

Problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald - kortlægning, prognose og bortskaffelsesmuligheder

Niels Trap, Erik K. Lauritzen, Tom Rydahl, Christina Egebart,
Hanne Krogh, Bjørn Malmgren-Hansen, Peter Høeg,
Jens Bjørn Jakobsen og Carsten Lassen

Demex, By- og Byg, Teknologisk Institut og Cowi

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

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

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

Forord

I perioden december 1999 til august 2001 er der gennemført et projekt omhandlende identifikation, undersøgelse, kortlægning og prognose af andre problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald.

Projektet er udført som fase 1 af et større projekt med titlen "Andre farlige stoffer i bygge- og anlægsaffald - Kortlægning og prognose for affaldsstrømme samt undersøgelse af bortskaffelsesmuligheder".

Projektet er udført af en projektgruppen bestående af:

Erik K. Lauritzen	DEMEX
Niels Trap	DEMEX
Tom Rydahl (fra 2000)	DEMEX
Christina Egebart (fra 2000)	DEMEX
Hanne Krøgh	By og Byg
Bjørn Malmgren-Hansen	DTI
Peter Høeg (indtil 2000)	DTI
Jens Bjørn Jakobsen	COWI
Carsten Lassen	COWI

DEMEX Rådgivende Ingeniører A/S har haft ansvaret for projektets koordinering. Erik K. Lauritzen har fungeret som projektleder.

Projektet har været fulgt af en følgegruppe nedsat af Miljøstyrelsen med deltagelse af:

Lone Kielberg	Miljøstyrelsen (formand)
Finn Bro-Rasmussen	DTU - IPT Livscykluscenteret
Ove Nielsen	By- og Boligministeriet
Lars Søborg	Direktoratet for Arbejdstilsynet
Henrik Jørgensen	Danske Entreprenører
Anette Harbo	Foreningen for Danmarks Lak- og Farveindustri
Paul-Araham Ohannessian	Glarvesterlauget i Danmark
Walther Sebastian	Fugebranchens Samarbejds- og Oplysningsråd
Jens Thiesen	NKT Cables A/S

Følgegruppen har holdt ét møde d. 1. marts 2000 med deltagelse af medlemmer fra projektgruppen samt bidraget med kommentarer til 1. udkast af rapporten i sommeren 2001.

København Februar 2002

DEMEX Rådgivende Ingeniører A/S
By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut
COWI Rådgivende ingeniører
Teknologisk Institut

Resumé

Den industrialiserede verden anvender store mængder af kemiske stoffer for blandt andet at opnå bedre tekniske egenskaber af produkter, længere levetider osv. Nogle af disse kemiske stoffer mistænkes for at have eller har allerede vist sig at have utilsigtede og skadelige effekter på miljøet og den menneskelige sundhed. Dette har ført til, at myndigheder har indført regulering af, eller forbud mod produktion og brug af nogle kemiske stoffer. I dette projekt fokuseres der på problematiske stoffer i bygninger og byggematerialer, der på et givet tidspunkt vil ende som affald. Projektet er blevet finansieret af Miljø- og Energiministeriet.

Projektets formål har været:

- at undersøge og beskrive strømme af andre problematiske stoffer, som forventes at fremkomme i byggeaffald i perioden 2001 til 2025;
- at undersøge behovet og mulighederne for udsortering, indsamling og bortskaffelse af andre problematiske stoffer, samt
- at give forslag til konkrete initiativer vedrørende implementering og videreudvikling af behandlingsmetoder, indsamlingssystemer, virkemidler m.v. vedrørende håndtering af stofferne.

Følgende tolv stoffer er i dette projekt identificeret som problematiske stoffer:

- Bly
- Cadmium
- Kviksølv
- Nikkel
- Chrom
- Kobber
- Zink
- Polychlorede biphenyler (PCB)
- Chlorparaffiner
- Chlorfluorcarboner
- Hydrochlorflourcarboner (HCFC) og hydrofluorcarboner (HFC)
- Svovlhexaflourid

Ovenstående tolv stoffer blev udvalgt fra en lang liste af "uønskede" stoffer. Udvælgelsen var baseret på stoffernes toksicitet (enten overfor miljøet eller i forhold til mennesker) samt forbruget.

Der blev som del af projektet lavet en opgørelse over de tolv stoffer omfattende anvendelse, forbrug, toksicitet og nuværende bortskaffelsesmetoder. Der blev opstillet en model, hvis mål var at forudsige mængderne i bygningsaffaldet for de tolv stoffer, der vil fremkomme i perioden 2001-2025. Modellen baserede sig på data fra opgørelsen samt estimerede levetider for bygningsdele og materialer. Modellen blev anvendt på alle stofferne og resulterede i visualisering af input til byggesektoren og output i affaldsstrømmen for hvert af stofferne.

På baggrund af modelresultaterne, samt information indhentet i forbindelse med opgørelsen, blev der opstillet en række anbefalinger for den fremtidige håndtering af byggeaffald indeholdende de tolv stoffer.

En sammenfatning af disse anbefalinger er givet i det følgende.

- Prioritering og vurdering af de her identificerede problematiske stoffer:
 - Det anbefales, at der gøres en indsats for at indhente mere omfattende og detaljeret viden om strømmene af stofferne i byggeaffaldet for at skabe grundlag for en prioritering af behovet for fortsatte initiativer.
- Tekniske undersøgelser:
 - Det anbefales, at gennemføre tekniske undersøgelser af mulighederne for udtagning og håndtering af byggematerialer med problematiske stoffer for derved at reducere mængderne til forbrænding.

Disse undersøgelser kan fx omfatte:

- Udtagning og sortering af byggevarer med indhold af metallerne bly, cadmium, nikkel, chrom, kobber og zink.
 - Udtagning og sortering af plast og fugemasse med indhold af henholdsvis bly, cadmium, chlorparaffiner og PCB.
 - Udtagning, sortering og håndtering af fugeskum, isoleringsskum mv. indeholdende CFC, HFCF og HFC.
 - Håndtering af vinduer og fugemasser med indhold af PCB samt udtagning af vinduer indeholdende svovlhexafluorid.
 - Afrensning af vægoverflader mv. for at fjerne maling og belægninger med indhold af bly, chrom, zink og chlorparaffiner for at mindske eller undgå forurening af bygningsaffald til genanvendelse.
- Information og virkemidler:
 - Det anbefales, at der gøres en bred indsats inden for byggesektoren med oplysning om anbefalet håndtering af de problematiske stoffer suppleret med uddannelse af alle, der medvirker i håndteringen af byggeaffaldet.
 - Det anbefales især, at nedbrydningsbranchen pålægges at indføre effektive metoder til identifikation og udtagning af problematiske stoffer. Dette kan fx ske ved udarbejdelse af tillæg til Nedbrydningsbranchens Miljøkontrolordning 1996 (NMK 1996).

Endelig anbefales det, efterhånden som det tekniske grundlag er fastlagt for en forbedret håndtering og behandling af byggeaffald med problematiske stoffer, at der formuleres vejledninger og regler med input til de kommunale affaldsregulativer. Hensigten med ovennævnte er, at sikre en effektiv

implementering af de nye eller forbedrede håndterings- og behandlingsmetoder.

Summary

The industrial world continues to use large quantities of chemical substances in all types of products in order to enhance technical properties, extend a product's life etc. Some of these substances have already been shown to have an impact on the environment and/or human health. Authorities have therefore enforced regulations, and in some cases bans, in order to counter these impacts. This project focuses on harmful substances used in buildings and building materials and that eventually end up in building waste. The Danish Ministry of Environment and Energy has financed the project.

The aims of this project were to:

- investigate and describe the flows of harmful substances that may appear in building waste in the period 2001-2025;
- investigate the needs and possibilities for the sorting, collection and disposal of substances identified by this project as harmful;
- make recommendations for the further development of collection systems, disposal methods and means for the handling of these harmful substances.

The following twelve harmful substances have been identified and investigated in this project:

- Lead
- Cadmium
- Mercury
- Nickel
- Chromium
- Copper
- Zinc
- Polychlorinated biphenyls (PCB)
- Chlorinated paraffins
- Chlorofluorocarbons (CFC)
- Hydrochlorofluorocarbons (HCFC) and hydrofluorocarbons (HFC)
- Sulphur hexafluoride

The twelve substances above were selected from a long list of “undesirable” substances. The selection was mainly based on toxicity (either to the environment or to human health) and the consumption of the substances.

An inventory of the twelve substances was carried out including application, consumption, toxicity and expected typical disposal processes for the corresponding waste. Based on data from the inventory and assumptions of the service-life of the building waste a simple model was developed to forecast the amounts of the substances we may expect in building waste in the period 2001 to 2025. The model was applied for each substance resulting in graphs showing the input of the substance, in the building sector and, its output in the waste stream.

Based on the results of the model, together with the information obtained from the inventory, a list of recommendations for the management of the building waste containing the twelve harmful substances has been formulated.

A summary of these recommendations is given in the following.

- Prioritisation and detailed assessment of the identified harmful substances:
 - It is recommended that effort are put into the procurement of detailed information about the flows of the twelve substances in building waste in order to prioritise and plan future initiatives.
- Technical investigations:
 - It is recommended that technical investigations are performed to reveal the possibilities for removal and handling of building materials containing harmful substances to reduce the amounts that are incinerated.

These investigations may comprise:

- Removal and sorting of building components and furnishings containing the metals: lead, cadmium, nickel, chromium, copper and zinc.
 - The removal and sorting of plastic and sealant containing lead and cadmium and the organic substances PCB and chlorinated paraffins.
 - The removal, sorting and handling of insulating compounds and foams containing CFC, HCFC and HFC.
 - The handling of double or triple glazed windows and sealant containing PCB and the removal of windows containing sulphur hexafluoride.
 - The cleaning of walls and other surfaces to remove paint and other coatings containing lead, chromium, zinc and chlorinated paraffins before these components may be re-used.
- Information and initiatives:
 - It is recommended that efforts are made within the construction sector to provide information and education in relation to the handling of harmful substances in building waste.
 - It is particularly recommended that the Danish Demolition Association (“Nedbrydningsbranchen”) is prescribed to implement effective methods for the identification, removal and handling of harmful substances. This can be done by following the addendum to “Nedbrydningsbranchens Miljøkontrolordning 1996” (NMK 96).

Finally, when the technical foundation for a more comprehensive handling of building waste is established, it is recommended that guidelines and rules are

formulated for addition to local waste regulations, thereby ensuring the effective implementation of new or improved methods of waste handling.

Indholdsfortegnelse

FORORD	1
RESUMÉ	2
SUMMARY	5
INDHOLDSFORTEGNELSE	8
<i>TILLÆG</i>	11
1 INDLEDNING	12
1.1 BAGGRUND	12
1.2 FORMÅL	13
1.3 FORMIDLING AF PROJEKTETS ERFARINGER OG RESULTATER	13
2 METODE	14
2.1.1 <i>Projektforløb</i>	14
2.2 AFGRÆNSNINGER OG FORUDSÆTNINGER	14
2.3 FREM GANGSMÅDE	15
2.3.1 <i>Kortlægning af Problematiske stoffer</i>	15
2.3.2 <i>Beskrivelse af væsentlige problematiske stoffer</i>	15
2.3.3 <i>Affaldsstrømme for problematiske stoffer</i>	15
2.3.4 <i>prognose</i>	15
3 KORTLÆGNING AF PROBLEMATISKE STOFFER	17
3.1 DEFINITION AF PROBLEMATISKE STOFFER	17
3.2 UDVÆLGELSE AF STOFFER	17
3.3 DATAGRUNDLAG	21
4 BESKRIVELSE AF SÆRLIGT PROBLEMATISKE STOFFER	24
4.1 BLY	24
4.1.1 <i>Anvendelse og forbrug</i>	24
4.1.2 <i>Sundhed, miljø og regulering</i>	25
4.1.3 <i>Affaldshåndtering</i>	26
4.2 CADMIUM	26
4.2.1 <i>Anvendelse og forbrug</i>	26
4.2.2 <i>Sundhed, miljø og regulering</i>	27
4.2.3 <i>Affaldshåndtering</i>	27
4.3 KVIKSØLV	28
4.3.1 <i>Anvendelse og forbrug</i>	28
4.3.2 <i>Sundhed, miljø og regulering</i>	28
4.3.3 <i>Affaldshåndtering</i>	29
4.4 NIKKEL	30
4.4.1 <i>Anvendelse og forbrug</i>	30
4.4.2 <i>Sundhed, miljø og regulering</i>	31
4.4.3 <i>Affaldshåndtering</i>	31
4.5 CHROM	32
4.5.1 <i>Anvendelse og forbrug</i>	32
4.5.2 <i>Sundhed, miljø og regulering</i>	33
4.5.3 <i>Affaldshåndtering</i>	33

4.6	KOBBER	33
4.6.1	<i>Anvendelse og forbrug</i>	34
4.6.2	<i>Sundhed, miljø og regulering</i>	34
4.6.3	<i>Affaldshåndtering</i>	35
4.7	ZINK	36
4.7.1	<i>Anvendelse og forbrug</i>	36
4.7.2	<i>Sundhed, miljø og regulering</i>	37
4.7.3	<i>Affaldshåndtering</i>	37
4.8	PCB	37
4.8.1	<i>Anvendelse og forbrug</i>	38
4.8.2	<i>Sundhed, miljø og regulering</i>	39
4.8.3	<i>Affaldshåndtering</i>	41
4.9	CHLORPARAFFINER	42
4.9.1	<i>Anvendelse og forbrug</i>	42
4.9.2	<i>Sundhed, miljø og regulering</i>	43
4.9.3	<i>Affaldshåndtering</i>	44
4.10	CFC	45
4.10.1	<i>Anvendelse og forbrug</i>	45
4.10.2	<i>Sundhed, miljø og regulering</i>	46
4.10.3	<i>Affaldshåndtering</i>	46
4.11	HCFC OG HFC'ER	46
4.11.1	<i>Anvendelse og forbrug</i>	47
4.11.2	<i>Sundhed, miljø og regulering</i>	47
4.11.3	<i>Affaldshåndtering</i>	48
4.12	SVOVLHEXAFLUORID	48
4.12.1	<i>Anvendelse og forbrug</i>	48
4.12.2	<i>Sundhed, miljø og regulering</i>	48
4.12.3	<i>Affaldshåndtering</i>	49
5	BYGGEAFFALD 2001-2025 OG PROGNOSEMODELLER	50
5.1	INDLEDNING	50
5.2	PROBA	50
5.3	BYGGE- OG ANLÆGSAFFALD I 1990'ERNE	52
5.4	FREMTIDIG UDVIKLING 2001 - 2025	53
5.5	PROGNOSEMODELLER	56
5.5.1	<i>Model for prognosticering af byggeaffald</i>	56
5.5.2	<i>Model for prognosticering af PVC i byggeaffald</i>	57
5.5.3	<i>Model for prognosticering i dette projekt</i>	57
5.5.4	<i>Anvendt Prognosemodel</i>	58
6	BYGGEAFFALD MED PROBLEMATISKE STOFFER 2001-2025	63
6.1	INDLEDNING	63
6.2	PROGNOSEMODEL	66
6.3	BLY	67
6.3.1	<i>Mængder af bly i byggeriet</i>	67
6.3.2	<i>Prognose for bly i affaldsstrømmen</i>	68
6.3.3	<i>Affaldshåndtering</i>	68
6.3.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	68
6.4	CADMIUM	69
6.4.1	<i>Mængder af cadmium i byggeriet</i>	69
6.4.2	<i>Prognose for cadmium i affaldsstrømmen</i>	70
6.4.3	<i>Affaldshåndtering</i>	70
6.4.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	70
6.5	KVIKSØLV	71
6.5.1	<i>Mængder af kviksølv i byggeriet</i>	71
6.5.2	<i>Prognose for Kviksølv i affaldsstrømmen</i>	72

