

# Miljøprojekt nr. 323

1996

## Massestrømsanalyse for kobber

# Miljøprojekt

Nr.

- 161 : Arbejdsmiljøforhold ved genanvendelse af affald
- 162 : Renere teknologi i eksisterende galvanovirksomheder
- 163 : Forurening fra pelsdyrfarme
- 164 : Deltagelse i kildesortering af husholdningsaffald
- 165 : Luftforurening fra individuel og kollektiv trafik
- 166 : Overfladeaktive stoffer – spredning og effekter i miljøet
- 167 : Renere teknologi i mejeribranchen
- 168 : Miljømæssig vurdering af mælkeemballage
- 169 : Renere teknologi i den grafiske branche
- 170 : Ozonlagnedbrydende stoffer – forbrug i 1987-1989
- 171 : Design af affaldsbeholdere
- 172 : Økonomi i genanvendelse og affaldsbehandling
- 173 : Fyring med halm – en metode til renere forbrænding
- 174 : Spredningsudstyr til optimal udnyttelse af gylle
- 175 : Affald i Danmark – teknisk rapport
- 176 : Opløsningsmiddelfattige serigrafifarver
- 177 : Demonstrationsprojekt ”Selektiv nedrivning”
- 178 : Farveseparering af skår
- 179 : Eco-labelling of Paper Products
- 180 : Renere teknologi – bygge- og anlægsaffald
- 181 : Beton med nedknust tegl som tilslag
- 182 : Model til risikoanalyse af værtsmikroorganismer
- 183 : Eksempler på risikoanalyse af værtsmikroorganismer
- 184 : Danske sure og forsuringstruede søer
- 185 : Jernudvaskning fra drænede pyritholdige arealer
- 186 : Kommunale affaldsplaner
- 187 : Planteplankton – metoder
- 188 : Økotoxikologisk vurdering af industrispildevand
- 189 : Renere teknologi ved fremstilling af støberikærner
- 190 : Ozonlagnedbrydende stoffer – forbrug i 1990
- 191 : Renere teknologi i jern- og metalstøberier
- 192 : Dimensionering af grødefyldte bassiner til okkerrensning
- 193 : Restprodukter fra røggasrensning ved affaldsforbrænding II
- 194 : Kildesortering i Kolding kommune
- 195 : Lokal-kompostering i tæt, lav bebyggelse
- 196 : Substitution af kviksølv i produkter
- 197 : Grønne indkøb i amter og kommuner
- 198 : Kommunale affaldsregulativer
- 199 : Vegetabiliske olier – holdninger i den grafiske branche
- 200 : Vandfugle og søers miljøtilstand
- 201 : Ozonlagnedbrydende stoffer – forbrug i 1991
- 202 : Genanvendelse kontra forbrænding af mælkekartoner
- 203 : Risikoscreening ved nyttiggørelse og deponering af slagger
- 204 : Miljø- og arbejdsmiljøvurdering af materialer
- 205 : Zooplankton i søer – metoder og artsliste
- 206 : 2-delt indsamling i etageboliger i Svendborg kommune
- 207 : 2-delt indsamling i etageboliger i Århus kommune

Nr.

- 208 : Vejles affaldssystem
- 209 : Jernudvaskning ved dræning af arealer med jern i grundvand
- 210 : Branchebekendtgørelser som styringsmiddel i miljøpolitikken
- 211 : Okkerbelastning af jyske vandløb
- 212 : Miljø og arbejdsmiljø i den grafiske branche Bind I – Ydre miljø
- 213 : Forbrug af og forurening med cadmium
- 214 : 3-delt indsamlingssystem for dagrenovation
- 215 : Forebyggende miljøarbejde
- 216 : Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner
- 217 : Indsamling af køleskabe og frydere
- 218 : Miljøvurdering af fotokemikalier
- 219 : Husspildevand og renere teknologi
- 220 : Indsamling af madaffald fra husstande i København
- 221 : Byggeriets materialeforbrug
- 222 : Rensning og recirkulering af industrivaskerivand
- 223 : Benzin- og dieselolieforureneede grunde
- 224 : Miljømæssig vurdering af mikrobiologiske plantebeskyttelsesmidler
- 225 : Spildevandsrensning ved ionbytning
- 226 : Organotin i danske farvande
- 227 : Miljøvurdering af SEBS og PET
- 228 : Miljøvurdering af EVA
- 229 : Miljøvurdering af EAA og EMA
- 230 : Chromfri, kemisk forbehandling af aluminium
- 231 : Vand- og stofbalance i en natureng
- 232 : Renere teknologi i Hvidovre Vandforsyning
- 233 : Renere teknologi i træ- og møbelbranchen i Nordjylland
- 234 : Renere teknologi i Hadsund kommune
- 235 : Emission af toluen fra dybtrykte tryksager
- 236 : Renere teknologi ved affædtning af aluminium
- 237 : PVC-holdige produkter i den grafiske branche
- 238 : Komposteringsanlæg Århus Nord
- 239 : Renere teknologi i den nordjyske fiskeindustri
- 240 : Evaluering af Det Nordjyske Rammeprogram for Renere Teknologi
- 241 : Differentierede renovationsgebyrer
- 242 : Grøn, statslig indkøbspolitik
- 243 : Planteplankton – økologi
- 244 : Miljøvurderinger og substitutionsovervejelser
- 245 : Tilslutning af industrispildevand til kommunale renselanlæg
- 246 : Ozonlagnedbrydende stoffer – forbrug i 1992
- 247 : Principper for fastsættelse af jordkvalitetskriterier
- 248 : Klorparaffiner i Danmark
- 249 : Emission af dioxiner fra pejse og brændeovne
- 250 : Økotoxikologiske kvalitetskriterier for overfladevand
- 251 : Phytoplankton – Ecology
- 252 : Emballagevalg og affaldsproduktion på sygehuse
- 253 : Miljørigtig projektering
- 254 : Ecotoxicological Evaluation of Industrial Wastewater
- 255 : Fældningskemikaliers indhold af miljøfremmede stoffer
- 256 : Mikrobiologiske bekæmpelsesmidler

# Miljøprojekt nr. 323

1996

## Massestrømsanalyse for kobber

Forbrug, bortskaffelse og udslip til omgivelserne  
i Danmark

Carsten Lassen, Thomas Drivsholm, Erik Hansen,  
COWI

Benthe Rasmussen, Kim Christiansen  
Krüger A/S



# Indholdsfortegnelse

<b>1.</b>	<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Resumé og konklusioner</b>	<b>7</b>
	<b>English Summary</b>	<b>12</b>
<b>3.</b>	<b>Anvendelser i Danmark</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Råvarer og halvfabrikata</b>	<b>17</b>
3.1.1	Metallisk kobber	17
3.1.2	Kobber i kemiske forbindelser	22
<b>3.2</b>	<b>Anvendelse af kobber som metal</b>	<b>25</b>
3.2.1	Elektriske ledere og strømførende udstyr i installationer	26
3.2.2	Elektroniske produkter	31
3.2.3	Belysningsartikler	35
3.2.4	Elektriske maskiner og måleudstyr	37
3.2.5	Ventiler, sanitetsarmaturer og støbte kobbervarer	41
3.2.6	Kobber i byggeriet	45
3.2.7	Transportmidler og dele dertil	49
3.2.8	Andre produkter indeholdende metallisk kobber	51
3.2.9	Sammenfatning	54
<b>3.3</b>	<b>Anvendelse af kobber i kemiske forbindelser</b>	<b>58</b>
3.3.1	Imprægnering af træ	58
3.3.2	Andre kobbermidler (svampe- og vildtbidemidler)	62
3.3.3	Antifoulingmaling	63
3.3.4	Overfladebehandling	65
3.3.5	Tilsætning af kobber til foderstoffer	67
3.3.6	Tilsætning af kobber til handelsgødning	68
3.3.7	Katalysatorer	69
3.3.8	Pigmenter og farvestoffer	70
3.3.9	Andre anvendelser	73
3.3.10	Sammenfatning	73
<b>3.4</b>	<b>Kobber som følgestof i andre produkter</b>	<b>75</b>
3.4.1	Fossile brændstoffer	75
3.4.2	Biobrændsler	77
3.4.3	Cement	77
3.4.4	Jordbrugskalk	77
3.4.5	Sandblæsningsmidler	78
3.4.6	Jern og stål	78
3.4.7	Andet	79
3.4.8	Sammenfatning	80
<b>4.</b>	<b>Omsætning med affaldsprodukter</b>	<b>81</b>
<b>4.1</b>	<b>Genanvendelse af metallisk kobber</b>	<b>81</b>

<b>4.2</b>	<b>Omsætning af kobber med jern og stål</b>	<b>85</b>
<b>4.3</b>	<b>Omsætning i øvrigt med fast affald</b>	<b>87</b>
4.3.1	Totale årlige mængder af fast affald.	87
4.3.2	Termisk affaldsbehandling	89
4.3.3	Deponeringsaktiviteter	92
4.3.4	Biologisk affaldsbehandling	93
<b>4.4</b>	<b>Omsætning med kemikalieaffald</b>	<b>93</b>
<b>4.5</b>	<b>Omsætning med spildevand og spildevandsslam</b>	<b>95</b>
<b>4.6</b>	<b>Sammenfatning</b>	<b>100</b>
<b>5</b>	<b>Sammenfattende vurdering</b>	<b>103</b>
<b>5.1</b>	<b>Kobberforbruget i Danmark</b>	<b>103</b>
<b>5.2</b>	<b>Tilførsel af kobber til omgivelser og deponi</b>	<b>105</b>
<b>5.3</b>	<b>Kobberbalance for Danmark, 1992</b>	<b>109</b>
	<b>Referencer</b>	<b>111</b>
<b>Bilag 1</b>	<b>Virksomheder kontaktet som led i denne undersøgelse</b>	<b>121</b>
<b>Bilag 2</b>	<b>Statistiske oplysninger om produktion, import og eksport af kobber og kobberholdige produkter i perioden 1988-1992 (ikke medtaget i denne rapport)</b>	

# 1. Indledning

## Formål

Formålet med denne massestrømsanalyse har været at foretage en undersøgelse af anvendelsen, forbruget og spredningen af kobber i Danmark.

Undersøgelsen er gennemført og rapporteret i overensstemmelse med de retningslinier, der er angivet i Miljøstyrelsens paradigma for denne type undersøgelser (jf. /1/). Med undersøgelsen er tilstræbt et niveau for detaljeringen og pålideligheden, som svarer til det niveau, der i /1/ er karakteriseret som "detaljerede analyser".

## Baggrund

Indenfor rammerne af Miljøstyrelsens rammeprogram for miljøbelastende stoffer i affald blev i 1993 gennemført en vurdering af, hvilke kemiske stoffer der i særlig grad udgør et problem i forbindelse med den nuværende og fremtidige affaldsbehandling i Danmark. Ved denne vurdering blev, udover de gamle kendinge (dvs. tungmetallerne cadmium, bly og kviksølv), især peget på tungmetallerne kobber og nikkel samt stofgruppen phthalater.

Interessen for kobber er i øvrigt baseret på det forhold, at kobber på samme tid er et essentielt næringsstof og en vigtig ingrediens i flere bekæmpelsesmidler. Nylige undersøgelser har vist, at kobbers giftighed i vandmiljøet kan give problemer ved anvendelse og bortskaffelse af slagger fra affaldsforbrændingsanlæg /2/. Hertil kommer, at de globale forekomster af kobber anses for begrænsede (kan være udtømt inden for 100 år /3/). Af disse årsager har Miljøstyrelsen anset det for ønskværdigt med en bedre viden om omsætningen af kobber i det danske samfund.

Der har ikke tidligere været gennemført massestrømsanalyser for kobber i Danmark.

Den viden, der præsenteres i denne rapport, bygger hovedsageligt på statistiske oplysninger samt oplysninger fra offentlige institutioner og private virksomheder, uden hvis velvillige indstilling denne viden ikke ville foreligge.

Arbejdet med rapporten er udført i efteråret 1994 og foråret 1995. De oplysninger, der er indhentet fra offentlige institutioner og private virksomheder vedrører som hovedregel året 1993. Statistiske oplysninger indhentet via Danmarks Statistik vedrører derimod året 1992.

Når de statistiske data omhandler 1992 og ikke 1993 beror dette på, at data om udenrigshandel for 1993 først er publiceret sidst på året 1994 på et tidspunkt, da det var for sent at udnytte disse data i arbejdet. Den forsinkede publicering af disse data skyldes, at rutinerne for indrapportering af data om udenrigshandel til Danmarks Statistik er ændret fra den 1. januar 1993. De ændrede rutiner for indrapportering betyder herudover, at statistiske data for 1993 generelt må anses for mere usikre end 1992-data.

Af disse årsager kan den viden, der præsenteres i denne rapport, bedst betegnes som omhandlende 1992/93-forhold.

### *Finansiering og styring*

Projektet har været finansieret af Miljøstyrelsens rammeprogram for miljøbelastende stoffer i affald og er blevet overvåget af en styringsgruppe med følgende sammensætning:

Lise Fogh Pedersen,	Kontoret for Renere Teknologi og Produkter, Miljøstyrelsen (formand)
Lotte Wammen Rahbek,	Erhvervsaffaldskontoret, Miljøstyrelsen
Kim Christiansen,	Krüger Consult
Erik Hansen,	COWI

### *Forfattere*

Denne projektrapport er udarbejdet af Carsten Lassen, Thomas Drivsholm og Erik Hansen (projektansvarlig), COWI i samarbejde med Benthe Rasmussen og Kim Christiansen, Krüger Consult.



## 2. Resumé og konklusioner

Der er gennemført en relativ detaljeret opgørelse af anvendelsen af kobber i Danmark og spredningen af kobber til omgivelserne.

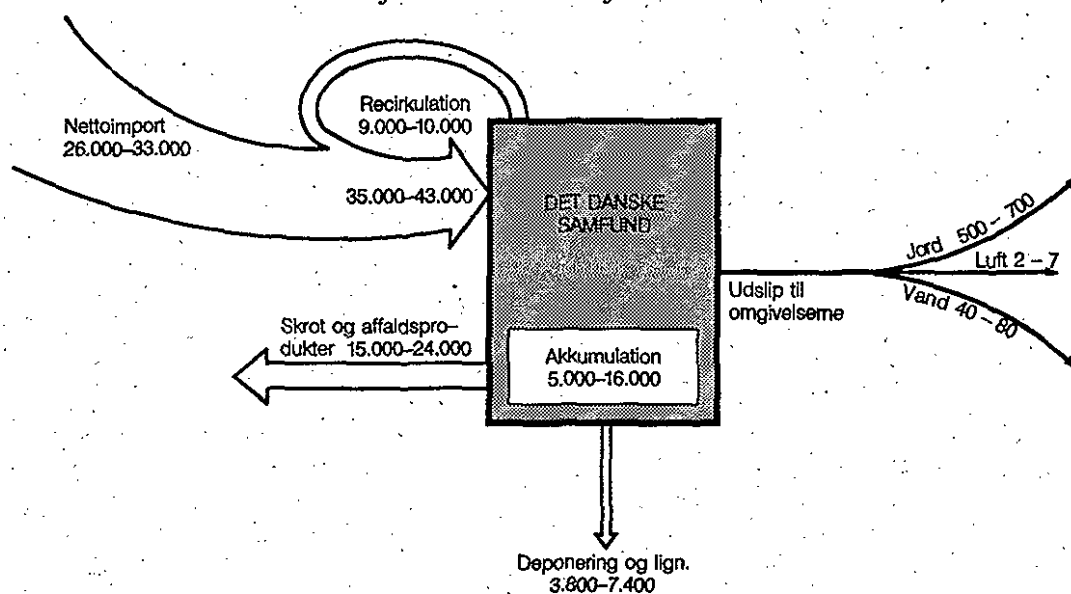
Den foreliggende viden omhandler hovedsageligt 1992-forhold og er tilvejebragt via oplysninger fra Danmarks Statistik, Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/, litteraturen samt henvendelse til en lang række virksomheder og offentlige institutioner.

### Kobberbalance

Kobberbalancen for det danske samfund er sammenfattet i figur 2.1, som er en forenklet udgave af figur 5.1 (afs. 5.3).

Figur 2.1

Kobberbalance for det danske samfund i 1992 (tons kobber/år).



Som angivet i figur 2.1 er nettotilførslen af kobber til det danske samfund med såvel råvarer som færdigvarer i 1992 opgjort til 26.000-33.000 tons. Heraf udgjorde nettoimporten af kobber med metalliske råvarer og halvfabrikata 28.000-29.000 tons. I forbindelse med produktion af færdigvarer blev omkring 25% af råvareforbruget til spåner og klip, der blev sendt til genanvendelse. Omkring 10.000 tons kobber med kobberskrot blev i 1992 i Danmark omsmeltet til nye råvarer.

Kobberbalancen giver kun et forenklet billede af den samlede kobberomsætning i Danmark. Årsagen er, at det ikke har været muligt at lave en præcis bestemmelse af import og eksport af kobber med sammensatte industriprodukter. I analysen er anvendt oplysninger fra Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/, som angiver mængden af kobber som indgår i industriprodukter produceret i Danmark samt den mængde der forbruges med industriprodukter i Danmark. På denne baggrund kan nettoimporten med sammensatte industriprodukter bestemmes. Det samlede kobberindhold i producerede varer balancerede stort set indholdet i de forbrugte varer. Under hensyntagen til den usikkerhed, der er på opgørelserne, skønnes nettoeksporten med færdigvarer at være i intervallet -2.000 til 4.000 tons Cu/år (negativ nettoeksport betyder at der er en nettoimport).

Med en række varer - især ventiler og armaturer - var der en væsentlig nettoeksport af kobber, mens der med bl.a. elektriske ledere, elektronik, belysningsartikler og husholdningsmaskiner foregik en nettoimport.

## Kobberforbrug

Den nærmere fordeling af kobberforbruget med færdigvarer på anvendelsesområder fremgår af tabel 2.1 som er en forenklet udgave af tabel 5.2.

**Tabel 2.1**  
Forbrug af kobber med færdigvarer i Danmark; 1992 <sup>1)</sup>

Anvendelse	Forbrug	
	Tons Cu/år	% <sup>2)</sup>
<b>Metallisk kobber:</b>		
Elektriske ledere og strømførende udstyr i installationer	7.400-11.200	26
Elektroniske produkter	1.400-2.200	5
Belysningsartikler	900-1.300	3
Elektriske maskiner	3.200-4.600	11
Armaturer, mønter og støbte kobbervarer	5.100-7.100	17
Byggematerialer	3.800-5.700	13
Transportmidler	3.000-5.600	12
Andet	1.000-1.600	4
<b>Kemiske forbindelser:</b>		
Trykimprægneringsmidler og pesticider	200-250	0,6
Antifoulingsmidler	27-40	0,1
Pigmenter og farvestoffer	100-200	0,4
Tilsætning til foderstoffer og handelsgødning	425-540	1,4
Overfladebehandling	40-80	0,2
Andet	2-15	0,2
<b>Som følgestof:</b>		
Stål	1.000-1.800	4
Fossile brændsler	44-127	0,2
Andet	60-110	0,3
I alt	28.000-42.000 <sup>1)</sup>	100

Noter:

- 1) Tallet angiver forbruget med færdigvarer og skal ikke forveksles med den samlede omsætning i figur 2.1 hvor også råvarer til industrien er medregnet.

Det angivne interval er fremkommet ved at addere hhv. alle de mindste og alle de største værdier i konfidensintervallerne. Sandsynligheden for at det for alle anvendelsesområder netop skulle være de maximale eller minimale værdier der faktisk udtrykker de sande værdier, er dog overordentligt lille. Hvor stor sandsynligheden er, for at den beregnede sum vil ligge inden for et givet interval, kan alternativt - under antagelse af at usikkerhederne kan beskrives med en normalfordeling - beregnes med Gauss' fejllophobningslov der siger at spredningen på summen af en række normalfordelinger er kvadratroden på summen af spredningernes kvadrat (for nærmere beskrivelse af metoden se /104/). Under antagelse af at de angivne skøn kan betrag-

tes som normalfordelte og at intervallerne angivet i tabellen repræsenterer et 90% konfidensinterval, vil 90% konfidensintervallet på summen være 32.000-38.000. Dette interval må betragtes som et mere realistisk skøn over det samlede forbrug af metallisk kobber med færdigvarer i Danmark.

2) Det procentuelle forbrug er beregnet på baggrund af middelværdier.

Elektriske ledere og strømførende udstyr tegnede sig for omkring 26% af forbruget (excl. elektriske ledere i apparater). Andre vigtige anvendelsesområder var ventiler, armaturer og støbte kobbervarer (17%) byggematerialer (13%), transportmidler (12%) og elektriske maskiner (11%).

Som kemiske forbindelser anvendtes kobbers egenskaber som mikronæringsstof for planter ved tilsætning til handelsgødning og til forebyggelse af bl.a. diarré hos husdyr ved tilsætning til foderstoffer (1,4%), mens kobbers hæmmende virkning på mikroorganismer, svampe og alger udnyttedes i trykimprægneringsmidler (0,6%) og antifoulingsmidler (0,1%). Som pigment og farvestof anvendtes kobber til en række formål i maling og trykfarver (0,4%).

*Kobber  
som følgestof*

Kobber blev omsat som legeringselement (utilsigtet) i stål i en mængde svarende til 4% af totalforbruget af kobber. Kobber som følgestof i andre produkter udgjorde samlet omkring 0,5% af det totale forbrug.

*Tilførsel til omgivelserne*

Tilførsel af kobber til omgivelserne og deponier fremgår at tabel 2.2, som sammenfatter oplysninger fra tabel 5.3 (se afs. 5.2).

*Luft*

Emissionen af kobber til luft stammede hovedsageligt fra støberiprocesser og energifremstilling, men det skal understreges at udslip til luft var relativt beskedne i forhold til den tilsigtede tilførsel med kobbermidler til jord og vand.

*Vand*

Brug af kobberholdige antifoulingsmidler (begroningshindrende midler til skibe) stod for den største tilførsel af kobber til vandmiljøet (ca. 38%). Afløb fra kommunale rensningsanlæg og udslip af kobberholdige sandblæsningsmidler stod for hhv. ca. 33% og 6% af den totale tilledning til vandmiljøet. Det skal dog understreges at disse bidrag er relativt usikkert bestemt. De væsentligste kilder til kobber i spildevand anslås at være korrosion fra kobberrør, kobbertage og uisolerede elektriske ledere. Der foreligger dog ingen præcise målinger af udslip fra disse kilder.

*Jord*

Den langt overvejende tilførsel af kobber til jord skete med gødningsstoffer (ca. 80%). Det største bidrag kom fra naturgødning, idet hovedparten af det kobber, som tilsattes foderstoffer, endte i gødningen. Slam fra rensningsanlæg tegnede sig for ca. 5% af tilførslen, mens svampemidler bl.a. i form af trykimprægneringsmidler ligeledes tegnede sig for omkring 5%.

**Tabel 2.2**  
Tilførsel af kobber til omgivelserne og deponi; 1992.

Proces/kilde	Tilførsel (tons Cu/år) til:				I alt
	Luft	Vand	Jord	Deponi mm	
<b>Industrielle processer:</b>					
Fremstilling af jern og stål	0,07			4)	0,07
Metalstøbning	0,6-3			4)	0,6-3
Sandblæsning		3-5	3-5	4)	6-10
Andet	<0,2	1)		4)	<0,2
<b>Energifremstilling:</b>	1,1-2,2		0.1-0.4	41-118	42-121
<b>Anvendelse af produkter:</b>					
Trykimprægneringsmidler			10-35		10-35
Svampemidler			8-11		8-11
Handelsgødning og foderstoffer			425-540		425-540
Antifoulings midler		18-28			18-28
Andet		5-20 1)	16-47		21-67
<b>Affaldsbortskaffelse:</b>					
Håndtering af skrot		1)		8-12 5)	8-12
Forbrænding, deponering og anden bortskaffelse af fast affald	0,5-1,0		1-1,5	3.600-7.100	3.600-7.100
Kommunekemi	<0,1	0,03-0,05		133	133
Udledning af spildevand og regnvand		17-25 2)	2-3		19-28
Spildevandsslam	<0,2		32	15	47
I alt 3)	2-7	40-80	500-700	3.800-7.400	4.300-8.200

Noter:

- 1) Helt eller delvist medregnet under kommunalt spildevand. En opgørelse af kilder til kobber i spildevand kan findes i tabel 4.14.
- 2) Udledning til recipient fra kommunale spildevandsrensningsanlæg.
- 3) Angivet som afrundede værdier.
- 4) Deponering af kobber fra industrielle processer er medregnet under "Forbrænding, deponering og anden bortskaffelse af fast affald". En opgørelse af kilder til kobber i industriaffald kan findes i tabel 4.8.

#### Tilførsel til deponi

På baggrund af analyser af bortskaffelsesmønstre for industriprodukter anslås det, at der i 1992 bortskaffedes 3.000-5.800 tons kobber med dagrenovation og storskraldsordninger. Kobber i affald stammede fra løse elektriske ledninger anvendt i hjemmet, elektroniske apparater, elektriske husholdningsmaskiner, belysningsartikler, beslag, låse, nøgler, beklædningsgenstande, tasker og en lang række andre produkter. Kobber som følgestof i andre produkter, fx. i træ, papir og plast, (som kan betragtes som affaldets "baggrundsniveau") udgjorde kun omkring 1% af tilførslen. Generelt var der mange anvendelser af sammensatte produkter, som resulterede i kobber i dagrenovation.

Hovedparten af dette affald blev forbrændt og bortskaffet med slagter og røgningsprodukter til anlægsformål eller losseplads. Analyser af kob-

ber i disse restprodukter peger dog på et mindre kobberindhold, men de foreliggende analyser vil underestimere det faktiske indhold, da de har været rettet mod den potentielle udvaskning fra slagterne, mens kobber i form af større metaldele er blevet frasorteret inden analyse.

#### *Jern og stål*

Omkring 430-850 tons kobber, i form af små kobberdele, endte i jern- og stålskrot, som omsmeltes til nyt stål. Da genanvendelsesprocenten for jern og stål ligger nær ved 100% betyder det, på trods af at der ved omsmelting af stål tilsættes nyt rent jern, at stålet ved hver omsmelting kommer til at indeholde mere og mere kobber. Den totale omsætning af kobber med stål var i 1992 på 1.000-1.800 tons.

#### *Genvinding*

Der foregår en omfattende indsamling af metallisk kobberaffald. Affald fra produktionen af industriprodukter, som androg omkring 25% af råvareforbruget, blev så godt som 100% sendt til genanvendelse. Det anslås, at der indsamledes 23.000-32.000 tons kobber/år. Sammenholdt med at der blev deponeret, indlegeret eller tabt 4.800-9.000 tons kobber/år, kan genanvendelsesprocenten for metallisk kobber beregnet på basis af middelværdier anslås til ca. 80%. Ved oparbejdningen af sammensatte produkter, skete der årligt et tab til affald på 300-1.000 tons kobber.

#### *Akkumulering*

På baggrund af en analyse af forbrugs- og bortskaffelsesmønstre for industriprodukter anslås det, at der i 1992 skete en akkumulation på 5.000-16.000 tons kobber i samfundet. I samfundet findes der formentlig akkumuleret i størrelsesordenen 200.000-1.000.000 tons kobber.

#### *Udviklingstendenser*

Det har i forbindelse med denne undersøgelse ikke været muligt at lave en indgående analyse af udviklingstendenser for alle anvendelser af kobber. Forbruget af kobbertråd er faldet til ca 30% af forbruget i begyndelsen af 1970-erne formentlig grundet substitution af kobber med aluminium til ledere i el-forsyningsnettet og anvendelse af optiske fibre i telekommunikationsnettet. For de fleste øvrige anvendelser af metallisk kobber synes der at være sket en stigning i forbruget.

Forbruget af kobber med trykimprægneringsmidler forventes at være faldende i de kommende år, ligesom forbruget af kobber med handelsgødning udviser en faldende tendens. Til gengæld ses en stigning i forsyningen af kobberforbindelser, som det ikke har været muligt at give en fyldestgørende forklaring på.

#### *Konklusion*

Sammenfattende kan det konkluderes, at utilsigtede udslip til omgivelserne er beskedne i relation til tilsigtede tilførsler. Produktion af kobberholdige industriprodukter giver således kun anledning til mindre udslip til miljøet. Det skal dog understreges, at der i denne sammenhæng ikke er taget stilling af effekten af de tilførte/tabte stoffer, ligesom der ikke er taget stilling til mulige lokale effekter af punktkilder.

Genanvendelsesprocenten for kobber er på trods af relativt høje skrotpriser væsentligt lavere end den tilsvarende for jern, hvilket hænger sammen med at kobber indgår i små mængder i en lang række sammensatte produkter, hvorfra det i dag ikke er rentabelt at indsamle og oparbejde metallerne.

Mængderne af kobber der med affald ender i deponier (herunder forbrændingslagre der anvendes til vejbygningsformål og andre anlægsarbejder) er formentlig væsentligt højere end tidligere antaget.

# English Summary

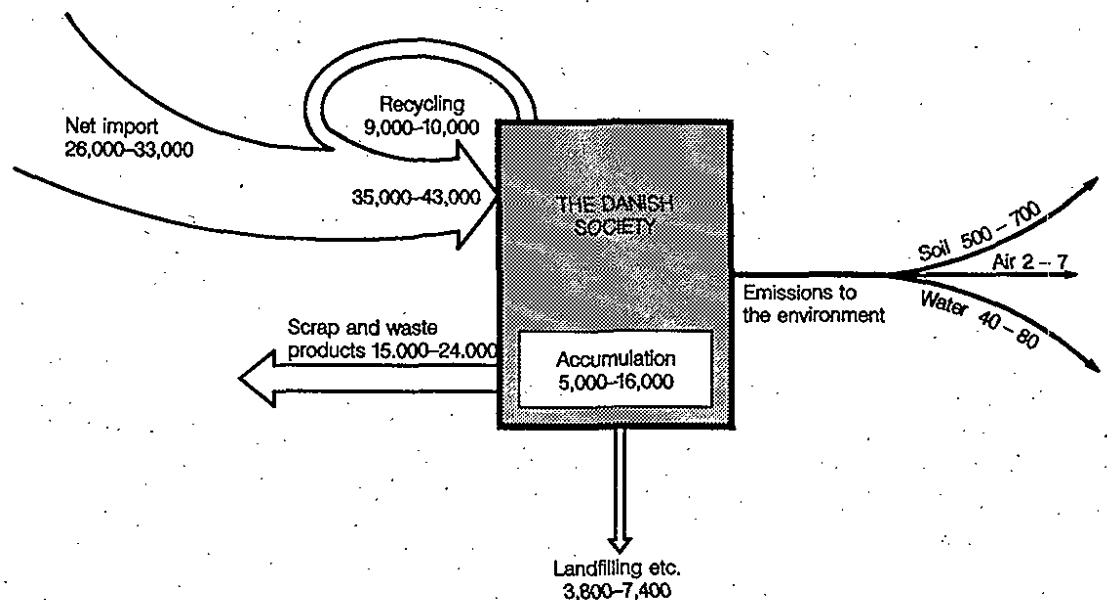
This report presents a relatively detailed analysis of copper consumption and emission to the environment in Denmark. The report is prepared according to the Danish Environmental Protection Agency's paradigm for substance flow analysis (1).

The present knowledge is acquired through information from the Danish National Agency of Statistics, the Product Database of the Danish Environmental Protection Agency, technical literature, private companies and governmental institutions.

## Copper balance

Copper balance for the Danish society is summarized in figure 2.2.

Figure 2.2  
Copper balance for the Danish society



The net supply of copper to the Danish society with raw materials, semi-manufactured and finished goods, inclusive unintended use of copper as contaminant in other products, amounted to 26,000-33,000 tonnes Cu/year (Figure 2.2). The net import of copper with raw materials and semi-manufactured goods made up 28,000-29,000 of this. About 25% of the raw materials were recycled as chips and stumps from the manufacturing of goods. Scrap containing about 10,000 tonnes copper was in 1992 in Denmark melted down to refined copper (mainly brass bars).

The copper balance in figure 2.2 only gives a simplified illustration of the total circulation of copper in Denmark as an exact determination of import and export of copper with manufactured goods has not been possible. In the analysis information on the total copper content of produced and consumed industrial products was retrieved from the Product Database of the Danish Environmental Protection Agency. From these data only the net import of copper with industrial products could be determined. In broad outline the total copper content of produced products balanced the total content of consumed products. Considering the uncertainty on the estima-

tes, the net export with industrial products is estimated to (-2,000) - 4000 tonnes Cu/year. With valves and fittings there was a considerable net export, whereas there was a net import of copper with wires, electronics, lighting devices, and domestic electric appliances.

### Copper consumption

The consumption differentiated on uses is presented in table 2.3 (summarised from table 5.2)

**Table 2.3**  
Copper consumption with manufactured goods in Denmark 1992 <sup>1)</sup>

Application	Consumption Tonnes Cu/year	% of total <sup>2)</sup>
<b>Copper and copper alloys:</b>		
Cables, wires, switch-boards etc.	7,400-11,200	26
Electronic products	1,400-2,200	5
Lighting devices	900-1,300	3
Electric machines	3,200-4,600	11
Valves, fittings, coins, and copper castings	5,100-7,100	17
Building materials (roofs, sheets, pipes, etc.)	3,800-5,700	13
Means of transport (vehicles, trains, ships, etc.)	3,000-5,600	12
Other uses as metal	1,100-1,600	4
<b>Chemical compounds:</b>		
Pressure impregnation chemicals and pesticides	200-250	0.6
Antifouling paints	27-40	0.1
Pigments and dyes	100-200	0.4
Additives to feeding stuff and fertilizers	425-540	1.4
Plating	40-80	0.2
Other uses as chemical	2-15	0.2
<b>As natural contaminant:</b>		
Steel	1,000-1,800	4
Coal and oil	44-127	0.2
Other uses	60-110	0.3
<b>Total</b>	<b>28,000-42,000 <sup>1)</sup></b>	<b>100</b>

**Notes:**

- 1) Only consumption with manufactured goods are represented and the estimates should not be confused with the total copper flow through the society presented in figure 2.2 which includes raw materials for the industry.
- 2) Percentages are calculated from averages.

Electric conductors and equipment for the main system of transmission lines (switchboards, transformers, etc.), constituted about 26% of the total copper consumption. (electric conductors in electronic and machines are not included). Other key fields of application were valves, fittings and copper castings (17%), building materials (13%), means of transport (12%) and electric machines (11%). Electronics (computers, audio visual apparatus etc.) only constituted about 5% of the total consumption.

*The nutritive effect of copper on plants was utilized by addition of copper compounds to fertilizers (1.4%), whereas the toxicity of copper to microorganisms, algae and fungi was utilized in pressure impregnation chemicals (0.6%), anti fouling paints (0.1), fungicides, and agents to prevent damage caused by game. Copper in pigments and dyes was used for a wide range of paints and inks (0.4%).*

*Copper as contaminant*

*A considerable amount of copper was circulated as alloy (most frequently unintended) in steel (4%). Copper as natural contaminant in other products amounted to about 0.5% of the total copper consumption.*

*Emission to the environment*

*Emission of copper to the environment and solid waste disposal are represented in table 2.4 (summarized from table 5.3).*

*Air*

*Foundry processes and energy production were the principal sources of copper emission to air, but it is emphasized that emissions to air were relatively small compared to the intentional spread of copper to soil and aquatic environments.*

*Water*

*The principal source of copper to the aquatic environment was antifouling paint on ships (about 38%). Discharge from municipal sewage plants and loss of copper slag from sand blasting comprised about 33% and 6%, respectively, of the total emission to the aquatic environment. It is emphasized that these contributions are estimated with considerable uncertainty. Corrosion of copper roofs, sheets, wires and pipes are considered to be key sources of copper to municipal waste water. However, nothing definite is known about total emissions from these sources.*

*Soil*

*Copper predominantly was released to soil with fertilizers (about 80%). Manure was the principal source as copper added to feeding stuff was transferred to the manure. Municipal sewage sludge comprised 5% of the release, and fungicides inter alia pressure impregnation chemicals comprised another about 5%.*

*Based on analysis of disposal of consumer products it is estimated that 3,000-5,800 tonnes copper in 1992 was disposed of with municipal solid waste (MSW). The sources of copper to MSW were wires and power cords used in the home, electronics, domestic appliances, lighting devices, furnishings, locks, keys, clothing, leather goods and a number of other products. Copper as natural contaminant in products (e.g. wood, paper, and plastic) which can be considered as the MSW background level only comprised 1% of the total disposal.*

*Disposal of solid waste*

*The bulk of the MSW was incinerated and copper was disposed of with residues. The available analysis for copper content in these residues indicate that the MSW contains less copper. The object of these analysis, however, has been to evaluate the potential leaching from the residues and metal pieces were sorted out before analysis, and consequently the total copper content was presumably underestimated.*



**Table 2.4**  
Emission of copper to the environment and solid waste disposal in 1992.

Process/source	Emission (tonnes Cu/year)				Total
	Air	Water	Soil	Deposits etc.	
<b>Industrial processes:</b>					
Iron and steel production	0.07			4)	0.07
Casting	0.6-3			4)	0.6-3
Sand blasting		3-5	3-5	4)	6-10
Other processes	<0.2	1)		4)	<0.2
<b>Energy production:</b>	1.1-2.2		0.1-0.4	41-118	42-121
<b>Uses of products:</b>					
Pressure impregnation chemicals			10-35		10-35
Pesticides			8-11		8-11
Fertilizers and feeding stuff			425-540		425-540
Antifouling paints		18-28			18-28
Other uses		5-20 <sup>1)</sup>	16-47		21-67
<b>Waste disposal:</b>					
Scrap handling		1)	<1	8-12 <sup>5)</sup>	8-12
Solid waste incineration and deposit <sup>4)</sup>	0.5-1.0		1-1.5	3,600-7,100	3,600-7,100
Chemical wastes	<0.1	0.03-0.05		133	133
Discharge of waste water and storm water		17-25 <sup>2)</sup>	2-3		19-28
Sewage sludge	<0.2		32	15	47
<b>Total<sup>3)</sup></b>	<b>2-7</b>	<b>40-80</b>	<b>500-700</b>	<b>3,800-7,400</b>	<b>4,300-8,200</b>

**Notes:**

- 1) Discharge of copper with waste water to the municipal sewage system is included in 'Discharge of waste water and storm water'.
- 2) Discharge to recipient.
- 3) Totals are rounded.
- 4) Exclusive of industrial wastes which are quoted under 'Solid waste incineration and deposit'.

**Iron and steel**

About 430-850 tonnes copper, mainly in small parts, ended up in scrap iron, which was melted down to new steel containing the copper as alloy (contaminant). About 97% of discarded iron and steel is recycled and consequently - despite the addition of virgin iron to the melt - the steel contains still more copper for each remelting. In total 1,000-1,800 tonnes copper was circulated with steel in 1992.

**Recycling**

There is a comprehensive trade with scrap copper. Wastes from the production of industrial products are nearly 100% recycled. It is estimated that 23,000-32,000 tonnes copper in 1992 was recycled. Taking account of

*that 4,800-9,000 tonnes Cu was deposited, lost or ended up as unintended alloy in steel, the recycling percentage (the percentage of discarded copper which was recycled) was roughly estimated 80%.*

#### *Stock building*

*The stock building in the Danish society in 1992 is estimated to 5,000-16,000 tonnes copper. The standing stock in the Danish society are presumably in the order of 200,000-1,000,000 tonnes copper.*

#### *Trends*

*A detailed analysis of trends in consumption for all uses of copper has not been possible within this scope of this study. The consumption of copper wire has declined to about 30% of the consumption in the early seventies presumably owing to substitution of copper with aluminum for electric conductors and substitution of copper wires with fibre-optic cables for telecommunication. For most other uses of metallic copper the consumption has increased.*

*The consumption of copper with pressure impregnation chemicals is expected to decrease in the next few years and the consumption of copper with fertilizers has a downtrend too. On the other hand the supply of copper with chemical compounds seems to be increasing and it has not been possible to give a satisfactory explanation of this increase.*

#### *Conclusion*

*In short, the conclusion is that unintended emissions to the environment are small compared to the intended spread of copper. The production of copper-containing industrial products caused only minor emissions to the environment.*

*The recycling percentage of copper was considerably lower than the recycling percentage of iron in spite of relatively high prices on scrap copper. The explanation is that copper in small amounts form part of a wide range of composite products, from which it today is not profitable to recover the copper.*

*About 20% of the used copper is lost to the environment or deposits and the quantities of copper deposited (including clinkers used for construction works) seems to be higher than formerly supposed in Denmark.*

## 3 Anvendelser i Danmark

### 3.1 Råvarer og halvfabrikata

#### 3.1.1 Metallisk kobber

Den af Danmarks Statistik /4/ registrerede import, eksport og produktion af råvarer og halvfabrikata af metallisk kobber og kobberlegeringer for årene 1988-1992 er samlet i bilag 2. På basis heraf og det anslåede indhold af kobber i de enkelte varegrupper, er der i tabel 3.1 foretaget en vurdering af forsyningen i Danmark af metallisk kobber i råvarer og halvfabrikata. Opgørelser for indhold af kobber i metal-affald og skrot fremgår af tabel 4.1 i afs. 4.1.

#### *Raffineret kobber*

Raffineret kobber er karakteristisk ved en stor elektrisk ledningsevne, som sammen med kobberets korrosionsbestandighed gør det til det mest anvendte ledningsmateriale. Elektrolytisk kobber, som anvendes til ledningsformål, indeholder typisk 99,9% kobber /5/.

#### *Kobbertråd*

Forsyningen af kobbertråd på 8.800 tons blev langt overvejende brugt til fremstilling af elektriske ledere og kabler (jf. afs. 3.2.1). Det anslås at 5-10% af råvarerne ved produktionen ender i affald, der sendes til genanvendelse /6/. Produktionen på 340 tons er kobbertråd, som produceres ved bearbejdning af importeret kobbertråd, og er derfor ikke medregnet ved beregning af forsyningen.

#### *Snoet tråd*

Snoet tråd af raffineret kobber bruges som uisolerede kabler til elforsyning (jf. afs. 3.2.1).

#### *Kobberstænger og -profiler*

Kobberstænger og -profiler finder væsentligst anvendelse som ledere i elektriske styre- og forsyningstavler (jf. afs. 3.2.1).

