80% af projektiler lavet til pistoler hjemme hos private (i alt ca. 40-85 tons bly) før eller siden indsamles og bortskaffes til skrothandlere. Da der er tale om rent bly, som let kan afhændes til produkthandlere, formodes det kun at være en begrænset mængde, der bortskaffes til forbrænding/deponi.

Til militære formål vil der være en vis aktivitet over søterritoriet, hvor ammunitionen vil blive tabt til vand. Omfanget kendes ikke, ligesom det ikke vides, hvor stor en del af den anvendte ammunition der bruges på skydebaner og bortskaffes. Det skal her groft antages, at halvdelen af ammunitionen anvendt til militære formål vil blive tabt til jord (dvs. 20-25 tons), mens den anden halvdel bortskaffes til skrothandlere.

Blyhagl til luftgeværer, som benyttes på baner inklusive i tivolier (dvs. 8-16 tons), må forventes overvejende at blive indsamlet og genbrugt. De ca. 8-16 tons hagl, der bruges af private, antages bortskaffet med dagrenovation (4-8 tons) eller tabt til jord (4-8 tons).

Den samlede balance for bly med ammunition fremgår af Tabel 2.8.

Tabel 2.8  
Tab af bly i tilknytning til brug af ammunition, 2000.

	Tons Pb/år
Forbrug	110-200
Tab til jord	43-68
Tab til vand 1)	?
Bortskaffelse til forbr./deponi	5,3-11
Bortskaffelse til genbrug	66-120

#### 2.2.4 Skibskøle

Til langt hovedparten af nye sejlbåde anvendes køle af bly. Bly giver gode sejleegenskaber, god balance, og det rustet ikke. Nogle køle består af jern øverst og bly nederst.

Den anvendte blylegering er antimonbly med et antimonindhold på 2%. Enkelte køle har et større indhold af antimon.

##### *Produktion*

Produktion af færdige blykøle foregår hos to virksomheder i Danmark. Til støbning af færdige blykøle anvendtes der ifølge oplysninger fra virksomhederne 1.200-1.400 tons bly i år 2000. Råvarerne er i statistikken ført som "bly-antimonlegeringer". Den registrerede forsyning var i 2000 på 1.200-1.300 tons (Tabel 2.1). Der er ikke fundet oplysninger om, at køle skulle importeres til produktion af både i Danmark, men det kan ikke afvises, at det forekommer.

##### *Import/eksport*

Af den hjemlige produktion eksporteres omkring halvdelen af de støbte køle til anvendelse til skibsbygning i udlandet. Denne eksport er indeholdt i tabel 2.1 under "Andre varer af bly".

##### *Forbrug*

Til den hjemlige produktion af sejlbåde blev der brugt i størrelsesordenen 590-670 tons bly/år med køle. Ifølge oplysninger fra producenter eksporteres ca. 90% af produktionen af både. Erfaringsmæssigt er det meget vanskeligt ud fra Udenrigshandelsstatistikken at få et overblik over import og eksport af både i Danmark, og salget varierer betydeligt fra år til år. I forbindelse med en undersøgelse af forbruget af kompositmateriale ("glasfiber") til bl.a. sejlbåde (Lassen & Jensen 2002) er det på grundlag af kendskab til produktionen i Danmark, bestanden af sejlbåde og udviklingen i salget vurderet, at indholdet af kompositmateriale i større sejlbåde (>7,5 m) solgt i 2000 svarede til omkring 50% af den mængde kompositmateriale, som anvendtes til produktion af både. Under antagelse af at det samme gør sig gældende for køle, skal forbruget i Danmark her groft anslås til 250-750 tons bly i år 2000.

##### *Udviklingstendenser*

I modsætning til tidligere har langt hovedparten (ca. 90%) af større sejlbåde i dag en køl af bly. Der er ifølge producenter ikke forventning om ændring fremover.

##### *Bortskaffelse og tab*

Det har ikke været muligt at fremskaffe specifikke oplysninger om totale emissioner til luft i forbindelse med støbning af køle. Blystøberier har således ikke



været omfattet af undersøgelserne af emissionsfaktorer i (Illerup et al. 1999). Emissionsfaktorerne skal derfor anslås ud fra generelle erfaringsregler. Emissionerne til luft kan ifølge ældre danske erfaringsregler udgøre op til 1 kg/tons råvarer, svarende til en samlet emission  $< 1,4$  Pb/år. Til sammenligning anvendes i en amerikansk undersøgelse af kilder til emission af bly i USA 1,5 kg/tons som "default" emissionsfaktor for blystøbning (U.S. EPA. 1998). Da der til støbning af kølene anvendes termostatstyrede elektroovne, vurderes det af producenter, at emissionen til luft vil være under de nævnte 0,1% af råvareforbruget og det er da også muligt at emissionsfaktorerne er væsentligt under 1 kg/ton. I mangel af præcise emissionsfaktorer vil der her regnes med, at faktorerne kan være i intervallet 0,025-1 kg/tons som giver en samlet emission på 0,03-1,4 tons/år.

Støv og slagger, som sendes til genbrug i Sverige, anslås i gennemsnit at udgøre 1-5% af råvareforbruget, svarende til 10-70 tons Pb/år. Ifølge oplysninger fra producenterne er der i forbindelse med støbeprocessen ikke kontakt med vand og derfor heller ikke tab til vand.

Ved skrotning forventes blykølen at blive afmonteret for genvinding. Der foreligger ingen oplysninger om omfanget af skrotning af sejlbåde, men det formodes kun at foregå i meget begrænset omfang. Der foregår ingen genbrug af gamle blykøle til produktion af nye køle. Ved ophugning af fiskerbåde vil bly anvendt som ballast formentlig blive bortskaffet via skrothandlere.

Blykølen er under brug afskærmet fra omgivelserne af maling, og der er således kun meget beskedne afgivelse af bly til vandet - om end noget. I tilfælde af brud på malingen vil bly være direkte eksponeret for saltvand. Korrosion på blykøle synes ikke at være et problem fra et konstruktionsmæssigt synspunkt. I forbindelse med forlis kan kølen blive tabt, men der foreligger ingen oplysninger om, hvor ofte dette forekommer.

### **2.2.5 Kabelkapper**

Bly har traditionelt været anvendt som kabelkapper på telefonkabler, fjernstyreskabler og højspændingskabler nedgravet i såvel jorden som havbunden. Blykappens funktion har været at beskytte kablerne mod slag, vandgennemtrængning og korrosion. For lyslederkabler forhindrer blykappen desuden gennemtrængning af brint, som skader glasfibrene.

Kabler med blykappe til mellemspænding 12-24 kV anvendes udelukkende til olie-papirkabler, som hovedsageligt anvendes til reparationer og omlægninger i de gamle kabelnet.

Blykapper er i dag i dansk produktion erstattet af plast- eller aluminiumkapper. Aluminium regnes dog at være dårligere til formålet end bly. Hvis aluminium anvendes som kappe, øges det elektriske tab i højspændingskabler med omkring 5% på grund af hvirvelstrømme i aluminiumkapperne.

Bly som stabilisator i PVC på kabler er omfattet af afsnit 0.

Der blev i 2000 anvendt 1.150 tons bly til produktion af kabler i Danmark. Af disse blev 800 tons eksporteret med færdigvarer.

#### *Forbrug*

Forbruget af bly med kabler i 2000 kan opgøres til 353-383 tons. Der er meget præcise oplysninger om salget af danskproducerede kabler, men en eventuel import af kabler med blykappe er ikke undersøgt nærmere. Den største

aktør på markedet har ikke oplysninger om, at der skulle være importeret kabler med blykappe, og det vurderes derfor ikke at være sandsynligt, at der skulle være importeret større mængder. Ud over et enkelt søkabel har der været et mindre forbrug til andre formål, typisk i forbindelse med reparationsarbejder på eksisterende installationer og kabelnet, hvor der er anvendt bly.

Tabel 2.9  
Forbrug af bly med kabelkapper i Danmark 1994 og 2000.

Kabeltype	Forbrug 1994 Tons Pb	Forbrug 2000 Tons Pb
Signalkabler	0	0,4-5
Installationskabler	70	2,8-10
Jordkabler, mellemspænding	400	0-20
Jord- og søkabler, højspænding, lysleder	2000	350
I alt	2.470	353-385

#### *Udviklingstendenser*

Forbruget af kabler med blykappe har været markant faldende. I begyndelsen af 1960'erne, da forbruget var på sit højeste, anvendtes der omkring 12.000 tons bly pr. år til dette formål. I 1994 var forbruget faldet markant til 2.000-2.300 tons bly/år, og faldet er fortsat indtil 2000, hvor forbruget var på 353-385 tons/år. Der produceres ikke længere kabler med blykappe i Danmark, og anvendelsen af kabler med blykappe vil fremover være forbudt til jordkabler <24kV.

På verdensplan har der generelt været en tendens væk fra kabler med blykappe. I 1970 repræsenterede kabelkapper omkring 12% af forbruget af bly. I 1997 repræsenterede kabler omkring 5% af forbruget af bly i Europa, svarende til ca. 60.000 tons/år (Eurometaux 1997).

#### *Kabelskrot*

Kabler med blykappe oparbejdes i to virksomheder i Danmark, men der sker også en eksport af blykabler. Den ene virksomhed har specialiseret sig i kontrolleret afbrænding af kabler af olie-papirtypen, hvor kabelkappen udover bly er gjort vandtæt med tjæreindsmurt papir (jord- og søkabler, såkaldte "våde kabler"). Værdien af de udvundne metaller er generelt mindre end omkostningerne ved afbrænding.

Kabler uden olie-papir ("tørre kabler") oparbejdes ved fragmentering på den anden virksomhed.

Der oparbejdes såvel kabler indsamlet i Danmark som importerede kabler. I år 2000 blev der samlet oparbejdet omkring 4000 tons kabler, hvoraf over halvdelen kom fra Danmark. Ud over kabeloparbejdningen foregår der også i mindre målestok en omsmelting af mindre stykker bly, eksempelvis afskrællede blykapper fra "tørre" kabler. Ved oparbejdningen blev der i alt produceret 970-1.200 tons bly. 80-90% af det producerede bly bliver eksporteret.

I Illerup et al. (1999) er emissionsfaktoren fra afbrænding af kabler på grundlag af målinger i 1994/96 beregnet til 0,5-1,5 g Pb/tons materiale, hvilket med en aktivitet på ca. 4000 tons svarer til ca. 2-6 kg. For 2000 er den samlede

emission til luft fra processen oplyst at være i størrelsesordenen 0,1 kg Pb/år. Ved smelteprocesserne dannes der en række restprodukter: Ovnaske, filterstøv, slagge, m.m. Restprodukterne har et relativt stort indhold af bly, og det samlede blyindhold i omkring 200 tons restprodukter var ca. 150 tons. Restprodukterne eksporteres og genvindes til produktion af loddetin.

### *Kabler i jorden*

I perioden 1945-1990 blev der i Danmark anvendt ca. 330.000 tons bly til produktion af kabler (Hoffmann 1992). I den tidligere massestrømsanalyse blev det på grundlag af forskellige antagelser vurderet, at der i 1994 lå 100.000-200.000 tons bly i jorden med kabler. Hos Danske Elværkers Forening er det i forbindelse med høringerne vedrørende den nye Blybekendtgørelse estimeret, at der i 1997 lå ca. 160.000 tons bly med kabler i jorden.

Kablerne har en teknisk levetid på 40-80 år, hvilket betyder, at der de kommende år skulle forventes, at kabler svarende til 1.500-3.000 tons bly skulle tages ud af anvendelse årligt.

I den tidligere massestrømsanalyse blev det groft anslået, at der i 1994 blev efterladt 400-2.000 tons bly i kabler, som blev taget ud af anvendelse. Det er Danske Elværkers Forenings politik, at blyholdige kabler, som er taget ud af drift, skal fjernes, når man i anden sammenhæng har behov for at foretage udgravninger med videre. Der findes ikke nogen undersøgelser af, hvor store mængder kabler elselskaberne efterlader i jorden eller nogen opgørelse af, hvor mange af de kabler, der efterlades, realistisk set vil blive taget op på et senere tidspunkt.

Skønnet fra den forrige massestrømsanalyse, at der i 2000 blev efterladt 400-2000 tons bly med kabler i jorden, fastholdes derfor. En del af disse kabler vil formentlig senere blive gravet op.

Der foreligger ingen præcise oplysninger om, hvor mange tons bly der i form af kabelkapper ligger på havbunden omkring Danmark. I 1990'erne er der blevet lagt 1.000-2.000 tons bly/år med søkabler. Tidligere har forbruget til dette formål formentlig været mindre, men det skal - i lighed med den forrige massestrømsanalyse - på det foreliggende grundlag anslås, at der på og i havbunden omkring Danmark ligger i størrelsesordenen 20.000-50.000 tons bly som kabelkapper. Oplysninger om alle søkabler i danske farvande - både gamle og nye - er samlet i et omfattende register hos Farvandsvæsenet. Når et søkabel tages ud af drift, bliver dette indmeldt til registret som abandonneret kabel, der fremover figurerer som en stiplede linie på nye søkort. De seneste 4 år er 1-2 søkabler registreret som abandonneret. Praksis har altid været, at søkabler nedspules i ca. 1 meters dybde eller - for mindre kabler - tildækkes med sække af sand og beton. Når kablerne ikke længere anvendes, har det derfor hidtil været almindelig praksis, at de efterlades på bunden, idet det er forbundet med væsentlige udgifter at fjerne disse. Hvis et søkabel fjernes, bliver dette også indrapporteret til registret, og der er kun et eksempel på, at dette tidligere er sket. Kystdirektoratet, der er godkendelsesmyndighed ved etablering af nye søkabler, stiller i dag krav om fuldstændig fjernelse af nyetablerede søkabler, når de tages ud af drift (Bang 2003). Det må derfor forventes at nyetablerede søkabler i fremtiden bliver opgravet og bortskaffet til oparbejdning. Det skal groft anslås, at der aktuelt årligt efterlades 50-300 tons bly med kabler på havbunden. Da kablerne ligger på eller i havbunden, hvor der ofte vil være reducerede forhold med hensyn til ilt, formodes korrosion fra kapperne at være beskeden.

### *Bortskaffelse til forbrænding/deponi*

Der foreligger ingen oplysninger om mængden af kabler, som bortskaffes til forbrænding/deponi. I forbindelse med f.eks. renoveringer af private udhuse og lignende, må det forventes, at der bortskaffes en mindre del kabler med blykappe med dagrenovation og storskrald, ligesom kabler, som sidder fast på tømmer, vil kunne bortskaffes med brændbart byggeaffald fra renoveringer. Under antagelse af at dette udgør i størrelsesordenen nogle få procent af den samlede mængde, der bortskaffes, kan det anslås, at der med brændbart affald bortskaffes 2-20 tons bly med kasserede kabler.

### **2.2.6 Bly-tinlegeringer**

Anvendelsen af bly-tinlegeringer kan opdeles i:

- Lodning og plettering af elektronik
- Lodning af kølere og lyskilder
- Lodning inden for vvs-området
- Maskinlejerforinger af hvidtmetal
- Orgelpiber
- Dekorationsgenstande af tin.

Loddetin har tidligere været almindeligt anvendt til lodning af dåser, men denne anvendelse er ophørt i Danmark fra 1995. Ifølge oplysninger fra importører synes dette også at være tilfældet for importeret konserves.

Til alle elektronikformål anvendes legeringer med 37-40% bly. Som et gennemsnit kan der regnes med 38% bly.

Glødelamper indeholder normalt to lodninger, som sidder på soklen. Til lodning af glødelamper anvendes legeringer med 95-99% bly.

Til autokølere og lodning af finmekanik og vvs-installationer anvendes typisk loddetin med 60-70% bly.

Hvidtmetal anvendes primært til foringer til glidelejer i maskiner og motorer. Blyindholdet i hvidtmetal varierer mellem 0 og 84%, mens resten udgøres af tin og mindre mængder antimon og kobber. Den mest brugte legering indeholder ca. 10% bly.

Orgelpiber fremstilles af en bly-tinlegering. Afhængigt af pibernes størrelse og lyd bruges der legeringer med 30-70% bly.

Dekorationsgenstande og smykker af tin vil ofte indeholde 5-10% bly (Lassen et al 1997).

### *Produktion*

Loddetin produceres ikke i Danmark.

### *Forbrug*

Den samlede forsyning af "Stænger, profiler og tråd af tin" var i 2000 på 130-195 tons (jf. Tabel 2.1). Det formodes, at det langt overvejende vil dreje sig om loddetin.

Loddetin anvendes i forbindelse med elektronik til:

- Manuel montering med lodde-tråd
- Onvloedning ("reflow soldering") af print ved elektrolyse
- Overfladebehandling med bølgedodning ("wave soldering")
- Overfladebehandling af print med tinpasta.

På basis af oplysninger fra leverandører og Christensen et al. (2000) anslås det, at der til lodning af elektronik anvendes 114-204 tons loddetin om året. Til onvloedning af print anvendtes der omkring 4 tons om året, mens det anslås, at der til bølgedodning anvendtes 65-80 tons bly-tinlegering. Forbruget af tinpasta anslås til 15-20 tons om året. Forbruget af blytråd til almindelig lodning er anslået meget forskelligt af aktører. Forbruget til dette formål er af Christensen et al. (2000) angivet til 30 tons, men i forbindelse med dette projekt er det anslået af leverandører, at forbruget i 2000 kan have været væsentligt højere. På den baggrund skal det her anslås, at der til dette formål blev anvendt 30-100 tons. Samlet anslås det, at der i 2000 blev brugt 114-204 tons bly-tinlegering, svarende til 42-82 tons bly til fremstilling af elektronik. Herudover bliver der importeret ca. 3 tons siddende på komponenter (Christensen et al. 2000). Ifølge aktører var forbruget særligt højt i 2000, og der er de seneste to år sket en afmatning i markedet.

På verdensplan tegnede loddetin sig for ca. 1,5% af det totale forbrug af bly i midten af 1990'erne, svarende til ca. 80.000 tons/år (Eurometaux 1997). Hvis det antages, at Danmark repræsenterer ca. 0,5% af verdensforbruget (baseret på BNP), vil det svare til et forbrug på ca. 400 t/år, hvilket stemmer meget godt med det estimerede forbrug i Tabel 2.10.

#### *Import, eksport og forbrug af elektronik*

Der sker en betydelig import og eksport af elektroniske produkter og elektronikdele eksempelvis printkort. I massestrømsanalyse for bromerede flammehæmmere (Lassen et al. 1999) er der lavet en indgående analyse af omsætningen af printkort. I 1997 svarede forbruget af lamina-ter til printkort produceret i Danmark stort set til indholdet i printkort i elektronik anvendt i Danmark. Det skal på den baggrund groft antages, at forbruget af bly-tinlegeringer brugt i Danmark svarer til forbruget til produktion af elektronik i Danmark.

#### *Kølere*

Kølere til motorer, herunder autokølere, er typisk lavet af kobber/messing eller aluminium. Kølere af kobber/messing består af en række kobberplader, der loddes sammen med loddetin. Aluminiumkølere indeholder normalt ikke loddetin. Kølere produceres på flere fabrikker i Danmark. På baggrund af oplysninger fra aktører anslås forbruget af loddetin til produktion af kølere til 250-500 tons/år, svarende til 150-350 tons bly. Ifølge de statistiske oplysninger eksporteres langt hovedparten af de producerede kølere, og det anslås, at forsyningen af løse kølere er på omkring 30% af produktionen. Forbruget af bly med løse kølere skal på denne baggrund anslås til 45-105 tons Pb/år.

Hertil kommer en import af kølere med køretøjer. På baggrund af oplysninger fra producenter og aktører anslås det groft, at omkring 50% af de importerede biler i 2000 var monteret med kobber/messing kølere, hvortil der i gennemsnit anvendes 1 kg loddetin pr. køler. Nettoimporten af bly med autokølere anslås således til 24-28 tons.

Det samlede blyforbrug med kølere kan i runde tal anslås til 69-130 tons Pb/år. Blyforbruget med kølere skønnes at være aftagende, idet kølere i stadig stigende grad produceres i aluminium.

#### *Lyskilder*

Glødelamper indeholder normalt to lodninger, som sidder på soklen. Fra den tidligere massestrømsanalyse foreligger der oplysninger om, at de to lodninger indeholder omkring 0,5 g bly/lampe. Da glødelamper stort set er opbygget efter samme koncept, antages det, at dette indhold er repræsentativt for alle glødelamper, således at det gennemsnitlige indhold anslås til 0,4-0,6 g bly/lampe. Små glødelamper til biler indeholder typisk op til 0,2 g bly/lampe (Lohse et al 2001). Produktionen af glødelamper i Danmark var i 2000 på knapt 1 mio. glødelamper. Under antagelse af at lamperne i gennemsnit indeholdt 0,4-0,6 g bly, anslås det, at der til produktionen anvendtes < 1 ton Pb/år. Forbruget af glødelamper var ifølge oplysninger fra Danmarks Statistik i 2000 på ca. 26 mio. lamper. Energisparepærer indeholder ligesom glødelamper, to lodninger. Der er ingen dansk produktion af energisparepærer, og forbruget var i 2000 på ca. 4,5 mio. stk. Under antagelse af at glødelamper og energisparepærer i gennemsnit indeholdt 0,4-0,6 g bly, kan blyforbruget anslås til 12-18 tons Pb/år.

#### *Vvs*

På baggrund af oplysninger fra importører skal det anslås, at der årligt anvendes 100-150 tons loddetin, svarende til 60-105 tons bly, til vvs og andre formål (herunder private formål). Til vvs vil der typisk være tale om lodninger af zinktagreder og lignende. Blyholdigt loddetin må ikke anvendes til drikkevandsinstallationer.

#### *Hvidtmetal*

Det anslås af leverandører, at der anvendes ca. 30 tons hvidtmetal pr. år. Hvidtmetal bruges i Danmark hovedsageligt til støbning af lejevninger i forbindelse med reparation af store motorer, men kan også indgå i cementmøller eller motorer til skibe. Hovedparten støbes hos en enkelt virksomhed. Tidligere var der i forbindelse med motorproduktion i Danmark et større forbrug. Blyindholdet kan være meget varierende, men af importører anslås det, at det gennemsnitlige blyindhold er på 10-20%. Blyforbruget til støbning i hvidtmetal skønnes på denne baggrund til 3-6 tons Pb/år. En del af denne mængde anvendes til produktion af produkter, som eksporteres. Herudover vil der være en import af hvidtmetal med køretøjer, maskiner, skibe osv. Et præcist estimat af import/eksport af bly med færdigvarer vil være meget omfattende, så import skal her antages at opveje eksport.

#### *Orgelpiber*

Der er fire større producenter af orgelpiber i Danmark, som selv støber piberne. Der findes herudover flere mindre orgelbyggere, og disse importerer typisk orgelpiber. Forbruget af bly til orgelpiber har været stagnerende fra den seneste massestrømsanalyse fra 1996 og frem til 1999, hvorefter forbruget er faldet svagt som følge af, at der bygges færre og mindre orgler. Der synes at være en tendens til, at importen af billige orgelpiber har været stigende de senere år. Forbruget skønnes at være 3-5 tons bly. Det skønnes, at omkring 10-20% af produktionen eksporteres. Importen er ikke nærmere undersøgt, men antages groft at være af samme størrelse som eksporten.

#### *Dekorationsgenstande*

Forbruget af dekorationsgenstande og smykker af tin er af Lassen et al. (1997) opgjort til 2-10 tons i 1996. Det antages, at forbruget i 2000 vil være af sam-

me størrelse, således at forbruget af bly med dekorationsgenstande kan opgøres til 0,1-1 tons.

#### *Andre anvendelser*

Bly-tinlegeringer er tidligere anvendt til varmesikringer, f.eks. i elektromotorer og bliver det muligvis stadig. Der er ikke indhentet oplysninger om omfanget af forbruget i Danmark, som formodes at være beskedent. I en svensk undersøgelse er forbruget i Sverige i 1992 anslået til ca. 1 tons bly (Hedemalm 1994).

Det samlede forbrug af bly-tinlegeringer i Danmark er sammenfattet i den følgende tabel.

Tabel 2.10  
Forbrug af metallisk bly med bly-tinlegeringer i 2000.

Anvendelsesområde	Tons Pb/år
Elektronik	42-82
Kølere	69-130
VVS	60-105
Glødelamper	12-18
Hvidtmetal	3-6
Orgelpiber	3-5
Dekorationsgenstande og andet	0,1-1
I alt	190-350

#### *Udviklingstendenser*

I relation til lodning af dåser har der været en entydig udvikling, hvor lodninger med bly-tin er blevet erstattet af svejsninger eller lodninger af rent tin. Forbruget af loddetin til andre formål har været stagnerende.

Forbruget af bly til fremstilling af elektronik i Danmark blev i den foregående massestrømsanalyse anslået til 130-170 tons. Dette vurderes i dag at have været overvurderet, og der synes ikke at være sket et reelt fald i forbruget af bly til dette formål i perioden 1994 til 2000.

Bly i elektronik forventes i forbindelse med implementering af nye EU-direktiver at blive udfaset pr. 1. juli 2006. Loddetin i køretøjer (printkort og andre anvendelser) er indtil videre undtaget fra det generelle forbud mod bly i køretøjer jf. direktivet om udrangerede køretøjer (Europaparlamentet 2000).

Der er lavet en del undersøgelser af mulighederne for at erstatte bly i elektronik med ledende lime (se bl.a. Chistensen et al. 2000). Der ser dog ud til at være en tendens til at bly-tinlegeringer snarere bliver erstattet af andre legeringer. Til plettering er de fleste danske producenter gået over til at anvende rent tin. Til "hot-air-levelling" går udviklingen mod brug af kemisk påføring af metal, som har den fordel at overfladen bliver mere jævn. Det mest udbredte i dag synes at være kemisk nikkel-guld, men der er også kemisk tin, kemisk nikkel-sølv og organisk passivering (OSP) på markedet. Til erstatning af bly-tinpasta er der i dag bl.a. blyfri alternativer med sølv. Til montering med brug af loddemaskine er der i dag tin-kobber-nikkeltråd, som kan anvendes i de samme maskiner, som anvender bly-tin. Det skal bemærkes, at en række af

alternativerne i sig selv kan have uheldige miljømæssige egenskaber, eller der anvendes problematiske stoffer i tilknytning til brugen af alternativerne.

#### *Bortskaffelse og tab*

Ved støbning af orgelpiber vil der ske en emission til luft. På grundlag af en anslået emissionsfaktor på 0,01-0,1% anslås emissionen til <0.005 tons Pb/år.

Ved brug af loddetin sker der en mindre emission af bly til luft med blydampe. Emissionen kan først og fremmest afstedkomme arbejdsmiljømæssige problemer, mens tabene gennem udsugning til omgivelserne må anses for marginale.

Affald af loddetin fra produktionen af produkter eksporteres til oparbejdning i udlandet. Der var i 2000 en registreret eksport på 133 tons tin, som formodes primært at være produktionsaffald af loddetin fra produktion af elektronik og kølere. Gennemsnit for perioden 1995-2000 var 129 tons. Med et antaget gennemsnitsindhold på 45-55% bly svarer eksporten til 51-62 tons bly.

Loddetin i elektronik ville tidligere hovedsageligt havne i forbrændingsanlæg eller på deponi, men dette forhold er ændret med indførelsen af Bekendtgørelsen vedrørende bortskaffelse af affald af elektriske og elektroniske produkter (Bek 1067). Bekendtgørelsen påbyder kommunerne senest 1. juni 1999 at fastsætte bestemmelser om indsamling og den videre håndtering af affald af elektriske og elektroniske produkter. Ifølge bekendtgørelsen skal bly i printkort oparbejdes med minimum 80%. Ved oparbejdning af elektronikprodukter vil printkort blive sendt til udlandet til genvinding af metallerne. Ifølge Legarth et al. (2001) er genvindingsprocenten ved Boliden i Sverige, som oparbejder en stor del af de eksporterede printkort, på 85%.

På grundlag af oplysninger fra virksomheder der oparbejder elektronik, kan det estimeres, at der med printplader oparbejdes 15-25 tons bly. Bly udgør omkring 0,9% af printpladernes samlede vægt. Forbruget af bly med elektronik i 1985 blev vurderet til 30-40 tons (Hansen & Busch 1989). Det må forventes, at der i 2000 bortskaffedes en mængde af mindst denne størrelsesorden, og det skal på den baggrund anslås, at der - ud over den mængde der oparbejdedes - bortskaffedes 20-40 tons, som groft antages at fordele sig 75:25 til forbrænding og deponi.

Loddetin i glødelamper og kompaktlysstofrør vil havne i fast brændbart affald. Bortskaffelsesmængder vil svare til det årlige forbrug.

Kølere vil overvejende blive opsamlet som metalkrot og eksporteret til oparbejdning uden for Danmark. Lodninger anvendt til vvs-formål må ligeledes forventes at blive bortskaffet som metalkrot sammen med f.eks. zinktagreneder.

Hvidtmetal anvendt i større motorer vil ved skrotning blive taget ud og solgt til genvinding. En mindre del må dog forventes at følge med jernskrot til omsmelting. En del hvidtmetal vil desuden havne i smøreolie fra maskiner og motorer og bortskaffes til Kommunekemi eller andre aftagere af spildolie. Den samlede mængde bly, der i 2000 bortskaffedes med spildolie, er jf. afs. 4.4 anslået til omkring 0,9-2,1 tons. Det skønnes, at en væsentlig del af dette kan stamme fra bly-tinlegeringer i lejer.



### 2.2.7 Andre legeringer

Bly indgår ofte i små mængder i andre legeringer, hvoraf de væsentligste er:

- Messing til armaturer, ventiler m.m.
- Rødgods til ventiler, pumpelede, beslag m.m.
- Zink til varmforzinkning af stål
- Aluminium- og stallegeringer til spåntagende bearbejdning.

Messing til fremstilling af især ventiler og armaturer ved spåntagende bearbejdning eller smedning indeholder ud over kobber og zink 2-3% bly, som til sættes for at gøre legeringen mindre skør og dermed nemmere at bearbejde.

Rødgods er en kobberlegering, der anvendes til støbning af større ventiler, pumpelede, beslag og lignende. Der anvendes forskellige typer af rødgods, der typisk vil indeholde henholdsvis 2-4% og 4-6% bly. Rør og stænger af rødgods forarbejdes endvidere til lejer, bøsninger og andre emner, hvor der ønskes et hårdt materiale med gode glideegenskaber.

Zink til varmforzinkning af stål indeholder ca. 1,1% bly, som gør galvaniseringsbadet mere letflydende (får lavere viskositet). Herved opnås, at overskudszink lettere løber af det galvaniserede gods, og at urenheder nemmere synker til bunds i badet. Varmforzinkning anvendes til emner, som skal kunne tåle at stå udendørs i længere tid, eksempelvis lygtepæle, vejskilte og autoværn.

Aluminiumlegeringer til spåntagende bearbejdning indeholder 0,2-2% bly. Blyholdige aluminiumlegeringer anvendes bl.a. til motordele i biler.

Automatstål kan indeholde op til 0,4% bly med det formål at lette bearbejdningen. Automatstål anvendes til maskindele.

#### *Produktion*

Ingen af de nævnte legeringer fremstilles i Danmark. Indtil 1992 var der en omfattende produktion af messingstænger i Danmark baseret på skrot.

Nettoimporten af messing til videre forarbejdning i Danmark fremgår af Tabel 2.1. I 2000 var den registrerede import af messingstænger og -rør, som langt overvejende består af blyholdige legeringer, på ca. 27.000 tons svarende til 540-810 tons bly. Ved bearbejdningen af stænger og rør af messing, rødgods, aluminium og automatstål vil en ret stor del af råvarerne blive til spåner og stumper, og baseret på Lassen et al. (1996) samt oplysninger fra råvareleverandører anslås det, at kun omkring 50% af materialet vil ende i de færdige produkter. Det vil sige, at de producerede produkter kun indeholder omkring 270-410 tons bly. Det materiale, som fjernes ved bearbejdningen, eksporteres tilbage til råvareproducenten til genvinding.

Importen af kobber-tinlegeringer var ifølge Tabel 2.1. i størrelsesordenen 2.200 tons/år. Det fremgår ikke af statistikken, hvor meget af dette der udgøres af rødgods. I Illerup et al. 1999 anslås det, at produktionen i 1997 på danske rødgodsstøberier var på 4.532 tons. Begrebet "rødgodsstøberier" dækker dog her alle former for støbning af kobberlegeringer, hvoraf rødgods kun vil udgøre en del. På baggrund af oplysninger fra råvareleverandører, anslås forbruget af blyholdigt rødgods på danske støberier til 300-500 tons, hvoraf ca. halvdelen indeholder 2-4% bly, mens den øvrige halvdel indeholder 4-6%. Samlet indeholdt det anvendte rødgods således til 8-20 tons bly.

Hertil kommer et forbrug af rødgodsstænger og -rør. Disse varegrupper hører under "Rør af kobberlegeringer" i Danmarks Statistik, hvor der i 2000 var et forbrug på ca. 200 tons. Det er tidligere i forbindelse med massestrømsanalyse af kobber anslået, at 80% af disse råvarer udgøres af rødgods (Lassen et al. 1996), svarende til 160 tons stænger og rør af rødgods. Forbruget af bly med rødgodsstænger og -rør udgør således omkring 4,4-6,4 tons bly. Det samlede forbrug af rødgods som råvare kan således anslås til 500-700 tons/år. Under antagelse af at omkring halvdelen af denne mængde har et blyindhold på omkring 2% og resten et blyindhold på 4-6%, svarer det til et blyforbrug på 12-26 tons/år.

Der blev i 2000 anvendt ca. 3.500 tons zink til varmforzinkning i Danmark. Med et indhold af bly på 1,1% svarer dette til ca. 40 tons bly. Blyet importeres indleveret sammen med zink. En del af blyet fældes med partikler i badet og bliver bortskaffet sammen med "hårdzink", som er et affaldsprodukt fra processen. Ifølge leverandører er koncentrationen i zinkbelægningen på det færdige produkt ca. 0,5%. Der vil således ende omkring 16-19 tons bly på de færdige produkter.

Blyforbruget med aluminiumlegeringer til produktion i Danmark er ikke nærmere undersøgt. I Sverige er forbruget til dette formål i 1994 tidligere opgjort til mindre end 2 tons (Hedemalm 1994).

Der er ikke indhentet aktuelle oplysninger om blyforbruget med automatstål anvendt i Danmark. Det estimeres nedenfor, at forbruget alene med biler i Danmark vil kunne være i størrelsen 1-5 tons, hvilket indikerer, at der samlet kan være tale om ikke uvæsentlige blymængder.

Samlet blev der således til produktion af industriprodukter anvendt 590-890 tons bly/år med disse legeringer. Heraf eksporteres en væsentlig del med produktionsaffald.

#### *Forbrug med færdigvarer*

Ifølge Lassen et al. (1996) er der en væsentlig eksport af ventiler, armaturer og støbegods, og forbruget af bly i Danmark med færdigvarer af kobberlegeringer vil således være noget lavere end indholdet i produkter produceret i Danmark. Det samme vurderes at være gældende i 2000. Indholdet af bly i produkter af kobberlegeringer anvendt i Danmark i år 2000 skal på den baggrund anslås til 150-300 tons Pb/år.

Import og eksport af varmforzinkede emner er ikke undersøgt nærmere, men det antages, at import opvejer eksport, så forbruget med færdigvarer kan anslås til 16-19 tons Pb/år.

Aluminiumlegeringer anvendes i stigende omfang i biler. Blyholdige aluminiumlegeringer bruges f.eks. til cylindre og stempler til bremsesystemer, ventiler til automatgear, hydraulisk udstyr, cylindre og stempler til airconditionanlæg. Blyindholdet i disse legeringer er 0,2-2,0% v/v (Lohse et al., 2001). Blyholdige aluminiumlegeringer skønnes groft at udgøre 300-500 g pr. bil, svarende til 0,6-10 g Pb pr. bil (Lohse et al., 2001). Den samlede omsætning af bly med aluminiumlegeringer med biler kan på den baggrund anslås til 0,06-1 tons Pb/år. Totalt skal det samlede forbrug af bly med aluminiumlegeringer groft anslås til 1-10 tons Pb/år.

Blyholdige stållegeringer med et blyindhold på op til 0,35% v/v anvendes i biler f.eks. til højtryks injektorer til benzin og fittings (Lohse et al., 2001). Bly-

mængderne med stållegeringer skønnes af Lohse et al (2001) groft at udgøre 10-50 g Pb/bil, men kan dog være højere for japanske biler. Den samlede omsætning af bly med stållegeringer med biler kan på den baggrund anslås til 1-5 tons Pb/år. Det samlede forbrug med stållegeringer i Danmark kendes ikke, men skal groft anslås til 2-20 tons/år.

#### *Udviklingstendenser*

Der er ikke sket væsentlige ændringer i anvendelsen af bly med andre legeringer.

#### *Emissioner fra produktionsprocesser*

Der foreligger ingen præcise oplysninger om emissioner af bly ved støbning af rødgods. Emission af bly til luft fra "rødgodsstøberier" er af Illerup et al. på grundlag af målinger skønnet til 5-25 g Pb pr. ton støbt materiale. Det angives samtidig, at aktiviteten i 1997 var på 4.532 tons, som må omfatte både rødgods og andre kobber-tinlegeringer (bronzer). Denne mængde vil blive anvendt til beregning af emission, da det ikke er klart, om nogle af emissionsmålingerne er foretaget, når der støbes andre typer af kobber-tinlegeringer. Emissionen fra støbning af kobberlegeringer i 1997 kan på den baggrund beregnes til 0,02-0,11 tons/år. Det skal groft antages, at denne emission også vil være dækkende for 2000.

På grundlag af oplysninger fra danske støberier vurderes det, at der ikke sker noget væsentligt tab af bly til spildevand.

Ved forarbejdning af messing vil der kunne ske tab af bly til spildevand ved afrensingsprocesser. Hovedparten af blyet vil dog blive fældet og sendt til kontrolleret losseplads eller Kommunekemi. På baggrund af oplysninger fra produktionsvirksomheder i forbindelse med tidligere analyser anslås det, at der til spildevand årligt tabes < 100 kg bly, mens der med filterkager o.l. sendes i størrelsesordenen 1 ton bly til Kommunekemi eller kontrolleret losseplads.

Ved varmforzinkning ender en væsentlig del af blyet i aske og hårdzink som bortskaffes til oparbejdning i udlandet. Det drejer sig samlet om 21-24 tons.

#### *Affald fra produktionsprocesser*

Affaldssand fra metalstøberier indeholdt ifølge (Lemkow 1994) tidligere 1,3-390 g Pb/ton. På grundlag af opgørelser af mængder af affaldssand i (Lemkow 1994), er det tidligere anslået, at der årligt deponeres 0,2-2 tons bly med støbesand. Dette estimat antages også at være repræsentativt for mængder, der deponeres i 2000.

#### *Tab ved brug*

De blyholdige kobberlegeringer bliver i høj grad anvendt til produkter, som anvendes i forbindelse med vand, f.eks. sanitetsarmaturer eller ventiler i centralvarmeanlæg. Ifølge en ny bekendtgørelse om vandkvalitet fra 2001 skal blyindholdet i vandet ved indgangen til ejendomme være under 5 µg Pb/l, mens det ved forbrugersens taphane skal være under 10 µg Pb/l (Bek 871).

I en undersøgelse af afgivelsen af tungmetaller til drikkevand er det vist, at blyafgivelsen fra "almindelig messing" (i modsætning til afzinkningsbestandig messing) er forhøjet, umiddelbart efter at armaturerne er taget i brug, men at afgivelsen når et stabilt lavere niveau efter en driftstid på ca. 20 uger (Nielsen 2001). I 12 timers henstandsprøver på 4 vandværker med forskelligt vand

måltes i starten koncentrationer på 20-340 µg Pb/l. Efter et års driftstid var de målte koncentrationer i 12 timers henstandsprøver faldet til 15-75 µg Pb/l.

I målinger af afgivelse af tungmetaller fra blandingsbatterier i bebyggelse fandtes der et væsentlig lavere indhold af bly i vand, som havde stået i blandingsbatterier natten over. I 10 ud af 12 prøver var blyindholdet < 1 µg Pb/l, og den højeste værdi, der blev målt, var på 3 µg Pb/l (Nielsen 2001).

Til sammenligning er middelkoncentrationen i spildevand ved indløb til renseanlæg på 18 µg Pb/l. Det er på grundlag af de foreliggende målinger ikke muligt at beregne, hvor stort et bidrag blandingsbatterier, ventiler og fittings giver til den samlede tilførsel til renseanlæg. Da det samlede volumen af vand, der står i armaturerne, er lille sammenlignet med den samlede mængde vand, der løber gennem hanerne på en dag, indikerer målingerne dog, at det samlede bidrag vil være ret beskedent.

Zink på galvaniserede overflader bliver over år og dag korroderet bort. Korrosionsraterne vil typisk være i størrelsesordenen 0,3-0,7 µm pr. år, svarende til omtrent 15 µm i løbet af produkternes levetid, som typisk er 30 år. Lagtykkelsen er ifølge leverandører typisk på 125-250 µm. I en indgående svensk undersøgelse regnes med et gennemsnit på 170 µm (Nilsson 1996). Fra eksponerede overflader skulle der således tabes knapt 10% af det påførte zink. Da ikke alle overflader er eksponerede, når man i den svenske undersøgelse frem til, at den samlede korrosion fra varmforzinkede overflader svarer til ca. 5% af forbruget, som i Sverige har været nogenlunde konstant i 30 år. Da blyet må forventes at korrodere bort sammen med zinken, vil der her regnes med, at også 5-10% af blyet vil korrodere i løbet af levetiden. Forbruget af forzinket stål har i Danmark været relativt stabilt gennem mange år, og der regnes derfor med, at der er en ligevægt mellem forbrug og tab/bortskaffelse. Det betyder, at omkring 0,8-1,9 tons bly korroderer bort. Af dette regnes der groft med at 20-40% ender i kloakfløb, mens resten ender på jorden. En stor del af de forzinkede genstande står direkte i jord eller er omgivet af en vandgennemtrængelig belægning (f.eks. brosten), og der regnes derfor med, at den største del ender på jorden. De øvrige 15-17 tons regnes at blive bortskaffet med jern og stål.

#### *Bortskaffelse*

Messing og rødgods bruges overvejende i forbindelse med installationer, skibe og produktionsanlæg, og det er forfatterens vurdering, at >95% af produkterne, når de kasseres, vil bortskaffes via skrothandlere. Ud over bortskaffelse af kasserede produkter bliver 60% af den messing, der anvendes til produktion af produkter, bortskaffet til genvinding i form af spåner og klip. Den samlede mængde, der eksporteres med skrot (370-650 tons jf. tabel 2.1), vil således være større end forbruget med færdigvarer i Danmark.

Enkelte produktgrupper, som f.eks. messinghåndtag, vil i et vist omfang blive bortskaffet med brændbart byggeaffald, ligesom mindre genstande, som f.eks. dyser til oliefyr, vides at blive bortskaffet med dagrenovationen. På denne baggrund skal det groft anslås, at der med messing årligt bortskaffes 2-5% af den samlede mængde, svarende til 3-15 tons bly til forbrænding/deponi.

Varmgalvaniseret jern vil hovedsageligt blive bortskaffet som jern- og stål-skrot, og blyet vil ved omsmeltingen ende i flyveaske, som bortskaffes til genvinding. I forlængelse af ovenstående anslås det, at 15-17 tons vil bortskaffes med jern og stålskrot.