6.5.3	<i>Affaldshåndtering</i>	72
6.5.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	72
6.6	NIKKEL	73
6.6.1	<i>Mængder af nikkel i byggeriet</i>	73
6.6.2	<i>Prognose for Nikkel i affaldsstrømmen</i>	74
6.6.3	<i>Affaldshåndtering</i>	74
6.6.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	74
6.7	CHROM	75
6.7.1	<i>Mængder af chrom i byggeriet</i>	75
6.7.2	<i>Prognose for Chrom i affaldsstrømmen</i>	76
6.7.3	<i>Affaldshåndtering</i>	76
6.7.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	76
6.8	KOBBER	77
6.8.1	<i>Mængder af kobber i byggeriet</i>	77
6.8.2	<i>Prognose for Kobber i affaldsstrømmen</i>	78
6.8.3	<i>Affaldshåndtering</i>	78
6.8.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	78
6.9	ZINK	78
6.9.1	<i>Mængder af Zink i byggeriet</i>	78
6.9.2	<i>Prognose for Zink i affaldsstrømmen</i>	79
6.9.3	<i>Affaldshåndtering</i>	80
6.9.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	80
6.10	PCB	81
6.10.1	<i>Mængder af PCB i byggeriet</i>	81
6.10.2	<i>Prognose for PCB i affaldsstrømmen</i>	82
6.10.3	<i>Affaldshåndtering</i>	82
6.10.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	82
6.11	CHLORPARAFFINER	83
6.11.1	<i>Chlorparaffiner i byggeriet</i>	83
6.11.2	<i>Prognose for chlorparaffiner i affaldsstrømmen</i>	84
6.11.3	<i>Affaldshåndtering</i>	84
6.11.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	84
6.12	CFC	85
6.12.1	<i>Mængder af CFC i byggeriet</i>	85
6.12.2	<i>Prognose for CFC i affaldsstrømmen</i>	85
6.12.3	<i>Affaldshåndtering</i>	86
6.12.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	86
6.13	HCFC + HFC	86
6.13.1	<i>Mængder af HCFC og HFC i byggeriet</i>	86
6.13.2	<i>Prognose for HCFC + HFC i affaldsstrømmen</i>	87
6.13.3	<i>Affaldshåndtering</i>	87
6.13.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	87
6.14	SVOVLHEXAFLUORID	88
6.14.1	<i>Mængder af svovlhexafluorid i byggeriet</i>	88
6.14.2	<i>Prognose for Svovlhexafluorid i affaldsstrømmen</i>	88
6.14.3	<i>Affaldshåndtering</i>	89
6.14.4	<i>Konklusioner og anbefalinger</i>	89
7	SAMMENFATTENDE KONKLUSIONER OG ANBEFALINGER	91
7.1	INDLEDNING	91
7.2	HÅNDTERING AF PROBLEMATISKE STOFFER	91
7.2.1	<i>Bly</i>	91
7.2.2	<i>Cadmium</i>	91
7.2.3	<i>Kviksølv</i>	92
7.2.4	<i>Nikkel</i>	92
7.2.5	<i>Chrom</i>	92

7.2.6	<i>Kobber</i>	92
7.2.7	<i>Zink</i>	93
7.2.8	<i>PCB</i>	93
7.2.9	<i>Chlorparaffiner</i>	93
7.2.10	<i>CFC</i>	93
7.2.11	<i>HCFC + HFC</i>	94
7.2.12	<i>SvovlHexaFluorid</i>	94
7.3	FORSLAG TIL FORTSATTE INITIATIVER	94
7.3.1	<i>Prioritering af behovet for fortsatte initiativer</i>	94
7.3.2	<i>Detaljeret undersøgelse af de højest prioriterede stoffer</i>	95
7.3.3	<i>Tekniske undersøgelser</i>	95
7.3.4	<i>Udvikling af styringsmidler</i>	96
8	LITTERATUR	97

TILLÆG

- Tillæg 1 Bruttoliste over problematiske stoffer i byggeaffald
- Tillæg 2 Arbejdsrapport i forbindelse med screening af problematiske stoffer
- Tillæg 3 Liste over koder og mærkninger af farlige stoffer
- Tillæg 4 Inputkurver til prognosemodeller for de 12 udvalgte stoffer

1 Indledning

1.1 Baggrund

Ifølge Affald 21, Affaldsplan 1998 – 2004 blev der i 1996 produceret 12,9 millioner tons affald i Danmark – en stigning på godt 10 % fra 1995 til 1996 [Miljøstyrelsen, 1999]. En fjerdedel af denne stigning tilskrives affald fra bygge- og anlægssektoren, hvor affaldet fra nedbrydnings-arbejder er dominerende sammenlignet med affald fra nybyggeri og renovering.

Med henvisning til Miljøprojekt 150 og 151 "Prognose for bygge- og anlægsaffald" (PROBA), blev det anslået, at de potentielle mængder af bygge- og anlægsaffald, dvs. registrerede plus ikke registrerede mængder, ville stige svagt fra ca. 4,5 millioner tons i 1990 til ca. 4,7 millioner tons i 2000 og til ca. 5 millioner tons pr. år i 2015, ekskl. jord og asfalt [Miljøstyrelsen PROBA, 1990]. Som det fremgår af den seneste statistik for bygge- og anlægsaffald for 1998, er de registrerede mængder af bygge- og anlægsaffald opgjort til ca. 3,4 millioner tons i 1997 og ca. 3 millioner tons i 1998 og 1999.

Af affaldsplanen fremgår endvidere, at genanvendelsen af bygge- og anlægsaffald skal fastholdes på det nuværende høje niveau (målet er 90% genanvendelse i 2004) og, at de miljøbelastende stoffer og materialer fra byggesektoren skal indsamles og behandles separat. Dette gælder PVC, elektriske og elektroniske produkter samt imprægneret træ.

Blandt fremtidige initiativer, som nævnes i affaldsplanen vedrørende bygge- og anlægsaffald, skal der desuden iværksættes en undersøgelse, der skal kortlægge behovet for udsortering af andre miljøbelastende fraktioner og/eller stoffer fra bygge- og anlægssektoren.

Ved problematiske stoffer (og materialer) forstås i denne sammenhæng stoffer, der er nævnt af myndighederne på lister over stoffer med sundhedsskadelige og/eller miljøfarlige egenskaber, jf. "Problematiske stoffer i byggevarer" [Krogh, 1999]. En del af de problematiske stoffer er allerede undersøgt og kortlagt. Det gælder stoffer og materialer som PVC, imprægneret træ og asbest. Der er imidlertid en række potentielt farlige stoffer, hvor der ikke er udført tilsvarende undersøgelser og kortlægninger. Eksempler herpå omfatter forskellige tungmetaller, organiske forbindelser og svært nedbrydelige stoffer.

Selv om der er tale om små procentuelle mængder (*vægt-procenter*), er de samlede mængder af omtalte problematiske stoffer af væsentlig betydning for miljø og sundhed. Dertil kommer det særlige forhold, at selv om der gives regler og anvisninger for håndtering af størstedelen af de nævnte problematiske stoffer, har det hidtil knebet med nedbrydnings branchens incitament og praktiske muligheder for udsortering og indsamling af stofferne. Stofferne er derfor i vid udstrækning blevet "fortyndet" i de store mængder af genanvendelige beton- og teglfraktioner eller endt i de fraktioner, som er blevet forbrændt eller deponeret.

1.2 Formål

Formålet med dette fase 1 projekt har været at undersøge og beskrive strømme af andre problematiske stoffer, som forventes at fremkomme i bygge- og anlægsaffald i perioden fra 2001 til 2025, for herigennem at opnå et bedre beslutningsgrundlag for iværksættelse af en eventuel indsats omkring udsortering, indsamling og behandling af problematiske affaldsfraktioner.

1.3 Formidling af projektets erfaringer og resultater

Denne rapport tjener som afrapportering af hele projektførelsen med en præsentation af de registreringer og den informationsmængde, der er blevet indsamlet. Rapportens Tillæg omfatter specifikke data fra de gennemførte kortlægninger.

I rapportens tekst henvises med [xx, årstal] til referencer, som er angivet i afsnit 8.

Projektets erfaringer og resultater formidles ved efterfølgende offentliggørelse af rapporten som Arbejdsrapport udlagt på Miljøstyrelsens hjemmeside (www.mst.dk). Projektgruppen har endvidere til hensigt at søge støtte til gennemførelse af de efterfølgende tre faser i det samlede projekt.

2 Metode

I det følgende skitseres projektførløbet og de væsentligste projektafgrænsninger. Derefter gives en kort beskrivelse af hvilke metoder (fremgangsmåder), der er blevet anvendt i forbindelse med gennemførelsen af projektets forskellige faser.

2.1.1 Projektførløb

Projektet er gennemført i følgende faser:

Fase 1 Videnindsamling

Indsamling af viden om materialestrømme af bygge- og anlægsaffald samt strømme af problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald i bred almindelighed ved gennemgang af danske og internationale databaser, herunder især data og statistikker fra ISAG og Dansk Center for Affald.

Fase 2 Kortlægning af andre problematiske stoffer

Gennemgang af oplysninger om den danske bygningsmasse og vurdering af indholdet af problematiske stoffer i forskellige bygningskomponenter og materialer. Opstilling af oversigt over problematiske stoffer med beskrivelse af egenskaber og effekter på miljø og sundhed ved håndtering, genanvendelse og bortskaffelse af stofferne.

Fase 3 Prognose for bygge- og anlægsaffald i perioden 2001 – 2025

Evalueret af prognose for bygge- og anlægsaffald 1990 - 2015 fra Miljøstyrelsen PROBA (1990). Justering og udvidelse af prognosen til at gælde for perioden fra 2001 til 2025 på grundlag af information fra ISAG statistikker samt supplerende viden og erfaringer.

Fase 4 Prognose for problematiske stoffer i perioden 2001 - 2025

Opstilling af prognose for generering af problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald i perioden fra 2001 til 2025 på grundlag af resultaterne af fase 3. Prognosen omfatter særligt udvalgte problematiske stoffer.

Fase 5 Rapportering

Udarbejdelse af en kortfattet arbejdsrapport som formel dokumentation og formidling af projektets resultater.

2.2 Afgrænsninger og forudsætninger

Det skal understreges, at selv om projektets titel angiver *andre problematiske stoffer i bygge- og anlægsaffald*, omhandler undersøgelsen alene problematiske stoffer i byggeaffald. Denne afgrænsning blev foretaget dels ud fra en vurdering om, at forekomsten af de udvalgte problematiske stoffer i anlægsaffald var marginale, samt ud fra en vurdering af hvad det var praktisk muligt at behandle indenfor projektets ramme.

Det foreliggende datamateriale for de udvalgte stoffer har generelt været varierende i omfang og detaljerings grad fra stof til stof. Dette har medvirket til usikkerhed med hensyn til såvel vurdering af mængderne af stofferne i det eksisterende byggeri såvel som prognostisering af de forventede mængder i affaldsstrømmene.

De specifikke forudsætninger og antagelser, der er gjort i forbindelse med prognosticeringen af problematiske stoffer i byggeaffald i perioden 2001-2025, er beskrevet senere i rapporten i afsnit 5 og 6 hvortil henvises.

2.3 Fremgangsmåde

2.3.1 Kortlægning af Problematiske stoffer

Ved problematiske stoffer forstås her i bred almindelighed stoffer, der forekommer på officielle lister, listen over uønskede stoffer, effektlisten og/eller listen over farlige stoffer. I dette projekt er der indledningsvis foretaget *identifikation* af problematiske stoffer i bygningsdele og byggevarer. På dette grundlag er der opstillet en *bruttoliste over problematiske stoffer i byggeaffald* vedlagt som Tillæg 1.

Herefter er der foretaget en sammenlignende vurdering og klassifikation af de enkelte stoffers sundhedseffekter, miljøfarlighed og totale mængder, hvilket har ført til *udvælgelse af de 12 væsentligste problematiske stoffer* med henblik på nærmere undersøgelser. Listen over de 12 udvalgte stoffer er blevet præsenteret for følgegruppen og godkendt på følgegruppemøde .1. marts 2000.

2.3.2 Beskrivelse af væsentlige problematiske stoffer

For hver af de tolv udvalgte stoffer er der foretaget en *vidensindsamling* vedrørende *forbruget* af de enkelte stoffer i byggeriet. Herunder gives en status for udvikling og anvendelse af stofferne i de enkelte byggematerialer. En stor del af denne baggrundsviden er hentet fra foreliggende danske rapporter suppleret med især norsk og svensk litteratur.

2.3.3 Affaldsstrømme for problematiske stoffer

På grundlag af vidensindsamlingen og foreliggende affaldsstatistikker er der for hver af de problematiske stoffer givet en *beskrivelse af affaldsstrømmen* for de respektive byggevarer og bygningsdele, som de optræder i. På grundlag af det foreliggende data materiale suppleret med køn og antagelser der er opstillet *individuelle prognose modeller* for de respektive stoffers affaldsstrømme.

Modellerne opbygges på baggrund af en simpel, men helhedsorienteret vurdering af byggevarer og bygningsdele indeholdende de udvalgte stoffer, hvor der særligt er lagt vægt på:

- Forbrug af materialer til byggeriet over en given tidsperiode
- Forventede levetider for de enkelte materialer og byggevarer
- Bortskaffelse af de respektive affaldsfraktioner

2.3.4 prognose

På grundlag af 10 års erfaring siden udvikling af PROBA-modellen, i Miljøstyrelsen, PROBA (1990), og den løbende affaldsregistrering

sammenholdt med forventninger til byggeriets udvikling gives en kortfattet vurdering af *tendenser i udviklingen af strømmene i byggeaffald frem til 2025*.

På grundlag af de generelle tendenser for de fremtidige strømme af byggeaffald sammenholdt med de skønnede *prognoser* for de individuelle affaldsstrømme for byggeaffald med problematiske stoffer gives et sammenfattende skøn over de fremtidige byggeaffalds-strømme med problematiske stoffer.

Projektet afsluttes med en vurdering af mulighederne for genanvendelse og reduktion af de forskellige affaldstyper, herunder forslag til en fremtidig miljømæssig og økonomisk forsvarlig håndtering af byggeaffald med et større eller mindre indhold af de tolv nævnte problematiske stoffer.

3 Kortlægning af problematiske stoffer

3.1 Definition af problematiske stoffer

Problematiske stoffer defineres her ud fra de officielle lister, hvor Miljøstyrelsen har listet stoffer med særlige betænkelige egenskaber:

- Effektlister [Miljøstyrelsen, 2000a]
- Listen over uønskede stoffer [Miljøstyrelsen, 2000b]

Stofferne på listerne kan inddeles i:

- Metaller og metalforbindelser
- Organiske stoffer
- Uorganiske materialer

Metaller og metalforbindelser er karakteriseret ved, at de dels kan være toksiske, men også at metaller kan akkumuleres i miljøet og til sidst ende i fødekæden. Myndighederne har derfor fokuseret på at reducere brugen af kviksølv, cadmium og bly (de tre mest miljøproblematiske metaller). I dag er der også begrænsninger i anvendelse af nikkel og chrom og i Miljøstyrelsens bekendtgørelse for anvendelse af restprodukter også krav til indhold af kobber og zink.

De organiske stoffer kan ligeledes være meget svært nedbrydelige og kan derfor også akkumuleres i miljøet og op gennem fødekæden. Nogle af de organiske stoffer er også meget sundhedsskadelige.

Uorganiske stoffer som asbest og syntetiske mineralfibre er på listen over materialer, der er mistænkt for at være kræftfremkaldende.

I projektet start er der indledningsvis udarbejdet en *Bruttoliste* over potentielt problematiske materialer og stoffer i byggeriet. Listen er udarbejdet på grundlag af gennemgang af eksisterende litteratur som massestrømsanalyserapporter samt erfaringer og danner udgangspunkt for den senere udvælgelse af væsentlige problematiske stoffer i byggevarer og i bygningsdele. Denne liste *Bruttoliste over problematiske stoffer i byggeaffald* fremgår af Tillæg 1, hvortil henvises for detaljer. Det skal nævnes at der ved udarbejdelsen af *Bruttolisten* er taget udgangspunkt i stofferne på listen over uønskede stoffer, dog er der fravalgt meget flygtige forbindelser (kogepunkt fra 130 – 293 °C) og reaktanter for to-komponentforbindelser, som ikke forventes at kunne findes i byggevarer ved bortskaffelse af disse. I Tabel 3.1 nedenfor er givet en oversigt over de stoffer, der er opstillet i *Bruttolisten*.

3.2 Udvalgte stoffer

Ud fra *Bruttolisten* (Tillæg 1) er der valgt et begrænset antal stoffer, der arbejdes videre med i projektet, idet der er lagt vægt på stoffernes:

- Sundhedseffekter
- Miljøfarlighed

- Total mængde

En samlet oversigt over de udvalgte stoffer fremgår af Tabel 3.2.