#### *Kobberrør*

Raffineret kobber benyttes til rør dels på grund af kobbers korrosionsbestandighed og gode varmeledende egenskaber, dels fordi rørene er nemme at forme og bearbejde på grund af metallens blødhed.

Det anslås at 40% af forsyningen af kobberrør på 2.700 tons benyttes til VVS formål (jf. afs. 3.2.6) /7,8/. For at gøre materialet nemmere at svejse anvendes til dette formål kobber, som er deoxyderet ved tilsætning af 0,005-0,2% fosfor.

De resterende 60% bruges til en lang række formål i industrien. Fx som kølerør i køle- og fryseskabe og køle- og frysediske eller som ripperør i varmevekslere og køletårne (jf. afs. 3.2.4).

#### *Kobberplader og -bånd*

Kobberplader benyttes traditionelt ligesom kobberrør i VVS- og tagdækningsbranchen på grund af metallens blødhed og korrosionsbestandighed, men der er en stigende interesse for anvendelse af materialet ud fra arkitektoniske/æstetiske interesser /15/. Af forsyningen af kobberplade og -bånd på 2.700 tons anvendes omkring 50% til produktion af bilkølere (jf. afs. 3.2.7) /9,10/. Yderligere 15-20% anvendes til tag- og facadebeklædning og inddækninger (jf. afs. 3.2.6) /11,15/. De resterende 30-40% benyttes i en række forskellige industriprodukter med en væsentlig anvendelse til belysningsartikler (jf. afs. 3.2.3) og husholdnings artikler (jf. afs. 3.2.8).

**Tabel 3.1**

*Import, eksport og dansk produktion af råvarer og halvfabrikata af metal-  
lisk kobber og kobberlegeringer i 1992.*

Halvfabrikata	Cu indhold % <sup>1)</sup>	Produktion Tons/år	Import Tons/år	Eksport Tons/år	Forsyning Tons Cu/år
Uraffineret kobber	90-99	0	4-5	45-50	-40- -45
Raffineret kobber Pulver	99.9	0	180	0	180
Stænger og profiler	"-	0	880	87	790
Katoder, billets o.l.	"-	0	46	0	46
Tråd <sup>2)</sup>	"-	340	8.930	94	8.800
Snoet tråd	"-	40 <sup>8)</sup>	98	29	110
Plader og bånd	"-	0	2731	67	2.700
Kobberfolie m. underlag	11-13	0	649	4	71-84
Rør	99.9	132 <sup>8)</sup>	3.327	770	2.700
Rørfittings	"-	20 <sup>8)</sup>	142	51	110
'Kobber' <sup>3)</sup> Trådvæv	67-99	0	3	2	1
Søm o.lign.	"-	0	35	3	21-32
Bolte o.lign.	"-	130	138	37	150-230
Fjedre	"-	0	4	1	2-3
Kæder	"-	0	21	1	13-20
Messing Raffineret, ubearbejdet	63-70	0 <sup>8)</sup>	423	133	180-200
Stænger <sup>4)</sup>	58	16.198	13.530	9.048	12.000
Profiler	63-70	25	809	11	520-580
Tråd	"-	0	319	14	190-210
Plader og bånd <sup>5)</sup>	"-	593 <sup>8)</sup>	2.564	145	1.500-1.700
Rør	"-	0	1.389	136	790-880
Nysølv Stænger og profiler	62-64	41 <sup>8)</sup>	3	1	27-28
Tråd	"-	30	23	1	32-33
Plader og bånd	"-	0	122	4	73-75
Kobber-nikkel Raffineret, ubearbejdet	87-88	0	1	0	1
Stænger, profiler og tråd	"-	0	8	23	-13
Plader og bånd	"-	0	408	2	350
Rør	"-	0	152	11	120
Tin-bronze Raffineret, ubearbejdet	94-98	160	618	22	710-750
Tråd	"-	0	76	0	71-75
Plader og bånd	"-	0	159	16	130-140
Andre legeringer Raffineret, ubearbejdet	83-86	0	419	13	340-350
Stænger og profiler <sup>6)</sup>	"-	0	272	18	210-220
Plader og bånd	"-	0	94	12	68-71
Rør <sup>6)</sup>	"-	0	976	108	680-700
Tråd	99	0	696	48	540-560
Uspecif. leg Kobberforlegeringer	63-94	2-4	0	19	-10- -14
Kobberfolie u. underlag	"-	0	181	2	110-170
Kobberfolie m. underlag	6	0	109	0	7-27
Snoet tråd	90-99	1-2	200	49	140-150
Rørfittings	63-94	541 <sup>8)</sup>	617	51	700-1.000
Andre halvfabrikata <sup>7)</sup> Beviklingstråd	99	0	3.551	90	3.400
I alt			9)	9)	39.400-40.100

Noter:

- 1) De angivne intervaller for kobberindholdet repræsenterer den typiske variation for de pågældende varer skønnet på baggrund af oplysninger fra litteraturen og importører. Der vil indenfor varegruppen kunne findes enkelte legeringer med et kobberindhold, som ligger udenfor det angivne interval.
- 2) Produktionen af kobbertråd er baseret på importeret kobbertråd og er derfor ikke medregnet i forsyningen.
- 3) Materialer af rent kobber angives i Varestatistikken som "raffineret kobber", mens 'kobber' alene dækker over varer som enten er lavet af kobber eller en kobberlegering.
- 4) Forsyningen med messingstænger er i perioden 1988-1992 steget meget markant fra 4.700 tons i 1988 til 21.000 tons i 1992 (jf. bilag 2).
- 5) Produktionen af messingbånd og -plade er baseret på importeret messingbånd og -plade og er derfor ikke medregnet i forsyningen.
- 6) Tin-bronze er indeholdt i varegruppen.
- 7) Der findes en række andre halvfabrikata, som indeholder kobber eller kobberlegeringer i større eller mindre mængder. Disse halvfabrikata vil blive behandlet sammen med import og produktion af industriprodukter i afs. 3.2.1.
- 8) Oplysninger om producerede mængder foreligger ikke i Varestatistikken, men er estimeret ud fra oplysninger om værdien af producerede varer.
- 9) Den samlede import beløb sig til 36.000-36.800 tons Cu/år, mens eksporten androg 7.100-7.200 tons Cu/år.

*Kobberfolie*

Kobberfolie anvendes i den elektroniske industri til fabrikation af printplader. (jf. afs. 3.2.2). Folien er ved import monteret på plader af plast.

*Kobberpulver*

Det vides ikke, hvad kobberpulver bruges til.

*Messing*

Kobber-zink-legeringer med et zink indhold på indtil 50% betegnes messing. Messing er den mest anvendte kobberlegering og forsyningen af kobber i form af messing er af samme størrelse som forsyningen af raffineret kobber. Messing udmærker sig i forhold til rent kobber ved at være hårdere, billigere og nemmere at bearbejde ved spåntagning og smedeprocesser.

*Ubearbejdet messing*

Den raffinerede ubearbejdede messing bruges sammen med de øvrige ubearbejdede kobberlegeringer til metalstøbning (jf. afs. 3.2.5) /12,13/. Der foreligger ikke nogle oplysninger om, at der til metalstøbning i kobberlegeringer skulle benyttes skrot som råvare. Det er ikke på baggrund af oplysningerne fra Danmarks Statistik, hvor støbte og smedede kobbervarer er indeholdt i samme varegruppe, muligt at estimere produktionen af støbte kobbervarer, men i 1990 anvendtes ca. 1.600 tons råmaterialer til støbning af kobbervarer. Dette svarer godt til importen af ubearbejdede kobberlegeringer, som samlet var på 1.461 tons i 1992.

*Messingstænger*

Forsyningen af messingstænger på 20.700 tons (jf. bilag 2) med et indhold af ca 12.000 tons kobber repræsenterer omkring 30% af den samlede for-

syning af kobber med halvfabrikata. På baggrund af oplysninger fra importører vurderes det at 50-60% af forsyningen af messingstænger forarbejdes ved spåntagende bearbejdning mens 40-50% forarbejdes ved at opvarme emnet, der derefter smedes, vales eller presses (jf. afs. 3.2.5) /8,14/. Til begge formål benyttes en legering med 58% kobber og 2-3% bly, som gør materialet velegnet til bearbejdning. Som et gennemsnit anslås det, at 40% af materialet ender i færdige produkter efter forarbejdning, mens 60% ender som spåner, der sendes tilbage til oparbejdning /8,14/. Indtil 1992 blev hovedparten af spånerne oparbejdet til nye messingstænger i Danmark, men alt messingskrot sendes i dag til oparbejdning i udlandet. Messingstænger bearbejdes til armaturer, ventiler og fittings som benyttes til installationsformål eller bearbejdes til emner der indgår i en lang række industriprodukter så som pumper, højtryksspulere eller sprøjtepisoler (jf. afs. 3.2.4).

I 1992 var der en væsentlig produktion af messingstænger på 16.200 tons ved Boliden Bergsøes fabrik i Glostrup, men produktionen stoppede i 1993, og der er i dag ingen sekundær produktion af kobberlegeringer i Danmark /8,14/. Produktionen var til dels baseret på oparbejdning af messing spåner, som udgjorde ca 70% af råvareforbruget. Raffineret kobber fra kabelskrot udgjorde omkring 16% af råvarerne, mens de resterende 14% blev importeret som rent zink og bly /11/. Til produktionen blev der således brugt 9.000-10.000 tons kobber i form af messingspåner og kobberskrot. Ved produktionen blev der dannet omkring 1.000-2.000 tons filterstøv og slagge, som blev eksporteret til oparbejdning. Disse restprodukter udgør hovedparten af varegruppen 'Aske og restprodukter, kobberholdige' i Varestatistikken, hvor der i perioden 1988-1991 er registreret en nettoeksport på 1.000-1.900 t/år. I 1992 beløber nettoexporten af denne varegruppe sig kun til 100 tons. Der har ikke kunnet findes en forklaring på den lave mængde i 1992.

#### *Messingplade og -bånd*

Der er hos Danmarks Statistik registreret en produktion af messingplade og bånd på ca 600 tons. I forbindelse med produktionen af messingstænger blev der ikke produceret plader eller bånd, og der er ikke kendskab til nogen anden produktion i Danmark. Aktiviteter, hvor bånd importeret i store ruller klippes op og sælges i mindre kvanta, bliver i Varestatistikken registreret som produktion /15/. Produktionen er derfor ikke medregnet ved beregning af forsyningen.

Et væsentligt anvendelsesområde for messingplader og -bånd er fabrikation af bilkølere, som lægger beslag på omkring 40-50% af den samlede forsyning (jf. afs. 3.2.7) /7,8/. Et andet væsentligt anvendelsesområde er beslag til vinduer og døre m.m. som skønnes at svare for 30-40% af forsyningen (jf. afs. 3.2.6). De resterende messingplader og -bånd bruges til en lang række af produkter, hvor de ofte udgør en meget lille del af det færdige produkt. Af væsentlige områder kan nævnes belysningsartikler (jf. afs. 3.2.3), dekorationsgenstande (jf. afs. 3.2.8) eller i tilknytning til elektriske maskiner (jf. afs. 3.2.4).

#### *Messingrør*

Omkring 80% af de anvendte messingrør er indlegeret med 2-3% bly og anvendes til spåntagende bearbejdning som omtalt under messingstænger. Anvendelsesområdet er som for messingstænger hovedsagelig ventiler og pumper /7/. Det anslås at 50% af råvaren ender i de færdige produkter. De resterende 20% af messingrørene indeholder ikke bly og anvendes hovedsageligt til belysningsartikler. En mindre del anvendes til dekorationsformål, fx som gelændere.

## Nysølv

Nysølv er en kobber-zink legering med en nikkeltilsætning på 8-30%.

Nysølv bruges til elektronik og chassiser til mobiltelefoner, bilradioer og andre apparater samt til bestik, nøgler og låse (jf. afs. 3.2.2 og 3.2.8) /7,11,15,16/. Det anslås, at omkring 50% af færdige produkter, mens 50% sendes til genanvendelse fra produktionsleddet /16/.

Tråd af nysølv anvendes hovedsageligt i elektronikindustrien (jf. afs. 3.2.2) /17/.

## Kobber-nikkel

Kobber-nikkel legeringer anvendes til formål, hvor der ønskes stor korrosionsbestandighed fx i forbindelse med saltvand. Den mest anvendte kobber-nikkel legering, som udgør tæt ved 100% af forbruget, indeholder 88% kobber, 10% nikkel og 2% andre metaller /16/.

Af forbruget af kobber-nikkel plade og bånd på 406 tons anvendes hovedparten indenfor skibsindustrien (jf. afs. 3.2.7) mens en mindre del anvendes til havvands-destillationsanlæg og inden for kraftvarmeindustrien /16/ (jf. afs. 3.2.4). Forbruget var i perioden 1988-92 svingende fra 1 til 389 tons/år afhængigt af produktionen af skibe. Kobber-nikkel benyttes til fremstilling af 1-, 2-, og 5-kroner, som vil blive omtalt i afs. 3.2.5 /18/.

Kobber-nikkelrør benyttes overvejende til kondensatorer og kølere under svære korrosionsforhold inden for kraft-varmeindustrien /11/ eller til rørføring i tank- og kemikalieskibe (jf. afs. 3.2.7) /16/. Et mindre anvendelsesområde er indenfor off-shore industrien.

## Tinbronze

Legeringer af tin og kobber betegnes tinbronze, som i daglig tale ofte blot omtales som bronze. Det største anvendelsesområde for tinbronze er til støbeprocesser, hvortil der i 1992 anvendtes 756 tons raffineret og ubearbejdet tinbronze. Den mest anvendte legering til støbning indeholder 10% tin og 2% zink /19/. Tinrige legeringer er meget slidstærke og bruges ofte til lejer og armaturer.

Det vigtigste anvendelsesområde for bronzeplader er i forbindelse med elektriske afbrydere og relæer (jf. afs. 3.2.1). Bronzeplader er hårdere end plader af rent kobber og har desuden en mere korrosionsbestandig overflade, der sikrer en god ledende kontaktflade.

Af de 76 tons tinbronzetråd anslås det at ca 30 tons bruges som murbindere i byggeindustrien mens 15-20 tons benyttes til ophængningstråde i forkromningsbade /17/.

## Rødgods

Det anslås, at forbruget af såvel raffineret uforarbejdet råmateriale som stænger, profiler og rør af andre kobberlegeringer for 80% vedkommende udgøres af rødgods, som er en legering af kobber, tin, bly og zink /20/. Rødgods, der indeholder 83-86% kobber, er en støbelegering, d.v.s at rør er fremstillet ved centrifugal- eller strengstøbning. Rør og stænger forarbejdes ved spåntagning eller varmetformning til lejer, bøsninger og andre emner, hvor der ønskes et hårdt materiale med gode glideegenskaber (jf. afs. 3.2.5). Det anslås at 40-50% af råmaterialet ved forarbejdning ender som spåner, som sendes til oparbejdning /19/.

## Bronzekabel

Tråd af andre legeringer anslås altovervejende at være kobbertråd med en tillegering af sølv på omkring 0,1%, som benyttes som kørekabel i forbindelse med elektrisk togdrift (jf. afs. 3.2.7) /16/. På trods af, at der er

tale om en næsten ren kobbertråd, betegnes den oftest 'bronzekabel'. Snoet tråd af kobberlegeringer anslås ligeledes at bruges som bærekabel i forbindelse med elektrisk togdrift.

#### *Bevlikningstråd*

Bevlikningstråd, som består af raffineret kobber med en tynd lakoverflade, benyttes til fremstilling af spoler i motorer og transformatorer (jf. afs. 3.2.4). Det anslås at mere end 99% af den anvendte råvare ender i det færdige produkt /21/.

#### *Forkobret jern*

I tabel 3.1 er ikke medtaget råvarer af forkobret jern. Som det fremgår af bilag 2 er forbruget af forkobret jerntråd og fladvalset jern på omkring 620 tons. Heraf vurderes det, at 5-20 tons er kobber.

#### *Sammenfatning*

Nettoimporten af metallisk kobber med råvarer og halvfabrikata udgjorde i 1992 29.000-30.000 tons. Den samlede produktion af råvarer og halvfabrikata var på 10.900-11.200 tons kobber, heraf 9.000-10.000 tons en egentlig produktion baseret på genanvendt kobber.

Den samlede forsyning af halvfabrikata og råvarer, som anvendes til installationsformål eller produktion af industriprodukter kan således anslås til 39.000-40.000 tons. Af disse skønnes det, at 9.000-11.000 tons kobber ender i spåner og støv, der sendes til genanvendelse (dels i Danmark, dels i udlandet) (jf. tabel 3.22).

I tabel 3.1 er kun opregnet halvfabrikata, hvor kobber eller kobberlegeringer udgør den væsentligste del. Kobber vil desuden optræde i større eller mindre mængde i en række sammensatte industriprodukter, som ligeledes anvendes som halvfabrikata. I afs. 3.2 gives en vurdering af indholdet af kobber i industriprodukter hovedsagelig på grundlag af Miljøstyrelsens produktdatabase /22/. En massebalance for anvendelse af kobber til produktion af industriprodukter er opstillet i tabel 3.22.

#### *Import og eksport*

##### **3.1.2 Kobber i kemiske forbindelser**

Kobber indgår i en lang række organiske og uorganiske forbindelser. Der foregår ingen produktion af disse forbindelser i Danmark. Danmarks Statistiks oplysninger om import, eksport og forsyning af kemiske forbindelser indeholdende kobber er opgjort i tabel 3.2 (jf. bilag 2).

#### *Anvendelse*

Kobberforbindelser anvendes til talrige formål. De vigtigste anvendelser af kemiske kobberforbindelser er baseret på

- kobbersulfater,
- kobberoxider og
- kobberchloridforbindelser /5,26/.

For en del specifikke anvendelser er det muligt via Produktregistret /23/ at finde oplysninger, som dog ikke omfatter forbrug af de enkelte stoffer. Specifikke oplysninger fra Produktregistret kan kun anvendes efter tilladelse fra den enkelte producent eller importør.



**Tabel 3.2**

*Import, eksport og forsyning af kobber i kemiske forbindelse i 1992 /4/.*

Varebetegnelse	Kobber%	Import tons/år	Eksport tons/år	Forsyning tons/år	Forsyning tons Cu/år
Kobberoxider/ -hydroxider	60-65	1678	4	1674	1000-1100
Kobbersulfater <sup>1)</sup>	25	3188	81	3107	780
Carbonater af kobber og magnesium <sup>2)</sup>	10-20	9	1	8	0,8-1,6
Kobberoxychlorider/ -hydroxychlorider <sup>3)</sup>	35-40	1	0	1	0,4-0,5
Nitrater af kobber og kviksølv	20	0	0	0	0
Kobbersten (Cu- og Fe-sulfider) <sup>4)</sup>	30-35	9	0	9	3,2-3,6
Sulfider excl. Ca, Sb, Fe <sup>5)</sup>	5-10	229	0	229	12-23
I alt					1.800-1.900

Noter:

- 1) Kobberindholdet i kobbersulfater er beregnet ud fra  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ .
- 2) Ved beregning af kobbermængden fra carbonater af kobber og magnesium er der taget udgangspunkt i at ca. 50% er kobbercarbonat.
- 3) Kobbermængden fra kobberoxychlorider og kobberhydroxychlorider er et gennemsnit af de 2 forbindelser.
- 4) Kobbersten består af kobber- og jernsulfider. Det antages at ca. 50% er kobbersulfider.
- 5) Sammensætningen af varegruppen sulfider excl. Ca, Sb og Fe kendes ikke. Kobberindholdet er skønnet til 5%.

### Produktion

På baggrund af opgørelsen fra Danmarks Statistik kan nettoimporten af kobber som kemisk forbindelse opgøres til i størrelsesordenen 1.800-1.900 tons. Der produceres ikke kemiske kobberforbindelser i Danmark. Til importen skal lægges den mængde, der dels importeres i færdigvarer, dels produceres som affald/sekundær råvare i Danmark. Her kan bl.a. nævnes kobbersulfat og -chloridopløsninger, som fremkommer som restprodukt fra mønsterætsning ved printfremstilling. Dette genanvendes dels i Danmark, dels i udlandet /24,25/. I denne forbindelse skal det oplyses, at der importeres kobberætsbade til Danmark til gødningsfremstilling /24/; det vides ikke, hvor disse indgår i Varestatistikken.

Nedenfor gennemgås anvendelsen af de opførte kobberforbindelser; for de største grupper medtages endvidere et resumé af forbrugsmængder fra de følgende afsnit.

### Kobberoxider

Kobberoxider og -hydroxider anvendes især ved træimprægning (jf. afs. 3.3.1), til overfladebehandling af metaller (jf. afs. 3.3.4), indenfor landbrug som tilsætning til foderstoffer (jf. afs. 3.3.5) og i gødning (jf. afs. 3.3.6). Kobberoxider anvendes desuden til antifoulingsmidler (jf. afs. 3.3.3), i pigmenter (jf. afs. 3.3.8) og til katalysatorfremstilling (jf. afs. 3.3.7). Det har ikke været muligt at fremskaffe oplysninger, der kan be-

lyse fordelingen af de anførte 1.000-1.100 tons kobber med kobberoxider og -hydroxider på de forskellige anvendelser.

#### *Kobbersulfat*

Nettoimporten af kobbersulfater er steget fra ca. 1.650 tons i 1988 til ca. 3.100 tons i 1992. Stigningen har været jævnt fordelt over perioden. Årsagen til stigningen kendes ikke. Kobbersulfat anvendes indenfor landbruget som tilsætning til foderstoffer (jf. afs. 3.3.5), i handelsgødning (jf. afs. 3.3.6) og som sneglebekæmpelsesmiddel (jf. afs. 3.3.2). Desuden anvendes kobbersulfat til træimprægnering (jf. afs. 3.3.1), til overfladebehandling af metaller (jf. afs. 3.3.4), ved elektrolyse (jf. afs. 3.3.4) og som katalysator ved behandling af fuelolie m.m. (jf. afs. 3.3.7). Det har ikke været muligt at fremskaffe oplysninger, der kan belyse fordelingen af de anførte 780 tons kobber med kobbersulfat på de angivne anvendelser.

#### *Kobberchloridforbindelser*

Kobberchlorider og kobberoxychlorider anvendes til træimprægnering, overfladebehandling af metaller og som fungicid.

#### *Kobberoxychlorider og kobberhydroxychlorider*

Nettoimporten af disse stoffer er faldende fra 5 til 1 tons i perioden 1988-1992.

#### *Kobbernitrater*

Det vurderes, at varegruppen nitrater af kviksølv og kobber udelukkende består af kobbernitrat, som anvendes til katalysatorfremstilling /5,26/. Der har ikke fundet import sted i 1992. I 1989 er der i alt importeret 3 tons kobbernitrat.

#### *Kobbersten*

Kobbersten består af kobber- og jernsulfider. Kobbersten fremkommer som restprodukt ved udvinding af kobber fra malm. Anvendelsen af kobbersten kendes ikke.

#### *Sulfider*

Varegruppen er ikke beskrevet nøjere; indholdet af kobber er skønnet.

#### *Svampe- og vildtbidemidler*

For svampemidler indeholdende kobber gælder det, at disse skal godkendes til brug i Danmark af Miljøministeriet. Der er i 1993 godkendt 2 svampemidler med kobber indeholdende henholdsvis 29 og 50% kobber /27/. Kobberkilden er kobberhydroxidchlorid i begge produkter /27/.

### 3.2 Anvendelse af kobber som metal

I det følgende afsnit vil der blive redegjort for:

- Forbrug af kobber til produktion af industriprodukter.
- Forbrug af kobber med industriprodukter.
- Tab af kobber ved produktion og anvendelse af industriprodukter.
- Bortskaffelse af produktionsaffald (spåner og klip).
- Bortskaffelse af kobber med industriprodukter til affaldsforbrænding/deponi eller skrothandler.

*Miljøstyrelsens  
Produktdatabase*

Forbruget af kobber til produktion af industriprodukter og forbruget af kobber med industriprodukter er hovedsageligt estimeret på baggrund af oplysninger fra Miljøstyrelsens Produktdatabase (MP) /22/, som indeholder data om sammensætningen af industriprodukter. Kobber er i denne forbindelse registreret i mængder på > ca. 1% i 145 varegrupper (ud af i alt 966), som dækker mere end 1.000 varenumre i Brugstariffen. Hertil kommer en lang række industriprodukter, hvor kobber er registreret som værende til stede i ikke nærmere definerede mængder < end ca. 1%. I det følgende vurderes anvendelsen af kobber hovedsageligt på grundlag af mængdedata i MP for de varegrupper, hvor kobber udgør mere end ca. 1%. Ved beregninger af produktion og forsyning er der i MP benyttet gennemsnitsdata for 1990-1992 fremskaffet hovedsageligt fra Danmarks Statistik. For yderligere oplysninger om estimeringen i MP henvises til /22/.

*Usikkerhedsvurdering*

Den største usikkerhed på mængden af kobber er knyttet til estimeringen af indholdet af kobber i industriprodukterne, idet indholdet af det enkelte materiale i MP er søgt bestemt med en absolut usikkerhed på 5% af produktets samlede mængde. For produkter med et lavt indhold af kobber kan der således være en ganske betydelig usikkerhed på de estimerede mængder kobber. Det skønnes dog af forfatterne på baggrund af kontrol af datagrundlaget bag /22/, at usikkerheden på mængdedata for langt de fleste varegruppers vedkommende, vil ligge indenfor en faktor på 2, dvs den rigtige værdi er næppe mere end to gange større end den angivne værdi og næppe mindre end halvt så stor.

Disse 144 varegrupper fra MP er i nærværende opgørelse samlet i en række varekategorier. Da der indgår flere varegrupper i hver kategori vil usikkerheden på varekategorierne være mindre end usikkerheden på varegrupperne i MP. Ved beregninger af bortskaffelsesmængder, hvor ét eller flere industriprodukter er samlet i en varekategori som fx "belysningsarmaturer", er der generelt anvendt et 90% konfidensinterval på  $\pm 20\%$  af middelværdien på varekategoriens samlede forbrugsmængde. Baggrunden for at bruge et generelt konfidensinterval er, at det ikke har været muligt at lave kontrol på alle 1000 varenumre, som dækkes af undersøgelsen. Konfidensintervallet fremkommer således på grundlag af stikprøver og generelle vurderinger af datasikkerhed. Formålet med at anslå konfidensintervaller er at kunne vurdere usikkerhed på den samlede balance samt anslåede emissioner og affaldsmængder. Ved sammenfatninger vil mindste og største værdi være beregnet ved at addere hhv. alle de største og alle de mindste værdier, der indgår i beregningen. Med denne beregningsmetode vil usikkerheden på de beregnede størrelser blive overestimeret. For enkelte af beregningerne er et mere præcist estimat af de faktiske usikkerheder (beregnet med Gauss' lov om addition af normalfordelinger) derfor medtaget i noter. Denne beregningsmetode er ikke benyttet konsekvent, da det meto-

demæssige grundlag for at bruge denne beregningsmetode på samlede massestrømsanalyser endnu ikke er fuldt udviklet.

### 3.2.1 Elektriske ledere og strømførende udstyr i installationer.

Kobber indgår i elektriske ledere (ledninger og kabler) og forskelligt strømførende udstyr i tilknytning til elforsyning.

#### *Elektriske ledere*

Elektriske ledere kan opdeles i flg. kategorier:

- Koaksialkabler, som er skærmede ledere, der hovedsageligt anvendes som antenneledninger til TV.
- Elektriske ledere, som anvendes til svagstrøm (< 80V), hovedsageligt i telekommunikationsnettet eller indbygget i apparater.
- Elektriske ledere, som anvendes til faste installationer i byggeri.
- Elektriske ledere, som er monteret på apparater.
- Elektriske ledere, som bruges til løse installationer som fx. tilslutning af lamper.
- Elektriske ledere, som bruges til styreledninger i industrien.
- Kabler i forsyningsnettet (> 1000 V).
- Uisolerede ledere i forsyningsnettet (> 1000 V).

De isolerede ledere og kabler består af kobbertråd af raffineret kobber (99,9% kobber), som er omgivet af plast, gummi eller andre isolatorer. Kobber udgør typisk 30-40% af lederens samlede vægt.

#### *Strømførende udstyr*

Strømførende udstyr, som benyttes i tilknytning til elforsyningen, udgøres væsentligst af:

- Transformere og omformere.
- Afbrydere.
- Styre- og distributionstavler.
- Elmålere.

Raffineret kobber indgår i det strømførende udstyr som kobberskinner i styre- og distributionstavler, som beviklingstråd i omformere og transformatorer og som plader og skinner i afbrydere.

#### *Produktion*

Produktion af elektriske ledere er i Danmark knyttet til en enkelt virksomhed. I 1992 blev der produceret omkring 29.000 tons elektriske ledere /4/ med et anslået kobberindhold på 8.000-9.000 tons. Råvaren importeres som elektrolytisk raffineret kobbertråd, som trækkes til tyndere tråde. Produktionen foregår ved, at kobbertråden smøres med en olieemulsion, mens den trækkes på en trækbænk, hvorefter den overtrækkes med et isolerende lag, som oftest er plast. Kabler til spændinger > 1.000 V fremstilles hovedsageligt med aluminiumsledere.

Strømførende udstyr produceres på en lang række mindre virksomheder ud fra halvfabrikata. Produktionen skønnes på baggrund af Miljøstyrelsens Produktdatabase at svare til ca. 1.000 tons Cu/år, hovedsageligt i styre- og distributionstavler.

#### *Import/eksport*

Der er en betydelig import og eksport af ledere. Omkring halvdelen af de ledere, der anvendes i Danmark, bliver produceret her i landet.

## Forbrug

Med udgangspunkt i tabel 3.3 anslås det, at det samlede forbrug af kobber med elektriske ledere i 1990-92 androg 6.200-9.300 tons Cu/år, mens der i det strømførende udstyr indgik 1.200-1.900 tons Cu/år. Heri er ikke medregnet elektriske ledere, som indbygges i apparater.

Fordeling af lederne på de forskellige anvendelsesområder fremgår ikke af Varestatistikken, men for importerede elektriske ledere foreligger der en detaljeret opdeling i Udenrigshandelsstatistikken, som giver indikationer om ledernes anvendelse. I tabel 3.3 er forbruget af ledere på de forskellige anvendelsesområder skønnet på baggrund af /4/ og oplysninger fra /17,28,29/.

## Koaksialkabler

Det skønnes, at omkring 20% af koaksialkablerne anvendes som kabler i kabel-TV-net, mens de resterende 80% anvendes mellem TV og antenne-/antennestik.

## Elektriske ledere under 80 V

Af isolerede ledere < 80V bruges omkring 50% til telekommunikation, mens de øvrige hovedsageligt sælges som konfektionerede ledninger (dvs. udstyret med stik eller lignende), som anvendes ved produktion af elektriske apparater.

**Tabel 3.3**

*Forbrug af kobber med elektriske ledere og strømførende udstyr, gennemsnit 1990-1992 <sup>1)</sup>.*

Varegruppe	Kobber % <sup>1)</sup>	Forbrug Tons Cu/år	Bortskaffelse <sup>4)</sup>	
			Primær	Sekundær
<b>Elektriske ledere:</b>				
Koaksialkabler <sup>2)</sup>	31	320	Skrothandler	Forbr./deponi
Tænderørskabler <sup>2)</sup>	40	80	"	"
Isolerede el. ledere, < 80 V til: <sup>2)</sup>				
- Telekommunikation	40	410	"	"
- Andre formål	40	(410)	Halvfabrikata	
Isolerede el. ledere, 80 -1000 V til: <sup>2)</sup>				
- Faste installationer i byggeri	34	2.700	Skrothandler	Forbr./deponi
- Styreledninger og kabeltrømler	34	2.100	"	"
- Konfektionerede ledninger	34	(3.100)	Halvfabrikata	
- Løse installationer	34	1.400	Forbr./deponi	Skrothandler
Isolerede el. ledere, > 1000 V <sup>2)</sup>	8	660	Skrothandler	
Uisolerede el. ledere af snoet tråd	100	110	"	
I alt <sup>3)</sup>		7.800 (6.200-9.300)		
<b>Strømførende udstyr:</b>				
Transformere med væskeisolation	2	70	Skrothandler	
Statiske omformere	15	80	"	
Automatiske afbrydere	21	90	"	
Afbrydere til elektriske kredsløb	3	50	"	
Styre- og distributionstavler	20	940	"	
Elmålere	20	110	"	
Andre apparater til el. kredsløb	18	210	"	
I alt <sup>3)</sup>		1.550 (1.200-1.900)		
I alt <sup>3)</sup>		9.400 (7.400-11.200)		

Noter:

- 1) Mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ jf. afs. 3.2. Kobberindhold er angivet som anslået gennemsnit for hele varegruppen.
- 2) Isolerede elektriske ledere er i /22/ slået sammen til en enkelt varegruppe. Det gennemsnitlige indhold af kobber i de forskellige kategorier af isolerede elektriske ledere er derfor her anslået på baggrund af analyser af en række typiske produkter (udført af COWIconsult). I nogle af kategorierne indgår ledere af aluminium. Indholdet af kobber er angivet som et gennemsnitligt indhold for den enkelte varegruppe.
- 3) Ved sammenregningen er kobberforbruget med ledere som anvendes til produktion af maskiner og apparater ikke medregnet. Tallene er her angivet som afrundede gennemsnit. I parentes er angivet det interval inden for hvilket det vurderes, at den rigtige værdi med 90% sandsynlighed vil finde sig.
- 4) Der foreligger ingen undersøgelser af bortskaffelsesmønstre for elektriske ledere, som derfor er skønnet af forfatterne.

*Elektriske ledere til  
80-1.000 V*

Den største mængde af elektriske ledere anvendes til spændinger i intervallet 80-1.000 V. Forbruget med disse ledere skønnes på baggrund af Miljøstyrelsens Produktdatabase samlet at andrage ca. 9.300 tons kobber (jf. tabel 3.3).

30-40% af disse ledere anvendes til faste installationer. Heraf udgør kabler af aluminium, som anvendes til stikledninger, omkring 25%, mens de resterende 75%, som har kobberledere, anvendes i faste installationer i bygninger (dvs. disse ledere repræsenterer kun ca. 29% af kobberforbruget). Der bruges således skønsmæssigt 2.700 tons Cu/år med elektriske ledere til faste elektriske installationer i bygninger /28,29/.

Omkring 30% af lederne til 80-1.000 V er i statistikken ført som "konfektionerede" (dvs. monterede med stik eller lignende), "med gummiisolering" eller "med isolering af andet end plast, gummi eller elastomere". Det skønnes på baggrund af oplysninger fra forhandlere at disse ledere (som indeholder ca. 3.100 tons kobber) anvendes i produktion af belysningsartikler, elektroniske produkter eller elektriske maskiner (jf. afs. 3.2.2 - 3.2.4). Da der er tale om halvfabrikata, er forbruget til disse formål ikke medregnet i den summerede mængde i tabel 3.4.

De sidste 30-40% af lederne til 80-1.000 V sælges som bøjelige ledninger med plastisolering. Af disse anslås det, at 60% (ca. 2.100 tons kobber) anvendes til styreledninger i industrien, kabeltromler o.lign., mens 40% (1.400 tons kobber) anvendes til løse installationer som fx. montering af lamper /28,29/.

*Elektriske ledere  
> 1000 V*

Elektriske ledere > 1.000 V bruges som kabler i forsyningsnettet. Langt hovedparten af kablerne har ledere af aluminium, men er udstyret med en skærm af kobber til personbeskyttelse i tilfælde af skade på kablet. Det anslås at der bruges 500-800 tons Cu/år til stærkstrømskabler. Tidligere anvendtes i højere grad kobberledere. Ældre kasserede kabler, der sendes til oparbejdning, har således oftest kobberledere.

### *Uisolerede ledere*

Uisolerede elektriske ledere bruges som kabler til højspændingsledninger. Forbruget af snoet tråd af raffineret kobber var i 1992 på omkring 110 tons.

### *Tab ved produktion*

Ved produktionen af elektriske ledere dannes der kobberholdigt slam. På baggrund af oplysninger fra producenten kan det anslås, at slammet totalt indeholder < 1 ton Cu/år, der bortskaffes til Kommunekemi. Tidligere blev kobbertråden bejdset, men det er ikke længere nødvendigt p.g.a nyere teknik. Der er ved processen ingen udslip til luft. Der dannes ved processen noget støv med anslået < 1 ton Cu/år, som sendes til kontrolleret losseplads.

### *Tab ved installation*

Det skønnes, at 1-2% af lederne, som anvendes til faste installationer ved installation, ender som afklip, som går med dagrenovation til afbrænding/deponi. Disse afklip indeholder skønsmæssigt 20-60 tons Cu/år.

Ved montering af lamper o.lign. vil væsentlige mængder ledninger ende i dagrenovationen. Da det skønnes at elektriske ledere til løse installationer under alle omstændigheder ender i dagrenovation/storskrald, er der ikke her gjort forsøg på at anslå mængder, der tabes ved installation.

### *Tab til jord og vand*

Der vil være et tab af kobber til jord og vand med kabler, der efterlades i jorden eller på havbunden. Der foreligger ingen oplysninger om, i hvilket omfang disse kabler vil korrodere således at kobber spredes i miljøet og der er i nærværende rapport valgt at se bort fra disse tab.

### *Bortskaffelse*

Bortskaffelsen af elektriske ledere vil i høj grad være afhængig af anvendelsesområdet. Der findes ingen samlede oplysninger om bortskaffelsesmønstre for ledninger, kabler og strømførende udstyr. Mængderne, der bortskaffes til henholdsvis forbrænding/deponi og til skrothandlere, vil i det følgende blive groft estimeret ud fra den anslåede primære bortskaffelsesform.

Ledere, som anvendes i tilknytning til maskiner og apparater, formodes at blive bortskaffet sammen med apparaterne (jf. afs. 3.2.2 og 3.2.3).

Ledere, som anvendes til løse installationer antages hovedsageligt at blive bortskaffet med dagrenovation og storskraldordninger. Denne antagelse er konsistent med oplysninger om, at belysningsartikler hovedsageligt bortskaffes til forbrænding/deponi (jf. afs. 3.2.3) /30/. Bortskaffelsesmængden af disse ledere kendes ikke. En indikation om størrelsesorden af denne mængde kan fås ud fra bortskaffelsesmængden af belysningsartikler (jf. afs. 3.2.3), som anslås til at være 80-90% af forbrugsmængden. Forbruget, som i tabel 3.3 er opregnet under "Koaksialkabler" og "Løse installationer" skal samlet anslås til 1.700 ±20%. Under antagelse af at bortskaffelsesmængden for elektriske ledere anvendt til løse installationer er på 80-90% af forbrugsmængden, og at ca. 70% af lederne bortskaffes til forbrænding/deponi, kan det anslås, at der med disse ledere årligt bortskaffes 700-1.200 tons kobber til forbrænding/deponi mens resten bortskaffes via skrothandlere.

Tændrørskabler formodes at blive ført til skrothandler med metalaffald fra autoværksteder.

Strømførende udstyr samt ledere, som anvendes til faste installationer i byggeri, installationer i industrien og forsyningsnettet, antages at blive bortskaffet via skrothandlere.

Der findes ingen opgørelse af mængden af kabler, der indsamles i Danmark. En præcis opgørelse vanskeliggøres af, at der sker en vis indsamling og eksport af kabler hos små skrothandlere. På baggrund af oplysninger fra de to førende virksomheder på området /6,31/, som også står for oparbejdning af kablerne, anslås det, at der årligt indsamles 8.000-10.000 tons kabelskrot i Danmark, svarende til 2.700-3.400 tons Cu/år. Hertil kommer 1.400-2.800 tons kabelaffald (480-950 tons kobber) fra produktionen af elektriske ledere, således at det samlede tal bliver 9.400-12.800 tons kabelskrot indeholdende 3.200-4.400 tons Cu/år. En sammenligning med norske forhold, hvor det anslås, at der indsamles omkring 13.000 tons kabler/år /32/ indikerer, at den indsamlede mængde i Danmark sandsynligvis ligger i den øverste ende af det anslåede interval. Af de indsamlede kabler eksporteres 2.000-3.000 tons, mens der samtidig sker en import af 7.000-9.000 tons kabler /31/. Det anslås således, at der, inklusive kabelaffald fra produktionen af elektriske ledere, årligt oparbejdes 14.000-19.000 tons kabler med et indhold på 6.800-8.600 tons kobber.

Den samlede forbrugsmængde for disse kabler beløber sig jf. tabel 3.3 til i alt ca. 6.800 tons (ført under "Telekommunikation", "Faste installationer i byggeri", "Styreledninger og kabeltromler", "Isolerede el. ledere > 1.000 V" og "Uisolerede el. ledere af snoet tråd"). De 2.700-3.400 tons kobber, der indsamles, svarer til 40-50% af forbrugsmængden.

Bortskaffelsesmængderne for uisolerede kabler kan muligvis være højere end forbrugsmængden, da luftledninger i høj grad udskiftes med jordkabler med aluminiumsledere.

#### *Tør fragmentering*

Oparbejdning af kabler foregår hovedsageligt på tre større anlæg. Hovedparten af kablerne skrottes ved at de granuleres i en shredder. Efter fragmentering adskilles kobber og plast på et beluftet rystebord. Det anslås på baggrund af oplysninger fra virksomhederne, at 1% af kablernes indhold af kobber efter fragmenteringen ender sammen med plastdele og støv. På ét større anlæg genbruges plasten med kobberforurening til støbning af plastvarer. Det anslås at 8-12 tons Cu/år på denne måde indstøbes i plastvarer.

#### *Våd fragmentering*

Telefonkabler med vaseline fragmenteres i sæbevand med efterfølgende adskillelse af kobber og isoleringsmateriale. Det anslås af oparbejdningsevirsomheden, at 1% af kablernes kobber sammen med det fugtige isoleringsmateriale deponeres på kontrolleret losseplads.

#### *Afbrænding*

Omkring 5.000 tons oliefyldte højspændingskabler indeholdende ca. 1.000 tons kobber oparbejdes ved en kontrolleret afbrænding. Ved denne oparbejdning anslås det, at < 0,1 tons kobber deponeres på kontrolleret losseplads sammen med aske og filterstøv fra forbrændingsprocessen.

Ukontrolleret afbrænding af kabler, som tidligere var udbredt, vurderes af branchen at udgøre en ubetydelig del af den samlede kabeloparbejdning.

Det skønnes, at 1.000-2.000 tons kabler oparbejdes på en række mindre virksomheder ved at plastisoleringen mekanisk skrælles af kablerne.