## 2.2.8 Fiskeredskaber

Overordnet kan brugen af bly i fiskeredskaber fordeles på:

- Lystfiskeri
- Fritidsfiskeri
- Erhvervsfiskeri.

Bly i fiskeredskaber tjener det formål at give en øget vægt og dermed holde fiskeredskaberne i den rette position i vandet. Der anvendes hovedsageligt ulegeret bly til fiskeredskaberne.

Lystfiskeri omfatter alt fiskeri med lette håndredskaber. Bly anvendes udelukkende som synk eller indgår i selve redskabet (f.eks. i blink, jigs, pirke mv.).

Fritidsfiskeri omfatter primært fiskeri med garn og ruser, og kun i mindre grad krogredskaber. Bly anvendes som synk (typisk tønndeformede) til garn og ruser samt til markeringsbøjer.

Erhvervsfiskeri omfatter trawl-, not- og snurrevodsfiskeri, men også garn-, kroge-, ruse- og bundgarnsfiskeri. Bly anvendes typisk som liner, hvorpå der er monteret små stykker af bly (kaldes også synkeliner eller undertæl) og blytove (vodtove) monteret på garn og snurrevod, som synk til not, trawl, bundgarn og ruser, samt i markeringsbøjer (flagbøjer). Tidligere blev der i videre udstrækning brugt blysynk på garn, men i dag bruges synk næsten udelukkende på ruser, bundgarn, rejetrawl og ringnoter (store garn, som sættes i en ring omkring stimer af pelagiske fisk som sild og makrel).

### *Produktion*

Alt bly til synkeliner og vodtove importeredes i 2000. Det skønnes på grundlag af oplysninger fra råvareleverandører, at der til produktionen af synk og bøjer anvendes i størrelsesordenen 50-100 tons nyt bly. Hertil kommer, at en del af den bly der genanvendes fra fiskeredskaber, omstøbes til nye synk og bøjer, således at den samlede mængde, der støbes, skønnes til 75-150 tons.

Langt størstedelen af blyholdige redskaber til lystfiskeri købes gennem større grossister. Det skønnes, at hjemmestøbning og videresalg til butikker kun sker i ringe grad, og der er ingen væsentlig dansk produktion af blyholdige fiskeredskaber til lystfiskeri. Til gengæld er det i mange lystfiskerforeninger en integreret del af foreningslivet at støbe synk og pirke, og der skønnes at være en væsentlig hjemmeproduktion af blink, pirke og synk i disse kredse. Danmarks Sportsfiskerforbund har før Blybekendtgørelsens ikrafttræden i 2000 ført kampagner om bly og har desuden stoppet kurser i hjemmestøbning, hvilket alt i alt har medvirket til en øget bevidsthed om blyskadelige virkninger på miljøet (Thygesen, 2002). Kampagnen kan betyde, at færre i dag støber deres egne fiskeredskaber. Det skønnes, at der findes omkring 60.000 organiserede lystfiskere i Danmark (dvs. dobbelt så mange som er medlem af Dansk Sportsfisker forbund DSF) (Thygesen, 2002). Som et groft overslag anslås det, at omkring 25% af de organiserede lystfiskere tidligere drev en eller anden form for hjemmestøberi. Ikke-organiserede lystfiskere skønnes ikke at have nogen væsentlig form for hjemmestøbning. Der er ingen, som kender den samlede mængde, som støbes, men det skal her anslås at udgøre 10-30 tons bly/år for år 2000, hvilket svarer til mængden, der blev skønnet til hjemmestøbning i den foregående massestrømsanalyse. Råvarerne vil typisk være skrotbly, f.eks. rester af inddækninger, afbalanceringsklodser eller kabelkapper.

### *Forbrug til lystfiskeri*

Forbruget af bly med lystfiskeri har ikke ændret sig væsentligt siden den seneste massestrømsanalyse.

I 2000 blev der indløst ca. 150.000 fisketegn, hvilket er en stigning på ca. 20.000 siden seneste massestrømsanalyse for bly (Fiskeridirektoratet, 2001), men der findes mange lystfiskere, som ikke indløser fisketegn. En opgørelse for 1996 viser, at det faktiske antal, der fiskede dette år, var på ca. 425.000 (Bohn og Roth, 1997). Danmarks Sportsfiskerforbund har ca. 30.000 medlemmer, hvilket er uændret i forhold til den seneste massestrømsanalyse (Thygesen, 2002). Det skønnes, at ca. 60.000 lystfiskere er organiserede i lokale lystfiskerforeninger.

De typiske anvendelser af blyholdige fiskeredskaber til lystfiskeri er synk monteret på forfang, splithagl, pirke, blink, jigs, woblere og "downriggere" til trollingfiskeri.

Synk anvendes i lystfiskeri i forskellige udformninger og vægtklasser. De mindste er splithagl, som vejer i størrelsesordenen nogle få gram. Haglene har en slids og klemmes omkring fiskelinen og bruges som kastevægt. Splithagl bruges primært til fiskeri i ferske vande og især i søer, men også til "vadefiskeri" ved kysterne. Splithagl er det eneste form for bly, som anvendes i større udstrækning til lystfiskeri i ferskvand. Forbruget af splithagl anslås på de foreliggende oplysninger groft til 3-3,5 tons bly/år.

Forfang består af to eller flere kroge monteret på en line med et synk på 20-200 g og bruges til fiskeri efter bundlevende fisk (fladfisk og torsk) eller til sildefiskeri langs kysten. Forfang købes ofte færdiglavede med line, krog og synk på 35-40 g, og typisk er krogen af så dårlig en kvalitet, at den hurtigt rustet og bliver ubrugelig. Der er et anseligt forbrug af forfang, da denne type fiskeri er meget populær. Forsyningen af monterede forfang til lystfiskeri opgøres af Danmarks Statistik til 21 tons i år 2000, men varierer meget fra år til år. Det synes rimeligt at antage, at hver fisker bruger 2-3 forfang pr. år, hvilket svarer til et forbrug på 30-51 tons/år.

Pirke fås som kystpirke eller "kastepirke" på 10-60 g og som havpirke på typisk 100-600 g. Havpirke benyttes til torskefiskeri fra båd. Pirke af bly er skrøbelige for slag, f.eks. hvis der fiskes på en stenbund. Forbruget af købte pirke vurderes generelt af de adspurgte personer at være klart større end forbruget til forfang. Forbruget til andre formål (blink, woblere, jigs mv.) skønnes at udgøre nogle få tons. Blink laves i dag typisk af messing eller kobber, men blev tidligere lavet af bly eller en blylegering for at gøre blinket hårdere. Woblere er typisk lavet af træ eller kunststof, hvori der er indstøbt bly, typisk i form af et blyhagl. Jigs består af blødt kunstmateriale formet som en fisk, med en kerne eller et hoved støbt af bly. Til pirke og andre formål anslås forbruget til 50-70 tons bly/år.

Trolling består i at trække blink og lignende i et antal liner efter en båd. Afhængigt af hastighed og ønsket fangstdybde monteres synk (downriggere) af op til 6 kg. Trolling blev taget i brug i Danmark i slutningen af 80'erne og har været i fremgang siden, men er nu ved at være stagnerende (Thygesen, 2002). Det skønnes, at der i Danmark er omkring 3.000 både, som bruges til trolling. Forbruget til trollingfiskeri anslås til 4-12 tons.

Det samlede forbrug til lystfiskeri i 2000 inkl. hjemmestøbning anslås på denne baggrund til 97-170 tons bly/år.

### *Forbrug til fritidsfiskeri*

Fritidsfiskere må højst anvende seks redskaber (heraf højst 3 garn), og i overvejende grad anvender fritidsfiskere dette antal redskaber. Det er på ruser, at de største mængder bly er monteret, og her er det som oftest monteret som et tøndeformet synk på et kraftigt tovværk (også kaldet et "rad"). På garn bruges bly som regel som synkeliner, der vejer godt et par kg pr. 100 m. Langt de fleste garn placeres ved bunden. Bly anvendes også til markeringsbøjer til ruser og garn, hvor alle redskaber (eller evt. flere redskaber sat i serie) skal være markeret med to bøjer.

Typisk vil der blandt fritidsfiskere være en ligelig fordeling i antallet af garn og ruser, og det kan antages, at fritidsfiskere hver har 2-3 garn og 2-3 ruser. I 2000 var der ca. 32.000 fritidsfiskere, og i en årrække har dette antal været stagnerende (Fiskeridirektoratet, 2001).

Tøndesynd (og oftest hele radet) genbruges i meget stor stil i fritidsfiskeri på nye garn og ruser. Det skønnes groft, at forbruget af bly til garn, ruser og bøjer i fritidsfiskeri er 21-72 tons.

### *Forbrug til erhvervsfiskeri*

Forbruget af bly til erhvervsfiskeri i 1998 er af Matcon (1999) opgjort til ca. 700 tons, der fordeler sig med 350 tons med synkeliner til garnfiskeri, 50 tons med vodtov og andet tovværk og 300 tons med synk til andet fiskeri. Det er ikke helt klart, om den opgjorte mængde også omfatter fritidsfiskeri. I beregningen er der taget udgangspunkt i, at omkring 3.500 tons bly er i brug med fiskeredskaber, og det er antaget, at den årlige fornyelse svarer til 1/5 af denne mængde.

Der er de senere år sket en tilbagegang i fiskeflåden, og der har været en stigning i brugen af trawl, hvor der normalt ikke anvendes bly, på bekostning af andre fiskeredskaber. Forbruget i 2000 vil derfor kunne være mindre. På grundlag af oplysninger fra leverandører af fiskeredskaber og repræsentanter for fiskeriorganisationerne er det forsøgt at estimere forbruget i 2000 og diskutere dette i relation til ovenfor nævnte opgørelse for 1998.

I garnfiskeri anvendes bly typisk i form af synkeliner, der er monteret som undertæl. Linerne består af enkelte eller flere liner med blystykker indvævet i en hul line (strømpe), som består af polypropylen, polyester eller andet kunstmateriale. Almindeligvis bruges der liner med 8-11 kg bly pr. 100 m. Ofte har linerne en meget lang levetid, og typisk skiftes garnet ud flere gange, mens linen tages ud og genbruges i de nye garn. På grundlag af et udtræk fra Fiskeridirektoratet over danske fiskefartøjer fordelt på distrikt og udvalgte fartøjstyper og oplysninger om det typiske antal redskaber pr. fartøj baseret på oplysninger fra leverandører er det estimeret, at der aktuelt er 440-1.800 tons bly i anvendelse i aktivt garnfiskeri. Spørgsmålet er så, hvor længe de enkelte synkeliner holder. Hvis der baseret på Matcon (1999) regnes med at fornyelsen er på 20% pr. år, svarer det til 90-360 tons bly. Sammenholdt med Matcons overslag på 350 tons og oplysninger fra leverandører, der vurderer markedet til ca. 200 tons, skal det her skønnes, at forbruget med synkeliner til garn var på 200-300 tons.

Vodtov er 3-slået tov, hvori der indvæves bly enten som ren blytråd eller som en line med små blysynk. Vodtov er specielt egnet til fiskeri på stor dybde, har en høj brudstyrke og lang holdbarhed. Vodtov bruges i marginal anvendelse også til letvægtsankre for at give en øget neddrift. Forbruget i 2000 kan base-

ret på oplysninger fra leverandører anslås til 60-70 tons, hvilket er godt i overensstemmelse med Matcons estimat på 50 tons.

Synk anvendes til bundgarn, ringnoter, trawl, ruser og krogredskaber. Der er mange typer af redskaber, og mange producenter og leverandører. Det har derfor inden for rammerne af dette projekt ikke været muligt, at få et fuldt overblik over omsætningen af bly, og dermed vurdere Matcons estimat på 300 tons med synk til andet fiskeri.

Bundgarn laves af fiskerne selv og tilpasses den enkelte standplads, så garnet passer specifikt til bund- og strømforhold. Bundgarnene sættes i en længere periode, typisk af et halvt års varighed. Det er vigtigt, at garnene slutter helt tæt til bunden. Garnene er store og monteres med 0,4-0,5 tons bly pr. garn. Nogle bundgarnsfiskere anvender jernkæder eller "bolde" med skrotjern i stedet for bly, og det skønnes, at 1/3 af garnene monteres med jernkæder og 2/3 monteres med synk i form af klemmebly. I en årrække på 10-20 år har det i bundgarnsfiskeriet været almindeligt at indpakke blyet i gummi, som klemmes omkring garnet med en hydraulisk presse. Gummiet mindsker både slid på blyet og på garnene og gør det i øvrigt nemmere at tage blyet af og genbruge. Ifølge flere personer med tilknytning til erhvervet er der stort set intet slid på blyet, hvis der anvendes gummi på denne måde, og det er meget udbredt. Baseret på oplysninger om antal aktive fartøjer, garn pr. fartøj og kg. bly pr. garn anslås det, at der er 290-350 tons bly i anvendelse. Hvis der regnes med en fornyelse på 20% pr. år vil det svare til 40-70 tons. En del af dette bly vil erstatte bly som er slidt af, den øvrige del vil i høj grad stamme fra gamle synk som bliver omsmeltet og genanvendt af den enkelte fisker.

Ringnoter er store redskaber, som indeholder op til 7 tons bly pr. not. Forbruget vil variere alt efter hvor mange nye noter der laves, men kan som gennemsnit anslås til 10-25 tons.

På trawl anvendes der i dag hovedsageligt stålkæder og stålwirer og kun i lille udstrækning bly i form af tøndesynk. Bly har tidlige været anvendt i større omfang til trawl. To producenter oplyser, at bly stadig anvendes i nogle trawl i mængder på 100-200 kg pr. trawl. Da omsætningen af trawl er stor, kan det udmærket være væsentlige mængder, der omsættes med trawl, men det har ikke været muligt at estimere omfanget.

I ruser anvendes der tøndesynk, som monteres på tovværk (kaldes også for "rad"), der oftest er lavet af kraftigt tovværk, og derfor sker der sjældent tab af bly som følge af brud på radet. En ruse holder 5-10 år, mens blyet på rusen (eller selve radet) har en længere levetid og genbruges ofte adskillige gange på nye ruser. Rusefiskeriet er i høj grad fritidsfiskeri, og der er kun 10 registrerede aktive rusefartøjer. Mængderne af bly i brug estimeres at være i størrelsen 2-20 tons, og forbruget til dette formål må være relativt lille.

Blysynk anvendes også i krogredskaber. Blyet fastgøres på tjavsen mellem krogen og svirvlen og består i laksefiskeriet af en blyklump på mellem 15 og 20 gram pr. tjavs. Der mistes ca. 30% af krogredskaberne pr. år især i forbindelse med redskabskollisioner (Matcon 1999). Det har ikke været muligt at opgøre forbruget med krogredskaber.

Traditionelt har der været anvendt bly til garnene i havbrug, men dette er gradvist blevet udfaset, og i dag er der kun få steder, hvor der stadig anvendes bly, som gradvist skiftes ud med andre materialer. I stedet anvendes jernkæder eller "bolde" fyldt med skrotjern. Begge disse alternativer er taget i brug, fordi



de er mere skånsomme over for garnene. De blysynk, som udskiftes, leveres typisk til kommunal eller privat containerplads, hvorfra det går til genvinding.

Til fiskeredskaberne anvendes markeringsbøjer, der typisk indeholder 1,5-2 kg bly som balancevægt.

Det har således ikke været muligt at opnå et estimat for, hvor meget bly der bruges med synk. Der tages derfor udgangspunkt i Matcons estimat, men da det synes at være en generel holdning hos leverandører, at forbruget er faldende, skønnes forbruget af bly med synk og markeringsbøjer til 150-300 tons. Det skal understreges, at en stor del af dette bly recirkulerer og omsmeltes af fiskerne eller producenter.

Samlet estimeres det således, at der til erhvervsfiskeri anvendtes 410-670 tons bly i 2000.

#### *Samlet forbrug til fiskeri*

Det estimerede forbrug opdelt på fiskeredskaber fremgår af Tabel 2.11.

Tabel 2.11  
Forbrug, tab og bortskaffelse af bly med fiskeredskaber, 2000.

Tons/år	Forbrug	Genanvendelse	Tab til Vand	Forbr./deponi
Lystfiskeri	97-170	0,87-1,6	95-160	1,3-3,3
Fritidsfiskeri	21-72	12-58	1-14	1-18
Erhvervsfiskeri	410-670	100-260	21-120	210-410
I alt	530-910	110-320	120-290	210-430

#### *Udviklingstendenser*

Det er den generelle opfattelse, at forbruget af bly i erhvervsfiskeri er faldende, hvilket primært skyldes en ændret sammensætning af fiskeriflåden. F.eks. er der sket en udvikling i retning af flere trawl- samt kombinationsfartøjer, hvor der i mindre grad bruges bly.

#### *Tab ved produktion*

Det har ikke været muligt at fremskaffe specifikke tal for emissioner og tab i forbindelse med produktion af fiskeredskaber. Støbningen foregår mange steder, dels hos producenter, dels hos den enkelte erhvervsfisker eller lystfisker. Der antages derfor - i lighed med emissionsfaktorerne brugt for omsmelning af blytage - at emissionsfaktoren for erhvervsmæssig støbning er på 0,05-1 kg/tons smeltet, mens den fra privat støbning under åben himmel er på 1-10 kg/tons smeltet bly. Den samlede emission til luft kan på den baggrund anslås til 0,01-0,4 tons Pb/år. Det anslås endvidere, at 2-5%, svarende til 2-8 tons, i form af slagge og restprodukter sendes til genvinding. I størrelsen 0,2-1,5 tons restprodukter fra hjemmestøbning antages at bortskaffes med dagrenovationen.

#### *Tab under brug*

Bly anvendt til lystfiskerformål tabes langt overvejende under brug til vandmiljøet, og der skal her regnes med at 98% tabes, mens nogle få procent bortskaffes med dagrenovationen til forbrænding.

Blysynk anvendt på redskaber til fritids- og erhvervsfiskeri vil blive slidt under brug. Slid på blysynk afhænger af, om synket er placeret i vandfasen eller på

bunden, samt af strømforholdene. Der vil også kunne ske et slid, når synkene glider hen ad siden på båden. Tab ved slid på synk til bundgarn er af fiskere oplyst typisk at udgøre 1-2% pr. år, hvis synkene er beskyttet af gummi og 2-5% pr. år, hvis synkene er frit eksponerede. Der er dog også oplyst om højere rater hvis garnene står meget eksponerede. Tab ved slid på synk til trawl er oplyst at være i størrelsen 0,5-1% pr. år. Hvis man regner med, at synkene anvendes i 5-10 år inden de omsmeltes eller bortskaffes på anden måde, vil der kunne være tale om, at i størrelsen 2,5-50% vil kunne forsvinde ved slid. Hertil kommer, at synk kan falde af, eller hele redskabet kan mistes. Det skal på den baggrund groft antages, at 5-20% af blyet, som anvendes med synk, slides bort eller tabes.

Det direkte slid på bly i liner og vodtøve vil være begrænset, da blyet er indvævet i linen. Tab vil kunne forekomme hvis hele værktøjet tabes, eller hvis dele af linen eller hele linen tabes. Der er oplyst eksempler på, at fiskere bevidst har skaffet sig af med vodtøve ved at lade dem dumpe. "Spøgelsesgarn" er garn som er efterladt på havet. Spøgelsesgarn kendes stort set kun inden for erhvervsfiskeri, hvor fiskeredskaberne er større end dem der bruges til fritidsfiskeri og anvendes på større dybder med øgede strømforhold og skibstrafik. Generelt er der blandt de adspurgte enighed om, at ingen fiskere bevidst lader garn og fiskeredskaber stå tilbage på havet. Spøgelsesgarn kan f.eks. opstå, hvis et garn flyttes af et vod. Der findes meget forskellige bud på hvor stor en del af blyet der vil ende i havet, spændende fra nogle få procent til 25%. I mangel af præcise oplysninger vurderes det groft, at det vil kunne dreje sig om 5-15%.

Samlet kan det således anslås, at 21-120 tons bly tabes til vand fra fritids- og erhvervsfiskeri.

#### *Bortskaffelse*

For redskaber, der anvendes til fritids- og erhvervsfiskeri, vil bortskaffelsesformen være afhængig af, hvorledes blyet forekommer. Generelt genvindes synk i højere grad end sammensatte produkter som garn og vod.

Der forekommer et udbredt genbrug, hvor synk og synkeliner afklippes og genbruges til at lave nye redskaber. Ved genbrug skal her forstås en direkte anvendelse på lige fod med nye produkter, mens der med genvinding forstås omsmelting eller levering til containerplads eller skrothandel med henblik på udnyttelse af blyet ved omsmelting. Uanset graden af genbrug hos den enkelte fisker må det forventes, at de mængder, der årligt tilføres, og som her er opgjort som forbruget, skal fraføres igen - som bly, der bortskaffes til genvinding, tabes på havet eller ender i forbrænding/deponi.

Kasserede vodtøve og synkeliner genvindes stort set ikke, men bortskaffes til deponi/forbrænding. En enkelt havn laver en meget effektiv indsamling af garn og net med efterfølgende sortering i forskellige fraktioner. Blysynk, flåd, tovværk mv. bliver skåret fra garnene og solgt til genvinding som rene fraktioner. De dele, som ikke kan genanvendes, neddeles i en specialudviklet shredder, og restproduktet deponeres. Der sker i øvrigt en begrænset genvinding af bly fra synkeliner, hvor linerne forbrændes på sammen måde som blyholdige kabler. Genvinding af bly fra synkeliner i 2000 anslås til 10-21 tons.

Det synes at være det mest udbredte, at havnene opstiller containere, hvor garn og vod opsamles og bortskaffes til deponi. Kasserede trawl vil også typisk bortskaffes til deponi. Det kan dog forekomme, at garn bortskaffes til forbrænding. Det skal groft antages, at 80% af de kasserede redskaber, der ikke

genvindes, bortkaffes til deponi, mens den øvrige del bortskaffes til forbrænding.

Det synes at være den mest almindelige praksis, at synk fjernes fra redskaberne, inden de deponeres eller forbrændes. Synkene omsmeltes enten hos den enkelte fisker, hos producenter af fiskeredskaber eller de afsættes til produkt-handlere. Det forekommer dog også, at synk bortskaffes til forbrænding eller deponi sammen med redskaberne, fordi brugeren ikke vil bruge tid på at fjerne synkene. Det anslås groft at en mængde svarende til 60-80% af forbruget, svarende til 90-240 tons genvindes, mens den resterende del bortskaffes til forbrænding/deponi i forholdet 20:80.

Samlet kan det således anslås, at der bortskaffes 110-320 tons bly fra fiskeredskaber til fritids- og erhvervsfiskeri til genvinding. En del af dette vil blive genvundet af den enkelte fisker eller producenter. Det anslås, at der til deponi bortskaffes 170-340 tons, mens 42-86 tons endte i forbrændingsanlæg. Usikkerhederne på estimerne er indbyrdes afhængige, således at det ikke vil kunne forekomme, at alle værdierne ligger i den høje ende af estimerne samtidig.

### **2.2.9 Afbalancering**

Bly anvendes på grund af sin høje massefylde og formbarhed til afbalancering af en række produkter:

- Hjul på køretøjer
- Ventilatorer
- Vindmøllevinger
- Maskinkomponenter, teknisk udstyr mv.
- Klaverer.

#### *Afbalancering af køretøjer*

Blylodder bruges til afbalancering af hjul på køretøjer. En del af afbalanceringsklodserne er coatede med sølvfarvet kunststof eller forkromede og bruges især på biler med letmetalfælge.

Afbalanceringsklodser enten slås eller limes på fælgen. Der sidder en krog på klodsen, som slås ind mellem fælg og dæk. Til personbiler anvendes vægte på 5-200 g (i gennemsnit ca. 20 g), mens vægtene, der anvendes til lastbiler, vejer 150-400 g (i gennemsnit ca. 150 g). Typisk bruges der 5 afbalanceringsklodser pr. køretøj. Alle afbalanceringsklodser importeres. Der sælges omkring 3 mio. afbalanceringsklodser om året, heraf 2,7 mio. til personbiler. Forbruget af afbalanceringsklodser sker dels ved handel med biler, dels ved import af løse afbalanceringsklodser. Forbruget, inklusive import med køretøjer, anslås på baggrund af oplysninger fra importører til 70-140 tons Pb/år. Forbruget til dette formål blev i den seneste massestrømsanalyse i 1994 anslået til 200-250 tons, hvilket efter al sandsynlighed er overestimeret, og det kan antages at forbruget i 1994 har været i samme størrelsesorden som i 2000.

#### *Afbalancering af ventilatorer*

Det er meget forskelligt, hvordan industriventilatorer afbalanceres, og selv for ens produkter lavet af forskellige producenter synes det at være forskelligt, hvorledes afbalanceringen foretages. Generelt bruges bly kun til afbalancering af axialventilatorer, dvs. samme type propeller, som bruges i fly, vindmøller o.l. Nogle producenter oplyser, at de aldrig har anvendt bly til afbalancering, og i stedet anvendes stål eller støbejern samt boring og slibning af ventilator-

vingerne. Behovet for afbalancering af mindre ventilatorer som f.eks. lofts-, bord- og gulvventilatorer (komfortventilatorer) er minimalt, og det vil typisk kun være de større modeller, som afbalanceres. Større markedskæder er i stigende grad opmærksomme på, at de produkter, som sælges i butikkerne, ikke indeholder bly.

Små og mellemstore ventilatorer til industrien bruges f.eks. til udsugning af svejseluft, udsugning fra produktion, udluftning af tunneler, airconditionanlæg o.lign. Nogle af disse ventilatorer afbalanceres af samme type afbalanceringsklodser, som også anvendes i køretøjer. Andre ventilatorer af samme type samt større ventilatorer ("heavy duty" ventilatorer) til f.eks. kraftværker afbalanceres ved, at vingearmene afbalanceres ved brug af en såkaldt "afbalanceringsarm", hvori flydende bly i en passende mængde støbes individuelt til hver vingearm. Større ventilatorer afbalanceres i højere grad end små og mellemstore ventilatorer med bly. Generelt er forbruget af bly til afbalancering af ventilatorer for nedadgående. En større dansk producent oplyser, at den opererer med henholdsvis en ny og en gammel produktlinie, hvor der kun anvendes bly til renovering af den gamle produktlinie, mens den nye produktlinie udelukkende baserer sig på afbalancering med støbejern.

På baggrund af oplysninger fra danske producenter og forhandlere skønnes det samlede forbrug af bly til afbalancering af ventilatorer at være 0,7-2,2 tons bly/år. Heraf vil groft anslået ca.  $\frac{3}{4}$  af forbruget gå til ventilatorer, der bruges til aircondition, beluftning af tunneler, garageanlæg samt udsugningsanlæg fra produktionsvirksomheder.

#### *Afbalancering af vindmøllevinger*

Korrekt afbalancering af vindmøllevinger er vigtig for at nedbringe det mekaniske slid, der kan være på en forkert afbalanceret vindmølle. Til afbalanceringen anvendes der forskellige materialer, og i nogen grad anvendes bly. Der er ikke nogen større entydighed blandt vindmølleproducenter i anvendelsen af bly til afbalancering. Således har nogle producenter aldrig anvendt bly, mens andre altid har anvendt bly. Generelt er der dog enighed om, at bly fremover helt udfases til denne anvendelse og erstattes af andre materialer, f.eks. polyuretan eller andet metal. Bly kan bruges i form af barrer, som støbes til formålet, og kugler. Forbruget til produktion af vindmøllevinger skønnes i 2000 til 20-80 tons. Ifølge oplysninger fra branchen blev 71% af de producerede vindmøller eksporteret. Indholdet af bly til afbalancering af vindmøller opstillet i Danmark i år 2000 anslås på den baggrund til 20-80 tons.

#### *Afbalancering af maskinkomponenter, teknisk udstyr mv.*

Til afbalancering af svinghjul, koblinger, kardanakslar, el-rotorer, blæserhjul, remskiver, valser og diverse maskinkomponenter bruges generelt ikke rent bly. Afbalancering sker i stedet ved f.eks. at bruge loddetin eller bore et hul for at justere vægtfordelingen. Der vil være bly i loddetin. Det skønnes, at forbruget af bly til dette formål er marginalt.

#### *Afbalancering til klaverer*

Bly anvendes til at afbalancere tangenterne på klaverer. Ifølge oplysninger fra klaverreparatører anvendes der omkring 20 g pr. tangent, og med 85-88 tangenter på et klaver beløber det sig samlet til ca. 1,5 kg pr. klaver. Der står omkring 150.000-200.000 klaverer i danske hjem, og importen af nye og brugte klaverer og flygler var ifølge Udenrigshandelsstatistikken i 2000 på ca. 500 stk. Heraf følger at forbruget er på knapt et ton bly. Hertil kommer, at bly kan bruges i forbindelse med reparation af klaverer. På den baggrund skal det anslås, at der samlet anvendtes i størrelsesordenen 0,3-0,4 tons t bly med nye

klaverer og til reparation. Det anslås, at der årligt bortskaffes en mængde til forbrænding, som svarer til importen af nye og brugte klaverer.

#### *Samlet forbrug*

Det samlede forbrug til afbalancering anslås på baggrund af ovenstående til 76-160 tons.

#### *Udviklingstendenser*

Der er ifølge aktører ikke sket væsentlige ændringer i forbruget af bly til afbalancering inden for de opgjorte formål. Der forhandles aktuelt ingen alternativer til bly til hjulafbalancering i Danmark. Der skulle ifølge Lohse et al. (2001) være alternativer af stål og tin på det europæiske marked. Forbruget til produktion af vindmøller har formentlig været stigende på grund af stigning i produktionen af vindmøller, men der findes ikke nogen tidligere opgørelse. Det forventes, at bly til afbalancering af vindmøllevinger fremover vil blive erstattet af andre materialer.

#### *Tab til omgivelserne*

Der findes ikke europæiske opgørelser over afbalanceringsklodser, der falder af, men en amerikansk undersøgelse angiver, at mængden er "signifikant" (refereret i Lohse et al. 2001). Den samme undersøgelse angiver, at blyafstrømningen fra afbalanceringsklodser ved korrosion er estimeret til maksimum 0,088 g Pb/køretøj, hvis der regnes med en levetid på 12 år. Der findes i Danmark en bestand af køretøjer på ca. 2,3 millioner, og mængden af bly med disse køretøjer udgør ca. 150-370 tons. På baggrund af disse oplysninger anslås afstrømningen af bly fra køretøjer til <0,03 tons bly/år.

Tab af afbalanceringsklodser ved brug forekommer, men er ikke almindeligt. Det skal groft skønnes ud fra forfatternes og andres erfaringer, at der vil være tale om, at 1-3%, svarende til 2-10 ton bly om året, tabes til omgivelserne med afbalanceringsklodser.

Der formodes ikke at være et direkte tab til omgivelserne ved brug i forbindelse med de øvrige anvendelser.

#### *Affaldsbortskaffelse*

Afbalanceringsklodser indsamles ikke centralt gennem Autobranchens Affaldssystem (ABAS) (Dietz, 2002). Ved udskiftning af dæk på større værksteder og dækcentre synes den almindelige praksis at være, at blyet samles i beholdere og sammen med jernskrot afsættes til lokale skrothandlere. Afbalanceringsklodser fra miljøbehandling af biler (skrotning) indsamles til genvinding. De samlede bortskaffelsesmængder antages at svare til forbruget på 70-140 tons bly/år. Det skal her anslås, at størstedelen af afbalanceringsklodserne, svarende til 68-130 tons bly, indsamles til genanvendelse.

Ved bortskaffelse af vindmøllevinger skønnes det, at bly i form af barrer vil indsamles til genvinding, mens bly i form af blykugler ikke genanvendes. Mængderne af vindmøllevinger, der blev bortskaffet i 2000, svarer til mindre end 1% af den aktuelle produktion i Danmark (Lassen & Jensen 2002), og mængden af bly, der deponeres med vinger, anslås til <1 tons Pb/år.

Det formodes på grundlag af oplysninger fra klaverforhandlere, at blyet ved bortskaffelse af klaverer sammen med mindre dele vil bortskaffes til forbrænding. Antallet af klaverer, der bortskaffes, synes at være noget mindre end forbruget, der her er anslået på grundlag af oplysninger fra førende forhandler til

200 stk./år, således at den samlede mængde bly til forbrænding kan anslås til 0,3-0,4 tons.

Bly fra anden afbalancering formodes at blive bortskaffet til skrothandlere.

### 2.2.10 Afskærmning mod stråling

Bly anvendt til afskærmning mod stråling kan opdeles på en række anvendelsesområder:

- Afskærmning af vægge, lofter, gulve og vinduer i røntgenrum og andre rum med radioaktive kilder
- Kassetter og emballage til røntgenfilm
- Personligt beskyttelsesudstyr (forklæder, halskraver, handsker, testikelbeskyttere)
- Afskærmning af røntgenudstyr, måleapparater til ioniserende stråling og udstyr indeholdende radioaktive stoffer
- Beholdere til transport af radioaktive kilder.

Bly anvendes på grund af metallets gode evner til at absorbere stråling. Samme absorption kan opnås med andre materialer, men det kræver større materialetykkelse. I princippet har brugen af blyglas i billedrør, som omtales i afsnit 2.3.3, en tilsvarende funktion.

#### *Vægge, lofter, gulve og vinduer*

Røntgenrum findes på sygehuse, hos dyrlæger og tandlæger. Bly i vægge og lofter består af blyplader, mens bly i det personlige udstyr både kan indgå som blyfolie og som blypulver, der indvales i gummi. I skillevægge bruges afskærmning typisk i form af blyplader, mens større vægge er af beton. Ofte er gulve af en sådan tykkelse, at det ikke er nødvendigt at bruge bly. Blybeskyttelsen monteres f.eks. ved at klæbe en blyplade fast på væggen, eller i en sandwichkonstruktion, hvor blypladen monteres mellem to træplader og eventuelt med gipsplade yderst. Tykkelsen på blypladen varierer fra 1 til 4 mm afhængigt af strålingens intensitet. Hos tandlæger er blypladens tykkelse typisk 1 mm, på sygehuse og ved dyrlæger 2 mm, mens blypladen på museer er 4 mm (Grøn, 2002).

På hospitaler og i tandklinikker er der ofte flere røntgenrum. Udviklingen i anvendelse af medicinsk røntgen er for nedadgående som følge af nye digitale scanningsmetoder, og forbruget af bly anses derfor at være faldende. Udviklingen på tandklinikker er de senere år gået i retning af, at der er flere røntgenrum frem for kun ét rum, hvilket sker for at yde kunderne en bedre service. Denne udvikling er bekræftet af flere aktører fra branchen, og forbruget af bly anses derfor at være stigende til tandklinikker. Det almindelige er at lade lokale håndværkere udføre arbejdet med at lave de nye værelser og herunder montere blypladerne. Det er vanskeligt at opgøre forbruget, da pladerne forhandles sammen med plader til andre bygningsformål. På grundlag af oplysninger fra aktører skønnes det, at 10-50% af de private tandklinikker de seneste fem år er gået over til at have mulighed for røntgen på hvert enkelt værelse. På baggrund af oplysninger om antallet af tandklinikker, antallet af værelser pr. klinik samt disses størrelse anslås det årlige forbrug til private tandklinikker groft at være på 29-350 tons bly/år. Det skønnes, at der til offentlige tandklinikker, som udgør omkring 1/3 af de danske tandklinikker, samt til hospitaler, dyrlæger, museer o.l. er et væsentligt mindre forbrug, nemlig i størrelsen 1,5-35 tons bly/år, hvilket især begrundes med, at der inden for medicinsk røntgen er

tale om en udfasning til fordel for digitale scanningsmetoder. Det samlede forbrug til vægge o.l. anslås derfor at være 31-390 tons bly/år.

### *Røntgenfilm*

Røntgenfilm bruges både til medicinske og industrielle anvendelser. Ved hospitaler, kiropraktorer, dyrlæger samt museer anvendes der til røntgenfilm en filmkassette, hvori der indgår bly. Filmkassetterne genbruges adskillige gange og holder i op til 10 år, og kun selve filmen udskiftes fra gang til gang. I kernen af filmkassetten ligger filmen, som efter bestråling tages ud og fremkaldes. Størrelsen er typisk som et A4 til et A3 ark, men kassetterne fås også endnu større til at affotografere f.eks. en hel rygrad. Bly indgår som en folie som en del af selve produktet. Mængden af røntgenkassetter er ukendt, men et forsigtigt skøn baseret på oplysninger fra en aktør på området er, at der findes i titusindvis på hospitaler, hos kiropraktorer og dyrlæger rundt om i landet. På denne baggrund anslås det samlede indhold af bly i røntgenfotokassetter i brug groft til 2,4-14 tons. De sidste 2-3 år er medicinsk røntgen i nogen grad erstattet af nye digitale scanningsmetoder, f.eks. NMR-scanning. Producenter af traditionelt udstyr til medicinsk røntgen skønner, at nye scanningsmetoder i løbet af 5-8 år helt vil erstatte den traditionelle form for røntgen (Skyrin 2002). På baggrund af denne udfasning og den generelt lange brugstid for røntgenkassetter skønnes forbruget at være i størrelsesordenen <0,5 tons bly/år. I takt med udfasningen forventes der fremover en øget bortskaffelsesmængde af røntgenfilmkassetter. Det vides ikke, hvordan bortskaffelsen sker, men da bly indgår som en del af et sammensat produkt, der har en ydre ramme af aluminium, vil røntgenkassetter formentlig blive bortskaffet til skrot-handlere.

Hos tandlæger bruges der sterile engangskassetter, som bortskaffes efter brug. Kassetterne er af et blødt gummiagtigt materiale, som gør det nemmere at indføre i patientens mund. Kassetterne indeholder dels selve filmen, dels blyfolie på den ene side af filmen. På baggrund af få oplysninger om de bortskaffede mængder af bly fra tandklinikker anslås forbruget af bly med røntgenfilm til tandlægebrug groft til 0,5-3 tons/år.

Til industriel brug af røntgen anvendes bly kun til emballering med det formål at beskytte filmen mod baggrundsstråling. Røntgenfilm til industriel brug kaldes også for "non-destructive testing" (ndt-film), hvor konstruktionselementer, svejsninger, fjernvarmeledninger m.m. gennemlyses, således at man på film efter eksponering og fremkaldelse direkte kan se, om emnerne er behæftet med skjulte fejl. Ndt-film bruges i høj grad ved større byggeprojekter, f.eks. Storebæltsbroen, og forbruget varierer derfor meget fra år til år afhængigt af igangværende byggeprojekter. Ndt-film bruges desuden i metalindustrier, laboratorier og f.eks. på flyværksteder, hvor der kræves en høj sikkerhed. Ndt-film leveres som en strip, der vikles omkring svejsningen, som bestråles med en røntgenkanon. På baggrund af oplysninger fra en større producent skønnes forbruget af bly til ndt-film at være i størrelsen 6-40 tons bly/år. Bly i ndt-film indgår som en folie, der pakkes rundt om selve filmen. Efter bestråling tages filmen ud af blyfolien som bortskaffes.

### *Personligt beskyttelsesudstyr*

Blymængderne i procesudstyr og personligt beskyttelsesudstyr skønnes at være beskedne i forhold til blymængderne i vægge, lofter og gulve (Grøn, 2002). På baggrund af oplysninger fra enkelte producenter af personligt beskyttelsesudstyr, skønnes forbruget groft til 3,1-6,1 tons bly/år.

### *Afskærmning af udstyr*

Røntgenudstyr anvendes ud over til medicinske formål på museer (f.eks. til at gennemlyse udgravningsarbejder) og til bagagescannere (f.eks. i lufthavne).

Radioaktive stoffer har brede anvendelser i hele samfundet, og der er i Danmark ca. 1.100 registrerede brugere af radioaktive stoffer (Sundhedsstyrelsen, 2002). Til beskyttelse mod radioaktiv stråling bruges der i høj grad samme typer af afskærmning som til beskyttelse mod røntgenstråling (Öehnschläger, 2002). Radioaktive stoffer bruges i sundhedssektoren til diagnostiske undersøgelser og til proceskontroludstyr i industrien til eksempelvis tykkelsesmålere, niveaumålere, vægtfyldemålere, fugtighedsmålere og entreprenørarbejde (Sundhedsstyrelsen, 2002). For proceskontroludstyr med radioaktive kilder, der anvendes i industrien, er der ofte kun tale om stråling i et meget afgrænset område, og derfor er der ikke behov for afskærmning i vægge, lofter eller personligt udstyr (Öehnschläger, 2002). Afskærmningen er i stedet indbygget i udstyret. Der kan f.eks. være tale om kontrol af levnedsmidler på dåse, som bestråles i et afgrænset område i selve kontroludstyret for at kontrollere, om dåserne er for lidt fyldte. Forbruget af bly i apparater og industrielt proceskontroludstyr kendes ikke, men da udstyret har brede anvendelser i industrien, kan der potentielt være tale om væsentlige mængder. Import og produktion af beholdere med blyafskærmning mod radioaktiv bestråling har i perioden 1995-2000 været på 0 ton ifølge Udenrigshandelsstatistikken. Det samlede forbrug til disse formål skal forsigtigt skønnes til 1-10 tons/år.

### *Samlet forbrug i Danmark*

Det samlede forbrug til afskærmning mod stråling anslås på baggrund af ovenstående til 42-450 tons bly/år.

### *Udviklingstendenser*

Der har de seneste år været et stigende forbrug af blyplader til strålingsbeskyttelse, primært forårsaget af en stigning i antallet af røntgenrum hos tandlæger.

### *Bortskaffelse*

Det antages, at blyplader ved nedrivning eller renovering af røntgenrum bliver bortskaffet til skrothandlere til genvinding.

Det vides ikke, hvordan blyfolien fra industriel brug af røntgen bortskaffes, men da det drejer sig om rent bly, der ikke indgår i et sammensat produkt, forventes størstedelen at blive indsamlet og bortskaffet til skrothandlere til genvinding.

Bortskaffelsen af personligt beskyttelsesudstyr kendes ikke, men det formodes, at mindre enheder i nogen grad bortskaffes til forbrænding, mens større enheder bortskaffes til skrothandler. Bortskaffelsen afhænger ligeledes af, hvordan det enkelte produkt er opbygget. Eksempelvis vil der være en større sandsynlighed for, at skrothandlere vil modtage produkterne, hvis bly indgår som en folie, mens produkter, hvor bly indgår som blypulver, der er indvalset i f.eks. gummi, i højere grad formodes at blive bortskaffet til forbrænding.

Samlet set anslås det, at omkring 20-100 tons bortskaffes til genanvendelse. Omkring 0,5-5 tons bly anslås at gå til forbrænding, primært i form af røntgenfilm og mindre emner til personlig beskyttelse.

## **2.2.11 Andre anvendelser som metal**

Der har i denne massestrømsanalyse været sat særligt fokus på at beskrive en række af de mindre anvendelsesområder for bly, som ikke har været indgæ-



de beskrevet i de foregående analyser. En del af disse anvendelser er beskrevet i de foregående afsnit om afbalancering og strålebeskyttelse, mens følgende anvendelser vil blive nærmere beskrevet i dette afsnit:

- Overfladebelægning af benzintanke
- Lyd- og vibrationsdæmpning
- Modelhobby og legetøj
- Sikringsplomber
- Blybælter til dykkere
- Dekorationsmaterialer
- Blyhamre
- Politistave
- Gardiner og badeforhæng
- Kontravægte
- Gear og bremsekabler
- Ankertove
- Rør og rørfittings
- Militære formål
- Andet (f.eks. korrosionsbeskyttelse, justering af balancevægte samt tændrørssko).

Anvendelser, som fremgår af tidligere undersøgelser, men som i dag er udfaset, vil endvidere kort nævnes.