Hovedgrupper:	Stoffer:	Argumenter:
Metal og metalforbindelser, der akkumuleres i miljøet	Bly	Begrænsning af stofferne,
	Cadmium	Giver sundheds- og Miljøbelastninger i forbindelse Med bortskaffelse
	Kviksølv	
	Nikkel	
	Chrom,	
	Kobber	
Zink		
Organiske chlorerede eller Bromerede forbindelser	PCB	Svært nedbrydelig og sundhedsskadelig
	PBB/PBDE	Diffus spredning i havmiljø
	HBCD	Svært nedbrydelig og sundhedsskadelig
	Chlorphenol	
	Pentachlor	Svært nedbrydelig og kræftfremkaldende
	Chlorparaffiner	Svært nedbrydelig og nogle er kræftfremkaldende
Organiske stoffer, mistænkt for at være kræftfremkaldende	Stenkulstjære	
	Kultjære	
	Creosot	
Andre organiske stoffer	Phthalater	Forekommer i slam og kompost og er sundhedsskadelig
	Phenol	Sundhedsskadelig
	Nonylphenol-ethoxylater	Problemstof i slam og skadeligt i vandmiljø
Stoffer med effekter i det ydre miljø	CFCér	Giver drivhuseffekt og nedbryder ozonlaget
	HCFCér	Giver drivhuseffekt og nedbryder ozonlaget
	Svovlhexafluorid	Drivhusgas
Materialer mistænkt for kræftfremkaldende	Asbest	
	Syntetiske mineralfibre	

Tabel 3.1. Oversigt over stoffer, der indgår i Bruttolisten over problematiske stoffer i byggeaffald (for detaljer henvises til Tillæg 1)

Udvælgelsen af stofferne i Tabel 3.2. er sket ved screening af stofferne ved hjælp af en simpel score-model hvor der, som indikeret ovenfor, især er lagt vægt på om stoffet har eller er mistænkt for at have alvorlige sundhedseffekter (f.eks. kræftfremkaldende), om stoffet akkumuleres i miljøet, og om der bruges en stor mængde af stoffet (f.eks. 1000 tons pr. år).

	Sundhed	Miljø	Mængde
Bly og blyforbindelser	A, B, C	+	+++
Cadmium og cadmiumforbindelser	A, B, C	+++	+
Kviksølv og Kviksølvforbindelser	A, C	+++	+
Nikkel og nikkelforbindelser	A, B, C	++	+++
Chrom og chromforbindelser	Chrom(VI)forb.: A, B, C	+	+++
Kobber og kobberforbindelser	Kobberforb.: A, C		+++
Zink og zinkforbindelser	C		+++
Organisk tinforbindelser	A, C	+++	+
PCB	C	+++	+++
Bromerede flammehæmmere (PBB;PBD;HBCD)	A	+++	++
Pentachlor	B, C	Mangler opl.	Mangler oplys.
Chlorparaffiner <i>Kortkædede</i> <i>Mellemkædede</i> <i>Langkædede</i>	A	Mangler opl.	+++
Tjæreprodukter	A, B, C	Mangler opl.	Mangler oplys.
Creosotforbindelser	A, B, C	Mangler opl.	Mangler oplys.
Phthalater	A, B, C	++	+++
Phenol	A, C	Mangler opl.	Mangler oplys.
Nonylphenol-ethoxylater	A	++	++
CFCér		+++	++
HFCér	A	+++	++
Svovlhexafluorid	A	+++	+
Asbest	B, C	-	Mangler oplys.
Borforbindelser	A	Mangler opl.	Mangler oplys.
Syntetiske mineralfibre	B, C	-	Mangler oplys.

Tabel 3.2. Screening af stofferne fra bruttolisten og ud fra Scoringskriterier i forhold til indflydelse på sundhed, miljøbelastning og mængder i Danmarks byggesektor.

Følgende subjektive screenings/scorings-kriterier er blevet brugt til at udvælge de væsentligste problematiske stoffer ud fra oplysninger om sundhed, miljø og mængder:

I forhold til sundhed gives der:

- (A) når stof eller stofforbindelse er listet på listen over uønskede stoffer,
- (B) når stof eller stofforbindelse er vurderet eller mistænkt for at være kræftfremkaldende eller reproduktionstoksisk og
- (C) når stof eller stofforbindelse er klassificeret som farligt;

I forhold til miljø:

- (+++) når stof eller stofforbindelse har en stor indflydelse på miljøet dvs. indvirker på drivhuseffekten, nedbrydningen af ozonlaget mm., hvis stof/stofforbindelse er *prioriteret*, eller hvis grænseværdien for stof/stofforbindelse i spildevandsslam er $< 0,8$ mg/ts;
- (++) når grænseværdien for stof eller stofforbindelse i spildevandsslam er < 30 mg/ts;
- (+) når grænseværdien for stof eller stofforbindelsen er < 120 mg/ts [Bekendtgørelse nr. 49, 2000].

I forhold til mængder:

- (+++) når det årlige forbrug af stof eller stofforbindelse i Danmark er over 1000 tons,
- (++) når det årlige forbrug af stof eller stofforbindelse er over 100 tons og
- (+) når det årlige forbrug er over 10 tons.

Der henvises til Tillæg 2 for detaljer.

Ud fra Tabel 3.2 er følgende tolv stoffer, som angivet i Tabel 3.3, udvalgt som værende meget væsentlige og vil blive behandlet videre i projektet.

	Sundhedseffekt:	Miljøfarlighed:	Forbrug pr år:
Bly	Blyforbindelser er reproduktionstoksiske	120	Over 1000 t
Cadmium	Nogle cadmiumforbindelser er kræftfremkaldende.	0,8	Under 10 t
Kviksølv	Kviksølv og kviksølvforbindelser er giftige	0,8	Under 10 t
Nikkel	Nogle forbindelser er kræftfremkaldende	300	Over 1000 t
Chrom	Chromforbindelser (IV) er kræftfremkaldende	100	Ej fastsat
Kobber	Nogle forbindelser er giftige	1000	Over 100 t
Zink	Nogle zinkforbindelser er farlige	4000	Ej fastsat?
PCB	Kan ophobes i levende væv	Prioriteret i havmiljø	Over 100 t i perioden 1956-1973
Chlorparaffiner	Ikke klassificeret, Kortkædede mistænkt for at være kræftfremkaldende,		Ej fastsat
CFC'er		Drivhuseffekt, skader ozonlaget	>100 t
HCFC'er og HFC'er		Drivhuseffekt, Skader ozonlaget	>100 t
Svovlhexafluorid		Drivhuseffekt	>10 t

Tabel 3.3. Oversigt over de tolv væsentlige problematiske stoffer i Byggeri (byggeaffald).

3.3 Datagrundlag

Der er indhentet oplysninger for de udvalgte stoffer ved gennemgang af:

- Massestrømsanalyser, publiceret som rapporter fra Miljøstyrelsen
- Publiceret massestrømsanalyser i Norden (især fra Sverige og Norge)
- Litteratursøgning i internationale databaser
- Kontakt til udvalgte institutioner, som har beskæftiget sig med emnet

De fleste informationer er hentet fra massestrømsanalyser, der kortlægger det totale forbrug i Danmark pr. år, men der er ikke altid angivet forbruget inden for byggesektoren. De nyeste rapporter angiver, hvorledes byggevarer bortskaffes ofte med en fordeling på de forskellige bortskaffelsesmåder.

Data i de enkelte rapporter kan være usikre, da de bygger på antagelser og skøn, men de danske data bliver understøttet af data fra Norge og Sverige, idet der så forudsættes, at byggeskikken og byggeaktiviteten har været nogenlunde den samme.

Der er gennemført en generel litteraturundersøgelse vedrørende byggeaffald og problematiske stoffer ved hjælp af databaser og hjemmesider. Undersøgelsen viste, at emnet ikke er særligt belyst og viden først og fremmest skal hentes i rapporter fra miljømyndighederne så som massestrømsanalyser samt via interview at nøglepersoner.

		Total forbrug i Danmark	Forbrug i byggesektor
Metal- og metalforbindelser	Bly	X	X
	Cadmium	X	- ²
	Kviksølv	X	-
	Nikkel	X	-
	Chrom	- ¹	-
	Kobber	X	X
	Zink	-	-
Chlorerede organiske Forbindelser	Polychlorerede biphenyler (PCB)	X	X
	Chlorparaffiner	X	-
Drivhusgas og ozonnedbrydende gasser	CFCér	X	-
	HCFCér og HFCér	X	-
Drivhusgas	Svovlhexafluorid	X	X

¹ Der mangler en dansk massestrømsanalyse.

² Der er ikke i litteraturen angivet forbrug for byggesektoren.

Tabel 3.4. De tolv udvalgte problematiske stoffer med angivelse af undersøgelse af forbrug i DK som helhed og særskilt i byggesektoren. "X" angiver, at der foreligger data for forbrug.

4 Beskrivelse af særligt problematiske stoffer

I nærværende kapitel gennemgås de tolv udvalgte stoffer enkeltvis med fokus på beskrivelse af hvilke byggevarer stofferne hovedsagelig indgår i, samt mængderne i byggeriet pr. år, i udvalgte år, afhængig af hvilke oplysninger det har været muligt at indhente i det benyttede kildemateriale. Desuden beskrives sundheds- og miljøfarlige egenskaber samt den relevante lovgivning i henhold til stoffet. Til sidst fremlægges bud på bortskaffelses scenarier for de relevante byggevarer og tilhørende stoffer. Bortskaffelsen antages at forgå enten ved genanvendelse/genvinding (herefter benyttes kun betegnelsen genanvendelse), forbrænding eller deponering.

4.1 Bly

I december 2000 trådte Bekendtgørelsen om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly i kraft for at undgå fortsat belastning af mennesker og miljø med bly [Bekendtgørelse nr. 1012, 2000]. Fra december 2002 bliver det forbudt at bruge bly til inddækninger på nybyggeri. Renovering og reparation af eksisterende byggeri er dog ikke omfattet af forbudet.

4.1.1 Anvendelse og forbrug

Bly anvendes primært til inddækninger, kabler og stabilisator i PVC. I Sverige anvendtes især bly til rør og kabler i perioden 1900-1995, og i Norge anvendtes bly i byggevarer, til kabler og kun en lille mængde til blyforbindelser (ikke nærmere specificeret).

Bly har tidligere været anvendt som blyrør og i samlinger for afløbsrør før 1970 (ca. 900 g pr. samling). Bly anvendes til tage (især historiske bygninger), men den største anvendelse er til inddækninger og til kabler. Blyforbindelser anvendes også som stabilisator i PVC, men erstattes i dag af andre forbindelser. Blyoxid, blychromat og blynaphthenat bruges i maling, og blyforbindelser indgår også som sikkativer i maling og lak. Tabel 4.1 viser forbruget af bly i Danmark, fordelt på byggevarer i årene 1985 og 1994.

	Mængde i ton i 1985	Mængde i ton i 1994	Procentmæssig fordeling
Inddækninger	3300	3700	60 %
Tagplader	400	400	6 %
Kabler	2400	1570	25 %
Rør		20	0 %
Blyindfatninger	120	5	0 %
PVC	200	400	6 %
Sikkativer, maling	65	45	1 %
Lamper	200	20	0 %
Cement		40	1 %
Total	6685	6200	100 %

Tabel 4.1 Forbrug af bly i byggeri [Miljøstyrelsen, 1989 ; Lassen og Hansen, 1996b]

Forbruget af bly i byggesektoren udgør ca. 30% af det totale forbrug i Danmark, hvilket er betydelig højere end i Sverige (19%) og i Norge (14%). Forbruget af bly i Danmark i 1994 var 20.000 tons mod 16.000 tons i 1995 i Norge.

4.1.2 Sundhed, miljø og regulering

Bly er et tungmetal, der har både har akutte og kroniske sundheds- og miljøeffekter. Nogle blyforbindelser er akut giftige for vandlevende organismer og pattedyr og kronisk giftige selv i små koncentrationer. Kronisk blyforgiftning viser sig ved virkninger på nervesystemet og immunsystemet. Blyforbindelserne kan også give kræft. Bly bioakkumuleres i fisk og pattedyr og har en udskillelse på over 20 år. Optagelse af bly sker langsom under langvarig kronisk eksponering.

	Klassificering	Mærkning
Blyforbindelser	Rep1, Rep3 X _n N R20/21/22, R33;R50/53, R61, R62	T N R20/21/22, R33, R50/53, R61 S53, S45, S60, S61

Tabel 4.2 Klassificering af uorganiske og organiske blyforbindelser. Forklaring af koderne i tabellen findes i Tillæg 3.

Der henvises til *Bekendtgørelse om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly* [Bekendtgørelse nr.1012, 2000] og *Bekendtgørelse om tilskud til indsamling og genanvendelse af blyakkumulatorer* [Bekendtgørelse nr.1060, 2000]. For kabler og elektronik med bly gælder *Bekendtgørelse om håndtering af elektriske og elektroniske produkter*, der skal sikre aflevering til kommunal indsamlings/anvisningsordning [Bekendtgørelse nr.1067, 1998].

4.1.3 Affaldshåndtering

Det oplyses, at hovedparten af bly fra tage og inddækninger fra renovering- og nedrivnings-arbejder genanvendes dvs. indleveres eller indsamles til skrothandler [Lassen og Hansen, 1996]. Der angives ingen egentlig genanvendelsesprocent, men den skønnes til at være i størrelsesordenen 90 %. De resterende 10 % af bly i tage og inddækninger bortskaffes enten ved forbrænding eller deponering. I denne sammenhæng antages det at halvdelen ca. 5 % forbrændes og ca. 5 % deponeres.

Med hensyn til bly i el-kabler (kabelskrot) antages bortskaffelsen at fordele sig på følgende måde: ca. 50 % genanvendes, ca. 10 % forbrændes og de resterende ca. 40 % deponeres.

4.1.3.1 Udvikling

Forbruget af bly til byggesektoren har været næsten konstant i perioden 1985-1994, som angivet i Tabel 4.1 ovenfor. Der har været en svag stigning i anvendelse af bly til inddækninger i perioden 1985-1994, og en stærk stigning af bly i PVC, hvilket skyldes et større forbrug af vinduer og døre af PVC-plast, hvor bly indgår. I dag kan der fås PVC vinduer uden bly.

Forbruget af bly til kabler er faldet i denne periode (1985-1994), og det gælder ligeledes for lyskilder og maling. Blyforbindelser anvendes ikke længere i bygningsmaling, hvor blyoxid, der har været brugt som korrosionsbeskyttelse blev udfaset i starten af 1990'erne og blyulfid blev udfaset i 1970'erne. Blysekkativer anvendes heller ikke længere, men blev typisk brugt i 1960'erne og 1970'erne [Danmarks Farve- og Lakindustri, 2000]. I Sverige er der anvendt blyrør til vandforsyningsformål op til 1970, men forbruget var størst i perioden 1900-1939.

På baggrund af indhentede oplysninger gennem dette projekt antages det, at bly til inddækninger og tage har været næsten konstant i perioden 1985-1994. Bly i PVC følger forbruget af PVC, dog med en fordeling (2:1:0,6) af bly til henholdsvis rør, vinduer og tage jvf. tal fra 1994 (se Tabel 4.1). Kabler af PVC har tidligere indholdt bly i størrelsesordenen 1,2-2,5 % bly.

4.2 Cadmium

Tidligere har cadmium været anvendt til overfladebehandling af metaller, men dette har været forbudt siden 1982. Cadmium har også været anvendt som stabilisator i plast (PVC-plast).

4.2.1 Anvendelse og forbrug

Cadmium anvendes som nævnt ovenfor i stabilisatorer i PVC. Omkring 3,9 tons cadmium anvendes i tekniske anvendelser så som tagplader og vinduesprofiler, der typisk har et cadmiumindhold på ca. 0,04-0,09 %. Cadmiumindholdet i farvepigmenter og i stabilisatorer i øvrige plastprodukter til udendørs brug udgør ca. 0,1-1 %. Brugen af cadmium i stabilisatorer og i pigmenter er ophørt i 1992.

Cadmium er et følgestof til zink dvs. rent zink og galvaniserede plader indeholder cadmium. Cadmiumindholdet i zink i 1977/78 udgjorde ca. 100 gram cadmium pr. ton zink mod i 1992 at udgøre ca. 7,5 gram cadmium pr. ton zink.

Cadmium er desuden et følgestof i cement. Cadmium stammer fra flyveaske og kalk, der anvendes som råmaterialer til fabrikation af cement.