Den samlede mængde kobber, som med affald fra kabelskrotning deponeres på kontrolleret losseplads, skønnes at udgøre 30-60 tons Cu/år.

### Bortskaffelse af strømførende udstyr

Der foreligger ingen oplysninger om bortskaffelsesmængder for strømførende udstyr. Det skal groft antages at bortskaffelsesmønstreret for det strømførende udstyr følger mønstret for kabler, således at bortskaffelsesmængden - under hensyntagen til usikkerheden på opgørelserne - skønnes at udgøre 30-60% af forbrugsmængden på 1.200-1.900 tons Cu/år.

**Tabel 3.4**

*Estimeret bortskaffelse af kobber med elektriske ledere og strømførende udstyr, ca 1992<sup>1)</sup>*

	Bortskaffelsesmængde (% af forbrug) <sup>2)</sup>	Til Forbr./deponi (Tons Cu/år)	Til skrothandler (Tons Cu/år)
Elektriske ledere - løse installationer	80-90	700-1.200	<sup>5)</sup>
Andre elektriske ledere	40-50	20-60 <sup>3)</sup>	2.700-3.400
Strømførende udstyr	30-60	-	400-1.100
I alt <sup>4)</sup>		800-1.500	3.100-4.500

#### Noter:

- 1) Ved beregningen af bortskaffelsesmængderne er der benyttet forbrugsmængder fra tabel 3.3. Produktionsaffald er ikke medregnet.
- 2) Bortskaffelsesmængden for løse ledere er anslået ud fra kendskab til bortskaffelsesmængder for belyningsartikler (se teksten). For de øvrige elektriske ledere foreligger der ingen oplysninger om bortskaffelsesmængder, som derfor med stor usikkerhed er anslået på baggrund af oplysninger om mængden af indsamlede ledere. Den indsamlede mængde udgør 40-50% af forbrugsmængden af de ledere, som i ovenstående antages at blive bortskaffet til skrothandlere.
- 3) De angivne 20-60 tons kobber er den mængde der formodes at afgå til forbr./deponi i forbindelse med installationsarbejder. Der vil givetvis også være en mindre del af denne type ledere, som bortskaffes til forbrænding/deponi med brændbart byggeaffald, men det har ikke været muligt at lave en opgørelse af mængder, der formodes at være beskedne i forhold til mængden, der bortskaffes som kabelskrot.
- 4) Summer er afrundede.
- 5) Ledere til løse installationer, der bortskaffes via skrothandlere er medregnet i de anførte 2.700-3.400 tons kobber.

### 3.2.2 Elektroniske produkter

Med elektroniske produkter forstås elektriske apparater, som har til opgave at frembringe eller behandle elektriske signaler /33/. Elektroniske produkter har et væsentligt indhold af halvlederkomponenter til regulering af elektrisk strøm. Disse komponenter indgår også i stigende grad i maskiner og måleudstyr (jf. afs. 3.2.4).

Kobber indgår i elektroniske produkter hovedsageligt i flg. komponenter:

- Elektroniske komponenter, hovedsageligt printkort.
- Ledninger.
- Spoler, fx i transformatorer.

Hvor store mængder kobber, der indgår i de enkelte komponenter, vil variere fra produkt til produkt. Som eksempel kan det af /34,35/ anslås, at et almindeligt fjernsyn indeholder omkring 1,5 kg kobber, hvoraf 65% er indeholdt i spoler, 25% i printkort og 10% i ledninger. I computere indgår en større del af kobberet i selve elektronikdelen. I /30/ gives der et eksempel på en computer, hvor der i printplader således indgår 1,2 kg kobber.

### Produktion

Der er i Danmark en væsentlig produktion af fjernsynsapparater, radio- og telefonmodtagere, højttalere og sendere/modtagere til radiotelegrafi. Der er indenfor området mange specialiserede virksomheder, hvis antal i nærværende rapport ikke er forsøgt klarlagt. Den samlede produktion kan på baggrund af Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ anslås at svare til ca. 1.100 tons Cu/år.

Produktionen af elektroniske produkter er i høj grad baseret på halvfabrikata. Produktion af elektriske ledere er omtalt i afs. 3.2.1 og produktion af spoler vil blive omtalt i afs. 3.2.4. I dette afsnit vil kun fremstilling af printplader blive omtalt.

### Produktion af print

Der findes i alt 19 printfremstillingsvirksomheder i Danmark. Print fremstilles oftest som lønarbejde for elektronikfirmaer, og 40-60% af den danske produktion eksporteres.

### Kobberforbrug til printfremstilling

Kobberforbruget til fremstilling af printplader er opgjort i tabel 3.5 på baggrund af oplysninger fra /26,36,37,38,39/.

Kobberfolie og kobberlaminatplader importeres til Danmark til forarbejdning til printkort. I tabel 3.1 er forbruget på baggrund af Varestatistikens oplysninger og et kobberindhold på 11-13% /22/ anslået til 90-105 tons/år, hvilket er lidt lavere end anslået i opgørelsen i tabel 3.5; som det vurderes, giver det mest præcise estimat af kobberforbruget.

**Tabel 3.5**

*Kobberforbrug til printfremstilling i Danmark, ca. 1993.*

Kobberkilde	Tons kobber/år
Kobberlaminatplader og kobberfolie	115
Anoder til plettering	40
Kemikalier, primært kobbersulfat	5
I alt	160

Noter: Opgørelsen af kobberforbruget er gennemført på baggrund af oplysninger fra virksomheder, som skønnes at stå for en væsentlig del af produktionen i Danmark.

### Forbrug

Det årlige forbrug med elektroniske produkter anslås til 1.600-2.000 tons (jf. tabel 3.6). Der er en væsentlig nettoimport af kobber med disse produkter. Forbruget af elektroniske produkter er meget påvirkeligt af udbuddet af nye produkter, og der er således siden 1980 sket en stigning i forbruget af fjernsynsapparater, telefaxmaskiner og databehandlingsmaski-

ner, mens forbruget af fx. forstærkere, kassettebåndoptagere og højttalere er faldet /33/.

### Tab ved produktion

Det vurderes at det væsentligste tab til affald og spildevand ved fremstilling af elektroniske produkter sker i forbindelse med printfremstilling.

Ved fremstilling af print opstår en stor mængde kobberholdigt affald, som genanvendes til bl.a. gødningsproduktion enten i Danmark eller i udlandet. Afklip eller fejlproduktioner bortskaffes via kommunale ordninger til affaldsforbrænding. Kasserede bade og slam bortskaffes til Kommunekemi som kemikalieaffald eller udledes med spildevandet. Opgørelsen i tabel 3.7 repræsenterer et skøn, som er foretaget dels ud fra oplysninger fra virksomheder, dels fra evaluering af Miljøstyrelsens initiativer indenfor renere teknologi i overfladebehandlingsvirksomheder /38,39/.

**Tabel 3.6**

Forbrug af kobber med elektroniske produkter, gennemsnit 1990-1992 <sup>1)</sup>.

Varegruppe	Kobber %	Forbrug Tons Cu/år	Bortskaffelse <sup>2)</sup>	
			Primær	Sekundær
<b>Audiovisuelle apparater mm:</b>				
Telefonapparater	3	20	Forbr./deponi	
Højttalere	2	100	"-	
Fjernsynsapparater	4	550	"-	Skrothandler
Forstærkere	15	150	"-	"-
Radio og telefonmodtagere	10	340	"-	"-
Video- og kassettebåndoptagere	9	270	"-	"-
Tyveri- og brandalarmer	22	70	"-	"-
Send/modt til radiotelegrafi	19	60	Skrothandler	Deponi/forbr.
I alt <sup>2)</sup>		1.560 (1.200-1.900)		
<b>Computere og kontorudstyr:</b>				
Databehandlingsmaskiner	3	240	Skrothandler	Deponi/forbr.
Andre kontormaskiner	1	10	"-	"-
I alt <sup>2)</sup>		250 (200-300)		
I alt <sup>2)</sup>		1.800 (1.400-2.200)		

#### Noter:

- 1) Mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ jf. afs. 3.2. Kobberindhold er angivet som anslået gennemsnit for hele varegruppen.
- 2) Middelværdi er anslået på baggrund af mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase. I parentes er angivet det interval inden for hvilket det vurderes, at den rigtige værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig. Den samlede sum er afrundet.

Virksomhedernes udslip til spildevandet afhænger af den valgte teknologi herunder forbruget af skyllevand. Hovedparten af virksomhederne har traditionelle fældningsanlæg til rensning af spildevand for tungmetaller, hvorved indholdet typisk reduceres til 1-2 mg/l. Efterfiltrering, herunder ionbytning, kan give en yderligere reduktion. Udviklingen omkring printfremstilling i Danmark går mod lukkede spildevandssystemer og øget genanvendelse af kobber i form af kobberudvinding fra kemikalieaffald.

Der er i de seneste år udarbejdet en række rapporter og gennemført forsøg med henblik på at belyse affaldsstrømme og muligheder for genanvendelse-/oparbejdning af elektroniske produkter /30,33,40,41/.

Ifølge /30/ blev hovedparten af fjernsyn, radioer, højttalere o.lign i 1992 bortskaffet til forbrænding/deponi. I nærværende rapport skal det antages, at 10-20% af disse produkter bortskaffedes via skrothandlere. Mikrobølgeovne, computere og andet kontorudstyr blev ifølge /30/ bortskaffet via skrothandlere.

**Tabel 3.7**

*Estimeret kobberflow ved printfremstilling i Danmark.*

	Afgang i alt tons Cu/år <sup>1)</sup>	Heraf eksport tons Cu/år
Produkter	56	26
Fast affald <sup>2)</sup>	14,5	
Spildevand	0,5-1	
Kemikalieaffald	10	
Ætsevæsker til genanvendelse	70	?
Kobbergenvinding (metal)	8,5	
I alt	159,5	

Noter:

- 1) Den ovenstående vurdering af kobberafgangen fra printfremstilling er bl.a. gennemført på baggrund af oplysninger fra 3 virksomheder.
- 2) Fast affald udgøres af afklip, kasserede print mv. Denne affaldsfraktion bortskaffes normalt med erhvervsaffaldet. Den endelige slutdeponering afhænger af affaldsbehandlingen i de områder, hvor virksomhederne er placeret. Det påregnes af foreliggende oplysninger, at hovedparten af dette affald går til forbrænding.

Der er i de seneste år iværksat en række forsøg med henblik på genanvendelse af elektroniske produkter. Genanvendelse var mængdemæssigt betydningsløst i 1992/1993, men kan få betydning på længere sigt.

*Manuel oparbejdning*

Siden efteråret 1993 har VEGA (Vestegnens Genanvendelses og Affaldssamarbejde I/S, Taastrup) gennemført forsøg med lavteknologisk, manuel oparbejdning af elektronikaffald. Efter oparbejdningen kunne 53% af materialerne i form af metaller, ledninger, transformatorer og billedrørsspoler sendes til genanvendelse. Baseret på dette forsøg har VEGA besluttet at indføre obligatorisk erhvervsmæssig aflevering af elektronikskrot til specialbehandling.

En række virksomheder arbejder med selektiv skrotning af elektronikaffald. Det svenske Technoworld indsamlede således i 1994 20 tons elektronik og har etableret aftaler med en række kommuner /42/.

Der synes dog at være problemer med at gøre genvinding af kobber fra sammensatte produkter rentabelt. Ved ekstraktion af ædelmetaller fra elektronikskrot ender kobber således i et affaldsprodukt, som sendes til Kommunekemi /43/.

## Bortskaffelsesmængder

I /33/ er de forventede affaldsmængder af en lang række elektroniske produkter i 1993 estimeret på grundlag af oplysninger om forbrugsudvikling og middellevetider for de enkelte produkter. Disse affaldsmængder sammenlignes i rapporten med forbrugsmængder for 1991. Disse oplysninger er i tabel 3.8 benyttet til at anslå forventede mængder af kobber, som bortskaffes med elektroniske produkter. Ved beregningerne er der kompenseret for den tidsforskydning der i /33/ er mellem opgørelserne af forbrugsmængder (1991) og bortskaffelsesmængder (1993). For TV, radioer, højttalere o.lign anslås, at bortskaffelsesmængden udgør 60-70% af forbrugsmængden, mens det for computere og kontormaskiner anslås, at bortskaffelsesmængden udgør 70-90% af forbrugsmængden.

Sammenlagt kan det således anslås, at der med elektroniske produkter i 1992 bortskaffedes 500-1.000 tons kobber til affaldsforbrænding/deponi, mens der via skrothandlere bortskaffedes 340-570 tons kobber (jf. tabel 3.8).

**Tabel 3.8**

*Bortskaffelse af kobber med elektroniske produkter, ca 1992 <sup>1)</sup>*

	Bortskaffelsesmængde (% af forbrug)	Til Forbr./deponi (Tons Cu/år)	Til skrothandler (Tons Cu/år)
Computere og kontorudstyr.	70-90	-	140-270
TV, radio, video o.l.	60-70	500-1.000	200-300

Noter:

- 1) Ved beregningen af bortskaffelsesmængderne er der benyttet forbrugsmængder fra tabel 3.6. Forholdet mellem bortskaffelsesmængde og forbrugsmængde er estimeret på baggrund af /33/.

### 3.2.3 Belysningsartikler

Belysningsartikler kan oversigtsmæssigt inddeles i to grupper:

- Stikpropper og lyskilder (halogen-, glødelamper og lysstofrør).
- Belysningsarmaturer (herunder hvad der i daglig tale benævnes lamper).

#### *Stikpropper og lyskilder*

Stikpropper og lyskilder indeholder mindre mængder kobber fx i form af små kobberledere.

#### *Armaturer*

Belysningsarmaturer indeholder kobber i ledninger og kontakter. Den væsentligste mængde kobber indgår dog i produkterne i form af messing-rør og -plader, der hovedsageligt anvendes af æstetiske årsager /22/.

#### *Produktion*

Der er en mindre dansk produktion af lyskilder men langt hovedparten importeres. Belysningsarmaturer bliver i Danmark produceret ved en række virksomheder, hvis antal ikke er forsøgt opgjort i denne undersøgelse. Den samlede produktion anslås på baggrund af Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ at svare til ca. 800 tons Cu/år.

#### *Forbrug*

Forbruget af kobber med stikpropper og lyskilder anslås samlet til 120-190 tons Cu/år, mens forbruget med øvrige belysningsartikler anslås til 880-1.300 tons Cu/år (jf. tabel 3.9). Forbruget er svagt stigende.

### Tab ved produktion

Der foreligger ingen opgørelse af tab ved produktion af belysningsartikler. Det anslås på baggrund af generelle oplysninger om håndtering af messingvarer ved produktion, at mængderne, som med støv ender på losseplads, næppe overstiger 0,1% af kobberforbruget ved produktionen eller højst 1 tons Cu/år.

### Tab ved brug

Det skønnes, at der ikke sker udslip af kobber til omgivelserne under brug af belysningsartikler.

**Tabel 3.9**  
Forbrug af kobber med belysningsartikler, gennemsnit 1990-1992 <sup>1)</sup>

Varegruppe	Kobber %	Forbrug Tons Cu/år	Bortskaffelse <sup>2)</sup>	
			Primær	Sekundær
<b>Lyskilder og stikpropper:</b>				
Lampefatninger og stikpropper	3	25	Forbrænding	Deponi
Halogen- og glødelamper	4	50	"-	"-
Lysstofrør og dampplamper	6	80	"-	"-
I alt <sup>4)</sup>		155 (120-190)		
<b>Belysningsarmaturer og andre belysningsartikler:</b>				
Lysskilte o.l.	2	30	Forbrænding	Deponi
Belysningsartikler til glødelamper <sup>3)</sup>	8	570	"-	Deponi/skroth.
Andre belysningsartikler <sup>3)</sup>	6	350	"-	"-
I alt <sup>4)</sup>		950 (760-1.140)		
I alt <sup>4)</sup>		1.100 (900-1.300)		

#### Noter:

- 1) Mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ jf. afs. 3.2. Kobberindhold er angivet som anslået gennemsnit for hele varegruppen.
- 2) Primær bortskaffelse er vurderet på baggrund af /30/.
- 3) Udgøres primært af belysningsarmaturer.
- 4) Middelværdi er anslået på baggrund af mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase. I parentes er angivet det interval, inden for hvilket det vurderes, at den rigtige værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig. Den samlede sum er afrundet.

### Bortskaffelse

Lyskilder skønnes overvejende at blive bortskaffet med dagrenovationen /30/. Da der er tale om produkter med en relativ kort levetid, må det påregnes, at der bortskaffes en mængde svarende til forbruget.

Armaturer bortskaffes ifølge /30/ primært til forbrænding/deponi, mens en mindre mængde bortskaffes via skrothandler. Ved opgørelser af bortskaffelsesmængder skal det i denne rapport antages, at 60-80% af armaturerne bortskaffes til forbrænding/deponi, mens resten bortskaffes via skrothandlere. Baggrunden for at antage at 20-40% af armaturerne bortskaffes til skrothandlere er, at forfatterne vurderer, at armaturer med et stort metalindhold (fx. standerlamper) ofte vil bortskaffes via genbrugsstationernes metalcontainere. Bortskaffelsesmængden skønnes på baggrund af /33/ (som omtalt i afsnit 3.2.2) at være 85-90% af forbrugsmængden.

Den anslåede mængde kobber, der bortskaffes med belysningsartikler, fremgår af tabel 3.10.

**Tabel 3.10**  
*Bortskaffelse af kobber med belysningsartikler, 1992.*

	Bortskaffelsesmængde (% af forbrug)	Til Forbr./deponi (Tons Cu/år)	Til skrothandler (Tons Cu/år)
Lyskilder og stikpropper	100	120-190	-
Belysningsarmaturer og andre belysningsartikler	85-90	490-770	160-260

Noter:

- 1) Ved beregningen af bortskaffelsesmængderne er der benyttet forbrugsmængder fra tabel 3.9.

### 3.2.4 Elektriske maskiner og apparater.

Kobber anvendes i en lang række elektriske maskiner og apparater til brug i såvel husholdninger som til erhvervsformål.

Kobber indgår i maskiner og apparater hovedsageligt i flg. komponenter:

- Spoler i transformatorer, generatorer og elektromotorer.
- Ledninger.
- Elektroniske komponenter.
- Spåntagede emner af messing eller rødgods.
- Varmevexlerrør og -ripper.

#### Produktion

Elektriske maskiner og apparater produceres på en lang række store og mindre virksomheder. Denne produktion er baseret på halvfabrikata fremstillet dels i Danmark, dels i udlandet. Det er ikke forsøgt at klarlægge flowet af halvfabrikata og virksomhedsstrukturen i denne forbindelse. På baggrund af Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ anslås den samlede produktion af husholdningsmaskiner at svare til ca. 300 tons Cu/år, mens produktionen af motorer, måleudstyr og maskiner til erhvervsformål skønnes at svare til ca. 5.400 tons Cu/år.

#### Spoler

Karakteristisk for maskinerne er, at de indeholder kobber i spoler, som fremstilles af beviklingstråd, som er en tynd kobbertråd belagt med et lag lak (beviklingstråd er ikke medregnet under elektriske ledere i afsnit 3.2.1). Forbruget af beviklingstråd var i 1992 på 3.500 tons, som hovedsageligt blev anvendt til produktion af spoler til tørtransformatorer, elmotorer, generatorer, startmotorer og statiske omformere, som anvendes i elektriske maskiner og apparater.

#### Forbrug

På baggrund af oplysningerne i tabel 3.11 anslås det årlige forbrug af kobber med husholdningsmaskiner til 800-1.200 tons.

Kobberforbruget med maskiner og måleudstyr, der hovedsageligt anvendes til erhvervsformål, anslås til 2.400-3.400 tons på baggrund af oplysningerne i tabel 3.12.

Der er for maskiner og måleudstyr tale om overordentlig mange forskellige produktionsprocesser. Det vurderes af forfatterne, at der ved disse processer generelt kun vil ske et lille tab til omgivelser og affald.

Ved produktion af spoler anslås det på baggrund af oplysninger fra producenter at omkring 1% af råvaren fraklippes og sendes til genanvendelse. I forbindelse med svejsning af vikletråden kan der ske en emission af kobber til luft, men da der er tale om relativt få svejsninger, vurderes det, at emissionen i relation til det eksterne miljø er ubetydelig.

Ved spåntagende bearbejdning og overfladebehandling af emner til fx højtrykspulere og væskemålere, kan der ske tab til spildevand og kemikali-eaffald. Disse forarbejdningsprocesser er yderligere omtalt under ventiler og armaturer i afsnit 3.2.5. Da det ikke har været muligt at adskille, hvor store mængder messing- og rødgodsstænger, der bruges specifikt til maskiner, er der i afsnit 3.2.5 foretaget en samlet beregning af tab ved bearbejdning af disse stænger.

**Tabel 3.11**  
Forbrug af kobber med husholdningsmaskiner, gennemsnit 1990-1992 <sup>1)</sup>

Varegruppe	Kobber %	Forbrug Tons Cu/år	Bortskaffelse <sup>2)</sup>	
			Primær	Sekundær
Microbølgeovne	13	300	Skrothandler	
Elkomfurer	2	170	"-	
Komfurer til flydende/fast brændsel	2	40	"-	
Emhætter	5	40	"-	
Tørretumblere	3	80	"-	
Hår og håntørreapparater	7	15	"-	
Støvsugere	3	70	Forbr./deponi	Skrothandler
Husholdningsapp. med elmotor	1	10	"-	"-
Elektriske strygejern	3	10	"-	"-
Elektrotermiske husholdningsapp.	5	50	"-	"-
Barber og hårklippemaskiner	3	4	"-	"-
Kaffemaskiner	3	30	"-	"-
Brødrister	3	8	"-	"-
Andre husholdningsmaskiner <sup>3)</sup>		200	Skrothandler	Forbr./deponi
I alt <sup>4)</sup>		1.000 (800-1.200)		

Noter:

- 1) Mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ jf. afs. 3.2. Kobberindhold er angivet som anslået gennemsnit for hele varegruppen. Flere af produkterne kan næppe betegnes maskiner, men er af oversigtsmæssige grunde medtaget her.
- 2) Bortskaffelse er vurderet på baggrund af /30/.
- 3) Udgøres af vaskemaskiner, opvaskemaskiner, symaskiner, køleskabe og fryser, der i /22/ er vurderet at indeholde < 1% kobber. Med den benyttede opgørelsesmetode, vil de derfor ikke være med i opgørelsen. Da der er tale om produkter som alle indeholder elektromotorer og ledninger, og som omsættes i store mængder er det valgt at foretage et groft skøn over kobberindholdet i produkterne. Under antagelse af at disse produkter inde-



holder 0,2-0,6% kobber anslås det, at forbruget af kobber med produkterne er 100-300 tons Cu/år. Produktionen er ikke forsøgt anslået.

- 4) Middelværdi er anslået på baggrund af mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase. I parentes er angivet det interval inden for hvilket det vurderes, at den rigtige værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig. Summen er afrundet.

**Tabel 3.12**

*Forbrug af kobber med motorer, måleudstyr og maskiner til erhvervsformål, gennemsnit 1990-1992 <sup>1)</sup>*

Varegruppe	Kobber %	Forbrug Tons Cu/år	Bortskaffelse	
			Primær	Sekundær
Elgeneratorer og motorer <sup>2)</sup>	9	(1.400)	-	-
Startmotorer	5	120	Skrothandler	-
Motorer med gnisttænding	2	20	-"	-
Generatorsæt u. forbrændingsmotor	9	6	-"	-
Kompressorer til kølemaskiner	2	30	-"	-
Ventilatorer og ventilationsagg.	2	190	-"	-
Luftkompressorer	5	110	-"	-
Bageriovne	8	2	-"	-
Industriovne	20	50	-"	-
Køle/frysediske	8	40	-"	-
Andet køle og fryseudstyr	3	90	-"	-
Vandvarmere og varmevekslere	2	110	-"	-
Destillationsapparater	26	30	-"	-
Køletårne	1	3	-"	-
Andre mask. til materialebeh.	8	50	-"	-
Ankerspil	1	10	-"	-
Maskincentre	1	7	-"	-
Maskiner til lodning og svejsning	3	7	-"	-
Vindmøller	1	70	-"	-
Elektrisk håndværktøj	12	190	-"	-
Brændstofpumper	13	90	-"	-
Dyk- og cirkulationspumper	4	340	-"	-
Sprøjtepistoler	32	140	-"	-
Højtrykspulere	21	260	-"	-
Elektrodiagnostiske apparater	10	4	-"	-
Apparater til bestråling	6	10	-"	-
Apparater til massage o.l.	29	90	-"	-
Røntgen-generatorer	67	60	-"	-
Termometre	16	60	-"	-
Trykmålere	11	30	-"	-
Gasmålere	2	3	-"	-
Væskemålere	78	440	-"	-
Termostater <sup>3)</sup>	8	50	-"	-
Manostater	2	1	-"	-
Andre instr. til auto. regulering	17	90	-"	-
Spilleautomater	2	4	-"	-
Tilbehør til måleinstrumenter	7	0	-"	-
Tilbehør t. instr. og maskiner	12	110	-"	-
I alt <sup>4)</sup>		2.900 (2.400-3.400)		

#### Noter:

- 1) Mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ jf. afs. 3.2. Kobberindhold er angivet som anslået gennemsnit for hele varegruppen. Flere af produkterne kan næppe betegnes maskiner eller måleudstyr, men er af oversigtsmæssige grunde medtaget her.
- 2) Elektromotorer regnes her som halvfabrikata og er ikke medregnet i den summerede mængde. Nogle elektromotorerne bruges direkte i industrien, men det anslås at udgøre en lille del af det samlede forbrug.
- 3) Termostater indbefatter ikke ventiler, som er medregnet i afsnit 3.2.5.
- 4) Middelværdi er anslået på baggrund af mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase. I parentes er angivet det interval inden for hvilket det vurderes, at den rigtige værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig. Summen er afrundet.

#### *Udslip ved brug*

Ved brug af visse pumper og højtryksrensere vil der som følge af korrosion kunne ske en afgivelse af kobber fra messingrør og -dyser til vand. Der foreligger ingen sikker viden om dette, men sammenlignet med hvad der evt. afgives af kobber fra vandrør, vurderes afgivelsen fra maskiner at være ubetydeligt.

#### *Bortskaffelse*

Der foreligger ingen undersøgelser af bortskaffelsesmønstre for maskiner. Hovedparten af maskinerne, som anvendes til erhvervsformål, formodes at bortskaffes til skrothandlere, hvor de typisk fragmenteres i shredder anlæg (jf. afs. 4.1). Efter neddeling frasorteres el-motorer og komponenter med spoler ved manuel sortering /44/. For de fleste maskiner må påregnes en middellevetid på 10-15 år (forfatterens vurdering). For en del af maskinerne og måleudstyret er der i /33/ lavet en sammenligning mellem forbrugsmængder og bortskaffelsesmængder i kategorierne "Udstyr til medicinsk brug og laboratorier", "Elektroværktøj" og "Elapparater i øvrigt". For disse produkter kan det på baggrund af /33/ anslås, at bortskaffelsesmængden udgør 75-85% af forbrugsmængden.

Et meget groft skøn over udviklingen af forbruget med maskiner kan fås ved at sammenligne forbruget af beviklingstråd i 1982 /45/ med forbruget i 1992, som var på hhv. 3.400 og 3.500 tons. På denne baggrund skønnes det at bortskaffelsesmængden for maskiner og apparater til erhvervsformål i 1992 var på 75-100% af forbrugsmængden samme år.

Ifølge /30/ blev hovedparten af de større husholdningsmaskiner bortskaffet til skrothandler, mens mindre maskiner så som barber og hårklippemaskiner, elektrotermiske husholdningsapparater og kaffemaskiner blev bortskaffet til forbrænding/deponi. På baggrund af oplysninger i /33/ (jf. afs. 3.2.2) anslås det, at bortskaffelsesmængden i 1992 for husholdningsmaskinerne udgjorde 75-85% af forbrugsmængden.

Anslåede bortskaffelsesmængder for elektriske maskiner fremgår af tabel 3.13.

**Tabel 3.13***Bortskaffelse af kobber med elektriske maskiner, ca 1992<sup>1)</sup>*

	Bortskaffelsesmængde (% af forbrug)	Til forbr./deponi (Tons Cu/år)	Til skrotthandler (Tons Cu/år)
Husholdningsmaskiner	75-85	150-260	450-760
Maskiner til industribrug	75-100	-	1.800-3.400

Noter:

- 1) Ved beregningen af bortskaffelsesmængderne er der benyttet forbrugsmængder fra tabel 3.11 og 3.12. Fordelingen på forbr./deponi og skrotthandler er skønnet ud fra den anslåede primær bortskaffelse jf. tabel 3.11 og 3.12.

**3.2.5 Ventiler, sanitetsarmaturer og støbte kobbervarer**

Kobber til produktionen af ventiler, armaturer og støbegods udgør mængdemæssigt omkring 25% af den samlede omsætning af metallisk kobber. Disse produkter er karakteristiske ved at kobber ikke blot optræder i enkelte komponenter, men at kobberlegeringer oftest udgør størsteparten eller hele produktet.

*Produktion*

Produktionen af disse produkter sker hovedsagelig gennem flg. forarbejdningsprocesser:

- Spåntagende forarbejdning (fræsning og drejning).
- Smedning og presning.
- Støbning.

Mindre ventiler fremstilles ved en spåntagende bearbejdning af stænger og rør af messing og rødgods (dvs. emnerne drejes/fræses til de får den rette facon). Der er i Danmark en væsentlig produktion af ventiler, fx trykreguleringsventiler og termostatventiler, som fremstilles ved en række større og mindre virksomheder.

Ved smedning og varmpresning opvarmes emnerne, hvorefter de formes med slag eller pres. Ved denne proces fremstilles typisk sanitetsarmaturer fx haner og blandingsbatterier. Der har inden for området været en udvikling, hvor en del emner der tidligere blev støbt i dag varmetaforarbejdes. Sanitetsarmaturer og lign. bliver ligesom de drejede emner fremstillet ved en lang række virksomheder.

*Støbning*

Støbeprocesserne kan oversigtsmæssigt inddeles i flg. kategorier:

- Støbning af plader og stænger, der bruges som råvare til videre forarbejdning.
- Støbning af kobberstøbegods.

Indtil 1993 var der ved en enkelt virksomhed i Danmark en produktion af messingstænger på ca. 16.000 tons årligt (jf. afs. 3.1.1). Råvarerne til støbningen udgjordes væsentligst af messingspåner og klip (produktionsaffald) og raffineret kobber fra kabelskrot. Aktiviteterne er omtalt i afsnit 3.1, og da aktiviteterne ikke længere foregår, vil de ikke blive yderligere omtalt her.

## Mønter

Kobber indgår i alle vore mønter. Produktionen foregår ved, at der støbes plader, hvoraf mønterne udstanses. De lyse 1-, 2- og 5 kroner består af en kobber-nikkel legering som indeholder 75% kobber. 25-ører og 50-ører indeholder 97% kobber, mens 10- og 20 kroner indeholder 92% kobber /17/. Størrelsen af produktionen er noget svingende og fx afhængig af skift til nye mønter. Råvarerne til støbningen består af stanserester, gamle mønter og importerede raffinerede legeringer. I 1992 blev der fremstillet 410 tons mønter af kobber-nikkel legering og 108 tons af bronzelegeringer med et samlet indhold på ca. 470 tons kobber. Omkring 190 tons kobber blev importeret med raffinerede råvarer, mens de resterende 280 tons stammede fra omsmeltede gamle mønter.

## Kobberstøbegods

Der findes i Danmark ca. 50 metalstøberier, som fremstiller støbegods i kobber- eller aluminiumslegeringer /12/. Der foreligger ingen statistiske opgørelser af mængden af støbte kobbervarer. I 1992 var importen af raffinerede kobberlegeringer på omkring 1.460 tons, hvilket er i overensstemmelse med, at det i 1990 vurderedes, at der blev støbt omkring 1.600 tons kobbervarer /10/. For at fremstille 1.600 tons kobbervarer smeltes 2.400 tons råvarer, hvoraf de 800 tons er internt returgods. Generelt adskiller støbegods sig fra de smedede emner ved, at der er tale om større emner. Der støbes langt overvejende i rødgods og bronzelegeringer.

På baggrund af Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ anslås, det den samlede produktion med armaturer og støbte kobbervarer svarer til ca. 10.300 tons Cu/år, hvilket er omkring 4.000 tons mere end det samlede forbrug opgjort i tabel 3.14.

## Forbrug

På baggrund af oplysningerne i tabel 3.14 kan det anslås, at forbruget af kobber med armaturer og støbte kobbervarer andrager 5.100-7.100 tons Cu/år. Det er ikke muligt på baggrund af de statistiske oplysninger, hvor fx smedede og støbte kobbervarer føres sammen, at lave en præcis opdeling af varerne på anvendelsesområder.

**Tabel 3.14**

*Forbrug af kobber med armaturer og støbte kobbervarer, gennemsnit 1990-1992 <sup>1)</sup>.*

Varegruppe	Kobber Forbrug		Bortskaffelse	
	%	Tons Cu/år	Primær	Sekundær
Armaturer (herunder ventiler) <sup>2)</sup>	29	3.300	Skrøthandler	
Skibsskruer <sup>3)</sup>	77	700		Direkte eksport
Smedede og støbte kobbervarer (ikke yderligere forarbejdet) <sup>4)</sup>	65	1.500	-"	
Tråd og elektroder til svejsning (ej stål) <sup>5)</sup>	10	80	-"	
Mønter <sup>6)</sup>	80	470	Omsmelting	Deponi/forbr.
I alt <sup>7)</sup>		6.100 (5.100-7.100)		

Noter:

- 1) Mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ jf. afs. 3.2. Kobberindhold er angivet som anslået gennemsnit for hele varegruppen.
- 2) Det lave kobberindhold hænger sammen, med at en stor del af ventilerne laves i stål.

- 3) Skibsskruer må egentlig betragtes som halvfabrikata, men er medtaget her, da der i afsnit 3.2.7 omhandlende transportmidler kun er medregnet en mindre del af den samlede produktion af skibe.
- 4) Bygger i Miljøstyrelsens Produktdatabase på Varestatistikens varenummer "Smedede og støbte kobbervarer - ikke yderligere forarbejdet". Smedede emner vil ofte videreføres fx. til sanitetsarmaturer, og denne varegruppe indeholder derfor kun en del af den mængde, der forarbejdes ved støbning eller smedning, mens en del af de smedede varer vil være ført under armaturer.
- 5) Elektrodernes indhold af kobber ender hovedsageligt i det forarbejdede produkt, som det anslås ender ved skrothandler.
- 6) Mønter er taget med i dette afsnit, fordi pladerne, hvoraf mønterne udstanses, fremstilles ved en støbeprocess.
- 7) Middelværdi er anslået på baggrund af mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase. I parentes er angivet det interval, inden for hvilket det vurderes, at den rigtige værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig. Summen er afrundet.

Sanitetsarmaturer og termostatventiler (fremstillet ved smedning eller spåntagende bearbejdning) bruges i byggeriet, mens trykreguleringsventiler benyttes i mange sammenhænge indenfor industri, håndværk og forskning.

Det vurderes på baggrund af oplysninger fra støberier, at omkring 50% af kobberstøbegodset anvendes i skibsindustrien som bl. a. ventiler, skruer og køjer, mens de resterende 50% anvendes ved større anlæg som fx svømmehaller.

*Tab ved spåntagende forarbejdning og smedning*

Ved den spåntagende forarbejdning, hovedsagelig drejning og fræsning, vil der ske en overførsel af kobber fra emnerne til kølemidler. Kasserede kølemidler sendes til Kommunekemi, men i forbindelse med rensning af emner kan der ske en udledning til spildevand. Den største udledning til spildevand synes dog at være knyttet til ætsningsprocesser, såkaldt guldbrænding, hvor emnerne efter lodning overfladebehandles med syre eller brintperoxid for at fjerne flusrester og afzinkede områder på overfladen. Fældede tungmetaller fra rensbade sendes til Kommunekemi, men der vil kunne ske en mindre udledning til spildevand med rensbade.

Ved smedeprocesser, hvor emner varmes op til 500-700 grader, kan der ske en emission af mikroskopiske partikler til luften, men det vurderes på baggrund af oplysninger fra produktionsvirksomheder, at emissionen til det eksterne miljø ved denne proces er forsvindende. Efter smedning renses emnerne typisk ved en "kugletromling" hvorved der genereres støv, som sendes til oparbejdning sammen med spåner. Støv, som genereres ved fx. afsavning, sendes også til genanvendelse. Da der generelt er tale om "våde" forarbejdningsprocesser, vil diffus spredning af støv være ubetydelig.

Disse produktionsprocesser benyttes ikke kun ved fremstilling af ventiler, men også til fremstilling af komponenter omtalt i andre afsnit af denne rapport. Totalt forarbejdes der ved disse processer ca. 13.000 tons kobber i form af stænger og rør af messing og rødods. Af denne mængde anslås det på baggrund af oplysninger fra større produktionsvirksomheder, at omkring 7.000 tons kobber ender i de færdige produkter; 0,1-1 tons Cu/år udledes til spildevand, < 100 kg Cu/år emitteres gennem luft til det ex-

terne miljø, mens 1-10 tons Cu/år sendes til Kommunekemi med bejdsebade. Der foreligger ingen præcise oplysninger om, hvor store mængder der med gulvopfej ender i industriaffald, men det vurderes, at der er tale en mængde i størrelsesordenen 1-10 tons Cu/år. De resterende 6.000 tons vil som spåner og afskæringer blive sendt til oparbejdning, enten via produkt-handlere eller direkte til metalværker i udlandet.

#### *Tab ved møntfremstilling*

Rester fra støbeprocessen indeholdende ca. 3,5 tons kobber blev deponeret på losseplads i 1993. De udstansede mønter blev overfladebehandlet ved en bejdsning. Mængderne af kobber i brugte bejdsebade, som bortskaffedes til Kommunekemi, kendes ikke.

#### *Emission til luft fra støbeprocesser*

Emission af kobber gennem luften til det eksterne miljø vil være afhængig af det aktuelle røggas-filter, og hvorvidt udsmeltingen foregår i elektroovne eller gas/oliefyrede ovne. Partikelmængden, som dannes ved smelteprocessen, vil være meget afhængig af zinkindholdet i legeringen. For legeringer med under 7% zink, herunder rød gods og bronze, angives partikelemissioner på 0,3 - 1,5 kg partikler/ton smelte /12/. Partiklerne består hovedsagelig af oxider af de involverede metaller, dvs. emissionsfaktorerne for metallerne vil være lidt lavere. Disse tal er i overensstemmelse med oplysninger om emissionsfaktorer for kobber oplyst af større danske metalstøberier. Den samlede emission beregnes på baggrund af mængden der smeltes, dvs. ca 2400 tons metal svarende til ca. 2000 tons kobber. På den baggrund vurderes det, at emissionen af kobber til luft fra støbeaktiviteter andrager 0,6-3 tons Cu/år.

#### *Affald fra støbeprocesser*

En del kobber vil sammen med støbesand blive deponeret på lossepladser. Der foreligger ingen præcise oplysninger på mængden, men baseret på oplysninger fra støberier skal denne mængde groft anslås til 20-30 tons Cu/år. Slagger, afkrads og lignende affald, som udgør 5-10% af råvaremængden, returneres til metalværker i udlandet til raffinering (disse slag-ger skal ikke forveksles med kobberslagger anvendt til sandblæsning jf. afs. 3.4.5). Filterstøv stammende fra smelteprocessen består hovedsagelig af metaloxider og udgør omkring 2% af råvaremængden /12/. Det vurderes af forfatterne, at dette støv hovedsagelig sendes til oparbejdning i udlandet. Herudover dannes der filterstøv stammende fra renseprocesser. Fra større virksomheder oplyses det, at dette støv sendes til oparbejdning, men der foreligger oplysninger om at støvet fra mindre virksomheder i visse tilfælde deponeres på lossepladser. Under antagelse af, at den deponerede mængde kobber med filterstøv er i samme størrelsesorden som mængden deponeret med støbesand, andrager den samlede deponering fra støbevirksomhed 40-60 tons Cu/år.

#### *Tab ved brug*

Det vurderes, at tab af kobber ved brug af disse emner er ubetydelig.

#### *Bortskaffelse af armaturer og støbegods*

Der foreligger ingen undersøgelser af bortskaffelsesmønstre for disse produkter. Armaturer og ventiler antages ved nedbrydning og renovering af huse og industrianlæg at blive bortskaffet via skrothandlere. Da der for de støbte kobbervarers vedkommende er tale om store emner med en betydelig skrotværdi, vurderes det, at støbte kobbervarer udelukkende bortskaffes via skrothandlere. Støbegods anvendt i skibe (herunder skibsskruer), som udgør omkring 50% af støbegodset, antages at blive skrottet sammen med skibene, som ophugges i udlandet.

### Bortskaffelsesmængder

Et groft estimat af bortskaffelsesmængder kan opnås ved at antage en middellevetid for disse produkter på 10-25 år og sammenligne med forsyningsmængder fra slutningen af 1970-erne.

Ifølge /45/ var forsyningen af ventiler og haner af kobber og kobberlegeringer i 1977 på ca 3.300 tons (hovedsageligt af messing) svarende til ca. 2.000 tons kobber. Forsyningen af støbte og pressede kobbervarer var på ca. 3.500 tons svarende til 2.500-3.000 tons kobber. I alt 5.000-5.500 tons eller stort set de samme forsyningsmængder som i 1992. Bortskaffelsesmængden skal på denne baggrund anslås til 70-100% af forbrugsmængden. Bortskaffelsesmængden fremgår af tabel 3.15.

### Bortskaffelse af mønter

Det er en væsentlig del af de prægede mønter, der ikke kommer tilbage til omsmelting. Eksempelvis er kun halvdelen af de gamle 1-kr kommet retur til Den Kgl. Mønt /18/. Resten er ophobet hos samlere og på pulterkamre, forsvundet ud af landet med turister, tabt eller kastet bort. Der bortskaffes næppe større mængder mønter til affald, men mønter hjembragt fra udlandet vil ofte på et eller andet tidspunkt ende i dagrenovationen. Der findes ingen sikker viden om størrelsen af disse tab. Her skal groft anslås, at denne mængde, ligesom mængden, der med mønter tabes til omgivelserne, vil være i størrelsesordenen 4-40 tons Cu/år.