#### *Overfladebelægning af benzintanke*

Benzintanke på køretøjer er ofte overfladebehandlede med blyholdig legering (Sander et al. 2000; Lohse et al. 2001). Selve benzintanken af stål dypes i en flydende bly-tinlegering i en varm-dyppe-proces. Ifølge Lohse et al. (2000), anvendes der 30-60 g bly pr. bil, men i dag findes der flere bilproducenter som ikke bruger bly til overfladebehandling. Der findes flere forskellige alternativer til bly, f.eks. plast eller tin-zinklegering. Med en nettoimport af 99.700 køretøjer (ekskl. motorcykler) svarer forbruget af bly med denne anvendelse til 1,5-6 tons Pb/år.

#### *Lyd- og vibrationsdæmpning*

Vibrationsdæmpere af bly bruges til en række anvendelser, f.eks. afbalancering af akslen fra gearkasse til hjul, ratstamme og vibrationsdæmpning af forskellige dele af chassiset i biler (Lohse et al. 2001). Blylodder forbindes med den vibrerende del med en fjeder eller andet elastisk materiale for at dæmpe vibrationseffekten. Blyholdige elastomerer (plasttype) bruges også til dæmpning af vibrationer fra motoren. Da vibrationsdæmpere er med til at øge bilens vægt, vil producenter principielt undgå brugen heraf gennem konstruktionsændringer. For lette bilmodeller, f.eks. sportsvogne, og hvor plast i højere grad bruges som konstruktionsmateriale eller biler, hvor der ikke er tag, er der et større behov for anvendelse af vibrationsdæmpere. Det er således meget forskellige mængder bly, der indgår i biler til vibrationsdæmpning. Typiske lodder er i størrelsesordenen 100-300 g, men tungere vægte på op til 4,7 kg kendes også (Lohse et al. 2001). Forbruget til lyd- og vibrationsdæmpning er ikke kendt, men omtales i (Lohse et al. 2001) som "signifikant". Det oplyses endvidere at bly med held er erstattet i en række biltyper.

Til vibrations- og lyddæmpning af maskiner har der traditionelt været anvendt pulver og flager af bly. Importen af pulver og flager af bly har i hele perioden

1995-2000 været på 0 tons. På den baggrund antages denne anvendelse af bly til vibrationsdæmpning at være ophørt.

Gummimåtter med bly har været anvendt til vibrationsdæmpning i industrien. Det har ikke været muligt at identificere produkter indeholdende metallisk bly, og producenter oplyser, at der snarere er tale om blyoxid, og denne anvendelse vil derfor omtales nærmere under bly som kemisk forbindelse.

Det har således ikke været muligt at opnå et grundlag for et præcist estimat af forbruget til dette formål, men på baggrund af oplysningerne om at der kan være tale om væsentlige mængder i biler, skal forbruget skønnes til 5-30 tons Pb/år.

Det antages at metallisk bly anvendt til vibrationsdæmpning vil blive bortskaffet til genvinding, enten direkte eller via shredder anlæg.

#### *Modelhobby, rollespilsfigurer, tinsoldater o.l.*

Der er sket en væsentlig ændring i brugen af bly til modelhobby i forhold til den seneste massestrømsanalyse (data fra 1994), idet bly stort set ikke anvendes længere til rollespilsfigurer, tinsoldater o.l. For 5-10 år siden var kvaliteten af de fabriksproducerede figurer dårlig, og mange støbte derfor selv. I dag er kvaliteten af de fabriksproducerede figurer meget høj og har mange detaljer og hjemmestøbning forekommer næsten ikke længere. Endvidere har hjemmestøbere det problem, at der næsten ikke sælges støbeforme længere. En enkelt producent bruger stadig bly til rollespilsfigurer, men salget herfra er marginalt i forhold til de øvrige rollespilsproducenter på markedet. Langt størstedelen af figurerne til rollespil (sandsynligvis >90%) leveres af en engelsk producent, og disse figurer indeholder ikke bly og har ikke gjort det i en årrække. Figurerne bestilles typisk direkte hos producenten af de enkelte butikker. Maling til rollespilsfigurer indeholder ikke bly, hvilket den gjorde tidligere.

Til køle og afbalancering på modelbåde anvendes bly stort set kun på større modelbåde af professionelle modelbyggere. En enkelt producent af almindelige samlesæt til modelbåde oplyser, at der kun i én model har været solgt bly til afbalancering, men at denne type ikke længere er på markedet. Til større og professionelle modelbåde kan der sagtens bruges 25 kg bly pr. båd. Det skønnes, at der findes 1-2 tons bly i modelbåde, men at forbruget er marginalt. Bly anvendes i marginalt omfang også til afbalancering af modelfly.

Forbruget til modelhobby skønnes at udgøre <1 tons pr. år, og størstedelen af forbruget sker ved hjemmestøbning.

#### *Sikringsplomber*

Sikringsplomber bruges til plombering af måleinstrumenter, pengesække, brandslukningsudstyr, øremærkning af dyr mv. Tidligere er blyplomber blevet anvendt til dette formål. Den eneste danske producent af plomber stoppede produktionen af blyplomber i 1998. Til køretøjer anvendes også sikringsplomber, hvilket er tilladt til 1. marts 2001. Der har frem til 2002 været en marginal import af blyplomber, men det skønnes at importen i dag stort set er stoppet og erstattet med plomber af plast, stål, aluminium og nylon. Mængden, der anvendtes i 2000, anslås på baggrund af oplysninger fra importører til <0,1 tons.

#### *Blybælter til dykkere*

Blybælter bruges af dykkere til at give neddrift i vandet og kompensere for dykkerdragstens opdrift. Man bruger typisk 10-12 kg bly. Blybælter består en-

ten af særskilte synk på 1-5 kg, som monteres på et bælte eller af blyhagl i poser, som enten sidder på et bælte eller i vesten på dykkerdragten. I dag sælges blysynk kun coatede med et kunstmateriale, mens blyhagl enten fås ubehandlet eller med en belægning af nikkel.

Typisk vil en dykker investere i et blybælte én gang og kun udskifte det, hvis det mistes, f.eks. ved en ulykke. Der skønnes ikke at være noget væsentligt tab til vandmiljøet ved slid, men der vil løbende være et vist tab ved korrosion. De fleste dykkerklubber træner i vintersæsonen i svømmehaller, og ofte anvendes en træplade eller lignende til at lægge blybælter på for at undgå afsmitning til svømmehallens gulv. Mængderne, der forsvinder ved afsmitning, skønnes dog at være uvæsentlige.

Danmarks Sportsdykker Forbund (DSF) er en sammenslutning af danske sportsdykkerklubber, og medlemmerne udgøres primært af dykkere med såkaldt CMAS-certifikat. Medlemstallet har i en årrække været stagnerende, og der er ca. 9.000 medlemmer. Der udstedes ca. 1.200 nye certifikater om året.

Der findes ingen samlede opgørelser over antallet af danskere, der dykker. Men det anslås groft, at der er sket en stigning gennem de seneste år, hvor dykning er blevet mere almindelig på rejsemål til udlandet.

Støbning foregår med hjemmelavede forme og udføres typisk i det fri af hensyn til udluftning. Det anslås at omkring 0,4-0,1 tons bly emitteres til luft ved denne omsmelting. Ved støbning kan der ske spild til jorden i form af bly, der hældes ved siden af formen. Der dannes slagge ved smeltningen, og det er meget forskelligt, hvorledes dette bortskaffes. Det skønnes at slagge primært indsamles til genvinding, men sandsynligvis vil en del blive bortskaffet med dagrenovationsaffaldet. De støbte lodder er ofte kantede og skal slibes før ibrugtagning for at undgå, at dykkerdragten skades. Det bly, som slibes bort, tabes i høj grad til jord, og det skal her groft anslås, at det drejer sig om ca. 0,2-0,5 tons.

Antallet af danskere, der årligt tager dykkercertifikat, skønnes at være i størrelsesordenen 4.000-5.000, men heraf vil der kun være en mindre andel, som investerer i eget udstyr, f.eks. dykker nogle kun på rejser, mens andre lejer dykkerudstyr i butikker mv. Den typiske vægt af et blybælte er 10-12 kg pr. dykker. Forbruget af bly til dykkerbælter anslås groft til 20-36 tons, hvilket svarer til ca. 2.000-3.000 dykkers personlige udstyr i form af bly. Heraf bliver en del støbt i dykkerklubber, hvor det er meget udbredt at støbe til eget forbrug, både af synk til bælte men også af synk til markeringsbøjer. Det skønnes groft, at halvdelen af de nye dykkere, der er medlemmer af en dykkerklub, selv støber deres lodder, hvilket svarer til ca. 600 medlemmer og et forbrug på 4-9,6 tons. Emissionen til luft fra denne aktivitet anslås til 0,004-0,1 tons Pb/år.

#### *Dekorationsmaterialer*

Blyfolie anvendes i et vist omfang til dekorationer, eksempelvis som lyseholdere i adventskranse eller til dekorationsmateriale i udstillingsvinduer. I den foregående massestrømsanalyse blev forbruget på baggrund af oplysninger fra importører af folie anslået til 5-10 tons bly om året. Det har til denne analyse ikke været muligt at identificere forhandlere, som kunne give et bud på det samlede forbrug. Men det kan konstateres at bly stadig bruges til dekorationsformål, men muligvis i mindre omfang. Forbruget skal på den baggrund forsigtigt anslås til 1-10 tons Pb/år.

### *Blyhamre*

Blyhamre findes stort set i alle metalværksteder, hvor de bruges til tilretning af bøsninger mv. Blyhamre bruges også i specielle anvendelser, f.eks. i værkstedsmiljøer med gasser, hvor der skal bruges gnistfrit værktøj. Blyhamre består af et skaft samt et hoved af bly, der typisk vejer 2-3 kg. Blyhamre bliver hurtigt deforme. Det er normalt, at værksteder selv omstøber deformede blyhamre frem for at anskaffe sig nye. Omsætningen af bly ved omstøbning af deformede hamre skønnes at være større end omsætningen af bly ved nyindkøb. Det samlede forbrug af bly med blyhamre til metalforarbejdende virksomheder skønnes at være 1-5 tons bly pr. år.

Mindre blyhamre anvendes også i tandklinikker, hvor hammeren bruges til at banke gamle kroner af tanden samt som hjælpeværktøj til at fjerne tænder. Anvendelsen tyder dog på at være i kraftig tilbagegang, og der har ikke kunnet konstateres noget salg af blyhamre til tandklinikker. I dag anvendes i høj grad moderne udstyr som ultralydsapparat. Forbruget skønnes at være marginalt.

### *Politistave*

Politistave er lavet af gummi, hvori der er en stålwire med henholdsvis en stor og en lille klump bly i hver ende. Produktionen af politistave varierer meget fra år til år. Der laves både politistave til dansk og norsk politi og til fredsbevarende opgaver. Det skønnes at forbruget udgør 0,1-0,5 tons bly pr. år. Der sker ingen indsamling af brugte politistave, og det antages at de bortskaffes til forbrænding.

### *Gardiner og badeforhæng*

Tidligere har det været almindeligt at anvende bly i gardiner og badeforhæng. Typisk bruges til gardiner to lodder – et til hvert hjørne i gardinets bund. Til badeforhæng bruges typisk blytråd, hvor der er monteret små blylodder på en snor. Frem til år 2000 blev der næsten udelukkende brugt bly til dette formål, hvorefter bly delvist er erstattet af rustfrit stål og i mindre grad zink. Syning foregår primært på danske systuer, hvor også monteringen af lodder foregår. Flere forhandlere taler om, at bly stadig bruges til lagertømning, mens en større dansk producent og en større dansk forhandler oplyser, at man allerede i løbet af år 2000 skiftede bly ud med primært rustfrit stål. Salget af gardiner har over en årrække været faldende som følge af et øget salg af rullegardiner og persienner. Det skønnes, at forbruget af bly i år 2000 er faldet i forhold til forbruget i den seneste massestrømsanalyse, dels på baggrund af et vigende salg og dels som følge af substitution med andre materialer. Forbruget i den seneste massestrømsanalyse blev anslået til ca. 5 tons bly pr. år, og det anslås for år 2000 til ca. 3-5 tons bly pr. år. Gardiner og badeforhæng må antages at bortskaffes med dagrenovationen.

### *Kontravægte*

Kontravægte støbt i bly anvendes til entreprenørmaskiner og visse former for hospitalsudstyr. Det anslås på baggrund af oplysninger fra støbebranchen, at der årligt anvendes 5-15 tons bly til dette formål. Kontravægte støbes til dels af genbrugsbly. Kontravægte formodes at blive bortskaffet via skrothandlere.

### *Gear og bremsekabler*

På gear- og bremsekabler til cykler monteres en metalklump til at forhindre optrevling af stålwiren. Typisk anvendes en aluminiumlegering eller zink til dette formål, men der kan også bruges bly. Bly er dog for blødt til at anvende på kabler, der anvendes til at holde kablet fast i gearskifteren eller håndbremsen, ligesom det heller ikke anvendes til knallerter. Under antagelse af at der på 5-10% af de solgte cykler bruges bly på stålwire til at forhindre optrevling,

anslås forbruget til 0,1-0,5 tons bly pr. år. Det må antages at disse mængder bortskaffes med dagrenovationen.

#### *Ankertove*

På ankertove anvendes i visse tilfælde et vodtov eller et tov med blykerne for at sikre, at ankeret ligger korrekt på bunden. Vodtove anvendes også i fiskeriet som synkeliner, og typisk splejses 10-50 meter vodtov på ankertovet. Som gennemsnit vil der regnes med 15-30 m. Et ankertov med blykerne er typisk omkring 5 m. Salget skønnes af branchen at være lille, og det skønnes forsigtigt at forbruget er 0,2-1,4 tons bly/år. Brugte ankertove antages at blive bortskaffet til forbrænding.

#### *Rør og rørfittings*

Der har i en årrække været en negativ forsyning af rør og rørfittings af bly, dvs. eksport har været større end summen af import og produktion (jf. bilag 2). Der er ikke fundet oplysninger, der tyder på, at blyrør skulle produceres i Danmark. Blyrør er i mange år ikke blevet anvendt til vvs-installationer, men har været brugt til bl.a. installationer af telefonledninger, hvor ledningen føres gennem røret. Det kan ikke afvises, at der stadig i 2000 var et forbrug af blyrør, som her skal anslås til < 1 tons. Gamle rør og rørfittings har tidligere været brugt i større mængder, og det antages derfor, at mængden der bortskaffedes var større end forbruget. Det antages, at mængden var på 2-10 tons, som fordelte sig ligeligt mellem forbrænding og genvinding.

#### *Militære formål*

Bly kan meget vel have særlige anvendelser til militære formål, men disse er ikke nærmere undersøgt.

#### *Andet*

Bly har tidligere i meget begrænset omfang været anvendt til justering af balancevægte og til korrosionsbeskyttelse i kemisk industri. Disse anvendelser er ikke nærmere undersøgt. Det vurderes, at det samlede forbrug til anvendelser, der ikke specifikt er nævnt her, vil være begrænset. Den samlede mængde skal anslås til 5-25 tons Pb/år. Disse andre anvendelser antages at bortskaffes med 1-5 tons til forbrænding og 4-20 tons til genvinding.

#### *Anvendelser som er udfaset*

Blysvøb til vinflasker anvendes ikke længere. Blysvøb fra gamle lagrede vin vil stadig kunne forekomme i affaldsstømmen, men omfanget vurderes at være marginalt.

Bly er tidligere i et vist omfang blevet anvendt som

- underlag for toiletter
- faldstammer til håndvaske
- rør til drikkevandsinstallationer (meget begrænset omfang)
- fugtspærre, som skal forhindre fugt fra jorden i at trænge op i murværk.

Bly anvendt til disse formål dukker i ny og næ op i forbindelse med nedrivning og renovation af ældre ejendomme.

#### *Sammenfatning*

Forbruget af bly med andre anvendelser fremgår af den følgende tabel.

Tabel 2.12  
Forbrug af metallisk bly til andre anvendelsesområder, 2000.

Anvendelsesområde	Forbrug Tons/år
Overfladebelægning af benzintanke	1,5-6
Lyd- og vibrationsdæmpning	5-30
Modelhobby og legetøj	<1
Sikringsplomber	<0,1
Blybælter til dykkere	4-10
Blyhamre	1-5
Politistave	0,1-0,5
Gardiner og badeforhæng	3-5
Kontravægte	5-15
Gear og bremsekabler	0,1-0,5
Rør og rørfittings	<1
Ankertove	0,2-1,4
Blyfolie til dekorationer	1-10
Andet	5-25
I alt	26-110

Samlet vurderes det, at der med andre metalliske anvendelser bortskaffedes 6,1-26 tons til forbrænding, mens 17-77 tons bortskaffedes til genvinding. De samlede udledninger til luft, vand og jord er estimeret til henholdsvis 0,04-0,1 tons, 0,1-1 tons og 0,02-0,5 tons, som alle er knyttet til anvendelse af bly til blybælter.

### 2.2.12 Sammenfatning

Den foreliggende viden om forbrug af metallisk bly samt tab i forbindelse med produktion og anvendelse af produkter, som indeholder metallisk bly, er sammenfattet i Tabel 2.13. Forbruget angiver det samlede indhold af bly i færdigvarer, som er solgt på det danske marked i 2000.

Forskelle mellem forbrug og summen af bortskaffelse og tab skyldes, at der aktuelt bortskaffes mere eller mindre, end der bruges. Det betyder, at de mængder, som er ophobet i samfundet i form af produkter i brug, vil kunne øges eller mindskes.

Tabel 2.13  
Omsætning af bly som metal i Danmark, 2000.

Produkt/anvendelse	Forbrug tons Pb/år	Tendens indtil 2000	Skønnet bortskaffelse og tab (tons Pb/år) til:				
			Luft	Vand <sup>1)</sup>	Jord	Forbr/deponi	Andet <sup>2)</sup>
Blyakkumulatorer	8.300-9.300	Stigende	-	-	1-10	<10	9.800-10.700
Byggematerialer	3.700-4.100	Stabilt	0,09-1,5	17-130 <sup>3)</sup>	3-25 <sup>3)</sup>	10-100	800-1.500
Ammunition	110-200	Faldende	-	-	43-68	5-11	66-120
Skibskøle	240-740	Svingende	0,03-1,4	-	-	-	10-70
Kabelkapper	353-383	Faldende	<sup>4)</sup>	50-300	400-2.000	2-20	580-690
Bly-tin legeringer	190-350	Stabilt	0,00015-0,005	-	-	32-59	150-270
Andre legeringer	170-350	Stabilt	0,02-0,11	<0,9	0,6-1,1	3,2-17	390-670 <sup>5)</sup>
Fiskeredskaber	530-910	Faldende	0,01-0,4	120-290	-	212-426	110-330 <sup>6)</sup>
Afbalancerings	76-160	Stabilt	-	-	2-10	0-1	68-130
Strålingsbeskyttelse	41-440	Svingende	-	-	-	0,5-5	20-100
Andre anvendelser som metal	26-110	Forskelligt	0,004-0,1	0,1-1	0,02-0,5	6,1-26	16-75
I alt (afrundet)	13.700-17.000		0,15-3,5	190-720	450-2.100	270-680	12.000-14.700

- 1) Omfatter både afledning til spildevand og direkte udledninger til vandmiljøet. I sammenfatningstabellen (tabel 4.3) indgår kun de direkte udledninger til vandmiljøet, idet mængderne der afledes til spildevand, indgår under spildevand.
- 2) Andet omfatter først og fremmest bly, som bortskaffes til genbrug.
- 3) Fordelingen mellem jord og spildevand er ret usikker.
- 4) Emissioner fra kabelskrot fremgår af afsnit 4.2.
- 5) Der bortskaffes store mængder messing fra produktionen af industriprodukter i form af spåner og klip, hvilket resulterer i, at de mængder, der bortskaffes, er større end forbruget med færdigvarer.
- 6) Heraf skønsmæssigt 16-95 tons bly i gamle net og synk til genanvendelse og 2-8 tons i slagge/aske fra støbeprocesser.

## 2.3 Anvendelse af bly som kemisk forbindelse

### 2.3.1 Blymønje

Blymønjemaling, som fremstilles ud fra mønje ( $Pb_3O_4$ ), anvendes som korrosionsbeskyttende lag ved maling af jern- og stålkonstruktioner. Det væsentligste anvendelsesområde har traditionelt været skibsskrog. I år 2000 anvendtes blymønje hovedsageligt til vedligeholdelse af træfiskekuttere, jerndelev på historiske bygninger og ældre nittede jernkonstruktioner, som f.eks. broer.

#### *Produktion i Danmark*

Blymønjemaling fremstilles i Danmark på basis af importerede blyoxider. Forsyningen af blyoxider var i 2000 på 46 tons svarende til ca. 42 tons bly. I perioden 1995-2000 har forsyningen varieret mellem 0 og 62 tons med et gennemsnit på 32 tons/år, svarende til 29 tons bly/år. Det gennemsnitlige forbrug til produktion af blymønje har i samme periode været få tons lavere pr. år indikerende at blymønje tegner sig for mere end 80% af forbruget af blyoxid. Blyoxid anvendes ud over til fremstilling af blymønje til fremstilling af glas, glasurer og som stabilisatorer i elastomerer, men disse anvendelser er stort set ophørt. Ca. 1 ton anvendes til produktion af piezoelektriske komponenter. Produktionen af blymønje i 2000 anslås på baggrund af producentoplysninger til 10-15 tons blymønje, svarende til 9-14 tons bly/år.

#### *Import/export*

Importen er meget begrænset, idet der ikke er nogen væsentlige anvendelser i Danmark ud over specielle renoveringsopgaver. Blymønje kan stadig købes i udlandet, og det skønnes, at den private import primært sker af private ejere af ældre skibe, som stadig ønsker at anvende blymønje til vedligeholdelse af skibet. Importen anslås forsigtigt at være på 0,5-2 tons bly/år. Danskproduceret blymønje oplyses af producenterne at blive eksporteret 100%. Heraf følger, at eksporten er 9-14 tons bly/år.

#### *Forbrug*

Forbruget i Danmark begrænser sig til specielle renoveringsopgaver, hvortil der indhentes tilladelse til brug fra Arbejdstilsynet. Det er i dag alment kendt i branchen, at blymønje er sundhedsskadeligt, og brugen heraf er derfor reduceret kraftigt. Det anslås at forbruget svarer til importen, som forsigtigt anslås til 0,5-2 tons Pb/år.

#### *Udviklingstendenser*

Der er de seneste 15 år sket et kraftigt fald i brugen af blymønje i Danmark. Denne tendens synes at være gældende internationalt. Forbruget af bly med blymønje var i 1985 på 40-65 tons. I 1994 var forbruget faldet til omkring 20-35 tons (Lassen & Hansen 1996), og i 2000 var forbruget yderligere faldet til 0,5-2 tons. På nye konstruktioner og på stålskibe er anvendelsen så godt som 100% blevet erstattet af penetrerende (= med god indtrængningsevne) epoxy eller alkyder uden bly. Blymønjen har den fordel frem for f.eks. alkyder uden bly, at den er meget penetrerende, dvs. at emnerne ikke behøver at være helt så effektivt afrensede, og blymønjen holder væsentlig længere tid og er billigere end alternativerne.



### *Bortskaffelse og tab*

Det aktuelle forbrug anvendes først og fremmest til reparationsarbejder. Tab ved produktion og påføring af blymønje må anses for at være af mindre betydning sammenlignet med tab under brug og ved afrensning.

Blymønje påført skibe og stålkonstruktioner forventes dels at blive afrenset i forbindelse med reparationsarbejder, dels at blive bortskaffet ved skrotning. Skrotning af skibe forgår hovedsageligt i udlandet, mens stålkonstruktioner fortrinsvis skrottes i Danmark.

Som en grov vurdering skal det anslås, at mængden, der afrenses, kan være noget større end det nuværende forbrug og snarere svarer til forbruget i 1994 - eventuelt lidt mindre. Det skal således skønnes at der afrenses 10-30 tons bly. Ved afrensningen kan der ske et tab til vand og jord, men hovedparten må antages at blive bortskaffet sammen med blæsemidler ("sandblæsning") til deponi. Som et groft overslag skønnes det, at der er tabes 20% til omgivelserne svarende 8-24 tons til hhv. jord og vandmiljø i forbindelse med vedligeholdelse af stålkonstruktioner, mens 2-6 tons bortskaffes til deponi. Hvor meget der bortskaffes med jern- og stålskrot, er det ikke muligt at estimere, da forbruget tidligere (for 20-40 år siden) har været langt højere end i dag (refereret i (Hansen og Busch 1989); og konstruktioner, som skrottes, kan have akkumuleret ganske betragtelige mængder af blymønje.

### **2.3.2 Pigmenter**

Blychromater og blychromat/molybdat anvendes som pigmenter i:

- Plast
- Maling og lakker.

Blychromat anvendtes tidligere også til gule vejstriber, men denne anvendelse er på grund af arbejdsmiljømæssige krav ophørt i Danmark med udgangen af 1994 (Lassen & Hansen 1996).

Der anvendes i dag overvejende pigmenter indeholdende blychromat, som giver lysægte gule farver og blandinger af blychromat/-molybdat som giver orange og røde farver. Blandet med andre forbindelser kan blychromaterne også anvendes til at lave grønne og brune nuancer.

Tidligere blev der også anvendt blyhvidt, som er basisk blycarbonat, men denne anvendelse har været forbudt i Danmark siden 1991.

#### *Produktion i Danmark*

Der har indtil 1993 været en produktion af blychromatholdige pigmenter i Danmark, men denne produktion er ophørt.

Den registrerede forsyning af "pigmenter og præparater på basis af chromforbindelser" var i 2000 på 329 tons. Gennemsnittet for perioden 1995-2000 var på 259 tons. Det formodes, at der udelukkende er tale om blychrom forbindelser, da mængderne stemmer godt overens med oplysninger om forbrug af disse pigmenter indhentet fra producenter. Det samlede indhold af bly i 2000 er jf. Tabel 2.3 anslået til 131-197 tons bly. Pigmenterne importeres enten som rene pigmenter, som anvendes til fremstilling af masterbatch (blanding af pigmenter og andre hjælpestoffer, som blandes med plastråvarer) og maling, eller de importeres sammen med andre plastråvarer. Pigmenterne anvendes til

produktion af maling og til plast. Langt hovedparten af pigmenterne eksporteres sammen med plastråvarer eller maling.

Det anslås på baggrund af oplysninger fra Plastindustrien i Danmark og plastråvareproducenter, at der til dansk produktion af plastprodukter i 2000 anvendes 10-20 tons blychromater med et indhold på 4-12 tons bly. Det fremgår ikke nærmere, hvorledes forbruget fordelte sig på typer af plastprodukter. Forbruget til produktion af plastprodukter i 1997 er tidligere af Plastindustrien i Danmark opgjort til 60 tons blychromater. Det er bekræftet fra flere sider, at der i slutningen af 1990'erne skete et markant fald i forbruget af blypigmenter til produktion af plast i Danmark.

Blychromat har tidligere i vidt omfang været brugt til industrilakker til f.eks. biler, entreprenørmaskiner, skibe m.m., hvor det har den egenskab at give en høj glans samt at være meget stabilt over for sollys. De fleste danske producenter oplyser, at de tilbage i 1994-1995 erstattede blychromater med andre pigmenter. Til bygningsmæssige anvendelser oplyser producenter, at blychromater længe har været udfaset, og at den tilbageværende anvendelse af blychromater findes inden for industrielle og marine anvendelser, hvor der i 2000 stadig var en relativt stor eksport med malinger. Producenter oplyser, at der generelt er en udvikling i retning af substitution af blyforbindelser af hensyn til arbejdsmiljøet, og at denne udvikling også gælder for industrielle og marine anvendelser. Forbruget til produktion af maling og lak i 2000 anslås til i størrelsesordenen 100-130 tons blychromatholdige pigmenter, svarende til 52-76 tons bly, som stort set alt sammen eksporteres.

#### *Import/eksport*

Der vil være en vis import/eksport af bly med pigmenter i færdigvarer. For de grupper af plastvarer, hvor blypigmenterne typisk har været anvendt i Danmark, opvejer import stort set eksport. Det antages at blypigmenter vil kunne forekomme i importerede varer inden for varegrupper, hvor disse pigmenter ikke anvendes i Danmark. Det har ikke været muligt at lave en undersøgelse af tilstedeværelsen af bly i pigmenter i importerede plastvarer, men det må forventes, at en stor del af plastvarer i røde og gule nuancer i år 2000 indeholdt blypigmenter.

Ifølge Thornton et al. (2001) skete der i firserne i Vesteuropa og USA et markant fald i forbruget af blychromater. I slutningen af 1980'erne sås efterfølgende en svag stigning, mens forbruget i slutningen af 1990'erne har udvist en svagt faldende tendens. Det globale marked for pigmenter på basis af blychromat vurderes af Thornton et al. (2001) at være på omkring 90.000 tons/år. Med et gennemsnitligt indhold af bly på 60% svarer dette til et blyforbrug på 55.000 tons/år - ca. 1% af verdens samlede forbrug af bly. For at få en første indikation af hvor meget bly som potentielt kunne være i produkter solgt i Danmark, kan det antages, at Danmarks andel af verdens samlede forbrug svarer til landets andel af verdens samlede bruttonationalprodukt på 0,3% (baseret på CIA 2002). Beregnet på denne måde skulle forbruget af bly med pigmenter i såvel plast som maling være på ca. 175 t/år. Det faktiske forbrug er formentlig væsentligt lavere, da der har været en tendens til at blyholdige pigmenter i højere grad er udfaset i Danmark og nabolande end i den øvrige verden. Men beregningen indikerer, at der kan være en væsentlig import af blypigmenter med mange typer af plastprodukter.

Import af blypigmenter i maling vil primært kunne forekomme i forbindelse med import af køretøjer og skibe. I 1985 blev importen af blypigmenter med biler vurderet at svare til 10-20 tons bly/år. En omfattende undersøgelse for

EU-kommissionen af forekomsten af tungmetaller i biler omtaler ikke blyholdige pigmenter (Sander et al. 2000, Lohse et al. 2001). Der er i forbindelse med Blybekendtgørelsens ikrafttræden af bilimportører søgt om dispensationer for en række pigmenter, som anvendes i malinger i biler. Det drejer sig om visse røde og gule pigmenter, som bl.a. anvendes til de karakteristiske gule postbiler. Andre eksempler på brug af maling med blypigmenter er gule entreprenørmaskiner og orange advarselskibe, som anvendes i forbindelse med offshore-aktiviteter.

### *Forbrug*

Plastprodukter vurderes at tegne sig for det største forbrug af blypigmenter. På baggrund af oplysninger om forbruget af blychromatholdige pigmenter til produktion af plastprodukter i Danmark på 4-12 tons/år og det forhold at importerede produkter må forventes i højere grad at indeholde blypigmenter, skal det samlede forbrug i 2000 anslås til 15-50 tons Pb/år.

Det skønnes, at der kun var et begrænset forbrug af blypigmenter med maling og lak anvendt i Danmark, men at blyholdig maling endvidere importeredes med lakerede produkter. Jf. Arbejdstilsynets bekendtgørelse om forebyggelse af kræftisikoen ved arbejde med stoffer og materialer må blychromatholdige malinger i Danmark anvendes til om- og nylakering af køretøjer, fly, containere, entreprenørmaskiner, kraner samt mærke- og signalfarver (Bek. 140). Blychromatholdige malinger må således ikke anvendes til maling af skibe i Danmark. Det samlede forbrug af bly med maling, inklusiv maling på køretøjer og andre produkter i 2000 skal forsignigt skønnes til 2-20 tons bly.

Det samlede forbrug af bly med pigmenter i 2000 skønnes således til 17-70 tons bly.

### *Udviklingstendenser*

Forbruget af bly med pigmenter var i 1985 på 150-200 tons bly i maling og 60-130 tons i plast. I 1994 var det samlede forbrug af pigmenter til begge anvendelsesområder faldet til 35-110 tons bly/år og for år 2000 er forbruget anslået til 17-70 tons, hvoraf langt hovedparten stammer fra importerede produkter. Det skal her vurderes, at importen af blychromater med plastvarer meget vel kan have været underestimeret i den foregående massestrømsanalyse. Substitution af blyholdige pigmenter i Danmark har først og fremmest været drevet af arbejdsmiljømæssige krav. Uden for landets grænser synes forbruget af blychromatholdige pigmenter til plast og maling til industrielle og marine anvendelser at være uændret de seneste knapt 10 år. Til produktion af plast i Danmark har forbruget af blyholdige pigmenter faldet brat i den sidste halvdel af 1990'erne.

### *Bortskaffelse*

Der sker så vidt vides ikke noget væsentligt tab af bly til omgivelserne i forbindelse med produktion af masterbatch, plastprodukter og lakker. Kemikalieaffald bortskaffes til godkendte behandlingsanlæg.

Blychromat i plastvarer vil før eller senere ende i fast affald. Forbruget med plastvarer vurderes at være faldet noget siden 1994, hvor det blev anslået, at der med plast anvendtes 25-80 ton bly (Lassen & Hansen 1996). Den øverste værdi i intervallet skal her vurderes at kunne have været underestimeret i den foregående analyse. Plastvarerne vil have en meget varierende levetid - fra nogle få måneder for emballage til flere årtier for andre varer. Mængderne, der bortskaffes, vil således afspejle forbruget i en årrække tilbage. Det skal der-

for groft anslås, at der til forbrænding i 2000 bortskaffedes 20-80 tons bly/år med plast.

Maling på kasserede færdigvarer - såsom træ, bygninger eller maskiner - bortskaffes som fast affald til forbrænding/deponi eller som metalskrot. Restprodukter fra produktionen bortskaffes som kemikalieaffald til Kommunekemi eller anden godkendt oparbejdningsvirksomhed, men der er ingen oplysninger om mængder.

Mængderne, der bortskaffes på denne måde, må modsvare forbruget for en årrække siden. Forbruget af bly med maling og lak blev i 1985 anslået til 150-200 tons Pb/år (Hansen & Busch 1989). Dette forbrug var i 1994 faldet til 5-30 tons (Lassen & Hansen 1996). Blyholdig maling blev i 1985 i høj grad anvendt til bygningsformål, mens blypigmenter stort set kun blev brugt til jern og stål i 1994. Ved slitage og i forbindelse med reparationsarbejder vil en del blyholdige pigmenter spredes diffust til jord og vandmiljø. Det skønnes, at den samlede mængde, der bortskaffes eller diffust tabes til omgivelserne, vil ligge et sted mellem forbruget i 1985 og forbruget i 1994 og skal anslås til 60-150 tons. Den del, som bortskaffes med produkter, vil enten bortskaffes til forbrænding sammen med brændbare bygningsdele, til deponi med brokker eller sammen med jern og stål til omsmelting.

Ved reparationer af f.eks. biler og maskiner vil en del af lakken blive til slibestøv, som bortskaffes til Kommunekemi eller kontrolleret losseplads. Ved afsyring af træ på afsyringsanstalter vil slammets typisk bortskaffes til Kommunekemi.

Samlet skal det på denne baggrund anslås, at der årligt tabes eller bortskaffes 80-230 tons bly med pigmenter. Det skal groft skønnes, at hovedparten af dette - svarende til 56-170 tons Pb/år - vil bortskaffes til forbrænding/deponi, 18-45 tons Pb/år bortskaffes med metalskrot, 3-8 tons Pb/år bortskaffes til Kommunekemi, mens 3-8 tons Pb/år spredes diffust til omgivelserne (heraf 1-2 tons til vand) med afskallet maling eller maling afrenset f.eks. på byggepladser.

### **2.3.3 Billedrør**

I billedrør til fjernsyns- og computerskærme anvendes blymonoxid, PbO, hovedsageligt for at øge glassets massefylde og dermed glassets evne til at absorbere elektronstråling.

Billedrør består af to forskellige typer glas i hhv. konusglas (i siden af billedrøret) og skærmglas (frontglas). Begge typer glas udgøres for omkring 60%'s vedkommende af siliciumoxid, SiO<sub>2</sub>. Konusglasset består derudover af en lang række metaloxider, hvoraf PbO udgør en del. Konusglas indeholder 22-24% blyoxid (Thornton et al 2001, Faber et al. 1999). Frontglasset angives i Thornton et al. 2001 ikke at indeholde bly, da dette ved bestråling giver en "brun-effekt". Tidligere anvendtes bly i frontglasset, og i Faber et al. 1999 regnes med et indhold af blyoxid på 1,7%. I en tidligere upubliceret udgivelse fra Nordisk Ministerråd angives konusglasset at indeholde 11-23,5% mens indholdet af blyoxid i frontglasset med reference til førende leverandører angives til 0-3,5% (Hedemalm et al. 1995).

I Faber et al. (1999) angives skærmglasset at udgøre ca. 63,2% af billedrørets vægt, mens konusglasset udgør ca. 23,8% af vægten af billedrøret i et typisk moderne fjernsyn. Billedrøret i monitorer er lettere end i fjernsyn, men inde-

holder generelt de samme stoffer (Faber et al. 1999). Billedrøret udgør godt halvdelen af vægten af fjernsynsapparater, og i Hedemalm et al. estimeres det, at fjernsyn i gennemsnit indeholder omkring 1 kg bly i form af PbO, mens computerskærme i gennemsnit indeholder omkring 0,4 kg bly. Der synes ikke at være sket ændringer med hensyn til brugen af blyglas i billedrør siden disse undersøgelser, men både fjernsyn og computerskærme er blevet større. Billedrør i nye tv'er skønnes i dag at have et indhold af bly på omkring 1,2 kg bly, og i monitorer skønnes indholdet af bly i billedrør til omkring 0,5 kg bly.

### *Forbrug*

Forsyningen af billedrør med fjernsynsapparater og computere fremgår ikke umiddelbart af Danmarks Statistiks oplysninger, som på dette område til dels er diskretionerede. Det samlede salg af tv'er udgjorde i 2000 i alt 0,32 mio. stk. (BFE 2002). På baggrund af oplysninger om den gennemsnitlige størrelse af de solgte tv'er i 2000, kan det anslås, at der årligt bruges 340-380 tons bly med billedrør i fjernsynsskærme. Salget af pc'er udgjorde i 1997 omkring 0,5 mio. stk., hvoraf ca. 70% blev solgt til kontor (Lassen et al. 1999b), og skønnes groft at være i samme størrelsesorden i 2000. De fleste solgte monitorer i 2000 var af størrelsen 17". Forbruget af bly med billedrør i CRT-monitorer skønnes i 2000 forsigtigt til 180-260 tons bly. Det samlede forbrug med billedrør i år 2000 kan på denne baggrund anslås til 520-640 tons bly.

### *Udviklingstendenser*

Der er for øjeblikket ikke nogen tendens mod at erstatte blyoxid med andre metaloxider i billedrør. Salget af tv'er varierer en del, men har over en periode fra 1999-2001 været svagt faldende (BFE 2002). Hjemmebiografkonceptet med store skærme er på vej frem og understreger således et skift imod færre, større og dyrere apparater. På trods af et svagt faldende forbrug de seneste tre år forventes forbruget af blyglas med tv-skærme at være stigende som følge af, at nye tv'er generelt er større end de andre, der erstattes. På længere sigt vil de store tv-skærme i stigende grad erstattes af plasmaskærme, men endnu er prisen for denne teknologi for høj til, at almindelige forbrugere investerer heri.

For solgte monitorer til pc'er bliver det mere og mere almindeligt med fladskærme (TFT-skærme) frem for de traditionelle CRT-skærme, og i branchen forventes det, at salget af fladskærme vil overhale salget af CRT-skærme i 2003. I løbet af få år forventes salget i overvejende grad at udgøres af TFT-skærme. Da TFT-skærme ikke indeholder billedrør, vil forbruget af bly med monitorer fremover være faldende.

Samlet set vil der ske et fald i forbruget af bly med billedrør; på kort sigt som følge af den øgede anvendelse af TFT-skærme til PC'er, og på længere sigt som følge af en øget markedsandel af plasmaskærme til fjernsyn.

### *Affaldsbortskaffelse*

Billedrør er indtil for få år siden endt på affaldsforbrændingsanlæg eller deponi. Ifølge Elektronikbekendtgørelsen skal billedrør separeres i frontglas, konusglas og fluoriserende belægning. Frontglasset skal genanvendes, mens konusglasset kan følge tre behandlingsveje:

- Fremstilling af nyt konusglas
- Udvinding af bly, hvor mindst 99,7% udvindes
- Placering i specialdeponi, hvor senere genanvendelse muliggøres (dvs. at glasset f.eks. ikke må sammenblandes med andre affaldsfraktioner).

For at genanvende billedrøret skal konusglas og frontglas adskilles, og denne proces følger ifølge Faber et al. (1999) følgende trin:

- Punktering af billedrør
- Fjernelse af den ydre jernramme med en vinkelsliber
- Placering af billedrøret i maskinen og pålægning af en varmetråd rundt om billedrøret ved overgangen mellem frontglas og konusglas. Efter en opvarmning køles det hurtigt med luft eller vand, hvilket medfører spændinger, så glassamlingen revner
- Herefter fjernes konusglasset og de indre metaldele og farvebelægningen støvsuges bort med en specialstøvsuger
- For at frontglas og konusglas kan opnå en tilstrækkelig kvalitet til genanvendelse, bør glasset efterfølgende sandblæses. Frontglasset kan genanvendes til diverse glasprodukter som f.eks. glasfiber. Konusglasset fra billedrør fra farve-tv/farve-monitører kan afsættes til produktion af nye billedrør i f.eks. Tyskland, mens konusglas fra sorthvide billedrør i øjeblikket kun kan genanvendes i blyværker på grund af en anden materialesammensætning.

Det skønnes at fjernsyn generelt har en holdbarhed på 10-15 år, hvilket betyder, at de mængder, der bortskaffedes i 2000, i grove tal svarer til forbruget i 1985-1990. Forsyningsmængden af farvefjernsyn for perioden 1983-1988 anslås i Hansen et al. (1993) til 100.000 stk. +/- 25.000, mens forsyningsmængden i 1991 var 335.000 stk. På baggrund af oplysninger fra Brancheorganisationen for forbrugerelektronik (BFE 2002) toppede forbruget i 1988 med 375.000 stk. farvefjernsyn. Det anslås, at bortskaffelsesmængderne for år 2000 svarer til et forbrug på 125.000-250.000 stk. fjernsyn i perioden 1985-1990. Det antages, at fjernsynene i gennemsnit var udstyret med en 21" skærm. Ved anskaffelse af nye computere bortskaffes oftest de gamle computerskærme, som typisk er på 14". Mængden anslås groft til 100.000-200.000 stk. Samlet kan det på den baggrund skønnes, at der bortskaffes 130-260 tons bly med billedrør.

På baggrund af de effektive indsamlingsordninger for fjernsyn og monitører samt disse apparaters fysiske størrelse vurderes det, at langt størstedelen af de tv'er og monitører, der i dag kasseres, bliver indsamlet til oparbejdning og derfor vil følge ovenstående behandling. I 2000 var der dog formentlig en del, der stadig endte i forbrænding og på deponi. På baggrund af oplysninger fra aktører på området skønnes forsigtigt, at der i 2000 med billedrør fra tv'er og monitører blev bortskaffet omkring 130-210 tons bly til oparbejdning. Det anslås groft, at omkring 10-40 tons bly i 2000 bortskaffedes på anden vis, ligeligt fordelt mellem forbrænding og deponi. Mængderne af bly, der bortskaffes med billedrør, blev i den foregående massestrømsanalyse for 1994 vurderet at være højere på grundlag af estimater over mængder af elektronikaffald, som senere har vist sig at være for høje, især for IT-produkter.