I Tabel 4.3 er forbruget af cadmium vist, fordelt på forskellige byggevarer, for årene 1977/78 og 1990 samt et estimat for forbruget i 1992.

	Mængde i ton i år 1977/78	Mængde i ton i år 1990	Mængde i ton i år 1992 (skønnet)	Procentmæssig fordeling (i 1992)
Stabilisator, plast	13	6,2	0	0 %
Følgestof i zink	3,4	0,6	1	17 %
Følgestof i cement		2,4	2	83 %
Total	16	9,2	3	100 %

Tabel 4.3 Forbrug af cadmium i byggeri [Miljøstyrelsen, 1980; Jensen 1993]

Forbruget af cadmium er faldet fra ca. 16 tons i 1977/78 til ca. 3 tons i 1992. I Norge er der kun registreret et forbrug af cadmium i PVC og dette er ophørt i 1993 [Huse, 1998].

4.2.2 Sundhed, miljø og regulering

Cadmium er et tungmetal, der er meget mobilt og let optages af planter. Cadmium og cadmiumforbindelser er akut og kronisk giftige for mennesker og dyr og flere cadmiumforbindelser er kræftfremkaldende. Cadmium ophobes i nyrer og giver kroniske nyreskader. Cadmium kan erstatte calcium i skelettet, og en høj belastning af cadmium kan derfor føre til deformationer af knogler. Cadmium bioakkumuleres i fisk og pattedyr og har en lang halveringstid.

	Klassificering	Mærkning
Cadmiumforbindelser Konc ≥ 0,1%	X _n R20/21/22	

Tabel 4.4 Klassificering af cadmium forbindelser. Forklaring af koderne i tabellen findes i Tillæg 3

4.2.3 Affaldshåndtering

Cadmium i plast fra kabler m.m. antages at følge et bortskaffelsesmønster, hvor ca. 20 % genanvendes, ca. 30 % forbrændes og ca. 50 % deponeres.

Bortskaffelsen af cadmium som følgestof til zink er skønnet, idet der savnes data for bortskaffelsen af rent zink (f.eks. tagrender) og bortskaffelsen af galvaniserede produkter.

I dette bortskaffelses scenario skønnes det, at hovedparten af rene zink byggevarer og galvaniserede produkter indsamles med henblik på genanvendelse. Hermed estimeres en genanvendelsesprocent på ca. 90 % mens ca. 5 % forbrændes og ca. 5 % deponeres.

Bortskaffelsen af cadmium som følgestof i cement baserer sig på tal for det samlede bortskaffelsesmønster for bygge - og anlægsaffald, hvorom det er oplyst, at ca. 90 % bygge - og anlægsaffald genanvendes og ca. 10 % deponeres [Affaldsinformation, 2000].

4.2.3.1 Udvikling

I perioden 1960 til 1991 kan forbruget af cadmium relateres til forbruget af PVC til udendørs brug. På baggrund af de indsamlede data ses et faldende forbrug af cadmium i perioden 1977-1990. Efter 1991 bruges cadmium ikke længere i stabilisatorer.

Cadmium forekommer stadig i byggeriet i cement, *især i hvid cement*, men cadmium må ved anvendelse i cement betragtes som immobil. Dette spørgsmål bør dog i forbindelse med nedknusning og genanvendelse af beton verificeres. Cadmium optræder stadigvæk i byggeriet som følgestof i zink og følger forbruget heraf.

4.3 Kviksølv

Kviksølv er et giftigt tungmetal, som blandt andet kan virke farligt ved dannelsen af kviksølvdampe, der let optages gennem menneskers lunger og hud.

4.3.1 Anvendelse og forbrug

Kviksølv har været brugt i byggeriet i el-kontakter, måle- og kontroludstyr og lyskilder. I dag anvendes kviksølv i sparepærer. Der sker endvidere et udslip af kviksølv ved forbrænding af kul i forbindelse med cementfremstilling.

	Mængde i ton i år 1982/83	Mængde i ton i år 1992/93	Procentmæssig fordeling (i 1992/3)
Lyskilder	0,14	0,17	13 %
El-kontakter m.m.	0,52	0,40	31 %
Måle og kontroludstyr	0,40	0,50	39 %
Cement	0,08	0,22	17 %
Total	1,14	1,29	100%

Tabel 4.5 Forbrug af kviksølv i byggeri, fordelt på forskellige byggevarer, i Danmark i årene 1982/83 og 1992/93 [COWIconsult, 1985; Miljøstyrelsen, 1996b].

4.3.2 Sundhed, miljø og regulering

Kviksølv og kviksølvforbindelser er stærkt toksiske og kan give nyreskader, skader på nervesystemet, fosterskader og kontaktallergi. Kviksølv indgår i mange uorganiske og organiske forbindelser, hvor det især er de organiske forbindelser der er særligt giftige. Kviksølv kan ved udslip til luften udvaskes og overføres til vandmiljøet. I vandmiljøet kan kviksølv knytte sig til faste partikler og under anaerobe forhold omdannes til methylkviksølv, der kan ophobes i hjernevæv og forårsage irreversible ændringer i nervevævet.

Kviksølv bioakkumuleres i fisk og pattedyr først og fremmest i nyrerne og i hjernen og har en evne til at koncentreres op gennem fødekæden. Kviksølv har desuden en lang biologisk halveringstid.

	Klassificering	Mærkning
Kviksølv	T N R23, R50/53	T N R23, R50/53 S(1/2), S7, S45, S60, S61
Uorganiske Kviksølvforbindelser	X _n T _x N R20/21/22, R26/27/28,	T _x N R26/27/28, R33, R50/53 S(1/2), S13, S28, S45, S60,
Organiske kviksølvforbindelser	X _n T _x N R20/21/22, R26/27/28,	T _x N R26/27/28, R33, R50/53 S(1/2), S13, S28, S45, S60,

Tabel 4.6 Klassificering af kviksølv, uorganiske og organiske kviksølvforbindelser [Bekendtgørelse nr. 733, 2000]. Forklaring af koderne i tabellen findes i Tillæg 3.

Brugen af kviksølv og kviksølvforbindelser er i dag stærkt reguleret. Reguleringen er beskrevet i *Bekendtgørelse om forbud mod salg og eksport af kviksølv og kviksølvholdige produkter* [Bekendtgørelse nr. 692, 1998], *Bekendtgørelse om visse batterier, der indeholder farlige stoffer* [Bekendtgørelse nr. 1044, 1999] og *Bekendtgørelse om håndtering af affald af elektriske og elektroniske produkter* [Bekendtgørelsen nr. 1067, 1998].

4.3.3 Affaldshåndtering

Mængdemæssigt blev der i året 1992/93 bortskaffet en samlet mængde kviksølv i lyskilder svarende til 150 kg, med en skønnet usikkerhed på ± 50 kg [Miljøstyrelsen, 1996b]. Heraf udgjorde kviksølvmængden ca. 60 % baseret på andelen af kviksølv forbrugt i lysstofrør i forhold til samtlige typer lyskilder. Dette resulterede i en årlig mængde kviksølv på 90 kg ± 30 kg i byggeaffald (baseret på tal fra 1992/93).

R98 har længe haft et behandlingsanlæg, der varetager genanvendelse af lyskilder og i 2000 blev et nyt anlæg med en genvindingsgrad på 98% taget i brug hos elektromiljø, Vejle [Malmgren-Hansen, 2001]. Baseret herpå antages det, at ca. 90 % af alle kviksølvholdige lyskilder genanvendes mens ca. 10 % forbrændes.

Forbruget af kviksølv i elektriske kontakter og relæer i bygninger er relativt lavt. Baseret på estimater givet i Miljøstyrelsen (1996b) ligger det årlige forbrug på ca. 10-20 kg (i termo- og trykkontakter, computerudstyr samt anden elektronik). Det antages, at disse kviksølvholdige produkter bortskaffes således, at ca. 40 % genanvendes og ca. 60 % deponeres.

Med hensyn til cement, antages bortskaffelsen, at kunne sidestilles med det mønster, der er rapporteret for bygge- og anlægsaffald generelt i dag. Dvs. at

ca. 90 % genanvendes og ca. 0 % forbrændes og ca. 10 % deponeres [Affaldsinformation, 2000].

4.3.3.1 Udvikling

I Danmark er der gennemført to analyser af forbruget af kviksølv i hhv. 1982 og i 1993. Forbruget i denne periode har næsten været konstant for el-kontakter og måleinstrumenter og svagt stigende for lyskilder og udslip fra cement. Forbruget af kviksølv i forbindelse med sparepærer er stigende.

I Norge er forbruget faldende for el-kontakter, halveret for måle- og kontroludstyr og der er et svagt faldende forbrug af kviksølv i forbindelse med lyskilder i perioden 1990-1997.

Byggeriets andel af det totale forbrug er stigende, da de øvrige forbrug er reduceret kraftigt i denne periode. Byggeriets andel af kviksølv er vokset fra 6 til 20 % af den totale forbrug i Danmark i perioden 1982-1993.

4.4 Nikkel

Nikkel bruges som legeringselement i rustfast stål, men bruges også til overfladebehandling i forbindelse med forchromning.

4.4.1 Anvendelse og forbrug

Nikkel indgår i:

- rustfast stål (10 % Ni), der benyttes som plader, profiler, rør, skruer og bolte
- i legeringer til varmtvandsveksler (5 % Ni)
- overfladebehandling (forkromning)
- lyskilder (1 % Ni)

Nikkel anvendes til overfladebehandling af metal- og plastgenstande. Der anvendes et tyndt nikkellag (ca. 10-15 μ m) under chromlaget i forkromede genstande f.eks. armaturer og badeværelses-genstande, i skruer og møtrikker samt i dele til belysning. Pålægning af nikkel kan ske elektrolytisk eller ved en kemisk behandling. Nikkel bruges også i metallegeringer f.eks. i nysølv.

I tabellen nedenfor er vist forbruget af nikkel i byggesektoren i 1992. Forbruget af nikkel i Danmark var i 1992 7800 tons. Byggesektoren bruger således ca. 20 % af den totale anvendte mængde nikkel i Danmark.

	Mængde i ton	Procentmæssig fordeling
Rustfast stål	803	51 %
Varmtvand, varmeveksler	270	17 %
Profiler	230	15 %
Lyskilder	80	5 %
Nikkel til forkromning	75	5 %
Beslag	60	4 %
Låse	7	0 %
Cement	57	4 %
Total	1600	100%

Tabel 4.7 Brug af nikkel i byggevarer i 1992 [Lassen, 1996a; Lohm, 1997]

Mængden af nikkel, der anvendes i byggesektoren er baseret på en massestrømsanalyse af nikkel [Lassen, 1996a], som ikke medtager nikkel, der anvendes til rustfast stål. Mængden af rustfast stål er derfor beregnet ud fra en opgørelse i Sverige, der fortrinsvis omfatter rustfast stål. I denne opgørelse udgjorde forbruget i byggesektoren ca. 10 % af total nikkelforbruget [Lohm, 1997]. En beregning ud fra et nationalt forbrug på 8000 t medfører et forbrug på 800 t Ni i 1992. For Danmark var forbruget i 1992 6000 t Ni til rustfaste råvarer ud fra Miljøstyrelsen Produktdatabase.

4.4.2 Sundhed, miljø og regulering

Nikkel kan give allergi, 10 til 15 % af alle danske kvinder er nikkelallergikere og ca. 10 % af disse har allergi overfor nikkel i fødevarer i de koncentrationer, der normalt optræder i disse. Det er derfor vigtigt at undgå spredning i miljøet.

Endvidere er nikkel en begrænset ressource, der er således nikkel til ca. 53 år med det nuværende forbrug [Wenzel, 1996].

	Klassificering	Mærkning
Nikkel	Carc3 R40, R43	X _n R40, R43 S2, S22, S36

Tabel 4.8 Klassificering og mærkning af nikkel [Bekendtgørelse nr. 733, 2000]. Forklaring af koderne i tabel 1en findes i Tillæg 3.

Regulering af nikkel foregår efter *Bekendtgørelsen om forbud mod import og salg af visse nikkelholdige produkter* [Bekendtgørelse nr. 24, 2000].

4.4.3 Affaldshåndtering

I Lassen et al. (1996a) oplyses det, at ca. 97 % af anvendt rustfast stål i Danmark indsamles med henblik på genanvendelse. Det inkluderer relativt store emner såsom profiler, armaturer og varme vekslere. De 97 % lyder umiddelbart ret højt og derfor antages det, at en lidt mindre del ca. 90 % genanvendes. De resterende ca. 10 %, som udgøres af mindre dele såsom beslag m.m., antages at fordele sig ligeligt på forbrænding og deponering.

Produkter med nikkel-behandlede overflader antages hovedsageligt at blive bortskaffet via skrothandlere og dermed genanvendt. Procentdelen af

overfladebehandlede produkter, der genanvendes angives til ca. 80 %. De resterende ca. 20 % oplyses at blive bortskaffet via både forbrænding og deponering [Lassen et al., 1996a]. Som udgangspunkt antages det, at fordeling mellem de to bortskaffelses metoder foregår ligeligt dvs. ca. 10 % bliver forbrændt og ca. 10 % bliver deponeret.

4.4.3.1 Udvikling

Der regnes med, at der bruges ca. 10 % af den totale mængde nikkel til rustfast stål inden for byggeriet og, at der er sket en fordobling af forbruget fra 1990 til 1995, jf udviklingen i Norge. Der antages, at forbruget af nikkel til øvrige byggevarer og komponenter har været konstant i perioden.

4.5 Chrom

Chrom anvendes som legerings-element i rustfast stål og chrom bruges også til forchromning af metalgenstande. Tidligere indgik chrom i træimprægneringsmidler.

4.5.1 Anvendelse og forbrug

Som nævnt ovenfor bruges chrom især til rustfast stål (ca. 18 %) og til forchromning.

En opgørelse i Sverige viser, at 23 % af den totale mængde chrom anvendes i byggeriet. Heraf bruges 46 % til rustfaste materialer (erfaringsstal fra Sverige [Lohm, 1997]). I Tabel 4.9 nedenfor er forbruget af chrom vist for Danmark i 1982.

	Mængde i ton	Procentmæssig fordeling
Kromlegering til byg. (beregnet)	1160	78 %
Forkromning	180	12 %
Imprægneret træ	140	10 %
Total	1480	100%

Tabel 4.9 Forbrug af chrom og chromforbindelser i byggeri i 1982 tons [Miljøstyrelsen, 1985]

Forbruget af chrom til rustfast stål medfører et forbrug på 6400 tons rustfast stål i 1982. I kilden er det opgivet, at forbruget af chromlegeret stål i 1982 for Danmark var 8000 tons. Ud fra forbruget af nikkel til rustfast stål er det dernæst udregnet, at der i 1992 blev brugt ca. 8000 tons rustfast stål i byggesektoren.

Forbruget af chrom i byggesektoren er næsten dobbelt så stort som i Norge i 1990 -1995.

Der er i Tabel 4.9 regnet med, at alt chrom til forchromning er brugt i byggeriet. Dette giver et meget større forbrug end i Norge i 1990 (20 t), i 1995 (50 t) og i 1997 (5 t), men kan muligvis forklares ved, at der er tale om forskellige tidsperioder.

4.5.2 Sundhed, miljø og regulering

Chrom forekommer i iltningstrin III og VI, men kan også delvis omdannes til Cr^{6+} ved forbrænding. Det er især chrom i iltningstrinet VI, der er skadeligt. Skadevirkningen af chrom afhænger af den enkelte chromforbindelse og de fleste chromforbindelser er klassificeret som allergifremkaldende, men nogle er også kræftfremkaldende. Chromforbindelser er tungt nedbrydelige og ophobes i organismer, hvorfor chromforbindelser er klassificeret som miljøfarlige.

	Klassificering	Mærkning
Chrom (VI) forbindelser	Carc1 N R49, R43, R50/53	T N R49, R43, R50/53 S53, S45, S60, S61

Tabel 4.10 Klassificering af chromforbindelser. Forklaring af koderne i tabellen findes i Tillæg 3.

Chrom har været brugt til træimprægnering, men brugen af chrom er ophørt i 1996 [Miljøstyrelsen, 1997b]. Chrom findes i spildevandsslam og den tilladte mængde af chrom i slam, der må udbringes på landbrugsjord er 100 mg/kg ts [Bekendtgørelse nr. 49, 2000].