Samlet anslås det, at der bortskaffes 49-114 tons kobber/år til forbrænding/deponi med mønter (4-40 tons), møntfremstilling (ca. 3,5 tons), affald fra spåntagende bearbejdning (1-10 tons) samt støbeaffald (40-60 tons).

**Tabel 3.15**

*Bortskaffelse af kobber med armaturer, kobberstøbegods og mønter, ca. 1992<sup>1)</sup>.*

	Bortskaffelsesmængde (% af forbrug)	Til Forbr./deponi (Tons Cu/år)	Til skrothandler (Tons Cu/år)	Andet (Tons Cu/år)
Støbegods (herunder skibsskruer), armaturer og ventiler.	70-100	41-70	2.900-5.600	700-1.400 <sup>2)</sup>
Mønter	?	8-44 <sup>3)</sup>		? <sup>3)</sup>

Noter:

- 1) Ved beregningen af bortskaffelsesmængderne er der benyttet forbrugsmængder fra tabel 3.14.
- 2) Omkring halvdelen af støbegodset anslås at bortskaffes med skibe som ophugges i udlandet.
- 3) Mønter indsamles via banker til omsmelting; de aktuelle mængder vil være afhængig af skift til nye mønter. Der anslås at der årligt bortskaffes i størrelsesordenen 4-40 tons Cu/år med fast affald. De øvrige 4 tons er affald fra møntfremstilling.

### 3.2.6 Kobber i byggeriet

Kobber og kobberlegeringer bruges i byggeriet dels på grund af metallens gode korrosionsegenskaber, dels af æstetiske årsager.

Kobber bruges i byggeriet hovedsageligt i flg. materialer:

- Elektriske ledere (omtalt i afs. 3.2.1).
- Sanitetsarmaturer og termostatventiler (omtalt i afs. 3.2.5).
- Rørfittings af messing, som fx. bruges sammen med sanitetsarmaturer.
- Sanitetsartikler af messing så som knager (oftest forkromede).
- Rør og rørfittings af kobber i drikkevandsinstallationer.
- Tagdækninger og indfatninger af kobberplade.
- Beslag af messing til vinduer, døre m.m.
- Låse, slutblik o.lign. af nysølv eller messing.
- Skilte og navneplader af messing.
- Murbindere af bronze.
- Messingprofiler og rør til fx. gelændere og kantlister.
- Kobber i jernplader til beklædning (kortenstål)

### Produktion

Der er i Danmark en væsentlig produktion af låse, beslag, fittings, navneplader og sanitetsartikler ved en lang række virksomheder. Den samlede produktion skal på grundlag af Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ anslås at svare til ca. 2.500 tons Cu/år.

Plader og rør af kobber bliver ikke produceret i Danmark.

### Forbrug

Forbruget af kobber til bygningsformål (excl. el.ledere og armaturer) anslås på baggrund af tabel 3.16 til 3.800-5.700 tons Cu/år. Hvis forbruget med elektriske ledere og armaturer som anslås til 3.000-4.000 tons Cu/år (jf. afs. 3.2.1 og afs. 3.2.5) medregnes, kan det samlede forbrug af kobber til bygningsformål anslås til 6.800-9.700 tons Cu/år.

**Tabel 3.16**

*Forbrug af kobber til bygningsformål og produktion af bygningsartikler, gennemsnit 1990-1992<sup>1)</sup>.*

Varegruppe	Kobber Forbrug		Bortskaffelse	
	%	Tons Cu/år	Primær	Sekundær
Låse	52	800	Deponi/forbr.	
Slutblik mm.	1	10	"-	
Beslag til vinduer, døre m.m.	6	790	"-	
I alt		1.600 (1.300-1.900)		
Tagdækning og indfatning af kobber <sup>2)</sup>	100	500	Skrothandler	
Messingplade og -rør <sup>2)</sup>	70	150		
Rør, kobber <sup>2)</sup>	100	1.100	"-	
Rørfittings, kobber <sup>2)</sup>	100	110	"-	
Rørfittings af kobberlegeringer <sup>3)</sup>	70	770	"-	
I alt		2.630 (2.100-3.200)		
Skilte, navneplader o.l.	11	130	Deponi/forbr.	
Sanitetsartikler af 'kobber' <sup>4)</sup>	63	300	"-	Skrothandler
Murbindere af tinbronze <sup>2)</sup>	96	30	Deponi/forbr	
Kortenstål <sup>5)</sup>	2	?	Skrothandler	
I alt		460 (370-550) ?		
I alt <sup>6)</sup>		4.700 (3.800-5.700)		



Noter:

- 1) Mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ jf. afs. 3.2. Kobberindhold er angivet som anslået gennemsnit for hele varegruppen. Der anvendes desuden 2.000-3.000 tons Cu/år til faste el-installationer i bygninger (jf. afs. 3.2.1) og anslået 1.000 tons Cu/år til ventiler og sanitetsarmaturer (jf. afs. 3.2.5).
- 2) Disse produkter er ikke indeholdt i /22/ og anvendelsen af dem er anslået på baggrund af oplysninger fra importører jf. afs. 3.1.1.
- 3) Ikke indeholdt i /22/. Mængden af kobber er anslået ud fra forsyningsdata for 1992 /4/ og en antagelse af at produkterne hovedsageligt består af messing.
- 4) Sanitetsarmaturer er ikke indeholdt i disse sanitetsartikler, som udgøres af forkromede messingartikler.
- 5) Det har ikke været muligt at estimere forbruget af kortenstål som indeholder ca 2% kobber og anvendes til rustne facadebeklædninger, elmastere etc.
- 6) Middelværdi er anslået på baggrund af mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase. I parentes er angivet det interval inden for hvilket det vurderes, at den rigtige værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig. Summer er afrundede.

*Tab ved produktion*

Tabet ved produktion af bygningsartikler anslås at være beskedent, men er ikke forsøgt præcist estimeret i nærværende rapport.

*Tab ved anvendelse*

Det vurderes, at brugen af kobber vandrør, tage og inddækninger giver anledning til en væsentlig kobberafgivelse til regnvandsafløb og spildevand.

*Kobbertage*

Der foreligger ingen undersøgelser af afstrømning af kobber fra kobbertage i Danmark /46/. Under antagelse af, at der bruges ca. 500 tons kobber pr. år til tagdækning og udvendige inddækninger (jf. afs. 3.1.1) med en pladetykkelse på 0,6-0,8 mm kan det beregnes, at der årligt dækkes et areal på 10.000-15.000 m<sup>2</sup>. Der er en stigende interesse for kobber til tage og inddækninger. Det samlede tagareal dækket med kobber på fredede bygninger i Danmark anslås til 50.000 m<sup>2</sup> /47/. Kobber anvendes ofte til karnapper, tårne o.lign på ikke-fredede bygninger, og det samlede areal må således være væsentligt større. Under antagelse af at der i Danmark findes 0,2-0,6 mio m<sup>2</sup> tage/inddækninger dækket af kobber (forfatterens skøn), og at der sker en korrosion på 2 µm/år /48/, kan det anslås, at der sker en afstrømning til spildevand på 3-10 tons Cu/år (kobbers massefylde: 8,96 g/cm<sup>3</sup>). En del af dette tab vil formodentlig ende i jord, men denne mængde er vanskelig at kvantificere.

*Kobberrør*

Det anslås, at der anvendes omkring 1.000 tons kobber om året til drikkevandsinstallationer i huse. Der foreligger ingen undersøgelser af, hvor store mængder kobber, der ved korrosion af disse rør, udledes til spildevand, men det synes at være en almindelig opfattelse, at der kan være tale om betydelige mængder. Dette indikeres også af bestemmelserne i Vandforsyningsloven /49/, hvor den højst tilladelige værdi efter 12 timers henstand i rørsystem og i hane på brugers rørledning er på 3 mg Cu/l, hvilket er 30 gange højere end det tilladelige kobberindhold i drikkevand ved fraløb fra pumpe eller vandværk på 0,1 mg Cu/l. Et gennemsnitligt

indhold på 0,1 mg Cu/l vil svare til en samlet udledning med spildevand på ca. 40 tons (der anvendes ca 420 mio m<sup>3</sup> i husholdninger og institutioner, hvoraf 85% ender som spildevand og 105 mio m<sup>3</sup> i industri, hvoraf 50% ender i kommunalt spildevand /153/). Her skal groft anslås, at kobberafgivelsen fra vandrør årligt vil være af størrelsesordenen 10-40 tons kobber.

### Bortskaffelse

Kobber og messing anvendt til tagdækning, indfatninger og rørinstallationer antages hovedsageligt at blive bortskaffet til skrothandler.

Låse, beslag og lign. må forventes at følge med den brændbare fraktion af byggeaffaldet, som hovedsageligt bortskaffes til affaldsforbrænding. Sanitetsartikler, skilte og navneplader antages delvist at følge med den brændbare fraktion, delvist at bortskaffes til skrothandler.

### Bortskaffelsesmængder

Kobber fjernes fra byggemassen ved nedrivning af bygninger eller i forbindelse med vedligeholdelse. Den samlede mængde byggematerialer, som fjernes fra bygningsbestanden ved nedrivning og vedligeholdelse, udgjorde i 1990 kun 20% af den mængde, som tilførtes ved nybyggeri og vedligeholdelse /50/. Ved renovering må det forventes, at der bortskaffes en mængde svarende til forbruget til dette formål. Af det samlede forbrug af byggematerialer blev kun ca. 8% brugt til renovering. Forbruget af kobber og træ til renovering udgjorde i 1990 imidlertid hhv. 150% og 30% af forbruget til nybyggeri (svarende til hhv. 60% og 23% af det samlede forbrug) /50/. Det må derfor forventes at fraførselsmængderne for materialer af kobber (i forbindelse med renovering) er noget større end gennemsnittet, og ved opgørelser af forventede affaldsmængder skal det i herværende rapport anslås, at fraførslen af kobber ved renovering og nedrivning er i størrelsesordenen 30-60% af det aktuelle forbrug. Skilte og navneplader har så kort levetid, at bortskaffelsesmængden antages at være næsten lige så stor som forbrugsmængden.

**Tabel 3.17**

*Bortskaffelse af kobber med byggematerialer, ca 1992<sup>1)</sup>*

	Bortskaffelsesmængde (% af forbrug)	Til Forbr./deponi (Tons Cu/år)	Til skrothandler (Tons Cu/år)
Rør, tagplader, rørfittings	30-60	-	600-1.900
Låse, slutblik, beslag til vinduer døre mm.	30-60	400-1.100	-
Sanitetsartikler, skilte og navneplader	70-90	130-250	130-230

Noter:

- 1) Ved beregningen af bortskaffelsesmængderne er der benyttet forbrugsmængder fra tabel 3.16.

### 3.2.7 Transportmidler og dele dertil

Kobber indgår i transportmidler med tilbehør hovedsageligt i flg. produkter:

- Generatorer og elmotorer i køretøjer.
- Kølere til køretøjer.
- Elmotorer og generatorer i elektriske og diesel-elektriske tog.
- Kølerør og kompressorer i kølebiler og køleskibe.
- Ledninger og relæer i elektriske kredsløb.
- Rørinstallationer i køle- og kemikalieskibe.
- Køreledninger til elektriske tog.

#### Produktion

Der sker en produktion af skibe og tog ved få store virksomheder i Danmark. Kølere til automobiler produceres i Danmark langt overvejende ved en enkelt virksomhed. Den samlede produktion skal på baggrund af Miljøstyrelsens Produktdatabase anslås til årligt at svare til ca. 4.500 tons kobber hovedsagelig med skibe og kølere til automobiler.

#### Forbrug

Forbruget af kobber med transportmidler anslås på baggrund af tabel 3.18 til 3.000-5.600 tons Cu/år. Der er tale om et område, hvor der omsættes en stor tonnage med et procentuelt lille indhold af kobber, og oplysningerne fra /22/ må derfor antages at være relativt usikre.

**Tabel 3.18**

*Forbrug af kobber med transportmidler, gennemsnit 1990-1992<sup>1)</sup>*

Varegruppe	Kobber %	Forbrug Tons Cu/år	Bortskaffelse	
			Primær	Sekundær
<b>Skibe:</b>				
Køle og fryseskibe	2	1.500	Direkte eksport	
Andre skibe <sup>2)</sup>	-	20	"-	
I alt <sup>5)</sup>		1.520 (1.000-2.000)		
<b>Andre transportmidler:</b>				
Elektriske lokomotiver	8	160	Skrothandler	
S-tog og lignende	3	15	"-	
Diesel-elektriske tog	4	160	"-	
Køreledninger <sup>3)</sup>	99	550	"-	
Busser	2	90	"-	
Personbiler	1	930	"-	
Eldrevne køretøjer	2	2	"-	
Militære køretøjer	2	8	"-	
Campingvogne og tohjulede køret.	1	40	"-	
Mobilkraner	2	5	"-	
Passagerfly	4	5	"-	
Kølere til automobiler <sup>4)</sup>	80	850		Direkte eks.
Beslag til automobiler	2	6	"-	
I alt <sup>5)</sup>		2.820 (2.000-3.600)	"-	
I alt <sup>5)</sup>		4.300 (3.000-5.600)		

Noter:

- 1) Mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/ jf. afs. 3.2. Kobberindhold er angivet som anslået gennemsnit for hele varegruppen.

- 2) Flere varegrupper fra /22/ er her slået sammen. Disse varegrupper omfatter ikke alle skibe, der produceres i Danmark, og kobberforbruget med skibe må formodes at være underestimeret. Grunden til at ikke alle skibe er med er, at de i Miljøstyrelsens Produktdatabase vurderes at indeholde < 1% kobber, og kobber derfor ikke er opgjort selvstændigt.
- 3) Denne varegruppe er ikke indeholdt i /22/. Mængden er anslået på baggrund af oplysninger om forbruget af legeret kobbertråd i /4/ jf. afs 3.1.1., som det af leverandører blev vurderet langt overvejende bruges til køreledninger. Forbruget var i perioden 1988-1992 noget svingende med et gennemsnit omkring 500 tons Cu/år (jf. bilag 2).
- 4) Denne varegruppe er ikke indeholdt i /22/. Indholdet af kobber er anslået på baggrund af /4/ og oplysninger fra /9,10/. Forbruget af kobber med kølere er næsten lige så stort som kobberforbruget med hele biler, hvilket hænger sammen med at en meget væsentlig del af kobberindholdet i biler ligger i kølerne, og at kølere gennemsnitlig udskiftes 1-2 gange i bilens levetid /22/.
- 5) Middelværdi er anslået på baggrund af mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase. I parentes er angivet det interval, inden for hvilket det vurderes, at den rigtige værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig. Da det vurderes, at opgørelserne af kobberforbrug med transportmidler er relativt store, er der anslået et relativt bredt sikkerhedsinterval på forbrugsmængden. Den samlede sum er afrundet.

Køreledninger til elektriske tog indeholder 99.9% kobber indlegeret med 0.1% sølv for at øge ledningernes styrke. På baggrund af /4/ (jf tabel 3.1: "Tråd af andre legeringer") anslås forbruget i 1992 til ca. 550 tons.

#### *Tab ved brug*

Der vil kunne ske et tab til omgivelserne i forbindelse med korrosion og slitage på køreledninger til elektriske tog. Der foreligger ingen undersøgelser af mængden af kobber, der på denne måde tilføres omgivelserne. Især slitage af køreledningerne er der ingen mulighed for at give et præcist estimat af. Det anslås groft at korrosion og slitage her fra vil være af samme størrelsesorden som korrosionen fra tage evt. (jf. afs. 3.2.6) og skal her anslås til 1-10 tons Cu/år. Fordelingen antages groft at være 1-5 tons Cu/år til hhv. vand og jord.

#### *Køle- og fryseskibe*

Ved skibsbygning, og specielt bygning af køle- og fryseskibe, anvendes der årligt 1.000-2.000 tons kobber dels som kobbernikkelrør og -plader, dels som kobber i kølerør og elektriske installationer. Der er hovedsagelig tale om installationsarbejder. Der foreligger ingen oplysninger, men det antages at tab til luft, vand og affald er ubetydelige. Skibe bliver som regel skrottet i udlandet, og deres kobberindhold bliver derved direkte eksporteret.

#### *Kølere til automobiler*

Der bruges omkring 2.500 tons Cu/år til produktion af kølere til automobiler. Råvaren er plader, bånd og rør af kobber og messing. Det har ikke været muligt at skaffe oplysninger om tab ved produktionen.

#### *Bortskaffelse*

I 1993 tilførtes 67% af de kasserede biler direkte til bilfragmenteringsanlæg (jf. afs. 4.1), 9% afmonteredes hos autoophuggere som genbrug, mens 24% gik til bilfragmenteringsanlæg, som demonterede biler fra autoophuggere /51/. Kasserede kølere antages at blive sendt til skrothandlere.

Tog bliver manuelt demonteret i Danmark, mens skibe og fly ophugges i udlandet.

Bortskaffelsesmængden for transportmidler under ét skal her som et groft skøn anslås til 80-100% af forsyningsmængden.

**Tabel 3.19**

*Bortskaffelse af kobber med transportmidler, ca. 1992<sup>1)</sup>*

	Bortskaffelsesmængde (% af forbrug)	Til Forbr./deponi (Tons Cu/år)	Til skrothandler (Tons Cu/år)	Andet (Tons Cu/år)
Skibe	80-100		-	800-2.000 <sup>2)</sup>
Andre transportmidler og dele dertil.	80-100		1.600-3.600	-

Noter:

- 1) Ved beregningen af bortskaffelsesmængderne er der benyttet forbrugsmængder fra tabel 3.18.
- 2) Skibe ophugges hovedsageligt i udlandet.

### 3.2.8 Andre produkter indeholdende metallisk kobber

Kobber og kobberlegeringer indgår i en lang række produkter udover de, som er beskrevet i de foregående afsnit. Der er tale om produkter til erhvervsformål såvel som husholdninger og private formål jf. tabel 3.20.

#### Produktion

En række af disse produkter produceres i væsentligt omfang i Danmark, mens andre hovedsageligt eller udelukkende importeres. På baggrund af Miljøstyrelsens Produktdatabase skal produktionen anslås at svare til ca. 800 tons Cu/år hovedsageligt med dekorationsgenstande, køkken- og husholdningsapparater af kobber, beklædning, trykplader samt bolte, skruer og søm.

#### Forbrug

Forbruget af kobber med disse industriprodukter anslås på baggrund af tabel 3.20 årligt at andrage 1.000-1.600 tons. Kommentarer til forbruget af de enkelte produkter er indeholdt i tabellens noter.

#### Tab ved produktion

Ved produktion af fx. bolte, skruer eller dekorationsgenstande, vil der ske et vist tab, som er indregnet ved beregningerne af tab ved spåntagende bearbejdning og støbning i afs. 3.2.5.

#### Bortskaffelse

Det anslås, at målestokke og bånd, hæfteklammer, fiskeri- og jagtartikler, kuglepenne, nøgler, legetøj, tasker og beklædning langt overvejende bliver bortskaffet til forbrænding/deponi. Da der er tale om produkter med relativt kort levetid, anslås bortskaffelsesmængderne at svare til forbrugsmængderne.

#### Bortskaffelse af tøj

For beklædningsgenstande gælder det dog, at en del bliver eksporteret som brugt tøj. Forbruget af tøj var i 1992 på 55.000 tons. En del af tøjet blev indsamlet til genbrug, og der var ifølge Udenrigshandelsstatistikken og oplysninger fra /52,53/ en eksport af brugt tøj på 7-8.000 Tons. Genbrug inden for landets grænser kan betragtes som en levetidsforlængelse og 80-90% af det forbrugte tøj må således forventes at ende i dagrenovationen.

**Tabel 3.20**

Forbrug af kobber med andre industriprodukter, gennemsnit 1990-1992<sup>1)</sup>

Varegruppe	Kobber %	Forbrug Tons Cu/år	Bortskaffelse	
			Primær	Sekundær
Målestokke og -bånd	3	3	Forbr./deponi	
Hæfteklammer	3	20	-"	
Fiskeri og jagtartikler <sup>2)</sup>	29	60	-"	Tab til vand
Kuglepenne	1	2	-"	Tab til jord
Nøgler <sup>3)</sup>	59	130	-"	
Legetøj med motor <sup>4)</sup>	3	7	-"	
Tasker, mapper o.lign. <sup>2)</sup>	-	70	-"	Direkte eksport
Beklædning <sup>5)</sup>	-	250	-"	-"
Hægter, rørmutter og spænder <sup>5)</sup>	46	(250)	Halvfabrikata	
Dekorationsgenstande	49	210	Forbr./deponi	
Patroner	13	20	-"	
Køkken- og husholdningsart af kobber	42	11	-"	Skrothandler
Bolte, skruer, søm mm. af kobber <sup>6)</sup>	66	260	Skrothandler	Forbr./deponi
Trykplader til grafisk industri	2	60	-"	
Tanke, kar og tromler af jern/stål <sup>7)</sup>	1	110	-"	
Rørslanger	4	10	-"	
I alt <sup>8)</sup>		1.300 (1.000-1.600)		

Noter:

- 1) Mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase (MP) /22/ jf. afs. 3.2. Kobberindhold er angivet som anslået gennemsnit for hele varegruppen.
- 2) Den væsentlige del af kobberet er her indeholdt i fiskehjul. Kobber i spindere o.lign. antages altovervejende at blive tabt til vand. Med stor usikkerhed skal dette tab til vand anslås til 5-20 tons Cu/år.
- 3) Forbruget af kobber med nøgler er i MP vurderet til at være noget højere, da det er beregnet som summen af nettoimporten og produktionen. Da produktionen er baseret på import af halvfærdige nøglelemmer (ført som nøgler), vurderes det her at forbruget af nøgler i højere grad svarer til produktionen.
- 4) Herunder racerbiler med bane og elektriske tog, som har skinner af nysølv. Varegruppen er ikke indeholdt i MP /22/, da den i databasen er slået sammen med andet legetøj. Kobberindholdet er groft anslået ud fra tilsvarende varegrupper indeholdende elektromotorer.
- 5) Flere varegrupper fra MP /22/ er her slået sammen til kategorierne "beklædning" og "tasker mapper o.lign". Varegruppen "Hægter, rørmutter og spænder" udgøres af halvfabrikata, som bl.a. anvendes til fremstilling af beklædningsgenstande og lædervarer og er ikke medregnet ved sammenregningen. Kobber anvendes i beklædning hovedsageligt som messing til lynlåse, trykknapper, hægter, maller, spænder og lukketøjer. I MP anslås, at de producerede tasker og beklædningsgenstande indeholder ca. 180 tons Cu/år (produktionen er ikke angivet i tabellen), mens det anslås, at der med halvfabrikata til dette formål ("Hægter, rørmutter og spænder") anslås et forbrug på ca. 250 tons Cu/år. I forbindelse med herværende rapport er det på baggrund af oplysninger fra

forhandlere af disse halvfabrikata vurderet, at de 250 tons ligger i overkanten. Forskellen mellem de 180 og de 250 tons må anses at ligge inden for den usikkerhed, der er på opgørelsen af enkelte varegrupper.

- 6) Varegruppen indeholder i MP /22/ også sanitetsartikler, som her er indeholdt i afs. 3.2.6. Varegruppen består hovedsageligt af bolte, møtrikker og maskinskruer af messing, som bruges til produktion af maskiner og lign. En del af varegruppen vil således anvendes som halvfabrikata ved produktion af produkter opgjort andetsteds i herværende rapport. Stifter, søm o.lign, som typisk bruges sammen med træ, udgør omkring 15% af varegruppen.
- 7) Kobber vil her være indeholdt i messingdele fx. fittings.
- 8) Middelværdi er anslået på baggrund af mængdedata fra Miljøstyrelsens Produktdatabase. I parentes er angivet det interval, inden for hvilket det vurderes, at den rigtige værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig. Summen er afrundet.

Der foreligger ingen opgørelser over bortskaffelsesmønstret for dekorationsgenstande og husholdningsartikler. En del dekorationsgenstande og køkken- og husholdningsartikler bliver formodentlig bortskaffet via genbrugsstationernes metalcontainere til skrothandlere. I nærværende opgørelse vil det groft blive antaget, at omkring halvdelen ender hos skrothandlere, og at bortskaffelsesmængden udgør 50-100% af forbrugsmængden.

Bolte- skruer og lignende formodes hovedsageligt at blive bortskaffet til skrothandler sammen med maskiner, mens en mindre del, som bruges til træmøbler og andre trægenstande bortskaffes med storskrald til forbrænding/deponi. Nogle af skrueerne og boltene vil blive anvendt som halvfabrikata ved fremstilling af maskiner og således være medregnet under maskiner, men der foreligger ingen oplysninger om, hvor stor denne del er, og det er valgt at se bort fra dette. Kobberforbruget med bolte og lign var i 1977 /45/ lidt højere end forbruget i 1992 og bortskaffelsesmængden antages derfor at være lig forbrugsmængden.

De øvrige industriprodukter i tabel 3.20. antages groft at blive bortskaffet til skrothandlere med en bortskaffelsesmængde på 70-100% af forbrugsmængden.

**Tabel 3.21**  
*Bortskaffelse af kobber med andre industriprodukter, ca. 1992 <sup>1)</sup>.*

	Bortskaffelsesmængde (% af forbrug)	Til Forbr./deponi (Tons Cu/år)	Til skrothandler (Tons Cu/år)
Målestokke, hæfteklammer, fiskeri- og jagtartikler, kuglepenne, nøgler og legetøj m. motor	100	180-270	-
Beklædning og tasker	80-90	210-350	-
Dekorationsgenstande, patroner, køkken- og husholdningsartikler	50-100	50-140	50-140
Bolte, skruer, søm m.m.	100	5-20	200-290
Andet	50-100	-	80-210
I alt		445-780	330-640

Noter:

- 1) Ved beregningen af bortskaffelsesmængderne er der benyttet forbrugsmængder fra tabel 3.20 med et anslået konfidensinterval på  $\pm 20\%$ .

### 3.2.9 Sammenfatning

I tabel 3.22 sammenfattes oplysninger fra kapitlerne 3.1 og 3.2. til en massebalance for metallisk kobber ved produktion af industriprodukter. Opgørelsen af kobbermængden der bortskaffes til genanvendelse (via skrothandlere eller leverandører) bygger på oplysninger fra forhandlere af råvarerne omtalt i afsnit 3.1.1. Da produktionsaffald i mange tilfælde bortskaffes via leverandører, vurderes det, at denne fremgangsmåde giver det bedste estimat af den samlede mængde.

**Tabel 3.22**

*Estimeret massebalance for kobber ved produktion i Danmark af industriprodukter indeholdende metallisk kobber <sup>9)</sup>.*

Tilgang	Tons Cu/år	Fraførsel	Tons Cu/år
Råvarer og metalliske halvfabrikata jf. afs. 3.1 <sup>1)</sup>	37.000-38.000	<b>Med producerede industriprodukter: <sup>3)</sup></b>	
		Elektriske ledere	8.400
		Strømførende udstyr	1.100
		Elektroniske produkter	1.100
		Belysningsartikler	800
		Elektriske maskiner	5.700
		Armaturer o. lign	10.300
		Byggematerialer	2.500
		Transportmidler	4.500
		Andet	820
			I alt med industriprodukter <sup>3)</sup>
Med andre halvfabrikata <sup>2)</sup>	5.000-6.000	Med spåner og klip til <sup>4)</sup> genanvendelse	9.000-11.000
		Med affald til deponi <sup>5)</sup>	60-90
		Med affald til Kommunekemi <sup>6)</sup>	20-40
		Emission til luft <sup>7)</sup>	0,6-3
		Udledning til spildevand <sup>8)</sup>	1-3
I alt <sup>10)</sup>	42.000-44.000		42.000-48.000

Noter:

- 1) Mængden som anvendes til produktion af industriprodukter fremkommer ved at trække mængden af råvarer og halvfabrikata, som anvendes til installationsformål, (tagplader, rør og fittings, i alt ca. 2.500 tons kobber, jf. tabel 3.16) fra det samlede forbrug af råvarer og halvfabrikata på 39.400-40.100.
- 2) Kobber indeholdt i andre halvfabrikata, som er angivet med parentes omkring i tabellerne i kapitel 3.2. Det drejer sig om elektriske ledere (tabel 3.3), el. motorer (tabel 3.12) samt hægter, rørnitter og spænder (tabel 3.20). Disse produkter produceres også i Danmark og forbruget af kobber til produktion af disse produkter er også medtaget under "afgang med industriprodukter", således at en del af denne mængde optræder både under "tilgang" og "afgang".



- 3) Sammenfatter mængden af kobber i producerede industriprodukter, som for de enkelte produktgrupper er estimeret på baggrund af Miljøstyrelsens Produktdatabase (skal ikke forveksles med forbruget af kobber med færdigvarer i tabel 3.23). For de enkelte produktgrupper er kun angivet middelværdi, mens summen er angivet som det anslåede 90% konfidensinterval. Producerede messingstænger er ikke medregnet, ligesom råvarer til denne produktion ikke er medregnet under råvarer.
- 4) Sammenfatter klip og spåner som skønnes at afgå fra produktionsprocesserne til oparbejdning (jf. afs. 3.1.1). Estimatet fremkommer med følgende beregning: 60% af forbruget af messingstænger og -rør, 50% af forbruget af andre stænger og rør, 10% af forbruget af plader, stænger og profiler, 5% af forbruget af raffinerede ubearbejdede råvarer og 10% af forbruget af kobbertråd. Den samlede mængde er på 10.000 tons, hvoraf affaldet fra forarbejdningen af messingstænger- og rør og kobbertråd, som der foreligger relativt præcise oplysninger om, udgør 90%. Det vurderes på den baggrund at den rigtige mængde højst sandsynligt vil ligge indenfor intervallet 9.000-11.000 tons.
- 5) Hovedsageligt affald fra støbeprocesser, spåntagende bearbejdning, printfremstilling og fremstilling af elektriske ledere. Affald fra støbning af messingstænger er ikke medregnet (jf. afs. 3.2.5).
- 6) Hovedsageligt affald fra printfremstilling og bejdseprocesser.
- 7) Emission fra metalstøbning. Emission fra støbning af messingstænger er ikke medregnet (jf. afs. 3.2.5).
- 8) Hovedsageligt udledning i forbindelse med printfremstilling og bejdseprocesser.
- 9) Tabellen inkluderer kun industrielle processer, hvor kobber indgår som metal. Industrielle processer, hvor kobber anvendes i kemiske forbindelser, vil blive omtalt i kapitel 3.3. Anvendelsen af kobber som utilsigtet legeringselement i jern bliver omtalt i kapitel 3.4.
- 10) Summer er afrundede.

Mængden af kobber i de producerede industriprodukter opgjort på baggrund af MP er lidt højere end det anslåede råvareforbrug. Resultatet indikerer, at der kan være et kobberforbrug med halvfabrikata af sammensatte produkter (fx elektriske komponenter) på op til 10% af det samlede forbrug, som ikke er medregnet i herværende opgørelse.

Forbrug og bortskaffelse af metallisk kobber med færdigvarer er sammenfattet i tabel 3.23.

Det samlede forbrug af metallisk kobber med industriprodukter anslås (jf. note 2 i tabel 3.23) til 30.000-35.000 tons Cu/år eller i samme størrelsesorden som kobberindholdet i producerede varer, som jf. tabel 3.2 estimeres til 33.000-37.000. Det skal understreges at usikkerhederne på de to estimater ikke er uafhængig, da en væsentlig del af usikkerheden på estimaterne skyldes usikkerhed på skønnet af industriprodukternes kobberindhold, som benyttes i begge beregninger. Produktionen opvejer således stort set forbruget af metallisk kobber med industriprodukter.

På grundlag af estimaternes usikkerhed er det ikke muligt at vurdere, hvorvidt der er en nettoeksport eller en nettoimport med industriprodukter, og nettoeksporten skal på det foreliggende grundlag anslås til at være i

størrelsesordenen (-2.000) - 4.000 tons Cu/år (negativ nettoeksport betyder i realiteten, at der er en nettoimport).

**Tabel 3.23**

*Estimeret forbrug og bortskaffelse af metallisk kobber med færdigvarer.*

Industriprodukter	Forbrug Tons Cu/år	Emission/bortskaffelse (Tons Cu/år) til:					
		Luft	Vand	Jord	Forbr./De- poni	Skrothandler 3)	Andet 1)
Elektriske ledere	6.200-9.300	-	<1	-	700-1.200	2.700-3.400	-
Strømførende udstyr i forbindelse med elforsyning	1.200-1.900	-	-	-	-	400-1.100	-
Elektroniske produkter	1.400-2.200	-	0,5-1	-	500-1.000	340-570	-
Belysningsartikler	900-1.300	-	-	-	610-960	160-260	-
Elektriske maskiner, industri	2.400-3.400	-	-	-	-	1.800-3.400	-
El. husholdningsmaskiner	800-1.200	-	-	-	150-260	450-760	-
Armaturer og støbte varer	5.100-7.100	0,6-3	0,1-1	4-40	49-114	2.900-5.600	700-1.400
Byggematerialer	3.800-5.700	-	13-50	-	530-1.350	730-2.130	-
Transportmidler	3.000-5.600	-	1-5	1-5	-	1.600-3.600	800-2.000
Andet	1.000-1.600	-	5-20	-	445-780	330-640	-
I alt 4)	26.000-39.000 2)	0,6-3	20-78	5-45	3.000-5.700	11.400-21.500	1.500-3.400

Noter:

- 1) Kobber bortskaffet med skibe, der ophugges i udlandet. Der er en stor del af skibstonnagen som i /22/ er skønnet at indeholde mindre end 1 % kobber og derfor ikke er medregnet. Mængden af kobber der med skibe eksporteres er derfor bestemt med stor usikkerhed.
- 2) Det angivne interval er fremkommet ved at addere hhv. alle de mindste og alle de største værdier i konfidensintervallerne. Sandsynligheden for at det skulle være alle maksimale værdier der faktisk udtrykker de sande værdier, er dog overordentligt lille. Hvor stor sandsynligheden er, for at den beregnede sum vil ligge inden for et givet interval, kan alternativt under antagelse af at usikkerhederne kan beskrives med en normalfordeling beregnes med Gauss' fejlafhobningslov der siger at spredningen på summen af en række normalfordelinger er kvadratroden på summen af spredningernes kvadrat /104/. Under antagelse af at de angivne skøn kan betragtes som normalfordelte og at intervallerne angivet i tabellen repræsenterer et 90 % konfidensinterval, vil 90 % konfidensintervallet på summen være 30.000-35.000. Dette interval må betragtes som et mere realistisk skøn over det samlede forbrug af metallisk kobber med færdigvarer i Danmark.
- 3) Bortskaffelse til skrothandler fra produktionsprocesser er ikke opregnet i tabellen (se tabel 2.22).
- 4) Summer er afrundede.

#### Samlet bortskaffelse

Samlet anslås det, på baggrund af tabel 3.22 og 3.23, at der til genanvendelse bortskaffes 20.400-32.500 tons Cu/år (9.000-11.000 plus 11.400-21.500). Dette er konsistent med, at det i afsnit 4.1. på baggrund af oplys-

ninger om import, eksport og dansk anvendelse af skrot vurderes, at der årligt indsamles 23.000-32.000 tons kobber.

I tabel 3.23 anslås de forventede mængder metallisk kobber, der med færdigvarer eller som produktionsaffald bortskaffes til forbrænding/ deponi, til 3.000-5.700 tons Cu/år. Denne opgørelse vil blive diskuteret i relation til målinger af kobber i affaldsprodukter fra affaldsforbrænding i afs. 4.3.2.

## Anvendelse

## 3.3.1 Imprægnering af træ

Trykimprægneret træ har mange anvendelser. Industrielt imprægneret træ af træsorterne fyr, lærk og douglasgran inddeles i følge Dansk Standard i 4 klasser; M, A, AB og B (se tabel 3.24). I klasserne M, A og AB anvendes kobberholdige imprægneringsmidler, mens klasse B er vakuumimprægneret træ uden kobber. I Dansk Imprægneringsstatistik findes yderligere to klasser, som omfatter trykimprægneret træ af gran. Klassen "Master" indeholder luftledningsmaster af gran, mens "Gran" omfatter trykimprægneret træ af gran, som anvendes til samme områder som klasse AB.

Tabel 3.24

*Dominerende anvendelsesområder for klasser af imprægneret træ<sup>1)</sup>*

Klasse	Anvendelsesområder
Klasse M	Træ i saltvand samt træ, hvortil der stilles specielle krav; eksempelvis havnepæle og tømmer i havvand.
Klasse A	Træ i permanent kontakt med jord eller ferskvand; eksempelvis hegnspæle, carportstolper m.m.
Klasse AB	Træ som er udsat for vind og vejr, men ikke i kontakt med jord eller vand; eksempelvis beklædning på huse og skure, hegnsdeler og havemøbler.
Klasse B <sup>2)</sup>	Vakuuminprægneret træ til vinduer og udvendige døre.
Master	Luftledningsmaster af gran.
Gran	Anvendelse som klasse AB; men af gran.

Note:

- 1) Klasse M, A, AB og B omfatter træsorterne fyr, lærk og douglasgran, mens "Gran" og "Master" omfatter andet gran.
- 2) Klasse B dækker vakuumimprægneret træ, hvortil der ikke anvendes kobberholdige midler.

## Imprægneringsmidler

Kobberholdige trykimprægneringsmidler anvendt i Danmark kan opdeles i CCA-midler (copper-chromium -arsenic), CCB-midler (copper-chromium-boron), CCP-midler (copper-chromium-phosphor), CCF-midler (copper-chromium-fluorine) samt C-midler (kobber + andet). Midlerne indeholder 6-12% kobber afhængig af type.

Overfladebehandling anvendes i modsætning til trykimprægnering til beskyttelse af konstruktionsdele, som alene udsættes for overfladisk opfugtning, og som hurtigt kan tørre. Ved overfladebehandling trænger midlet normalt kun nogle få millimeter ind i træet. Metoden anvendes både på ubehandlet træ og til vedligeholdelse af flader, der tidligere er behandlet. Midlerne inddeles i egentlige træbeskyttelsesmidler, systemmidler og træolier /54/.

## Produktion

Produktionen af imprægneret træ i Danmark foregår på 80-90 virksomheder.

Produktionen kan opgøres på to måder. Enten ud fra salget af kobberholdige imprægneringsmidler til imprægneringsvirksomheder i Danmark opgjort i Bekæmpelsesmiddelstatistikken /55,56/ eller ud fra virksomhedernes oplysninger om salg af imprægneret træ indgivet til Dansk Imprægneringsstatistik /57/. De to opgørelser fremgår af tabel 3.25 og 3.26 med i alt godt 130 tons henholdsvis godt 210 tons. Sidstnævnte skønnes at være det mest korrekte tal /58/. Det lavere tal i Bekæmpelsesmiddelstatistikken kan skyldes manglende indberetninger, ukendt import og lagerfor skydninger.

#### Import/eksport

Den direkte eksport fra de danske træimprægneringsvirksomheder opgøres af /54/ til 21,2 tons kobber og importen af kobber med imprægnerede trævarer til 32-37 tons kobber. Dette inkluderer ikke færdigvarer som havemøbler m.m., som der ikke foreligger oplysninger om.

De kobberholdige forbindelser, hvor cuprinaphthenat dominerer, udgjorde næsten 50% af forbruget af aktivstoffer til overfladeimprægnering i 1992 /54/.

#### Forbrug

På denne baggrund anslås kobberforbruget i Danmark i 1992 med trykimprægneret træ og overfladeimprægneringsmidler til 200 - 250 tons Cu/år. Det bemærkes, at kobbermidler ikke længere er godkendt til overfladeimprægnering.

**Tabel 3.25**

*Salg af kobber med træbeskyttelsesmidler til imprægneringsvirksomheder i Danmark, gennemsnit 1990-1992 <sup>4)</sup>*

Stof	Tons aktivt stof	Tons kobber
Cuprihexafluorsilikat	4	0,9
Cuprioxid <sup>1)</sup>	130	104
Cuprisulfat <sup>2)</sup>	110	27
Kobberdichromat	7	2
Cuprinaphthenat <sup>3)</sup>	20	0,4
Cuprioctanoat <sup>3)</sup>	0,4	0,009
I alt		134

#### Noter:

- 1) /54/ angiver forbruget i 1992 til 177.664 kg; heri indgår dog også andre anvendelser end til træbeskyttelse.
- 2) /54/ angiver forbruget i 1992 til 167.909 kg; heri indgår dog også andre anvendelser end til træbeskyttelse.
- 3) De 2 sidstnævnte stoffer (cuprinaphthenat og cuprioctanoat) anvendes ikke til trykimprægnering, men i midler til overfladebehandling (primært privat brug /59/) og til påsmøringsmidler indenfor skovbrug (se afsnit 3.1.2).
- 4) Data bygger på Bekæmpelsesmiddelstatistikken /55/ og er angivet som gennemsnit for 1990-1992. Usikkerheden er i følge /61/ +/- 5 tons kobber.

#### Udviklingstendenser

I februar 1993 indgik træimprægneringsbranchen en aftale med Miljøministeren /60/. Aftalen bygger på, at branchen forpligtiger sig til at udvikle nye midler, som kan godkendes, til erstatning for de chrom- og arsenholdige

ge midler, som ikke længere er godkendt. Generelt har de arsenfrie midler et højere kobberindhold, og med faldet i brugen af arsenholdige midler siden 1. januar 1993 (med totalt forbud fra 1. januar 1994), må kobberforbruget antages at have været stigende. I følge /54/ har udfasningen af arsen umiddelbart givet anledning til et forøget forbrug af de andre midler på 20-30%. De arsenfrie midler kræver større forbrug for at opnå samme virkning - typisk en 3-4-dobling af koncentrationen af aktivstof i træværket /54/. Indenfor træimpregneringsmidler til overfladebehandling er der en udvikling mod anvendelse af vandbaserede produkter frem for opløsningsmiddelbaserede /54/.