### 2.3.4 Andet glas

Blyholdigt glas anvendes til en lang række andre formål:

- Krystalglas
- Lyskilder

- Optik
- Strålingsbeskyttelse
- Bilruder.

### *Krystalglas*

I modsætning til de øvrige anvendelser af blyholdigt glas, som er af relativt ny dato, har blyholdigt krystalglas været anvendt siden oldtiden. Krystalglas skal ifølge EU-regulering indeholde mindst 24% PbO (svarende til 22% Pb) for at kunne betegnes "blykrystalglas", mens indholdet af PbO skal være mindst 30% for at glasset kan betegnes "fuldt blykrystalglas" (69/493/EØF). Blyoxid tilsættes for at opnå en høj glasgrad ved at ændre glassets brydningsindeks og hindre, at glasset gulner.

I Danmark har der ikke været en produktion af blykrystalglas siden 1977. I en overgangsperiode frem til 1988 blev der tilsat 2-2,5% bly til krystalglas. Siden 1988 har der ikke været tilsat bly til krystalglas, som i stedet fremstilles af glas indeholdende bariumoxid, som har lignende egenskaber, men som er dyrere end blyglas. Produktionen anføres dog i Varestatistikken som "blykrystal", da der ikke findes noget varenummer, som er mere dækkende for produktet. Der synes ikke at være en generel tendens i Europa væk fra at bruge bly til krystalglas og ifølge "International Crystal Federation" har substitution af bly først og fremmest fundet sted i Danmark og Sverige (ICF 1997).

I andre former for kunstglas (glas, vaser, lamper mv.) kan der være et blyindhold på op til 5%. Der har ikke siden 1988 været nogen dansk produktion af blyholdigt kunstglas. Som for krystalglas gælder det, at substitutionen af bly primært har fundet sted i Skandinavien, og der vil derfor stadig være en import af kunstglas indeholdende bly.

### *Emballageglas*

Bly indgår endvidere i kredsløbet af emballageglas. Kilden til blyet er enten blykrystalglas, kunstglas, skærmglas eller blysvøb fra vinflasker, som er indsamlet sammen med flaskerne. Blysvøb har ikke været anvendt i en årrække, ligesom sorteringen af glasskår løbende er forbedret, hvilket samlet set bevirker, at kilderne til bly i skår i dag er mindre end tidligere. Indholdet af bly i farvede skår er omkring 200-300 mg/kg (=ppm). Indholdet af bly i hvide skår er i størrelsesordenen 50% højere end blyindholdet i farvede skår, hvilket sandsynligvis skyldes at kunstglas, krystalglas, skærmglas og andre hvide glas typer i højere grad er sorteret med øvrige skår fra glasemballager. I en større undersøgelse er 50 vinflasker på det danske marked analyseret for fire tungmetaller. Variationen på blyindholdet er 27-650 mg/kg med en middelværdi på 196 mg/kg (Christensen, 2000). I Illerup et al. (1999) angives indholdet af bly i genbrugsglas i slutningen af 1990'erne til 230-250 mg/kg, dog med betydelige udsving.

Det skønnes, at blyindholdet i glasemballager samlet set er faldet omkring 20% fra 1995 og frem til i dag. Faldet skyldes primært tre ting: Dels er bidraget fra skår mindsket, dels emitteres bly ved omsmeltningsprocessen, og dels "fortyndes" glasmassen ved fremstillingen, hvor der anvendes omkring 20% nye råmaterialer og 80% skår.

### *Lyskilder*

Bly indgår i form af PbO, i alle former for kompaktlysstofrør for at lette bearbejdningen og begrænse transmissionen af UV-stråling (Kattler 1993). I almindelige lysstofrør sidder der i enderne på indersiden af soklen en lille ring af blyholdigt glas, som omslutter elektroderne. I glødelamper har blyglas traditi-

onelt været anvendt til den glaskerne, der inden i lampen omslutter de tråde, der holder glødetræden. Fra to virksomheder er der oplysninger om, at anvendelsen af blyglas i almindelige glødelamper er ophørt, men at blyglas stadig anvendes i speciallamper. Dette synes at være en generel tendens også internationalt (Lohse et al. 2001).

I biler er der normalt ikke blyglas i forlygter, hvorimod de øvrige lygter typisk indeholder blyglas både i glaskernen og selve glaskuplen (Lohse et al. 2001).

### *Optik*

Tilsætning af bly til glas øger glassets brydningsindeks. Blyglas bruges derfor til en lang række optiske formål, eksempelvis briller, mikroskoper, kikkerter, kameraer, fotokopimaskiner, scannere og optisk måleudstyr. Bly i glas til optiske formål kan ifølge Starr (1998) typisk indeholde 58% blyoxid. Det seneste årti er der sket en udvikling i retning af blyfri linser, dels af miljøhensyn, men også for at mindske vægten af produktet. En større producent på verdensmarkedet oplyser, at man i 1993 udviklede blyfri glas til linser, og at disse anvendes i mange forbrugerprodukter i dag. Men især til specielle anvendelser bruges i nogen grad stadig optik med bly (f.eks. visse videokamera-linser). Producenten oplyser ligeledes, at alle linser i digitale produkter i dag er blyfri, ligesom de tilbageværende anvendelser af blyholdige anvendelser gradvist substitueres med blyfrie alternativer i fremtiden. Det forventes, at forbruget af blyholdige optiske produkter er nedadgående som følge af udviklingen med blyfrie linser og overgang til digitale teknologier.

### *Strålingsbeskyttelse*

På grund af blyets høje massefylde har blyglas på samme måde som metallisk bly en god evne til at absorbere radioaktive stråler. Blyglas anvendes derfor til strålebeskyttelse på hospitaler, i laboratorier og andre steder, hvor der anvendes radioaktive kilder.

### *Bilruder*

Bilruder indeholder i kanten af ruden ofte et sort glaskeramisk materiale, som ud over sort pigment indeholder blyoxid. Formålet med det sorte materiale er at beskytte limen, som holder ruden, mod at blive nedbrudt af solens ultraviolet lys. Det totale indhold af blyoxid bliver på basis af oplysninger fra leverandører af (Lohse et al. 2001) anslået til 10-20 g PbO, svarende til 8-16 g Pb per bil.

### *Coating af planglas*

Der findes i Blybekendtgørelsen en undtagelse for blyforbindelser anvendt til coating af planglas. Det har i forbindelse med dette projekt ikke været muligt at identificere en sådan anvendelse, som ikke kendes af førende leverandører af planglas og specialglas. Hvis der findes en anvendelse, vurderes omfanget at være beskedent.

### *Glasuld*

I det omfang, der anvendes skår af emballageglas til produktion af glasuld, vil der ved produktionen - i lighed med hvad der er beskrevet ovenfor vedrørende emballageglas - kunne være en omsætning af bly som forureningselement i emballageglasset. Tidligere har der været anvendt skår fra emballageglas til produktionen af glasuld i Danmark, men af hygiejniske årsager anvendes skår fra emballageglas ikke længere. Der anvendes derfor kun rene råvarer samt rene skår af planglas i produktionen, og det skønnes på den baggrund, at der i dag ikke sker nogen omsætning af bly ved produktionen af glasuld bortset fra, hvad der vil kunne være til stede på sporstofniveau.



### *Forbrug*

Siden 1987/88 har der ikke været nogen dansk produktion af blyglas til drikkeglas og bordservice. Ifølge Danmarks Statistik var der i 2000 en import på 807 tons drikkeglas og bordservice af "blykrystal". Importen var i 1994 på 310 tons, og der er således sket en stigning i de importerede mængder. Det skal bemærkes, at krystalglas, hvor bly, som det er tilfældet med den hjemlige produktion, er substitueret med andre metaloxider, stadig kan være ført som "blykrystal". Da blykrystalglas mindst vil indeholde omkring 24% PbO, skal importen af bly med drikkeglas anslås at være omkring 89-210 tons bly/år. Det er ikke forsøgt at klarlægge en eventuel import af bly med andre drikkeglas, da der ikke foreligger specifikke oplysninger om import af drikkeglas med lavt blyindhold. Forbruget med disse glas formodes at være beskedent i forhold til importen med blykrystal.

Forbruget af blyholdigt kunstglas er usikkert bestemt og skal her groft anslås til 2-20 tons bly/år.

Det samlede forbrug af glasemballage var i 2000 196.000 tons (Kaysen 2002). Under antagelse af at det gennemsnitlige indhold af bly var på 200-300 mg/kg, kan den samlede omsætning af bly med glasemballage i 2000 anslås til 39-59 tons bly. Det skal understreges, at det er det samme glas, som cirkulerer flere gange, således at den mængde, der tilføres udefra ved hver cirkulation, vil være noget mindre.

Der bruges omkring 4,5 mio. lysstofrør om året. Fra en enkelt producent er der oplysninger om, at et almindeligt lysstofrør indeholder ca. 5 g blyholdigt glas. Der er ingen oplysninger om indholdet i kompaktlysstofrør. I Hedemalm et al. (1995) oplyses det, at et lysstofrør typisk vil indeholde ca. 1 g bly i form af blyoxid. På denne baggrund skal det anslås, at lysstofrørene indeholder 1-2 g Pb/stk. Der sælges årligt ca. 4,5 mil. kompaktlysstofrør (energisparepærer), som skønnes at have et tilsvarende indhold af bly som almindelige lysstofrør, og det samlede forbrug med lysstofrør anslås at være 9,1-20 tons bly. Der kan muligvis være et forbrug med visse mærker af glødelamper, men det har ikke været muligt at få bekræftet, og der vil derfor blive set bort fra det her.

Forbruget af bly med optisk glas er vanskeligt at estimere, idet dette glas har mange anvendelsesområder både inden for industrien og til private. Typisk er der dog tale om mindre anvendelser, f.eks. som optiske linser i kameraer, og forbruget skal her groft anslås til 2-20 tons bly/år.

På baggrund af oplysninger fra producenter og importører anslås forbruget af bly i blyglas til beskyttelse mod stråling til omkring 1-6 tons bly/år.

Det anslås af Lohse et al. (2001), at en bil typisk indeholder omkring 8-16 g bly i et sort glaskeramisk materiale i kanten af vinduerne, og forbruget anslås på den baggrund til 0,8-1,6 tons bly/år.

Det samlede forbrug af bly med "andet glas" anslås således til 140-340 tons Pb/år.

Til sammenligning angives det i Tukker et al. (2001), at der i EU15 i 2000 blev anvendt omkring 40.000 tons bly til produktion af krystalglas, lyskilder, specialglas, mm. (eksklusiv billedrør). Hvis Danmark antages at repræsentere 1,5% af dette forbrug, skulle forbruget i Danmark være på ca. 600 tons, hvilket indikerer, at det danske forbrug meget vel kunne ligge i den øvre ende af intervallet angivet ovenfor.

### *Emissioner fra produktion af glas*

Emissionen af bly til luft fra glasproduktion i Danmark i 1997 angives af Illerup et al. (1999) til 1,1-8,3 g Pb/tons smeltet glas med en middelværdi på 4,7 g Pb/tons produceret glas. Der blev i foråret 2000 etableret elektrofilter til røggasrensning, hvilket har resulteret i en reduktion af emissionen med mindst en faktor 10. Størstedelen af emissionen i 2000 skyldes således emissionen før etablering af filter. Der produceredes i årene 1995-1997 140.000 tons/år (Illerup et al. 1999). Produktionens størrelse i 2000 er ikke undersøgt, men antages at være af samme størrelse. Før etablering af filter var emissionen i størrelsesordenen 0,15-1,2 tons Pb/år. Emissionen i 2000 skal på den baggrund groft estimeres til en tredjedel svarende til 0,05-0,35 tons Pb. Med flyveaske og andre affaldsprodukter fra produktionen bliver der skønsmæssigt deponeret 0,5-1,2 tons bly.

### *Affaldsbortskaffelse*

Krystalglas holder længe, men må før eller senere forventes at blive bortskaffet med husholdningsaffald til affaldsforbrænding/deponi. Forbruget har været relativt stabilt over en længere årrække. Forbruget med krystalglas i 1985 blev således anslået til ca. 200 tons bly (Hansen & Busch 1989). Bortskaffelsesmængderne må derfor forventes at være af nogenlunde samme størrelse som forbrugsmængderne. På den baggrund skal det anslås, at der bortskaffes 75-200 tons Pb/år med krystalglas med brændbart affald. En del vil formentlig blive indsamlet sammen med emballageglas og er med til at holde blyindholdet i emballageglas på niveau. Hvert år fraføres 13-21 tons bly fra kredsløbet for emballageglas (se nedenfor), hvilket indikerer, at det godt kan være en væsentlig del af krystalglasset, der bortskaffes sammen med glasemballage til genbrug. For ikke at sprede blyindholdet bør krystalglas ikke gå til genvinding eller forbrænding, men i stedet deponeres.

Som for krystalglas må der forventes, at kunstglas bortskaffes med husholdningsaffald til affaldsforbrænding. Det anslås groft, at der med kunstglas årligt bortskaffes 2-20 tons bly til forbrænding.

Omsætningen af glasemballager skønnes i Dall (2003) at fordeles til genanvendelse og genbrug med henholdsvis 69.000 tons og 58.000 tons samt til deponi og forbrænding med henholdsvis 2.400 tons og 67.000 tons. Samlet set anslås det på denne baggrund, at 14-21 tons bly genanvendes, 12-17 tons bly genbruges i form af hele flasker, 0,5-0,7 tons bly deponeres, og 13-20 tons bly bortskaffes til forbrænding. Ved omsmelting og forbrænding anslås det, at i størrelsesordenen 0,05-0,35 tons bly emitteres til luft. Det skal bemærkes, at de 13-21 tons der på denne måde forlader glaskredsløbet, ikke alle behøver at blive tilført i form af krystalglas der bortskaffes sammen med emballageglas, men at der også vil være en tilførsel i form af importeret glasemballage.

Lige lysstofrør bliver i et vist omfang indsamlet og eksporteret til oparbejdning i udlandet. De mindre lyskilder som kompaktlysstofrør regnes i 2000 at være bortskaffet med dagrenovation eller via storskraldsordninger til forbrænding/deponi. På baggrund af oplysninger fra aktører skønnes det, at omkring 3,6-8 tons bly genanvendes, og 5,4-12 tons bly går til forbrænding.

Gennem en årrække er der sket en udfasning i brugen af bly til optisk glas, og det anslås, at bortskaffelsesmængderne er større end forbrugsmængderne. Groft anslås 4-40 tons bly at blive bortskaffet med optisk glas, heraf halvdelen til forbrænding og halvdelen til deponi.

Det antages at bortskaffelsesmængderne af blyglas til afskærmning mod stråling udgør samme mængder som forbruget, svarende til 1-6 tons bly/år. Denne mængde skønnes i overvejende grad at gå til oparbejdning.

Med bilpærer og belægninger på bilruder skønnes bortskaffelsesmængderne at svare til forbrugsmængderne, svarende til 0,8-1,6. Det skønnes at denne mængde går med shredderaffald til deponi.

Bly er i blyoxid stærkt kemisk bundet i glasmatricen og vil generelt ikke blive frigjort i forbindelse med anvendelse. Set i et længere tidsperspektiv vil det deponerede glas dog kunne forvitte. Hvorvidt bly efter forvitring af glasset vil kunne opløses i perkolat vides ikke, men som omtalt ovenfor kan bly f.eks. frigøres fra blyglas ved en reduktion med frit kulstof. For skår fra billedrør finder Townsend et al. (1999), at de største koncentrationer af udvaskeligt bly stammer fra den blyholdige glaslodning mellem konusglas og frontglas.

Samlet anslås det, at der årligt bortskaffes 97-270 tons bly med "andet glas" til forbrænding og 2,9-30 tons bly til deponi.

### 2.3.5 PVC stabilisatorer

Der anvendes en række forskellige blyforbindelser som varmemestabilisatorer i PVC. De vigtigste af forbindelserne er:

- Tribasisk blyulfat (82% bly)
- Tetrabasisk blyulfat (85% bly)
- Dibasisk blyphosphit (82% bly)
- Dibasis blyphthalat (75% bly)
- Dibasisk blystearat (51% bly)
- Blystearat (28% bly)
- Polybasisk blyfumarat.

Bly anvendes primært som stabilisator i følgende PVC-produkter:

- Trykrør
- Tagrender og nedløbsrør
- Vinduer og vinduesrammer af plast
- Klare (transparente) tagplader
- Tyndvæggede profiler til svejsning, f.eks. til rammer på kølediske
- Kabler og ledninger.

Indholdet af bly i PVC til forskellige anvendelser varierer, men det typiske blyindhold angives af den europæiske sammenslutning af stabilisatorproducenter (ESPA 2002b) at være:

- Rør 0,75%
- Vinduesprofiler 2,7%
- Kabler og ledninger: 2,0%.

• Tagrender og nedløbsrør er i den foregående massestrømsanalyse angivet at indeholde 2% bly, mens klare tagplader er angivet at indeholde 1% bly.

### *Produktion i Danmark*

PVC råvarer produceres ikke i Danmark. Blystabilisatorerne importeres enten sammen med de færdige råvarer eller tilsættes plastråvaren hos producenten af de færdige produkter. Forsyningen af sulfater af kviksølv og bly angivet i Tabel 2.3, som antages udelukkende at være blyulfater, der anvendes som PVC-stabilisatorer, var i 2000 på 67 tons. I perioden 1995-2000 varierede den registrerede forsyning mellem 1 og 67 tons/år med et gennemsnit på 34 tons/år.

Indholdet af bly i stabilisatorer i danskproducerede PVC-produkter i 2000 er på baggrund af oplysninger fra Plastindustrien i Danmark opgjort til 400-420 tons. I dansk produktion anvendes blystabilisatorer udelukkende til hård PVC. Fra 1999 til 2000 skete der en substitution af bly hos en enkelt større producent, der producerer forskellige produkttyper. Der er en vis usikkerhed om, hvorledes forbruget 2000 fordelte sig, da der til de samme produkttyper blev anvendt såvel blystabilisatorer som alternativer. Til produktion af rør og rørfittings blev der anvendt ca. 320 tons bly, mens der til andre produkter samlet blev anvendt 70-100 tons. Disse produkter var profiler til vinduer og døre, transparente uklare ovenlysplader, tagrender og tyndvæggede profiler til samling med svejsning (eksempelvis til kølediske). Forbruget i 2000 var skønsmæssigt 50-100 tons lavere end forbruget i 1999 på grund af den nævnte substitution.

### *Import/eksport*

Der sker kun en begrænset import/eksport af rør og rørfittings, mens der for de øvrige produkter produceret i Danmark sker en væsentlig eksport og import.

Blystabilisatorer tegner sig på vægtbasis for 77% af det europæiske marked for PVC-stabilisatorer (ESPA 2002). Ifølge den europæiske sammenslutning af stabilisatorproducenter (ESPA) steg det samlede forbrug af blystabilisatorer i EU, Norge, Schweiz og Tyrkiet i perioden fra 1997 til 2000 fra 111.920 til 120.421 tons (ESPA 2002). Forbruget ses i Tabel 2.14 opdelt på anvendelsesområder. Samlet indeholdt blystabilisatorerne ca. 50.000 tons bly. Forbruget af andre stabilisatorer til disse anvendelser er også vist i tabellen. Det skal bemærkes, at der ud over stabilisator typerne nævnt i tabellen også anvendes flydende stabilisatorer til andre typer af anvendelser.

I dansk produktion af installationskabler har blystabilisatorerne i mange år været erstattet af andre stabilisatorer, men som det fremgår af tabellen, er dette ikke generelt tilfældet i Europa. Det er hovedsageligt i de nordiske lande, at der er sket en substitution. I 2000 anvendtes der i EU således 17.226 tons blystabilisatorer til kabler og 7.876 tons andre stabilisatorer, såkaldt "faste blandet metal stabilisatorer". Der vil formentlig først og fremmest være tale om Ca/Zn stabilisatorsystemer (calcium/zink). Det må derfor forventes, at en væsentlig del af de importerede kabler og ledninger i 2000 kunne indeholde blystabilisatorer. PVC i ledninger til biler er ofte stabiliseret med bly. De høje temperaturer i bilmotorer stiller særlige krav til stabilisatorerne, og substitution er i disse tilfælde vanskeligere (Lohse et al. 2001). Blystabilisatorer anvendes i mange forskellige typer telekabler og specialkabler, eksemplvis computerkabler. Inden for disse produktgrupper var blystabilisatorer langt de mest udbredte stabilisatorer indtil 2000.

I store træk bliver halvdelen af alle installationskabler svarende til en mængde på 10.000 tons PVC importeret, og hertil kommer en væsentlig import af specialkabler samt kabler og ledninger monteret på biler og elektrisk og elektro-

nisk udstyr. Hvis alt PVC indeholdt omkring 2% bly, ville det svare til >200 tons, men det gør det næppe. Det skal her - med skelen til at der i EU anvendes ca. 10.000 tons bly til dette formål - skønnes, at det samlede indhold af bly med PVC til kabler i 2000 samlet var på 50-150 tons.

Tabel 2.14

Forbruget af PVC-stabilisatorer i EU, Norge og Schweiz i 2000 til produkttyper hvor der anvendes blystabilisatorer (Baseret på ESPA 2002a).

Stabilisatorstype	Forbrug i tons/år til:			
	Rør og tagrender	Kabler	Profiler	Andet
Formulerede faste cadmium stabilisatorer	0	0	234	8
Formulerede blystabilisatorer 1) - heraf bly 2)	35.935 13.000	17.226 10.000	57.149 26.000	1.610 805
Formulerede faste blandet-metal stabilisatorer	1450	7876	7008	1245
Tin stabilisatorer	206	0	303	14.103

1) Tallene for blystabilisatorer omfatter også Tyrkiet.

2) Indholdet af bly i stabilisatorerne er ikke angivet i kilden. Indholdet af bly er beregnet ved at antage, at det gennemsnitlige blyindhold i 2000 for hver anvendelsesområde svarede til indholdet i 1997, som er angivet i Thornton et. al (2001) med reference til ESPA.

### Forbrug

Forbruget af bly med rør og rørfittings svarer stort set til den danske produktion på 320 tons. da produkterne fylder meget, og der derfor kun er en begrænset import/eksport. For øvrige produkter produceret i Danmark skal import groft antages at modsvare import. Hertil kommer en import på 50-150 tons bly med ledninger og kabler inklusive ledninger, som importeres sammen med udstyr. Det samlede forbrug med PVC i 2000 skal på denne baggrund skønnes til 440-570 tons Pb/år.

### Udviklingstendenser

På EU-plan har forbruget af blystabilisatorer været ret stabilt de senere år. Forbruget til dansk produktion af PVC-produkter var i 1994 på 300-500 tons bly, mens det i 2000 er vurderet til ca. 400 tons. Forbruget med færdigvarer i 1994 og 2000 var af samme størrelse, når der tages hensyn til, at importen med kabler i 1994 formentlig har været underestimeret.

### Bortskaffelse

Produkter af hård PVC vil typisk have en levetid på 20-40 år. Forbruget nåede først i 1970'erne et væsentligt omfang. Forbruget i 1986 er tidligere opgjort til 200 tons bly (Hansen & Busch 1989). Affaldsmængderne må forventes at være noget lavere end de 200 tons anvendt i 1986.

PVC-affaldsmængderne blev senest kortlagt i 1999 til ca. 34.000 tons, og det vurderedes tillige, at affaldsmængderne vil stige på trods af et faldende forbrug af PVC (Miljøstyrelsen, 1999). Bortskaffelsen af dette affald fordeler sig i 2000 med 56% til forbrænding, 32% til deponi og 12% til genanvendelse (Dall 2003). Opgørelsen er ikke opdelt på produkttyper.

I denne sammenhæng er det imidlertid mest interessant, hvor meget der bortskaffes af de produkttyper, der indeholder blystabilisatorer, og her er det nødvendigt at trække på lidt ældre undersøgelser. I (Lauridsen & Christensen

1997) er mængderne af PVC i produkttyper, hvor der traditionelt har været brugt blystabilisatorer, i bygge- og anlægsaffald opgjort til 175 tons rør, 500 tons tagrender, 3.000 tons tagplader og 2.500 tons PVC med kabler. Det fremgår ikke, hvor stor en del af tagpladerne, der var af den gennemsnitlige type. Mængden af PVC med vinduer og døre er ikke opgjort, men da vinduer og døre før 1992 blev stabiliseret med cadmium, er det næppe en større mængde bly i vinduesprofiler, der i 2000 blev til affald.

Hvis det antages, at produkterne indeholder bly i samme mængder som angivet for hver produktkategori ovenfor og at halvdelen af tagpladerne indeholdt bly, kan det estimeres, at der samlet bortskaffedes omkring 86 tons bly med disse produkter, heraf hovedparten med tagplader, som har en relativt kort levetid. Under hensyntagen til usikkerheden anslås den samlede mængde til 40-130 tons bly. Der er således tale om, at mængderne, der bortskaffes, er i størrelsen 20% af det aktuelle forbrug. Baseret på Lauridsen & Christensen 1997 blev 3-6 tons heraf skønsomt bortskaffet til genbrug med produkter af hård PVC og 13-38 tons med kabler. I 1997 blev langt hovedparten af den PVC, der ikke genanvendtes, bortskaffet til forbrænding, men da der i årene derefter skete en ændring af praksis hen imod deponering af PVC, skal det her antages, at 30% deponeredes, mens den øvrige del bortskaffedes til forbrænding.

Hertil kommer affald, som fremkommer i forbindelse med nyinstallation. Lauridsen & Christensen angiver et spild på 0,75-2% for rør og 0,5-1% for tagrender og fittings. Samlet vil spildet udgøre omkring 3-5 tons, som regnes at bortskaffes til genbrug.

### 2.3.6 Glasurer og emaljer

Blyoxid og blysilikat anvendes i glasurer til keramiske produkter, eksempelvis fajance, dekorationsgenstande, bordservice, glaserede mursten, teglsten, fliser, klinker mv. Blyforbindelserne giver glasuren et bredt smelteinterval og gør farverne, især grønne og gule, klarere. Til tegl og mursten har blyglasur desuden den egenskab i forhold til andre glasurer, at den ikke er følsom over for svovludtræk.

I dag bruges der næsten udelukkende såkaldte fritter til glasering, der er en såkaldt forsmeltning af glasur. Fritter fremstilles ved at smelte forskellige råmaterialer ved høj temperatur, hvorved blyforbindelserne immobiliseres i en glasmatrice. Blymonosilikat er således en blanding af blyoxid (PbO) og kvarts ( $\text{SiO}_2$ ). Rene blyoxider (bl.a. blymønje) har tidligere været anvendt i vid udstrækning, men der synes i dag kun at være en marginal anvendelse i Danmark til specielle produkter. Ved at anvende fritter kan den endelige glasering forløbe ved lavere temperatur end ved anvendelse af rene blyoxider. Anvendelse af silikatformen reducerer opløseligheden af glasuren og reducerer dermed afgivelsen af bly (U.S. EPA 1998). Der er ikke nogen dansk produktion af fritter, som primært importeres fra andre europæiske lande. Fritter er som udgangspunkt farveløse, og de blandes med farver til en færdig glasur. Færdige glasurer bliver både importeret samt fremstillet i Danmark på baggrund af importerede fritter.

Bly i særlige keramiske materialer til elektronik er omtalt som piezoelektriske materialer under andre anvendelser.

Glasuren på keramiske genstande kan have et meget varieret indhold af blyforbindelser, men typisk er der tale om et blyindhold på 15-25%.

Ifølge U.S. EPA (1998) indgår bly ofte i emaljer på gryder og andre køkkenredskaber af metal. Det oplyses at emaljer på aluminiumredskaber typisk vil indeholde 35-42% blyoxid. Tidligere har der i Danmark været en produktion af køkkenredskaber med blyholdige emaljer, men denne produktion er nu stoppet. Importører oplyser, at blyholdige emaljer også bruges til smykker, kunstværker o.l. af metal, og her er blyindholdet typisk 35-50%.

#### *Produktion i Danmark*

Indtil 1992 fremgik forsyningen af blysilikat direkte af handelsstatistikken fra Danmarks Statistik, men siden da er blysilikat blevet ført sammen med andre silikater, og det er ikke muligt at vurdere forbruget til produktion i Danmark på grundlag af de statistiske data.

Der anvendes ikke blyholdige glasurer i den danske produktion af almindeligt bordservice, men til gengæld er der en mindre omsætning med produktionen af kunstgenstande og fajance. Forbruget i 2000 anslås på grundlag af oplysninger fra råvareleverandører og producenter til 4-12 tons bly. Til produktion af kunstgenstande og fajance anvendtes der blyfritte frem til årsskiftet 2001/2002, hvorefter produktionen af fajance er flyttet til udlandet. Generelt gælder det, at forbruget af bly primært sker med den anvendte glasur og kun i mindre grad med de anvendte farver. Der solgtes endvidere små mængder blyfritte til private.

Forbruget til produktion af tegl, mursten, klinker mv. er vanskeligt at estimere. Det anslås af en ekspert på området, at der stort set ikke længere anvendes bly i produktionen i Danmark. Baseret på oplysninger fra alle råvareleverandører kan det anslås, at der anvendtes 0,3-0,5 tons bly med færdigblandede fritter. Der kan dog ikke afvises, at der evt. kan være en direkte import af blysilikater, men adspurgte aktører har ikke kunnet pege på hvor det skulle anvendes. Det antages derfor, at forbruget med færdigblandede glasurer svarer til det samlede forbrug til produktion af byggevarer i Danmark, men der er en mulighed for, at det faktiske forbrug ligger væsentligt højere.

Forbruget af bly med glasurer til produktion af emaljerede smykker og kunstværker i 2000 anslås til 0,25-1,25 tons.

#### *Forbrug*

Forbruget af bly med glasurer vil langt overvejende været baseret på importerede varer. Blyholdige varer vil kunne være glaserede tegl, klinker og fliser (ingen væsentlig dansk produktion), fajance og andet bordservice, som er brændt ved lave temperaturer, samt andre køkkenartikler og dekorationsartikler. Bly vil endvidere kunne indgå i emaljer på gryder, potter, pander, badekar, kunstgenstande, smykker mv., som også overvejende importeres. Som det fremgår af tabel 1.2, udgjorde glasurer i OECD-landene i 1990 9% af forbruget af bly med kemiske forbindelser svarende til 31.000 tons bly. Ifølge Tukker et al. (2001) lå forbruget af bly til produktion af glasurer, maling og keramik i EU15 ret stabilt fra 1990 til 2000 på ca. 30.000 tons bly - kun lidt mindre end forbruget med PVC stabilisatorer. Hvis det som udgangspunkt antages, at Danmark repræsenterer 0,5% af forbruget i OECD-landene, og at forbruget i disse lande har været stabilt i perioden 1990-2000, skulle forbruget med glasurer være ca. 150 tons. Da bly i høj grad er udfaset til dette formål i Danmark og muligvis også i vore nabolande, kan forbruget imidlertid udmærket være væsentligt lavere. Forbruget af bly med glasurer og emaljer i år 2000 skønnes på den baggrund at være i størrelsesordenen 40-150 tons bly/år, som langt overvejende importeres.

Glasuren på tændrør består typisk af blysilikat og tændrør indeholder typisk omkring 0,15 g bly i glasuren (Lohse et al. 2001). Forbruget med tændrør kan estimeres til 0,07-0,4 tons bly, som indgår i ovenstående estimat.

#### *Udviklingstendenser*

For glasurer til tegl og murværk har der de seneste år været en udvikling i retning af udfasning af bly.

Der har været flere produktionssteder af fajance rundt omkring i landet, men de fleste er i dag lukket og produktionen er enten nedlagt eller flyttet til udlandet. Den tilbageværende produktion udgøres af små kunstgenstande.

Der er ikke noget der tyder på, at der internationalt foregår en udfasning af brugen af bly til glasurer.

#### *Bortskaffelse*

Restprodukter fra produktionen bortskaffes som kemikalieaffald til Kommunekemi eller anden godkendt oparbejdningsvirksomhed, men der er ikke oplysninger om mængder.

Brænding af de keramiske produkter foregår ved temperaturer på 1.000 °C eller mere, og der må derfor forventes, at en del af blyet vil fordampe under brændingen. De faktiske emissioner, som vil være meget afhængige af den anvendte røggasrensningsteknologi, er ikke kendte. Et skøn over størrelsesordenen kan fås ved at tage udgangspunkt i danske emissionsfaktorer for glasfremstilling. I Illerup et al. (1997) angives en middel emissionsfaktor for glasproduktion på 4,7 g Pb/tons glas. Med et indhold på 230-250 g Pb/tons glas fås, at omkring 2% af glassets indhold af bly emitteres til luft. Man kan næppe direkte sammenligne de to processer, emissionerne fra brænding af glasur kunne udmærket være væsentligt højere. Det skal her forsigtigt anslås, at emissionerne fra fremstilling af glaserede produkter i Danmark i 2000 var i størrelsen 0,04-0,7 tons bly.

Efter brænding vil blysilikat være bundet i glasuren (sammenligneligt med blyglas), og der sker ikke nogen væsentlig afgivelse af bly under brug.

Dekorationsgenstande og bordservice må forventes at ende i dagrenovation, mens glaserede fliser og tegl vil ende med byggeaffald på deponi. Bly har været brugt i glasurer i mange år, og i 1985 og 1994 blev forbruget af bly i Danmark med keramiske produkter anslået til henholdsvis 80-100 tons og 25-150 tons. Der foreligger ingen oplysninger om, hvorledes forbruget har fordelt sig på de forskellige anvendelsesområder. Mængden, der bortskaffes, skal derfor groft skønnes at være af samme størrelse som det aktuelle forbrug på 40-150 tons Pb/år, hvoraf halvdelen groft antages at ende direkte på deponi med byggeaffald, mens en tilsvarende mængde ender i brændbart affald.

### **2.3.7 Andre kemiske anvendelser**

Bly i kemiske forbindelser anvendes i øvrigt til:

- Benzinadditiver
- Sikkativer (tørningsmidler i maling)
- Bremselægninger
- Koblingsbelægninger
- Piezoelektriske materialer
- Pyrotekniske initiatorer til airbags m.m.



- Acceleratorer og stabilisatorer i elastomerer ("syntetisk gummi")
- Fyrværkeri
- Superledere.

#### *Benzinadditiver*

Blyforbindelser har tidligere været vidt udbredt som benzinadditiv. Den eneste identificerede anvendelse af blyholdig benzin i 2000 er blyholdig benzin til propelfly med stempelmotorer. Benzinen importeres færdigblandet. Det hedder afgas 100 LL (low lead) og indeholder tetraethylbly med 0,52 g Pb/l. På basis af oplysninger fra leverandører kan det totale danske forbrug af denne type benzin anslås til 4.000- 5.000 tons pr. år, svarende til et blyforbrug på 1,6-2 tons Pb/år. Motorerne på propelfly fungerer som gammeldags benzinsmotorer uden filtre, og alt bly regnes som afgivet til luft.

Af import/eksportstatistikken fremgår der en forsyning af antibankningsmidler på basis af andre blyforbindelser end tetraethylbly på 1.300 tons. Det har gennem henvendelser til branchen ikke kunnet bekræftes, at der anvendes blyforbindelser til produktion af benzin i Danmark. Det formodes derfor, at der er tale om alternative antibankningsmidler, som føres under dette varenummer af tradition eller af mangel på et passende varenummer.

#### *Sikkativer*

På baggrund af oplysninger fra aktører stoppede den danske produktion af bly-sikkativer helt eller delvist i midten af 1990'erne, hvor bly blev substitueret med et andet materiale. Ifølge oplysninger fra den danske lak- og farveindustri anvendes bly-sikkativer i dag kun i meget begrænset omfang til især tyklagsalkydmalinger. Den tilbageværende produktion af bly-sikkativer er ifølge aktører forsvindende i forhold til produktionen med blychromat- og blyoxidholdige malinger. Det anslås forsigtigt at produktionen af bly-sikkativer udgør en omsætning af bly på omkring 1-4 tons bly/år. Det skønnes, at langt størstedelen eksporteres enten direkte som bly-sikkativ eller med færdige produkter.

Ifølge en engelsk undersøgelse anvendes bly-sikkativer stadig som et meget effektivt og billigt tørremiddel i alkydbaserede lufttørrende malinger (Thornton et al. 2001). Det må derfor forventes, at bly som sikkativ kan være til stede i importerede produkter.

I 1985, da blyholdige sikkativer i vid udstrækning blev anvendt i alkydmalinger, blev blyforbruget anslået til 30-40 tons årligt. I 1994 blev forbruget med sikkativer forsigtigt anslået til 2-10 tons bly (Lassen & Hansen 1996). Det danske forbrug af bly-sikkativer sker i dag kun til specielle anvendelser, hvor alternative sikkativer ikke kan anvendes. Det skønnes at det væsentligste forbrug af bly-sikkativer i dag sker med importerede produkter. Dette skøn baseres dels på oplysninger fra aktører, dels på det faktum, at substitutionen af bly i malinger og lakker primært foregår i de skandinaviske lande. Da der både er tekniske og økonomiske fordele ved at anvende bly frem for alternativer, forventes det, at produkter på verdensmarkedet i høj grad stadig indeholder bly-sikkativer. Det danske forbrug med bly-sikkativer i 2000 anslås forsigtigt til 1-5 tons bly/år.

Sikkativer i maling vil før eller siden ende i affald eller spredes til det omgivende miljø. Mængden, der bortskaffes i dag, må svare til forbrugsmængden for en årrække siden. Da det aktuelle forbrug er beskedent, vil det kun være små mængder, der kan forventes at bortskaffes til Kommunekemi. Det skal groft anslås, at 10-30 tons bortskaffes med brændbart byggeaffald, mens 2-10

tons bly spredes diffust til omgivelserne i forbindelse med slid og vedligeholdelse.

#### *Bremsebelægninger*

Blysulfit (blyglans) og blysilikat anvendes i bremsebelægninger til regulering af belægningernes friktionsegenskaber. I de bremsebelægninger, hvor bly anvendes, vil bly ifølge oplysninger fra producenter findes i en mængde i størrelsesordenen 0,7% af bremsebelægningens vægt. Bly indgår tillige som legeringselement i det metalliske underlag, der fastholder bremsebelægningen. Der foregår i Danmark en produktion af bremsebelægninger og bagplader, men det har ikke været muligt at få oplysninger, der muliggør et estimat over, hvor meget bly der bruges til produktionen.

I hele Europa anvendtes der omkring år 2000 ca. 800 t bly/år med bremsebelægninger (Lohse et al. 2001). Herudover vil der typisk findes bly i de legeringer, der anvendes til klodserne, hvorpå belægningerne sidder, men denne anvendelse er omfattet af afsnittet om bly i legeringer. Under antagelse af at Danmark repræsenterer 1-2% af det europæiske forbrug, skulle der forventes et samlet forbrug i Danmark med bremsebelægninger på 8-16 tons bly/år.

Producenter eksperimenterer med nye sammensætninger af bremsebelægninger, hvori der ikke indgår bly, og det er i dag allerede muligt at købe blyfri bremsebelægninger. Et nyt EU-direktiv træder i kraft 1. juli 2003, hvori det maksimalt tilladte blyindhold i bremsebelægninger er angivet til 1.000 ppm (0,1%). I dag er det typiske indhold af bly i bremsebelægninger 7.000 ppm (Lohse et al. 2001), og det nye direktiv forventes især at få betydning for den diffuse forurening til jord og vand, som må forventes at blive sænket med omkring en faktor 7 efter indførelsen af direktivet.

Som et groft skøn anslås det, at omkring halvdelen af belægningerne bliver slidt bort under brug, hvorved der diffust spredes 4-8 tons bly til omgivelserne (groft regnet som 2-4 tons til hhv. jord og regnvandsafløb), mens resten (4-8 tons) formodes at gå til deponi. I en svensk undersøgelse er afgivelsen af bly fra blybelægninger til jord og spildevand i Stockholm estimeret til 0,56 tons/år i 1995 (Sörme et al. 2001), hvilket er meget godt i overensstemmelse med de mængder, der ovenfor er regnet med afgives i Danmark.

#### *Koblingsbelægninger*

Koblingsbelægninger til køretøjer kan ifølge oplysninger fra leverandører til Miljøstyrelsen indeholde omkring 3,5% bly i form af blyoxid og blysulfid. Det har ikke været muligt at finde præcise oplysninger om, hvor udbredt anvendelsen af bly i koblingsbelægninger er. Enkelte leverandører reklamerer med blyfri koblingsbelægninger, hvilket indikerer, at det er almindeligt udbredt, at belægningerne indeholder bly. En indgående udredning om tungmetaller i biler for EU-kommissionen omtaler ikke bly i koblingsbelægninger (Lohse et al. 2001).

#### *Piezoelektriske materialer*

Blybaserede keramiske materialer anvendes i vid udstrækning til såkaldt piezoelektriske komponenter (U.S. EPA 1998). De piezoelektriske komponenter anvendes til at omdanne mekanisk energi til elektrisk energi og vice versa. Man taler om såkaldt elektro-mekaniske transducere. De anvendes til en lang række formål - især i mange typer af sensorer - men anvendes også i eksempelvis svingningsgeneratorer, scannere og gastændere. Ifølge U.S. EPA (1998) er det mest anvendte piezoelektriske keramiske materiale bly zirconat titanat (PZT), som indeholder 60-64% bly i form af blyoxid. Materialerne fremstilles

ved at sammensintre blyoxid og andre metaloxider ved ca. 900°C. Bly synes at indgå i de fleste piezoelektriske materialer, men der forskes i udviklingen af blyfri materialer.

Der er i Danmark en produktion af piezoelektriske materialer. Til produktionen anvendes der blyoxid som råvare. Forbruget af bly til produktionen var i 1997 på 1-2 tons Pb. Hovedparten af produktionen eksporteres.

I moderne biler anvendes piezoelektriske materialer til en lang række formål, heriblandt bankningssensorer i motoren, choksensorer til airbag og forskellige anvendelser i forbindelse med radioer, fjernkontroller og alarmer (Lohse et al. 2001). Ifølge Lohse et al. anvendes der aktuelt mellem 4 og 120 g bly med piezoelektriske materialer i en bil. Udviklingen går mod stadig større anvendelse af disse materialer, og med fremtidige anvendelser vil blyforbruget ifølge forfatterne kunne komme op på 500 g pr. bil. Forbruget med biler anslås forsigtigt til 0,4-12 tons bly/år.

Piezoelektriske komponenter anvendes som nævnt til en lang række formål, men det vurderes, at biler formentlig vil udgøre en meget væsentlig del af det samlede forbrug, som forsigtigt skal anslås til 1-15 tons.

#### *Pyrotekniske initiatorer*

Bly er indeholdt i pyrotekniske initiatorer til airbags og sikkerhedsselestramere. I 75% af alle europæiske biler anvendes blystypnat til at antænde udløseren (Lohse et al. 2001). Blystypnat foretrækkes på grund af, at det er driftssikkert, men alternative materialer er ved at blive undersøgt. Mængden udgør 50-310 mg/bil, og den samlede omsætning af bly i Danmark med denne anvendelse er således marginal.