4.5.3 Affaldshåndtering

De identificerede byggevarer udgøres af hhv. rustfast stål samt plast og metal, der er overfladebehandlede (forchromede). Det antages, at ca. 90 % af produkterne af rustfast bliver genanvendt og den resterende del, ca. 10 %, bortskaffes via forbrænding ca. 5 % og deponering ca. 5 %.

Genanvendelse af maling (og træbeskyttelse) indeholdende chrom vurderes at være ca. 0 % hvorved bortskaffelsen fordeles på hhv. deponering og forbrænding. Det vurderes, at malede overflader bortskaffes således, at ca. 95 % forbrændes og ca. 5 % deponeres.

4.5.3.1 Udvikling

Beregninger af forbruget af rustfast stål i Norge er i perioden 1990 til 1997 steget fra 330 til 550 tons chrom. For Danmark antages det, at det fremtidige forbrug af chrom i byggevarer på kortere sigt fortsat vil stige, men efterhånden som opmærksomheden på de skadelige effekter skærpes, må man på længere sigt regne med et faldende forbrug. Der kan forventes øgede mængder chrom i byggeaffaldet indtil faldet i forbruget slår igennem på affaldssiden.

4.6 Kobber

Kobber er et korrosionsbestandigt materiale og rent kobber anvendes f.eks. til rør, plader til tag og facader samt kobberlegeringer til fittings og armaturer. Kobber har en elektrisk ledningsevne og anvendes til elektriske kabler. Der anvendes desuden kobberforbindelser i træimprægnerings- og træbeskyttelsesmidler.

4.6.1 Anvendelse og forbrug

Rent kobber bruges til:

- kabler
- ledninger
- tage, rør og fittings

Kobberlegeringer benyttes til:

- låse og beslag
- rør og fittings
- sanitetsartikler

Mængderne i Tabel 4.11 stammer fra oplysninger fra en materialestrøms analyse for kobber [Lassen, 1996c]. Forbruget af kobber i bygninger udgør ca. 20 % af det nationale forbrug i Danmark. En undersøgelse i Sverige viser, at byggesektoren i perioden 1900-1995 brugte ca. 30 % af det nationale forbrug.

	Procentdel Cu i byggevarer	Mængde i ton	Procentmæssig fordeling
Kabler, faste installationer		2700	30 %
Ledninger, løse installationer		1400	16 %
Tag og facader	100 %	500	6 %
Rør og fittings af kobber	100 %	1210	14 %
Rør og fittings af messing	70 %	770	9 %
Låse	52 %	800	9 %
Beslag, vinduer og døre m.m.	6 %	790	9 %
Sanitetsartikler	63 %	300	3 %
Slutblik	1 %	10	0 %
Murbindere	96 %	30	0 %
Skilte, navneplader	11 %	130	1 %
Træimprægnering		250	3 %
Cement		35	0 %
Total		8900	100%

Tabel 4.11 Forbrug af kobber i byggeri i 1992 [Lassen, 1996c].

4.6.2 Sundhed, miljø og regulering

Der er ingen klassificering af rent kobber, men nogle udvalgte kobberforbindelser er giftige især overfor vandlevende organismer. Kobber kan akkumuleres i organismer og påvirke vækst og reproduktion af enkelte vandlevende dyr. Der sker udslip af kobber og kobberforbindelser ved råstofudvinding, under fremstilling af metallet og ved brug og bortskaffelse af kobberprodukterne.

Kobber er en begrænset ressource og med det nuværende forbrug er der malm nok til 35 års forbrug [Wenzel, 1996].

I nedenstående tabel er klassificering og mærkning vist for kobbersulfat og øvrige kobberforbindelser.

	Klassificering	Mærkning
Kobbersulfat	X _n , X _i N R22, R36/38, R50/53	X _n N R22, R36/3, R50/53 S (2), S22, S60, S61

Tabel 4.12 Klassificering og mærkning af en kobberforbindelse. Forklaring af koderne i tabellen findes i Tillæg 3.

4.6.3 Affaldshåndtering

I dag indsamles produkter af kobber og det indsamlede kobber benyttes til fremstilling af nye produkter, men det kan være vanskeligt at indsamle kabler og rør, der er indstøbt i gulve. Der kan herske tvivl om, at mindre dele som låse, slutblik, skilte, sanitetsartikler bliver indsamlet eller går til forbrænding sammen med produkter af f.eks. træ eller plast.

Der kan regnes med at tage, tagdækning, indfatninger og rørinstallationer af kobber hovedsageligt bortskaffes via skrothandlere. Hvor det antages at ca. 95 % af disse byggevarer genanvendes og ca. 5 % forbrændes [Lassen et al., 1996c].

Låse, beslag til vinduer og døre antages hovedsagelig at blive bortskaffet med den brændbare del af byggeaffaldet. Procentmæssigt anslås det, at ca. 20 % af disse emner bliver indsamlet til genanvendelse, mens ca. 80 % ender med at blive forbrændt med de bygningsdele de findes på og i forbindelse med.

Kobber i el-kabler og ledninger fordeler sig på faste og løse installationer og disse to typer af installationer antages at have forskellige bortskaffelsesmønstre. For faste installationer vurderes det, at ca. 30 % genanvendes, ca. 20 % forbrændes og ca. 50 % deponeres. Med hensyn til løse installationer antages det, at en mindre procentdel genanvendes svarende til ca. 20 %, mens ca. 70 % forbrændes og de resterende ca. 10 % deponeres. Det skal i denne sammenhæng fremhæves at *Bekendtgørelsen om håndtering af elektriske og elektroniske produkter* kræver, at de kommunale indsamlings- og anvisningsordninger benyttes af enhver dvs., at ledninger og el-installationer afleveres efter kommunens anvisning ved bygge- og anlægsarbejder [Bekendtgørelse nr. 1067, 1998].

Med hensyn til kobber i pigmenter og farvestoffer i produkter som maling og plast vil disse bortskaffes med tilhørende byggevarer. Det antages, at pigmenter og farvestoffer hovedsageligt optræder i eller på komponenter, der bortskaffes ved forbrænding (ca. 100 %). Der kan dog være tilfælde, hvor pigmenter og farvestoffer indgår i produkter såsom malingsrester m.m., der indsamles og bortskaffes som farligt affald/kemisk affald.

4.6.3.1 Udvikling

Kobber har været anvendt over en lang periode og forbruget er især vokset siden 2. verdenskrig. En undersøgelse fra Stockholms kommune angiver det akkumulerede forbrug i perioden fra 1900-1995. I denne angives der, at mængden af kobber anvendt til kabler kan beregnes ud fra typen og antallet boliger [Lohm, 1997] ved følgende forholdstal:

- 12 kg kobber pr. lejlighed i 1960
- 18 kg kobber pr. villa i 1960

- andre boliger ca. 1,2 - 2 løbende meter pr m² eller 0,16 kg kobber pr m²

Kobberforbruget til tage har været konstant i perioden. Vandrør til både koldt og varmt vand i Sverige udgjorde ca.:

- 25 meter pr. lejlighed
- 100 meter pr. lejlighed (3-4 værelser)

Hvor kobbermængden udgjorde ca. 0,3-0,5 kg pr. meter vandrør.

Der er ingen data for forbruget af kobber til tage og facader i perioden 1990-1997 i Norge, men ud fra svenske erfaringstal Lohm (1997) beregnes et forbrug i 1997, under forudsætning af 30 % af det nationale forbrug bruges i byggesektoren og heraf bruges 57 % til tage og facader. Forbruget af kobber til tage og facader bliver dermed lige så stort som til rør .

Ud fra opgørelse af kobber i perioden 1990-1997 i Norge kan ses, at forbruget af kobber til messingrør har været konstant i perioden 1990-1996 og derefter faldet ca. 20%. Forbruget af kobber til rør er kun opgjort i 1997 og synes at være noget større end forbruget af messingrør. I dag er 90 % ledningsnettet kobberrør [Huse, 1998]. Forbruget af kobber i legeringer til skorstene er konstant svarende til ca. 300 tons i perioden 1990-1997.

Forbruget af kobberforbindelser til trykimprægnering i Danmark er skønnet at falde i perioden 1992-1996 fra 260 til 170 tons [Lassen, 1996c]. Forbruget i Norge er steget kraftigt fra 3 tons i 1990 til 50 tons 1995 og har derefter været konstant på 70 tons. Forbruget i Sverige af kobberforbindelser har været størst i perioden 1970-1980 ca. 200 tons kobber og derefter næsten konstant.

Det antages således, at forbruget af kobber til tage og rør er konstant, medens der for de øvrige må forventes et stigende forbrug.

4.7 Zink

Zink bruges til varm-forzinkning og el-galvanisering af metalgenstande, idet zinklaget beskytter metallet mod korrosion. Metallet zink bruges også til tage og facader.

4.7.1 Anvendelse og forbrug

Der anvendes zink til forzinkning af stål og til beklædning af tage og facader, og i messingrør. Zink indgår i messing (udgør ca. 40 %), der bruges til rør i vandsystemer m.m.

Der anvendes også zink i maling og til stabilisering af PVC. Udfra det tilgængelige talmateriale regnes det med, at alt zinkoxid, zinkstøv og zinksulfid anvendes i byggeriet medens det vurderes, at 50 % af zinkphosphat anvendes i byggeri.

I Danmark blev der i 1996 i alt brugt 4200 tons [BPS-centret, 1998]. I 1993/1994 blev der anvendt i alt 12.000 tons zink som plader og til galvanisering [Hansen, 1995]. I dag er der ingen opgørelse over fordelingen af zinkforbruget i Danmark, hvorfor Tabel 4.13 angiver zinkforbruget i byggeri i Norge.

	Mængde i ton	Procentmæssig fordeling
Forzinkede produkter	2380	59 %
Tag og facader	730	18 %
Rør, messing	510	13 %
Zinkoxid i maling	420	10 %
PVC	0,2	0 %
Total	4040	100%

Tabel 4.13 Forbrug af zink i byggeri i 1997 i Norge [Huse, 1998]

Forbruget af forzinkede produkter i tabellen ovenfor er beregnet ud fra, at 42 % af zinkforbruget går til byggeri og heraf 31 % til forzinkede produkter, dette er er erfaringstal fra Sverige i perioden 1900-1995 [Lohm, 1997].

4.7.2 Sundhed, miljø og regulering

Galvaniserede produkter og produkter af zink afgiver zink og zinkforbindelser til de omgivende miljøer (især vand og jord), hvorved det kan ophobes i fødekæden. Selve stoffet zink er dog et mikronæringsstof uden specielle toksiske egenskaber.

4.7.3 Affaldshåndtering

Forzinkede produkter går til skrothandler, og zinkplader indsamles og bliver genanvendt. Rør af messing går ligeledes til skrothandler. På baggrund heraf skønnes det, at ca. 90 % zink genanvendes og den resterende mængde svarende til ca. 10 % henholdsvis forbrændes ca. 5 % og deponeres ca. 5 %.

Bortskaffelsen af zink i plast er her sammenlignet med de oplysninger, der er givet om tagrender og rør af PVC plast i Lauritzen og Christensen (1997). Der oplyses det, at ca. 20 % af plasten genanvendes og de resterende ca. 80 % går forbrænding eller deponering. I dette bortskaffelses-scenarion antages det, at hoveddelen af plasten (inkl. zink) ca. 60 % bliver forbrændt og de resterende ca. 20 % bliver deponeret.

4.7.3.1 Udvikling

Der foreligger ingen afgørende incitamenter (lovgivning og/eller forbud) for reduktion af zink i byggeriet. Det er således også observeret et stigende forbrug af zink til forzinkede produkter samt til tage og facader i Norge i perioden 1990-1997. Forbruget af messingrør indeholdende zink har dog været svagt faldende i samme periode (1990-1997) og forbruget af zinkoxid, i maling, er halveret i perioden 1990-1995 [Huse, 1998].

4.8 PCB

PCB omfatter en gruppe forbindelser med betegnelsen polychlorerede biphenyler, der fremstilles i ca. 209 varianter (kongener), som kan indeholde forskellig mængde chlor, 31%-71%. Forbindelserne består af to benzenringe af kulstof og hydrogen, nogle steder er hydrogenatomet udskiftet med chloratomet, og chloratomerne kan sidde i forskellig positioner (ortho, para og meta stilling).

4.8.1 Anvendelse og forbrug

PCB har været brugt i olie til kondensatorer og transformere, som blødgørere i fugemasser, lim, malinger, plastmaterialer samt i hydrauliske væsker og smøremidler og i selv-kopierende papir m.m.

Inden for byggeriet i de nordiske lande er PCB hovedsageligt blevet brugt i:

- Elastiske fugemasser (især af typen polysulfid)
- Forseglingsmateriale (lim) til termoruder
- Som tilsætningsstof i beton (Borvirket)
- I gulvbelægning (akrydur)
- I maling til skibe
- Brandhæmmere i træfiberplader
- I plastkabler

PCB er tilsat disse produkter for at opnå nogle forbedrede tekniske egenskaber, for eksempel som blødgørere, brandhæmmere eller skimmelhæmmere.

	% PCB i byggevarer	Mængde i alt i ton	Akkumuleret mængde i ton
Store kondensatorer og transformere	ca. 40 %	450-750	0
Kondensatorer i belysningsarmatur	ca. 17 %	175-325	0
Andre små kondensatorer	ca. 4 %	30-100	0
Elastiske fugemasse	ca. 7 %	110	75
Maling	ca. 18 %	270	0
Termoruder	ca. 13 %	200	
Plast	ca. 1%	10	
Total	100 %	ca. 1505	

Tabel 4.14. PCB i byggeri (i elektriske komponenter og byggevarer) [Maag og Lassen, 2000; FSO, 2000 og COWIconsult, 1983]

PCB har været anvendt i elastiske fugemasser, fortrinsvis af typen polysulfid. Polysulfidfugemasser har været brugt i perioden 1950-1976, hvor ca. 60-80 % af elastiske fuger bestod af polysulfid. Ca. 30 % af polysulfidfugemasserne indeholdt PCB med op til 15 vol-% PCB. Disse fugemasser blev i perioden 1960-1970 erstattet med polyurethanfugemasser og efterfølgende af MS-polymere. I dag udgør polysulfidmasser ca. 5 % af markedet [FSO, 2000].

Elastiske fugemasser anvendes, hvor der ønskedes en stor træk/tryk deformation, op til 25 %. De elastiske fugemasser blev især anvendt i bygninger med lette facader, betonelement-ydervæg, træskelet-ydervæg og træskelet-dobbeltvæg [Hanberg, 1970]. Generelt bruges elastiske fugemasser ved samlinger, udvendigt omkring facadeplader, omkring vinduer og døre, i deformationsfuger, mellem bygningsdele og i forbindelse med balkoner. Der anvendes elastiske fuger i bygninger af betonelementer, men også i bygninger af andre materialer. PCB-holdige fugemasser er også blevet anvendt indvendigt, omkring vinduer, døre, gulve, mellem fliser i vådrum og som tværfuger i flisebelagte gulve [Statens forureningstilsyn, 2000b]. I Danmark er

der på konstruktionstegninger fra denne periode angivet, at der er anvendt polysulfidfugemasser [Aktuelle byggeri 1969-1973, 1978].

Tidligere regnede man med, at fugerne var udskiftet efter 20 år, men praksis viser, at levetiden er mellem 30-50 år. Der regnes med, at der er 2 mill. meter PCB-holdige fuger tilbage eller ca. 30 % af eksisterende fuger er udskiftet, hvilket svarer til 75 tons PCB tilbage i bygningerne [FSO, 2000].

Forsglingslim til termoruder indeholdt i perioden 1967-1973 i langt de fleste tilfælde PCB op til 20 vol-%. Normalt regnes der med en levetid på 20 år for termoruder, men oplysninger fra Norge og Sverige angiver en længere levetid og dermed en større andel af termovinduer med PCB, end umiddelbart forventet, sidder tilbage i bygningerne. I Norge regnes med, at ca. 80 % af samtlige indsatte termoruder sidder tilbage i bygninger i dag og i Sverige er tallet 60 %.