**Tabel 3.26**

*Produktion af trykimprægneret træ i Danmark fordelt på klasser og impregneringsmidler; gennemsnit 1990-1992<sup>5)</sup>.*

Træbeskyttelsesklasse	m <sup>3</sup> træ	Tons Cu/år
Master (CCA, CCF) <sup>1)</sup>	2.200	1,2
Klasse M (CCA)	946	1,1
Klasse A <sup>2)</sup>		
CCA <sup>3)</sup>	1.638	0,9
CCB	11.043	11
CCP	22.201	25
Klasse AB + gran <sup>2)</sup>		
CCA <sup>3)</sup>	8.109	1,9
CCB	55.821	42
CCP	112.244	127
Sum	214.157	211
Kg kobber/m <sup>3</sup> træ	0,99 <sup>4)</sup>	
Kg kobber/tons træ	1,83	

Noter:

- 1) Ved beregningen er det antaget, at alle midler anvendt til master havde et kobberindhold på 11,8% svarende til kobberindholdet i de anvendte CCA-midler. Der blev i perioden også anvendt CCF-midler, som havde næsten samme kobberindhold.
- 2) Totalt kobberforbrug af klasserne A, AB og gran er for perioden 1990-91 beregnet på grundlag af følgende skønnede fordeling: 7% er impregneret med CCA-middel med 8,8% kobber, 62% er impregneret med CCP-middel med 12% kobber og 31% er impregneret med CCB-middel med 9% kobber. I 1992 blev der ikke anvendt CCA-midler til disse kategorier og totalt kobberindhold i 1992 er beregnet på grundlag af en anslået fordeling på 67% CCP-midler og 33% CCB-midler. Ved fordelingen på midler er der set bort fra C-midler, som udgjorde en ganske beskedent del.
- 3) I 1992 blev de arsenholdige CCA-midler kun anvendt til master (se note 2).
- 4) Tallet er beregnet ud fra forbrugstallene.
- 5) Data beregnet ud fra /61/, hvor mængden af trykimprægneret træ er baseret på /55/, og indholdet af kobber er baseret på gældende minimumskrav til optagelse af impregneringsmidler i træ i henhold til Nordisk Træbeskyttelsesråds godkendelse af midlerne. Data er afrundede. Med hensyn til opdeling i klasser se tabel 3.24 med tilhørende noter.

I aftalen indgår en prognose for anvendelse af de forskellige imprægneringsmidler (jf. tabel 3.27). De anslåede kobbermængder, der indgår i aftalen, er beregnet ud fra et gennemsnitligt kobberindhold på 9,5% Cu i kombinerede midler, 8,5% Cu i CCB-midler, 12% Cu i CCP-midler og 11,6% Cu i CCA-midler.

**Tabel 3.27**

*Kobberforbrug relateret til prognose for anvendelse af trykimprægneringsmidler /60/.*

År	Klasse A tons Cu/år	Klasse AB tons Cu/år	Master tons Cu/år	Marint (klasse M minus runde havnepæle) tons Cu/år	I alt tons Cu/år
1992	48	260	1	2	311
1993	48	250	2	2	302
1994	48	239	3	2	292
1995	46	216	2	2	266
1996	38	172	2	2	214

*Tab ved produktion*

Tab af kobber fra produktion af trykimprægneret træ er i dag lille i modsætning til tidligere, hvor især jord- og grundvandsforureningen var omfattende. I følge /61/ fremkommer der ikke spild ved produktion af trykimprægneret træ. Badene kasseres ikke, men vedligeholdes ved fjernelse af slam, som bortskaffes som kemikalieaffald. Slammet udgør i størrelsesorden 1% af forbruget af kemikalier, svarende til ca. 2 tons kobber/år. Direkte spild af væsker er af promillestørrelse /54/. Regnes der med et spild på 1 ‰, vil dette svare til et udslip til omgivelserne på ca. 200 kg kobber pr. år.

Efter imprægnering stilles der krav til, at træet skal oppindes. Der foreligger ikke præcise oplysninger om tab fra afdrypningspladser til oppinding af trykimprægneret træ, men /61/ skønner, at det er meget begrænset. Ved godkendelse af trykimprægneringsvirksomheder stilles der et strafsanktioneret krav om, at afdryp skal opsamles, således at jord, vandløb m.m. ikke forurenes. Der stilles også krav om, at midlet er tilstrækkeligt fikseret i træet, før træet kan udleveres fra virksomheden /58/.

*Tab ved forarbejdning*

Tab ved forarbejdning af trykimprægneret træ anslås til i størrelsesordenen 5% /61/. Dette svarer til en kobbermængde på ca. 10 tons kobber, som skønnes bortskaffes med brændbart affald i det omfang, det opsamles. En del af tabet ender formentlig på jorden med savsmuld m.m. Her skal groft anslås, at der sker et tab til jord af størrelsen 0-5 tons Cu/år, mens 5-10 tons bortskaffes med brændbart affald.

*Tab ved anvendelse*

Udvaskning af imprægneringsvæsker fra anvendelse af imprægneret træ skønnes til ca. 25% i løbet af træets levetid /61/. Dette skøn er baseret på forsøg gennemført i laboratorieskala på nyt træ. Hvorvidt udvaskningen er størst i starten eller i slutningen af træets levetid vides ikke. Et årligt forbrug på omkring 200 tons kobber vil således de næste 20 - 50 år give en samlet udvaskning på omkring 50 tons kobber. /54/ anslår det samlede tab til jord, luft og vand i perioden 1960-1992 fra imprægneret træ til 362 tons svarende til ca. 10 tons Cu/år. Det må påregnes at udvaskningen har været

## Bortskaffelse

stigende i perioden, således at udvaskningen fra trykimprægneret træ i 1992 kan anslås til 10-30 tons kobber.

Oplysninger om bortskaffelse af trykimprægneret træ er meget usikre /62/. Et skøn over affaldsmængderne af imprægneret træ er sammenfattet i tabel 3.28 /61/. Tabet af kobber med affaldstræ kan samlet anslås til omkring 20-30 tons, og det kan forventes at stige de kommende år.

**Tabel 3.28**

*Estimerede affaldsmængder af trykimprægneret træ i Danmark /61/.*

Periode	Imprægneringsklasse	m <sup>3</sup> træ/år	Tons kobber/år
1990-2005	Master	9.000	15
1992-1996	Andre	8.500	8
1997-2001	do	16.750	17
2002-2006	do	37.150	37

Trykimprægneret træ bortskaffes ved forbrænding eller deponering. Der er ingen faste retningslinier for bortskaffelse af trykimprægneret træ. En række kommuner har i forbindelse med en undersøgelse angående klassificering af kemikalieaffald /63/ givet udtryk for, at bortskaffelsen er problematisk, og at deponering foretrækkes frem for forbrænding på affaldsforbrændingsanlæg på grund af arsenindholdet.

### 3.3.2 Andre kobbermidler (svampe- og vildtbidemidler)

Svampe- og vildtbidemidler, som kan anvendes indenfor landbrug, skovbrug, frugt- og bæravl mv. kan være baseret på to kobberforbindelser, se tabel 3.29. Derudover kan kobbersulfat (blåsten) anvendes til bekæmpelse af snegle /64/, men forbruget kendes ikke.

Sammenlignes forbruget af cuprihydroxychlorid i tabel 3.29 med forsyningen af stoffet i tabel 3.2 ses store afvigelser mellem statistikkerne, som formentlig skyldes at cuprihydroxychlorid importeres med færdigblandede bekæmpelsesmidler.

**Tabel 3.29**

*Kobber solgt med svampe- og vildtbidemidler ud fra indberetning til Miljøstyrelsen i 1992 /65/.*

Kobberforbindelse	Stof (tons/år)	Kobber (tons/år)
Cuprihydroxidchlorid <sup>1)</sup>	26	8
Cuprinaphthenat <sup>2)</sup>		< 1

Note:

- 1) Det samlede forbrug af cuprihydroxidchlorid i bekæmpelsesmidler var i 1992 på 55 tons, hvoraf de 26 tons er anført anvendt med svampemidler.
- 2) Stoffet var godkendt til anvendelse som vildtbidemiddel i 1992, men der er ikke indberettet et forbrug til vildtbidemidler. Det samlede forbrug af cuprinaphthenat i 1992 svarede til ca 2 tons kobber.



## Anvendelse

Kobbermidler er uorganiske forbindelser med kontaktvirkning mod en lang række svampe, og de anvendes fortrinsvis mod laverestående svampe som kartoffelskimmel. Arealet til kartoffeldyrkning i Danmark er stigende /65/. Virkningen er hovedsagelig beskyttende og ret kortvarig. Midlerne kan endvidere anvendes til kobbergødsning, men med forsigtighed, da følsomme plantearter kan skades. Midlerne indeholder 290-500 g kobber/kg i form af cuprihydroxidchlorid /64/.

Vildtbidemidler omfatter afskrækkelsesmidler overfor barkædende dyr især indenfor juletræer og klippegrønt, og de kan indeholde cuprinaphthenat som aktivt stof. Der anbefales dog brug af andre midler. I /64,65/ anføres for 1992 et forbrug på ca. 2 tons kobber med kobbernaphthenat, hvoraf hovedparten skønnes at gå til træbeskyttelse /59/.

## Produktion og bortskaffelse

Svampe- og vildtbidemidler fremstilles ikke i Danmark. Bortskaffelsen sker ved anvendelsen, hvor midlerne direkte spredes i omgivelserne.

## Forbrug

Forbruget af kobber med svampemidler i 1992 skal på denne baggrund anslås til 8-10 tons som spredes på jord. Forbruget af kobberholdige vildtbidemidler skønnes at være < 1 ton kobber/år.

### 3.3.3 Antifoulingmaling

Til maling af skibsbunde anvendes tre forskellige malingssystemer, de såkaldte antifoulingmalinger, som alle kan indeholde metallerne zink, kobber, bly, chrom og tin i forskellige mængder (jf tabel 3.30).

**Tabel 3.30**

*Kobberindhold i bundmalinger til skibe /112/.*

Malingstype	Kobberindhold (g/m <sup>2</sup> )
"Blød" bundmaling	38,8
"Hård" bundmaling	198,6
"Selvpolerende" bundmaling	166,0

Udover metallerne anvendes forskellige bindemidler i malingen. Nybygninger påføres flere lag, mens der ved reparation typisk kun anvendes 1-2 lag /66/.

## Forbrug

Der foreligger ikke præcise opgørelser over det årlige forbrug af de tre typer antifoulingmalinger, men i /112/ oplyses, at den selvpolerende bundmaling bliver anvendt mere og mere, mens den "bløde" bundmaling efterhånden kun har historisk betydning. Samme sted /112/ anslås forbruget til vedligeholdelse af skibe i 1988 til 230.000 liter bundmaling (antifoulingmalinger og korrosionsbeskyttende malinger). Der foreligger ingen oplysninger om forbruget til nybygninger, men det må forventes at være væsentlig lavere end forbruget til vedligeholdelse. I en typisk bundoverfladebelægning på et stålskib udgør antifoulingmaling omtrent 50% af den totalt forbrugte bundmaling, således at forbruget af antifoulingmaling til vedligeholdelse kan anslås til 100-150 tons/år. Kobberindhold i en selvpolerende bundmaling er typisk 20% /112/. På den baggrund kan kobber-

forbruget med antifoulingmalinger til vedligeholdelse i 1988 anslås til 20-30 tons kobber. Under antagelse af et tilsvarende forbrug i 1992 og at forbruget til nybygning er i størrelsesordenen 1/3 af forbruget til vedligehold anslås det samlede kobberforbrug med antifoulingmaling i 1992 til 27-40. I en undersøgelse af norske forhold er kobberforbruget med antifoulingmidler estimeret til ca. 110 tons i 1990 /150/.

#### *Tab ved brug*

De aktive stoffer i antifoulingmalingen afgives løbende til vandet for at hæmme begroning af skibsbunden. I /112/ anslås på baggrund af oplysninger fra en førende producent af disse malinger, at 2/3 af metallerne udvaskes/udludes under sejlads. Det samlede tab til vand under brug skal på denne baggrund anslås til 18-26 tons Cu/år.

Vedligehold af skibsbunde indebærer afrensning, hvorved der fjernes en del af malingslaget. Afrensning kan foretages ved højtryksspuling eller sandblæsning. Sandblæsning kan være tør eller våd (med eller uden vand). Det bemærkes, at sandblæsning i dag hovedsageligt er baseret på andre slibemidler end sand fx. kobberslagger eller kulslagter.

Ved våd afrensning (højtryksspuling og våd sandblæsning) opstår tungmetalbelastet spildevand. Der opstår tillige tungmetalbelastet spildevand ved tør afrensning, såfremt det regner under afrensningsprocessen eller umiddelbart efter. Derimod vil der ved rengøring af topsider (den del af skibet, som er over vandoverfladen) ikke opstå spildevand, som er væsentligt belastet, da denne rengøring typisk kun omfatter almindelig afvaskning. Malinger anvendt til topsider indeholder normalt også væsentligt mindre mængder af tungmetaller /66/. Fra større værfter vil spildevandet typisk blive afledt til kommunale renseanlæg eller udledt til havet gennem sandfiltre /67/. Der foreligger ikke sikre oplysninger om bortskaffelsen af spildevand fra mindre værfter og lystbådehavne etc..

Carl Bro A/S har for Skibsværftsforeningen gennemført en undersøgelse af tungmetalbelastningen fra reparation af skibsbunde på danske værfter /66/. Årsagen var ikrafttrædelsen af Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 311 af 14. maj 1991 om overfladebehandling af skibe, som bl.a. pålagde skibsværfterne af indgive ansøgning om fortsat tilladelse til direkte udledning af spildevand til godkendelse inden 1. juli 1992, og som foreskriver anvendelse af den bedst tilgængelige rensemethode for spildevandet inden udledning. Bekendtgørelsen /114/ sætter grænseværdien for udledning af kobber til 1 mg kobber/liter.

Ud fra måleresultaterne har /66/ beregnet den potentielt samlede udledning af kobber til 10-422 kg/år uden forudgående 2-timers simpel bundfældning og til 20-60 kg/år med. Omfanget af reparationer har været faldende de sidste år grundet valg af maling med længere levetid - typisk vedligehold sker i dag hvert 3-4 år mod tidligere hvert andet år /67/.

Nye målinger på et enkelt reparationsværft /67/ viser væsentligt lavere koncentrationer af kobber i spildevandet efter bundfældning - groft svarende til 10 gange lavere værdier. Særlige tanke i dokken anvendes til bundfældning, og mængden af slam er i øvrigt begrænset. Der er ingen oplysninger om mængden af kobber, der opsamles og bortskaffes med slam fra bundfældningsbassiner og sandfiltre.

Sandblæsningmidler vil altovervejende (80-90% /111/) blive opsamlet og deponeret eller udnyttet til bygge/anlægsformål. I /69/ angives et maksimal

indhold af kobber med malingsrester i blæsemidler på 1,1 g Cu/kg blæsemiddel. Med et samlet forbrug af blæsemidler til sandblæsning af skibe i Danmark på ca. 9.000 tons kulslagge /69/ og ca. 3.000 tons kobberslagge /112/, hvoraf kun 5-20% anvendes på overflader behandlet med antifouling maling (overslag baseret på /68,69/), kan det beregnes at indholdet af kobber med malingsrester i blæsemidler næppe vil overstige 3 tons/år. I /69/ er vurderet, at et mere realistisk gennemsnit vil være < 1 tons pr. år, svarende til at < 0,8 tons Cu/år opsamles og deponeres - alternativt anvendes til bygge/anlægsformål - mens < 0,2 tons Cu/år må antages at blive spredt diffust til miljøet; fortrinsvis vandmiljøet.

Det angivne talmateriale er spinkelt og ufuldstændigt, men peger i retning af, at tabene ved afrensningsprocesser er relativt beskedne. Her skal som en opsummering anslås et samlet tab direkte til vandmiljøet på < 1 tons, til spildevand på < 0,5 tons, mens mængden af kobber, der opsamles og deponeres - alternativt anvendes til bygge/anlægsformål - anslås til < 2 tons/år. Det understreges, at der i disse overslag er forsøgt at tage højde for, at de foreliggende oplysninger primært omhandler større skibsværfter og ikke medregner tab ved lystbådehavne og mindre værfter, hvor forholdene må forventes at være mindre kontrollerede.

#### *Bortskaffelse*

Den del af forbruget af antifoulingmidler, som ikke går tabt ved brugen eller fjernes ved afrensningsprocesser, må påregnes at være tilstede på skibet, når dette skrottes. Det er ikke forsøgt at klarlægge forbruget af kobber i antifoulingmidler i et historisk perspektiv. Da skibe generelt har lang levetid, må det vurderes som sandsynligt, at der sker en ophobning af kobber i skibsmassen. Hertil kommer, at skrotning af skibe altovervejende sker i udlandet. Her skal groft antages, at forbruget af kobberholdige antifoulingmidler har været konstant i en længere årrække, samt at alle skibe til skrotning eksporteres. Dette svarer til, at der må ske en eksport af kobber på gamle skibe af størrelsen 5-14 tons årligt.

#### *Anvendelse*

##### **3.3.4 Overfladebehandling**

Overfladebehandling med kobber foretages elektrolytisk som en del af en korrosionsbestandig belægning, som dekorativ belægning eller som en kemisk metaludfældning f.eks. på plast for at opnå bedre vedhæftning. Sidstnævnte anvendelse af kemisk forkobring er dog meget begrænset.

Den korrosionsbestandige belægning anvendes ikke som slutbehandling, men som mellemlag før fornikling og forkromning. Kobber lægges på plast- og zinkstøbegods i tykkelser på 10-20  $\mu\text{m}$ , og på messing og stål i 0,2  $\mu\text{m}$  /70/.

#### *Produktion*

Der findes omkring 100-140 større og mindre virksomheder, som foretager overfladebehandling med metaller i Danmark. Virksomhederne opdeles oftest i 2 grupper; de lønarbejdende virksomheder, som er de fleste, og galvanofabrikker i større virksomheder, som hos f. eks. Danfos, Grundfos og lignende. De mest anvendte procesbade til belægning med kobber indeholder kobbercyanidsulfat eller kobbercyanid, men også procesbade baseret på kobberpyrophosphat og kobberfluoroborat finder anvendelse i Danmark.

Til overfladebehandling hører også virksomheder, der foretager ætsning eller bejdsning af messing og kobber; det er ofte de samme virksomheder. Ved ætsning og bejdsning vil der opstå være kobberholdigt kemikalieaffald

i form af kasserede procesbade samt kunne ske en udledning af kobber med spildevandet.

### Råvareforbrug

På baggrund af oplysninger fra /71,72/ opgøres anvendelsen af kobberanoder til i alt 90-100 tons/år. Heraf anvendes ca. 40 tons til printfremstilling (som er indeholdt i afs. 3.2.2), ca. 20 tons til forkobring af dybtrykvalser og ca. 30-40 tons til anden overfladebehandling.

Med udgangspunkt i oplysninger fra /71,72/ kan anvendelsen af kobberholdige kemikalier opgøres til i alt 12-18 tons kobber/år (jf. tabel 3.31). Det samlede råvareforbrug til forkobring og galvanisering (excl. printfremstilling) udgør således 60-80 tons Cu/år.

**Tabel 3.31**

*Forbrug af kobber med kemikalier til elektrolytisk eller kemisk overfladebehandling /71,72/*

Kobberholdige kemikalier	Tons kobber
Kobbercyanid og kobbersulfat til galvanisering	10-15
Kobbersulfat til forkobring af dybtrykvalser; cyanider anvendes i mindre omfang	2-3
I alt	12-18

### Forbrug

Ifølge /72/ kan der regnes med, at alt kobber fra kobberanoderne ender på varerne, mens de forbrugte kemikalier delvist vil havne på varerne, delvist vil ende i spildevand eller som kemikalieaffald. Den samlede produktion af kobberbelægninger i Danmark (excl. printfremstilling) vil derfor svare til 50-70 tons kobber/år.

Der foreligger ingen sikker viden om import/eksport af kobberoverflader med færdigvarer. Under antagelse af at import og eksport stort set opvejer hinanden, skal forbruget i Danmark her anslås til 40-80 tons Cu/år.

### Spildevand

Baseret på /38/ og /70/ skal anslås, at den samlede udledning til spildevand i Danmark ved forkobningsprocesser er af størrelsen 0,6-1,0 tons/år. Det er i overensstemmelse med, at udledningen af kobber fra overfladebehandling i Lynette-oplandet er skønnet til 0,5-0,55 tons/år /70/, idet udledningen af tungmetaller i hovedstadsområdet typisk er større end i resten af Danmark /72/.

### Kemikalieaffald

På det foreliggende grundlag skal mængden af kobber, der opsamles som kemikalieaffald, groft anslås til 10-15 tons/år.

### Bortskaffelse

Der foreligger ingen detaljeret opgørelse af bortskaffelsesmønstre for produkter, som er overfladebehandlet med kobber. Hovedparten må dog formodes at blive bortskaffet via skrothandlere. Som et groft overslag skal det her antages, at der med overfladebehandlede varer (excl. print) bortskaffes 40-80 tons Cu/år via skrothandlere.

### 3.3.5 Tilsætning af kobber til foderstoffer

Tilsætning af kobber til foderstoffer er reguleret af Plantedirektoratets bekendtgørelse af 1994 /74/, som tillader tilsætning af kobber til foder i mængder, som angivet i tabel 3.32.

Det er især svinefoder der tilsættes kobber i form af kobbersulfat eller kobberoxyd /75/. Kobber har en vækstfremmende effekt på svin bl.a. ved at forebygge diarré /76/. Svineproducenterne anvender enten færdige foderblandinger, eller blander selv foderet med vitamin- og mineraltilsætning /75/.

**Tabel 3.32**

Tilladt maksimal tilsætning af kobber til husdyrfoder /77/, forbrug af foderblandinger /78/ og det heraf resulterende kobberforbrug.

Fodertype	Kobberindhold (mg Cu/kg) <sup>1)</sup>	Forbrug af foderblandinger 1000 tons/år	Forbrug af kobber <sup>2)</sup> tons Cu/år
Kalve (fuldfoder)	50	1026	51
Smågrise (fuldf.)	175	567	99
Slagtesvin (tilskud)	35	475	17
Slagtesvin (fuldf.)	35	1830	64
Søer (tilskud)	35	138	5
Søer (fuldf.)	35	500	18
Fjerkræ	35	627	22
Øvrige dyrearter (incl. får)	35	78	3
I alt		5241	279

Noter:

- 1) Kobberindhold omfatter både det naturlige og det tilsatte indhold.
- 2) Under antagelse af maksimalt tilladt tilsætning.

### Forbrug

Forbruget af foderblandinger i 1992/93 er baseret på Landbrugsstatistikken /77/ opgjort til maksimalt 279 tons (jf. tabel 3.32).

Da mange producenter selv blander deres foder og tilsætter mineralblandinger og evt. kobbersulfat eller kobberoxid /75/, er kobberforbruget opgjort i tabel 3.32 sat for lavt. Behovet for tilsætning til svinefoder er derfor estimeret ud fra følgende nøgletal /78/:

- 1200 kg sofoder/årsso (svarende til 20 slagtesvin)
- 38 kg smågrisefoder/slagtesvin
- 205 kg slagtesvinefoder/slagtesvin

Med en produktion på 18,6 mio. slagtesvin i Danmark pr. år /4/ fås et estimeret forbrug på i alt 296 tons:

- 1.116.000 tons sofoder med max. 35 mg Cu/kg svarende til 39 tons kobber

- 706.800 tons smågrisefoder med max. 175 mg Cu/kg svarende til 124 tons kobber
- 3.813.000 tons slagtesvinefoder med max. 35 mg Cu/kg svarende til 133 tons kobber

For de øvrige foderstoffer er der ikke foretaget en særskilt opgørelse af foderbehovet, da kobber anvendes i mindre omfang som tilsætning /79/. Det samlede forbrug af foder til svin opgjort i tabel 3.32 (203 tons) udgør ca. 69% af de ovenfor estimerede 296 tons. Bruges de 69% som omregningsfaktor kan kobberforbruget i foder opgøres til 407 tons. Det reelle forbrug skønnes derfor at ligge på 300-400 tons kobber/år. Det skønnes ud fra /75/, at 70% stammer fra kobbersulfat og 30% fra kobberoxyd. Dette svarer i runde tal til 850-1.150 tons kobbersulfat (pentahydrat) og 110-150 tons kobber(II)oxyd.

#### *Bortskaffelse*

Kobberindholdet i svinekød og svinelever er opgjort til henholdsvis ca. 0,6 mg Cu/kg og 4-7 mg Cu/kg /76/, hvilket med 18,6 mio. slagtesvin af ca. 100 kg svarer til ca. 1 tons kobber. Indholdet i lever skønnes til max. 10% eller ca. 0,1 tons. På denne baggrund vurderes det, at der fraføres omkring 1 ton Cu/år med svinekød, og at stort set alt det anvendte kobber tilføres landbrugsjorden i form af naturgødning.

#### *Anvendelse*

##### **3.3.6 Tilsætning af kobber til handelsgødning**

Anvendelsen af handelsgødning i Danmark er reguleret med lov og bekendtgørelse fra Landbrugsministeriet og Plantedirektoratet, /80/ og /81/. Det fremgår heraf, at visse typer af NPK- og PK-gødninger kan være tilsat kobber op til ca. 0,1 w/w%. Landbruget er den væsentligste aftager, idet forbruget i private haver og skovbrug udgør mindre end 1% /82/. Behovet for anvendelse af gødning med kobber er størst i lavbundsarealer (arealer med lav jordbundskvalitet) og kobberfattige områder (fx Østjylland). Visse afgrøder f.eks. vinterhvede, kartofler og ærter er særligt følsomme overfor for lavt kobberindhold i jorden /82,83/.

#### *Produktion*

Der er 3 store leverandører af gødning i Danmark, og de står for ca. 85% af salget /84,85/. Kobberholdig gødning fremstilles i Danmark ud fra kobberætsbade (kemikalieaffald fra printfremstilling). Ved leveranceproblemer anvendes kobbersulfat som råvare /86/. Det væsentligste tab fra produktionen skønnes at ske med spildevand og udgør < 50 kg/år.

#### *Kobberforbrug*

Forbruget af kobber med kunstgødning i Danmark i 1991/1992 er af Plantedirektoratet opgjort til 155 tons, mens forbruget i 1992/93 er opgjort til 111 tons /87,88/. I gennemsnit blev der således i de to sæsoner brugt 133 tons Cu/år. Som estimat for forbruget i 1992 vil derfor blive anvendt intervallet 125-140 tons Cu/år.

#### *Udviklingstendenser*

Anvendelsen af kobberholdig PK- og NPK-gødning er faldende, mens den totale anvendelse af PK- og NPK-gødninger kun viser en svagt faldende tendens (jf. tabel 3.33).

**Tabel 3.33***Forbrug af handelsgødning med og uden kobber /87/.*

1000 tons/år	1987/88	1988/89	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93
Gødning med kobber	189,4	165,6	175,7	157,6	138,6	113
Gødning i alt	1488,6	1562,7	1679,2	1658,1	1547,1	1395,2

Noter:

- 1) Faldet i anvendelsen af kobber i gødning skyldes dels at anvendelsen af de kobberholdige gødninger er faldet generelt, men mest markant er det, at en PK-gødningstype indeholdende kobber og magnesium er udgået og ikke er erstattet med anden gødning indeholdende disse stoffer.

**Bortskaffelse**

Kobber i handelsgødning tilføres dyrkningsjorden.

**3.3.7 Katalysatorer**

Kobberholdige katalysatorer anvendes typisk ved fremstilling af brint og methanol samt i ammoniak syntese og i visse typer katalysatorer til katalytisk forbrænding. Katalysatorerne indeholder metallisk kobber eller forskellige kobberforbindelser, typisk på oxidform. Indholdet er 5-40% beregnet som kobber /89/.

Import, eksport og produktion af kobberkatalysatorer er ikke opgjort særskilt i Danmarks Statistik /4/.

**Produktion i Danmark**

Råvaren til katalysatorfremstilling i Danmark er metallisk kobber, og det årlige råvareforbrug er i størrelsesordenen 500-1.000 tons kobber. Eksportandelen af de færdige katalysatorer er tæt ved 100% /89/.

**Tab ved produktion**

Luftemissioner fra fremstillingen er negligible, og der udledes ikke spildevand fra produktionen. Kobberholdige katalysatorer, som ikke kan opfylde kvalitetskravene, genbruges normalt i produktionen. Mængden af kobber i fast affald fra rensning af det recirkulerede procesvand udgør godt 1 tons årligt, der bortskaffes som kemikalieaffald.

**Forbrug i Danmark**

Produktregistret /90/ skønner, at der som kemiske kobberforbindelser i katalysatorer anvendes 2-5 tons kobber/år i Danmark. Fra oversigten i afsnit 3.1.2 ses en import af kobbernitrat på i alt 3 tons. Antages dette kobbernitrat anvendt som katalysator - samt et tilsvarende forbrug af kobberoxid som katalysator - fås en rimelig overensstemmelse.

**Tab ved forbrug**

Der vil ved industriel anvendelse formodentlig ske et mindre tab af katalysator til fx spildevand. Der foreligger ikke oplysninger herom, men tabet formodes at være betydningsløst (jf. forbrugsdata).

**Bortskaffelse**

Efter brug indgår de brugte katalysatorer i et veletableret oparbejdningskredsløb, hvor det høje metalindhold også kan dække transportomkostningerne. De brugte katalysatorer leveres typisk direkte fra brugere til oparbejdningsanlæg /89/.

Anvendelse

**3.3.8 Pigmenter og farvestoffer**

Kobberholdige pigmenter og farvestoffer anvendes til maling, lakker, trykfarver, tekstilfarvestoffer og lignende.

På baggrund af udtræk fra Produktregistret er der fundet 8 kemiske forbindelser indeholdende kobber, som anvendes til organiske farvestoffer. De anmeldte stoffer samt det anmeldte forbrug og anvendelsesområder fremgår af tabel 3.34.

**Tabel 3.34**

*Anmeldelse til Produktregistret af kobberholdige farvemidler, der importeres til eller bruges i Danmark 190<sup>1)</sup>.*

Kobberforbindelse	Mængde af farve tons/år	Anvendelse	Kobber tons/år
Organisk farvemiddel baseret på phthalocyanin C.I. Pigment Blue 15 (kobber-blåt) (CAS 147-14-8)	2750	Billig maling og trykfarve i øvrigt. Avistryk o.a. offset. Kunstnerfarver, plast, gummi og gulvbeklædning. Tekstiltryk m.m.	130-300
Organisk farvestof baseret på phthalocyanin C.I. Pigment Green 7 (kobber-grønt) (CAS 1328-53-6)	2850	Standardgrøn og base til trykfarver. maling, bindemidler, kunstnerfarver, plast, gummi og gulvbelægning. Tekstiltryk m.m.	171
Organisk farvestof baseret på thiocyanic acid-Cu(I)-salt (CAS 1111-76-7)	50	Lak og maling til jern- og metalindustrien, reparations- og serviceerhverv m.m.	26
Organisk farvestof baseret på cuprate-(1-)(tris(((3-((2-ethylhexyl)oxy)propyl)amino)sulfo (CAS nr. 94277-77-7)	195	Trykfarve. (Farvestof m.m.).	8
Organisk farvestof C.I. Pigment Blue 62 (CAS 82338-76-9)	180	Trykfarve. (Farvestof m.m.).	18
Organisk farvestof baseret på kobber-(1-(((2-hydroxyphenyl)imino)methyl)-2-naphthalenolat (CAS nr. 15680-42-9)	115	Lak, maling og trykfarver m.m.; reparations- og serviceerhverv m.m.	23
Organisk farvestof baseret på kobber-(3-((2-hydroxyphenyl)methylene)amino)(1,1'-biphenyl) C.I. Pigment Yellow 117 (CAS nr. 21405-81-2)	10	Lak og maling i reparations- og serviceerhverv. Fødevareremballager m.m.	2
Organisk farvestof C.I. Pigment Green 36 (CAS 14302-13-7)	330	Lak og maling, farvestof, gulvbelægning, bindemidler, fugemasse m.m.	16

Noter:

- 1) Produktregistrets oplysninger om forbrug må påregnes at kunne overestimerer det faktiske forbrug, da de samme forbindelser kan være indberettet i relation til både halvfabrikata og færdige produkter.



I følge /91/ er organiske phtalocyaniner (kobber-blåt, kobber-grønt) de hyppigst anvendte farvestoffer i den grafiske branche.

#### *Produktion*

I Danmark sker en væsentlig produktion af farvestoffet kobber-blåt. Denne produktion er baseret på importerede halvfabrikata. Størsteparten af denne produktion eksporteres.

I Danmark sker tillige en produktion af maling og halvfabrikata til plastfremstilling baseret på kobberholdige farvestoffer. Det er muligt at der endvidere sker en produktion af kobberholdige trykfarver og andre halvfabrikata, hvori der indgår kobberholdige farvestoffer, men der foreligger ikke sikre oplysninger herom.

#### *Forbrug*

Der foreligger ingen præcise oplysninger om forbruget af kobber med pigmenter og farvestoffer. På baggrund af oplysninger fra Produktregistret samt producenter, forhandlere og brugere af farvemidler og plastråvarer anslås forbruget af kobber med pigmenter og farvestoffer til 100-200 tons Cu/år.

#### *Tab fra produktion*

Produktionen af farvestof foregår ved en enkelt virksomhed, som er udstyret med eget spildevandsrens anlæg med direkte udledning til det marine miljø. Udslippet af kobber til vandmiljøet skønnes på baggrund af den foreliggende viden at udgøre <0,5 tons/år. Det er tænkeligt, at der tillige sker et mindre tab af kobber til jord samt genereres kobberholdigt kemikalieaffald til Kommunekemi, men der foreligger ikke præcise oplysninger i denne forbindelse.

Produktionen af maling foregår ved flere virksomheder. På baggrund af oplysninger fra producenter skønnes den samlede udledning af kobber med spildevand at udgøre <0,5 tons/år. Der foreligger ikke oplysninger om mængden af kemikalieaffald.

Emissioner og tab ved produktion af halvfabrikata til plastfremstilling er så vidt vides betydningsløse.

#### *Tab ved brug*

Ved anvendelse af maling, trykfarver, tekstilfarver etc. vil der ske tab af kobber til spildevand og affald/kemikalieaffald. De faktiske tab vil variere fra anvendelse til anvendelse og afhænge af de faktiske produktionsprocesser.

Som eksempler til illustration af størrelsesordener skal nævnes:

- Tabet af offsettrykfarver med spildevand fra offsettrykkerier anslås til 0,1 -1% af forbruget /92/. Mængden af overskudstrykfarve, der indleveres fra trykkerier til Kommunekemi, er ifølge foreliggende erfaringer af størrelsen 0,3-2,5% af forbruget /93/.
- Tabet af farve med spildevand ved indfarvning af tekstiler varierer fra få procent op til ca. 40%. Det samlede udslip af kobber fra tekstilfarverier er dog sandsynligvis mindre end 1 ton pr. år. Mængden af kemikalieaffald er betydningsløs /94/.
- Ved industriel anvendelse af sprøjtemaling vil 20-60% af malingsforbruget blive opsamlet som kemikalieaffald. Der er typisk tale om lukkede systemer med minimalt udslip til spildevand.

- Ved brug af maling til håndværksmæssige eller private formål vil der ske et udslip af maling til spildevand ved rensning af pensler og andet udstyr samt ved fjernelse af pletter etc. Slibestøv og indtørret maling i bøtter vil typisk blive bortskaffet med dagrenovation, mens friske malingsrester og maling opløst i terpentin og lignende typisk vil blive bortskaffet som kemikalieaffald. Der eksisterer ingen sikre data om betydningen af de forskellige bortskaffelsesveje. Her skal baseret på forfatterens personlige erfaring skønnes, at ca. 95% af malingen ved brugen vil havne på emnet, mens 1-2% vil havne i spildevand, 1-2% i fast affald og 1-3% i kemikalieaffald.

Kobberholdige pigmenter er vidt anvendt til mange formål, og det er ikke forsøgt at klarlægge det præcise forbrug til forskellige formål (trykfarver må dog anses for en dominerende anvendelse - jf. tabel 3.34). Af denne årsag skal tab ved brug her groft skønnes baseret på ovenstående generelle erfaringsregler:

- Tab til spildevand anslås til 1-2% af det samlede forbrug svarende til 1-4 tons kobber pr. år.
- Tab til brændbart affald anslås til 0,5-1% af det samlede forbrug svarende til 0,5-2 tons kobber pr. år.
- Tab til kemikalieaffald anslås til 5-10% svarende til 5-20 tons kobber pr. år.

#### *Bortskaffelse*

Produkter og genstande, hvortil der er anvendt kobberholdige farvemidler vil blive bortskaffet af mange forskellige kanaler. Som eksempler på bortskaffelsesveje skal nævnes:

- Aviser, ugeblade, papir og pap vil dels blive bortskaffet med brændbart affald, dels indgå i en retursystem, hvor tryksværtten fjernes ved afsværtningsprocesser. Slammet fra denne proces bortskaffes ved deponering (Genfiber AS), ved fremstilling af kompost, der udspreddes på jord (Hartmann AS - kobbermængde kan anslås til < 1 ton/år ud fra /95/) eller anvendes til cementfremstilling (Maglemølle AS) /95/. Kobber må tillige ventes at indgå i returpapirprodukter.
- Maling vil blive opsamlet med brændbart affald (gælder for afskallet maling, plast, gummi, tekstiltryk etc.), med jern- og metalskrot samt med bygningsaffald (vægmaling etc.) til deponi.

Den samlede mængde til bortskaffelse kan med rimelighed antages at svare til det nuværende forbrug fratrukket tab ved brug dvs. ca. 90-180 tons kobber årligt. Da der ikke foreligger en præcis viden om anvendelsesområder, og det ikke er forsøgt at indsamle detaljerede oplysninger om kobbermængderne i relevante affaldsstrømme fx. afsværtningslam, er det kun muligt at skønne betydningen af de forskellige bortskaffelsesveje med meget stor usikkerhed. Her skal betydningen af relevante bortskaffelsesveje groft anslås som følger:

- Brændbart affald: 50-100 tons kobber/år
- Jern og metalskrot: < 50 tons/år
- Bygningsaffald og papir/tryksværtteslam til deponering: < 50 tons/år
- Cementfremstilling: ?
- Jord: < 1 ton kobber/år

### 3.3.9 Andre anvendelser

Udover de ovenfor nævnte anvendelser af kobberholdige forbindelser findes der en række andre anvendelser, som alle skønnes mængdemæssigt at være uden større betydning: Kobberbromider kan anvendes til fotokemikalier; kobberiodid til lys- og varmekfølsomme stabilisatorer, fotokemikalier og temperaturindikatorer; kobberoleater til stabilisatorer; kobberfosfater til korrosionsbeskyttelse; kobbersulfider til solceller og smøremidler /5,26,23/. Det er ikke forsøgt at klarlægge disse anvendelser nærmere. Baseret på den foreliggende viden skal det samlede forbrug til disse formål her groft anslås til < 10 tons Cu/år.

Bortskaffelsen af kobber fra disse formål kendes ikke. I mangel af præcis viden skal her groft regnes med < 4 tons Cu/år til hhv. spildevand, brændbart affald og kemikalieaffald.

### 3.3.10 Sammenfatning

De foreliggende vurderinger af massestrømme af kobber med kemiske forbindelser er sammenfattet i tabel 3.35. Det samlede forbrug på 800-1.100 er væsentlig lavere end forsyningen, som er anslået til 1.800-1.900 tons kobber (jf. afs. 3.1.2). Der kan således ikke redegøres for hele forsyningen. Forskellen skal her vurderes at bero på især reeksport af kobberpigmenter fremstillet i Danmark (jf. afs. 3.3.8.) og til dels også lagerfor skydninger (forbruget af kobberoxider og kobbersulfat er vokset kraftigt i perioden 1990-1992).

**Tabel 3.35**

*Forbrug og bortskaffelse af kobber med kemiske forbindelser i Danmark; 1992 <sup>7)</sup>.*

Anvendelsesområder	Forbrug Tons Cu/år	Skønnet tab og bortskaffelse til (tons Cu/år):				
		Luft	Vand	Jord	Forbr./ deponi	Andet
Imprægnering af træ	200-250			10-35	25-40	2 <sup>1)</sup>
Svampe- og vildtbidemidler	8-11			8-11		
Antifoulingsmidler <sup>2)</sup>	27-40		18-28		<2	5-14
Overfladebehandling <sup>3)</sup>	40-80		0,6-1,0			50-95 <sup>8)</sup>
Foderstoffer	300-400			300-400		
Handelsgødning	125-140		0,05	125-140		
Katalysatorer	2-5					2-6 <sup>4)</sup>
Pigmenter og farvestoffer <sup>5)</sup>	100-200		1-4	<1	50-100	5-70
Andre anvendelser	<10		<4		<4	<4
I alt <sup>6)</sup>	800-1.100	0	20-38	440-590	75-150	50-190

Noter:

- 1) Dækker slam fra produktionsprocesser, som bortskaffes som kemikalieaffald.
- 2) Tal er generelt usikre. Af det angivne tab til vand er 18-27 tons direkte udslip til vandmiljøet ved brug. "Andet" omfatter maling på gamle skibe, der skrottes i udlandet.
- 3) De angivne mængder er excl. forbrug til overfladebehandling af printplader (jf. afs 3.2.2).
- 4) Omfatter brugte katalysatorer, som oparbejdes i udlandet (2-5 tons) samt ca. 1 tons kobber med kemikalieaffald fra dansk produktion af katalysatorer.
- 5) Tab til vand dækker <0,5 tons fra produktion af farvestoffer i Danmark (udledt til vandmiljøet), <0,5 tons fra malingsproduktion (til kommunalt spildevand) samt 1-4 tons fra brug af trykfarver, maling etc. i Danmark. Tab til jord dækker slam fra afsværtning af pap og papir i forbindelse med genvinding. Dette slam udsprede på jord efter kompostering. "Andet" dækker kemikalieaffald (skønnet 5-20 tons årligt), samt malingsrester på jern og metalskrot (skønnet <50 tons årligt). Hertil kommer en ukendt mængde kobber, som med slam fra afsværtning af papir anvendes til cementfabrikation samt kobberrester i sekundært papir og p ap.
- 6) Summer er afrundede.
- 7) Med forbrug menes der i denne sammenh ang forbrug i samfundet. Der kan herudover våre et forbrug til produktion af produkter, som eksporteres. Forskellen mellem forbrug og det samlede tab/bortskaffelse er udtryk for en ophobning af kobber med produktet i samfundet.
- 8) Omfatter 10-15 tons Cu/år med kemikalieaffald og 40-80 tons Cu/år som med skrot bortskaffes via skrothandlere. M engden, der bortskaffes, er således större end forbruget, som kun angiver forbruget med f erdigvarer i samfundet.