#### *Acceleratorer og stabilisatorer i elastomerer*

Blyforbindelser anvendes i et vist omfang som varместabilisatorer og acceleratorer ved fremstilling af elastomerer. Elastomerer kendes bedst som "syntetisk gummi". For stabilisatorer er det typisk i form af en række forskellige blyoxider og blysilikater. Bly som metal bruges i visse tilfælde også i selve vulkaniseringsprocessen, men blyet herfra vil ikke indgå i det færdige produkt. Blyforbindelser anvendes bl.a. i o-ringe, som anvendes til en lang række tætningsformål, varme- og trykbestandige slanger i bl.a. biler, gummikabler og andre produkter til industrielle anvendelser. Tidligere har der været anvendt blyforbindelser i gummivalser (f.eks. til den grafiske industri og papirindustrien); men en producent oplyser, at denne anvendelse blev substitueret for 4-5 år siden. Det har ikke været muligt at identificere anvendelser af metallisk bly i forbindelse med elastomerer, ud over visse produkter, der anvendes til personlig beskyttelse mod røntgenstråling.

Der er ikke oplyst konkrete mængder for den danske produktion af blyholdige elastomerer, som hovedsageligt er produkter til køretøjer.

Forbruget af blyholdige acceleratorer og stabilisatorer til elastomerer nævnes ikke specifikt i litteraturen, hvilket indikerer, at forbruget til dette formål i dag kan have et begrænset omfang. Oplysninger fra aktører og litteraturen tyder på, at der tidligere blev anvendt bly i langt større omfang i gummiprodukter, og at bly kun anvendes i begrænset omfang i dag. Man kan f.eks. i dag stadig købe gummiplader af navnet "blygummi", som tidligere har indeholdt bly, men i dag fremstilles af bitumen, der er et affaldsprodukt fra olieindustrien. Disse plader er tunge, og bruges som lyd- og vibrationsdæmpende materiale,

f.eks. til indersiden af bilers karosseri eller til større metalelementer i industrien.

Lohse et al. 2001 konstaterer, at visse elastomerer i biler indeholder op til 5% bly, men kommer i øvrigt ikke med noget bud på mængderne. På baggrund af oplysninger fra aktører på området kan omsætningen af bly med elastomerer i biler anslås til 0,7-14 tons bly/år. Biler synes at repræsentere en meget væsentlig del af forbruget. Den samlede omsætning af bly med elastomerer skal på denne baggrund groft anslås til 1-20 tons bly/år.

#### *Fyrværkeri*

Blyforbindelser har traditionelt været anvendt til fyrværkeri, hvor de primært anvendes som iltningsmiddel. Beregninger gjort af Stockholms Luft- og Bulleranalys (MiS 2000) viser, at der ved årsskiftet 2000 målt stærkt forhøjede værdier for en række tungmetaller, herunder bly, i luften over Stockholm. Miljøforvaltningen i Stockholm har sammenholdt målingerne med beregninger af det samlede indhold af tungmetaller i fyrværkeriet på basis af målinger i en række forskellige fyrværkeriprodukter (Miljøforvaltningen 1999). På baggrund af undersøgelsen af tungmetalindholdet i importeret og svenskproduceret fyrværkeri beregnes det, at der med 25 tons importeret pyroteknik (selv de eksplosive stoffer i fyrværkeriet) omsattes ca. 275 kg bly i Stockholm ved årtusindskiftet. (MiS 2000) Ifølge undersøgelsen indeholdt svenskproduceret fyrværkeri ikke bly (MiS 2000), men dette repræsenterede kun omkring 10% af det samlede salg. Det antages, at det samme er gældende for danskproduceret fyrværkeri.

På basis af målinger af luftbåret støv, er det af Århus Amt beregnet, at nytårs-skytset ved årsskiftet 2000/2001 spredte ca. 50 kg bly over Århus. Målt pr. indbygger er det af samme størrelsesorden som resultaterne fra Stockholm. Opskaleret til landsplan vil det dreje sig om ca. 1 tons bly. Målinger omkring årsskifterne 2000/2001 og 2001/2002 viser et markant fald i luftens indhold af bly over Århus som en konsekvens af forbudet mod bly i fyrværkeri. Blykoncentrationen blev målt til 0,13 mikrogram bly pr. m<sup>3</sup> luft ved nytåret 2000/2001 og 0,02 mikrogram bly/m<sup>3</sup> ved nytåret 2001/2002.

I den refererede svenske undersøgelse er der lavet analyser af 6 repræsentative, importerede fyrværkeriprøver. Blyindholdet varierer mellem 0,037 og 46 g Pb/kg eksplosiv med et gennemsnit på 11 g Pb/kg eksplosiv. I det undersøgte fyrværkeri udgør eksplosivvægten i gennemsnit 17% af fyrværkeriets samlede vægt. Ifølge Udenrigshandelen var nettoimporten af fyrværkeriartikler til Danmark i 1998, 1999 og 2000 på henholdsvis 3.600, 6.500 og 4.800 tons. Mængden for 1998 er i overensstemmelse med oplysninger fra Foreningen af Fyrværkerifabrikanter angående salget i 1998 (Ingeniøren 1999), og det formodes derfor, at den registrerede import for de to andre år også afspejler det faktiske salg. Da hovedparten af fyrværkeriet fyres af kort efter årsskiftet, vil fyrværkeri solgt i 1999 faktisk anvendes i 2000. I overensstemmelse med metodikken anvendt i denne analyse vil forbruget i referenceåret være udtrykt ved salget det pågældende år, og det vil derfor være salget i 2000, der vil regnes med. Hvis man antager en eksplosivvægt på 17% i overensstemmelse med de svenske resultater vil de 4.800 tons, der blev solgt i 2000, svare til 834 tons eksplosiv. Med et gennemsnitligt blyindhold på 11 g Pb/kg eksplosiv vil det samlet dreje sig om 9 tons Pb. Dette er betydeligt mere end beregnet ud fra de Århusianske målinger, men det er spørgsmålet, om disse målinger fortrinsvis vil omfatte raketter, mens bly i andet fyrværkeri vil falde ned umiddelbart omkring det sted, hvor det fyres af.

Det er dog et meget begrænset antal prøver, der er analyseret, og en enkelt måling på 46 g Pb/kg eksplosiv trækker gennemsnittet meget op. Sammenholdt med beregningerne af mængder, der blev spredt over Århus, kan den samlede mængde bly, der omsattes med fyrværkeri i 2000, anslås til 1-8 tons.

Det samlede indhold af bly i fyrværkeri regnes at blive frigivet til luft.

#### *Superledere*

Bly indgår med omkring 7% i keramiske materialer anvendt som superledere. Den samlede omsætning af bly i DK med superledere i 2000 kan på baggrund af oplysninger fra Miljøstyrelsen anslås til i størrelsen <20 kg. Der er tale om et anvendelsesområde i stærk stigning.

#### *Andre anvendelser*

Der er ikke gennem dette projekt identificeret andre anvendelser af bly med kemiske forbindelser. Det anslås groft at forbruget med andre anvendelser næppe er større end 10 tons, der groft antages at bortskaffes til affaldsforbrænding.

#### *Sammenfatning*

Sammenfattende kan forbruget med andre kemiske anvendelser i 2000 opgøres til 15-76 tons. Forbruget opdelt på anvendelsesområder fremgår af tabel 2.14. Samlet blev der bortskaffet 14-48 tons til forbrænding/deponi, mens 2-5 tons gik til spildevand, og 4-13 tons endte på jorden.

Tabel 2.15

Forbrug af bly med andre anvendelser som kemisk forbindelse i 2000.

Anvendelsesområde	Forbrug Tons/år
Benzinadditiver	1,6-2
Sikkativer	1-5
Bremsebelægninger	8-16
Koblingsbelægninger	?
Piezoelektriske materialer	1-15
Pyrotekniske initiatorer til airbags mm.	<0,1
Acceleratorer og stabilisatorer til elastomerer	1-20
Fyrværkeri	1-8
Andet	1-10
I alt	15-76 <sup>1)</sup>

1) Hertil kommer hvad der måtte anvendes til koblingsbelægninger.

### **2.3.8 Sammenfatning**

Den foreliggende viden om forbrug af bly som kemisk forbindelse samt tab i forbindelse med produktion og anvendelse af produkter, som indeholder bly som kemiske forbindelser, er sammenfattet i Tabel 2.16. Forbruget angiver det samlede indhold af bly i færdigvarer, som er solgt på det danske marked i 2000.

Forskelle mellem forbrug og summen af bortskaffelse og tab skyldes, at der aktuelt bortskaffes mere eller mindre, end der bruges. Det betyder, at de

mængder, som er ophobet i samfundet i form af produkter i brug, vil kunne øges eller mindskes.

Tabel 2.16  
Omsætning af bly som kemisk forbindelse i Danmark 2000.

Produkt/anvendelse	Forbrug tons Pb/år	Tendens indtil 2000	Skønnet bortskaffelse og tab (tons Pb/år) til:				
			Luft	Vand <sup>1)</sup>	Jord	Forbr/deponi	Andet
Blymønje	0,5-2	Faldende	0,0008-0,015	1-3	1-3	8-24	-
Pigmenter	17-70	Faldende	-	0,75-2	2-6	56-170	21-53
Billedrør	520-640	Stabilt	-	-	-	10-40	130-210
Andet glas	140-340	Stabilt	0,05-0,4 <sup>2)</sup>	-	-	100-300	31-52
PVC	440-570	Stabilt	-	-	-	26-86	18-50
Glasurer og emaljer	40-150	Stabilt	0,04-0,7	-	-	40-150	-
Andre kemiske anvendelser	15-76	Forskelligt	2,6-10	2-5	4-13	15-59	-
I alt (afrundet)	1.200-1.800		2,7-11	3,8-10	7-22	260-830	200-370

- 1) Omfatter både afledning til spildevand og direkte udledninger til vandmiljøet. I sammenfatningstabellen (tabel 4.3) indgår kun de direkte udledninger til vandmiljøet, idet mængderne der afledes til spildevand, indgår under spildevand.
- 2) Emissionerne fra glasfremstilling er efter 2000 mindsket markant på grund af forbedret røgasrensning.

## 2.4 Omsætning af bly som følgestof

Bly som følgestof dækker utilsigtede anvendelser af bly i andre produkter. Produkternes indhold af bly stammer primært fra forekomsten af bly som naturligt sporelement i råstofferne, men kan også skyldes en forurening med bly, som er spredt til omgivelserne ved menneskelige aktiviteter.

### 2.4.1 Kul

Fossile brændstoffer, såsom kul og olie, indeholder naturligt forekommende bly som sporstof. Ved afbrænding frigøres en mindre del af brændslernes indhold af bly til luften, mens hovedparten tilbageholdes og bortskaffes med affaldsprodukter fra forbrændingsprocessen.

I perioden fra 1990 og frem er der sket et fald i forbruget af koks og kul. Det er blevet erstattet af et stigende forbrug af naturgas og vedvarende energi. Der blev i 2000 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 ses en væsentlig variation. Indholdet af bly i kul blev i Lassen & Hansen (1996) angivet til 3-26 mg Pb/kg. Forbruget af kul i 1994 var som nævnt 12 tons. Det samlede indhold i kullene blev på daværende tidspunkt på grundlag af en større undersøgelse, som dækkede hele kraftværksområdet, beregnet til 83 tons Pb/år (Lassen & Hansen 1996). Det svarer til et gennemsnitligt indhold på 7 mg Pb/kg. I en undersøgelse fra 2000 dækkende ELSAMs område, varierede blyindholdet fra 2 til 19 mg/kg med en middelværdi på 9 mg Pb/kg. I ELSAMs område anvendtes 3,9 mio. tons kul - mere end halvdelen af det samlede danske forbrug. Det skal på

den baggrund anslås, at der som gennemsnit vil være mellem 6 og 10 mg Pb/kg i kullene, således at det samlede forbrug med kul i år 2000 kan beregnes til 40-67 tons Pb.

Der er ikke foretaget nogen nyere undersøgelse, som dækker alle kraftværker i Danmark.

Massebalancer for centrale kulfyrede kraftværker inden for ELSAMs og Energi E2's område i 2000 er angivet i Tabel 2.17. Balancen er opdelt på værker med henholdsvis semitør, våd og ingen røggasrensning.

Tabel 2.17

Massebalancer for bly for centrale kraftværker inden for ELSAMs og Energi E2's område i 2000 (HalD 2001, Lauvring 2002). Der er regnet med gennemsnitsværdier for bly.

Røggasrensning	Bly i kul tons Pb	Slagge/bundaske		Flyveaske		Afsvovlingsprodukt		Røggas	
		tons Pb	%	tons Pb	%	tons Pb	%	tons Pb	%
Semitør	11,6	0,5	4,6	10,8	92,9	0,2	2,1	0	0,4
Våd	36,5	2,0	5,7	34,3	93,7	0,2	0,4	0,1	0,2
Ingen	3,8	0,2	3,8	3,7	95,4	0,0	0,0	0,0	0,8
I alt (afrundet)	52,0	2,7	5,1	48,7	93,7	0,4	0,8	0,2	0,4

#### *Emission til luft*

Som det fremgår af Tabel 2.17 bliver hovedparten af blyet tilbageholdt i restprodukterne, især flyveaske, mens der som et gennemsnit emitteres omkring 0,4% til luft. Under den antagelse at balancerne også er repræsentative for landets øvrige kraftværker, kan den samlede emission til luft i 2000 anslås til 0,15-0,25 tons Pb. Dette er noget mindre end emissionen i 1994, som blev anslået til 0,8-2,4 tons Pb. Faldet skyldes dels en halvering af forbruget af kul, dels lavere emission pr. indfyret ton kul.

#### *Restprodukter*

Restprodukterne fra kulfyring omfatter flyveaske, slagge/bundaske og afsvovlingsprodukter. Omkring 94% af kullenes indhold af bly endte i flyveasken, mens ca. 5,1% endte i slagge og bundaske.

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:

- 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, som indeholdt en meget beskedne mængde bly, blev anvendt 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 bly med restprodukter fra kulfyring i Danmark i 2000 opgøres som følger:

- Cementfremstilling: 13-21 tons Pb/år. (OBS: Til cementfremstilling skønnes den reelle mængde at være mindre, idet der kun er produktion af cement på Aalborg Portland, som må antages primært at modtage restprodukter fra ELSAMs anlæg (Jylland og Fyn). Det skønnes her groft, at der reelt anvendes i størrelsesordenen 3,7-12 tons bly/år fra flyveaske til cementproduktionen).
- Asfalt, beton, gips m.m.: 13-22 tons Pb/år
- Deponering og fyld: 10-16 tons Pb/år
- Lager: 1,6-2,7 tons Pb/år
- Eksport: 3-5,1 tons Pb/år

#### 2.4.2 Olie og biobrændsler

Ved raffinering af råolie vil oliens indhold af bly opkoncentreres i de tunge fraktioner, herunder fuelolie, mens kun en mindre mængde vil følge med de lette fraktioner som benzin og gasolie. Meget groft fordeler oparbejdningen af 100% råolie sig på 40% gasolie, 30% fuelolie, 20% benzin, 10% gas og råvarer til videre forarbejdning, men fordelingen kan variere afhængigt af raffinaderi. Der foreligger meget få målinger af bly som sporstof i disse fraktioner. En aktør oplyser, at indholdet af bly generelt er lavere i olie fra Nordsøen end olie importeret fra andre lande. En anden oplyser, at indholdet af bly i råolie i en amerikansk undersøgelse er fundet til 0,001-0,2 g Pb/tons.

##### *Fuelolie*

Der er ikke lavet pb-analyser på den råolie, som anvendes på danske raffinaderier. Der laves analyser på fuelolie fra danske raffinaderier. Et dansk raffinaderi oplyser, at alle analyser på fuelolie viser lavere værdier end detektionsgrænsen for den anvendte metode på 0,1 g Pb/tons. Med et indenlandsk forbrug i 2000 af fuelolie på 0,46 mio. tons/år og smøreolie på 0,05 mio. tons/år anslås omsætningen af bly med fuelolie og smøreolie at være 0,8-1,2 tons Pb/år. Det må antages, at en vis mængde bly tilbageholdes i skorsten og kedel, men der findes ingen sikker viden om dette. Under antagelse af at 20% af oliens blyindhold tilbageholdes, anslås det, at <0,041 tons Pb/år emitteres til luft.

Forbruget af fuelolie og smøreolie ved den seneste opgørelse i 1994 er i (Lassen & Hansen 1996) opgjort til henholdsvis 1,2 og 0,08 mio. tons/år, mens emissionen af bly med denne fraktion er anslået til 0,8-1,2 tons Pb/år.

##### *Gasolie og benzin*

Som for fuelolie er der heller ikke målt bly over detektionsgrænsen på 0,1 g Pb/ton. Det antages, at det bly, som eventuelt måtte forefindes i gasolie og benzin, er en faktor 10 lavere end blyindholdet i fuelolie. Det indenlandske forbrug i 2000 af gasolie og benzin var henholdsvis 4,20 og 2,60 mio. tons/år. På det foreliggende grundlag anslås forbruget af bly med gasolie og benzin at være 0,5-0,9 tons Pb/år. Det antages at alt bly emitteres til luft. Forbruget i 1994 blev i (Lassen & Hansen 1996) anslået til 0,5-0,9 tons Pb/år.

Der er altså siden opgørelsen (Lassen & Hansen 1996) tilsyneladende sket et væsentligt fald i blyindholdet i fuelolie, gasolie og benzin. En del af faldet af bly i det færdige produkt kan evt. tilskrives en ændret behandling af råolien. Gasolie og benzin fremstilles ved hjælp af katalysatorer, som binder bly og



andre metaller, hvilket fjerner blyet fra det færdige produkt. Den tidligere analyse var dog baseret på ældre måleværdier fra litteraturen.

Det samlede forbrug af bly ved afbrænding af olieprodukter kan på baggrund af ovenstående opgøres til <0,11 tons Pb/år for år 2000.

### 2.4.3 Biobrændsler

Forbruget af halm, flis og andre træprodukter har stort set ikke ændret sig i perioden 1996-2000 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.

Generelt findes der for sporelementer på indfyringssiden for halm og træprodukter ikke mange undersøgelser, mens der for askedelen foreligger en del analyseresultater. Ligeledes gælder, at sporelementer er bedre dokumenterede for halm end for træprodukter. Ifølge (Nikolajsen 2002) viser seks målinger af blyindholdet i halm i perioden 1998-2000 en variation på 1,2-2 mg Pb/kg TS, hvilket stemmer overens med (Evald 1998), hvor der for fire målinger angives en variation på 0,3-3 mg Pb/kg TS. For træ er blyindholdet ifølge (Nikolajsen 2002) 1-2 mg Pb/kg TS.

På baggrund af disse oplysninger anslås omsætningen af bly med halm og træ at være 2,7-5,1 tons Pb/år.

#### *Emission til luft*

Massebalancer for en række tungmetaller for fire større halmfyrede anlæg er i 1998 blevet undersøgt af Evald (1998). Emissionsfaktorerne blev for de 4 anlæg bestemt til henholdsvis 0,019, 0,019, 0,021 og 0,094 mg Pb/kg TS indfyret. Man må forvente, at emissionerne fra mindre anlæg med mindre røggasrensning vil kunne være højere. På baggrund af undersøgelserne anslås røggasemissionen for halm efter røggasrensning til ca. 0,02-0,09 mg Pb pr. kg indfyret TS. Under den antagelse at røggasemissionen er ens for halm og træprodukter, anslås den samlede røggasemission til 0,05-0,23 tons Pb/år.

#### *Restprodukter*

Den resterende mængde bly (2,7-4,9 tons Pb/år) ender i restprodukter. Ved forbrænding af halm og flis på danske værker fremkommer 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). I en række analyser af henholdsvis flisaske og halmaske fra 35 værker målt en medianværdi for bly i flisasken på 40 mg Pb/kg, mens medianværdien i halmasken målt til 9 mg Pb/kg. Hvorvidt de lavere værdier i halmaske end i flisaske skyldes, at der dannes mere aske ved fyring med halm er ikke undersøgt. Der findes ingen samlet opgørelse af, hvorledes asken bortskaffes, men det skal her groft regnes med at 2/3 deponeres (ca. 1,8-3,2 tons Pb/år), mens resten (ca. 0,9-1,7 tons Pb/år) spredes på landbrugsjord.

### 2.4.4 Cement

I 2000 blev der på Aalborg Portland produceret 2,6 mio. tons cement. Heraf udgjorde grå cement ca. 2 mio. tons eller omkring 77% af produktionen. Blyindholdet i den grå cement varierer mellem 6 og 36 g Pb/ton, hvor 80% af analyserne ligger under 20 g Pb/ton. Produktionen af hvid cement er på ca. 0,51 mio. tons. Blyindholdet i hvid cement varierer mellem 5,7 og 6 g Pb/ton.

Produktionen af cement har været stabil de seneste år. I produktionen af grå cement indgår visse genanvendelsesmaterialer og brændsler, som indeholder bly i betydelige mængder. Den væsentligste forskel mellem hvid og grå cement er, at disse blyholdige materialer holdes uden for produktionen af hvid cement, hvilket også giver sig udtryk i det lavere blyindhold. Blyindholdet i den samlede produktion i 2000 anslås til 23-45 tons Pb/år, hvoraf hovedparten af blyet stammer fra produktionen af grå cement. For perioden 1992/94 blev mængden af bly fra cementproduktionen i Danmark anslået til 46-62 tons Pb/år (Lassen & Hansen 1996).

I cementproduktionen anvendtes i 2000 ca. 0,2 mio. tons flyveaske, hvilket mængdemæssigt er det samme som i 1992/94. De seneste målinger fra 1996/97 viser et blyindhold i flyveasken på mellem 18 og 59 mg Pb/kg med et gennemsnit på 32 mg Pb/kg.

På baggrund af oplysninger om import og eksport anslås forbruget af grå cement i Danmark i 2000 til 1,3 mio. tons. I 1992/94 blev forbruget anslået til 1,1 mio. tons/år. På baggrund af de foreliggende oplysninger anslås forbruget af bly med grå cement i 2000 at være 13-26 tons Pb/år, mens det i 1992/94 ifølge (Lassen & Hansen 1996) blev anslået til 28-37 tons Pb/år. Der synes således at være sket et fald i forbruget af bly med cement i Danmark i perioden 1992-2000.

Den samlede mængde bly i deponerede restprodukter fra cementproduktionen, der deponeres, udgør ca. 5,30 tons Pb/år og består primært af filterstøv.

Emissionen til luft er ikke ændret i perioden 1994-2000, og emissionen anslås til 0,13 tons Pb/år. Det er kun en mindre del af råvarernes indhold af tungmetaller, der ved produktionen emitteres til luft, blandt andet fordi metallerne i det basiske miljø i ovnen bindes til cementen.

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 her med halvdelen af forbrugsmængden i Danmark. Derfor skønnes det, at en blymængde på 6,5-13 tons Pb/år tilførtes deponi eller anvendtes til anlægsarbejder.

#### **2.4.5 Jordbrugskalk, handelsgødning og foderstoffer**

##### *Jordbrugskalk*

Nye målinger af bly i jordbrugskalk bekræfter et blyindhold på 1-2 g Pb/ton TS som opgivet i Lassen & Hansen (1996). Forbruget af jordbrugskalk er dog faldet fra 1 mio. tons i 1992/93 til 0,54 mio. tons i 2000. 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. På baggrund af de indsamlede oplysninger må det anslås, at der siden 1992/93 er sket en halvering af tilførslen af bly til dansk landbrugsjord med jordbrugskalk. Tilførslen af bly i 2000 anslås til 0,5-1,1 tons Pb.

##### *Handelsgødning*

Blyindholdet i handelsgødning er altovervejende knyttet til gødningens indhold af fosfor. Blyindholdet i råfosfat er meget variabelt og afhængigt af, om råfosfaten er af vulkansk eller sedimentær oprindelse. Gennemsnitsindholdet af bly i det færdige produkt er normalt omkring 2 g Pb/ton. På grund af introduktionen af en renhedsgaranti, der garanterer et maksimalt indhold af bly på

4 g Pb/ton, sikres der en minimal variation i gødningers blyindhold. Renhedsgarantien vil gælde for omkring 75% af de gødningsprodukter, der bliver omsat i Danmark. 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 bly med handelsgødning anslås til 0,5-1,7 tons Pb/år. Dette er ca. samme interval som i opgørelserne fra 1987/88 og 1992/93, hvor omsætningen af bly med handelsgødning blev anslået til henholdsvis 1,5-2,6 og 1-1,7 tons Pb/år.

#### *Foderstoffer*

Der foreligger ikke nogen nyere opgørelser af den samlede omsætning af bly og andre tungmetaller i foderstoffer. Plantedirektoratet er for øjeblikket i gang med en større undersøgelse, der skal fastlægge omsætningen af tungmetaller med foderstoffer. Der undersøges omkring 500 foderstoffer, og blyindholdet i disse varierer fra 0,15 - 400 ppm. Den forskelligartede sammensætning af foderstofblandinger samt foderstofmængder gør det vanskeligt at lave et samlet skøn over forbruget af bly. Blyindholdet i foderstoffer blev i 1977/78 opgjort til omkring 15 tons Pb/år, og i 1994 androg blyindholdet groft 5-10 tons Pb/år. Faldet fra 1977/78 til 1994 skyldes hovedsageligt substitueringen af bly i benzin, som påbegyndtes i 1985. Det vurderes, at blyindholdet med foderstoffer efter al sandsynlighed er faldet i forhold til niveauet i 1994, men at niveauet overordnet er i samme størrelsesorden som i 1994. Da der ikke findes nye opgørelser, antages blyindholdet med foderstoffer derfor groft at være på 3-8 tons Pb/år.

#### **2.4.6 Sandblæsemidler**

Jernsilikat i slagger fra udvinding af kobber og aluminiumsilikat fra kraftværkers kulslagge anvendes i sandblæsemidler, hvor de foretrakkes frem for kvartssand, der udgør en helbredsrisiko. Kobberslagge består af den malmrest, der fremkommer, når kobberet på metalværker er udvundet og skal således ikke forveksles med slagge fra kobberstøberier. Kobberslagge består langt overvejende af jernoxider og silikat. Forbruget af sandblæsemidler i 2000 på baggrund af oplysninger fra førende aktør fremgår af Tabel 2.18.

Tabel 2.18  
Forbruget af sandblæsemidler i Danmark år 2000.

Sandblæsemidler	Tons/år	Tons Pb/år
Kvartssand	20.000	0-1
Stålsand	1.000	0-0,15
Garnet (importeret sandblæsemiddel)	1.000	0,0092-0,05
Jernsilikat (fra kobberslagge)	1.000	1,9-3
Alusilikat (fra kulslagge)	7.000	0,98-1,6
Korund	1.500	0-0,3
I alt	31.500	2,9-6,1

Omsætningen af bly med sandblæsemidler anslås til 2,9-6,1 tons Pb/år. Forbruget i 1994 blev i (Lassen & Hansen 1996) anslået til 2-10 tons Pb/år. Hovedparten af blyet er indeholdt i kobberslagge (1,9-3 tons Pb/år) og kulslagge (0,98-1,6 tons Pb/år). Forbruget af jernsilikat og aluminiumsilikat er nedadgående som følge af ændrede renseprocesser. Alle produkter i Tabel 2.18, undtagen kvartssand, importeres.

I Danmark er der udviklet et nyt sandblæsningsprodukt, kaldet Carbogrit, som forventes i produktion fra 2003. Råmaterialerne til fremstillingen af Carbogrit findes i Danmark. Det forventes, at 32.000 tons kvartssand, jernsilikat og alusilikat vil kunne erstattes af 30.000 tons Carbogrit, og dermed vil der være tale om en væsentlig ændring inden for forbruget af sandblæsemidler. På baggrund af de indsamlede oplysninger forventes det, at omsætningen af bly med 30.000 tons Carbogrit vil blive 4,5-5,9 tons Pb/år.

#### **2.4.7 Andet**

Da bly er et naturligt forekommende sporelement og tillige gennem menneskelig aktivitet er spredt vidt i miljøet, vil bly forekomme i målbare koncentrationer i næsten alle varer.

##### *Papir, træ, plast, læder og tekstiler*

Bly forekommer som naturligt sporelement i papir, træ, læder og tekstiler, mens forekomsten i plast, som er baseret på raffinerede råvarer, må forventes at være meget begrænset. Dog kan bly tilsættes i f.eks. PVC som stabilisator. Det gennemsnitlige blyindhold i træ og papirmasse er i størrelsesordenen 2-4 mg Pb/kg. I den tidlige massestrømsanalyse er den samlede omsætning af bly som følgestof i disse produkter anslået til 1-10 tons, som også her vil blive brugt som bedste bud. Denne mængde regnes at tilføres forbrændingsanlæg.

##### *Fødevarer*

Indtagelse af bly med fødevarer har været faldende gennem de seneste årtier, idet fødevarernes indhold af bly er faldet, fordi vi stort set ikke længere anvender bly i benzin. Den gennemsnitlige daglige indtagelse pr. person blev i 1983-1987 estimeret til 42 µg Pb/dag. I perioden 1988-1992 var den faldet til 27 µg Pb/dag, mens den i perioden 1993-1997 estimeres til 18 µg Pb/dag (Fødevaredirektoratet 2000). Den totale indtagelse med fødevarer i 2000 skal på den baggrund estimeres til 0,03-0,04 tons Pb/år. Denne mængde vil tilføres spildevand.

##### *Offshore olie- og gasindustri*

Bly indgår som følgestof i de kemikalier, der bruges i forbindelse med offshore olie- og gasindustri, f.eks. vandbaseret og oliebaseret boremudder. I OSPAR 2000 angives udledningen af bly via kemikalier brugt i offshore olie- og gasproduktion i 1996 fra den danske sektor at være 1,6 tons Pb/år. Omsætningen i 2000 vil formentlig være højere som følge af en mere intensiveret efterforskning på nye felter. Det anslås forsigtigt, at omsætningen er på 2-4 tons Pb/år, hvoraf hovedparten udledes til havet.

##### *Andre mineraler*

Blyindholdet i tertiære bjergarter som lerbjergarter, kalksten og mergel er generelt højt. I en række målinger fra Århus Amt i de tre er der således målt værdier på 23 til 60 mg Pb/kg (Århus Amt 1992). Det betyder, at der med forskellige mineraler som ler, sand og grus kan omsættes betydelige mængder bly som følgestof. Da man næppe ved anvendelse af f.eks. sand og grus kan tale om tab til jord, er der valgt at se bort fra disse aktiviteter.

##### *Andet*

Som følgestof i andre produkter - eksempelvis som sporstof i andre metaller - anslås det groft, at der bruges 1-10 tons Pb/år, som dels går til forbrænding/deponi, dels bortskaffes med jern og metalkrot.

## 2.4.8 Sammenfatning

Den foreliggende viden om tab af bly i forbindelse med omsætning af bly som utilsigtet følgestof er sammenfattet i tabel 2.19. Forbruget angiver det samlede indhold af bly i færdigvarer, som er solgt på det danske marked i 2000.

Tabel 2.19  
Omsætning af bly som følgestof i Danmark, 2000.

Produktgruppe	Forbrug tons Pb/år	Tendens indtil 2000	Skønnet tab (tons Pb/år) til:				
			Luft	Vand	Jord	Deponi	Andet <sup>2)</sup>
Kul	40-67	Faldende	0,15-0,25	-	-	10-16	29-48
Olieprodukter	0-0,12	Stabilt	<0,11	-	-	<0,01	-
Biobrændsler	2,7-5,1	Stigende	0,05-0,23	-	0,9-1,7	1,8-3,2	-
Cement	13-26	Stabilt	0,13	-	-	12-18	-
Gødning og foderstoffer	3,5-9,7	Stabilt	-	-	3,5-9,7	-	-
Jordbrugskalk	0,5-1,1	Faldende	-	-	0,5-1,1	-	-
Sandblæsningsmidler	2,9-6,1	Stabilt	-	-	-	2,9-6,1	-
Anden omsætning som følgestof	4-24	Forskelligt	-	2,03-4,04	-	0,5-5	0,5-5
I alt (afrundet)	67-140 <sup>1)</sup>		0,33-0,72	2-4	4,9-13	27-48	30-53

- 1) 13-21 tons bly i flyveaske, der anvendes til cementproduktion, indgår både under kul og cement og er derfor fratrukket ved beregning af den samlede omsætning.
- 2) Omfatter dels kul-flyveaske, som anvendes til cement- og betonfremstilling eller eksporteres, dels bly som forureningselement i jern og stål.



# 3 Omsætning af bly med affaldsprodukter

## 3.1 Genanvendelse af metallisk bly

Der foreligger ingen samlede opgørelser af mængden af bly, der indsamles med skrot i Danmark.

På grundlag af Danmarks Statistiks opgørelser af import og eksport af blyholdigt skrot og en vurdering af blyindholdet i det registrerede skrot vurderes det, at der i 2000 var en nettoeksport af bly med skrot på 10.900-12.400 tons (se Tabel 3.1).

Brugte blyakkumulatorer, som eksporteres til genvinding i udlandet, udgør langt den største del af den eksporterede mængde. Sammenlignet med 1994, hvor nettoeksporten blev estimeret til 9.900-11.500 tons bly, er der ikke sket væsentlige ændringer.

Tabel 3.1  
Registreret import og eksport af bly med skrot, 2000.

Skrottype	Blyindhold %	Import tons Pb/år	Eksport tons Pb/år	Nettoeksport tons Pb/år
Akkumulatorer <sup>1)</sup>	55-60	330-360	10.100-11.100	9.800-10.700
Andet blyskrot <sup>2)</sup>	25-30 / 60-80	510-610	1.200-1.600	690-990
Med tinskrot <sup>3)</sup>	45-55	-	51-62	51-62
Med kobberskrot <sup>4)</sup>	-	42-63	410-710	370-650
I alt		-	-	10.900-12.400

### Noter

- 1) Akkumulatorer består i gennemsnit af 55-60% bly. Importerede akkumulatorer formodes at blive re-eksporterede, da der ikke foregår nogen oparbejdning af akkumulatorer i Danmark.
- 2) Importeret blyskrot formodes langt overvejende at være blyholdige kabler, der importeres til genvinding i Danmark. Blyindholdet i kablerne er 25-30%. Eksporteret blyskrot består af kabler, blyholdigt støv fra kabeloparbejdning og rent bly fra genvinding af kabler, inddækninger, afbalanceringsklodser, blyrør, m.m. For de rene fraktioner af bly, eksempelvis inddækninger, vil blyindholdet ligge nær 100%, mens det for kabler kun vil være 25-30%. Ud fra en grov vurdering af affaldets sammensætning anslås det gennemsnitlige indhold af bly i skrottet til 60-80%.
- 3) Tinskrot består primært af loddetin fra produktion af elektronik og kølere. Indholdet af bly i loddetin anvendt til elektronik er knap 40%, mens den til kølere er på 60-70%. Affaldet antages at have et gennemsnitligt indhold af bly på 45-55%.
- 4) Blyholdigt kobberskrot består hovedsageligt af messing med en registreret nettoeksport på ca. 18.000 tons. Messing, som langt overvejende består af messing til drejning og smedning, antages at have et indhold af bly på 2-3%. Hertil kommer skønsmæssigt en eksport af rødgods på 1.000-2.000 tons, som i statistikken er ført sammen med andre kobberlegeringer, som samlet er registreret med en nettoeksport på 8.000 tons. Rødgods antages at have et blyindhold på 3-7%.

Herudover foregik der en eksport af bly med slagge og aske fra støbeprocesser og med filterstøv fra Stålvalseværket til genvinding i udlandet, som vil blive omtalt i det følgende. I de seneste år er der desuden sket en markant stigning i mængderne af glas fra billedrør, som eksporteres med henblik på genvinding til produktion af nye billedrør.

En samlet opgørelse af typer og mængder af blyholdige produkter, som indsamles med henblik på genvinding her i landet eller i udlandet, fremgår af Tabel 3.2. Omsætningen af enkelte af affaldsprodukterne er nærmere omtalt i det følgende.

Tabel 3.2  
Indsamling af bly og blyholdigt affald til genvinding, 2000.

Type og oprindelse	Mængde Tons Pb/år	Bortskaffelse
Blyaske/slagge fra smelte/støbeprocesser	180-260	Eksporteres
Filterstøv fra Stålvalseværket og jernstøberier	310-410	Eksporteres
Hårdzink og andet affald fra varmforzinkning	23	Eksporteres
Akkumulatorer	10.100-11.100	Eksporteres
Tagplader	200-300	Omsmeltes i DK til nye tagplader
Inddækningsbly	600-1.200	Eksporteres (primært) eller genvindes bl.a. til fiskeredskaber
Kabler m. blykappe	580-690	Størsteparten oparbejdes i DK. Genvundet bly anvendes til fiskeredskaber eller eksporteres
Automatmessing og rødgoods	370-650	Eksporteres
Synk og blyliner fra fiskeredskaber	110-320	Genvindes i DK til fiskeredskaber eller <b>eksporteres</b>
Loddetin (produktionsaffald)	51-62	Eksporteres
Afbalanceringsklodser	68-130	Eksporteres eller genvindes til fiskeredskaber
Ammunition	66-120	Eksporteres eller genvindes i Danmark
Metallisk bly i elektronik	13-40	Eksporteres
"Zinkskrot" fra shreddeanlæg	5-50	Eksporteres
Billedør	90-260	Eksporteres
PVC		Omsmeltes i DK
I alt (afrundet)	12.800-15.600	

#### *Kabelskrot*

Blyholdige kabler bliver indsamlet via skrothandlere. Blyholdige kabler bliver oparbejdet ved to anlæg i Danmark, men der sker også en eksport af kabler. Den ene virksomhed, der oparbejder langt hovedparten, har specialiseret sig i kontrolleret afbrænding af "våde" kabler af olie-papirtypen, hvor kabelkappen ud over bly er gjort vandtæt med tjæreindsmurt papir. Kabler uden olie-papir, såkaldt "tørre" kabler, oparbejdes ved fragmentering på den anden virksomhed.

Der oparbejdes såvel kabler indsamlet i Danmark som importerede kabler. I år 2000 blev der samlet oparbejdet omkring 4000 tons kabler, hvoraf over halv-



delen kom fra Danmark. Ud over kabelopbejdningen foregår der også i mindre målestok en omsmelting af mindre stykker bly, eksempelvis afskrællede blykapper fra "tørre" kabler. Ved oparbejdningen blev der i alt produceret 970-1.200 tons bly. 80-90% af det producerede bly bliver eksporteret.

Den samlede emission til luft fra processerne var i størrelsesordenen 0,1 kg Pb/år. Ved smelteprocesserne dannes en række restprodukter: Ovnaske, filterstøv, slagge, m.m. Restprodukterne har et relativt stort indhold af bly, og det samlede blyindhold i omkring 200 tons restprodukter var ca. 150 tons. Restprodukterne eksporteres og genvindes til produktion af loddetin.

#### *Akkumulatorer*

Akkumulatorer indsamles i Danmark og eksporteres via registrerede indsamlere og skrothandlere. Organisationen "Foreningen til indsamling af blyakkumulatorer i Danmark", ReturBat® står for registrering af indsamlere, udbetaling af tilskud til indsamlerne efter bestemmelserne i Miljøstyrelsens bekendtgørelser og administration af ordningen i øvrigt. Den registrerede indsamling i 2000 var på 15.920 tons, hvilket er lidt mindre end Danmarks Statistiks registrerede nettoeksport af akkumulatorer på ca. 17.800 tons. Det skal dog bemærkes, at den registrerede nettoeksport i 1999 kun var på ca. 15.200 tons, så forskellene kan til en vis grad skyldes lagerforskydninger hos skrothandlerne. Akkumulatorerne eksporteres til genvinding i udlandet.

#### *Tab ved opbevaring og håndtering af skrot*

Tab af bly fra opbevaring af skrot vil kunne ske fra opbevaring og håndtering af både egentligt blyskrot og skrot af sammensatte produkter, hvor bly indgår med en mindre mængde.

Der kunne tidligere være et ganske betydeligt tab af bly til jord fra skrotpladser. I dag vil større skrotpladser typisk være befæstede. Der vil så være en vis fraførsel af bly med regnbetingede afledninger fra de befæstede arealer.

I massestrømsanalysen fra 1996 er angivet ældre analyser af afløbsvand fra to anlæg med gennemsnit på henholdsvis 2,6 og 3,6 mg Pb/l. Målinger fra 1999/2000 af afløbsvand fra fire anlæg til recipient viser gennemsnit på henholdsvis 0,01, 0,09, 0,10, og 0,29 mg Pb/l (baseret på anlæggenes miljøredegørelser). Fra hvert anlæg foreligger der en række målinger. Koncentrationerne er i størrelsesordenen 100 gange større end den gennemsnitlige koncentration i indløbsvand til renseanlæg (afs. 3.5.1). Den laveste værdi repræsenterer udledning til recipient fra et anlæg, hvor der ud over olieudskiller er etableret renseanlæg på skrotpladsen, hvilket ikke er typisk for danske skrotpladser. Koncentrationen i det afledte vand synes således i dag at være markant lavere end tidligere målt, hvilket især kan skyldes forbedret håndtering af akkumulatorer på skrotpladserne. Det skal på det foreliggende grundlag groft skønnes, at det udledte vand i gennemsnit indeholder 0,1-0,3 mg Pb/l.

Det fremgår ikke af målingerne, hvorvidt der på arealerne, hvor målingerne er foretaget, specifikt har været opbevaring af blyholdigt skrot, men målingerne repræsenterer den samlede udledning fra skrotpladserne.

Der foreligger ingen oplysninger om, hvor store mængder vand der afledes i alt. En størrelsesorden på afledningen kan fås ved at tage udgangspunkt i data for én af de største skrotpladser, som udleder ca. 13 mio. liter spildevand/år. Det skal på den baggrund groft antages, at den samlede udledning er på 250-640 mio. liter. Med et blyindhold på 0,1-0,3 mg Pb/l fås en samlet udledning på 0,03-0,19 tons Pb/år. Da skrotpladserne overvejende ligger ved vandet,

bliver afløbsvandet i flere tilfælde ledt direkte til marinerecipienter og vil være omfattet af de samlede udledninger fra industrielle kilder omtalt i afs. 3.5.1.

En væsentlig del af det bly, som korroderer eller ryster af det blyholdige skrot, må forventes enten at ende på jorden på ubefæstede arealer eller blive fejlet op. Opfej vil blive bortskaffet til deponi sammen med rystejord, og bly i opfej indgår således i de opgjorte mængder for rystejord i det følgende.

I den første danske massestrømsanalyse for bly fra 1985 (Hansen & Busch 1989) blev tabet af bly til jord fra skrotpladser estimeret til 400-3.600 tons/år. Den primære kilde var akkumulatorer. Det var på daværende tidspunkt almindelig praksis at knuse akkumulatorerne for at få det rene bly. Tabet til jord og spildevand i 1994 blev skønnet til 8-30 tons, heraf 5-20 tons fra akkumulatorer (Lassen & Hansen 1996). På dette tidspunkt var praksis omkring akkumulatorerne ændret.

Målingerne af bly i afledningsvand indikerer, at der i dag kun tabes meget begrænsede mængder af vandopløseligt bly. Det skal her groft antages, at det samlede tab til jord fra håndtering af skrot bortset fra akkumulatorer vil være i størrelsesordenen 1-10 tons Pb/år.

For at forhindre tab af bly med udsivende syre og blyslam bliver akkumulatorer i dag eksporteret med syre i syrefaste containere. Ved en undersøgelse af skrotakkumulatorer på en oplagsplads i 1995 (refereret i Miljøstyrelsen og Returbat 1995) kunne det konstateres, at 2-3% af akkumulatorerne på grund af brud ikke længere indeholdt elektrolyt, som derfor må antages at være tabt til jord. Med en samlet bortskaffelse på 16.000 tons akkumulatorer, hvoraf ca. 30% er elektrolyt, vil der være tale om, at der tabes i størrelsesordenen 50-100 tons elektrolyt (vægten af elektrolytten vil være afhængig af, hvorvidt akkumulatoren er opladet, så der er her tale om et groft estimat). Upublicerede målinger indikerer, at der i elektrolytten vil være i størrelsesordenen 1-2% bly. Bly vil forekomme i bundslam i elektrolytten i ældre akkumulatorer, men slammet er normalt så fast, at det ikke vil blive opslemmet og tabt sammen med elektrolytten. Ved kraftige brud må det påregnes, at såvel dele af bundslammet som dele af akkumulatorpladerne kan blive tabt. På den baggrund skal det forsigtigt antages, at der ved brud på akkumulatorer tabes i størrelsesordenen 5-20 tons bly. Det er ikke undersøgt, om antallet af brudte akkumulatorer som konsekvens af bedre opbevaring er mindre i dag.