Ud fra oplysninger om produktion af termoruder i perioden 1967, kan mængden af PCB beregnes til 200 tons, idet der kan regnes med, at der blev brugt ca. 1 liter forseglingsslim (massefylde 1,5 g/ml) pr. 4-5 m² og at denne indeholdt 20 % PCB [Danmarks Statistik, 2000]. Der kan regnes med, at ca. 75 % af markedet brugte forseglingsslim med PCB. Normalt regnes der med en levetid på 20 år for ruder, men oplysninger fra Norge og Sverige angiver, at mindst halvdelen endnu er tilbage i bygningerne. I Tyskland har der op til 1972 været anvendt træfiber med en overfaldebehandling af chlor-kautsjuk med 15 % PCB. Pladerne har været anvendt som loftplader i skoler (Zwiener, 1994).

Det har ikke været muligt at få bekræftet om sådanne loftplader har været anvendt i Danmark.

Der er i perioden 1955-1975 benyttet PCB som blødgører i maling og der skønnes et forbrug på 130-270 tons PCB [Maag og Lassen, 2000]. Der er ikke anvendt PCB i maling til bygninger. I Norge er der benyttet PCB i maling, fortrinsvis skibsbundsmaling, ca. 30 %, zinkstøvmaling og facademaling. Der anvendtes også PCB som blødgører i plast, men der vides ikke hvor meget, der er brugt i bygge- og anlægssektoren. I byggesektoren i Norge er betontilsætningsstoffet Borvirket anvendt, dette er ikke anvendt i Danmark [Borvirket, 2001]. Gulvbelægning (Acrydur gulve) indeholdt også PCB, men anvendelse af disse i Danmark er ikke blevet bekræftet.

4.8.2 Sundhed, miljø og regulering

Egenskaberne af PCB varierer med chlorindholdet. Forbindelserne er karakteriseret ved, at de let opløses i organiske opløsningsmidler og i fedtvæv, men vanskeligt opløses i vand.

Skadevirkningerne af de forskellige kongener varierer, således er giftigheden størst for PCB, der ikke har noget chloratom i ortostillingen. Teknisk PCB har som regel ingen chloratomer i ortostillingen og kun en lille del (1%) af teknisk PCB indeholder chloratomerne i ortostillingen [Bernes, 1998].

PCB kan påvirke menneskers sundhed ved at:

- Nedsætte immunforsvaret
- Forstyrre hormon- og enzybalance
- Øge muligheder for kræft
- Påvirke det centrale nervesystem

Forbindelserne er kemisk stabile og nedbrydes vanskeligt i miljøet, og stofferne har dermed mulighed for at blive akkumuleret i miljøet og op gennem fødekæden. Der har været fremsat teorier om, at organiske miljøgifte skulle være årsagen til sælers dårlige reproduktion misdannelser af fosteret. Disse forstyrrelser hos f.eks. sæler kan henføres til mekanismer, der skyldes organiske miljøgifte såsom PCB i fedtvæv, men det kan være vanskeligt entydigt at pege på en enkelt årsag [Bernes, 1998].

Ved brande hvor forbrændingen er ufuldstændig kan PCB-holdige produkter danne ret store mængder dioxin grundet PCBs nære kemiske slægtskab med dioxiner som set f.eks. ved transformatorbrande i bygninger i USA.

	Klassificering	Mærkning
PCB	N R33, R50, R53	X _n N R50/53 S(2), S35, S60, S61

Tabel 4.15 Tabel visende klassificering og mærkning af PCB [Bekendtgørelse nr. 733, 2000]. Forklaring af koderne i tabel 1 en findes i Tillæg 3.

PCB kan have været i brug fra 1929, idet produktionen af PCB i USA startede i 1929 og nåede et maksimum i 1970 med en årlig produktion på ca. 44.000 t på verdens basis. Den stigende opmærksomhed på PCB's miljøskadelige virkning bevirkede, at regeringer i forskellige lande i 70'erne tog skridt til at begrænse brugen af PCB. OECD tog i 1973 sagen op, hvilket resulterede i, at medlemslandene skulle sikre, at PCB ikke blev brugt til industrielle formål med undtagelse af:

- Væsker i transformere og kondensatorer
- Varmetransmissionsvæsker
- Hydrauliske væsker til minedrift
- Små kondensatorer

Endvidere anbefalede OECD medlemslandene:

- At kontrollere fremstilling, import, eksport af PCB-holdige produkter
- At arbejde for ophør af PCB i små kondensatorer
- At have opmærksomhed rettet mod og søge at bringe følgende anvendelser til ophør: varmetransmissionsvæsker i levnedsmiddel-, lægemiddel og foderstofindustrien, blødgørere i maling, trykfarver, kopipapir, klæbe- og forseglingsmidler, hydraulisk væske og smørelie i vacuumpumpevæsker, i skærelolier og i pesticider.

Det fremgår af en folketingsredegørelse, at PCB ikke er fremstillet her i landet og, at der i 1973 fandtes to hovedanvendelser sted, i åbne systemer og i lukkede systemer.

Af redegørelsen fremgår [Miljøstyrelsen, 1974]:

- At anvendelse af PCB i maling og lak vil være ophørt fuldstændig pr. 1 juli 1973
- At anvendelse af PCB i trykfarver aldrig har fundet sted
- At anvendelse af PCB i fotokopier og kopipapir ikke finder sted

I 1976 fremkom *Bekendtgørelse om begrænsninger i indførslen og i anvendelse af PCB og PCT (polychlorerede terphenyler)*. Denne bekendtgørelse påbød, at der

ikke måtte indføres og anvendes PCB til andre formål end [Bekendtgørelse nr. 18, 1976]:

- I transformere
- I kondensatorer
- I varmeudvekslingsvæsker i varmeanlæg med lukket kredsløb
- I hydraulikvæsker til underjordisk mineudstyr
- Som udgangsmaterialer eller som mellemprodukter, der omdannes til produkter, som ikke indeholder PCB eller PCT.

Det er således forbudt at bruge PCB som blødgørere og brandhæmmer i produkter som fugemasse, lim, maling og lak efter 1 januar 1977.

Bekendtgørelse om PCB og PCT og erstatningsstoffer herfor forbyder al salg og import af PCB samt apparater, der indeholder dette fra 1. januar 1999, hvilket er en implementering af EU direktiv 96/59/EF [Bekendtgørelse nr. 925, 1998; EU, 1996]. Der er krav om, at apparater incl. transformator, kondensatorer over 5 dm³ bortskaffes senest 1. januar 2000. Andre apparater skal bortskaffes ved endt levetid med brug af de metoder, der er anført i bekendtgørelsen. Det sidste har betydning for håndteringen af byggeaffald, hvor der ind imellem må findes sådant affald.

Herudover skal reglerne i *Bekendtgørelse om håndtering af affald af elektriske og elektroniske produkter* følges [Bekendtgørelse nr. 1067, 1998]. Bekendtgørelsen kræver, at alle PCB-holdige kondensatorer over 2 cm³, der er monteret på printkort fjernes f.eks. ved aflevering. De PCB-holdige kondensatorer skal afleveres til en virksomhed, der er godkendt til bortskaffelse af farligt affald.

4.8.3 Affaldshåndtering

Produkter med over 50 mg/kg svarende til 50 ppm PCB karakteriseres som farligt affald og skal derfor håndteres som sådan. I dag vides det ikke præcist hvilke fuger, der indeholder PCB og fugemasser bortskaffes i dag sammen med det pågældende byggemateriale. Fugemasser i forbindelse med betonelementer bortskaffes således i Danmark i dag med betonen.

Der skal dog føres tilsyn med, om termoruder er fra perioden 1967-73, hvor der har været anvendt PCB-holdig forseglingslim og PCB-holdigt materiale skal sorteres fra.

I Danmark formodes en stor del af affaldet fra vinduesrenoveringer at gå direkte til deponering eller glasset slås ud og rammer med forseglingsmateriale af plast går til deponering (PVC-rammer) [Miljøstyrelsen, 1997a]. Rammer af træ med forseglingsmateriale går til forbrænding, medens rammer af aluminium går til genanvendelse af metal [Miljøkontrollen, 2000].

I Sverige anbefaler Byggsektorns Kretsloppsråd at fjerne fugemasser, der indeholder mere end 50 ppm samt gulvmateriale med PCB inden 2003.

I Norge er affald med mere end 50 mg/kg PCB (svarende til 50 ppm) farligt affald og skal derfor håndteres som sådan [Statens forureningstilsyn, 2000a]. Der er desuden givet en vejledning i udskiftning af gamle termoruder med PCB og den tilsvarende håndtering af affald fra udskiftningen [Haugen, 2000a; Haugen, 2000b].

På baggrund af ovenstående syntes det vanskeligt at komme med et bud på et generelt bortskaffelsesmønster for de, i denne rapport, omfattede byggevarer

indeholdende PCB. Men et groft skøn vil være, at ca. 10 % bliver forbrændt og ca. 90 % deponeres (eller bortskaffes som farligt affald).

4.9 Chlorparaffiner

Chlorparaffiner omfatter en gruppe af chlorerede forbindelser med en kædelængde fra 10-30 kulstofatomer og et chlorindhold på 20-70%.

4.9.1 Anvendelse og forbrug

Chlorparaffiner er fortrinsvis anvendt som brandhæmmere i kabler, men virker også som blødgørere i maling, plast og fugemasser. Der anvendes ca. 10 % chlorparaffiner i PVC plast og forbruget af kabler var i 1985 3500 tons PVC, hvilket medførte 350 tons chlorparaffiner. [Miljøstyrelsen, 1990].

Chlorparaffiner findes i følgende:

- Rustbeskyttende maling og grundmaling
- Blødgørere og brandhæmmere i plast
- Fugemasser

I Tabel 4.16 er vist forbruget af chlorparaffiner i Danmark i perioden 1980-1991. Der er regnet med, at alt maling med chlorparaffiner anvendes i byggesektoren. Tabellen angiver det totale forbrug af chlorparaffiner i byggesektoren i 1992, som udgjorde ca. 15 % af det totale forbrug af chlorparaffiner i Danmark. Der er ingen opgørelser af mellem- og lang kædede chlorparaffiner. Forbrugets fordeling på de enkelte byggevarer er vist i Tabel 4.17.

År	Forbrug pr. år i tons
1980	392
1981	403
1982	456
1983	455
1984	458
1985	600
1986	616
1987	622
1988	629
1989	649
1990	671
1991	695

Tabel 4.16 Forbrug (produktion og import) af kortkædede chlorparaffiner i 1992 [Back, 1994]

	Forbrug i ton	Procentmæssig Fordeling
Lim	2	0 %
Plast	63	12 %
Bindemidler	1	0 %
Udfyldningsmidler	38	7 %
Maling	426	80 %
I alt	530	99 %

Tabel 4.17 Brug af kortkædede chlorparaffiner i Danmark i 1992 [Back, 1994]

I Norge har der været en nedgang i forbruget af kortkædede chlorparaffiner fra ca. 110 tons pr. år i 1991 i byggeriet til 15 tons i 1998. Forbruget af mellemkædede og langkædede chlorparaffiner er derimod øget. Det totale forbrug er således øget fra 155 tons til 1080 tons, hvoraf langt den største del anvendes i plast [Bjørnstad, 1998].

4.9.2 Sundhed, miljø og regulering

Chlorparaffiner er i dag ikke klassificeret som farlige stoffer, men står på listen over uønskede stoffer, idet stofferne ønskes begrænses for at undgå spredning til bl.a. havmiljøet. Der er foreslået, at de kortkædede chlorparaffiner klassificeres i EU [Miljøstyrelsen, 2000b]. Der er i dag kun oplysninger om sundhedseffekter fra de kortkædede chlorparaffiner, der kan fremkalde kræft hos rotter og mus. De mellemkædede chlorparaffiner C_{14} - C_{17} er under risikovurdering i EU.

En oversigt over inddeling af henholdsvis kort-, mellem- og langkædede chlorparaffiner fremgår af Tabel 4.18.

Kædelængde	Kulstofatomer	Chlorindhold	Procentmæssigt indhold af Chlor
Kortkædede	C_{10} - C_{13}	Lavt	30-49
Mellemkædede	C_{14} - C_{17}	Mellem	50-59
Langkædede	$>C_{17}$	Højt	60-72

Tabel 4.18 Inddeling af chlorparaffiner.

	Klassificering	Andre initiativer
Kortkædede chlorparaffiner	Carc3 X_n , N R40, R50/53	Er risikovurderet i EU
Mellemkædede chlorparaffiner		Risikovurderes i EU og der tages stilling til klassificeringen
Langkædede chlorparaffiner	-	-

- Ingen tilsvarende oplysninger vedrørende klassificering m.m. af langkædede chlorparaffiner.

Tabel 4.19. Forslag til klassificering af chlorparaffiner. Forklaring af koderne i tabellen findes i Tillæg 3

En risikovurdering i EU af de kortkædede chlorparaffiner gav følgende resultat [Bjørnstad, 1999]:

- Ingen sundhedsrisiko for brugere
- Ved gentagne eksponeringer i arbejdsmiljøet kan der være risiko for sundhedseffekter på grund af generel giftighed, nyrekræft og muligvis andre sundhedseffekter
- Chlorparaffiner nedbrydes under aerobe forhold, men langsomt og nedbrydningshastigheden afhænger af kædelængde og chlorindhold. Jo kortere kæde og jo lavere chlorindhold desto hurtigere nedbrydning. Men selv med kortkædede paraffiner er nedbrydningen langsom når chlorindholdet over ca. 50 %.

Den lave nedbrydningshastighed giver mulighed for, at stoffet akkumuleres i miljøet og op gennem fødekæden.

I 1995 besluttede Oslo-Paris kommissionen, at der internationalt skulle fokuseres på udfasing af kortkædede chlorparaffiner ved følgende anvendelser:

- Blødgørere i maling, lim og overfladebelægninger
- Blødgørere i fugemasser
- Skærevæsker i metalindustrien
- Brandhæmmere i gummi, plast og tekstil.

Udfasning skal være sket inden 31.12 1999.

Der er i Danmark ikke udstedt bekendtgørelser, der begrænser brug af chlorparaffiner, men der arbejdes i EU på et direktiv, der begrænser brugen af de kortkædede chlorparaffiner til visse anvendelser. De mellemkædede chlorparaffiner er under risikovurdering i øjeblikket, herunder også, hvorledes de skal klassificeres. Der arbejdes i øjeblikket med projekter, der undersøger mulighederne for at substituere de mellemkædede chlorparaffiner med andre stoffer.

4.9.3 Affaldshåndtering

Bortskaffelsen af chlorparaffiner i plast (her tænkes hovedsageligt på plast til tagrender og rør) antages at foregå ved, at ca. 20 % genanvendes, ca. 70 % forbrændes og ca. 10 % deponeres.

Chlorparaffiner i maling antages at blive bortskaffet sammen med den byggevarer/bygningsdel, som indeholder stoffet. Det er imidlertid vanskeligt at opstille scenarier baseret på facts, da disse oplysninger er svære at finde. Bortskaffelsen af maling er ikke medtaget i de nedenstående vurderinger.

Det vurderes at størstedelen af chlorparaffiner i fugemasse, andre udfyldningsmidler og lim bliver deponeret. Det skønnes for både fugemasse og lim, at ca. 10 % bliver forbrændt og ca. 90 % bliver deponeret.

4.9.3.1 Udvikling

Der antages, at tallene i Tabel 4.17 ovenfor, der beskriver det samlede forbrug af chlorparaffiner i Danmark fra 1980-1991, er beskrivende for forbruget af chlorparaffiner byggeriet i samme periode. Der har således været tale om en fordobling i forbruget af chlorparaffiner i byggeriet i denne omtalte tidsperiode.

4.10 CFC

Chlorfluorcarboner (CFC'er) omfatter forbindelser som CFC-11, CFC-12, CFC-113, CFC-114, CFC-115 og CFC-22.

4.10.1 Anvendelse og forbrug

Forbruget af CFC'er påbegyndtes i 1970'erne. De typiske anvendelser af CFC'er i byggeriet var i isoleringsmateriale til fjernvarmerør, i PUR skum til isolering til bygninger og i PUR fugemasse.

Der anvendes også CFC i ekstruderet polystyren (XPS) til isolering. Extruderet polystyren (XPS) benyttes under tungt belastende terrændele samt til isolering af tage. Extruderet polystyren fremstilles ved, at polystyren presses ind i en form sammen med et opskumningsmiddel f.eks. CFC-12. Der benyttes ca. 3 kg CFC pr m³ isoleringsmateriale. Der tabes noget CFC under produktionen, men der er ca. 2,5 kg pr. m³ tilbage i materialet, som diffunderer langsomt ud, en halveringstid på ca. 100 år.