### 3.4 Kobber som følgestof i andre produkter

#### 3.4.1 Fossile brændstoffer

Fossile brændstoffer såsom kul og olie indeholder naturligt kobber i små mængder. Ved afbrænding frigøres en mindre del af brændselsstoffernes indhold af kobber til luften, mens hovedparten vil blive tilbageholdt og bortskaffet med affaldsprodukter fra forbrændingsprocessen.

#### Kul

Forbruget af kul til energifremstilling udgjorde i 1992 11,5 mio. tons. Omkring 93% blev brugt af kraftværkerne, mens resten anvendtes af industrier og fjernvarmeselskaber /99/.

#### Kobber i kul

Tungmetalindholdet i kul varierer en del afhængig af oprindelsesland. For de kul, som blev anvendt af kraftværkerne i 1992, målte en variation fra 5,1 til 32,9 g Cu/ton /100/. På baggrund af sammensætningen af de anvendte kul er det totale kobberindhold i de af kraftværkerne anvendte kul estimeret til 80 tons Cu/år /101/.

Under antagelse af, at kobberindholdet i kul anvendt af industrivirksomheder og kraftvarmeværker er af samme størrelse, kan den totale import af kobber med kul anslås til 86 tons Cu/år. Under hensyntagen til usikkerheden på opgørelsen skal det samlede indhold anslås til 44-127 tons Cu/år.

Der findes ingen massebalancer for kobberomsætningen ved danske kraftværker. ELSAM har i forbindelse med dette projekt estimeret kobberomsætningen ved kraftværker i Danmark på grundlag af viden om indholdet af kobber i kul, indretning og drift af værkerne samt litteraturstudier af emissionsfaktorer (se tabel 3.36) /100/.

**Tabel 3.36**

*Anslåede massestrømme af kobber for danske kraftværker i 1992 /101/.*

Indfyret mængde tons Cu/år	Slagger/bundaske Tons Cu/år	Flyveaske Tons Cu/år	Afsvovlingsprodukter <sup>(1)</sup> Tons Cu/år	Emitteret til luft Tons Cu/år
80	5	75	0,1	0,4

#### Noter

- 1) Afsvovlingsprodukter udgøres af gips, svovlsyre, TASP (Tør afsvovlingsprodukt) eller filterslam.

#### Emission til luft

Den totale emission af kobber til luft fra danske kulkraftværker er således estimeret til 0,4 tons Cu/år. Der er i forbindelse med massestrømsberegningen ikke foretaget en vurdering af konfidensintervaller på de angivne gennemsnit. Der må antages at være en betydelig variation i de totale mængder fra år til år afhængig af kulsammensætningen, og der er derfor i denne rapport anvendt et anslået konfidensinterval på værdierne på  $\pm 50\%$ .

Der er ikke forsøgt at indhente emissionsdata fra industrivirksomheder og fjernvarmeselskaber. Antages som et groft skøn, at emissionsfaktorerne for disse anlæg nogenlunde svarer til emissionsfaktorerne for kraftværkerne, kan den samlede emission ved kulafbrænding i Danmark anslås til 0,2-1 tons Cu/år.

### Restprodukter fra kulfyring

Omkring 90% af kullenes indhold af kobber er estimeret at ende i flyveasken. I 1992 blev der produceret i alt 1,1 mio. tons flyveaske på danske kulkraftværker /100/. Med et totalt indhold på 75 tons kobber fås et gennemsnitlig indhold på 68 g Cu/ton. I /102/ angives værdier for flyveaske fra danske kraftværker på 94-210 g Cu/ton med et estimeret gennemsnit på 130 g Cu/ton. Her skal vurderes, at de foreliggende data fra EL-SAM må anses for mere aktuelle og pålidelige end de data, der er benyttet i /102/.

Baseret på /101,102/ kan bortskaffelsen af flyveaske fra kraftværker anslås som følger:

- ca. 20% anvendtes til cementfremstilling
- ca. 9% anvendtes til betonproduktion
- ca. 17% anvendtes til bygge- og anlægsarbejder
- ca. 45% blev deponeret
- ca. 9% blev eksporteret til cement/beton produktion i udlandet

For slagge/bundaske fra kraftværker kan regnes med følgende bortskaffelse /102/:

- ca. 60% anvendtes til bygge- og anlægsarbejder
- ca. 40% blev deponeret

Der er ikke forsøgt indhentet oplysninger om bortskaffelsen af slagge/aske fra industrivirksomheder og fjernvarmecentraler, men det vurderes som sandsynligt at disse restprodukter udelukkende er deponeret.

På denne baggrund kan bortskaffelsen af kobber med restprodukter fra kulfyring i Danmark opgøres som følger (usikkerhedsintervaller i parentes):

- Cement- og beton fremstilling:	22 (11-33)	tons Cu/år
- Bygge og anlægsformål:	16 (8-24)	"
- Deponering:	41 (22-60)	"
- Eksport:	7 (3-10)	"

### Emission med kølevand

Danske kraftværker køles med saltvand i kondensatorer som delvist er opbygget med kobberlegerede rør. I /103/ anslås det, at der gennemsnitligt fra en 250 MW enhed frigøres ca 200 kg Cu/år med kølevand. Kondensatorer er i dag i højere grad lavet af titanium ligesom udledningerne med kølevand er begrænset ved anvendelse af kraftvarme. Der foreligger ingen samlede opgørelser af udledninger, som her skal vurderes at være i størrelsen ca. 0,2-2 tons Cu/år. Da dette udslip reelt ikke beror på kul eller andre brændsler er det medregnet i afsnit 4.5 som direkte udslip fra industrien.

### Olieprodukter

Ved raffinering af råolie vil oliens indhold af kobber opkoncentreres i de tunge fraktioner, herunder fuelolie, mens kun små mængder vil følge med de lette fraktioner så som benzin og gasolie. Der foreligger kun få oplysninger om kobberindhold i fuelolie og gasolie. For fuelolie og andre tunge olieprodukter angives indholdet i /105/ til ca. 0,3 g/tons. Med et forbrug i 1992 på ca. 1,5 mio. tons af sådanne olieprodukter kan kobberindholdet opgøres til ca. 0,5 tons Cu/år. For lette gasolier er ligeledes i /105/

refereret en værdi på 0,1 g/ton. Forbruget af benzin og gasolier var i 1992 på 7,4 mio. tons og under antagelse af, at indholdet i benzin svarer til det refererede indhold i gasolie, anslås det, at forbruget af kobber med benzin og gasolie udgør ca. 0,8 tons Cu/år. Samlet kan forbruget med olieprodukter således - under hensyntagen til usikkerheden på opgørelsen - anslås til ca. 1-1,5 tons Cu/år.

Der foreligger ingen oplysninger om, hvor stor en del af olieprodukternes kobberindhold, der ved afbrænding emitteres til luft. Under antagelse af at 80% emitteres til luft, mens resten tilbageholdes i kedel og skorsten, anslås det, at der ved afbrænding af olieprodukter emitteres 0,8-1,2 tons Cu/år til luft, mens 0,2-0,3 tons med restprodukter deponeres på losseplads.

#### *Naturgas*

Der foreligger ingen sikre oplysninger om kobberindhold i naturgas, men denne kilde vurderes som betydningsløs.

#### *Halm og flis*

##### **3.4.2 Biobrændsler**

Kobberindholdet i træ og flis kan på baggrund af en svensk og en østrisk undersøgelse anslås til 2-7 g Cu/ton TS /106,107/ svarende til 0,1-0,3 mg Cu/MJ. Der har ikke kunnet fremskaffes oplysninger om indholdet af kobber i halm, men det antages groft at være af samme størrelse som indholdet i træ og flis. Ved afbrænding af træ og halm med et energiindhold på hhv. 17,7 og 13,8 PJ /84/ forbruges der anslået 0,3-1,2 tons Cu/år.

#### *Emission til luft*

Hvor stor en del af brændslets indhold, der emitteres til luft, vil afhænge af det aktuelle røggasrensings- og røggaskondenseringsanlæg. Ved en østrisk undersøgelse fra et varmeværk, som anvender flis som brændsel, måltas emissionen til luft på 2% af brændslets indhold /107/. Hovedparten af brændslets indhold af kobber endte i bund- og flyveaske, mens 8% blev opsamlet i kondensat fra et røggaskondenseringsanlæg. En væsentlig del af den totale træ- og halmmængde må dog påregnes afbrændt i anlæg (villa-fyr/halmfyr på gårde) uden særlig røggasrensning. Her skal som et groft skøn anslås at 0,1-0,4 tons kobber/år emitteres til luft, 0,1-0,4 tons med aske og kondensat deponeres, mens resten dvs. 0,1-0,4 tons med aske spredes på jorden.

##### **3.4.3 Cement**

#### *Kobberindhold i cement*

I 1992 fremstilledes der i Danmark 1,7 mio. tons grå cement med et kobberindhold på 22-25 g Cu/ton og 0,5 mio. tons. hvid cement med et kobberindhold på 11 g Cu/ton /108/. Kobberindholdet i den samlede produktion androg således 43-48 tons. Forbruget i Danmark lå på 1,2 mio. tons grå cement svarende til et totalt kobberforbrug med cement på 26-30 tons.

Ved cementfremstillingen anvendtes 0,2-0,25 mill. tons flyveaske fra kraftværkerne med et anslået gennemsnitligt indhold af kobber på 68 g Cu/ton (jf. afs. 3.4.1) svarende til en samlet mængde på 14-18 tons kobber. Kobberindholdet i de øvrige råvarer må således have udgjort 25-35 tons Cu/år.

Emissionen af kobber til luft er på baggrund af tungmetalmålinger i røggas bestemt til <0,13 tons Cu/år /151/.

##### **3.4.4 Jordbrugskalk**

#### *Jordbrugskalk*

Forbruget af jordbrugskalk svinger en del afhængig af konjunkturerne inden for landbruget, men i 1992/1993 lå forbruget på 1,0 mio. tons. Med

et kobberindhold i dansk jordbrugskalk på 2-4 g/ton /109,110/ kan tilførslen af kobber til dansk landbrugsjord med jordbrugskalk anslås til 2-4 tons Cu/år.

### *Kobberslagger*

#### **3.4.5 Sandblæsningsmidler**

Kobberslagger (jernsilikat) fra kobberudvinding bruges som sandblæsningsmiddel især på skibsværfter, hvor de af arbejdsmiljømæssige årsager foretrækkes frem for kvartssand. Slaggerne består af den malmrest, der fremkommer, når kobberet på metalværker er udvundet, og skal således ikke forveksles med slagger fra kobberstøberier. Slaggerne består langt overvejende af jernoxider og silikat, men indeholder også 0,7-1,1% Cu<sub>2</sub>O /111/. Forbruget af kobberslagger er stigende, og det anslås, at der i 1992 blev anvendt 4.000-6.000 tons /111/ svarende til 25-50 tons Cu/år. Tilsvarende mængde kobberslagger anslås i /112/ at anvendes til sandblæsning af skibe.

### *Emission ved Sandblæsning*

Ved sandblæsning kan kobber i brugt sandblæsningsmiddel og afrenset maling spredes til omgivelserne med støv, som enten spredes gennem luften eller skylles ud i forbindelse med rengøring eller regnskyl. Størrelsen af denne emission kendes ikke, men i en norsk undersøgelse anslås, at op til 50% af det anvendte blæsemiddel ved sandblæsning af skibe ender i havet /113/. Med Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 311 om overfladebehandling af skibe /114/ er der påbudt afskærmning mod væsentlig forurening ved sandblæsning af skibe, og det må forventes at emissionen er væsentligt formindsket. Dette bekræftes af målinger omtalt under antifoulingsmidler (jf. afs. 3.3.3). I følge /111/ opsamles totalt omkring 70% af de anvendte kobberslagger, men ved indvendig anvendelse fx. på skibsværfter opsamles 80-90%. De resterende må påregnes enten blive opsamlet med diffust spredt støv eller spredes til omgivelserne (fx. ved sandblæsning af broer).

### *Deponering*

Under antagelse af, at 80% af blæsemidlerne bortskaffes, kan det anslås, at der med disse deponeres 20-40 tons Cu/år, mens 5-10 tons Cu/år tabes til omgivelserne. Det vides ikke hvorvidt disse tabes til vand eller jord, men det skal her groft antages, at tabet fordeler sig ligeligt på jord og vand. Brugte blæsemidler er traditionelt blevet deponeret på kontrolleret losseplads, men bliver i dag i stigende grad søgt anvendt som fyldstof i asfaltbærelag og tegl.

#### **3.4.6 Jern og stål**

Jern og stål fremstillet på basis af skrot indeholder væsentlige mængder kobber som utilsigtet legeringselement. Stål produceret på Det Danske Stålvalseværket i 1992 indeholdt således gennemsnitligt 0,24% kobber (jf. afsnit 4.2). Omkring 29% af det producerede stål, svarende til ca. 150.000 tons stål og ca. 400 tons kobber, blev afsat i Danmark. Der foreligger ingen præcise oplysninger om kobberindholdet i det øvrige stål forbrugt i Danmark. Under antagelse af et kobberindhold i det øvrige jern og stål på 0,1-0,25%, kan det samlede kobberforbrug med jern og stål (ca. 700.000 tons jern og stål) anslås til 1.000-1.800 tons Cu/år. Under antagelse af en genanvendelsesgrad på 97% for jern- og stål /124/, vil de resterende 3% indeholde 30-50 tons Cu/år, der dels deponeres, dels tabes til omgivelserne ved korrosion (rust). Der foreligger ingen opgørelser over, hvor meget jern og stål, der tabes til omgivelserne. Et groft overslag kan fås ved sammenligne de 3% - svarende til ca. 21.000 tons jern og stål - med de 38.000 tons jernskrot, der magnetsepareres bort fra restprodukter fra affaldsforbrænding (jf. afs. 4.3.3). Affaldsmængden, der ender på deponi,



er rundt regnet 1/3 af affaldsmængden, der ender på affaldsforbrændingsanlæg, således at der alt andet lige skulle ende omkring 13.000 tons jern med affald på deponi. På dette grundlag skal det her groft antages, at 1/3 af jern og stål - svarende til 10-17 tons Cu/år - tabes til jord, mens de resterende 20-33 tons bortskaffes til deponi (med den del af affaldet, der ikke behandles i forbrændingsanlæg).

#### 3.4.7 Andet

Kobber må som naturligt forekommende grundstof og essentielt mikro-næringsstof for de fleste planter og dyr forventes at forekomme i næsten alle produkter.

Kobber vil også optræde som følgestof med handelsgødning og foderstoffer, men da disse produkter bevidst tilsættes kobber i større mængder er denne anvendelse behandlet under anvendelse af kobber som kemisk forbindelse jf. afs. 3.3.5 og 3.3.6.

Fødevarer indeholder kobber i væsentlige mængder, eksempelvis omkring 2,5 mg Cu/kg i kornprodukter og tørrede bælgfrugter, 0,8 mg Cu/kg i grøntsager og 0,8 mg Cu/kg i kød og kartofler /115/. Det totale indtag med fødevarer kan på baggrund af /115/ anslås til 2-3 tons Cu/år som med humane sekreter bortskaffes med spildevand, mens det anslås at < 1 tons Cu/år bortskaffes til forbrænding/deponi/kompostering med organisk husholdningsaffald.

Af produkter som i store mængder bortskaffes til forbrænding/deponi skal her nævnes papir, plast, træ, tekstiler og lædervarer. Disse produkter vil ikke kun indeholde kobber som følgestof, men også i form af fx. pigmenter. I tre udenlandske undersøgelser (refereret i /116/) fandtes fx. meget varierende indhold af kobber i plast i husholdningsaffald med værdier fra 1 til 39 g Cu/ton, men der er i undersøgelserne ikke taget stilling til, hvorvidt kobberindholdet i plastprodukterne stammede fra pigmenter. Det er således ikke umiddelbart muligt at benytte eksisterende undersøgelser af kobberindholdet i forskellige produkter.

I 1992 var forbruget af papir, plast, træ, tekstiler og lædervarer på knapt 2 mio. tons /4,22,117/. Kobberindholdet i træ og papirmasse må forventes at tilsvare indholdet i træ på 2-7 g Cu/tons /106,107/, mens indholdet som følgestof i plast, tekstiler og lædervarer (excl. pigmenter og lignende) her groft skal antages at være tilsvarende. Samlet kan det således anslås, at der med disse produkter i 1992 blev bortskaffet 4-14 tons kobber til forbrænding/deponi.

Det samlede forbrug af produkter, som ikke er nævnt i ovenstående, andrager < 1 mio. tons/år, som skønsmæssigt anslås at indeholde 2-10 tons Cu/år, som bortskaffes til forbrænding/deponi.

Samlet kan forbruget af kobber som følgestof med andre produkter skønnes til 8-27 tons Cu/år, hvoraf 2-3 tons afgår med spildevand, mens resten bortskaffes til forbrænding/deponi.

### 3.4.8 Sammenfatning

De foreliggende vurderinger af massestrømme af kobber som følgestof er opsummeret i tabel 3.37.

**Tabel 3.37**

*Forbrug og bortskaffelse af kobber som følgestof i Danmark 1992.*

Produkt	Forbrug Tons Cu/år	Skønnet bortskaffelse og tab (tons Cu/år)			
		Til luft	Til vand	Til jord	Deponering o. lign <sup>1)</sup>
Kul	44-127	0,2-1,0			27-99 <sup>2)</sup>
Olje	1-1,5	0,8-1,2			0,2-0,3
Biobrændsler	0,3-1,2	0,1-0,4		0,1-0,4	0,1-0,4
Cement	26-30 <sup>3)</sup>	<0,2			26-30 <sup>5)</sup>
Sandblæsningsmidler	25-50		3-5	3-5	20-40
Jordbrugskalk	2-4			2-4	
Jern og stål	1.000-1.800			10-17	1.000-1.800 <sup>6)</sup>
Andet	8-27		2-3		6-24
I alt <sup>4)</sup>	1.100-2.000	1,1-2,8	5-8	15-26	1.100-2.000

Noter:

- 1) Omfatter også genanvendelse. Der vil fra depoter ske en langsom udvaskning af kobber til vandmiljøet, som omtales i afsnit 4.3.3.
- 2) Excl. 14-18 tons kobber med flyveaske, som anvendes til cementfremstilling i Danmark. Herudover eksporteres der 3-10 tons kobber med flyveaske.
- 3) Incl. 14-18 tons kobber i flyveaske anvendt til cementfremstilling.
- 4) Summer er afrundede. Ved sammentællingen af det totale forbrug er fratrukket 14-18 tons kobber, som med flyveaske anvendes til cementfabrikation og således optræder to gange i tabellen.
- 5) Anvendes til beton og mørtel. Angiver forbruget i Danmark. Der er herudover en eksport af kobber med cement.
- 6) Heraf bortskaffes 20-33 tons til deponi, mens resten med metalskrot bortskaffes til genanvendelse.
- 7) Summer er afrundede.

## 4 Omsætning med affaldsprodukter

### 4.1 Genanvendelse af metallisk kobber

Metallisk kobber omsættes med flg. typer af kobberholdigt skrot:

- Produktionsaffald i form af spåner og afklip.
- Rene kobbervarer som fx. uisolerede ledere, tagplader, dekorationsgenstande eller støbegods.
- Kabelskrot.
- Skrot af sammensatte produkter fx. biler, transformatorer, maskiner eller elektroniske produkter.

Der foreligger ingen samlet opgørelse over mængden af kobberskrot som indsamles i Danmark. En præcis opgørelse vanskeliggøres af det forhold, at der sker en betydelig import af kobberskrot til oparbejdning i Danmark.

Mængderne, der indsamles med skrot i Danmark, kan estimeres som følger:

Indsamlet mængde = nettoeksport med skrot + genanvendelse i Danmark + tab ved oparbejdning

#### *Nettoeksport*

Af opgørelserne fra Danmarks Statistik (Bilag 2) fremgår det, at import og eksport af kobberskrot i 1992 androg hhv. 21.600 og 30.400 tons. Der er dog typisk ikke tale om rene kobbervarer. Der importeres store mængder af kabler, transformatorer og motorer, som oparbejdes i Danmark og reeksporteres som kobberskrot af en højere kvalitet. I tabel 4.1 er det gennemsnitlige indhold af kobber i de forskellige skrotkategorier estimeret ud fra den gennemsnitlige handelsværdi angivet i Udenrigshandelsstatistikken /4/, hvilket er muligt, fordi det oftest kun er kobber/kobberlegeringer, som repræsenterer en værdi i det sammensatte kobberskrot.

På dette beregningsgrundlag anslås det, at nettoeksporten af kobber med kobber-skrot androg 12.000-18.000 tons Cu/år (jf. tabel 4.1). Hertil kommer kobber, som eksporteres med andet metalskrot, som vil blive omtalt i det følgende.

#### *Genanvendelse i Danmark*

Skrot, som indsamles og anvendes til produktion i Danmark, vil ikke være opgjort i statistikken. Det anslås, (jf. afs 3.1.1) at der i 1992 blev anvendt 9.000-10.000 tons kobber i form af messingspåner og raffineret kobber fra kabelskrot til produktion af messingstænger i Danmark. Ophøret af produktionen i Danmark afspejles i statistikken ved at nettoeksporten af messingskrot fra 1992 til 1993 steg fra ca. 6.000 tons til 15.000 tons.

Kobber i sammensatte produkter bliver enten manuelt demonteret eller fragmenteret i shredder anlæg (bilfragmenteringsanlæg) eller sakseanlæg.

#### *Shredder anlæg*

I 1991 blev der på seks danske shredder anlæg fragmenteret 292.000 tons skrot /44/. Heraf var 63.000 tons bilskrot mens det øvrige skrot bestod af hårde hvidevarer, landbrugsmaskiner, industriskrot og sammensat skrot fra kommunale genbrugsvirksomheder.

**Tabel 4.1***Import og eksport af kobber med kobberskrot, 1992 <sup>(1)</sup>*

Skrottype	Import		Eksport		Nettoeksport
	% Cu	Tons Cu/år	% Cu	Tons Cu/år	Tons Cu/år
Raffineret kobber	40-50	1.700-2.100	90-99	10.700-11.700	8.600-10.000
Messing	58-68	2.400-2.900	58-68	7.000-8.100	4.100-5.700
Uspecif. kobberlegering	25-35	3.300-4.600	65-85	4.300-5.700	-300-2.400
I alt		7.500-10.000		22.000-26.000	12.000-18.000

Noter:

- 1) Af Varestatistikken fremgår en dansk produktion af kobberskrot på i alt 158 tons. Tallet udtrykker på ingen måde mængderne af skrot, der indsamles i Danmark og er ikke medtaget i herværende opgørelse. Forsyningen med skrot af raffineret kobber var i 1992 omkring 2.000 tons lavere end gennemsnittet for perioden 1988-1992, hvorimod 1992-tallet for de to andre kategorier af skrot var repræsentative for perioden. Bemærk at tabellen kun indeholder oplysninger om eksport af kobber med kobberskrot. Eksport med øvrigt skrot omtales senere i det følgende.

Fragmenteringen foregår ved at skrottet neddeles med en hammermølle eller kværn. Lette materialer og støv, som udgør hovedparten af affaldet, frasorteres både under og efter neddelingen i cykloner (vindsigter). Det neddelte skrot frasorteres el-motorer (manuelt), jern (med magnet) og affaldsfraktionerne gummi og plast. Tilbage bliver en restfraktion indeholdende forskellige ikke-ferro metaller blandet med rester af jord, plast o. lign. Denne restfraktion eksporteres enten direkte til oparbejdning i udlandet eller bliver videresorteret. Ved denne videresortering ender en del kobberdele i en håndsorteret fraktion bestående af uspecificerede kobberlegeringer som vil være medregnet i ovenstående opgørelse af eksporten af uspecificerede kobberlegeringer, mens en del ender i en fraktion, som væsentligst består af zink og derfor vil blive ført som zinkskrot. Den anslåede fordeling fremgår af tabel 4.2.

Jern og stål bliver enten solgt til Stålvalseværket eller eksporteret. I 1992 var der (jf. /4/) en nettoeksport på 90.000 tons shredderskrot af jern og stål. Dette skrot indeholder små stumper ledning o.lign. og det anslås på baggrund af oplysninger fra branchen, at jern- og stål fraktionen indeholder 0,1-0,2% kobber. Der blev således eksporteret 90-180 tons Cu/år med shredderskrot af jern og stål.

*Shredder affald*

Omkring 25% af den tilførte skrotmængde, 50.000-75.000 tons/år, bliver til affald /44/. Den største del af affaldet består af materiale frasorteret i cyklonerne, men der er også væsentlige mængder af jord, slam fra vådskrubber og manuelt frasorterede brændbare fraktioner. Analyser af affaldet fra fire af de seks anlæg angiver et gennemsnitligt indhold af metal i affaldet på 5,1%, svarende til 2.500-3.800 tons metal/år i den samlede affaldsmængde. Der foreligger ikke nogen detaljerede analyser af kobberindholdet i affaldet, men otte prøver udtaget af forskellige ikke-definerede affaldsfraktioner angav værdier på 1,2 - 35 kg Cu/tons TS med en

gennemsnit på 14,6 kg Cu/tons TS. I en undersøgelse af affaldet fra et enkelt anlæg indeholdt den største fraktion ("partikler <2mm"), som udgjorde 57% af affaldet, 3,7-7,3 kg Cu/tons TS (målt som syreoplukket metal). De analyser, som har været foretaget, har ikke haft til formål at måle det totale metalindhold i prøverne, men snarere at vurdere affaldets potentielle miljøbelastning. Målingerne på de fine fraktioner vil således tendere mod at underestimere det totale indhold. På den baggrund kan det med stor usikkerhed anslås, at den samlede mængde shredderaffald indeholdt 300-1.000 tons Cu/år.

Der findes ingen vejledende bestemmelser for klassificering af affald fra shredder-anlæg. Generelt bliver affaldet deponeret på losseplads, men fra et enkelt anlæg er støv fra shredder-cyklonen klassificeret som olie- og kemikalieaffald og bortskaffes til Kommunekemi /44/. Fra to anlæg er slam fra vådskrubber, der udgør en meget lille del af affaldet, ligeledes klassificeret som olie- og kemikalieaffald.

#### Afløbsvand

Der vil være en vis fraførsel af kobber med afløbsvand. Analyser fra to anlæg gav gennemsnit på hhv. 0,27 og 1,1 g Cu/m<sup>3</sup> (svarende til 3-10 gange tilløbskoncentrationen til kommunale renseanlæg jf. tabel 4.11) /44/. Der foreligger ingen oplysninger om, hvor store mængder vand der afledes. En størrelsesorden på afledningen kan fås ved at antage, at der findes 1-3 mio m<sup>2</sup> befæstede skrotpladser, hvorfra der afledes 700 l/m<sup>2</sup>/år. Med et kobberindhold på 0,3-1 g Cu/m<sup>3</sup> fås en samlet udledning på 0,2-2 tons Cu/år.

Fordeling af kobber på forskellige fraktioner efter fragmentering er i tabel 4.2 anslået på baggrund af oplysninger fra et enkelt større anlæg samt oplysninger i /44/. Ved beregningen er det antaget, at fordelingen på det pågældende anlæg er nogenlunde repræsentativ for landet som helhed.

**Tabel 4.2**

*Fordeling af kobber på forskellige fraktioner efter fragmentering i shredder-anlæg, ca. 1993.*

Fraktion	Kobber (Tons/år)
Uspecificerede kobberlegeringer	500-1.000
Blandet tungmetal (hovedsageligt zink) <sup>2)</sup>	1.500-2.500
Elektromotorer	400-600
Jern og stål <sup>1)</sup>	200-450
Affald	300-1.000
I alt	3.000-5.500

Noter:

- 1) Det anslås at der årligt produceres 200.000-230.000 tons shredderskrot af jern og stål. Heraf eksporteres ca. 100.000 tons svarende til 100-200 tons Cu/år.
- 2) Bliver ved eksport ført i statistikken som zinkskrot. Indholdet af kobber er anslået ud fra oplysninger fra et enkelt større fragmenteringsanlæg.

### *Sakseanlæg*

Emner med sværere godstykkelse bliver fragmenteret med hydrauliske sakse. Ved denne proces dannes der 2.000-5.000 tons rystesoldsaffald. På baggrund af målinger fra to anlæg /118/ anslås det, at dette affald totalt indeholder 2-20 tons Cu/år.

### *Manuel demontering*

Der foreligger ingen oplysninger om omfanget af manuel demontering. Manuel demontering kan typisk være fjernelse af fittings fra rør eller demontering af store elektromotorer og generatorer. Tabene ved denne proces anses for ubetydelige.

### *Tab til jord*

Der vil på ikke-befæstede skrotpladser være et vist tab af kobber til jord. Der foreligger ingen opgørelser af mængder der tabes til jord på skrotpladser, men de fleste større pladser er i dag befæstede. Det skal groft anslås, at der årligt tabes i størrelsesorden 0,2-1 tons Cu til jord ved skrot-håndtering.

### *Kabelskrot*

Kabelskrot er omtalt nærmere i afsnit 3.2.1.

### *Tab ved oparbejdning*

Det samlede tab ved oparbejdning af skrot i Danmark anslås til 700-1.900 tons, heraf 300-1.000 tons som shredderaffald (jf. tabel 4.2), og 430-850 tons kobber (excl. kobber som legeringselement i jern og stål) som med jernskrot omsmeltes til nyt jern og stål (jf. afs. 4.2).

### *Indsamlet mængde*

Den samlede mængde, der indsamles i Danmark, kan opgøres til:

Nettoeksport med kobberskrot	:	12.000	-	18.000	tons Cu/år
Nettoeksport med zinkskrot	:	1.500	-	2.500	tons Cu/år
Genanvendelse i Danmark	:	9.000	-	10.000	tons Cu/år
Tab ved oparbejdning	:	700	-	1.900	tons Cu/år
Indsamlet mængde	:	23.000	-	32.400	tons Cu/år

Denne totale mængde er i overensstemmelse med, at det i afs. 3.2.9 anslås, at der årligt bortskaffes 20.400-32.500 tons kobber til skrothandlere.

### *Eksport med skibe*

Udover eksport med kobberskrot og zinkskrot sker der også en anslået eksport af kobber på 1.600-3.400 tons kobber med skibe, der skrottes i udlandet (jf. tabel 3.23). Det antages, at alt kobber på skibene genanvendes. Til den samlede balance kan det således estimeres, at der til genanvendelse årligt bortskaffes 25.000-36.000 tons kobber (indsamlet mængde + eksport med skibe).

Den samlede nettoeksport kan på denne baggrund anslås ved at addere nettoeksporten af kobber med kobberskrot (12.000-18.000 tons jf. tabel 4.1), zinkskrot (1.500-2.500 tons), jernskrot (100-200 tons jf. afsnit 4.2) og skibe til ophugning (1.600-3.400 tons). Samlet sker der en anslået nettoeksport af kobber med skrot på 15.000-24.000 tons Cu/år.

### *Samlet omsætning*

Den samlede mængde kobber, der omsættes med skrot i Danmark, kan ved at addere den indsamlede mængde (23.000-32.400 tons) med den importerede mængde (7.500-10.000 jf. tabel 4.1) opgøres til 31.000-42.000 tons.

Det er ikke forsøgt at klarlægge den videre omsætning af kobberskrot i detaljer. Det bemærkes, at eksporteret skrot i udlandet typisk vil blive videre oparbejdet ved elektrolytisk raffinering /118/.

## 4.2 Omsætning af kobber med jern og stål

Kobber indgår i jernskrot dels indlegeret med jernet, dels som små kobberdele fx. ledninger eller bolte. Ved smeltning af jernskrot vil skrottets indhold af kobber blive indlegeret i det nye jern/stål.

### Jern- og stålskrot

I 1992 blev der indsamlet ca. 640.000 tons jernskrot /119/. I følge oplysningerne i udenrigshandelsstatistikken /4/ var eksporten af jern- og stålskrot 350.000 tons.

I 1993 så Genvindingsbrancherådets medlemmers tal for salg af jern ud som følger /120/:

Salg til Stålvalseværket	377.050 tons
Salg til støberier	29.288 tons
<u>Eksport</u>	<u>340.196 tons</u>
Total	746.534 tons

Det Danske Stålvalseværk blev i 1992 tilført 682.900 tons jernskrot /121/. Heraf kom 58% fra Danmark. Der blev produceret 591.000 tons råstål, som blev til 525.000 tons udvalset stål. På grundlag af årsregnskabet /121/, samt tilsendt materiale /122/, kan der opstilles følgende massebalance for kobber:

**Tabel 4.3**

*Det Danske Stålvalseværk 1992. Massebalance for kobber /121,122/.*

Tilførsel	Kobber (tons/år)	Fraførsel	Kobber (tons/år)
Med råvarer	1.461 <sup>1)</sup>	Med stål	1.426
Med støv (genbrug)	1	Med restprodukter til genbrug	60 <sup>2)</sup>
Ind fra lager (til dels genbrug)	74	Med restprodukter til depot	34
		Emission til luft	0,07
I alt	1.536	I alt	1.520

Noter:

- 1) Heraf 1.445 tons kobber med skrot.
- 2) Heraf ca. 13 tons med slagge, der afsættes til vejbygningsformål og ca. 26 tons med røggasstøv, som eksporteres med henblik på metalgenvinding. Den resterende mængde - dvs.ca. 21 tons - er internt genbrug.

Langt den overvejende del af kobberet, ca. 95%, gik direkte ind med skrottet og ud igen som stålprodukt. Kobberindholdet i det færdige stål var 0,24%. Produktionen gav anledning til deponering af 34 tons Cu/år, mens der blev udsendt 70 kg Cu/år til luften.

### *Kobber som følgestof i stål*

Under antagelse af at kobberindholdet i de 58% af stålskrottet, som kom fra Danmark, var den samme som i det øvrige skrot, var tilførslen med råvarer fra Danmark 850 tons. Kobberet i råvarerne optræder som nævnt dels som legeringselement, dels som kobberdele i skrottet. Ifølge /123/ er det en almindelig tommelfingerregel, at kobbermængden fordobles for hver generation, dvs. for hver gang stålet sendes til omsmelting. Det vil sige at ca. halvdelen af kobberet i skrottet skulle forekomme i kobberdele. Der er naturligvis tale om en grov tommelfingerregel, men på denne baggrund anslås det, at 300-600 tons kobber i råvarerne stammer fra kobberdele.

På de øvrige danske jernstøberier blev der i 1992 anvendt 30.000-40.000 tons jernskrot /120/. Under antagelse af, at dette skrot, hvad angår indholdet af kobber, ikke adskiller sig væsentligt fra det, som Stålvalseværket anvender, vil skrottet indeholde 68-90 tons kobber; heraf 30-50 tons i kobberdele. Antages forholdet mellem restprodukter og råvarer desuden at være det samme som for Stålvalseværket, vil jernstøberiernes færdigvarer indeholde 62-83 tons kobber, mens 2-3 tons Cu/år deponeres eller sendes med restprodukter til genbrug.

### *Eksport af jern- og stålskrot*

De 340.000 tons jern- og stålskrot, der eksporteres, adskiller sig væsentligt fra det skrot, som anvendes af Det Danske Stålvalseværk. Omkring halvdelen består af skrot af støbejern, rustfrit stål, legeret stål samt drejestansning- og klipningsaffald, som kun vil indeholde kobber som følgestof. Den anden halvdel udgøres af shredderskrot, der som omtalt i det foregående anslået indeholder 100-200 tons Cu/år, og en mindre mængde der i statistikken føres under "andet". Udover shredderskrot antages det eksporterede skrot ikke at indeholde kobberdele i væsentlig mængde.

### *Sammenfatning*

Samlet anslås det, at 430-850 tons kobber (excl. kobber som allerede var indlegeret i stål jf. afs. 3.4.6) årligt ender som legeringselement i jern og stål, heraf 100-200 tons ved oparbejdning af jern og stål i udlandet. Med restprodukter fra jern- og stålfremstilling deponeres 35-40 tons Cu/år (heraf 34 tons fra Stålvalseværket), mens ca. 13 tons anvendes til vejbygningsformål, og ca. 26 tons eksporteres med røggasstøv med henblik på genvinding i udlandet.



### Samlet affaldsmængde

#### 4.3.1 Totale årlige mængder af fast affald

Den samlede nettoaffaldsproduktion i Danmark i 1993 var 9,6 mio. tons. Affaldsmængden har været stigende med en gennemsnitlig årlig stigning på 1% i perioden 1985-1993 /125/.

### Affaldsbehandling

Behandlingsmæssigt blev i 1993 50% af affaldet genanvendt, 23% blev forbrændt, 26% deponeret og 1% fik særlig behandling (jf tabel 4.4).

**Tabel 4.4**

*Affald i Danmark fra primære kilder fordelt på affaldstype og behandlingsform, 1993 /125/.*

Affaldstype	Genanvendelse		Forbrænding		Deponering		Særlig behandling		I alt 1000 tons
	1000 tons	pct.	1000 tons	pct.	1000 tons	pct.	1000 tons	pct.	
Dagrenovation	149	9	1.274	79	188	12	0	0	1.611
Storskrald	54	11	214	42	240	47	0	0	508
Haveaffald	206	80	12	5	40	15	0	0	258
Erhvervsaffald incl. roejord	2.800	61	512	11	1.316	28	0	0	4.628
Miljøfarligt affald	3	3	0	0	3	3	85	94	91
Spec. sygehus- affald	0	0	7	87	0	0	1	13	8
I alt	3.212	45	2.019	28	1.787	25	86	1	7.102

#### Noter:

I tabellen er angivet de mængder af hver affaldstype, der fra de primære kilder er tilført en bestemt behandlingsform. Primære kilder er husholdninger, institutioner, handel og kontor, fremstillingsvirksomheder, byggeri og nedrivning, veje og anlægsbyggeri, rensningsanlæg og containere/omlastestationer. Det betyder fx, at under affaldstypen "dagrenovation" er registreret affaldstypen dagrenovation uanset, om kilden er husholdninger eller fx handel og kontor. Derimod indgår der ikke affald fra sekundære kilder (oparbejdningsanlæg, forbrændingsanlæg, komposteringsanlæg/bio-gasanlæg og deponeringsanlæg), som vil blive omtalt i det følgende.

I tabel 4.5 er angivet mængden af kobber i industriprodukter, som forventes at ende i brændbart affald, dvs. dagrenovation, storskrald eller brændbart byggeaffald. Det vil i det følgende groft antages, at kobber i affaldet følger den generelle affaldsstrøm, dvs. at det procentuelle indhold af kobber i dagrenovation og storskrald er den samme.

**Tabel 4.5**  
**Kilder til kobber i brændbart fast affald, 1992 <sup>1)</sup>**

Kilde	Forventet mængde <sup>2)</sup> Tons Cu/år	% af total <sup>3)</sup>	Henvisning
El. ledere til løse installationer	700-1.200	21	jf. afs. 3.2.1
TV, radio, forstærkere, båndoptagere, højttalere mm	500-1.000	22	jf. afs. 3.2.2
Lyskilder og stikpropper	120-190	3	jf. afs. 3.2.3
Belysningsarmaturer	490-770	14	jf. afs. 3.2.3
Husholdningsmaskiner	150-260	4	jf. afs. 3.2.4
Låse, slutblik, beslag til vinduer og døre mm.	400-1.100	17	jf. afs. 3.2.6
Sanitetsartikler, skilte og navneplader af messing	130-250	4	jf. afs. 3.2.6
Målestokke, hæfteklammer, fiskeri- og jagtartikler, kuglepenne, nøgler, mønter og legetøj m. motor	180-270	5	jf. afs. 3.2.8
Beklædning og tasker	210-350	5	jf. afs. 3.2.8
Dekorationsgenstande, patroner, køkken- og husholdningsartikler af kobber	50-140	1	jf. afs. 3.2.8
Bolte, søm og stifter	5-20	0,3	jf. afs. 3.2.8
Mønter	4-40	0,6	jf. afs. 3.2.5
Trykimprægneret træ	20-30	0,6	jf. afs. 3.3.1
Forarb. af trykimp. træ	5-10	0,2	jf. afs. 3.3.1
Pigmenter og farvestoffer	50-100	0,7	jf. afs. 3.3.8
Ledningsstumper fra installationsvirksomhed	20-60	0,9	jf. afs. 3.2.1
Som følgestof <sup>4)</sup>	6-24	0,3	jf. afs. 3.4.7
I alt	3.000-5.800	100	

Noter:

- 1) Af produkter, som ikke er medregnet i herværende opgørelse, men som muligvis kan bidrage med væsentlige mængder kobber til fast affald, skal nævnes træmøbler (som indeholder < 1% kobber, men omsættes i store mængder).
- 2) Som brændbart affald defineres alt affald, som potentielt kan bortskaffes via forbrændingsanlæg, uanset at det i dele af landet vil blive deponeret på losseplads. Den forventede mængde er for de metalliske anvendelser beregnet ved at gange forbrugsmængder for de enkelte varegrupper med den anslåede bortskaffelsesprocent, som igen er ganget med den procentdel af bortskaffede produkter, der anslås at bortskaffes som brændbart affald.
- 3) Angiver procentdelen (som middelværdi), som den pågældende varegruppe udgør af den totale mængde brændbart affald.
- 4) Der er her tale om kobber som følgestof i træ, papir, plast, tekstiler og lædervarer. Disse varer kan også indeholde kobber i form af pigmenter o.lign.

### 4.3.2 Termisk affaldsbehandling

Ifølge /126/ blev der i 1992 bortskaffet 1,9 mio ton affald ved forbrænding. Af tabel 4.4, der omhandler 1993 tal, blev 79% af affaldet fra dagrenovationen og 42% af storskraldet brændt.

Dette betyder, at omkring 75% af kobbermængderne, som er opgjort i tabel 4.5, svarende til 2.300-4.400 tons Cu/år, skulle forventes at ende i affaldsforbrændingsanlæg.

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

Som faste restprodukter fra affaldsforbrænding skelnes her jf. /102/ mellem:

- Slagge
- Flyveaske
- Restprodukt fra røggasrensning (RGRP)

Herudover kommer røggassen.

#### *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 genanvendelse, 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.

#### *RGRP*

Restprodukter fra røggasrensning eller RGRP opstår ved rensning af røggassen for sure gasser. Metoderne til røggasrensning opdeles normalt i "tør", "semitør" og "våd".

Røggassen er affaldsforbrændingsanlæggets luftformige emission. Røggassen kan være rensat i forskellig grad ved udsendelsen til atmosfæren.