Det må formodes, at en del af tabet er sket i forbindelse med bilulykker, opbevaring hos bilmekanikere og private, på genbrugsstationer osv. Da akkumulatorerne hos skrothandlerne hovedsageligt opbevares i lukkede containere, vil det være begrænset, hvor meget der tabes her. Det skal her anslås, at der i forbindelse med håndtering af gamle akkumulatorer vil ske et tab til jord i størrelsesordenen 5-20 tons bly, men at denne mængde vil skulle fordeles mellem mange led i kæden.

### 3.2 omsætning af bly med andet skrot

Ud over den direkte indsamling og genvinding af bly fra skrot, vil bly findes i en række skrotfraktioner, hvor det forekommer i en form, hvor direkte genvinding ikke er umiddelbart rentabel under de nuværende forhold.

#### *Affald fra håndtering af skrot*

Køretøjer, der indsamles og fragmenteres med henblik på genvinding, vil in-

deholde bly i mange former. I Tabel 3.3 er opgjort alle identificerede anvendelser af bly i biler. Anvendelserne er nærmere omtalt i de respektive afsnit i kapitel 2.

Herudover kan bly forekomme i andre produkter, som fragmenteres i form af:

- Bly i zinkbelægning på varmgalvaniserede dele
- Blymønje og maling indeholdende blychromater på gamle jern- og stålkonstruktioner
- Bly på gear- og bremsekabler til cykler
- Bly-tin lodninger i elektriske og elektroniske dele af andre produkter

Der er i dag krav om, at akkumulatører og afbalanceringsklodser fjernes fra bilerne inden fragmentering, men de vil formentlig i sjældne tilfælde ikke være fjernet. En mindre del af blyet i disse produkter vil ende i blandede metalfraktioner, der eksporteres til oparbejdning i udlandet.

I henhold til et EU-direktiv er det forbudt fra 1. juli 2003 at sælge nye biler, der indeholder visse tungmetaller, herunder bly. En række komponenter oplyst i Annex II til direktivet (Europaparlamentet 2000) er dog undtaget fra forbudet. For blys vedkommende drejer det sig om bly i visse legeringer (f.eks. stål, kobber og aluminiumlegeringer) samt bly i visse produkter (f.eks. blycoating af benzintanke, vulkaniseringsmiddel i gummi samt stabilisatorer i maling).

#### *Shredder anlæg*

Mængderne af shredderaffald har indtil dato ikke været registreret i Miljøstyrelsens database for affald og genanvendelse (ISAG). Den årligt producerede mængde shredderaffald udgjorde i 1997 95.000 tons (Affald 21), og der skal her regnes med en tilsvarende mængde i 2000. Af de 95.000 tons i 1997 blev 5.000 tons bortskaffet til forbrænding i forbindelse med forsøg, mens resten blev deponeret. Der vil her regnes med, at alt blev deponeret i 2000.

Affaldet består af jord iblandet plast, træ, gummi, lette metaldele etc. Der er hovedsageligt tale om cyklonaaffald (affald fra vindsigter), mens slam fra vådskrubbere kun udgør få tons årligt.

I forbindelse med en række forsøg med efterbehandling af cyklonaaffaldet med henblik på at kunne bortskaffe en større del til forbrænding blev der udtaget en række prøver af affaldet. Seks prøver af usigtet cyklonaaffald fra tre forskellige anlæg varierede fra 950 til 5.300 mg Pb/kg med et gennemsnit på 3.700 mg Pb/kg (Uniscrap & Hansen 1997). I undersøgelsen indgår der undersøgelse af forskellige fraktioner efter sigtning med henholdsvis 5 og 12 mm sold. Der er en tendens til lavere blyindhold i de større fraktioner med et gennemsnit på 2.100 mg Pb/kg for fraktioner over 12 mm.

Ifølge oplysninger fra en førende aktør ligger blyindholdet i affaldet typisk højere, på 5.000-6.000 mg Pb/kg. Der er ikke set nogen tendens til faldende koncentrationer de seneste år. På det foreliggende grundlag vurderes det, at det gennemsnitlige blyindhold i affaldet vil være på 4.000-7.000 mg Pb/kg, resulterende i et samlet indhold i affaldet på 380-670 tons bly.

Tabel 3.3

Bly i biler (primært baseret på Sander et al. 2000; Lohse et al. 2001 samt dispensationsansøgninger til Miljøstyrelsen).

Komponent/anvendelse	Mængder pr. bil
<b>Metallisk bly</b>	
Batteri	8.000-10.000 g/bil
Bly-tin lodninger i elektriske og elektroniske dele	<50 g/bil
Hvidtmetal i lejer	?
Blycoating af benzintanke	30-60 g/benzintank. Flere bilproducenter bruger ikke blycoating af benzintanken. Alternativt bruges plast eller tin-zinklegering
Blyplomber til hastighedsbegrænsere, indsprøjtningpumper og værktøjsposer	Forventes at være marginalt
Bly som legeringselement i bl.a. aluminium-, kobber- og stållegeringer	200-1.250 g/bil
Vibrationsdæmpere på biler	Vægte af typisk 100-300 g/stk., anvendes i visse typer biler. I moderne biler med lav vægt er set vægte med højere mængder; op til 4.700 g/bil er ikke urealistisk. Det er ikke undersøgt, hvorvidt vibrationsdæmpere anvendes i alle biler
Afbalanceringsklodser	200-250 g/bil
<b>Kemiske forbindelser</b>	
Farvepigmenter i lak på f.eks. køretøjer	<10-50 g/bil
Bly i glas i elpærer	12-20 g/bil
Porcelæn på tændrør	0,6-1,8 g/bil
Pyrotekniske initiatorer til airbags og sikkerhedsselestrammere	0,050-0,310 g/bil i form af blystypnat
Piezoelektriske komponenter	4-120 g/bil. Forbruget er stigende.
Stabilisator og vulkaniseringsmiddel i gummiprodukter, herunder o-ringe, gummilim, slanger til servostyring, olieøling og brændstof	Blyholdige elastomerer til biler indeholder omkring 5% bly. Samlet anslås til 6-125 g bly/bil
Stabilisator i PVC (f.eks. kabler, paneler, møbelpolstring, dørhåndtag)	0,5-3% bly i PVC Mængde pr bil: ?
Koblingsbelægnings	Bly (blyoxid og blyulfid) udgør omkring 3,5% af visse koblingsbelægnings. Mængder: ?
Bremsebelægnings (skive- og tromlebremser samt bagbeklædning)	20-50 g/bil
Sort glaskeramik på vinduesglas	Omkring 40% blyoxid i glas materialet. 10-20 g/bil blyoxid svarende til 8-16 g pb/bil
Kulstofbørster i elektriske motorer	Ca. 10 g/bil
Stabilisatorer til beskyttelsesmalning	?

? Komponenter, hvortil der er konstateret en anvendelse, men ikke har været muligt at fastsætte en mængde, er markeret med "?".

### Sakseanlæg

Emner med sværere godstykkelse bliver fragmenteret med hydrauliske sakse. Der foreligger ikke nyere data vedrørende de dannede mængder rystesoldaffald og blyindholdet i dette. Det skal derfor i lighed med den tidligere massestrømsanalyse fra 1996 groft vurderes, at der dannes 2.000-5.000 tons rystesoldaffald. De tilgængelige målinger fra tre anlæg varierer fra 1.669 mg

Pb/kg til 8.200 mg Pb/kg. I de grønne regnskaber for Uniscraps anlæg anvendes 1.669 mg/Pb/kg som en typisk værdi (Uniscrap 2001). Det skal på den baggrund groft anslås, at dette affald totalt indeholder 3-30 tons Pb/år.

Bly vil ved oparbejdningen ud over at ende i affaldsfraktioner dels følge jern- og stålskrot, dels ende i en fraktion med tunge metaller (hovedsageligt zink og kobber), som eksporteres til videre oparbejdning i udlandet. Hvor meget bly, der ender i denne fraktion, vides ikke, men det vil bl.a. kunne dreje sig om bildele af legeringer indeholdende bly samt bly i vibrationsdæmpere, balanceklodser og akkumulatorer. Mængden skal groft skønnes til 5-50 tons Pb/år.

#### *Jern- og stålskrot*

Bly anvendt som overfladebelægning på jern og stål vil typisk følge med skrottet til omsmelting. Jern- og stålskrot omsmeltes i Danmark på Det Danske Stålvalseværk og en række jernstøberier.

Det Danske Stålvalseværk blev i 2000 tilført 920.000 tons skrot. Heraf blev der produceret 700.000 tons stålprodukter. På grundlag af tilsendt materiale opstilles der i Tabel 3.4 en massebalance for bly på Stålvalseværket. Sammenlignet med 1994-situationen (Lassen & Hansen 1996) er den samlede omsætning af bly med stål på Stålvalseværket stort set uændret, men emissionen til luft er formindsket til 25% af emissionen i 1994, som var på ca. 2 tons.

Tabel 3.4  
Massebalance for bly på Det Danske Stålvalseværk 2000.

Tilførsel	Tons Pb/år	Fraførsel	Tons Pb/år
med råvarer	380	Med stål	14
ind fra lager	0,55	Med slagge og andre restprodukter	40
		Med andre restprodukter til genbrug	310
		Med andre restprodukter	12
		Emission til luft	0,51
I alt (afrundet)	380	I alt (afrundet)	380

På de øvrige danske jernstøberier blev der i 2000 anvendt 30.000-40.000 tons jernskrot. Under antagelse af at dette skrot ikke adskiller sig væsentligt fra det, som Stålvalseværket anvender, hvad angår indholdet af bly, vil skrottet indeholde 12-17 tons bly. Fraførselsmængderne, som altså også vil være 12-17 tons bly, antages groft at fordele sig, som det er tilfældet for Stålvalseværket (jf.).

### 3.3 Omsætning i øvrigt med fast affald

Den samlede affaldsproduktion i Danmark i 2000 var 13 mio. tons (Tabel 3.5). Affaldsmængden har været stigende med en samlet stigning på 17% i perioden 1994 - 2000.

Tabel 3.5  
Affaldsproduktion i Danmark i 2000, opgjort på kilde og behandlingsform (Miljøstyrelsen 2001a).

Affaldstype	Genanvendelse		Forbrænding		Deponering		Særlig behandling		I alt 1000 tons
	1000 tons	%	1000 tons	%	1000 tons	%	1000 tons	%	
Dagrenovation	259	15	1.394	80	88	5	0	0	1.741
Behandlingsrest	2.262	79	248	9	371	13	0	0	2.881
Storskrald	113	16	351	48	264	36	2	0	730
Haveaffald	634	97	10	1	12	2	0	0	656
Erhvervsaffald inkl. roejord	5.146	75	977	14	743	11	1	0	6.867
Miljøfarligt affald	44	30	81	55	9	6	12	8	146
Sygehusaffald	0	0	4	61	0	0	2	38	6
Ikke oplyst	2	67	0	3	1	34	0	1	4
I alt	8.461	65	3.064	24	1.489	11	17	0	13.031

#### *Kilder til bly i affald*

Der foreligger ingen nyere undersøgelser af indholdet af bly i dagrenovation og storskrald. Kilder til bly i affald er derfor estimeret på grundlag af kendskabet til omsætningen af bly med forskellige produkter jf. kapitel 3.

I tabel 2.6 er kilder til bly i affald der bortskaffes direkte til affaldsforbrænding eller deponi opregnet. Tabellen omfatter ikke restprodukter fra affaldsbehandling omtalt andetsteds i dette kapitel: shredderaffald, affald fra genvinding af jern og stål, samt affald fra kabelopbejdning og spildevandsrensning.

I forhold til de tidligere massestrømsanalyse fra 1994 er den mest markante forskel, at billedrør vurderes at udgøre en langt mindre mængde, hvilket hænger sammen med den udbredte indsamling af billedrør til genvinding.

Tabel 3.6  
Kilder til bly i affald.

Kilde	Tilførsel Tons Pb/år	% af total	Til forbrænding Tons Pb/år	Til deponi Tons Pb/år
Lyskilder	12-18	1,6	12-18	-
Dekorationsgenstande mm af bly-tin	0,1-1	0,06	0,1-1	-
Billedrør	10-40	2,6	5-20	5-20
Anden elektronik (lodninger)	15-30	2,4	15-30	-
Kabelkapper	2-20	1,2	2-20	-
Inddækningsbly	10-100	6	10-100	-
Akkumulatorer	<10	0,5	<10	-
Fiskeredskaber	210-420	33	42-86	170-340
Restprodukter fra hjemmestøbning	0,2-2,1	0,1	0,2-2,1	-
Ammunition	5-11	0,8	5-11	-
Legetøj og blyfolie fra dekorationer	0,6-7	0,4	0,6-7	-
Gardiner og forhæng	3-5	0,4	3-5	-
Kobberlegeringer	3-17	1	3-15	0,2-2
Blyfolie til røntgenfilm	0,5-5	0,3	0,5-5	-
Andre varer med metallisk bly	2-10	0,6	2-10	-
Blykrystalglas og andet glas	97-270	19	97-270	-
Keramiske produkter	40-150	10	20-75	20-75
Pigment i maling og plast	56-170	12	56-170	-
Stabilisatorer i PVC	26-86	6	18-60	8-26
Rør og rørfittings	1-5	0,3	1-5	-
Affald fra cementfremstilling og følgestof i beton	12-18	1,6	-	12-18
Følgestof i andre varer	0,5-5	0,3	0,5-5	-
Støbning o.a. bearbejdning af legeringer	0,2-2	0,1	-	0,2-2
Støbning af bly	-	0	-	-
I alt (afrundet)	510-1.400	100	290-930	220-480

### 3.3.1 Affaldsforbrænding

Forbrændingsanlæggene tilførtes i 2000 jf. Tabel 3.5 godt 3,1 mio. tons affald, heraf 1,4 mio. tons fra dagrenovation (80% af dagrenovationen) og 0,4 mio. tons fra storskrald (48% af storskrald).

Der foreligger ingen undersøgelser af blyindhold i dagrenovation eller storskrald, men den samlede mængde, der bortskaffes ved forbrænding, kan estimeres ud fra et kendskab til blyindholdet i restprodukterne fra forbrændingsprocessen.

Som faste restprodukter fra affaldsforbrænding skelnes 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.

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

### *Bly i slagge*

Der er i forbindelse med dette projekt indhentet måledata fra 8 forbrændingsanlæg, som forbrænder mere end halvdelen af den samlede mængde affald der forbrændes i Danmark. Det gennemsnitlige indhold af bly i slagge fra de enkelte anlæg varierer mellem 710 og 1.600 mg Pb/kg. Hver værdi repræsenterer et gennemsnit af en række målinger af slagge fra det pågældende anlæg. Der er således betydelig variation i koncentrationen af bly. Vægtet gennemsnit for alle de anlæg, der har kunnet oplyse om bly i slagge - som dækker omkring halvdelen af affaldsforbrændingen i Danmark - er 1.050 mg Pb/kg. Til sammenligning blev det gennemsnitlige indhold af bly i slagge i 1994 angivet til 960 mg Pb/kg (Lassen & Hansen 1996). Under hensyntagen til variationen på målingerne og antallet af målinger skal gennemsnittet i 2000 vurderes at ligge inden for intervallet 860-1.300 mg Pb/kg.

Vandindholdet i slaggen er fra de enkelte anlæg angivet til mellem 13% og 28% med et vægtet gennemsnit på 19%.



### *Bly i røggasrensningssprodukter*

Da kun en meget lille del af blyet emitteres til luft, er der ingen grund til at antage, at mængder, der tilbageholdes i anlægget, vil afhænge af den anvendte røggasrensningsteknologi. Hvorledes bly fordeler sig mellem slagge og røggasrensningssprodukter må derimod formodes at afhænge af den anvendte forbrændingsteknologi. De variationer, der ses i blyindholdet i slagge og røggasrensningssprodukter, kan være en konsekvens af, at blyet fordeler sig forskelligt i forskellige anlæg, men dette forhold er ikke undersøgt nærmere.

Der blev i år 2000 fraført 68.000 tons røggasrensningssprodukter 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.

Der er indhentet oplysninger om tungmetalindhold i restprodukterne fra de to firmaer, som står for eksport af restprodukterne, samt direkte fra forbrændingsanlæggene. Det er konstateret, at der er meget store forskelle i de koncentrationer, der angives af anlæggene, og de målinger, som er foretaget af modtagerne af restprodukterne fra samme anlæg. Den gennemsnitlige koncentration i restprodukterne estimeres at ligge inden for intervallet 3.000-5.000 mg Pb/kg. Baggrunden for estimatet fremgår af noterne til Tabel 3.7.

Vandindholdet i røggasrensningssprodukterne vil afhænge af den aktuelle håndtering af restprodukterne, og om hvorvidt restprodukterne har mulighed for at opsuge vand, inden de fraføres. Eksempelvis oplyses, at røggasrensningssprodukter, som eksporteres til Norge i "big bags", indeholder mellem 1 og 25% vand med et gennemsnit på 9%, mens produkter, der eksporteres i bulk, tvangsbeholdes og i gennemsnit indeholder 23% vand. Restprodukter fra tør og semitør proces eksporteret til Tyskland er opgivet at indeholde <1% vand. Vægtet gennemsnit for 55.000 tons restprodukter repræsenterende alle typer restprodukter kan beregnes til 15%. Som gennemsnit skal der her regnes med, at restprodukterne indeholder 13-17% vand.

Samlet anslås det, baseret på den eksisterende viden om indholdet af bly i restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg, at restprodukterne fra forbrændingsanlæg i år 2000 indeholdt 630-980 tons bly.

Det samlede indhold i restprodukterne produceret i 1992 er tidligere blevet estimeret til 828 tons uden angivelse af usikkerhed (Lassen og Hansen 1996).

Det er endnu uklart, i hvilken grad de forskelle, der ses i de målte koncentrationer, skyldes forskellige ekstraktionsmetoder i tilknytning til analyserne. Oplukningsmetoden er ofte ikke angivet. Der synes ved analyserne primært at benyttes oplukning med  $\text{HNO}_3$ , men totaloplukning med kongevand og flussyre anvendes også. Oplukning med  $\text{HNO}_3$  giver et mål for det umiddelbare potentiale for udvaskning af tungmetaller, men er ikke i stand til at oplukke bly bundet i f.eks. glas og glasurer. I Ludvigsen & Hjelmar (1992) er der foretaget en sammenligning mellem resultater opnået med oplukning med  $\text{HNO}_3$  og totaloplukning med kongevand og flussyre. I gennemsnit gav totaloplukning værdier, som var 1,6 gange højere end opnået med  $\text{HNO}_3$ -oplukning. Der har ikke kunnet findes sammenligninger af målinger på de øvrige restprodukter. Det må dog forventes, at bly er mindre fast bundet i røggasrensningssprodukterne, således at en større del af den tilstedeværende bly vil kunne oplukkes med  $\text{HNO}_3$ .

Tabel 3.7  
bly fraført med restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg i Danmark i 2000.

Restprodukt	Mængder i 2000 tons	Vandindhold %	Gennemsnits- koncentration mg Pb/kg TS	Samlet indhold tons Pb/år
Slagger	494.055	17-21	860-1.300 1)	425-642
Røggasrensings- produkter	68.018	13-17	3.000-5.000 2)	204-340
I alt (afrundet)	560.000			630-980

Noter:

- 1) Baseret på oplysninger fra VEGA, Horsens Kraftvarmeværk, Vejen Kraftvarme, Amagerforbrænding, Reno-Nord, Affaldscenter Århus, KARA og Vestforbrænding.
- 2) Der er indhentet oplysninger om indhold af bly i restprodukter fra forskellige kilder, dels direkte fra anlæggene, dels fra virksomheder der eksporterer restprodukterne. Vægtede gennemsnit for restprodukter fra de tre kilder er:

Dansk Restprodukt Håndtering: Gennemsnitlig 3.900 mg Pb/kg i 28.000 tons.

Special Waste Systems: Gennemsnitlig 3.200 mg Pb/kg i 56.000 tons.

Direkte oplysninger fra anlæggene: Gennemsnitlig 4.100 mg Pb/kg i 44.000 tons.

Der er en vis uklarhed om de anvendte analysemetoder og deres indflydelse på de målte koncentrationer.

På grund af det uens datamateriale har det ikke været muligt at estimere konfidensintervaller med standard statistiske metoder. Usikkerheden på den angivne middelkoncentration er derfor skønnet.

#### *Emission af bly med røggas*

Der er til dette projekt indsamlet data fra 10 anlæg med henholdsvis tør, semitør og våd røggasrensning. Hver type har været repræsenteret med 3-4 anlæg. Anlæggene har typisk foretaget en til to målinger i 2000 og er ved databehandlingen repræsenteret med en gennemsnitsværdi. Der er inden for alle anlægstyper målt meget varierende koncentrationer af bly i røggassen, og totalt set er der så stor variation, at der ikke er grundlag for at vurdere, om der er forskelle i emissionen afhængigt af anlægstype. Laveste og højeste gennemsnitsværdi for alle anlæggene var henholdsvis 0,024 til 0,39 mg Pb/Nm<sup>3</sup>. Den beregnede røggasemission pr. ton indfyret affald varierede tilsvarende fra 0,1 til 2,3 g Pb/tons affald.

På baggrund af det samlede datasæt fra anlæg med henholdsvis tør, semitør og våd røggasrensning anslås det gennemsnitlige blyindhold i røggas fra forbrændingsanlæg at være 0,06-0,19 mg Pb/Nm<sup>3</sup> (90% konfidensinterval).

Under forudsætning af at der udvikles en røggasmængde på 6.496Nm<sup>3</sup> pr. ton affald, kan den samlede røggasmængde i 2000 beregnes til 18.900 mio. Nm<sup>3</sup>/år. På denne baggrund anslås den samlede udledning af bly fra røggas fra danske affaldsforbrændingsanlæg til 1,1-3,6 tons Pb/år. Udledningen i 1989 og 1994 blev anslået at være henholdsvis 25-50 og 2,2-3,6 tons Pb (Hansen 1989; Lassen & Hansen 1996). Mens der sås et markant fald i emissionerne fra 1989 til 1994, ses kun et mindre fald i den samlede emission siden 1994. På det anvendte datagrundlag kan faldet endda ikke siges at være signifikant.

### **3.3.2 Deponeringsaktiviteter**

Der blev i år 2000 samlet deponeret ca. 1,5 mio. tons affald. Der findes ingen samlet opgørelse af indholdet af bly i affald, som deponeres. Det samlede indhold af bly i affald, der deponeres, kan jf. Tabel 3.6 opgøres til 220-480 tons.

Mængderne er eksklusive restprodukter fra energifremstilling eller affaldsbehandling behandlet andetsteds. Hvis restprodukterne medregnes var den samlede mængde, der deponeredes 1.300-2.300 tons bly.

#### *Perkolat fra deponier*

Der er stor variation i indholdet af bly i perkolat fra deponeringsanlæg afhængigt af typen af affald, der er deponeret. Tabel 3.8 giver et overblik over variationen i blyindholdet med de laveste værdier i perkolat fra deponeret byggeaffald og de højeste i perkolat fra røggasrensingsprodukter. Der foreligger ikke nogen oplysninger om de samlede udledninger af perkolat opdelt på affaldstyper.

Tabel 3.8  
Perkolat fra forskellige typer danske deponier (Christensen, 1998).

Perkolat fra deponi	Interval mg Pb/l
Byggeaffald (inert)	0,0002
Slagger	0,0013-0,048
Tørre og semitørre røggasrensingsprodukter	0,04-1.600
Vådprodukt med flyveaske	0,12-1,3
Deponeringsanlæg med gasudvinding	0,001-5

Mængden af bly i perkolat fra deponeringsanlæg (lossepladser) blev i den tidligere massestrømsanalyse for bly skønnet til 0,1-0,5 tons pr. år, idet der blev regnet med 5 mio. m<sup>3</sup> perkolat pr. år med et blyindhold på 0,2-1 mg Pb/l.

For at få et indtryk af størrelsesordenen for afledningerne med perkolat er detaljerede oplysninger om bly i perkolat indhentet fra deponeringsanlægget AV-miljø. Anlægget modtager årligt ca. 65.000 tons affald fra et opland med omkring 1,2 mio. mennesker. Alt perkolat fra anlægget opsamles og ledes til Avedøre renseanlæg.

Der findes på anlægget celler med forskellige typer af affald. Der findes på anlægget i alt 6 deponeringsceller med røggasrensingsprodukter, hvoraf perkolatet fra de tre celler ledes til intern rensning. Spildevandsstrømmen fra disse tre celler er ca. 3.000 m<sup>3</sup>/år (1999), og blyindholdet var i 2001 på gennemsnitligt 0,3 mg Pb/l, svarende til et samlet blyindhold i perkolat på 0,0009 tons Pb/år. Efter intern rensning er blyindholdet reduceret til 0,020 mg/l (2001). De øvrige tre celler med røggasrensingsprodukter har en perkolatmængde på ca. 13.000 m<sup>3</sup>/år (1999) med et blyindhold på 0,015 mg Pb/l, svarende til 0,0002 tons Pb/år. Udledning fra den interne rensning ledes sammen med perkolatet fra de øvrige celler til det kommunale renseanlæg.

De øvrige celler indeholder affaldstyper som for eksempel asbest, skrotaffald, forurenede jord, forurenede sten og brokker, PVC samt trykimprægneret træ. Der findes ikke målinger af blyindholdet i perkolatet herfra, men perkolatmængden udgør ca. 60.000 m<sup>3</sup>/år (1999).

Der findes dog målinger af den samlede perkolatmængde, som ledes til Avedøre renseanlæg, hvilket gør det muligt at beregne mængden af bly fra disse øvrige celler. Det vurderes således, at blyindholdet i perkolat fra de øvrige celler er ca. 0,026 mg Pb/l svarende til, at der fra disse celler udledes ca. 0,0015

tons Pb/år. I alt ledes der via perkolat fra AV-miljøsanlæg ca. 0,002 tons Pb/år til Avedøre renseanlæg.

Den samlede afledning fra danske deponeringsanlæg skal groft anslås på denne baggrund. Hvis der regnes med, at der årligt afledes 1-5 mio. tons perkolat fra deponeringsanlæg, og at koncentrationerne i perkolatet fra AV-miljø er repræsentative, fås en samlet udledning med perkolat på 0,01-0,18 tons Pb/år, som ledes til renseanlæg. En tilsvarende størrelsesorden fås, hvis den samlede mængde anslås ud fra forholdet mellem den samlede affaldsmængde, der deponeres i Danmark, og affaldsmængderne deponeret på AV-miljø.

Udsivningen til omgivende jord fra gamle affaldsdeponer uden kemikalieaffald er i (Miljøstyrelsen 1987) anslået til ca. 1,2 mio. m<sup>3</sup>/år med et gennemsnitsindhold på 0,09 g Pb/m<sup>3</sup>. I (Lassen & Hansen 1996) er bidraget fra denne type deponi opgjort til 0,1-0,2 tons Pb/år, og det skønnes, at bidraget er i samme størrelsesorden i dag.

### 3.3.3 Biologisk affaldsbehandling

Der produceres i år 2000 i alt ca. 0,4 mio. tons kompost, hvoraf ca. 75% bestod af rent have- og parkaffald, 16% af have-parkaffald blandet med organisk affald, og 9% bestod af dagrenovationsaffald, herunder kompost fra 5 biogasanlæg (Petersen 2001). Statistikken er baseret på indberetninger fra 134 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 2001). Ud over komposten blev der fraført ca. 19.000 tons sigterester og ca. 10.000 tons gødningsvæske. Det skal bemærkes, at biologiske affaldsprodukter fra landbruget (naturgødning) ikke indgår her, men er dækket af afsnittet om bly i foderstoffer.

Det gennemsnitlige blyindhold i kompost baseret på dagrenovation er målt til 41 mg/kg TS (4 målinger), mens der i kompost af rent have- og parkaffald og have-parkaffald blandet med organisk affald blev målt gennemsnit på henholdsvis 23 (8 målinger) og 28 mg Pb/kg TS (1 måling).

På baggrund af de foreliggende oplysninger anslås det - under hensyn til usikkerheden på dataene - at omsætningen af bly med kompost var i størrelsesordenen 5,5-8,3 tons Pb/år, hvoraf hovedparten omsattes med komposten fra have- parkaffald.

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 bly formentlig ligge lavere end i komposten, men højere end koncentrationen i ved, som er på ca. 1-2 g Pb/ton TS. Der skal her groft regnes med et gennemsnit på 3-12 mg Pb/kg. Den samlede omsætning med sigteresten skønnes således at være 0,04-0,16 tons Pb/år.

Ved behandling i biogasanlæg fremkommer der omkring 0,2 mio. m<sup>3</sup> gødningsvæske med et tørstofindhold på 3,5-5%. Der har ikke kunnet fremskaffes nogen målinger af bly i gødningsvæsken. Under den antagelse at blyet primært er knyttet til tørstoffet, og at tørstoffet har en koncentration svarende til den, man finder i tørstoffet fra kompost, anslås det samlede indhold af bly i gødningsvæsken at være i størrelsen 0,2-0,6 tons Pb/år. Gødningsvæsken anvendes til jordbrugsformål.

Samlet anslås det, at der omsættes 5,7-9,1 tons Pb/år med restprodukter fra biologisk affaldsbehandling, som tilføres jord.

### 3.4 Omsætning med olie- og kemikalieaffald

Blyholdigt kemikalieaffald vil i hovedsagen blive bortskaffet til Kommunekemi, mens spildolie i vid udstrækning efter forudgående rensning bliver afbrændt i fjernvarmeværker eller genanvendt.

#### *Kommunekemi*

Der foreligger ikke en samlet opgørelse af blyindholdet i forskellige affaldskategorier hos Kommunekemi, men sammensætningen af de restprodukter, som deponeres fra Kommunekemi efter behandling, giver en indikation af blyindholdet i modtagne affaldskategorier (jf.).

Det samlede indhold af bly i aske fra forbrænding og filterkager, der bortskaffes til deponering, kan for år 2000 opgøres til ca. 37 tons Pb (tabel 3.9).

Tabel 3.9  
Blyindhold i affald, som deponeres fra Kommunekemi i 2000 (Naamansen 2002).

	Tons Pb/år
Aske fra forbrænding <sup>1)</sup>	28
Filterkager <sup>2)</sup>	9
I alt	37

- 1) Bly fra slagge og flyveaske stammer fra afbrænding af organisk affald indeholdende bly. Dette kan bl.a. være tungmetaltholdigt malingsaffald fra fremstilling, afrensning og anvendelse af maling, spildolie med rester af bly fra benzinadditiver og bly-tin legeringer.
- 2) 6,9 tons af de 9 tons indgår i filterkager modtaget fra kunder. Det drejer sig om blyholdigt slam opsamlet ved rensning af industrispildevand ved støberier, metalforarbejdende virksomheder, keramisk virksomhed o.l. De øvrige 2,1 tons stammer fra behandlingen på Kommunekemi.

Ud over de angivne mængder, som i høj grad beror på anvendelser af kemiske blyforbindelser, modtog Kommunekemi forskellige produkter indeholdende metallisk bly. I affaldsgruppe Z14.4, som omfatter blybatterier og andet blyholdigt affald til genanvendelse, blev der i 2000 samlet modtaget 10 tons affald. For mere end 80% af affaldet indgår ordene "batteri" eller "akkumulator" i beskrivelsen af affaldet. Den resterende del udgøres dels af batterier, hvor det ikke er nævnt i beskrivelsen, dels af blymætter, blyplomber, blybånd, blyforklæder, m.m. Hovedparten af affaldet i denne affaldskategori blev eksporteret til oparbejdning i udlandet. Der blev således samlet eksporteret 9,4 tons blyholdigt affald fra Kommunekemi.

#### *Udviklingstendenser*

I 1985 blev der fra Kommunekemi deponeret omkring 290 tons bly med restprodukter, heraf 210 tons med filterkager. Indholdet i filterkager var i 1993 reduceret til kun 10 tons, og i 2000 er der sket en yderligere reduktion til 9 tons. For det organiske affald, der resulterer i slagge er der set et fald fra 86 tons i 1985 til 28 tons i 2000. Kilder til bly i det organiske affald kan være spildolie samt fremstilling, afrensning og anvendelse af maling. På malingsområdet er det vanskeligt at sammenligne mængden, der bortskaffedes i 2000 med det aktuelle forbrug. De blyholdige pigmenter bruges især til industrielle formål, hvor der anvendes sprøjtemaling, og hvor det må forventes at en me-

get stor del af forbruget vil ende i kemikalieaffald. Slibestøv, f.eks. fra afslibning af køretøjer, vil typisk afspejle forbruget for 10-15 år siden, hvor blyholdige pigmenter i vid udstrækning blev brugt til køretøjer.

#### *Emissioner fra Kommunekemi*

Emissioner til luft og vand fra Kommunekemis behandling af olie- og kemikalieaffald opgøres til:

- Ca. 56 kg Pb/år med røggas til luften
- Ca. 2 kg Pb/år med spildevand
- 5 kg Pb/år med regnvand/kølevand.

#### *Spildolie*

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 ca. 12.500 bortskaffet til forbrænding, mens 6.912 tons gik til genvinding.

Herudover indsamledes der omkring 14.000 tons andre olieholdige produkter, herunder "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 aktører anslås spildolien at have et gennemsnitligt blyindhold på 40-70 mg Pb/kg, og det samlede indhold af bly i spildolien kan anslås til 0,9-2,1 tons.

I 1999 var der en registreret tilførsel af spildolie til fjernvarmeværker på 14.528 tons (Miljøstyrelsen 2001a). Mængden, der blev afbrændt i 2000, fremgår ikke af statistikken, men antages at være af samme størrelse. Af de registrerede 14.500 tons stammer de 12.500 tons som nævnt ovenfor fra de genanvendelsesegnede spildolier, og resten fra oprensning af andre oliefraktioner. På baggrund af oplysninger fra aktører skønnes det, at omkring 12.000-13.000 af de 14.500 tons gennemgik en forudgående raffinering inden afbrænding, mens 2.000-3.000 tons blev afbrændt uden forudgående oprensning. Blyindholdet i den destillerede olie er målt til mellem 0,2 og 0,5 mg Pb/kg, mens den uraffinerede olie anslås at indeholde bly i samme mængde som det ovenfor nævnte gennemsnit i spildolie. Fra anlæg, der afbrænder raffineret spildolie med et samlet indhold af bly på 0,001-0,0035 tons Pb/år, skal der i mangel af konkrete målinger groft regnes med, at halvdelen af oliens samlede indhold af bly emitteres til luft.

Uraffineret olie og flokkulerede partikler, der fremkommer i forbindelse med afvanding af spildolier, afbrændes på enkelte fjernvarmeværker. Det anslås, at der samlet afbrændes omkring 2000-3000 tons uraffineret spildolie med et samlet blyindhold på 0,06-0,18 tons Pb/år. Fra et enkelt anlæg udstyret med posefilter er der målt røggasemissioner på gennemsnitligt 0,34 mg Pb/Nm<sup>3</sup> (3 målinger). Anlægget fyrer også med halm, og fyringsforholdet er 60% halm og 40% spildolie. Under antagelse af at der dannes 10.000 Nm<sup>3</sup>/ton spildolie anslås det, at emissionen fra afbrænding af uraffineret spildolie vil være 0,004-0,015 tons Pb/år. Resten af oliens indhold af bly må forventes at blive bortskaffet med slagge og røggasrensingsprodukter til deponi.

Samlet anslås der således at blive emitteret 0,005-0,019 tons bly til luft fra afbrænding af spildolier på fjernvarmeværker.

Behandlingsresten fra oprensningen af spildolie, som indeholder 100-200 mg Pb/kg, samt affald indeholdende fuelolie og afvandede skære/kølemidler anvendes til cementfremstilling og indgår således i massebalancen for cement i afsnit 1.3.

Anslået 4.000 tons spildolie bortskaffes til Kommunekemi og indgår i balancen for Kommunekemi.

Ved genvinding raffineres olien til ny baseolie. Denne proces foregår ikke her i landet, men spildolien eksporteres til Tyskland, hvor der sker en raffinering og genvinding af olien som baseolie. Det antages derfor, at den registrerede genvinding af genanvendelsesegnet spildolie på 6.900 tons eksporteres. Under den antagelse at eksporteret spildolie også indeholder 40-70 mg Pb/kg, eksporteres der samlet 0,2-0,4 tons Pb/år med spildolie.

### 3.5 Omsætning med spildevand og spildevandsslam

#### 3.5.1 Spildevand

Bly 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 renseanlæg i Danmark udgjorde ca. 768 mio. m<sup>3</sup>/år for år 2000, mens regnvandsbetingede udløb afledt uden om renseanlæg androg ca. 200 mio. m<sup>3</sup>/år (Miljøstyrelsen 2001b).

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 2000" (Miljøstyrelsen 2001b).

#### *Renseanlæg*

Målinger af miljøfremmede stoffer og tungmetaller foregår på udvalgte renseanlæg, som Miljøstyrelsen finder tilnærmelsesvist repræsentative for håndteringen og sammensætningen af spildevand i Danmark (Miljøstyrelsen 2001b).

Der er aktuelt data for 35 anlæg for perioden fra 1998 til 2000. 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 er lidt mindre end landsgennemsnittet. I alt 31 anlæg ud af de 35 anlæg, hvor der er målt miljøfremmede stoffer og tungmetaller, er dimensioneret til kvælstof- og fosforfjernelse og renser generelt spildevandet bedre end de stillede krav. Fire ud af de 35 anlæg er mindre anlæg med mekanisk og mekanisk-biologisk rensning. Miljøstyrelsen finder disse anlæg tilnærmelsesvis repræsentative for håndteringen og sammensætningen af spildevand i Danmark (Miljøstyrelsen 2001b).

De målte middelværdier samt 5% og 95% fraktiler for indløb og udløb er vist i Tabel 3.10. Det ses, at der er en betydelig variation i de målte værdier.

Tabel 3.10  
Middelværdier og fraktiler for tungmetaller i indløb og udløb, 1998-2000.

Indløb ( $\mu\text{g Pb/l}$ )			Udløb ( $\mu\text{g Pb/l}$ )		
Middel	5% fraktil	95% fraktil	Middel	5% fraktil	95% fraktil
18	4,5	55	2,3	0,3	6,3

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.

I rapporten beregnes den samlede udledning ved at sammenholde disse data med data fra målerunden i 1998 samt med data fra "Vandmiljø-94", og på denne baggrund er de samlede udledte mængder estimeret. Den samlede udledning bliver på denne baggrund estimeret til 1,8 tons Pb/år.

Hvis man i stedet vælger at gange den gennemsnitlige udløbskoncentration på 2,3  $\mu\text{g Pb/l}$  med de 768 mio.  $\text{m}^3$  spildevand, der tilledes renseanlæggene, fås ligeledes 1,8 tons Pb/år. Beregnet på lignende måde på grundlag af den gennemsnitlige indløbskoncentration på 18  $\mu\text{g Pb/l}$  fås, at renseanlæggene totalt skulle tilføres ca. 14 tons bly. Hvis ca. 2 tons af disse udledes til recipienter, skulle omkring 12 tons ende i slammet. Denne mængde er i overensstemmelse med den beregnede mængde i spildevandsslam fra kommunale renseanlæg, som omtales senere i dette afsnit. På grundlag af et meget stort antal analyser i slam estimeres det, at slammet totalt set indeholder ca. 12,7 tons Pb. På grund af det store antal prøver af slam må den samlede mængde bly i slammet antages at være bestemt med ret stor sikkerhed. I gennemsnit bliver 83% af spildevandets indhold af bly tilbageholdt i slammet.

Usikkerheden på de samlede udledninger fra renseanlæggene er ikke estimeret i "Punktkilder 2000", men de samlede udledninger skal her skønnes at være inden for intervallet 1-2,5 tons Pb/år.

#### *Regnbetingede udløb*

De regnbetingede udløb kan opdeles i separate udledninger af overfladevand og overløb fra fælleskloakerede områder, 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 og stofindhold af et regnbetinget udløb kræver avanceret måleudstyr, og da udløbene kun sker ved kraftig nedbør, kan det være vanskeligt at planlægge måleprogrammer. De 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 2000 164 mio.  $\text{m}^3$  vand som separate regnvandsafløb og 38 mio.  $\text{m}^3$  via overløbsbygværker.

Der er i "Punktkilder 2000" ikke angivet måleværdier for bly i regnbetingede afløb, og der findes generelt meget få målinger af blyindholdet i disse udledninger.



I "Vandmiljø 94", der havde særligt fokus på tungmetaller, blev det på grundlag af relativt få målinger antaget, at regnbetingede afløb fra separatkloakerede områder i 1994 indeholdt 15-30 mg Pb/m<sup>3</sup>. De væsentligste kilder til bly i regnvandet var atmosfærisk deposition, korrosion af blyinddækninger og støv fra bremsebelægninger. Den atmosfæriske deposition af bly er i perioden fra 1989 til 1999 faldet med en faktor 3 (Hovmand & Kemp 2000), mens de andre kilder ikke kan forventes at være faldet væsentligt. Det skal på den baggrund groft antages, at regnbetinget afstrømning fra separatkloakerede områder i gennemsnit indeholdt 8-18 µg Pb/l, således at den samlede udledning i 2000 beløb sig til 0,3-0,7 tons Pb.

Ved overløb fra bygværker vil der ske en opblanding mellem spildevand og regnvand. I Vandmiljø 94 er der regnet med et blandingsforhold på 1 del spildevand til 5 dele afstrømningsvand. På det grundlag skal udledninger via overløbsbygværker i 2000 anslås til 0,3-0,7 tons bly.

Det skal dog bemærkes, at en del bly evt. vil blive tilbageholdt i bassiner og fjernet i forbindelse med rensning af bassinerne. Der ses en tydelig tendens til, at flere arealer udleder via 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*

Der er i (Miljøstyrelsen. 2001b) indsamlet oplysninger om 82 virksomheder, der udleder spildevand med indhold af tungmetaller og miljøfarlige stoffer. Den samlede spildevandsmængde er opgjort til 74 mio. m<sup>3</sup>/år, og der er målt en stor variation i indholdet af bly. Middelkoncentrationen af 137 målinger er angivet til 17 mg Pb/m<sup>3</sup> med et maksimum på 100 mg Pb/m<sup>3</sup>. Det er ikke angivet, hvor repræsentative målingerne er for de samlede udledninger, men målingerne må repræsentere relativt få udledere med høje koncentrationer. Den samlede udledning er angivet til 0,049 tons Pb som bedste bud med 0,095 tons Pb som maksimumværdi. Det svarer til en gennemsnits-koncentration på 0,7 mg Pb/m<sup>3</sup>, hvilket er lidt mindre end koncentrationen i udledninger fra kommunale renselanlæg.