Polyurethan (PUR) fremstilles ved en reaktion mellem en isocyanat og en polyol. Polyolen indeholder CFC-11 eller en blanding af CFC-11 og CFC-12 og CFC-mængden i det færdige produkt udgør ca. 15-25 vægt %. PUR anvendes til isolering af væge, gulve og facader og til industriporte og døre.

Fugeskum af PUR leveres som en komponentblanding, hvor opskumningsmidlet er CFC-11 og CFC-12 samt en lille mængde CFC-22. Fugeskum anvendes til samling af byggelementer, isætning af døre og vinduer og i forbindelse med understrykning af tegltage.

	Forbrug i tons i år 1986	Forbrug i tons i år 1989
Tage, XPS	15	0
Bygningsisolering, PUR	240	125
Døre og porte, PUR	75	75
Fugeskum, PUR	45	30
Total	375	230

Tabel 4.20 Brug af CFC i byggeri [Hansen, 1988; Juul Busch, 1991]

Det skal bemærkes, at PUR i stor grad anvendes til isolering af fjernvarmerør, idet skummet blæses ind mellem stålrør og et beskyttende rør af plast. PUR til fjernvarmerør kategoriseres som tilhørende under anlægssektoren, som der er afgrænset fra i dette projekt. Det skal dog nævnes, at forbruget af CFC i PUR til fjernvarmerør har været relativt stort eksempelvis 580 tons i 1986 og 345 tons i 1989.

I perioden 1989-1994 er det totale forbrug af CFC (bruttoforbrug) opgjort [Holmegaard Hansen, 1995]. Nettoforbruget beregnes ud fra bruttoforbruget, idet eksporten fratrækkes og forbruget til byggevarer kan beregnes ud fra bruttoforbruget, idet der antages [Juul Busch, 1991]:

- at mængde der bruges til isolering udgør 89 % af bruttoforbruget,
- at bygninger bruger 44% af totalmængden til isolering,
- at mængde, der bruges til fugeskum er 5% af bruttoforbruget,
- at mængde til rør er 50 % af bruttoforbruget

År	1988 (i tons)	1989 (i tons)	1990 (i tons)	1991 (i tons)	1992 (i tons)	1993 (i tons)	1994 (i tons)
Isolering	243	202	129	72	88	39	16
Fugesku m	33	26,5	8,3	0	0	0	0
Total	276	229	137	72	88	39	16

Tabel 4.21 Beregnet forbrug af CFC i byggeri [Holmegaard Hansen, 1995]

4.10.2 Sundhed, miljø og regulering

Alle CFC'er har en nedbrydende effekt af det stratosfæriske ozonlag.

For kølemøbler *eksisterer cirkulære om kommunale regulativer vedrørende bortskaffelse af CFC-holdige kølemøbler* hvor der er formuleret krav til oparbejdningen, hvilket indebærer at 95 % af CFC tømmes fra kompressorer og 80 % af CFC fjernes fra skum [Cirkulære nr. 132, 1996]. Der er ikke danske krav til andre produkter, men overordnet er Montreal-protokollen tiltrådt under de forenede nationers miljøprogram UNEP om ozonlagsnedbrydende stoffer, hvor målet er en reduktion i udledningen af stofferne. Endvidere eksisterer EU-forordning 2000 af 29 juni 2000, som forbyder CFC'er og Hydrochlorflourcarboner (HCFC'er - se nedenfor) med forskellig tidsfrist.

4.10.3 Affaldshåndtering

Der foreligger umiddelbart ingen registrerede oplysninger om bortskaffelsesmønstret for CFC'er i PUR-skum til bygningsisolering m.m. Men det vides, at både PUR og XPS kan brænde og har en høj brændværdi. Desuden vides det, at PUR-skummet i køleskabe forbrændes f.eks. ved H. J. Hansen eller Århus genbrugsselskab. På baggrund heraf vurderes det, at størstedelen af CFC-holdige produkter fra byggeriet, ca. 90 % forbrændes og, at resten ca. 10 % deponeres.

4.10.3.1 Udvikling

Der anvendtes CFC frem til 1993, hvorefter CFC'er blev erstattet af HCFC'er. Anvendelsen af CFC'er er således stoppet i 1994, og forbruget har været faldende fra 1986-1994.

Forbruget af CFC'er til isolering er faldet i perioden (1986-1994) fra 240 tons til 16 tons. PUR til fugeskum var i 1986 45 tons, faldt til 8 tons i 1989 og forbruget af CFC til fugeskum ophørte i 1991. Forbruget af PUR til fjernvarmerør er fastlagt i perioden 1984-86 og ud fra oplysninger om bruttoforbruget kan det ses, at forbruget er mere eller mindre udfaset i 1993. Forbruget af XPS var i 1986 15 tons og antages udfaset i 1989.

4.11 HCFC og HFC'er

Hydrochlorflourcarboner (HCFC'er) og hydroflourcarboner (HCF'er) er blevet taget i brug i stedet for chlorflourcarboner (CFC'er).

4.11.1 Anvendelse og forbrug

I perioden 1990 til 1994 anvendtes HCFC-22 i fugeskum. Forbruget gik ned i 1993 og afløstes af HFC'erne, idet der i 1992 trådte et forbrug mod HCFC - 142b, HFC-134a, HFC-152a i brug.

I isoleringsmateriale anvendtes der i perioden 1991 til 1994 HCFC-22. I 1993 påbegyndtes der et forbrug af HCFC-141b og HCFC-142b, hvor forbruget af HCFC-141b dominerede i 1994.

Der anvendtes også HCFC-22 i fjernvarmerør i perioden 1990-1994, og i 1991 påbegyndtes der et forbrug af HCFC-142b og af HCFC-141b i 1993.

I nedenstående tabel er det totale forbrug af HCFC og HFC (bruttoforbrug) opgjort [Holmegaard Hansen, 1995]. Nettoforbruget beregnes ud fra bruttoforbruget, idet eksporten fratrækkes. forbrug til byggevarer kan beregnes ud fra bruttoforbruget, idet der antages [Juul Busch, 1991]:

- at mængden, der bruges til isolering udgør 89 % af bruttoforbruget,
- at bygninger bruger 44% af totalmængden til isolering,
- at mængden, der bruges til fugeskum udgør 5% af bruttoforbruget,
- at mængden til rør udgør 50 % af bruttoforbruget

År	1989 (i tons)	1990 (i tons)	1991 (i tons)	1992 (i tons)	1993 (i tons)	1994 (i tons)
Isolering	0	0	2	2	18	45
Fugeskum	1,5	8	14,5	16,85	16	8,1
Total*	2	8	17	19	34	53

* Totalen er afrundet til nærmeste hel tal

Tabel 4.22. Beregnet forbrug af HCFC og HFC i byggeriet i Danmark for perioden 1989 til 1994. [Holmegaard Hansen, 1995]

4.11.2 Sundhed, miljø og regulering

Der benyttes hydrochlorflourcarboner som HCFC 22 og hydrofluorcarboner som HFC-134a, HFC-152a, HCFC-141a og HCFC-142b.

Hydrochlorfluorcarboner påvirker det stratosfæriske ozonlag og bidrager til drivhuseffekten. Hydrofluorcarboner bidrager til drivhuseffekten.

Komponent	Drivhuseffekt (kg CO ₂ /kg)	Ozonedbrydende effekt (kg CFC-11/kg)
HCFC 22	1.70	0,04
HCFC-141b	630	0,10
HCFC-142 b	2.000	0,050
HFC 134a	1.300	0
HFC 125	3.200	0
HFC 143a	4.400	0
HFC 152a	140	0

Tabel 4.23 Oversigt over drivhuseffekten og den ozonedbrydende effekt af CFC'er [Hauschild, 1996]

4.11.3 Affaldshåndtering

På baggrund af manglende oplysninger om bortskaffelsen af både HCFC- og HFC-holdige produkter i byggeriet, er det her antaget, at bortskaffelses scenariet beskrevet overfor for CFC (afsnit 4.10.3), er dækkende for HCFC'er og HFC'er. Det vil med andre ord sige, at sige ca. 90 % af HCFC- og HFC'-holdige produkter forbrændes og ca. 10 % deponeres.

4.11.3.1 Udvikling

Forbrug af HCFC-22 og HCFC-142b er reduceret, medens forbruget af HCFC-141b er steget fra 1993 til 1994.

Forbruget af HCFC stiger, hvilket betyder at mængderne af HCFC og HFC i byggeaffaldet stiger væsentligt når de produkter der indeholder stofferne engang skal bortskaffes.

4.12 Svovlhexafluorid

Svovlhexafluorid har især været anvendt til støjisolerende vinduer. I dag forsøges støjdemningen at opnås på anden vis f.eks. ved brug af Argon eller Krypton.

4.12.1 Anvendelse og forbrug

Svovlhexafluorid (SF_6) bruges som nævnt i støjisolerende ruder, i isolatorgas i elektriske installationer, som sporgas og i sko (stødabsorption). Forbruget er størst til støjisolerende ruder. SF_6 har været i brug fra midten af 1980'erne, men forbruget er stærk faldende.

År	Forbrug pr. år i tons
1990	15
1991	16
1992	15
1993	17
1994	21
1995	20
1999	2

Tabel 4.24 Brug af svovlhexafluorid i støjisolerende ruder [Miljøstyrelsen, 1996a]

4.12.2 Sundhed, miljø og regulering

Svovlhexafluorid er en kraftig drivhusgas, hvor 1 kg SF_6 har samme drivhuseffekt som 23900 kg carbondioxid (CO_2).

Der er i øjeblikket ingen begrænsning i anvendelsen af stoffet, men der er fremsat en handlingsplan til regulering af de kraftige drivhusgasser, hvor anvendelse af SF_6 forbydes i støjisolerende ruder fra 1. januar 2003. Stoffet er desuden nævnt på listen over uønskede stoffer.

4.12.3 Affaldshåndtering

Svovlhexaflorid (SF_6) i byggeriet findes hovedsageligt i lydisolerende ruder. Lydisolerende ruder antages i denne sammenhæng at udgøre den eneste væsentlige type af byggevarer indeholdende SF_6 . Bortskaffelsen af disse ruder antages, at følge samme mønster som beskrevet ovenfor for PCB i f.eks. lim i termoruder (afsnit 4.8.3 ovenfor). Dette resulterer i, at ca. 10 % forbrændes og ca. 90 % deponeres.

4.12.3.1 Udvikling

Gassen har været brugt fra midten af 1980 med et næsten konstant årligt forbrug, som indikeret i Tabel 4.23 ovenfor. I 1998 og 1999 faldt forbruget dog stærkt.

5 Byggeaffald 2001-2025 og prognosemodeller

5.1 Indledning

Mængden af problematiske stoffer, som kan forventes at fremkomme i byggeaffald afhænger dels af den aktuelle andel af stofferne i de forskellige typer byggematerialer og byggerier og dels af de samlede mængder byggeaffald fra henholdsvis nybyggeri, renovering og nedbrydning. I dette kapitel gives indledningsvis et skøn over mængderne af byggeaffald, som kan forventes i perioden fra 2001 – 2025. Prognosen bygger på erfaringerne fra Prognose for bygge- og anlægsaffald (PROBA) sammenholdt med den aktuelle udvikling af byggeriet og de registrerede mængder af byggeaffald i tiden fra 1990 til i dag [Miljøstyrelsen, PROBA, 1990].

Dernæst gives en vurdering af modeller til prognostisering af problematiske stoffer i byggeaffaldet på grundlag af erfaringerne med PROBA og prognoser for PVC affald fra nedbrydning og renovering [Miljøstyrelsen, PROBA, 1990], [Lauritzen og Christensen, 1997].

5.2 PROBA

Miljøprojektet PROBA havde til formål at frembringe en detaljeret opgørelse for de potentielle mængder af bygge- og anlægsaffald i Danmark og at opstille en prognose for de næste 25 år, dvs. fra 1991 til 2015.

PROBA omfattede kortlægning af bygningsbestanden og bestemmelse af enhedsmængder for forskellige materialer i bygninger og anlægskonstruktioner. Der blev lagt vægt på kortlægning af de større fraktioner: tegl, beton, træ, metal, papir og plast, medens undersøgelsen ikke omfattede byggevarer eller kategorier af byggevarer.

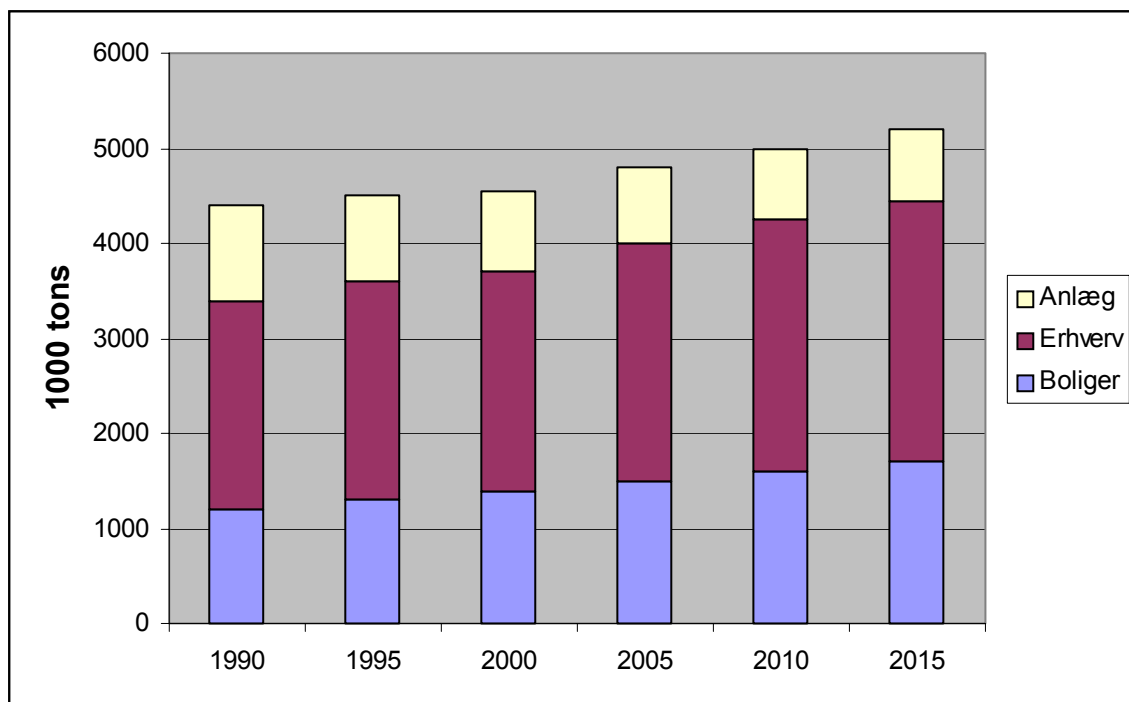
Resultatet af undersøgelserne fremgår af Figur 5.1, som viser den prognosticerede *potentielle* mængde af bygge- og anlægsaffald fra 1990 – 2015 med angivelse af fordeling på boliger, erhverv og anlæg. Ved potentielle affaldsmængder forstås de mængder, som er genereret ifølge PROBA-modellen ud fra nogle ganske bestemte forudsætninger vedrørende levetider, bestand af bygninger, byggeaktivitetsniveau og enhedsmængder. (Se nærmere beskrivelse nedenfor i afsnit 5.5).

I PROBA projektet viste det sig, at de estimerede affaldsmængder på ca. 4,4 mill. tons i 1990 lå ca. tre gange over de registrerede tal for bygge- og anlægsaffald, som Miljøstyrelsen regnede med i slutningen af 1980'erne. *Registrerede mængder* er den del af de realiserede mængder, som er tilgæet og registreret ved modtageanlæggene og i det kommunale affaldssystem og *realiserede mængder* forstås som den faktiske affaldsproduktion og strømme af bygge- og anlægsaffald.

Med indførelse af kommunale affaldsregulativer og Miljøstyrelsens Informations System for Affald og Genanvendelse (ISAG) fik man skabt

mulighed for at registrere affald og dermed også byggeaffald, som blev modtaget på godkendte affaldsanlæg eller anvist til genanvendelse eller bortskaffelse af kommunerne overalt i landet.

Det skal imidlertid bemærkes, at der henstår mange tomme erhvervsbygninger, specielt i landbruget, som ikke nedbrydes, men blot står og forfalder. Tomme udtjente bygninger betragtes i PROBA som potentielt affald. Derfor vil de potentielle affaldsmængder fortsat ligge betydeligt højere end mængderne af realiseret og registreret bygge- og anlægsaffald.