#### *Kobber i restprodukter*

På baggrund af analyser af restprodukter kan det jf. tabel 4.6 anslås, at der i 1992 samlet blev bortskaffet ca. 1.400 tons kobber med restprodukter fra affaldsforbrænding. Heraf blev ca. 1.000 tons kobber afsat til bygge og anlægsformål. Der er i forbindelse med opgørelsen ikke lavet en vurdering af usikkerheden på resultatet. Beregningerne er foretaget på baggrund af analyser af den harpede slagge. Ved analyserne er større metaldele fraseret, og metallerne er kun delvist oplukket med HNO<sub>3</sub> /127/. Formålet med analyserne har været at undersøge udvaskningspotentialen fra slaggerne, og det er i den sammenhæng vurderet at større dele af kobber

på metallisk form ikke vil have nogen væsentlig indflydelse på udvaskningspotentialer /128/. Der foreligger ingen analyser af skrotslaggen. Større kobberdele, som tilføres affaldsforbrænding med industriprodukter, må dog forventes at ende i skrotslaggen /128/. Forskellen mellem de forventede tilførte mængder på 2.400-4.600 tons Cu/år og de ca. 1.400 tons Cu/år (jf. tabel 4.6), som fraføres med restprodukter, er formodentlig et resultat af at fraførte kobbermængder ikke inkluderer kobber i skrotslaggen. At dette kan være en del af forklaringen bekræftes af /128/. Herudover er det muligt at storskrald vil indeholde mere kobber end dagrenovation således at en større del af kobberet deponeres direkte.

Hvorvidt en del af skrotslaggen også anvendes til anlægsformål, således at der til disse formål bruges mere end de ca. 1.000 tons Cu/år, foreligger der ingen præcise oplysninger om. Her skal groft antages, at skrotslaggens indhold af kobber vil blive deponeret.

**Tabel 4.6**

*Kobber bortskaffet med restprodukter fra affaldsforbrændingsanlæg, 1992 /102/.*

Restprodukt	Mængder i 1992 <sup>1)</sup> Tons	Kobberindhold <sup>2)</sup> mg Cu/Kg TS	Kobber Tons/år
Slagger	426.000	2.700 (1.100-5.100)	1.150
Jernskrot <sup>3)</sup>	38.000	5.000 (2.000-8.000)	190
Røggasrensingsprodukter			
Fra anlæg med tør proces	Blandingsprodukt 15.000	760 (640-870)	11
Fra anlæg med semitør proces	Blandingsprodukt 32.000	880 (650-1.100)	28
Fra anlæg med våd proces	Flyveaske 15.000 Røggasrensingsprodukt 3.000	1.000 (770-1.300) 1.250 (1.120-1.380)	15 3
Fra anlæg uden sur røggasrensning	Flyveaske 6.000	1.000 (770-1.300)	6
I alt	535.000		1.400

Noter:

- 1) Der er anvendt følgende forudsætninger for beregningen af restproduktmængder:

I 1992 blev i alt afbrændt ca. 1.854.000 tons affald fordelt med ca. 316.000 tons på anlæg med tør proces, ca. 672.000 tons på anlæg med semitør proces, ca. 615.000 tons på anlæg med våd proces og ca. 251.000 på anlæg uden sur røggasrensning /110/.

Slaggeproduktionen er anslået som 23% af den afbrændte affaldsmængde /102/. Blandingsprodukt for tør proces er anslået til 46 kg/ton affald /102/. Blandingsprodukt for semitør proces er anslået til 48 kg/ton affald /102/.

Ved våd proces er antaget ca. 25 kg flyveaske og ca. 5 kg røggasrensingsprodukt (slam regnet som tørstof) pr. tons affald /102/.

- 2) Ved slaggeanalyser er større metaldele frasorteret inden analysen, ligesom prøverne kun delvist er oplukket med halvkoncentreret  $\text{HNO}_3$ . Analyserne må således forventes at underestimere det reelle indhold af kobber.
- 3) Kobberindholdet i jernskrot er ikke medregnet i /102/. Kobberindholdet er her anslået på baggrund af oplysninger fra skrothandlere, som eksporterer jernet.

### Emission til luft

Udover de faste restprodukter blev der i 1992 emitteret 12 mio  $\text{Nm}^3$  røggas, idet der er regnet med en luftmængde på 6.500  $\text{Nm}^3$  pr ton affald /129/.

Emissionen til luft vil være afhængig af anlæggenes aktuelle røggasrensning. På baggrund af oplysninger om affaldsmængder, der forbrændes på anlæg med de forskellige typer røggasrensning, anslås, at der ved affaldsforbrænding emitteres ca. 0,7 ton Cu/år til luften (jf. tabel 4.7). Under hensyntagen til usikkerheden på dataene, skal den reelle emission i 1992 anslås til 0,5-1,0 tons Cu/år.

**Tabel 4.7**

*Emission af kobber til luft fra affaldsforbrænding i Danmark ca. 1992.*

Røggasrensning	Affaldsmængde behandlet i 1992 <sup>1)</sup> Tons	Kobberindhold i røggas <sup>2)</sup>		Estimeret total emission til luft i Danmark <sup>3)</sup> Tons Cu/år
		Gennemsnit mg Cu/ $\text{Nm}^3$	Variation mg Cu/ $\text{Nm}^3$	
Tør	316.000	0,039	0,007-0,05	0,09
Semitør	672.000	0,043	0,01-0,066	0,19
Våd	615.000	0,051	0,002-0,102	0,20
Uden sur røggasrensning	251.000	0,15	-	0,21
I alt	1.854.000			0,7

Noter:

- 1) Baseret på /127/.
- 2) De angivne data for kobberindhold i røggas er baseret på måledata (1993/94-data) fra følgende affaldsforbrændingsanlæg:

Tør: Nyborg og Svendborg affaldsforbrændingsanlæg samt Vestfyn i Middelfart.

Semitør: Amagerforbrænding, Århus Nord samt Reno-Nord i Ålborg.

Våd: Reno Syd i Skanderborg, Fælles Forbrænding i Hobro, FA-SAN i Næstved og Vestforbrænding.

For anlæg uden sur røggasrensning er data for kobberindhold i røggassen groft baseret på /130/.

De angivne målinger er anført for tør røggas ved 0 °C, 1.013 mbar og 11 % O<sub>2</sub>.

- 3) Der er regnet med en luftmængde på 6.500 Nm<sup>3</sup>/ton affald.

#### 4.3.3 Deponeringsaktiviteter

Der foreligger ikke nogen samlede oplysninger om kobberindholdet i affald, som deponeres på losseplads. En del af det potentielle affald, der er opgjort i tabel 4.5, vil ende på deponi enten direkte eller i skrotslugger fra affaldsforbrænding (jf. afs. 4.3.3). I 1992 blev 47% af storskraldet og 12% af dagrenovationen deponeret (jf. tabel 4.4).

Dette betyder, at omkring 25% af kobbermængderne i brændbart affald, som er opgjort i tabel 4.5 i 1992, skulle forventes at ende på deponi. Dette svarer til 800-1.500 tons Cu/år.

#### Erhvervsaffald

Hertil kommer kobber, som deponeres med erhvervsaffald og spildevandsslam. Tabel 4.8 sammenfatter de anslåede mængder af kobber, som vil blive deponeret på losseplads med erhvervsaffald fra udvalgte produktionsprocesser.

**Tabel 4.8**

*Anslåede mængder af kobber der deponeres med erhvervsaffald fra udvalgte produktionsprocesser.*

Aktivitet	Deponeret Tons Cu/år	Henvisning
Sandblæsning	20-40	Afs. 3.4.5
Metalstøbning	40-60	Afs. 3.2.5
Møntfremstilling	4	Afs. 3.2.5
Smedning og spåntagning	1-10	Afs. 3.2.5
Printfremstilling <sup>1)</sup>	14-15	Afs. 3.2.2
Fragmentering (skrot)	300-1.000	Afs. 4.1
Stålfremstilling	37	Afs. 4.2
Antifoulingmidler	<2	Afs. 3.3.3
Kabelskrotning	30-60	Afs. 3.2.1
I alt	460-1.200	

Noter:

- 1) Hovedparten af dette affald bortskaffes til affaldsforbrænding, men er af oversigtsmæssige grunde taget med sammen med det øvrige erhvervsaffald.

Samlet kan det anslås, at der årligt deponeres 1.300-2.700 tons kobber med dagrenovation, storskrald, erhvervsaffald (incl. 800-1.500 tons med brændbart affald).

Hertil kommer kobber, som deponeres med restprodukter fra affaldsforbrænding (jf. afs. 3.2.1) og energifremstilling (20-60 tons Cu/år) samt spildevandsslam (ca. 15 tons).

Kobber deponeret som fast affald vil med tiden blive udvasket og blive tilført spildevandsanlæg eller det omgivende miljø.

#### Udvaskning fra lossepladser

Mængden af kobber i perkolat fra de igangværende 60 lossepladser er på baggrund af /131,132,133/ skønnet til ca. 0,5 ton pr år, idet der er regnet med 5 mio m<sup>3</sup> perkolat pr år med et kobberindhold på 0,1 mg/l. Dette perkolat tilføres renseanlæg.

#### Udvaskning fra affaldsdepoter

I /134/ er forureningen fra gamle affaldsdepoter uden kemikalieaffald skønnet. Den årlige perkolatmængde er opgjort til 1,2 mio m<sup>3</sup>/år. Idet det antages, at perkolatet indeholder 1 mg kobber/l, kan den årlige belastning opgøres til ca. 1,2 tons kobber/år. Kun en meget begrænset del af dette perkolat opsamles.

#### 4.3.4 Biologisk affaldsbehandling

Der blev ved biologisk affaldsbehandling i 1992 behandlet 52.000 tons (vådvægt) affald, hvoraf der blev produceret 7.100 tons TS restprodukter. Af disse blev 75% bortskaffet til landbrug og private, mens 25% blev bortskaffet til offentlige formål.

Restprodukternes indhold af kobber varierede fra 18 mg Cu/kg TS i kompost fra dagrenovation blandet med have-/parkaffald til 310 mg Cu/kg TS i kompost fra spildevandsslam blandet med have-/parkaffald /102/.

I /102/ estimeres, at der årligt til jord tilføres 0,6 tons kobber med restprodukter fra biologisk affaldsbehandling.

#### 4.4 Omsætning med kemikalieaffald

#### Kommunekemi

Kobberholdigt kemikalieaffald, som afleveres til Kommunekemi, indeholdt i 1992 i følge Kommunekemi ca. 133 tons kobber /73/. Der foreligger ikke en opgørelse af indholdet i de forskellige affaldskategorier. Sammensætningen af det affald, som deponeres fra Kommunekemi efter behandling, giver dog en indikation af indholdet i modtagne affaldskategorier (jf. tabel 4.9).

Tabel 4.9

Kobberindhold i affald, som blev deponeret af Kommunekemi i 1992 /73/.

	Tons kobber/år
Slagger fra forbrænding	49
Flyveaske	26
Filterkager, egen produktion	25
Filterkager, modtagne	43
I alt	133

Kobber fra slagger og flyveaske stammer fra organisk affald indeholdende kobber. Dette kan bl.a. være tungmetaltholdigt malingsaffald fra fremstilling og anvendelse af maling, fra affedtningsprocesser og evt. fra fremstilling og anvendelse af træbeskyttelsesmidler og antifoulingsmidler. En del tungmetaltholdig maling antages at blive brændt på affaldsforbrændings-

anlæg, idet en række affaldsforbrændingsanlæg har tilladelse til at modtage denne affaldstype. Brændbart shredderaffald, som leveres til Kommunekemi (jf. afs. 4.1.), må desuden formodes at blive brændt.

Kobber i filterkager beror på uorganiske forbindelser indleveret til Kommunekemi. Denne mængde er (jf. tabel 4.9) opgjort til ca. 68 tons Cu/år. Heraf skønnes ca. 10 tons at stamme fra printfremstilling, 10-15 tons at stamme fra elektrolytisk eller kemisk overfladebehandling (jf. afs. 3.3.4), mens 1-10 tons stammer fra bejdsning af kobbervarer (jf. afs. 3.2.5). Hertil kommer sandsynligvis mindre bidrag med fotokemikalier og andet (skønnet < 4 tons/år - jf. afs. 3.3.9). Som det fremgår, kan der umiddelbart kun gøres rede for en samlet tilførsel af størrelsen 21-39 tons Cu/år. Forskellen på de 29-47 tons er dog reelt meget lille sammenlignet med de store mængder af kobber, som omsættes i det danske samfund. Det må derfor anses for sandsynligt at denne forskel skal tilskrives generel usikkerhed på opgørelserne, herunder at visse bidrag fra behandlingen af metallisk kobber kan være overset samt at bidraget fra bejdsprocesser kan være undervurderet.

Tabel 4.10 lister en række typer af industriaffald, som kan indeholde kobber. Nogle af disse typer er klassificeret som kemikalieaffald, mens andre befinder sig i et grænseområde til industriaffald.

Der foreligger ikke specifikke oplysninger om støberaffald eller affald fra blæse- og slibeprocesser. En række kommuner tillader udlægning af denne affaldstype på kontrollerede lossepladser efter de retningslinier, en række amter har udarbejdet for forurenede jord /135/. Nogle virksomheder modtager affald fra blæse- og slibeprocesser og støbesand til genanvendelse; fx anvendes blæsesand indeholdende kobber ved produktion af tagtegl og til asfalt /136/.

Imprægneret træ klassificeres i nogle kommuner som kemikalieaffald. Denne affaldsmængde er stigende, og det vurderes, at affaldet deponeres på lossepladser eller i begrænset omfang forbrændes på affaldsforbrændingsanlæg. Denne affaldstype afleveres ikke eller kun i meget ringe omfang til Kommunekemi.

#### *Tab fra Kommunekemi*

Emissioner til vand fra Kommunekemis behandling af olie- og kemikalieaffald opgøres af /73/ til:

- 26 kg Cu/år med spildevand og
- 13 kg Cu/år med regnvand.

Der er ikke gennemført emissionsmåling for kobber til luft. I betragtning af at emissionen af bly er bestemt til ca. 120 kg Pb/år /73/, og at emission af kobber må forventes at være mindre, skal emissionen til luft anslås til < 0,1 tons Cu/år.



**Tabel 4.10**

*Kategorisering og bortskaffelsesmetode for forskellige typer af industriaffald, som indeholder kobber.*

Affaldstype	Bortskaffelsesmetode
Støbesand	Støbesand bortskaffes typisk til deponering på kontrolleret losseplads; kun små mængder afleveres til Kommunekemi.
Blæsemidler bl.a. kobber- eller kulslagge	Eksporteres typisk til oparbejdning eller deponeres på kontrolleret losseplads; kun små mængder afleveres til Kommunekemi.
Fragmenteringsrester fra metal-/kabelskrot	Bortskaffes til kontrolleret losseplads. Fra enkelte fragmenteringsanlæg bortskaffes slam og støv fra cykloner til Kommunekemi.
Malingsaffald	Bortskaffes til Kommunekemi eller affaldsforbrændingsanlæg. Emballager med rester kan evt. blive deponeret på kontrolleret losseplads.
Bejdsebade og ætsebade	Genanvendes eller bortskaffes til Kommunekemi som procesbade eller filterkager.
Okkerslam	Bortskaffes til kontrollerede lossepladser; kan have et højt kobberindhold, 2-768 mg Cu/kg /137/.
Trykimprægneret træ	Deponeres på kontrolleret losseplads; mindre mængder brændes på forbrændingsanlæg.

#### 4.5 Omsætning med spildevand og spildevandsslam

Den totale spildevandsmængde udledt via renselanlæg i Danmark udgør ca. 760 mio m<sup>3</sup> (gennemsnit for årene 1989-1993 /138/). Hertil kommer direkte udledninger fra industrien, som i 1993 udgjorde i alt 78 mio m<sup>3</sup> /138/. /139/

Omkring 45% af det samlede kloakerede opland er fælleskloakeret, mens omkring 55% har separate regnvandsudløb til arealbassiner. Overløb fra overløbsbygværker andrager ca. 54 mio. m<sup>3</sup>/år, mens separat regnvandsudledning er opgjort til 156 mio. m<sup>3</sup>/år /138/.

I tabel 4.11 er angivet den foreliggende viden om indholdet af kobber i spildevand og slam på udvalgte renselanlæg i Danmark.

På baggrund af analyseresultaterne i tabel 4.11 er den totale massestrøm for kobber gennem renselanlæggene anslået i tabel 4.12.

#### Kobber i slam

I følge nedenstående opgørelse skønnes spildevandsslam således totalt at indeholde omkring 51 tons kobber på årsbasis. Til sammenligning er i tabel 4.12 givet et estimat for bortskaffelsen af spildevandsslam og dermed forbundne kobbermængder i Danmark. Dette estimat regner med en total kobbermængde i slam på ca. 47 tons, dvs. 4 tons mindre end esti-

matet givet i tabel 4.12. Denne forskel må tages som udtryk for den usikkerhed, der er knyttet til estimater af denne type. Her skal vurderes, at estimatet i tabel 4.13 formodentlig er nærmere sandheden end estimatet i tabel 4.12, fordi der er væsentlig usikkerhed forbundet med opskaleringen i tabel 4.12, mens usikkerheden i tabel 4.13 primært handler om mængden af kobber til deponering.

**Tabel 4.11**

*Opgørelse af spildevands- og slammængder for udvalgte renselanlæg i Danmark med angivelse af kobberindhold /141-147/.*

Renselanlæg	Tilført spildevand Mio. m <sup>3</sup> /år	Slam Tons TS/år	Kobber i indløb µg Cu/l <sup>1)</sup>	Kobber i udløb µg Cu/l <sup>1)</sup>	Kobber i slam g Cu/tons TS <sup>1)</sup>
Odense NØ (1992)	2,6	645	130 (80-160)	21 (4-40)	529 (500-600)
Odense NV (1992)	5,5	1.020	119 (90-200)	6 (6-20)	555 (480-620)
Ejby Mølle R/A (1992)	17,2	5.580	107 (80-140)	28 (4-40)	275 (220-320)
Ålborg Vest <sup>3)</sup> (1993)	21,5	4.220	120 (50-180)	-	398
Ålborg Øst <sup>3)</sup> (1993)	4,5	1.485	70 (40-180)	-	352 (273-549)
Marselisborg	12,0	2.080	56	5	270
Skævinge R/A (1992)	0,4	195	147	2	400
Lynetten <sup>4)</sup> (1994)	108,0	25.000	73 (51-110)	16 (3-36)	260 (154-506)
Avedøre Kloakv. (1992) <sup>5)</sup>	21,9	7.000	99	8	360 (250-450)
I alt	193,6	47.226			
% af mængden i Danmark <sup>2)</sup>	25,5	27,8 <sup>2)</sup>			

Noter:

- 1) Koncentrationer er angivet som middelværdi med største og mindste værdi angivet i parentes, hvor oplysninger foreligger. For Marselisborg, Skævinge og Avedøre er analyser af kobber i indløb og udløb baseret på oplukning med flussyre (dvs. totaloplukning), som må påregnes at give højere værdier end standardproceduren, som er ekstraktion med salpetersyre efter DS 259.
- 2) Baseret på en samlet spildevandsmængde af størrelsen 760 mio. m<sup>3</sup> /138/ og en samlet slammængde på 170.000 tons TS/år /140/.
- 3) Data fra Ålborg Øst og Vest er fra 1993, hvor Ålborg kommune gennemførte en stor kortlægning af belastningen med tungmetaller. Der foreligger ikke udløbsdata fra Ålborg. Baggrunden herfor er, at man i en periode har målt på udløb på renselanlæggene, men stort set har været under detektionsgrænsen i hele perioden.
- 4) Data fra Lynetten er middelværdier for året 1994. Spildevandsmålinger er baseret på mængdeproportional prøvetagning.
- 5) Spildevandsdata beror på /143/, mens slamdata er hentet fra /147/. Slamdata er middelværdier over perioden 1992-94.

**Tabel 4.12**

*Estimeret massestrøm for kobber gennem renseanlæg i 1992 <sup>1)</sup>*

Renseanlæg	Indløb kg Cu/år	Udløb kg Cu/år	Slam kg Cu/år	Fraført i % af tilført
Odense NØ /141/	340	55	340	116
Odense NV /141/	650	33	570	93
Ejby Mølle /141/	1.800	480	1.500	110
Ålborg Vest /142/	2.600	-	1.700	-
Ålborg Øst /142/	320	-	520	-
Marselisborg /143,144/	670	60	560	93
Skævinge /145,143/	60	1	80	135
Lynetten /146/	7.900	1.700	6.500	104
Avedøre Kloakv. /143,147/	2.200	175	2.500	122
I alt	16.500	2.500	14.300	
Hele Danmark	64.700	11.400	51.400	97

Noter:

- 1) Mængder er angivet som middelværdier beregnet på baggrund af data i tabel 4.10. Ved beregning af totale mængder for hele Danmark er der for indløb, udløb og slam regnet med; at datamaterialet repræsenterede hhv. 25,5%, 22% og 27,8% af totale mængder. Grunden til, at datamaterialet for udløb repræsenterer en mindre procentdel end for indløb, er, at der ikke foreligger oplysninger om udløb fra Ålborg Øst og Vest.
- 2) Når balancen ikke bliver 100%, må dette tilskrives usikkerhed knyttet til prøveudtagning og analyse.

**Tabel 4.13**

*Estimeret bortskaffelse af spildevandsslam og kobber fra kommunale renseanlæg i 1994.*

Bortskaffelse	Spildevandsslam tons TS/år <sup>1)</sup>	Kobber tons/år <sup>2)</sup>
Landbrugsjord	114.000	32
Deponering	20.000	5
Forbrænding	36.000	10
I alt	170.000	47

Noter:

- 1) Baseret på /140/. Forbrænding dækker Lynetten, Avedøre, Køge samt enkelte andre mindre anlæg. Deponering er beregnet som totalmængde fratrukket mængde tilført landbrugsjord og forbrænding.
- 2) Kobbermængde tilført landbrugsjord er baseret på et vægtet gennemsnit på 280 g Cu/tons TS /140/. Kobbermængde tilført forbrænding svarer til mængder ved Avedøre og Lynetten (i alt 9 tons kobber jf. tabel 4.11) tillagt

ca. 1 tons kobber for at tage hensyn til andre mindre anlæg. For slam tilført deponi er ud fra /102/ antaget en gennemsnitskoncentration på 260 g Cu/tons TS.

Den kobbermængde (dvs. ca. 10 tons), der er tilstede i slam, der afbrændes, må antages altovervejende at havne i aske fra forbrændingsprocessen. Det vides, at der ved Lynetten benyttes scrupperanlæg til rensning af røggassen fra slamforbrænding. Det vurderes, at røggasemissionen for kobber er af størrelsen 1% eller mindre, mens scruppervand ledes retur til rensenanlægget /139/. Antages tilsvarende rensning at blive foretaget ved andre anlæg, burde den samlede emissionen være af størrelsen <200 kg Cu/år.

Det bemærkes, at Miljøstyrelsen i /138/ har opgjort den samlede udledning af kobber fra rensenanlæg til 3,8 tons baseret på gennemsnittet af de angivne data fra Marselisborg, Skævinge og Avedøre rensenanlæg. Dette overslag er væsentligt lavere end de 11,4 tons, der er angivet i tabel 4.12, hvilket beror på markant højere kobberkoncentrationer i udløbet fra Lynetten, Ejby Mølle og Odense NØ, hvilket tilsyneladende hænger sammen med en mindre effektiv rensning overfor kobber ved Lynetten, Ejby og Odense NØ end registreret ved Marselisborg, Skævinge og Avedøre. Beregningen i tabel 4.12 (dvs. de 11,4 tons) skal her anses for et mere pålideligt estimat for den samlede udledning fra kommunale rensenanlæg i Danmark, da dette estimat er baseret på et større datamateriale.

#### *Spildevand fra spredt bebyggelse*

Miljøstyrelsen /138/ har estimeret den potentielle belastning af spildevand fra spredt bebyggelse til i alt 5,6 tons kobber. Estimaterne er baseret på indløbskoncentrationer til Skævinge rensenanlæg (jf. tabel 4.12), som hovedsageligt modtager husspildevand. Miljøstyrelsen angiver selv at disse estimater er usikre og sandsynligvis for høje, men estimaterne skal her anvendes, som det bedste bud.

Fra ca. 48% af ejendommene fraføres spildevandet ved nedsivning, fra ca. 49% udledes spildevandet til vandmiljøet, mens der på ca. 3% af ejendommene er samletank. Spildevandet skal groft antages at fordele sig på lignende måde. Ca. 60% af spildevandet renses svarende til mekanisk rensning, hvorved omkring 50% af spildevandets indhold af kobber tilbageholdes i septiktanke. Sammen med de 3% der opsamles i samletanke svarer det til ca. 1,8 tons Cu/år. Udover mekanisk rensning, renses ca. 32% af spildevandet inden udledning til vandmiljøet i markdræn, hvor yderligere 25% af spildevandets indhold (totalindhold før rensning) af kobber tilbageholdes (tilledes jordmiljøet). Den samlede udledning til vandmiljøet kan således anslås til 1,2 tons Cu/år, mens de resterende ca. 2,6 tons Cu/år tilledes jordmiljøet. Under hensyntagen til usikkerheden på opgørelsen skal tilførslen til jord anslås til 2-3 tons Cu/år.

#### *Direkte industrielle Udledninger*

Miljøstyrelsen /138/ har anslået de direkte industrielle udledninger af tungmetallerne bly, chrom, nikkel, kobber og zink i 1993 til i alt 5 tons. Der er ingen oplysninger om det præcise udslip af de enkelte tungmetaller.

På baggrund af den viden, der er indsamlet i dette projekt, skal her anslås, at den direkte udledning af kobber fra industrier er af størrelsen 0,5-1 tons/år. Denne kobbermængde beror på naturligt indhold i grundvand (78 mio. m<sup>3</sup> med 4,3 µg/l), fremstilling af farvestoffer samt bearbejdning af kobber og kobberholdige legeringer. Hertil kommer et anslået udslip fra kraftværker på 0,2-2 tons Cu/år (jf. afs. 3.4.1). Det samlede direkte industrielle udslip kan derfor anslås til 0,7-3 tons Cu/år.

## Nedbørsbetingede Udledninger

Den samlede udledning af kobber med spildevand via separate udløb eller via overløb fra kloaker er estimeret til 6,7 tons/år /138/. Dette overslag bygger på et antaget indhold af kobber i regnvand og overløbsvand på 25-30 µg/l /138/. Datagrundlaget for overslaget er dog spinkelt og overslaget må derfor antages at være behæftet med væsentlig usikkerhed.

## Sammenfatning

Sammenfattende vurderes det, at der udledes ca. 21 tons Cu/år til vandmiljøet. Under hensyn til usikkerheden på estimaterne, skal det vurderes, at den samlede udledning med spildevand/regnvand vil ligge i intervallet 17-25 tons Cu/år. Det største bidrag kommer fra kommunale renseanlæg (ca. 11,4 tons Cu), mens nedbørsbetingede udledninger (ca. 6,7 tons Cu), spredt bebyggelse (ca. 1,2 tons Cu) og direkte industrielle udledninger (ca. 0,7-3 tons Cu) tegner sig for mindre bidrag. Fra spredt bebyggelse tilledes der omkring 2,6 tons Cu/år til jordmiljøet via dræn og sivedræn.

Samlet blev der tilbageholdt ca. 47 tons Cu/år med spildevandsslam. Heraf blev ca. 32 tons Cu tilført landbrugsjord, mens 15 tons blev tilført deponi - enten direkte eller som restprodukt fra forbrænding af slam på renseanlæg. Samlet vurderes det, at der årligt omsættes 65-74 tons kobber med spildevand (sum af tilledning til vand- og jordmiljø samt tilbageholdelse med slam).

## Kilder til kobber i spildevand/regnvand

Ud fra oplysninger i de øvrige afsnit er der i tabel 4.14 samlet den foreliggende viden om kilder til kobber i spildevand og regnvand. Sammenholdt med omsætningen med spildevand gennemgået i det foregående vurderes det, at de reelle værdier formentlig skal findes i den øvre ende af de anslåede intervaller.

**Tabel 4.14**  
Kilder til kobber i kommunalt spildevand.

Kilde	Forventet mængde tons Cu/år	Bemærkninger
Printfremstilling	0,5-1	Jf. afs. 3.2.2
Kobbervarer m.m. (bejdsning)	0,1-1	Jf. afs. 3.2.5
Afløb fra tage	3-10	Jf. afs. 3.2.6
Afgivelse fra kobberrør	10-40	Jf. afs. 3.2.6
Overfladebehandling	0,6-1	Jf. afs. 3.3.4
Fækaliær	2-3	Jf. afs. 3.4.7
Baggrundsindhold i drikkevand	0,2-0,7	1)
Atmosfærisk deposition	1,0-1,5	2)
Perkolat fra lossepladser	1	Jf. afs. 4.3.3
Afløb fra skrotpladser	0,2-2	Jf. afs. 4.1
Afgivelse fra uisolerede elektriske ledere (incl. køreledninger)	1-5	Jf. afs. 3.2.7
Pigmenter og farvestoffer	1-4	Jf. afs. 3.3.8
Andre kemiske forbindelser	<4	Jf. afs. 3.3.9
I alt	21-74	

Noter:

- 1) Grundvand indeholder i gennemsnit ca. 1,5 µg Cu/l /96/. Med 760 mio m<sup>3</sup> spildevand, som på et eller andet tidspunkt stort set alt sammen har været grundvand, svarer dette til 1,1 tons Cu.
- 2) Den atmosfæriske deposition i Danmark (baggrundsniveau = bulk + tørdeposition) er af størrelsen 1-1,5 mg Cu/m<sup>2</sup> pr år /97/. Med et samlet byareal på 1.900 km<sup>2</sup> /98/, og under antagelse af at ca 50% af dette areal er be-fæstet, kan den samlede atmosfæriske deposition af kobber i byområder anslås til 0,4-0,5 tons/år.

De væsentligste kilder til kobber i regnvand må antages at være korrosion af kobbertage og inddækninger samt atmosfærisk deposition i byområder. Det bemærkes, at regnvand fra separate udløb såvel som overløb ofte passerer bassiner, hvor der sker en tilbageholdelse af partikler ved bundfældning. Det kan ikke afvises, at der ophobes væsentlige kobbermængder i sådanne regnvandsbassiner.

#### 4.6 Sammenfatning

Den foreliggende viden om tilførsel af kobber til omgivelserne og deponi ved omsætning af affaldsprodukter er sammenfattet i tabel 4.15.

**Tabel 4.15**

*Tilførsel af kobber til omgivelserne og deponi i forbindelse med omsætning af affaldsprodukter.*

Proces/kilde	Tilførsel (tons Cu/år) til:					I alt
	Luft	Vand	Jord	Deponi	Andet	
Fremstilling af jern og stål	0,07	-	-	37 <sup>1)</sup>	400-800 <sup>2)</sup>	440-840
Håndtering af skrot	-	0,2-2 <sup>4)</sup>	<1	300-1.000 <sup>1)</sup>	-	300-1000
Kabelskrotning	-	-	-	30-60 <sup>1)</sup>	8-12 <sup>8)</sup>	43-72
Affaldsforbrænding	0,5-1,0	-	-	2.300-4.400 <sup>3)</sup>	-	2.400-4.600
Affaldsdeponering	-	-	1-1,5 <sup>7)</sup>	1.300-2.700	-	1.300-2.700
Kommunekemi	<0,1	0,03-0,05	-	133	-	133
Spildevand/regnvand	-	17-25	2-3	-	-	18-27
Spildevandsslam	<0,2	-	32	15 <sup>5)</sup>	-	47
I alt <sup>6)</sup>	0,6-1,4	17-25	35-38	3.700-7.200	400-800	4.300-8.300

Noter:

- 1) Mængderne er medregnet under deponering af erhvervsaffald og medregnes derfor ikke i totalen i nederste række. Tallet indgår i sammenregningen i højre kolonne. Summen af højre kolonne er således større end summen af nederste række, som angiver den totale sum.
- 2) Indlegeres i jern og stål.
- 3) En del af dette kobber vil med slagger blive bortskaffet til anlægsformål eksempelvis i veje og dæmninger.

- 4) Tilledes renseanlæg, og er derfor medregnet under "spildevand/regnvand".
- 5) Heraf ca. tons 10 restprodukter fra forbrænding af slam.
- 6) Summer er afrundede.
- 7) Dækker udsivning fra gamle affaldsdepoter.
- 8) Indstøbes i plast.





## 5 Sammenfattende vurdering

### 5.1 Kobberforbruget i Danmark

De foreliggende oplysninger om forbruget af kobber i Danmark i 1992 er sammenfattet i tabel 5.1.

*Tabel 5.1*

*Forbrug af kobber med færdigvarer og som følgestof i andre produkter i 1992.*

	Tons Cu/år	% af total
Metallisk kobber	26.000-39.000	ca. 93
Kemiske forbindelser	800-1.100	ca. 3
Som følgestof i andre produkter	1.100-2.000	ca. 4
I alt	28.000-42.000	

Metallisk kobber importeredes hovedsageligt med råvarer og halvfabrikata, hvor forsyningen 1992 androg 39.400-40.100 tons Cu/år (jf. tabel 3.1). Forsyningen af kobber med råvarer og halvfabrikata af kemiske forbindelser androg i 1992 1.800-1.900 tons (jf. tabel 3.2).

#### *Vigtigste anvendelser*

De væsentligste anvendelser af metallisk kobber i industriprodukter var:

- Elektriske ledere : ca. 22% af totalforbruget
- Armaturer og støbegods: ca. 17% af totalforbruget
- Byggematerialer : ca. 13% af totalforbruget

Anvendelsen af kobbers egenskaber som elektrisk leder i elektroniske apparater, elektriske ledere (ledninger og kabler), og maskiner tegnede sig for i alt 40-50% af kobberforbruget. Det er karakteristisk for anvendelsen af kobber i forhold til de fleste andre metaller, at det optræder i relativt små mængder i en meget stor del af alle industriprodukter.

De væsentligste anvendelser af kobber som kemisk forbindelse var:

- Tilsætning til foderstoffer : ca. 1,0% af totalforbruget
- Imprægnering af træ: ca. 0,6% af totalforbruget
- Tilsætning til handelsgødning: ca. 0,4% af totalforbruget

Kobber som følgestof (utilsigtet legeringselement) i jern og stål svarede for ca. 4% af kobberforbruget.

Kobber som følgestof i kul repræsenterede det største forbrug af kobber som naturligt forekommende følgestof og udgjorde ca. 0,2% af totalforbruget.

Forbruget af kobber på anvendelsesområder er opgjort i tabel 5.2. (sammenfatter tabel 3.23, 3.35 og 3.37).

**Tabel 5.2**  
**Forbrug af kobber med færdigvarer i Danmark, 1992 <sup>1)</sup>**

Anvendelse	Forbrug	
	Tons Cu/år	%
<b>Metallisk kobber:</b>		
Elektriske ledere	6.200-9.300	22
Strømførende udstyr i forbindelse med elforsyning	1.200-1.900	4
Elektroniske produkter	1.400-2.200	5
Belysningsartikler	900-1.300	3
El. husholdningsmaskiner	800-1.200	3
Andre el. maskiner	2.400-3.400	8
Armaturer	5.100-7.100	17
Byggematerialer <sup>2)</sup>	3.800-5.700	13
Transportmidler	3.000-5.600	12
Andet	1.000-1.600	4
<b>Kemiske forbindelser:</b>		
Imprægnering af træ	200-250	0,6
Antifoulingsmidler	27-40	0,1
Pigmenter og farvestoffer	100-200	0,4
Svampe- og vildtbidmidler	8-11	<0,1
Tilsætning til handelsgødning	125-140	0,4
Tilsætning til foderstoffer	300-400	1,0
Overfladebehandling	40-80	0,2
Katalysatorer	2-5	<0,1
Andet	<10	<0,1
<b>Som følgestof:</b>		
Stål	1.000-1.800	4
Fossile brændsler	44-127	0,2
Sandblæsningsmidler	25-50	0,1
Cement	26-30	0,1
Andet	12-32	0,1
<b>I alt</b>	<b>28.000-42.000 <sup>3)</sup></b>	<b>100</b>

**Noter:**

- 1) Forbruget af kobber med færdigvarer var mindre end forsyningen af råvarer og halvfabrikata (jf. tabel 3.22), fordi en del kobber afgår med spåner og klip i forbindelse med produktion af færdigvarer.
- 2) Excl. elektriske ledere og armaturer anvendt til bygningsformål, som er indeholdt i andre kategorier.
- 3) Det angivne interval er fremkommet ved at addere hhv. alle de mindste og alle de største værdier i konfidensintervallerne. Sandsynligheden for at det for alle anvendelsesområder netop skulle være de maksimale eller minimale værdier, der faktisk udtrykker de sande værdier, er dog overordentligt lille. Hvor stor sandsynligheden er, for at den beregnede sum vil ligge inden for et givet interval, kan alternativt - under antagelse af at usikkerhederne kan beskrives med en normalfordeling - beregnes med Gauss' fejlphobningslov, der siger at spredningen på summen af en række normalfordelinger er kvadratroden på summen af spredningernes kvadrat. En nærmere beskrivel-

se kan findes i /104/. Under antagelse af at de angivne skøn kan betragtes som normalfordelte og at intervallerne angivet i tabellen repræsenterer et 90% konfidensinterval, vil 90% konfidensintervallet på summen være 32.000-38.000. Dette interval må betragtes som et mere realistisk skøn over det samlede forbrug af metallisk kobber med færdigvarer i Danmark.

I opgørelsen af forbruget af metallisk kobber er der hovedsageligt kun medtaget industriprodukter med et anslået kobberindhold på  $> 1\%$ . Forbruget med disse produkter, samt det samlede kobberindhold i producerede produkter, er opgjort på baggrund af Miljøstyrelsens Produktdatabase /22/. For enkelte produkter, som indeholder  $< 1\%$  kobber, men som omsættes i store mængder, er der dog supplerende indhentet oplysninger, således at disse produkter også er indeholdt i denne opgørelse. Det anslås, at kobberforbruget med andre produkter næppe udgør mere end 10% af totalforbruget. Der vil herudover være en vis cirkulation af kobber med halvfabrikata (dvs. et ekstra led mellem de anførte råvarer og færdigvarer), som det i nærværende undersøgelse ikke er forsøgt at klarlægge. Undersøgelsen af anvendelsen af metallisk kobber har screeningskarakter, hvilket betyder at opgørelsen for enkelte varegrupper kan være behæftet med betydelig usikkerhed (se indledningen i afsnit 3.2). I tabellerne er der for samlede varegrupper angivet konfidensintervaller, inden for hvilke det anslås, at den "sande" værdi med 90% sandsynlighed vil befinde sig.

I analysen af omsætningen af kobber med kemiske stoffer har det ikke været muligt at gøre rede for anvendelsen af op til 40% af den registrerede import. Det formodes, at de resterende kemiske stoffer anvendes til produktion af produkter, som eksporteres.

### Udviklingstendenser

Der foreligger ingen tidligere opgørelse af kobberforbruget i Danmark, som det er muligt at sammenligne med. Et groft overslag kan dog opnås ved at sammenligne forbruget af de mængdemæssigt væsentligste råvarer i 1992 med forbruget tyve år tidligere. Forbruget af kobbertråd, -profiler og -stænger (til elektriske ledere og installationer) var således i 1992 på mindre end 30% af forbruget i 1972, mens forbruget af beviklingstråd (til maskiner og lign.) og messingstænger (til armaturer og ventiler) udviste en svag stigning /1,42/. En væsentlig årsag til det markante fald i forbruget af kobbertråd, profiler og stænger er formodentlig et skift fra luftledninger af kobber til luftledninger og jordkabler med aluminiumsledere.

## 5.2 Tilførsel af kobber til omgivelser og deponi

De foreliggende oplysninger om bortskaffelse af kobber og tilførsel til omgivelserne i Danmark i 1992 er sammenfattet i tabel 5.3.

Den samlede tilførsel til omgivelserne kan på det foreliggende grundlag anslås til:

- 2-7 tons Cu/år til luft.
- 40-80 tons Cu/år til vand.
- 500-700 tons Cu/år til jord.

**Tabel 5.3**

Tilførsel af kobber til omgivelserne og deponi i 1992.

Proces/kilde	Tilførsel (tons Cu/år) til:				I alt
	Luft	Vand	Jord	Deponi mm. <sup>8)</sup>	
<b>Industrielle processer: <sup>9)</sup></b>					
Fremstilling af jern og stål	0,07			10)	0,07
Metalstøbning	0,6-3			10)	0,6-3
Forarb. af kobbervarer		1)		10)	-
Cementfremstilling	<0,2				<0,2
Elektrolytisk forkobring		1)			-
Printfremstilling		1)		10)	-
Trykimprægning		1)		10)	-
Bearb. af trykimp. træ				10)	-
Sandblæsning og overfladebeh. af skibe		3-5	3-5	10)	6-10
Møntfremstilling				10)	-
<b>Energifremstilling:</b>					
Kul	0,2-1,0			41-117 <sup>4)</sup>	41-118
Olie	0,8-1,2			0,2-0,3	1,0-1,5
Biobrændsler	0,1-0,4		0,1-0,4	0,1-0,4	0,3-1,2
<b>Anvendelse af produkter:</b>					
Kobbertage og -inddækninger		1)			-
Kobberrør		1)			-
Uisolerede kabler <sup>2)</sup>		1)	1-5		1-5
Handelsgødning			125-140		125-140
Foderstoffer			300-400		300-400
Jordbrugskalk			2-4		2-4
Svampemidler			8-11		8-11
Trykimprægnet træ			10-35 <sup>7)</sup>		10-35
Antifoulings midler		18-28			18-28
Fiskeudstyr		5-20			5-20
Mønter			4-40		4-40
Farvestoffer og pigmenter		1)	<1		<1
Fødevarer		1)			-
Jern og stål			10-17		10-17
Andet		1)			-
<b>Affaldsbortskaffelse:</b>					
Håndtering af skrot		1)	<1	10)	<1
Affaldsforbrænding	0,5-1,0			2.300-4.400 <sup>6)</sup>	2.300-4.400
Affaldsdeponering			1-1,5 <sup>5)</sup>	1.300-2.700	1.300-2.700
Kommunekemi	<0,1	0,03-0,05		133	133
Spildevand/regnvand		17-25	2-3		19-28
Spildevandsslam	<0,2		32	15	47
I alt <sup>3)</sup>	2-7	40-80	500-700	3.800-7.400	4.300-8.200

#### Noter:

- 1) Udlledning til kommunalt spildevand fra de angivne industrielle processer samt anvendelser fremgår af tabel 4.14.
- 2) Tabet på 1-5 tons kobber pr. år dækker estimeret korrosion på køreledninger. Der vil endvidere ske et tab af kobber både til vand og jord med elkabler, telefonkabler etc., der er nedlagt på havbunden og i jorden og tages ud af drift uden at blive gravet op. Dette tab er ikke kvantificeret her.
- 3) Summer er afrundede.
- 4) Incl. flyveaske som anvendes til cement- og betonfremstilling samt anlægsformål.
- 5) Udsivning fra gamle affaldsdepoter.
- 6) Indbefatter 800-1.200 tons kobber med slagge fra affaldsforbrænding, der anvendes til anlægsformål (jf. afs 4.3.3). Kilder til kobber i brændbart affald fremgår af tabel 4.5.
- 7) Angiver den anslåede kobberfrigivelse til jord fra trykimprægneret træ.
- 8) Dækker egentlig deponering såvel som udnyttelse til anlægsarbejder.
- 9) Udslip i forbindelse med produktion af messingstænger er ikke medregnet, da produktionen er ophørt, og der ikke foreligger tilgængelige oplysninger.
- 10) Deponering af kobber fra erhvervsaktiviteter er medregnet under "Affaldsdeponering". Bidragene fra de enkelte processer fremgår af tabel 4.8.