#### *Spredt bebyggelse*

Ejendomme beliggende i spredt bebyggelse, landsbyer eller sommerhusområder er ofte ikke tilsluttet fælleskloakering, men kan have en spildevandsrensning med for eksempel septiktank med udledning til jord eller markdræn. Spildevandsafledningen for samtlige kommuner anvendes i (Miljøstyrelsen. 2001b) til at estimere vandforbruget og den samlede udledning af bly. Den potentielle belastning beregnes til 1,4 tons Pb/år, som efter mekanisk rensning og tilbageholdelse af bly i markdræn reduceres til skønsmæssigt 0,6 tons Pb/år, som her skal regnes med at være behæftet med en usikkerhed på ±50%. Den mængde, der tilbageholdes ved mekanisk rensning, vil efter oprensning blive tilledt renselanlæg, mens i størrelsesordenen 0,1-0,5 tons Pb/år tillædes jord enten direkte eller ved oprensning af dræn.

De samlede udledninger af bly fra punktkilder til vandmiljøet er sammenfattet i Tabel 3.11.

Tabel 3.11  
Udledninger af bly fra punktkilder til vandmiljøet (Miljøstyrelsen 2001b).

Kilde	Udledning spildevand	Middelkoncentration	Udledning
	Mio. m3 vand	mg Pb/m3	Tons Pb/år
Renseanlæg	768	1,3-3,3	1-2,5
Overløbsbygværker	38	8-18	0,3-0,7
Separate regnvandsafløb	164	6-18	0,98-2,9
Industri med direkte udledning	74	0,66-1,3	0,049-0,095
Spredt bebyggelse	33	-	0,2-0,6
I alt (afrundet)	1.077		2,5-6,8

### 3.5.2 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 omkring bortskaffelsen af spildevandsslam har bevirket, at der de seneste år er anvendt andre muligheder for disponering af spildevandsslam, som ikke kan indpasses i hovedområderne for slamdisponering.

Antallet af slammineraliseringsanlæg er steget markant i de seneste år. Slammineralisering betragtes i kommunerne som en alternativ mulighed for slam-bortskaffelsen. 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 efter forbrænding, hvor den uorganiske del (asken) indbygges og dermed genanvendes i produkter som cement og sandblæsningsmidler.

I 1999 blev ca. 94,5% af tørstofmængden af slam undersøgt for indhold af bly og andre tungmetaller (Miljøstyrelsen 2001c). Det vægtede gennemsnit for bly var på 94,5 mg Pb/kg, og under den antagelse at det undersøgte slam er repræsentativt for de samlede mængder slam, kan de samlede mængder estimeres at indeholde omkring 12,7 tons bly. Fordelingen af dette på de forskellige disponeringsformer er angivet i Tabel 3.12.

Sammenlignet med 1994, hvor omsætningen af bly med slam blev estimeret til ca. 21 tons i 170.000 tons TS, ses, at den samlede omsætning af bly er faldet med omkring 40%, mens mængderne af tørstof stort set er uændrede. Forklaringen skal delvist søges i det faktum, at den atmosfæriske deposition af bly er faldet markant.

Samlet blev landbrugsjord, skove og gartnerier tilført 3,7-4,6 tons bly med slam. En mindre del af dette slam var inden spredning på jorden behandlet i biogasanlæg eller komposteringsanlæg.

Tabel 3.12  
Bly i spildevandsslam fordelt på slutdisponering, 1999 (Baseret på Miljøstyrelsen 2001c).

Slutdisponering	Slam 1000 tons TS/år	Samlet indhold af bly	
		Tons Pb/år	% af total
Landbrug m.m. <sup>1)</sup>	88	3,7-4,6	33
Forbrænding <sup>2)</sup>	33	3,7-4,5	32
Losseplads <sup>2)</sup>	14	1,5-1,9	13
Langtidslager <sup>2)</sup>	7,7	0,87-1,1	8
Andet <sup>2)</sup>	14	1,6-1,9	14
I alt (afrundet)	160	11-14	100

Note:

- 1) Det gennemsnitlige indhold af bly i slam udbragt på landbrugsjord, i skove m.m. er angivet til 47 mg Pb/kg. Da der foreligger et stort antal målinger, vurderes middelværdien her at være bestemt med relativt stor sikkerhed.
- 2) Det gennemsnitlige indhold af bly i slam, som ikke blev udbragt på landbrugsjord, kan på grundlag af Miljøstyrelsen (2001c) beregnes til 126 mg Pb/kg. 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 blykoncentration har været den samme for de forskellige disponeringsformer.

En del af spildevandsslammet bortskaffes ved forbrænding - enten internt på de enkelte renseanlæg eller eksternt. Forbrændingsanlæggene er udstyrede med fuldt udbygget røggasrensningsudstyr. Emissionsfaktoren for bly på danske forbrændingsanlæg ligger i størrelsesordenen 0,5%, og det skal her groft antages, at emissionsfaktoren for bly fra forbrænding af slam vil ligge i intervallet 0,5-2%. Den samlede emission kan på den baggrund estimeres til 0,02-0,09 tons Pb/år, mens slammets øvrige indhold af bly bliver deponeret sammen med restprodukter.

#### *Kilder til bly i spildevand*

Potentielle kilder til bly i spildevand er opgjort i Tabel 3.13. Den dominerende kilde synes helt klart at være korrosion fra tagbelægninger og inddækningsbly. Det skal understreges, at der er betydelig usikkerhed omkring såvel korrosionsrater som det samlede tagareal dækket med blyplader/inddækninger.

Opgørelsen indikerer, at korrosion af bly samt tilførsler til spildevand kan være større end de målte tilførsler af bly til renseanlæg, hvilket kan skyldes, at opløst bly fra inddækninger vil udfælde på tagsten, eller at bly udfældes i dele af spildevandsafløbet. Det er især korrosionen fra tage og inddækninger, som giver en stor usikkerhed på opgørelsen af kilder, og det er muligt, at det dækkede areal eller de faktiske korrosionsrater skal findes i den lave ende af de anslåede intervaller.

Korrosion fra zinkgalvaniserede overflader, der indeholder omkring 0,5% bly, har i de tidligere massestrømsanalyser ikke været med under kilder til bly i spildevand. Som det fremgår af Tabel 3.13, er denne korrosion en signifikant kilde til bly i spildevand.

Tabel 3.13  
Kilder til bly i spildevand i 2000

Kilde	Anslået mængde Tons Pb/år	Bemærkninger
Atmosfærisk nedfald	2-2,2	1)
Perkolat fra deponier	0,01-0,18	jf. afs. 5.3.2
Baggrund i drikkevand	0,3-0,5	2)
Perkolat fra skrotpladser	0,03-0,19	jf. afs. 4.2
Korrosion fra tagbelægninger	17-130	jf. afs. 2.2.2
Fækaller	0,03-0,04	jf. afs. 2.4.6
Bremsebelægninger 4)	2,2-5	jf. afs. 2.3.7
Pigment og sikkativ i maling	0,95-3	jf. afs. 2.2.7
Korrosion af messingarmaturer	?	jf. afs. 2.2.7
Korrosion af forzinkede overflader	0,2-0,8	jf. afs. 2.2.7
I alt (afrundet) 3)	23-140	

- 1) Tallet er fremkommet ved at tage udgangspunkt i, at der findes omkring 1.700 mio. m<sup>2</sup> kloakerede arealer. Samlet androg den såkaldte bulkdeposition og partikeldeposition i 2000 1,15-1,3 mg Pb/m<sup>2</sup> (Ellermann et al. 2001). Hvis der regnes med dette gennemsnit, vil det samlede nedfald på kloakerede arealer være 2-2,2 tons Pb/år. Denne mængde repræsenterer den samlede tilførsel til såvel fælleskloakerede som separatkloakerede områder. Der er i dette estimat ikke taget hensyn til, at nedfaldet evt. er større i byområder, hvor den største del af de kloakerede arealer befinder sig..
- 2) Gennemsnitsindhold i grundvand angives i den tidligere massestrømsanalyse til 0,5-0,9 mg Pb/m<sup>3</sup>, og det antages ikke, at dette indhold har ændret sig. Den samlede tilledning til rensningsanlæggene i 2000 var på 768 mio. m<sup>3</sup>, hvoraf det kan anslås, at omkring 150-200 mio. m<sup>3</sup> var nedbørsbetinget. De resterende omkring 500 mio. m<sup>3</sup>, som må være drikkevand, svarer til en tilførsel på 0,3-0,6 tons Pb/år. Koncentrationerne i drikkevand er muligvis lidt lavere på grund af tilbageholdelse af bly i forbindelse med rensning af drikkevandet.
- 3) Hertil kommer et bidrag fra kilder, der i tabellen er angivet med ?.
- 4) Tabet fra bremsebelægninger er i afs. 3.3.7 anslået til 4-8 tons, som spredes til omgivelserne. Halvdelen af dette påregnes her at ende i spildevand.

### 3.6 Sammenfatning

Den foreliggende viden om tab af bly i forbindelse med omsætning af affaldsprodukter er sammenfattet i Tabel 3.14.

Tabel 3.14  
 Tab og bortskaffelse af bly ved omsætning af affaldsprodukter i 2000.

Produkt/anvendelse	Skønnet bortskaffelse og tab (tons Pb/år) til:				
	Luft	Vand <sup>1)</sup>	Jord	Deponi	Andet <sup>2)</sup>
Håndtering af skrot	-	0,03-0,19	6-30	380-700	
Kabeloparbejdning	0,0001	-	-	-	140-170
Fremstilling af jern og stål	0,51	-	-	52	320
Affaldsforbrænding	1,1-3,6	-	-	630-980	-
Deponering (ekskl. restprodukter)	-	0,01-0,18	-	220-480	-
Biologisk affaldsbehandling	-	-	5,7-9,1	-	-
Olie- og kemikalieaffald	0,061-0,075 <sup>3)</sup>	<0,001	-	37	9,6-9,8
Udledninger fra kommunale renseanlæg	-	1-2,5	-	-	-
Regnbetingede udledninger	-	1,3-3,6	-	-	-
Andet spildevand	-	0,25-0,7	0,1-0,5	-	-
Spildevandsslam	0,02-0,09	-	3,7-4,6	6,1-7,4 <sup>4)</sup>	1,6-1,9
I alt (afrundet)	1,7-4,3	2,6-7,2	16-44	1.300-2.300	470-500

Noter:

- 1) Kun direkte udledninger til vandmiljøet er angivet. Udledninger fra større industrielle kilder er angivet under "Andet spildevand".
- 2) Andet omfatter restprodukter fra stålfremstilling og kabeloparbejdning, som eksporteres til oparbejdning i udlandet, affald som eksporteres via Kommunekemi til oparbejdning og slam, som behandles i mineraliseringsanlæg.
- 3) Emissionen til luft skyldes primært afbrænding af spildolie på fjernvarmeværker. Afventer data fra Kommunekemi.
- 4) Omfatter slam bortskaffet til forbrænding og deponi fraregnet emission til luft samt slam, som er midlertidigt opbevaret i langtidslager.



## 4 Sammenfattende vurdering

### 4.1 Forbruget af bly i Danmark

De foreliggende oplysninger om forbruget af bly i Danmark i 2000 er sammenfattet i Tabel 4.1. I det følgende anvendes for oversigtens skyld procentangivelser uden angivelse af usikkerheder på disse.

Som det fremgår af Tabel 4.1, kan forbruget med færdigvarer anslås som følger:

- Metallisk bly: 13.700-17.000 tons/år (ca. 91%)
- Kemiske forbindelser: 1.200-1.800 tons/år (ca. 9%)
- Som følgestof i andre varer: 67-140 tons/år (ca. 0,6%)

Det samlede forbrug af bly med færdigvarer kan således anslås til 14.900-19.000 tons bly/år.

De væsentligste anvendelser af metallisk bly var:

- Akkumulatorer: ca. 52% af totalforbruget
- Inddækningsbly: ca. 21% af totalforbruget
- Skibskøle: ca. 3% af totalforbruget.

De væsentligste anvendelser af bly som kemisk forbindelse var:

- Billedrør: ca. 3% af totalforbruget
- Stabilisatorer i PVC: ca. 3% af totalforbruget.

Det væsentligste forbrug af bly som følgestof i andre produkter var med kul (ca. 0,3% af totalforbruget).

#### *Udviklingstendenser*

Ved at sammenligne med tidligere opgørelser af forbruget af bly i Danmark i midten af 1980'erne og midten af 1990'erne fås et indtryk af, hvilke udviklingstendenser der har været i forbruget de seneste 15 år (Tabel 4.2).

For metallisk bly er der i perioden 1994 til 2000 sket en markant reduktion af forbruget af bly med ammunition og kabelkapper og en mindre reduktion i forbruget af bly med fiskeredskaber til erhvervsfiskeri. Sidstnævnte skyldes ændringer i praksis og fiskeflådens størrelse og ikke en egentlig substitution.

For flere af de mindre anvendelsesområder, såsom bly-tinlegeringer og afbalancering, viser tabellen et fald, som vurderes primært at skyldes, at forbruget til disse formål var overvurderede i den foregående opgørelse.

Forbruget af bly med køle er steget i forhold til den foregående opgørelse, men forbruget af både er meget svingende, og forskellen afspejler næppe en vedvarende stigning i forbruget til dette formål.

For bly som kemisk forbindelse ses der et markant fald i brugen af bly med blymønje, som skyldes substitution med andre malinger. Forbruget af bly med benzinadditiver er stort set ophørt, hvilket først og fremmest vil kunne ses på opgørelserne af udslip til luften.

For andre hovedanvendelser er ændringerne i forbruget relativt små i forhold til usikkerheden på estimerne, således at reelle ændringer let overskygges af ændrede vurderinger i relation til estimerne på forbruget.

Forbruget af blyholdige pigmenter i glasurer, maling og vejstriber samt blyholdige sikkativer i maling faldt i perioden fra 1985 til 1994 markant, især på grund af arbejdsmiljømæssige problemer med håndtering af de blyholdige produkter. I perioden fra 1994 til 2000 er der sket et yderligere fald i forbruget af pigmenter med plast produceret i Danmark og maling anvendt i Danmark. Forbruget af blypigmenter til produktion er faldet i perioden, men da dette ikke synes at være tilfældet for de importerede produkter, vurderes der kun at være sket et mindre fald i forbruget med færdigvarer. Forbruget med importerede plastvarer kan meget vel have været undervurderet i den foregående analyse.

I den hjemlige produktion af krystalglas er bly substitueret, men dette er ikke tilfældet for hovedparten af de importerede glas. Ligeledes er der sket en substitution af bly med glasurer til produktion i Danmark, men der er ikke belæg for at vurdere, at der skulle være sket en tilsvarende substitution for importerede varer. Langt hovedparten af forbruget af bly med krystalglas og glaserede produkter udgøres af importerede varer.

Forbruget af bly med stabilisatorer til PVC har været stagnerende. Bly er substitueret i blødt PVC til kabler produceret i Danmark, men det var i 2000 ikke tilfældet for hovedparten af kabler produceret i EU-medlemslandene, og det antages heller ikke at være tilfældet for importerede produkter. Forbruget af blystabilisatorer til produktion af hård PVC i Danmark faldt fra 1999 til 2000 på grund af substitution hos en førende producent.

Forbruget af bly som følgestof var i 2000 lidt lavere end forbruget i 1994, hvilket primært skyldes et fald i forbruget af kul.

Samlet ses der et fald i blyforbruget på ca. 27% fra 1985 til 2000. Dette fald skete i perioden fra 1985 til 1994, mens der i perioden 1994 til 2000 ikke synes at være sket et fald.



Tabel 4.1  
Forbrug af bly med færdigvarer i Danmark i 2000.

Produktgruppe	Forbrug tons Pb/år	% af Total	Udviklingstendens indtil 2000
<b>Metallisk bly</b>			
Startbatterier (blyakkumulatorer)	6.700-7.500	42	Stabilt
Andre blyakkumulatorer	1.600-1.800	10	Stigende
Blytage	250-400	1,9	Stabilt
Inddækninger og vinduer	3.400-3.700	21	Stabilt
Blyhagl	20-39	0,2	Faldende
Andet ammunition	94-164	0,8	Faldende
Skibskøle	240-740	3	Svingende
Kabelkapper	353-383	2,2	Faldende
Bly-tin legeringer	190-350	1,6	Stabilt
Andre legeringer	170-350	1,5	Stabilt
Fiskeredskaber til erhvervsfiskeri	430-740	3	Faldende
Fiskeudstyr til lystfiskeri	97-170	0,8	Stabilt
Afbalancering	76-160	0,7	Stabilt
Strålingsbeskyttelse	41-440	1,4	Svingende
Andre anvendelser som metal	26-110	0,4	Forskelligt
<b>Kemiske forbindelser</b>			
Blymønje	0,5-2	<0,1	Faldende
Pigmenter	17-70	0,3	Faldende
Billedrør	520-640	3	Stabilt
Andet glas	140-340	1,4	Stabilt
PVC	440-570	3	Stabilt
Glasurer og emaljer	40-150	0,6	Stabilt
Andre kemiske anvendelser	15-76	0,3	Forskelligt
<b>Som følgestof</b>			
Kul	40-67	0,3	Faldende
Olieprodukter	<0,12	<0,1	Stabilt
Biobrændsler	2,7-5,1	<0,1	Stigende
Cement	13-26	0,1	Stabilt
Gødning og foderstoffer	3,5-9,7	<0,1	Stabilt
Jordbrugskalk	0,5-1,1	<0,1	Faldende
Sandblæsningsmidler	2,9-6,1	<0,1	Stabilt
Anden omsætning som følgestof	4-24	<0,1	Forskelligt
I alt (afrundet)	14.900-19.000	100	

Tabel 4.2  
Forbrug af bly med færdigvarer i Danmark i 1985, 1994 og 2000.

Produktgruppe	1985 tons Pb/år	1994 tons Pb/år	2000 tons Pb/år
<b>Metallisk bly</b>			
Startbatterier (blyakkumulatorer)	10.900-12.600 <sup>1)</sup>	6.900-7.700	6.700-7.500
Andre blyakkumulatorer	Indeholdt i ovenstående	1.200	1.600-1.800
Blytage	300-400	250-400	250-400
Inddækninger og vinduer	3.100-3.300	2.600-3.700	3.400-3.700
Blyhagl	ca.870	100-160	20-39
Andet ammunition	ca. 150	250-300	94-164
Skibskøle	800-900	50-150	240-740
Kabelkapper	2.400	2.000-2.300	353-383
Bly-tin legeringer	200-300	260-380 <sup>2)</sup>	190-350
Andre legeringer	300-550	150-300	170-350
Fiskeredskaber til erhvervsfiskeri	400-600	300-600	430-740
Fiskeudstyr til lystfiskeri	Indeholdt i ovenstående	75-125	97-170
Afbalancering	150-200	200-250 <sup>2)</sup>	76-160
Strålingsbeskyttelse	200-400	200-250	41-440
Andre anvendelser som metal	150-600	90-290	<b>26-110</b>
<i>I alt metallisk bly</i>	<i>18.900-23.300</i>	<i>14.600-18.100</i>	<i>13.700-17.000</i>
<b>Kemiske forbindelser</b>			-
Blymønje	40-65	20-35	0,5-2
Pigmenter	250-400	35-110	17-70
Billedrør	i.o. <sup>3)</sup>	550-900	520-640
Andet glas	60-80	70-80 <sup>4)</sup>	140-340
PVC	200	300-400	440-570
Glasurer og emaljer	80-100	25-150	40-150
Benzinadditiver	250	2-10	1,6-2
Andre kemiske anvendelser	100-200	12-40	15-76
<i>I alt med kemiske forbindelser</i>	<i>980-1.300</i>	<i>1.000-1.700</i>	<i>1.200-1.900</i>
<b>Som følgestof</b>			-
Kul	250-300	42-125	40-67
Olieprodukter	3	1-2	<0,12
Biobrændsler	0,3	0,4-1	2,7-5,1
Cement	13-20	28-37	13-26
Gødning og foderstoffer	17-18	6-12	3,5-9,7
Jordbrugskalk	11-162	1-3	0,5-1,1
Sandblæsningsmidler	i.o. <sup>3)</sup>	2-10	2,9-6,1
Anden omsætning som følgestof	2-40	2-20	4-24
<i>I alt som følgestof</i>	<i>300-540</i>	<i>82-210</i>	<i>67-140</i>
<b>I alt (afrundet)</b>	<b>21.200-25.100</b>	<b>15.500-19.800</b>	<b>14.900-19.000</b>

Noter til tabel på foregående side:

- 1) Forbruget med akkumulatorer vurderes at have været overestimeret i massestrømsanalysen for 1985 (se evt. diskussion i Lassen & Hansen 1997).
- 2) Bly-tinlegeringer til elektronik og afbalanceringsklodser til biler vurderes at have været overestimeret i 1994, og der vurderes ikke at være sket et nævneværdigt fald i forbruget af bly til disse formål.
- 3) Billedrør og sandblæsningsmidler indgik ikke i massestrømsanalysen for 1985.

## 4.2 Bortskaffelse og tab af bly til omgivelserne

De foreliggende oplysninger og vurderinger af udledninger af bly til omgivelserne i Danmark er sammenfattet i Tabel 4.3. Som det fremgår af tabellen, kan de samlede udledninger af bly i 2000 anslås til:

- 5-19 tons bly pr. år til luft
- 170-600 tons bly pr. år til vand
- 480-2.200 tons bly pr. år til jord.

I størrelsen 1.300-2.300 tons bly pr. år havnede i depoter, herunder slagge/aske fra kul- og affaldsafbrænding, som anvendtes til opfyldninger, veje, dæmnings og lignende.

I det følgende vil udslip fra de enkelte kilder for oversigtens skyld blive angivet i procent af totaludslip beregnet på basis af middelværdier. Det skal bemærkes, at der kan være ganske betydelige usikkerheder på disse procentangivelser.

### *Luft*

De totale udledninger af bly til luft skønnes til 5-19 tons Pb/år. Udledninger til luft beroede væsentligst på udledninger fra:

- Fyrværkeri: ca. 38% af totaludslip
- Affaldsforbrænding: ca. 20% af totaludslip
- Benzinadditiver: ca. 15% af totaludslip
- Støbeaktiviteter: ca. 13% af totaludslip
- Fremstilling af jern og stål: ca. 4% af totaludslip

Den største kilde til udledninger til luft var - hvis man ser på middelværdierne i estimerne - fyrværkeri, men det skal bemærkes, at denne udledning er meget usikkert bestemt. Der er dog ingen tvivl om, at fyrværkeri var en væsentlig kilde til udledning af bly og andre tungmetaller til luft i 2000. Denne udledning har ikke været opgjort i de tidligere analyser, men det skal i den sammenhæng bemærkes, at udledningerne med benzin tidligere var langt større.

Ud over faldet i udledninger af bly med benzin er udledninger fra forbrændingsanlæg, kraftværker og fremstilling af jern og stål faldet som konsekvens af forbedret røggasrensning.

Udledninger fra blystøbning er meget usikkert bestemt, da der ikke findes præcise emissionsfaktorer for en række af aktiviteterne. Især blystøbning under åben himmel vil kunne resultere i væsentlige udledninger, som der ikke findes nogen præcise målinger af.

### *Vand*

Det totale tab af bly til vand skønnes til 170-600 tons Pb/år. Udledninger til vandmiljøet beroede væsentligst på:

- Tab af fiskeredskaber (f.eks. garn, vod, synk, pirke og splithagl): ca. 53% af totaludslip
- Kabler efterladt på havbunden: ca. 45% af totaludslip
- Nedbørsbetingede udløb som ledes uden om kommunale renseanlæg: ca. 0,5% af totaludslip

Det skal understreges, at skønnet af mængden, der med kabler efterlades på havbunden, er behæftet med meget betydelig usikkerhed. Hvor meget, der efterlades, vil variere fra år til år, da det i gennemsnit drejer sig om mindre end et kabel pr. år. Der vil fremover være krav fra Kystdirektoratet om, at søkabler fjernes, når de tages ud af drift (abandonneres). Søkabler, der tages ud af drift, er registreret i et centralt register og angivet på søkort.

Tab af fiskeredskaber er i lighed med den foregående massestrømsanalyse blandt de største kilder. Der er stor usikkerhed om, hvor meget der tabes i forbindelse med erhvervsfiskeri, men ikke meget tvivl om at hovedparten af det bly, der anvendes til lystfiskeri, havner i vandmiljøet.

I forhold til de to nævnte kilder er udløb fra renseanlæg og fra nedbørsbetingede udløb af meget begrænset størrelse. Der vil endvidere kunne ske tab ved afrensning af maling og blymønje - et tab, der i høj grad er en konsekvens af et forbrug til dette formål for en årrække siden.

Der foreligger ingen tal over tab af bly med ammunition til militære formål afskudt over søterritoriet, og det er ikke forsøgt at foretage et overslag over mængder.

### *Jord*

Det totale tab til jord anslås til 480-2.200 tons Pb/år.

De væsentligste tab til jord beroede på:

- Kabler efterladt i jorden: ca. 90% af totaludslip
- Ammunition afskudt over landområder: ca. 4% af totaludslip
- Håndtering af skrot: ca. 1% af totaludslip

Det skal understreges, at mængden, der med kabler efterlades i jorden, er bestemt med stor usikkerhed, da der ikke foreligger nogen undersøgelser af omfanget. Der er de seneste år kommet øget fokus på at tage gamle kabler op, når man i øvrigt er i gang med gravearbejder, men det er ikke klart, hvor stor en del af kablerne, der ligger på en måde, så de senere vil blive taget op i forbindelse med andre gravearbejder. Det er derfor fastholdt, at der potentielt kan være tale om et betydeligt tab med kabler, som efterlades i jorden.

Mængden af bly spredt med ammunition er faldet betragteligt i perioden fra 1994 til 2000.

Tabel 4.3  
Bortskaffelse og tab af bly til omgivelserne i Danmark i 2000.

Produkt/anvendelse	Skønnet tab (tons Pb/år) til:				
	Luft	Vand <sup>1)</sup>	Jord	Deponi	I alt (afrundet)
<b>Industrielle processer</b>	-	-	-	-	
Støbeaktiviteter <sup>4)</sup>	0,1-3	-	-	-	0,1-3
Cementfremstilling	0,13	-	-	-	0,13
Fremstilling af jern og stål	0,51	-	-	52	53
Glasfremstilling	0,05-0,4 <sup>3)</sup>	-	-	0,5-1,2	0,55-1,6
Fremstilling af keramiske produkter	0,04-0,7 <sup>3)</sup>	-	-	-	-
Offshore olieudvinding	-	2-4	-	-	2-4
Andet	0,0008-0,015	-	-	-	0,0008-0,015
<b>Energifremstilling</b>					
Kul	0,15-0,25	-	-	10-16	10-16
Olie og biobrændsler	0,05-0,34	-	0,9-1,7	1,8-3,2	2,8-5,2
<b>Anvendelse af produkter</b>					
Blytage og inddækninger	-	-	3-25	-	3-25
Ammunition	-	-	43-68	-	43-68
Benzinadditiver	1,6-2	-	-	-	1,6-2
Fiskeredskaber til erhvervsformål	-	21-120	-	5	21-120
Fiskeudstyr til fritids-og lystfiskeri	-	96-170	-	-	96-170
Akkumulatorer	-	-	1-11	-	1-11
Blymønje	-	1-3	1-3	-	2-6
Maling og andre kemiske anvendelser	-	-	6-19	-	6-19
Gødning og foderstoffer	-	-	3,5-9,7	-	3,5-9,7
Jordbrugskalk	-	-	0,5-1,1	-	0,5-1,1
Fyrværkeri	1-8	-	-	-	-
Andet	-	-	2,6-11	-	-
<b>Affaldshåndtering</b>					
Affaldsforbrænding	1,1-3,6	-	-	630-980	630-980
Biologisk affaldsbehandling	-	-	5,7-9,1	-	5,7-9,1
Deponering (ekskl. restprodukter) <sup>2)</sup>	-	0,01-0,18	-	220-480	220-480
Olie- og kemikalieaffald	0,061-0,075	<0,001	-	37	37
Udledninger fra kommunale renseanlæg	-	1-2,5	-	-	1-2,5
Andre udledninger af spildevand	-	1,6-4,3	-	-	1,6-4,3
Spildevandsslam	0,02-0,09	-	3,7-4,6	6,1-7,4	9,8-12
Kabeloparbejdning	0,0001	-	-	-	0,0001
Kasserede kabler	-	50-300	400-2.000	-	450-2.300
Håndtering af skrot	-	0,03-0,19	6-30	380-700	390-730
I alt (afrundet)	5-19	170-600	480-2.200	1.300-2.300	2.000-5.100

Noter til tabel på foregående side:

- 1) Omfatter ikke bly til spildevandsafløb.
- 2) Deponering omfatter ikke restprodukter fra affaldsbehandling og energifremstilling, der er ført under de enkelte processer.
- 3) Emissionerne fra glasfremstilling er efter 2000 mindsket markant på grund af forbedret røgasrensning.
- 4) Omfatter også ikke-industrielle støbeprocesser.
- 5) Fiskeredskaber, der bortskaffes til deponi, er ført sammen med "Deponering (ekskl. restprodukter)".

Det skal bemærkes, at det er meget forskellige områder af jorden, som de forskellige udledninger påvirker. Den mulige miljøeffekt af et kabel efterladt under en vej i en by kan ikke umiddelbart sammenlignes med eksempelvis effekten af blyhagl spredt i naturen. Dette forhold understreger vigtigheden af at holde for øje, at denne undersøgelse fokuserer på massestrømme og ikke mulige miljøeffekter af disse strømme.

#### *Udviklingstendenser*

Udledninger til omgivelserne og tilførsler til deponi i 1994 er angivet i Tabel 4.4.

I perioden fra 1985 til 1994 skete der et markant fald i udledningerne af bly til luft og jord som et resultat af reguleringen af anvendelsen af bly i benzin og hagl samt begrænsning af udslip fra punktkilder gennem øget rensning. Faldet fra 1994 til 2000 er mindre markant. Udledningerne til luft er således faldet fra 11-33 tons i 1994 (delvist baseret på 1992-opgørelser) til 5-19 tons. Reduktionen skyldes et markant fald i udledninger med benzinadditiver og et generelt fald i emissionerne fra alle punktkilder som konsekvens af øget røgasrensning.

Det samlede tab til vand er ikke faldet, idet tabene med fiskeredskaber og kabler efterladt på havbunden, som udgør langt hovedparten af det samlede tab, ikke vurderes at være faldet. Som nævnt i det foregående, er der dog kommet krav om, at nye søkabler fremover skal fjernes, når de tages ud af brug. Udledningerne med spildevand er også af samme størrelse i 2000 som i 1994.

Det samlede tab til jord er faldet primært på grund af et fald i brugen af ammunition. I 1994 spredtes der med ammunition 195-270 tons bly, som tilførtes jordmiljøet. Denne mængde var i 2000 faldet til 43-68 tons. Den største kilde til tab til jord er kabler efterladt i jorden. Der er de seneste år kommet øget fokus på, at afkoblede kabler skal tages op, når man senere er i gang med gravearbejder, men der findes ikke noget overblik over, i hvilken grad det faktisk vil finde sted. Det er derfor fastholdt, at kabler efterladt i jorden potentielt udgør en væsentlig kilde.

Tabet af bly til deponier er faldet fra 1994 til 2000. Man skal være opmærksom på, at der er en forskel mellem de to tabeller i opgørelsesmetoden for bly, som ender på deponier, idet visse type restprodukter indgår under "Deponering af fast affald" i tabellen for 1994. Faldet skyldes et mindre fald i mængden af bly i restprodukter fra affaldsforbrænding og - vigtigst - et fald i mængden af bly, der deponeres med fjernsyn og andre elektriske og elektroniske produkter.

Tabel 4.4  
Bortskaffelse og tab af bly til omgivelserne i Danmark 1994 (Lassen & Hansen 1996).

Proces / kilde	Skønnet bortskaffelse og tab (tons Pb/år) til:				
	Luft	Vand	Jord	Deponi <sup>2)</sup>	I alt
<b>Industrielle processer:</b>					
Akkumulatorfremstilling	0,02-0,03	1)	-	-	0,02-0,03
Anden blystøbning	0,1-6,7	1)	-	4)	0,1-6,7
Forarbejdning af kobberlegeringer	<0,1	1)	-	-	0-0,1
Cementfremstilling	<0,13	-	-	-	0-0,13
Fremstilling af jern og stål	2-2,5	1)	-	4)	2-2,5
Fremstilling af keramiske prod.	0,1-2	-	-	-	0,1-2
Andet	0,2	-	-	-	0,2
<b>Energifremstilling:</b>					
Kul	0,8-2,4	-	-	25-75	0,8-2,4
Olie og biobrændsler (følgestof)	1,4-3	-	0,2-0,4	0,2-0,4	1,6-3,4
<b>Anvendelse af produkter:</b>					
Blytage og -inddækninger	-	1)	3-12	-	3-12
Ammunition	-	-	195-270	-	195-270
Benzinadditiver	2-10	-	-	-	2-10
Fiskeredskaber til erhvervsfiskeri	-	30-150	-	-	30-150
Fiskeudstyr til lystfiskeri	-	75-125	-	-	75-125
Blymønje	-	1-5	1-5	-	2-10
Andre anvendelser som metal	-	1)	2-6	-	2-6
Maling og andre kem. forbindelser	-	1)	10-34	-	10-34
Gødning, foderstoffer og jordbrugskalk	-	-	7-15	-	7-15
<b>Affaldsbortskaffelse:</b>					
Affaldsforbrænding	3,4-5,4	-	-	800-1.200	803-1.205
Biologisk affaldsbehandling	-	-	0,3	-	0,3
Deponering af fast affald	-	1)	0,1-0,2	880-2.200	880-2.200
Kemikalieaffald	0,4-0,6	0,01	-	99-101	99-102
Kommunalt spildevand	-	1-1,8	-	-	1-1,8
Spildevandsslam	0,1-0,2	-	8,3	13	21-22
Spildevand uden om komm.	-	4,4-6,1	0,8	-	5,2-6,9
Kasserede kabler	-	50-300	400-2.000	-	450-2.300
Håndtering af skrot	-	1)	7-26	4)	7-26
I alt <sup>3)</sup>	11-33	160-590	630-2.400	1.800-3.600	2.600-6.600

1) Er medregnet under "Kommunalt spildevand" eller "Spildevand uden om komm." Sidstnævnte dækker nedbørsbetingede udløb, særskilte udledninger fra industri samt udledninger fra spredt bebyggelse.

2) Omfatter også materialer anvendt til anlægsarbejder.

3) Tallene er ved sammenregning afrundede.

4) Deponering fra disse aktiviteter er medregnet under "Deponering af fast affald" (jf. tabel 3.8). Kilder til bly i fast affald fremgår af tabel 3.5.

### 4.3 Blybalance for Danmark

Omsætning og udslip af bly i Danmark i 2000 er sammenfattende illustreret i Figur 4.1.

#### *Import/eksport*

Til og fra Danmark foregik en betydelig import/eksport af bly med færdigvarer. Denne import/eksport kendes ikke præcist, men ved at sammenholde den foreliggende opgørelse af forbruget af bly i Danmark med oplysninger om produktion af blyholdige varer i Danmark er import og eksport anslået til:

- Import med råvarer og færdigvarer: 18.000-22.700 tons bly/år
- Eksport med færdigvarer: 3.100-3.900 tons bly/år.

Importen med færdigvarer omfatter hovedsageligt akkumulatører, ammunition, elektronik (herunder billedrør) og additiver i PVC.

Eksporten omfatter først og fremmest bly med skibskøle, fiskeredskaber, kabler, elektronik, nødstrømsanlæg, stålskorstene, maling, produkter af kobberlegeringer og additiver i PVC. Sammenlignet med den tidligere undersøgelse er der sket et markant fald i eksporten af bly med færdigvarer som resultat af lukningen af den sidste danske akkumulatorfabrik.

Med affaldsprodukter skete der en samlet nettoeksport på 12.500-15.000 tons/år. Akkumulatører udgør langt den væsentligste del af denne eksport, men der sker også en væsentlig eksport med filterstøv og andre restprodukter fra stålfremstilling og støbeprocesser med blyinddækninger og andre dele af metallisk bly, kobber- og tinlegeringer samt billedrør.

#### *Genvinding i Danmark*

Der foregår genvinding af bly i Danmark. Hovedparten af det producerede bly eksporteres. Den interne recirkulation af bly i Danmark i 2000 var af størrelsen 340-570 tons pr. år. Det recirkulerede bly anvendes til støbning af tagplader, fiskeredskaber, kontravægte m.m. I størrelsesordenen 16-38 tons anslås at blive anvendt til hjemmestøbning af lystfiskerredskaber, miniaturer og blybælter til dykkere.

#### *Ophobning med færdigvarer i samfundet*

På grund af usikkerhederne på opgørelserne af forbrug, eksport af skrot og affaldsprodukter samt tab til omgivelser og deponi kan det præcist beregnes, om der i 2000 skete et fald eller en stigning i den samlede mængde af bly, der med færdigvarer er ophobet i samfundet. Ophobning af bly med færdigvarer i samfundet er således opgjort til -580-710 tons/år, hvor negative værdier betyder at der sker et fald i ophobning.

De største blylagre i samfundet vurderes at findes i kabler (100.000-200.000 tons bly), tage og inddækninger (80.000-120.000 tons bly, svarende til 30 års forbrug) og akkumulatører (30.000-40.000 tons, svarende til 4 års forbrug). Hertil kommer i størrelsesordenen 40.000-100.000 tons, som findes i skibskøle, bly til strålingsbeskyttelse, elektronik, kobberlegeringer, PVC, blyglas og andre produkter. Samlet vurderes det således, at der i samfundet er akkumuleret 260.000- 460.000 tons bly med blyholdige produkter.

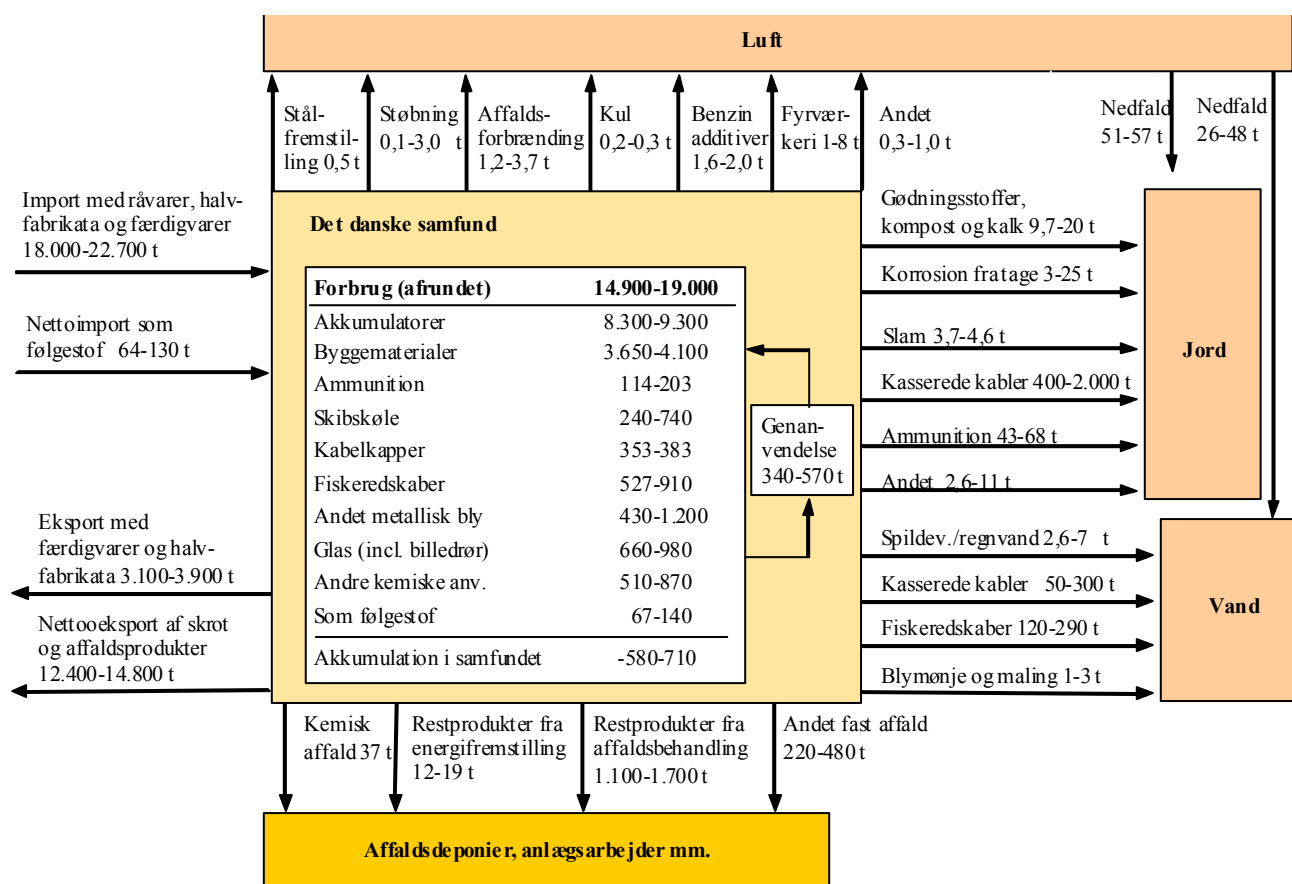
#### *Atmosfærisk nedfald*

Atmosfærisk nedfald af bly over land og hav måles løbende af Danmarks Miljøundersøgelser. Nedfaldet kan opdeles i den såkaldte "bulk deposition", som



er den del af nedfaldet, som opsamles i tragt-flaske systemer, og i partikeldeposition, som beregnes ud fra kendskab til indholdet af bly i luftens partikler. I både 2000 og 2001 målte en gennemsnitlig bulkdeposition over land på 1,1 mg bly pr. m<sup>2</sup> (Ellermann et al. 2001, Ellermann et al. 2002). På basis af foreløbige modelberegninger udgør partikeldepositionen et nedfald svarende til mellem 5 og 20% af bulk depositionen (Ellermann et al. 2001). Med en samlet deposition på 1,15-1,3 mg bly pr. m<sup>2</sup> kan nedfaldet på det danske landareal beregnes til 51-57 t Pb/år. Nedfald af bly over de indre danske farvande (31.500 km<sup>3</sup>) i 2000 og 2001 er på baggrund af målinger på tre stationer beregnet til henholdsvis 37 og 27 tons Pb/år (Ellermann et al. 2001; Ellermann et al. 2002). Usikkerhederne på estimatet for de enkelte tungmetaller er angivet til ca. 30% (Ellermann et al. 2001). Depositionen af bly over de indre danske farvande i 2000 skal på den baggrund her anslås at være 26-48 tons Pb/år. Det atmosfæriske nedfald over både land og vand er omtrent halveret siden 1994. Ændringerne skyldes primært udfasning af brugen af bly i benzin og øget rensning af røg fra industrier og forbrændingsanlæg i såvel Danmark som vore nabolande.

Figur 4.1  
Blybalance for Danmark i 2000. (Alle tal angiver tons bly pr. år).