De samlede mængder, der bortskaffedes til deponier - herunder slagter til anlægsformål kan anslås til 3.800-7.400 tons kobber.

Sammen med 430-850 tons kobber, der blev indleveret i jern og 540-780 tons tabt til vand eller jord, blev der således bortskaffet eller tabt 4.800-9.000 tons kobber, som ikke genanvendes, svarende til 10-25% af forbruget. Til sammenligning blev der bortskaffet 23.000-32.400 tons til genanvendelse (jf. afs. 4.1). Begge tal er behæftet med en betydelig usikkerhed, og det er på dette grundlag ikke muligt at lave en præcis beregning af genanvendelsesprocenten. Hvis der tages udgangspunkt i middelværdier fås for metallisk kobber en genanvendelsesgrad på 80%. Det vil sige, at omkring 80% af mængden, der bortskaffes, genanvendes. Til sammenligning estimeres genanvendelsesgraden for stål i /124/ til 97%. Kobber forbrugt i form af kemiske forbindelser tabes så godt som 100% til omgivelserne eller til affald.

Anvendelsen af kobber med slagge til anlægsarbejder, cement og stål (utilsigtet) vil i denne sammenhæng ikke benævnes genanvendelse, da kobber i produkterne optræder som uønsket følgestof.

Det er karakteristisk at tilførslen af kobber til jord og vandmiljø næsten 100% var knyttet til anvendelse af kobber som kemisk forbindelse. Ved anvendelse af metallisk kobber var tilførsel til omgivelserne knyttet til aktiviteter, hvor rent kobber er frit eksponeret til luft eller vand. Industrielle aktiviteter bidrog kun signifikant til udslip til luft.

### *Udslip til luft*

Udslip af kobber til luft beroede væsentligst på afbrænding af olie og kul samt metalstøbning, men der er totalt tale om små mængde, som er bestemt med relativ stor usikkerhed.

### *Udslip til vand*

Den væsentligste tilførsel af kobber til vand skete med antifoulingsmidler, som skal forhindre tilgroning af skibe (ca. 38%).

Ved sandblæsning af skibe og stålkonstruktioner (fx. broer) kan der ske udslip af kobber først og fremmest med sandblæsningsmidler (kobberslagger). Tabet til vand er dog usikkert på den måde, at det ikke med sikkerhed vides, hvor stor del af de tabte sandblæsningsmidler, der tabes til vand og hvor meget, der tabes til jord.

Metallisk kobber blev tilført vandmiljøet med spindere og andet fiskegrej (ca. 21%). Omfanget af denne tilførsel er dog meget usikkert bestemt.

De væsentligste kilder til spildevand vurderes at være korrosion af kobber-rør og kobbertage, mens udslip fra industrielle processer anslås at bidrage med mindre end 5% af den samlede kobbertilførsel til spildevand (jf. tabel 4.14). Udledninger til recipienter fra renseanlæg og med regnvandsbe-tingede udledninger skønnes at udgøre omkring 33% af det samlede udslip til vandmiljøet.

De indre danske farvande tilførtes i 1992 endvidere 38-42 tons kobber med atmosfærisk nedfald (jf. afsnit 5.3).

### *Tilførsel til jord*

Den største tilførsel af kobber til jord skete med gødning, som anslås at udgøre ca. 80% af den totale tilførsel. Kobber er et nødvendigt mikro-næringsstof for planter og tilsættes derfor til handelsgødning. Den største tilførsel skete dog med naturgødning, som indeholder hovedparten af det kobber, som tilsættes til foderet. Fraførslen af kobber fra landbrugsjorden med landbrugsprodukter skønnes i /149/ at udgøre mindre end 1% af den tilførte mængde.

En mindre tilførsel til jord skete med pesticider i trykimprægneringsmidler og svampemidler. Kobbertilførslen med disse produkter skønnes at udgøre ca. 5% af den samlede tilførsel til jord.

### *Genanvendelse*

Det anslås at der i 1992 blev indsamlet 23.000-32.400 tons kobber til genanvendelse, heraf omkring 10.000 som spåner og klip fra produktionen af industriprodukter. Omkring 10.000 tons kobber med kobberskrot blev anvendt til dansk produktion af messingstænger (aktiviteten er ophørt), mens de resterende 13.000-22.000 tons blev eksporteret. Hertil kom en eksport af kobber med genvundet kobber, som stammede fra importeret skrot, som var blevet oparbejdet i Danmark (fx. kabler).

### *Utilsigtet genanvendelse*

Udover den tilsigtede genanvendelse af kobber foregår der tillige en form for utilstigtet "genanvendelse", idet kobber indlegeres eller indstøbes i andre materialer, der genanvendes.

Dette drejer sig om metallisk kobber, der indlegeres i sekundært jern og stål samt i plast, Hertil kommer kobber i trykfarver, som til dels ender i sekundært pap og papir samt i cement. Der sker formodentlig herudover en lang række former for "utilstigtet" genanvendelse, som ikke er klarlagt.

Det største problem er knyttet til tabet af kobber til jern og stål, idet stål gradvist kommer til at indeholde mere og mere kobber. Det er anslået at tabet af kobber til stål er af størrelsen 430-850 tons pr. år.

### 5.3 Kobberbalance for Danmark, 1992

De foreliggende oplysninger og vurderinger om forbrug og tilførsel af kobber til omgivelserne i Danmark ca. 1992 er illustreret i figur 5.1. I tabellen er der kun anført nettoimport/nettoeksport af de forskellige kategorier. De bagved liggende tal for import/eksport af råvarer og skrot fremgår af tabellerne 3.1, 3.2 og 4.1.

Import og eksport af metallisk kobber med industriprodukter (som ikke er medregnet under "råvarer og halvfabrikata") balancerede stort set. På grund af estimaternes usikkerhed vurderes det dog, at der kan være tale om såvel en nettoeksport på op til 4.000 tons Cu/år som en nettoimport på op til 2.000 tons med færdigvarer.

På grundlag af opgørelser af mængder af kobber, der fraføres som affald og skrot i relation til forbrugsmængder, anslås det, at der i 1992 skete en ophobning af metallisk kobber i samfundet på 5.000-16.000 tons. En væsentlig del af dette skønnes at ophobes i bygninger i form af elektriske installationer, beslag, låse, tage og VVS-installationer. Tilgangen af kobber til forsynings- og telekommunikationsnettet er mindsket p.g.a anvendelse af aluminiumskabler og lyslederkabler, men der vil stadig være ophobet store mængder kobber i nettene. På denne baggrund skønnes det groft, at der i det danske samfund er ophobet 300.000-1.000.000 tons kobber.

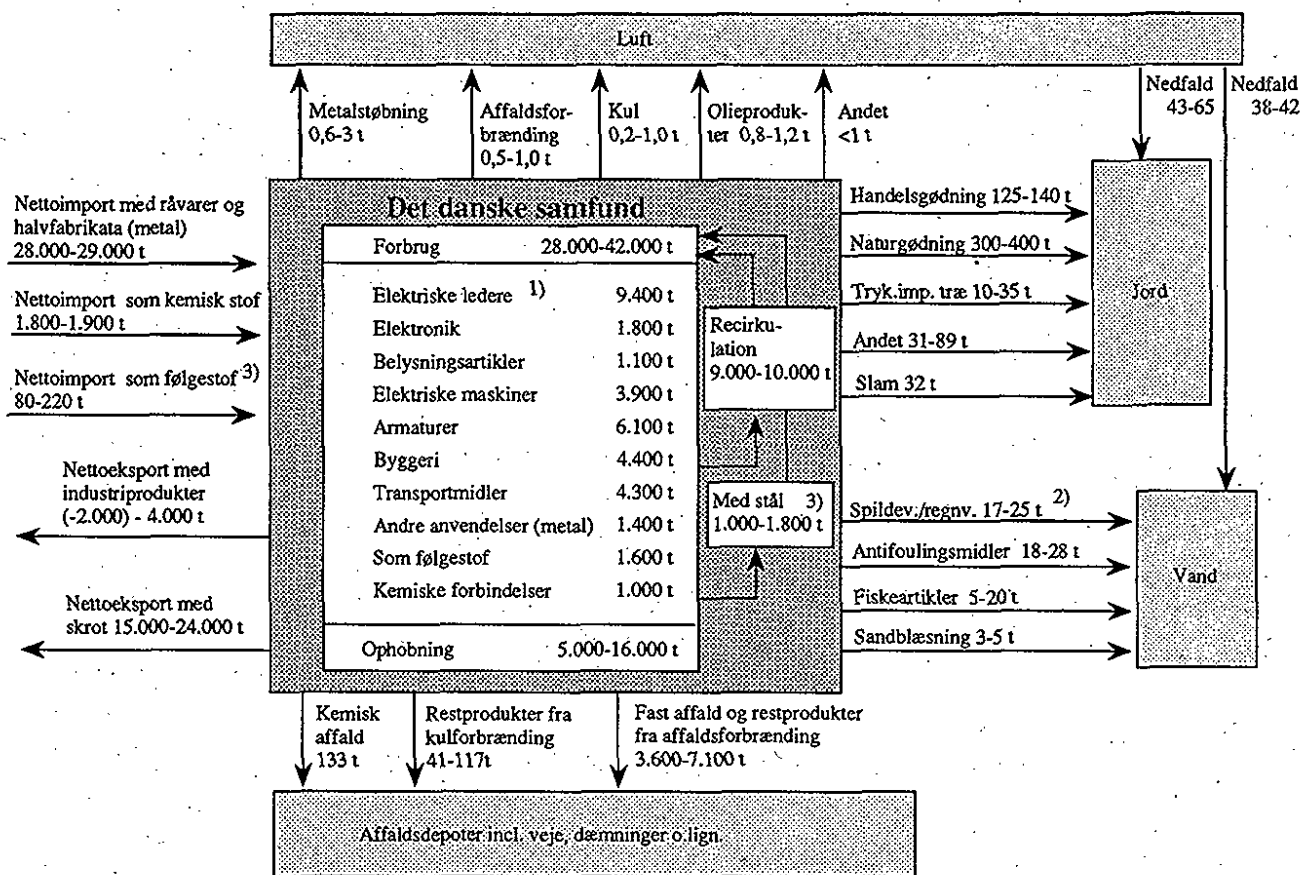
Af det samlede forbrug på 28.000-43.000 tons anslås det således, at 15-40% blev akkumuleret i samfundet. Med skrot til genanvendelse indsamledes en mængde svarende til 50-70% af forbruget, mens 10-25% af det forbrugte kobber anslås at ende på losseplads, i stål eller slagges fra affaldsforbrænding (de angivne procentsatser vil være negativt afhængige dvs. hvis mængderne, der indsamles eller deponeres, ligger i den høje ende af det anslåede interval, vil mængden, der akkumuleres, ligge i den lave ende af det anslåede interval).

#### *Nedfald fra luft*

Den atmosfæriske deposition i Danmark (baggrunds niveau = bulkdeposition + tørdeposition) var i 1993 af størrelsen 1-1,5 mg/m<sup>2</sup>, mens nedfaldet over havet er af størrelsen 1-1,1 mg/m<sup>2</sup> /97/.

Med et samlet dansk landareal af størrelsen 43.000 km<sup>2</sup> /98/ og et areal af de indre danske farvande på ca. 38.000 km<sup>2</sup> /139/ svarer dette til et årligt nedfald på 43-65 tons kobber på landjorden og 38-42 tons kobber over havet. Det samlede nedfald over land og hav svarede i 1992 således til mere end 10 gange den anslåede emission til luft fra danske kilder. Det skal i den sammenhæng nævnes, at langt den vigtigste kilde til menneskeskabt emission af kobber til atmosfæren på verdensplan vurderes at være primær produktion af kobber og nikkel, som ikke finder sted i Danmark /152/.

**Figur 5.1**  
Kobberbalance for Danmark 1992 (tons Cu/år)



**Noter:**

- 1) Under forbrug er der for de enkelte produktgrupper kun angivet middelværdier.
- 2) Angiver mængden der fraføres spildevandsanlæg til recipienter.
- 3) Cirkulationen af kobber med stål er for oversigtens skyld illustreret som en recirkulation inden for landets grænser, hvilket ikke helt er tilfældet, da en del af cirkulationen vil foregå over grænserne. Nettoimporten af kobber som følgestof omfatter kun kobber i fossile brændsler, sandblæsningsmidler og handelsgødning.



# Referencer

1. Hansen E. og A. Boisen A .1993. "Paradigma for massestrømsanalyser". Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 57/1993. Miljøstyrelsen, København.
2. Thygesen N, F. Larsen og O. Hjelmar. 1992. "Risikoscreening ved nyttiggørelse og deponering af slagger". Miljøprojekt nr. 203. Miljøstyrelsen, København.
3. Heijungs R. (editor). 1992. "Environmental Life Cycle Assessment of Products - Guide". CML, Leiden, The Netherlands.
4. Danmarks Statistik "Uddrag af forsyningsstatistikken for årene 1988-1992." samt "Varestatistik for industrien" og "Udenrigshandelen fordelt på varer og lande" for de pågældende år.
5. Kirk-Othmer. 1992. "Encyclopedia of chemical technology", Forth Edition, John Wiley & Sons, New York.
6. Personlig oplysning: J. Thiesen, NKT Holding A/S, Brøndby. December 1994.
7. Personlig oplysning: I. Christensen, KM-Kabelmetal Danmark Aps, Odense. November 1994.
8. Personlig oplysning: Hr. Henriksen, Grånges Danmark A/S, Glostrup. November 1994.
9. Personlig oplysning: O. Christiansen, Nissens Kølerfabrik A/S, Horsens. November 1994.
10. Personlig oplysning: W. Krattet, Ålborg Traktor og Autokølerservice, Ålborg. November 1994.
11. Personlig oplysning: S. Rugård, NKT Metalgården A/S, Ballerup. Oktober 1994.
12. Lemkow, J., R. Crepaz og O. Huusmann. 1992. "Renere teknologi i jern- og metalstøberier". Miljøprojekt nr. 191, København.
13. Personlig oplysning: O. Huusmann, Dansk Teknologisk Institut. Oktober 1994.
14. Personlig oplysning: M. Schmidt, Boliden Bergsøe A/S, Glostrup. Oktober 1994.
15. Personlig oplysning: J. Winther, A/S Dansk Båndstål Industri, Brøndby. Oktober 1994.
16. Personlig oplysning: P. Agerled, KM-Kabelmetal, Odense. November 1994.
17. Personlig oplysning: Hr. Henriksen, M.P. Olsen & Co., Taastrup. Oktober 1994.

18. Personlig oplysning: L. Grove, Den Kongelige Mønt, Brøndby. November 1994.
19. Offer Andersen, K. 1992. "Metallurgi for ingeniører". Akademisk Forlag, København.
20. Personlig oplysning: B. Rasmussen, Johnson Matthey A/S, Rødovre. November 1994.
21. Personlig oplysning: Hr. Henriksen, ABB Motors A/S, Odense. Oktober 1994.
22. Hansen, E. 1995. "Miljøprioritering af industriprodukter". Miljøprojekt nr. 281. Miljøstyrelsen, København.
23. Personlig oplysning: B. Børglum, Produktregistret. Oktober 1994.
24. Personlig oplysning: E. Bodahl, Kemira Danmark A/S. November 1994.
25. Personlig oplysning: I.L. Lauritzen, Chemitalic A/S. November 1994.
26. Ullmans's Encyclopedia of Industrial Chemistry (f. Ed.) vol. A7. pp. 525-593.
27. "Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler." Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 1, 1993. Miljøstyrelsen, København.
28. Personlig oplysning: P. Hem, NKT Kraftkabler A/S, Asnæs. December 1994.
29. Personlig oplysning: A. Kirkestrup, NKT Metalgaarden A/S, Ballerup. December 1994.
30. RENDAN A/S. 1994. "Teknologiovervågning. Sammensatte produkter. Elektriske og elektroniske produkter". København.
31. Personlig oplysning: A. Nielsen, Kvistgård Jern og Metal A/S, Kvistgård. Januar 1995.
32. T.W. Simonsen. 1991. "Håndtering av kabelskrot i Norge". Institut for Økonomi og Ressursøkonomi. Norges Landbrugshøyskole.
33. Hansen, G. A. Nielsen og K. Pommer. 1993. "Elektriske og elektroniske produkter i Danmark". Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 53. København.
34. Søndergaard, B.N. and F.M. Christensen. 1993. "Environmentally benign disposal of television sets". Institute of Manufacturing Engineering. Tech. Uni. of Denmark. Copenhagen.
35. "Skrotning af elektroniske produkter". 1992. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 18. København.
36. Personlig oplysning: S.E. Borum Poulsen, Pridana Elektronik A/S. November 1994.

37. Personlig oplysning: T. Østeraa, Printca A/S. November 1994.
38. Løkkegård K. og M. Rachlitz. 1994. "Industriel overfladebehandling, Del 3, Nøgletalsundersøgelse". Danmarks Tekniske Universitet.
39. Riisgaard H. og B. Dalby. 1994. "Industriel overfladebehandling, Del 2. Erhvervsøkonomisk brancheprofil med tilhørende miljøproblemer". Danmarks Tekniske Universitet.
40. Danwaste A/S og RENDAN A/S. 1992. "Skrotning af elektroniske apparater. Videnshjemtagning af erfaringer med anlæg til adskillelse af sammensatte produkter med henblik på genanvendelse". Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 18. København.
41. Bjerregaard, T.D.E. 1994. "Elektronikaffald. Situationsrapport om love, regler og debat i udvalgte lande." Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 37. København.
42. "40.000 tons miljøbomber på lossepladsen". Automatik nr 2, 1995.
43. Personlig oplysning: M. Hansen, Dansk Metal Ekstraktion A/S, Nykøbing F. Oktober 1994.
44. Jørgensen, K.P. "Affald fra bilfragmenteringsanlæg. 1. del: fase 1-3". Miljøstyrelsen. Upubliceret.
45. Danmarks Statistik. "Varestatistik for industrien" og "Udenrigshandelen fordelt på varer og lande. Januar-december". for årene 1972, 1977 og 1982.
46. Personlig oplysning: E. Brandt, Statens Byggeforsknings Institut, Hørsholm. November 1994.
47. Personlig oplysning: T. Olesen, Miljøstyrelsen, København. November 1994.
48. Personlig oplysning: P. Møller, Institut for Produktudvikling, Lyngby. November 1994.
49. "Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg". Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29. august 1988.
50. Nielsen, A. 1993. "Byggeriets materialeforbrug". Miljøprojekt nr. 221. Miljøstyrelsen. København.
51. "Branceorientering for autoophugningsbranchen". Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 5. 1993.
52. Personlig oplysning: K. Hansen, UFF, Brøndby. November 1994.
53. Personlig oplysning: L. Husfeldt, Dansk Røde Kors, København. November 1994.
54. Hansen, O.C., L.K. Andersen, H. Færgemann, S. Møller, og C. Poll. "Træbeskyttelsesmidler og imprægneret træ - Massestrømsana-

- lyse, miljø- og sundhedsvurdering". Upubliceret. Miljøstyrelsen, København.
55. "Bekæmpelsesmiddelstatistik 1990-1992". Miljøstyrelsen, København.
  56. "Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler". Orientering nr. 1, 1993. Miljøstyrelsen, København.
  57. "Dansk Imprægneringsmiddelstatistik - 1993". Dansk Imprægneringskontrol, Dansk Teknologisk Institut.
  58. Personlig oplysning: M.H. Rasmussen, Miljøstyrelsen, København. Maj 1995.
  59. Personlig oplysning: K. Henriksen, Dansk Teknologisk Institut. Juni 1995.
  60. "Aftale vedrørende trykimprægneringsområdet af 12. oktober 1992." Miljøstyrelsen, Bekæmpelsesmiddelkontoret, København.
  61. E. Borsholt. 1994. "Massestrømsanalyse på kobber: Træimprægnering". Brev af 12. dec. 1994.
  62. Personlig oplysning: E. Borsholt. 1994. Dansk Teknologisk Institut, taastrup. December 1994.
  63. Rasmussen B., O. Lützen, L. Hoffmann og K. Christiansen. 1993. "Teknisk grundlag for revision af listen over olie- og kemikalieaffald. Videnindsamling vedrørende klassificering og håndtering af olie- og kemikalieaffald i Danmark." 2. udkast.
  64. Statens Planteavlsforsøg, Landskontoret for Planteavl. 1993. "Vejledning i planteværn". Landbrugets Informationskontor.
  65. "Bekæmpelsesmiddelstatistik". Orientering nr. 1. 1994. Miljøstyrelsen, København.
  66. Jørgensen, K.P. 1992. "Undersøgelse af spildevand fra overfladebehandling af stålskibe". Carl Bro A/S for Skibsværftforeningen.
  67. Personlig oplysning: Mogens Tusborg, Århus Flydedok A/S, Århus. Juni 1995.
  68. Personlig oplysning: K. Henriksen. Skibsværftforeningen. Juni 1995.
  69. Møller. M. 1993. "Tungmetaller i malingrester ved sandblæsning". Notat af 9/9 1993.
  70. Stelmaszczyk, J., Dansk Galvanisør Union. 1993. "Affald fra den galvaniske industri".
  71. Personlig oplysning: T. Andersen, Outokumpu Danmark, Brøndby. December 1994.
  72. Personlig oplysning: F. Dahl, Miljøkemi, A/S. Januar 1995.

73. Personlig oplysning: V. Christiansen, Kommunekemi A/S, Nyborg. November 1994.
74. "Bekendtgørelse om tilsætningsstoffer til foderstoffer." Bek. nr. 862 af 10. oktober 1994. Plantedirektoratet, Lyngby.
75. Personlig oplysning: N. O. Nielsen, Landskontoret for svineavl. Oktober 1994.
76. "Håndbog for svinehold 1994". Landsudvalget for svin. Landbrugets Informationskontor.
77. "Landbrugsstatistikken 1992". Danmarks Statistik, København.
78. Personlig oplysning: P. Tybirk, Landsudvalget for svin. Oktober 1993.
79. Personlig oplysning: H.B. Jensen, Dansk Fjerkræråd. November 1994
80. "Lov om gødning og jordforbedringsmidler mm." 1992. Landbrugsministeriet, København.
81. "Bekendtgørelse om gødning og jordforbedringsmidler". 1993. Plantedirektoratet, Lyngby.
82. "Gødning '94". 1993. Norsk Hydro Danmark a.s., København.
83. Skriver, K. 1991. "Oversigt over landsforsøgene". Landsudvalget for planteavl.
84. Personlig oplysning: O. Kaarstad, Norsk Hydro A/S, Oslo. Oktober 1994.
85. Personlig oplysning: J. Leth-Espensen, Kemira Danmark A/S. November 1993
86. Personlig oplysning: E. Bodahl, Kemira Danmark A/S. November 1994.
87. "Gødningsforbrugsstatistikken for året 1992/93". Plantedirektoratet, Lyngby.
88. "Landsbrugsstatistik. 1993". Danmarks Statistik, København.
89. Personlig oplysning: B.L. Larsen, Haldor Topsøe, A/S. Marts 1995.
90. "Udskrifter over anvendelse og anvendelsesområder for kobberforbindelser i Danmark". Børghlum B., Produktregistret, November 1994.
91. Larsen H.F., J. Tørslev og A. Damborg. 1995. "Indsatsområder for renere teknologi i den grafiske branche. Spildevandsvurdering". Miljøprojekt 284, Miljøstyrelsen, København.
92. Larsen H.F., J. Tørslev og A. Damborg. 1995. "Indsatsområder for

renere teknologi i den grafiske branche - spildevandsvurdering". Miljøprojekt nr. 284. Miljøstyrelsen, København.

93. Erfaringer fra igangværende livscyklusanalyse for grafiske produkter. COWiconsult, Vejle for Miljøstyrelsen. 1995.
94. Personlig oplysning: J. Hansen, Dansk Beklædnings- og Tekstilinstitut, Dansk Teknologisk Institut. Maj 1995.
95. Folke J. og U. Mogenssen. 1994. "Produktion og miljøforhold i papirindustrien". Miljøprojekt nr. 257. Miljøstyrelsen, København.
96. Danmark Geologiske Undersøgelse. 1993. "Grundvandsovervågning". Miljøministeriet; København.
97. Personlig oplysning: M. Hovmand, Danmarks Miljøundersøgelser, Roskilde. Juni 1995.
98. "Statistisk årbog 1994". Danmarks Statistik, København.
99. "Energistatistik 1992". Energistyrelsen, København.
100. Personlig oplysning: M. Christiansen, ELSAM, Fredericia. December 1994.
101. ELSAM. 1994. "Beregnete data for Hg, Ni og Cu". Notat SP94-1033.
102. Hansen, E. og T. Faarbæk. "Restprodukter - mængder, karakteristika og bortskaffelse". COWiconsult for Miljøstyrelsen, 1994. Upubliceret.
103. "Miljøundersøgelsen for konventionelle kraftværker". 1979. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 1/1979. København.
104. Metoden er beskrevet i : Rønning, A., O.J. Hansen, A.L. Gade og U.C. Haug. 1993. "Livsløpsvurdering av to malingsprodukter". Stiftelsen Østfoldforskning, Frederiksstad. rapportnr. OR.53.93.
105. Statens Vattenfallsverk, Projekt K.M.H. 1983. "Kolets hälso- och miljöeffekter, slutrapport, hovuddel". Stockholm.
106. Personlig oplysning: S. Vestborg, Dansk Kedelforening. Oktober 1994.
107. Obernberger I. 1993. "Stoff- und energiebilanzen des biomasseheizwerkes Lofer als basis für eine umweltverträgliche kreislaufwirtschaft mit der anfallende holzasche". Tech. Uni. Graz, Graz.
108. Personlig oplysning: P. Andreasen, Aalborg Portland A/S, Aalborg. Oktober 1994.
109. Personlig oplysning: Aa. Bøgh, Dankalk A/S, Løgstør. Oktober 1994.
110. Personlig oplysning: R. Larsen, Faxe Kalk, København. Oktober 1994.

111. Personlig oplysning: P. Vestergaard, PVH, Køge. Oktober 1994.
112. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 3. 1991. "Overfladebehandling af skibe".
113. Det Norske Veritas Industri Norge AS. 1993. "Sandblåsing av skip". Høvik.
114. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 311. 1991. "Bekendtgørelse om overfladebehandling af skibe".
115. Andersen, A. 1981. "Bly, cadmium, kobber og zink i den danske kost. Fokusering på vegetabilier og kornprodukter." I: "Slammets jordbrugsanvendelse, fokusering". Polyteknisk Forlag, Lyngby.
116. A.J. Chandler & Associates Ltd. 1994. "Issues with respect to lead in municipal waste". Canada.
117. Hansen, G. og M.H. Larsen. 1993. "Affaldsstatistik 1992. Materialestrømsovervågning". RENDAN.
118. Personlig oplysning: T.B. Isager, H.J. Hansen Genvindingsindustri A/S, Odense. Januar 1995.
119. Rendan A/S. 1994. "Materialestrømsovervågning. Udvikling i udvalgte materialestrømme 1992". Statusnotat.
120. Personlig oplysning: K. Müller, Genvindingsbrancherådet. November 1994.
121. Det Danske Stålvalseværk A/S. 1993. "Beretning og regnskab 1992".
122. Personlig oplysning: B.S. Rasmussen, Det Danske Stålvalseværk A/S. Oktober 1994.
123. Jørgen Overgård, Det Danske Stålvalseværk. 1994. Interview i "Konstruktører må tænke på genbrug". Automatik nr. 9.
124. Kjeldgaard, K. 1991. "Livscyklusanalyse af stål i forskellige anvendelsesituationer". Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10/1991. Miljøstyrelsen, København.
125. Erhvervsaffaldskontoret, Miljøstyrelsen: 1994. "Notat om affaldsmængderne i Danmark i 1993 sammenholdt med målsætningerne i regeringens handlingsplan for affald og genanvendelse 1993-97."
126. Elsam og Elkraft. 1994. "Opgørelse af affaldsressourcer i Danmark".
127. Ludvigsen, K. og O. Hjelmar. 1992. "Vurdering af slagge fra affaldsforbrændingsanlæg". Arbejdsnotat til Miljøstyrelsen.
128. Personlig oplysning: O. Hjelmar, Vandkvalitetsinstituttet, Hørsholm. Juni 1995.
129. Personlig oplysning: P. Blinksbjerg, dk-teknik. Oktober 1994.

130. Blinksbjerg, P. og S. Dalager. 1994. "Tungmetallers adfærd ved affaldsforbrænding". Dk-teknik, København.
131. Lossepladsprojektet. 1990. "Amtskommunale undersøgelser af grundvandsforurening ved gamle lossepladser". Bo Lindhardt, Laboratoriet for Teknisk Hygiejne, DTH.
132. DAKOFA. 1985. "Grundvandskontrol ved kontrollerede affaldsdeponier". Dakofa Skrift nr. 1, 1985. Polyteknisk Forlag.
133. Ehrig H.-J. 1989. "Leachate treatment overview". 2nd International Landfill Symposium. Sardinia.
134. Miljøstyrelsen. 1987. "Forurening fra gamle affaldsdepoter uden kemikalieaffald". Miljøprojekt nr. 83. Udarbejdet af COWiconsult.
135. Rasmussen B., O. Lützen, L. Hoffmann og K. Christiansen. "Teknisk grundlag for revision af listen over olie- og kemikalieaffald. Videnindsamling vedrørende klassificering og håndtering af olie- og kemikalieaffald i Danmark". 2. Udkast. Sept. 1993.
136. Winge U., O.E. Larsen, P. Vestergaard P. 1993. "Brugt blæsesand som komponent i tagtagl". Industriel overfladebehandling, nr. 4.
137. Aktor, H. 1990. "Okkerslam". Afsluttende rapport fra erhvervsforskeruddannelse. ATV. Upubliceret.
138. "Vandmiljø-94". 1994. Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 2/1994. Miljøstyrelsen København.
139. "Kviksølvredegørelse". 1987. Redegørelse nr. 5/1987. Miljøstyrelsen, København.
140. Miljøstyrelsen. "Spildevandsslam i 1994". Internt notat af 18. oktober 1995.
141. Personlig oplysning: L. Havsteen, Odense Vandselskab A/S. december 1994.
142. Personlig oplysning: I. Andreasen, Aalborg Kommune. November 1994.
143. "Miljøfremmede stoffer i renseanlæg. Belastning og renseseffekt. Resultater fra fase 1 af Miljøstyrelsens måleprogram.". 1995. Miljøprojekt nr. 278. Miljøstyrelsen, København.
144. Personlig oplysning: J. Sørensen, Århus Kommune. November 1994.
145. Personlig oplysning: A. Petersen, Skævinge Kommune. Januar 1995.
146. Personlig oplysning: K.F. Jensen, Renseanlæg Lynetten. November 1994.
147. Personlig oplysning: O. Poulsen, Avedøre Kloakværk. Marts 1994.



148. Boisen, C.T. 1991. "Risiko for tungmetal i grundvand". Vand og Miljø 9, 1991.
149. Hansen, Aa., M. Hovmand og J.C Tjell. 1981. "Slammets jordbrugsanvendelse". Polyteknisk Forlag, Lyngby.
150. Tryland, Ø. og J. Øxnevad. 1992. "Materialstrømsanalyse av kobber". Statens Forurensningstilsyn, Oslo.
151. Personlig oplysning: H. Thomsen, Aalborg Portland A/S, Aalborg. Juni 1995.
152. Nriagu, J.O. and J.M. Pacyna. 1988. "Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals". Nature 333: 134-139.
153. Nielsen, H. 1993. "Grundvand - vandforsyning og vådområder". Danmarks Naturfredningsforening.



# Virksomheder, der har været kontaktet som led i denne undersøgelse:

ABB Moters A/S  
 Afatek A/S  
 AH Værktøj og Metalvarefabrik A/S  
 BASF Danmark A/S  
 Bayer Danmark A/S  
 Boliden Bergsøe A/S  
 Borgen Miljøteknik  
 Candor Kemiske AB  
 Carl Bro NBA A/S  
 CC Jensen Svendborg A/S  
 Chemitalic A/S  
 CN Børma A/S  
 Connect  
 Danfoss A/S  
 Dangas  
 Dankalk A/S  
 Dansk Shell A/S  
 Dansk Båndstål Industri A/S  
 Dansk Gasteknisk center  
 Dansk Metal Ekstraktion A/S  
 Den Kongelige Mønt  
 Det Danske Stålvalseværk A/S  
 Dk-teknik  
 ELRKAFT AMBA  
 ELSAM  
 Elsamprojekt  
 Enviroplan A/S  
 Esbjerg Nedbrydning  
 Faxø Kalk  
 Frese Armatur A/S  
 Frese Metal og Stålstøberi A/S  
 Fælles Forbrænding I/S  
 GENAN A/S  
 Grundfos A/S  
 Gränges Danmark A/S  
 H.I Hansen A/S  
 Haldor Topsøe A/S  
 HP-gruppen  
 Johnson Matthey A/S  
 Jysk Biogas A/S  
 Jægers Metalstøberi  
 KARA I/S  
 Kemira Danmark A/S  
 Kingo Karlsen A/S  
 KM Kabelmetal Danmark aps  
 Kommunekemi A/S  
 Kunststofkemi A/S  
 Kuwait Petroleum Danmark A/S  
 Kvistgård Jern og Metal A/S  
 M.P Olsen og Co.  
 Manufakturkompagniet A/S  
 Miljøkemi A/S  
 Nissens Kølerfabrik A/S  
 NKT Holding A/S  
 NKT Metalgården A/S  
 Nordsjællands Biogas A/S  
 Norsk Hydro Danmark A/S  
 Norsk Hydro A/S, Oslo  
 Ole Ferlov A/S  
 Outokumpu Danmark A/S  
 Pers Kemi A/S  
 Pridana Elektronik A/S  
 Printca A/S  
 ProChem  
 PVH A/S  
 REFA  
 Rendan  
 Reno Syd I/S  
 Reno Nord I/S  
 RGS 90  
 Ruko A/S  
 Statoil A/S  
 SunChemical - KVK  
 Uddeholm A/S  
 Uniscrap A/S  
 Vandkvalitetsinstituttet  
 Vega  
 Vegger Biogasanlæg  
 Vestforbrænding I/S  
 Åge Vestergård Larsen  
 Ålborg Traktor og Autokøler-service Aps  
 Ålborg Portland A/S  
 Århus Flydedok A/S















## Registreringsblad

**Udgiver:** Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

**Serietitel, nr.:** Miljøprojekt, nr. 323

**Udgivelsesår:** 1996

**Titel:**

Massestrømsanalyse for kobber

**Undertitel:**

Forbrug, bortskaffelse og udslip til omgivelserne i Danmark

**Forfatter(e):**

Lassen, Carsten; Driysholm, Thomas; Hansen, Erik;  
Rasmussen, Benthe; Christiansen, Kim

**Udførende institution(er):**

COWI; Krüger A/S

**Resumé:**

Det samlede forbrug af kobber i 1992/93 er opgjort til 35.000-43.000 tons pr. år. Heraf tilførtes 4.300-8.200 tons kobber årligt til omgivelserne og deponier. Rapporten indeholder massebalancer for kobber i forbindelse med affaldsbehandling og spildevandsrensning. Opgørelser af kobbertilførsler til luft, overfladejord og vandmiljø indikerer, at kommunalt spildevand og antifoulingsmidler er største bidragydere til kobber i vandmiljøet, mens det største bidrag til kobber i overfladejord kommer fra føderstoffer og handelsgødning.

**Emneord:**

materialestrømsanalyser; kobber CAS 7440-02-0; affald; spildevand; skibe; overfladebehandling; maling; føderstoffer; kunstgødning

**ISBN:** 87-7810-584-6

**ISSN:** 0105-3094

**Pris (inkl. moms):** 95 kr.

**Format:** A4

**Sideantal:** 121

**Md./år for redaktionens afslutning:** marts 1996

**Oplag:** 500

**Andre oplysninger:**

Bilag 2 udleveres ikke, men kan ses i Miljøstyrelsens bibliotek

**Tryk:** Stougaard Jensen/Scantryk A/S, København

**Kan købes hos:**

Miljøbutikken, tlf. 33379292 - telefax 33927690

Trykt på 100% genbrugspapir Cyclus

## Miljøprojekt

- Nr.
- 257 : Produktion og miljøforhold i papirindustrien
- 258 : Dyrkningsforsøg med kompost 1989-1993
- 259 : Vandforbrug i fremstillingsindustrien
- 260 : Industrispildevands miljøfarlighed
- 261 : Ozonlagnedbrydende stoffer – forbrug i 1993
- 262 : Rensemaskine med kulbrinter
- 263 : Grøn indkøbspolitik i amter og kommuner
- 264 : Dagrenovation fra private husholdninger
- 265 : Vægtafhængig dagrenovation – Tinglev Kommune
- 266 : Blæserensning og korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner
- 267 : Renere teknologi i malteri-, bryggeri- og mineralvandsindustrien
- 268 : Kortlægning af ressourcehåndtering i tekstil vådbehandling
- 269 : Miljøbelastning fra affaldsbehandlingsanlæg
- 270 : Genetisk modificerede herbicidresistente planter
- 271 : Rengøringsfunktionen på sygehuse
- 272 : Kliniske engangsartiklers miljøbelastning
- 273 : Røntgenfunktionens miljøbelastning
- 274 : Miljøfarlige kemikalier på sygehuslaboratorier
- 275 : Ånære arealers samspil med vandløb
- 276 : Demonstrationsejendomme for bedre udnyttelse af husdyrgødning
- 277 : Genetically modified animals
- 278 : Miljøfremmede stoffer i renseanlæg
- 279 : Renere teknologi i Grenås industri
- 280 : Bortskaffelse af elektronikprodukter
- 281 : Miljøprioritering af industriprodukter
- 282 : Neurotoxicology
- 283 : Ammoniakfordampning fra landbruget
- 284 : Indsatsområder for renere teknologi i den grafiske branche
- 285 : Traffic PAH and Other Mutagens in Air in Denmark
- 286 : TIC-nettets indsats for renere teknologi i mindre virksomheder
- 287 : Miljøvurdering af EVOH og EVA
- 288 : Miljøvurdering af LLDPE
- 289 : Electronics and the Environment
- 290 : Male Reproductive Health and Environmental Chemicals with Estrogenic Effects
- 291 : Introduktion til miljøvurdering af elektronikprodukter
- 292 : Mandlig reproduktion og kemiske stoffer med østrogenlignende effekter
- 293 : Fiskenes krav til vandløbenes fysiske forhold
- 294 : Miljøøkonomi for papir- og papkredsløb
- 295 : Renere teknologi i det kommunale miljøarbejde
- 296 : Projekt Planteværnsgrupper 1991-92
- 297 : Landbrugspolitik og miljøregulering – 1. delrapport
- 298 : Guidance Document for Risk Assessment of Industrial Waste Water
- 299 : Kunstig infiltration af overfladevand
- 300 : Polyurethane Foam without Ozone Depleting Substances
- 301 : Going towards Natural Refrigerants
- 302 : Ozonlagnedbrydende stoffer og HFC – forbrug i 1994
- Nr.
- 303 : Udnyttelse af sekundavand i hovedstadsregionen
- 304 : Brancheanalyse beton – renere teknologi ved betonfremstilling
- 305 : Renere teknologi i renseribranchen
- 306 : Environmental Exposure Assessment of Chemicals
- 307 : Evaluation of the SimpleBox Model for Danish Conditions
- 308 : Fate Model for Organic Chemicals in Sewage Treatment Plants
- 309 : Implementation of Model for Atmospheric Transport of Chemicals
- 310 : Modelling of Leaching of Pesticides – PESTLA and MACRO
- 311 : Surface Water Model for Pesticides – SLOOTBOX
- 312 : Going towards Natural Fire Extinguishants
- 313 : Environmental Aspects of PVC
- 314 : Bathing Water – Microbiological Control
- 315 : Kvælstofbalance og -tab ved udendørs sohold
- 316 : Bacillus thuringiensis
- 317 : Oversigt over renere teknologi i fiskeindustrien
- 318 : Massestrømsanalyse for nikkel
- 319 : Retningslinier for udvikling af bæredygtig elektronik
- 320 : Massestrømsanalyse for phthalater
- 321 : Landbrugspolitik og miljøregulering – 2. delrapport
- 322 : Impact of Regulation on the Development of Biotechnology
- 323 : Massestrømsanalyse for kobber

# Massestrømsanalyse for kobber

---

Det samlede forbrug af kobber i 1992/93 er opgjort til 35.000-43.000 tons pr. år. Heraf tilførtes 4.300-8.200 tons kobber årligt til omgivelserne og deponier. Rapporten indeholder massebalancer for kobber i forbindelse med affaldsbehandling og spildevandsrensning. Opgørelser af kobbertilførsler til luft, overfladejord og vandmiljø indikerer, at kommunalt spildevand og antifoulingsmidler er største bidragydere til kobber i vandmiljøet, mens det største bidrag til kobber i overfladejord kommer fra foderstoffer og handelsgødning.

---

**Pris kr. 95,- inkl. 25% moms**

ISSN nr. 0105-3094

ISBN nr. 87-7810-584-6

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**  
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00