# Referenceliste

- Affald 21.** 1999. Regeringens affaldsplan 1998-2004. Miljøstyrelsen, København.
- Annema, J.A., E.M. Paardekoper, H. Booij, L.F.C.M. van Oers, E. van der Voet & P.A.A. Mulder. 1995. *Stofstroomanalyse van zes zware metalen - gevolgen van autonome ontwikkeling en maatregelen*. RIVM rapport nr. 601014010.
- Ayres, R.U., L.W. Ayres & I. Råde. 2002. *The life cycle of copper, its co-products and by-products*. International Institute for Environment and Development (IIED) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).
- Århus Amt. 1992. *Tungmetaller i Århus Amt. Baggrundsværdier i tertiære og recente jordbunde*. Århus Amt, Århus.
- Bang, Jakob. Personlig kommunikation, Januar 2003. Farvandsvæsenet, København K.
- Bek 140. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 140 af 17/02/1997: *Bekendtgørelse om foranstaltninger til forebyggelse af kræftsisikoen ved arbejde med stoffer og materialer*.
- Bek. 1012. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 1012 af 13/11/2000: *Bekendtgørelse om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly*.
- Bek. 1067. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 1067 af 22/12/1998: *Bekendtgørelse om håndtering af affald af elektriske og elektroniske produkter*.
- Bek. 871. Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr 871 af 21/09/2001: *Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg*.
- Brancheorganisationen ForbrugerElektronik (BFE). Markedsinformation på organisationens hjemmeside oplyser om salget af diverse elektronikprodukter: <http://www.bfe.dk>. Data hentet i november 2002.
- Bohn, J. & E. Rotha. 1997. *Survey on Angling in Denmark 1997 – Results and Comments*. Danish Institute of Fisheries Economics Research, Esbjerg.
- Christensen, T.H. 1998. *Affaldsteknologi*. Teknisk Forlag, København.
- Christensen, I. *Heavy Metals in Packagings – Check Analyses 1999*. Teknologisk Institut, Århus. Arbejdsrapport nr. 8, 2000. Miljøstyrelsen, København.
- Christensen, F.M., T. Jørgensen & I. R. Nielsen. 2000. *Environmental and technical characteristics of conductive adhesives versus soldering*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 16/2000. Miljøstyrelsen, København.

- CIA 2002. *The World factbook 2002*. Central Intelligence Agency, Washington DC. <http://www.odci.gov/cia/publications/factbook/>
- COWIconsult. 1987. *Forurening fra gamle affaldsdepoter uden kemikalieaffald*. Miljøprojekt nr. 83. Miljøstyrelsen, København.
- Dall, O. COWI A/S, Vejle. Igangværende projekt om affaldsindikatorer. Udarbejdes for Miljøstyrelsen og forventes udgivet i starten af 2003.
- DS 1996-2000a. *Udenrigshandelen fordelt på varer og lande*. 1996, 1997, 1998, 1999, 2000. Danmarks Statistik, København.
- DS 1996-2000b. *Varestatistik for industrien*. 1996, 1997, 1998, 1999, 2000. Danmarks Statistik, København.
- Ellermann, T., O. Hertel, M.F. Hovmand, K. Kemp & C.A. Skjøth. 2001. *Atmosfærisk deposition 2000. NOVA 2003*. Faglig rapport fra DMU nr. 374 Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.
- Ellermann, T., O. Hertel, K. Kemp & C. Monies. 2002. *Atmosfærisk deposition 2001. NOVA 2003*. Faglig rapport fra DMU nr. 418. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.
- EMEP/CORINAIR 1999. *EMEP/CORINAIR atmospheric emission inventory guidebook (second edition)*. European Environment Agency, København.
- Energistyrelsen. 2000. *Energistatistik 2000*. Energistyrelsen, København.
- ESPA 2002a. *European PVC stabiliser tonnages*. The European PVC Stabilisers Association, Bruxelles. <http://www.vinyl2010.org/Brochures/PDF/ESPA-Stabiliser-tonnages.pdf>
- ESPA 2002b. *Lead Stabilisers Risk Characterisation*. The European PVC Stabilisers Association, Bruxelles. [http://espa.cefic.org/ra\\_pb\\_b.htm](http://espa.cefic.org/ra_pb_b.htm)
- Eurometaux. 1997. Kommentarer til Miljøstyrelsens udkast til blybekendtgørelsen. Eurometaux, European Association of Metals, Intersectorial Lead Group, Bruxelles.
- Europaparlamentet 2000. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/53/EF af 18. september 2000 om udrangerede køretøjer.
- Evald, A. 1998. *Trace element balances in four full scale experiments on straw fired systems in Denmark*. dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ, Søborg.
- Faber, A., B. Malmgreen-Hansen & F. Ørssleff. 1999. *Elektronik – erfaringsopsamling 1999*. Teknologisk Institut, Center for Affald & Genanvendelse, Taastrup.
- Fiskeridirektoratet. 2001. *Fiskeristatistisk Årbog 2000*. Fiskeridirektoratet, København.
- Fødevarerdirektoratet. 2000. *Kemiske forureninger*. Overvågningssystem for levnedsmidler 1993-1997. Del 2. Fødevarerdirektoratet, København.
- Grant, R., G. Blicher-Mathiesen, I. Paulsen, J.O. Jørgensen, A.R. Laubel, P.G. Jensen, M. Pedersen & P. Rasmussen. 2001. *Landovervågnings-*

- oplande 2000, NOVA 2003*. Faglig rapport fra DMU nr. 376. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.
- Grøn, Peter. Personlig kommunikation, Oktober 2002. Statens Institut for Strålehygiejne, Herlev.
- H.J. Hansen. 2001. *Miljørederegørelse 1999/2000*. H.J. Hansen Genvindingsindustri A/S, Odense.
- Hansen, G. A. Nielsen & K. Pommer. 1993. *Elektriske og elektroniske produkter i Danmark*. Arbejdsrapport nr. 53/1993. Miljøstyrelsen, København.
- Hansen, E. & C. Lassen. 2000. *Paradigm for Substance Flow Analysis. Guide for SFAs carried out for the Danish EPA*. Miljøprojekt nr. 577. Miljøstyrelsen, København.
- Hansen, E. & N. J. Busch. 1989. *Forbrug af og forurening med bly i Danmark*. Miljøprojekt nr. 105. Miljøstyrelsen, København.
- Hedemalm, P. 1994. *Some uses of lead and their possible substitutes*. Kemikalieinspektionen, Solna.
- Hedemalm, P., P. Carlsson & V. Palm. 1995. *Waste from electrical and electronic products - a survey of the content of materials and hazardous substances in electric and electronic products*. TemaNord 1995:554. Nordisk Ministerråd, København.
- Hjelmar, O. (december 2001). Center for Restprodukter, Hørsholm. Personlig kommunikation.
- Hoffmann, L. 1992. *Muligheder for reduktion i blyanvendelsen ved substitution*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 40. Miljøstyrelsen, København.
- Hovmand, M.F. & K. Kemp. 2000. *Tungmetalledfald i Danmark 1999*. Faglig rapport fra DMU nr. 331. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.
- ICF. 1997. *Statement of the International Crystal Federation in opposition to the Government of Denmark's proposed ban on the importation, sale and production of lead and lead-containing products*. International Crystal Federation, Bruxelles.
- Illerup, J.B., A. Geertinger, L. Hoffmann & K. Christiansen. 1999. *Emissionsfaktorer for tungmetaller 1990-1996*. Faglig rapport fra DMU nr. 301. Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde.
- Jørgensen, S.S. & M. Willems. 1987. *The fate of lead in soils: Lead originating from roofs of ancient churches*. Ambio nr.1: 17-19.
- Karlsson, S. 1999. The technospheric flows of toxic metals: Modeling lead losses from a lead-acid battery system for Sweden. The Journal of Industrial Ecology 3: 23-40.
- Kattler, P. 1993. *Elektriske lyskilder*. Lysteknisk selskab, Stenløse.
- Kaysen, O. *Statistik for glasemballage 2000*. Econet A/S. Miljøprojekt nr. 697, 2002. Miljøstyrelsen, København.

- Knudsen, Ole. Personlig kommunikation, september 2002. Fiskeriinspektora-  
tet Nord, Nykøbing Mors.
- Lassen, C., T. Drivsholm, E. Hansen, B. Rasmussen & K. Christiansen.  
1996. *Massestrømsanalyse for kobber*. Miljøprojekt nr. 323. Miljøstyrelsen,  
København.
- Lassen, C. & E. Hansen. 1996. *Massestrømsanalyse for bly*. Miljøprojekt nr.  
327. Miljøstyrelsen, København.
- Lassen, C., S. Vaaben & E. Hansen. 1997. *Massestrømsanalyse for tin - med  
særligt fokus på organotinforbindinger*. Arbejdsrapport nr. 7/1997. Miljøsty-  
relsen, København.
- Lassen, C. E. Hansen, T. Kaas & J. Larsen. 1999a. *Aluminium - Massestrøm-  
sanalyse og vurdering af muligheder for at minimere tab*. Miljøprojekt nr. 484.  
Miljøstyrelsen, København.
- Lassen, C., S. Løkke & L. I. Andersen. 1999b. *Brominated flame retardants -  
Substance flow analysis and assessment of alternatives*. Miljøprojekt nr. 494.  
Miljøstyrelsen, Kbh.
- Lassen, C. & S. H. Jensen. 2002. *Armeret epoxy- og polyesterplast - forbrug og  
affaldsmængder*. Miljøprojekt nr. 656. Miljøstyrelsen, København.
- Lauritsen, H. (december 2001). Esbjerg Havn. Personlig kommunikation.
- Lauritzen, E. K. & N. T. Christensen. 1997. *Kortlægning af PVC i bygge- og  
anlægsaffald fra nedbrydning og renovering*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrel-  
sen nr. 79/1997. Miljøstyrelsen, København.
- Legarth, J.B. 1996. *Recycling of electronic scrap*. Ph.D thesis. Danmarks Tekni-  
ske Universitet, Lyngby.
- Legarth, J.B. 1994. *Bortskaffelse af elektronikprodukter*. Miljøprojekt nr. 280.  
Miljøstyrelsen, København.
- Legarth, J.B., J. Gregersen & H. Erichsen. 2001. *Miljøspecifikationer for elek-  
troniske tele- og dataprojekter*. Arbejdsrapport nr. 2/2001. Miljøstyrelsen,  
København.
- Lemkow, J. 1994. *Overskudssand fra danske støberier*. DTI/IM for Miljøstyrel-  
sen. Upubliceret.
- Lohse, J., K. Sander & M. Wirts. 2001. *Heavy Metals in Vehicles II*. Ökopol –  
Institut für Ökologie und Politik GmbH, Hamburg.  
[http://europa.eu.int/comm/environment/waste/heavy\\_metals.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/waste/heavy_metals.pdf).
- Ludvigsen, K. & O. Hjelmar. 1992. *Vurdering af slagge fra affaldsforbrændings-  
anlæg*. Vandkvalitetsinstituttet for Miljøstyrelsen. Upubliceret.
- Marker, Ole. Dansk Tandlægeforbund, Personlig kommunikation, oktober  
2002.
- Miljöförvaltningen 1999. *Fyrverkeriers miljöpåverkan - En undersökning av  
metaller i fyrverkerier*. PM 1999:1. Miljöförvaltningen i Göteborg.

- Miljø- og Energiministeriet. *Strategi for PVC-området – statusredegørelse og fremtidige perspektiver*. Juni, 1999.
- Miljøstyrelsen. 1994. *Vandmiljø 94*. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2:1994. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen. 1997. *Punktkilder 1996*. Orientering nr. 16. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen. 1999. *Substitution af bly i fiskeredskaber*. Internt notat nr. 50126, november 1999. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen. 2000b. *Regnbetingede udløb fra kloaksystemer*. Miljøprojekt nr. 547, 2000. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen. 2001a. *Affaldsstatistik 2000*. Miljøprojekt nr. 14, 2001. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen. 2001b. *Punktkilder 2000*. Orientering fra miljøstyrelsen nr. 13 2001. Miljøstyrelsen, København.
- Miljøstyrelsen. 2001c. *Spildevandsslam fra kommunale og private renselanlæg i 1999*. Orientering fra miljøstyrelsen nr. 3 2001. Miljøstyrelsen, København.
- MiS. 2000. *Förhöjda halter av metaller i luften. Mätning i Stockholm under millennieskiftet*. Miljöförvaltningen i Stockholm.
- Møller, A. (december 2001). Dankalk, Løgstør. Personlig kommunikation.
- Morsing, M. & S. Westborg. 1994. *Aske fra halm- og flisfyrede værker til jordbrugsmæssig anvendelse*. Forprojekt. Energistyrelsen j.nr. 51161/94-0006.
- Naamansen, E.T. (december 2002). Kommunekemi A/S, Nyborg. Personlig kommunikation.
- Nielsen, K. 2001. *Metalafgivelse til drikkevand. Rigs-tests af materialer til husinstallationer*. Miljøprojekt nr. 603. Miljøstyrelsen, København.  
Nielsen, E. K. (december 2001). Thyborøn Havn, Thyborøn. Personlig kommunikation.
- Nilsson, P. 1996. *Anthropogenic flows of zinc and associated metals in Sweden*. AFR-report 131. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Nikolajsen, L. (januar 2002). Videncenter for Halm & Træflisfyring, v. Dansk Teknologisk Institut, Århus. Personlig kommunikation.
- Öehnschläger, Mette. Oktober 2002. Statens Institut for Strålehygiejne, Herlev. Personlig kommunikation.
- OSPAR. 2000. *Quality Status Report 2000, Region II – Greater North Sea*. OSPAR Commission, London.
- Pacyna, J.M. 1989. *Technological parameters affecting atmospheric emissions of trace elements from major anthropogenic sources*. In: Pacyna, M.J & B. Ottar. Control and fate of atmospheric trace metals. NATO ASI series, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- Petersen, C. 2001. *Statistik for behandling af organisk affald fra husholdninger – Revideret udgave*. Miljøprojekt nr. 654. Miljøstyrelsen, København.
- Plantedirektoratet. 2001. *Danmarks forbrug af handelsgødning 2000/01*. Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2001.  
<http://www.pdir.dk/pdf/hango01.pdf>
- Returbat og Miljøstyrelsen. 1995. *Indsamlingspotentiale for blyakkumulatorer*. COWIconsult for Returbat og Miljøstyrelsen. Upubliceret.
- Samuelson, Bjørn. Danmarks Jægerforbund. Person kommunikation, juli 2002.
- Roorda, A.A.H. & B.L. van der Ven. 1999. *Lead Sheet and the environment*. TNO report TNO-MEO - R 98/503, Amsterdam.
- Sander K. , J. Lohse & U. Pirtke. 2000. *Heavy metals in vehicles*. DG Environment, the Commission of the European Communities, Bruxelles.
- Skyrin, Anne Kari. Personlig kommunikation, oktober 2002. Miljøchef, Kodak. Norge.
- Sörme, L., B. Bergbäck & U. Lohm. 2001. *Goods in the anthroposphere as a metal emission source*. Water, Air and Soil Pollution. Focus 1: 213-227.
- Starr, F. 1998. *A resource for glass*. The Corning Museum of Glass Education Dept. New York, USA.
- Sundhedsstyrelsen, *Redegørelse vedrørende transport af radioaktive stoffer for året 2001*. Statens Institut for Strålehygiejne, Herlev, marts 2002.  
 Svartstein, G. (december 2001).
- Saybolt Danmark A/S, København. Personlig kommunikation.
- Thornton, I., R. Rautiu & S. Brush. 2001. *Lead - the facts*. IC Consultants Ltd, London
- Thygesen, Jens. Danmarks Sportsfiskerforbund. Personlig kommunikation, september 2002.
- Townsend, T. G. Musson, S. Jang & Y. Chung, I. 1999. *Characterization of lead leachability from cathode ray tubes using the toxicity characteristic leaching procedure*. State University of Florida, Florida Center for solid and hazardous waste management. Report #99-5/1999.
- Tukker, A., H. Buijst, L. van Oers and E. van der Voet. 2001. *Risks to health and the environment related to the use of lead in products*. TNO Report STB-01-39.
- Uhlig, H. 1965. *Corrosion and corrosion control*.
- U.S. EPA.1998. *Locating and estimating air emissions from sources of lead and lead compounds*. Office of Air Quality Planning and Standards, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park.
- Uniscrap. *Miljøredegørelse for Uniscrap A/S Genvindingsindustri, Kolding afdeling 23 & 25*. Uniscrap A/, Kolding.

Varming, S. 2001. (december 2001). Tech-wise A/S, Fredericia. Personlig kommunikation.

69/493/EØF. 1969. Rådets direktiv 69/493/EØF af 15. december 1969 om tilnærmelse af medlemsstaternes lovgivninger om krystalglas.

Århus Amt. 2001. *Nytårsfyrværkeriet gav Århus andet end fest og farver*. Nyheder fra Århus Amt 17/01/2001.

Århus Amt. 2002. *Hvad undersøger vi? Forbud mod bly i fyrværkeri har hjulpet på luftkvaliteten*. Århus Amt 5/2-2002.



# Bilag 1

## Blyforbindelser registreret i Produktregistret

I forbindelse med dette projekt er der foretaget to søgninger i Produktregistrets database PROBAS. De to søgninger dækker henholdsvis alle registrerede forbindelser og alle forbindelser for hvilke der er sket ændringer i de registrerede mængder i perioden 1997-2002. Der er en tendens til at virksomheder ikke får anmeldt når de ikke længere anvender registrerede stoffer, og den samlede liste vil derfor kunne indeholde en lang række forbindelser som faktisk ikke længere anvendes.

I nedenstående tabel er angivet de forbindelser for hvilke der er sket en opdatering i perioden 1997-2002.

For en del af de forbindelser der anvendes som stabilisatorer er der mindre end tre anmeldere og mængdeangivelserne er derfor fortrolige. Samlet er der registreret 147-154 tons blystabilisatorer i produkter til det danske marked.

Tabel B 1.1  
Blyforbindelser for hvilke der er sket ændringer i de registrerede mængder i perioden 1997-2002. Stofmængden udtrykker mængden af stoffet i produkter til det danske marked.

CASnr.	STOFNAVN	Stofmængde registreret i 1997 og derefter (tons)	Registreret primær funktion
1072-35-1	BLY(II)STEARAT	32	Stabilisator
1344-37-2	C.I. PIGMENT YELLOW 34	346-354	Pigment
1344-40-7	LEAD OXIDE PHOSPHONATE, (PB3O2(HPO3)), HEMIHYDRATE	5-7	Stabilisator
6358-31-2	C.I. PIGMENT YELLOW 74	4.025-4.507	Pigment
7439-92-1	BLY	2	Loddemetal
7758-97-6	BLY(II)CHROMAT	1-2	Pigment
12065-90-6	BLYOXIDSULFAT (PB5O4(SO4))	..	Stabilisator
12141-20-7	LEAD OXIDE PHOSPHONATE, (PB3O2(HPO3))	..	Stabilisator
12202-17-4	LEAD OXIDE SULFATE, (PB4O3(SO4))	..	Stabilisator
12578-12-0	LEAD, BIS(OCTADECANOATO)DIOXOTRI-	..	Stabilisator
12656-85-8	C.I. PIGMENT RED 104	178-180	Pigment
65997-17-3	GLASS, OXIDE, CHEMICALS	4.833-4.856	Udfyldningsmaterialer
66402-68-4	CERAMIC MATERIALS AND WARES, CHEMICALS	3-27	Laboratoriekemikalier

".." Mængder holdes fortrolige fordi mindre end tre virksomheder har deklareret anvendelse af den pågældende forbindelse

# Bilag 2

## Statistiske oplysninger om import, eksport og dansk produktion af blyholdige produkter for perioden 1996-2000

Varekode og varetitel	År	Noter	Produktion Tons/år	Import Tons/år	Eksport Tons/år	Forsyning Tons/år
2607.00.00 Blymalm og koncentrationer heraf	1995		0	0	0	0
	1996		0	0	6	-6
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	0	0	0
	2000		0	16	0	16
	Middel		0	3	1	2
2620.20.00 Aske og restprodukter, blyholdige	1995		0	69	0	69
	1996		0	92	118	-26
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	6	-6
	Middel		0	27	21	6
2824.10.00 Blymonooxid	1995		0	1	0	1
	1996		0	3	0	3
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	2	0	2
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	1	0	1
2824.90.00 Blyoxider, undt. blymonooxid	1995		0	15	0	15
	1996		0	0	0	0
	1997		0	62	0	62
	1998		0	14	2	12
	1999		0	59	0	59
	2000		0	46	0	46
	Middel		0	33	0	32
2827.49.10 Oxychlorider og hydroxychlorider, af bly	1995		0	0	0	0
	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	44	0	44
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	7	0	7

Varekode og varetitel	År	Noter	Produktion Tons/år	Import Tons/år	Eksport Tons/år	Forsyning Tons/år
2833.29.70	1995		0	21	0	21
Sulfater af kviksølv og bly	1996		0	35	0	35
	1997		0	32	0	32
	1998		0	1	0	1
	1999		0	55	4	51
	2000		0	67	0	67
	Middel		0	35	1	34
2834.29.20	1999		0	78	0	78
Nyt nr. i 1999. Tidl. 2834.29.50.+ 2834.29.10.	2000		0	57	0	57
	Middel		0	68	0	23
2834.29.50	1995		0	0	0	0
Nitrater af bly Slåes sammen med andet nr. i 1999 til 2834.29.20	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
2836.70.00	1995		0	0	1	-1
Blycarbonat	1996		0	1	1	0
	1997		0	0	2	-2
	1998		0	0	0	0
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	0	1	0
2839.90.00	1995		0	4.141	376	3.765
Silicater og kommercielle silicater af alkalimetaller, undt. natrium og kalium	1996		0	3.652	356	3.297
	1997		0	2.785	331	2.455
	1998		0	2.680	313	2.367
	1999		0	2.785	358	2.427
	2000		0	3.305	288	3.017
	Middel		0	3.225	337	2.888
2841.20.00	1995		0	77	0	77
Zink- el. blychromater	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	13	0	13
3206.20.00	1995		0	191	62	129
Pigmenter og præparater på basis af chrom- forbindelser	1996		0	354	54	300
	1997		0	270	38	232
	1998		0	306	88	218
	1999		70	340	62	347
	2000		0	400	71	329
	Middel		14	310	62	259

Varekode og varetitel	År	Noter	Produktion Tons/år	Import Tons/år	Eksport Tons/år	Forsyning Tons/år
3811.11.10	1995		0	0	0	0
Additiver, til modvirkning af bankning, fremstillet på basis af tetraethylbly	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	3	-3
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	5	-5
	Middel		0	0	1	-1
3811.11.90	1995		0	1.161	0	1.161
Additiver, til modvirkning af bankning, fremstillet på basis af blyforbindelser, undt. tetraethylbly	1996		0	994	0	994
	1997			659	27	633
	1998		0	961	0	961
	1999		0	717	0	717
	2000		0	1.348	40	1.308
	Middel		0	973	11	962
7210.20.10	1995			403	0	403
Fladvalset jern/ulegeret stål, bredde min. 600 mm, belagt eller overtrukket med bly, ej yderligere bearbejdet	1996		0	254	0	254
	1997		0	244	0	244
	1998		0	2	0	2
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	150	0	150
7210.20.90	1995			0	0	0
Fladvalset jern/ulegeret stål, bredde min. 600 mm, belagt eller overtrukket med bly, yderligere bearbejdet	1996		0	4	23	-19
	1997		0	0	0	0
	1998		0	1.052	0	1.052
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	503	-503
	Middel		0	176	88	88
7212.50.31	1995			0	0	0
Fladvalset jern/ulegeret stål, bredde o 500 u 600 mm, kun forblyet	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	18	0	18
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	3	0	3
7212.50.39	1995		0	0	0	0
Fladvalset jern/ulegeret stål, bredde o 500 u 600 mm, forblyet, videreforarbejdet	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	0	0	0
7212.50.85	1995		0	0	0	0
Fladvalset jern/ulegeret stål, bredde max 500 mm, forblyet	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	0	0	0

Varekode og varetitel	År	Noter	Produktion Tons/år	Import Tons/år	Eksport Tons/år	Forsyning Tons/år
7801.10.00	1995		459	2.406	29	2.835
Bly, raffineret, ubearbejdet	1996		348	3.218	24	3.542
	1997		377	2.631	223	2.785
	1998		488	1.875	217	2.146
	1999		468	1.006	13.379	-11.906
	2000		447	1.391	1.732	106
	Middel		431	2.088	2.601	-82
7801.91.00	1995		0	1.258	180	1.078
Bly, med antimon, beregnet efter vægt, som den væsentligste anden bestanddel, ubearbejdet, uraffineret	1996		0	2.383	892	1.491
	1997		0	1.856	67	1.789
	1998		0	1.812	42	1.770
	1999		0	1.127	138	989
	2000		0	1.490	199	1.291
	Middel		0	1.654	253	1.401
7801.99.10	1995		0	0	0	0
Bly, ubearbejdet, uraffineret, min. 0,02 vægt% sølv og mere sølv end antimon, til raffinering	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	0	0	0
7801.99.91	1995		0	540	18	521
Blylegeringer, ubearbejdet, uraffineret	1996		0	516	27	489
	1997		0	685	9	676
	1998		0	291	0	291
	1999		0	342	0	342
	2000		0	476	0	475
	Middel		0	475	9	466
7801.99.99	1995		0	12	212	-199
Bly, ubearbejdet, uraffineret, undt. (med antimon som den væsentligste anden bestanddel mv.)	1996		0	25	260	-236
	1997		0	61	386	-325
	1998		0	90	386	-296
	1999		0	56	342	-286
	2000		0	7	254	-248
	Middel		0	42	307	-265
7802.00.00	1995	1	26	1.668	6.082	-4.388
Affald og skrot, af bly, undt. fra akkumulatorer	1996	1	25	1.148	2.612	-1.438
	1997	1	21	2.620	2.009	631
	1998	1	5	1.611	5.987	-4.371
	1999		0	1.895	1.306	589
	2000		0	2.032	1.959	73
	Middel		13	1.829	3.326	-1.484
7803.00.00	1995		21	464	45	440
Stænger, profiler og tråd, af bly	1996		20	497	34	483
	1997		19	533	28	524
	1998		26	445	7	464
	1999		58	467	18	507
	2000		218	272	24	467
	Middel		60	446	26	481

Varekode og varetitel	År	Noter	Produktion Tons/år	Import Tons/år	Eksport Tons/år	Forsyning Tons/år
7804.11.00	1995		0	2	0	2
Bånd og folie, af bly, tykkelse max 0,2 mm (uden underlag)	1996		0	4	1	4
	1997		0	29	1	29
	1998		0	7	0	7
	1999		0	3	0	3
	2000		0	26	0	26
	Middel		0	12	0	12
7804.19.00	1995		0	5.133	329	4.804
Plader, bånd og folie, af bly, tykkelse o 0,2 mm (uden underlag)	1996		0	4.228	103	4.126
	1997		0	4.588	1.365	3.223
	1998		0	4.244	505	3.739
	1999		0	4.362	93	4.270
	2000		0	3.354	98	3.256
	Middel		0	4.318	415	3.903
7804.20.00	1995		0	0	0	0
Pulver og flager, af bly	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	0	0	0
7805.00.00	1995		0	2	0	2
Rør, rørfittings (f.eks. samleled, rørknæ, muffer), af bly	1996		0	1	0	1
	1997		0	2	0	2
	1998		0	1	11	-10
	1999		0	0	11	-11
	2000		0	0	1	-1
	Middel		0	1	4	-3
7806.00.10	1995		0	0	0	0
Beholdere med blyafskærmning mod radioaktiv bestråling til transport el. opbevaring af radioaktive stoffer	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	0	0
	Middel		0	0	0	0
7806.00.90	1995	1	62	192	491	-237
Varer, af bly, undt. stænger, bånd, folier, rør, rørfittings, og beholdere med blyafskærmning til radioaktive stoffer	1996	1	69	113	448	-266
	1997	1	74	144	907	-689
	1998	1	37	163	1.028	-828
	1999		0	683	1.107	-424
	2000		0	878	1.066	-188
	Middel		40	362	841	-439

Varekode og varetitel	År	Noter	Produktion Tons/år	Import Tons/år	Eksport Tons/år	Forsyning Tons/år
7806.00.90	1995	1	62	192	491	-237
Varer, af bly, undt. stænger, bånd, folier, rør, rørfittings, og beholdere med blyafskærmning til radioaktive stoffer	1996	1	69	113	448	-266
	1997	1	74	144	907	-689
	1998	1	37	163	1.028	-828
	1999		0	683	1.107	-424
	2000		0	878	1.066	-188
	Middel		40	362	841	-439
8507.10.10	1995		0	1	0	1
Blyakkumulatorer til start af stempelmotorer, til civile fly	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	0	0	0
	2000		0	0	24	-24
	Middel		0	0	4	-4
8507.10.31	1995		0	14	15	-1
Blyakkumulatorer til start af stempelmotorer, max 5 kg, med flydende elektrolyt, undt. til civile fly	1996		0	160	2	158
	1997		0	99	1	98
	1998		0	151	4	148
	1999		0	73	0	73
	2000		0	52	0	51
	Middel		0	91	4	88
8507.10.39	1995		0	31	2	29
Blyakkumulatorer til start af stempelmotorer, max 5 kg, ej med flydende elektrolyt, undt. til civile fly	1996		0	13	1	11
	1997		0	69	3	66
	1998		0	98	0	97
	1999		0	120	8	112
	2000		0	68	6	62
	Middel		0	67	3	63
8507.10.81	1995		..	4.940	2.363	..
Blyakkumulatorer til start af stempelmotorer, o 5 kg, med flydende elektrolyt, undt. til civile fly	1996		..	5.371	2.105	..
	1997		..	5.883	2.232	..
	1998		..	5.019	1.939	..
	1999		..	6.632	1.536	..
	2000		..	7.304	1.448	..
	Middel		..	5.858	1.937	..
8507.10.89	1995		0	3.221	222	2.999
Blyakkumulatorer til start af stempelmotorer, o 5 kg, ej med flydende elektrolyt, undt. til civile fly	1996		0	3.203	352	2.852
	1997		0	3.049	279	2.770
	1998		0	3.906	1.093	2.814
	1999		0	2.262	204	2.059
	2000		0	2.654	383	2.271
	Middel		0	3.049	422	2.627
8507.20.10	1995		0	0	0	0
Blyakkumulatorer, undt. til start af stempelmotorer, til civile fly	1996		0	0	0	0
	1997		0	0	0	0
	1998		0	0	0	0
	1999		0	13	0	13
	2000		0	31	0	31
	Middel		0	7	0	7

Varekode og varetitel	År	Noter	Produktion Tons/år	Import Tons/år	Eksport Tons/år	Forsyning Tons/år
8507.20.31	1995		0	1.424	358	1.066
Traktionsbatterier, blyakkumulatorer, med flydende elektrolyt, undt. til civile fly	1996		0	1.490	169	1.321
	1997		0	1.479	135	1.345
	1998		0	1.844	150	1.693
	1999		0	1.555	125	1.431
	2000		0	1.384	153	1.231
	Middel		0	1.530	182	1.348
8507.20.39	1995		0	104	2	102
Traktionsbatterier, blyakkumulatorer, ej med flydende elektrolyt, undt. til civile fly	1996		0	55	3	51
	1997		0	52	19	34
	1998		0	49	18	31
	1999		0	9	5	5
	2000		0	1	4	-3
	Middel		0	45	9	37
8507.20.81	1995		0	141	2	139
Blyakkumulatorer med flydende elektrolyt, i.a.n.	1996		0	437	2	434
	1997		0	645	3	643
	1998		0	246	2	244
	1999		0	1.084	0	1.084
	2000		0	996	16	979
	Middel		0	591	4	587
8507.20.89	1995		0	664	14	650
Blyakkumulatorer, ej med flydende elektrolyt, i.a.n.	1996		0	636	49	586
	1997		0	804	31	772
	1998		0	1.498	32	1.466
	1999		0	1.712	29	1.683
	2000		0	1.275	44	1.231
	Middel		0	1.098	33	1.065
8548.10.91	1995			Varenummeret eksisterede ikke i 1995		
Affald og skrot, primærelementer, primærbat- terier og elektriske akkumulatorer, indehol- dende bly	1996		0	298	34942	-34645
	1997		0	42	13428	-13386
	1998		0	131	19505	-19375
	1999		0	84	15234	-15150
	2000		0	592	18438	-17846
	Middel		0	229	20309	-20080
7204.30.00	1995		0	4	17365	-17361
Affald og skrot, af fortrinnet jern og stål	1996		0	35	14244	-14209
	1997		0	1193	9060	-7867
	1998		0	12	12385	-12373
	1999		0	98	57601	-57503
	2000		0	0,0	31177	-31177
	Middel		0	224	23639	-23415



Varekode og varetitel	År	Noter	Produktion Tons/år	Import Tons/år	Eksport Tons/år	Forsyning Tons/år
7404.00.10	1995		31	4105	9407	-5272
Affald og skrot af raffineret kobber	1996	1	22	2667	5875	-3186
	1997	1	27	1470	5399	-3902
	1998		19	9640	6781	2878
	1999	1	18	2748	5851	-3085
	2000	1	15	3797	5714	-1902
	Middel		22	4071	6505	-2411
7404.00.91	1995		1788	483	10341	-8069
Affald og skrot af kobber-zinklegeringer (messing)	1996		1641	1443	18159	-15076
	1997		1548	1282	17465	-14635
	1998		1682	2186	17452	-13584
	1999		2403	1446	17905	-14056
	2000		2541	2110	20445	-15794
	Middel		1934	1492	16961	-13536
7404.00.99	1995	1	88	5763	32421	-26571
Affald og skrot af kobberlegeringer, undt. messing	1996	1	72	4133	7576	-3370
	1997	1	71	3757	7928	-4100
	1998	1	65	2882	7754	-4806
	1999	1	115	3826	11427	-7486
	2000	1	152	4766	12819	-7900
	Middel		94	4188	13321	-9039
8002.00.00	1995		0	6	158	-152
Affald og skrot, af tin	1996		0	0	102	-102
	1997		0	0	137	-137
	1998		0	0	153	-153
	1999		0	0	114	-114
	2000		0	0	113	-113
	Middel		0	1	129	-128
8548.10.91	1995			Varenummeret eksisterede ikke i 1995		
Affald og skrot, primærelementer, primærbat- terier og elektriske akkumulatorer, indehol- dende bly	1996		0	298	34942	-34645
	1997		0	42	13428	-13386
	1998		0	131	19505	-19375
	1999		0	84	15234	-15150
	2000		0	592	18438	-17846
	Middel		0	229	20309	-20080

Note1: Kun værdien af den danske produktion er opgivet. Produceret mængde udregnes her på grundlag af oplysninger om værdi af produktion samt og værdi og mængde af eksporterede varer.

".." Oplysningerne er diskretionerede i statistikken.

# Bilag 3

## Firmaer, organisationer, mm. der har været kontaktet som led i denne undersøgelse

A. Winther A/S, Them  
A/S Grindsted Akkumulatorfabrik, Grindsted  
A/S Haahr Raffinaderiet, Vejle  
Ado-Gardiner Danmark A/S, Kolding  
Affaldscenter Århus, Århus V  
Agfa Gevaert A/S, Glostrup  
Alustal A/S af 1993, Rudkøbing  
Amagerforbrænding I/S, København S  
Ammunitionsarsenalet, Fredrikshavn  
Andelsselskabet Hørby Varmeværk, Sæby  
APC Denmark ApS (American Power Conversion Denmark ApS), Kolding  
Autobranchens affaldsservice ABAS, Aulum  
AV Miljø, Hvidovre  
Averhoff Genbrug A/S, Århus  
Banestyrelsen, Kbh.  
Benzin- og Oliebranchens Arbejdsgiverforening, Kbh.  
Billing Boats, Vejen  
Blytækker Michaelsen A/S, Thyholm  
B M Stålskorstene & Brændeovne (Bryrup Maskinfabrik ApS), Bryrup  
Boliden Bergsøe, Glostrup  
Boliden Danmark, Glostrup  
Bonus Energi A/S, Brande  
Botex - Hygebjerg, Vejle  
BP, Kastrup Lufthavn,  
Brock & Michelsen, Birkerød/Fredericia  
Bruno Christensen og Sønner Orgelbyggeri ApS, Tinglev  
Candor Kemiske A/S, Vejle  
Canon Danmark, Søborg  
Canon Europe, Holland  
Center for Restprodukter, Hørsholm  
Cerama A/S, Hvidovre  
Codan Gummi A/S, Køge  
Cosmos Trawl, Hirtshals  
COWI A/S, Lyngby  
Daconet A/S, Skive  
Dan Agentur Aps, Årslev  
Danfoss A/S, Århus  
Dankalk, Løgstør  
Dankram A/S, Allerød  
Danmarks Fiskeriforening, Kbh.  
Danmarks Jægerforbund, Rødovre  
Danmarks Sportdykkerforbund, Brøndby  
Danmarks Sportsfiskerforbund, Vejle  
Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby  
Dansk Havbrugerforening, København  
Dansk Olie Genbrug A/S, Kalundborg  
Dansk Restprodukt håndtering, Odense  
Dansk Shell A/S, Fredericia  
Dansk Skytteunion, Brøndby  
Dansk Tandlægeforening, København  
Diploma, Hvidovre  
De Danske Skytteforeninger, Bredsten  
Det Danske Stålvalseværk, Frederiksværk  
ECONET A/S, Lyngby  
Eimepar A/S, Helsingør  
ELEKTRO MILJØ A/S, Vejle  
ELSAM, Fredericia  
ENERGI E2 A/S, Ballerup  
EnviDan A/S, Silkeborg  
Esbjerg Havn, Esbjerg  
Eurofins Danmark A/S (tidl. Miljø-Kemi), Galten  
Faber Danmark A/S, Ryslinge & København  
Foreningen af danske Gaveartikel og Brugs-kunstartikler, Håndværkernes Hus, København  
Farvandsvæsenet, København K.  
Faxe Kalk A/S, Fakse Ladeplads  
Fiskeridirektoratet, København  
Fiskeriets Arbejds miljøråd & Tjeneste, Esbjerg  
Fiskeriinspektorat Nord, Nykøbing Mors  
Fiskeriinspektorat Syd, Fredericia  
Flemmings Fiskegrej I/S, Mesinge  
Flyvematerielkommandoen, Værløse  
Fona Gruppen Holding A/S, Hvidovre  
Games Workshop, Nottingham, UK  
GM Danmark, Charlottenlund  
Goblin Gate, Århus  
Godtgrej.dk, Bryrup  
Grønbech & Sønner A/S, København SV  
Gunnar Lund Olieservice A/S, Esbjerg  
Guntex A/S, Skjern,  
Gustavsberg (Villeroy & Boch Scandinavia), Rødovre  
H Wittrock A/S, Haslev  
HIN Horsens A/S, Horsens  
H.J.Hansen Genvindingsindustri A/S, Odense  
Hals Metalsmelteri A/S, Hals  
Hirtshals Havn, Hirtshals

Hjulcentret, Viborg  
 Hobby Shoppen, Vejle  
 Horsens Kraftvarmeværk, Horsens  
 Howden Power A/S, Næstved  
 Hvalpsund Net A/S, Farsø  
 Hærens Materialkommando, Hjørring  
 IDC (markedsanalyser mv.), Kbh.  
 J. C. Hempels Skibsfarvefabrik, Kgs. Lyngby  
 Juhl-Sørensen, Århus  
 Jørgen Hansen Maskinfabrik, Holsted  
 KARA I/S (Roskilde), Roskilde  
 Kemira Danmark A/S, Fredericia  
 Kierulff A/S, Tranekjær  
 Krøg-Iversen & Co. A/S, Vissenbjerg  
 Kodak (norden), Norge  
 Koldvulk A/S, Kolding  
 Kommunekemi a/s, Nyborg  
 Kunststof-kemi Scandinavia A/S, Nykøbing M.  
 Linak A/S, Nordborg  
 LINAK Danmark A/S, Silkeborg  
 LM Glasfiber, Lunderskov  
 Lubrizol Adibis Scandinavia,  
 M. O. Knudsen's Eftf., Vordingborg  
 Marcussen & Søn, Aabenraa  
 Marstal Fjernvarme A.m.b.A., Marstal  
 Medl. Bundgarnsudvalget, Karrebæksminde  
 Metalcentret A/S (N. Chr. Maibohms Eftf.),  
 Glostrup  
 Miljøfirmaet Pap & Plast A/S, Randers  
 Musikhistorisk museum, København  
 Neto Medico Aps, København  
 Nissens Kølerfabrik A/S, Horsens  
 NKT Holding A/S, Asnæs & Stenlille  
 Normark Denmark A/S (Wild Game), Randers  
 Novenco, Aalborg  
 Nymetal A/S, Nykøbing F  
 OBH Nordica Denmark A/S, Taastrup  
 Oliebranchens Fællesrepræsentation, Køben-  
 havn K  
 OTG Cani Denmark A/S (Pure Fishing),  
 Randers  
 PADI Nordic A/S, Aalborg  
 Passat Energi A/S, Ørum  
 P G Andersen & Bruhn ApS, Rødekro  
 Philips Danmark A/S, København V.  
 Philips Medico, Kbh.  
 Piesens Fiskeriartikler, Fjerritslev  
 Pilkington Danmark A/S, Viby J  
 Plantedirektoratet, Lyngby  
 Plastindustrien i Danmark, København K  
 Printca, Aalborg  
 RAMBØLL, Virum  
 Randers Reb A/S, Randers  
 Randers Tegl, Aalborg  
 Reno-Nord I/S, Aalborg  
 ReturBat, København V  
 Rexam Holmegaard (emballage), Næstved  
 RGS 90 A/S, København  
 Rigspolitiet, København V  
 Roulunds Braking A/S, Odense S  
 Royal Copenhagen, Frederiksberg  
 Royal Scandinavia, Frederiksberg  
 Sanistål A/S, Aalborg  
 SAYBOLT DANMARK A/S, København S  
 Scandinavian Calcium Oxide ApS, Løgstør  
 Schjerning Farver A/S, Ebeltoft  
 Schott Scandinavia A/S, Glostrup  
 Sønderborg Cylinder-Service Aps, Sønderborg  
 Sega Gardiner Aps, Greve  
 Shell, Kalundborg  
 Sigma Coatings A/S, Køge  
 Special Waste System A/S, Nr. Alslev  
 Statens Institut for Strålehygiejne, Herlev  
 Statoil A/S, Kalundborg  
 Studstrupværket, ELSAM  
 Svendsen Sport, Gadstrup  
 Søndergaard og Sønner, Århus  
 Taiga Outdoors, Hillerød  
 Tandlæge Lisbeth Skibsted, Horsens  
 Tech-wise A/S, Fredericia  
 Teknologisk Institut (Murværk), Århus  
 Teknos A/S, Vamdrup  
 Terndrup Fjernvarme A.m.b.A., Terndrup  
 Th. Frobenius & Sønner Orgelbyggeri A/S,  
 Kgs. Lyngby  
 Thyborøn Havn, Thyborøn  
 Thyborøn Trawlbinderi A/S, Thyborøn  
 Tommerup Bygningsskeramik, Tommerup  
 Trelleborg AB, Trelleborg, Sverige  
 Tyden Brammall of Scandinavia, Gentofte  
 Valcadan Medicinsk Røntgenteknik ApS,  
 Horsens  
 Varta Batteri Danmark, Stenløse  
 VEGA I/S, Taastrup  
 Vejen Kraftvarmeværk A/S, Vejen  
 Vejle Dyrehospital & Dyreklinik, Vejle  
 VELUX Danmark A/S, Hørsholm  
 Ventas Aps, Tikøb  
 Vestas, Ringkøbing  
 Vestergaard Aps., Viborg  
 Vestforbrænding I/S, Glostrup  
 Videntcenter for Halm & Træflisfyring, (v.  
 Dansk Teknologisk Institut), Århus  
 Vrist-Cut, Harboøre  
 X-Yachts A/S, Haderslev  
 Ørkild, Svendborg  
 Øster Hornum Varmeværk A.m.b.A, Støvring  
 Aalborg Portland A/S, Aalborg  
 Aalborg Tandplejeteam, Aalborg  
 Aalborg Universitet, Aalborg