Figur 5.1 Potentielle affaldsmængder på landsplan i perioden 1990 til 2015 ekskl. jord og asfalt [Miljøstyrelsen, PROBA, 1990]

Det ses af Figur 5.1, at de potentielle mængder bygge- og anlægsaffald forventes at stige fra ca. 4,4 mill. tons i 1990 til lidt over 5 mill. tons i 2015. Der er altså tale om forventninger til en svag stigning af affaldsmængderne gennem prognoseperioden 1990-2015.

I PROBA-rapportens konklusioner og anbefalinger er det bl.a. nævnt:

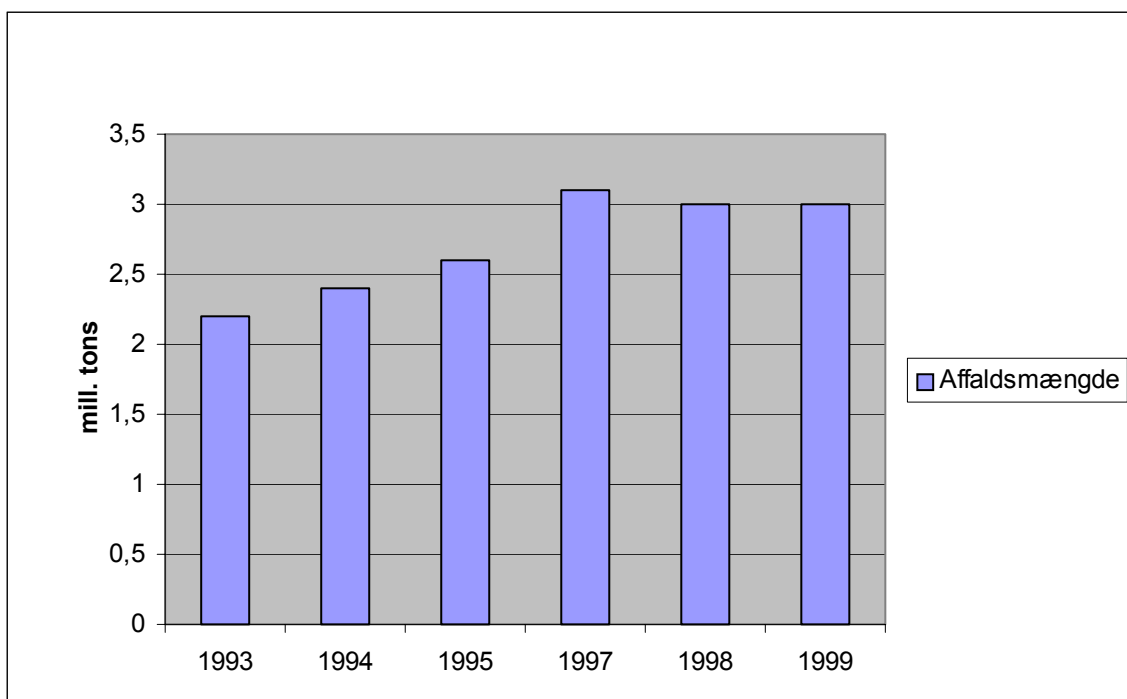
- at der i de potentielle mængder er medregnet årlige mængder fra tomme landbrugsbygninger på 1 - 2 mio. tons,
- at det hidtidige grundlag for registrering og vurdering af bygge- og anlægsaffald var utilstrækkelig,
- at der fra 1.1.1990 ville blive skabt bedre muligheder for mængderegistrering og styring af affaldsstrømmene, og der dermed kan forventes en betydelig stigning i de registrerede affaldsmængder,
- at der anbefales periodevis "rulning" af prognosen,

Det blev endvidere anbefalet at gøre en koncentreret indsats inden for behandling af bygge- og anlægsaffald med særlig vægt på selektiv

nedbrydning, sortering, oparbejdning og genanvendelse af bygge- og anlægsaffald.

5.3 Bygge- og anlægsaffald i 1990'erne

I perioden fra 1990 til 2000 har bygge- og anlægssektoren været præget af store udsving. De store broprojekter har præget anlægsbyggeriet i betydeligt omfang. I begyndelsen af 90'erne skete der et fald i investeringer og dermed en betydelig nedgang i påbegyndt boligbyggeri. Figur 5.2 viser bygge- og anlægsaffaldsmængderne fra 1993 til 1999. Der ses en tydelig stigning i affaldsmængderne i perioden fra 1993 til 1997 og et efterfølgende fald i mængderne til ca. 3 mill. tons i 1998 og 1999. Hvorvidt der er tale om en faldende tendens eller en stabilisering af mængderne af bygge- og anlægsaffald, der fortsætter i de kommende år, eller om der blot er tale om en tilfældig variation kan endnu ikke afgøres.



Figur 5.2 Grafisk fremstilling af mængder bygge- og anlægsaffald 1993 – 1999, jf ISAG og Affaldsstatistik 1999.

Følgende forhold har haft indflydelse på bygge- og anlægsaffaldsmængderne det seneste årti:

- Betydelig stigning i påbegyndt boligbyggeri fra 1992 til 1998, idet antallet af påbegyndte etage-kvadratmeter er mere end fordoblet i perioden.
- Fortsat renovering og brandsikring af ældre boliger.
- Udvikling af havnearealer til bolig og erhvervsformål over hele landet.
- Byfornyelse - hovedsagelig sket ved renovering af de eksisterende boliger i stedet for nedbrydning og nybyggeri.
- Etablering af Storebæltsbroen og Øresundsforbindelsen, herunder nedlæggelse af færgelejer og nedbrydning af huse i København.

- Decentralisering af el- og varmekværker, herunder nedbrydning af et betydeligt antal produktionsblokke på kraftværker over hele landet.
- Øget genanvendelse af visse kategorier af byggeaffald. For eksempel blev der i 1998 og 1999 genanvendt mere end 90% af bygge- og anlægsaffaldet.

Udviklingen i byggeriet og produktionen af bygge- og anlægsaffald vurderes umiddelbart at ligge noget over, hvad man forventede i PROBA undersøgelserne. I 1990 forventede man f.eks. ikke, at udskiftning af el- og kraftværker skete så hurtigt, og at en stor del af de gamle produktionsblokke ville blive nedrevet i perioden inden 2000. Der var heller ikke mange, der drømte om realiseringen af en ny bydel på Kalvebod fælled (Ørestaden).

Som følge af, at en stor del af byfornyelsen af den ældre boligmasse er sket ved renovering af de eksisterende boliger, har nedbrydningsaktiviteten på dette område været beskeden sammenlignet med byfornyelsesaktiviteten i 1970'erne og 80'erne.

Behovet for sanering af boligmassen, som er opført i 1960'erne og 70'erne er begyndt at vise sig mærkbart, og der er set mange større projekter med renovering af byggeri fra denne periode (f.eks. Brøndby Strand). I modsætning til flere andre lande, f.eks. England, er det imidlertid kun få bygninger, der er revet ned. Nedbrydning af en større boligblok, Kongeledet i Rødby, var den første større nedbrydning af et 60'er byggeri. Det skal også nævnes, at renovering af den store bebyggelse, Lundehusene, i Ballerup nærmest havde karakter af nedbrydning, idet kun husenes vægge blev bevaret i det renoverede byggeri.

Der er sket en stor udvikling af havneområder og mange større industriejendomme beliggende på de attraktive havneområder er nedrevet, f.eks. B&Ws motorfabrik på Christianshavn, Soyakage fabrikken på Islands Brygge og Tuborg bryggerierne i Hellerup. Mange pakhuse er nedrevet/ombygget på tidligere arealer under Københavns Frihavn (Midtermolen, Langelinje, Nordhavn m.v.). Ligeledes har mange andre havneområder rundt om i landet udviklet sig fra hovedsageligt at bestå af industri til nu at omfatte en betydelig større del boliger og kontorer.

Nedbrydningsaktiviteterne gennem 90'erne har i vid udstrækning omfattet udvikling af industri og havnearealer med ældre tunge bygninger med relativt store mængder tegl og beton. Derfor har det været relativt nemt at opnå en høj genanvendelse af byggeaffaldet (på over 90 %).

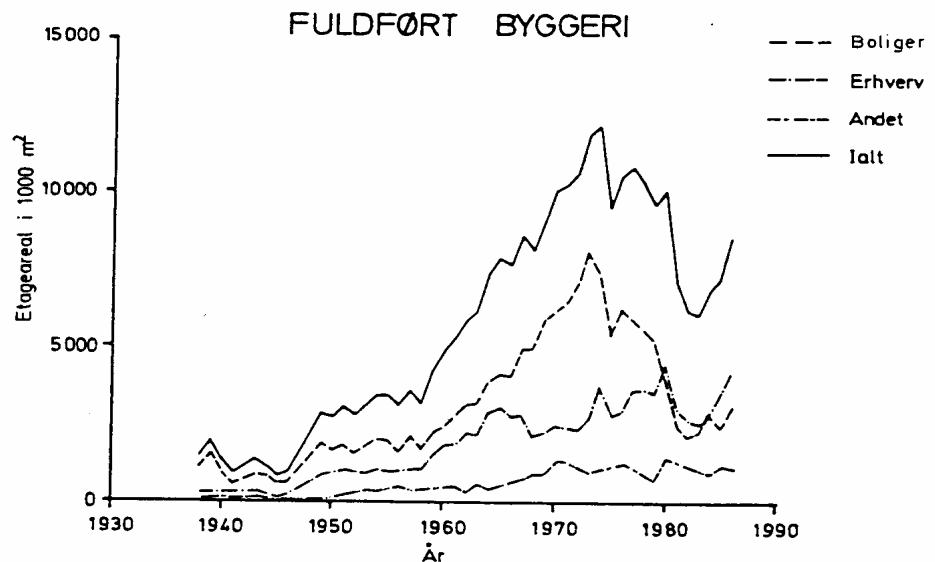
5.4 Fremtidig udvikling 2001 - 2025

Bygge- og anlægsaffaldet i de næste 25 år afhænger af de fremtidige konjunkturer i byggesektoren, som er yderst følsomme og betinget af landets økonomiske vækst og investeringer i renovering af den eksisterende bygningsmasse og nybyggeri. Uanset at enhver prognose for udviklingen fra 2001 til 2025 aldrig bliver andet end gætterier, kan der listes en række forhold og udviklingstendenser, som kan bidrage til at skabe overblik og antydninger af de fremtidige strømme af byggeaffald:

- Den generelle udvikling inden for bygge- og anlægssektoren vil fortsat fokusere på størst mulig beskyttelse af miljøet. Dette understreges af, at

EU's 6. miljøhandlingsprogram lægger op til fortsat miljømæssig bæredygtig udvikling. Desuden er det den danske regerings overordnede mål for miljøindsatsen i perioden 2001 til 2006 at fremme bæredygtig udvikling af byer, boliger og byggeri. Der skal tages hensyn til miljøet og ressourceforbruget skal begrænses. Der lægges vægt på en helhedsorienteret byfornyelse og kvarterløft samt miljømæssigt bæredygtigt byggeri [Regeringen, 2001].

- Byggematerialeindustriens byggeprognose 2000 forventer kun en moderat stigning i byggeriet i de kommende år [Byggematerialeindustrien, 2000].
- Byfornyelsen af den ældre boligmasse dvs. byggeri fra tiden indtil 1960 vil fortsat ske primært ved renovering og kun i meget begrænset omfang ved nedbrydning og nybyggeri.
- Det må forventes at den kommende 25-års periode i høj grad vil blive præget af behov for renovering eller udskiftning af boligmassen, som er opført i 1960erne og 70erne (se Figur 5.3). På grund af ringe kvalitet af byggeriet i denne periode - generelt betragtet - må det endvidere forventes, at en stor del af denne bygningsmasse må udskiftes ved nedbrydning og nybyggeri.
- Anvendelse af problematiske stoffer i byggeriet søges begrænset mest muligt, og de problematiske stoffer, som tidligere er indført i byggeriet søges fjernet.
- Det må desuden antages, at en stor del af det lette erhvervsbyggeri bliver løbende udskiftet på grund af de stedse stigende krav til forandringer og tilpasning.
- Omfanget af de større nedbrydningsprojekter indeholdende ældre tunge bygninger (og anlægskonstruktioner) forventes at falde betydeligt sammenlignet med nedbrydningsaktiviteterne i de seneste 25 år.
- Endelig forudses, at byggeaffaldet i fremtiden vil indeholde en betydelig større andel af lette fraktioner stammende fra nyere byggeri, sammenlignet med de hidtidige affaldsstrømme, som har været stærkt domineret af tegl og betonfraktioner fra den ældre bygningsmasse. Det antages, at byggeaffald fra det nyere byggeri med mange forskellige lette materialer vil være mere vanskelige og bekostelige at sortere, genanvende og bortskaffe.



Figur 5.3 Fuldført byggeri i perioden 1938-1986 angivet i etageareal for henholdsvis bolig, erhverv, andet og total byggeri [Miljøstyrelsen, PROBA, 1990].

Omfanget af renovering eller udskiftning af den nyere del af den eksisterende boligmasse afhænger af den fremtidige finansielle og sociale struktur i det danske samfund. Det antages umiddelbart, at byggeriet i perioden 1960 - 1980 rummer en del problemstillinger, så som:

- mangelfuld kvalitet,
- mangelfuld vedligeholdelse,
- stort forbrug af nye materialer, som ikke har været tilstrækkeligt afprøvet og undersøgt,
- uhensigtsmæssig isolering, der resulterede i mangelfuld ventilation og efterfølgende skader.

Det skønnes derfor, at behovet for renovering contra udskiftning ved nedbrydning og nybyggeri vil afhænge af politiske forhold og myndighedernes villighed til at foretrække større helhedsløsninger frem for successive lapperier.

Netop spørgsmålet om renovering og nedbrydning af disse bygninger har en afgørende indflydelse på affaldsstrømme med problematiske stoffer. Den nyeste del af bygningsmassen fra tiden efter 1980 antages ikke at indeholde problematiske stoffer i samme omfang, hvorfor spørgsmålet om, hvornår byggeriet fra 1990 skal renoveres eller nedbrydes ikke er særligt vigtigt set i denne sammenhæng.

Sammenfattende vurderes for perioden 2001-2025:

- at de samlede mængder af bygge- og anlægsaffald vil ligge på et stabilt niveau (mellem 3 og 4 mill. tons pr. år),
- at andelen af byggeaffaldet fra renovering og ombygning vil stige væsentligt i forhold til affald fra nedbrydning og nybyggeri,
- at andelen af de lettere materialer i byggeaffaldet, og dermed vanskeligere genanvendelige materialer, vil stige i forhold til mængderne af genanvendelige beton- og murbrokker,
- at nye industrielle byggemetoder med sammensatte byggelementer kan vanskeliggøre selektiv nedbrydning og håndtering af byggeaffald

medmindre, at der skabes den fornødne opmærksomhed mod nedbrydning og genanvendelse.

- at mængderne af byggeaffald indeholdende problematiske stoffer vil stige væsentligt i forhold til de hidtidige affaldsmængder med problematiske stoffer,
- at der vil være øget behov for en forstærket indsats mod genanvendelse af de lette fraktioner i byggeaffaldet

5.5 Prognosemodeller

I projektbeskrivelsen er der lagt op til udarbejdelse af prognose for byggeaffald med problematiske stoffer ved anvendelse af PROBA-modellen. Denne model er desuden anvendt til udvikling af prognose for byggeaffald med PVC [Lauritzen og Christensen, 1997].

5.5.1 Model for prognostisering af byggeaffald

Til prognostisering af bygge- og anlægsaffald generelt blev der i PROBA-projektet opstillet følgende model:

$$M = f(S, a, E, \alpha, \beta)$$

M: Produceret affaldsmængde pr. år.

f: Matematisk funktion.

S: Affaldskilde udtrykt ved bestand af henholdsvis boliger, erhvervsbygninger og anlæg.

A: Aktivitetsniveau for henholdsvis nybyggeri, renovering og nedbrydning.

E: Enhedsmængder for de forskellige affaldstyper opdelt på materialefraktioner.

α : Overordnede samfundsmæssige parametre, der påvirker aktivitetsniveauet.

β : Specifikke parametre, der udtrykker særlige forhold, som påvirker de ovennævnte samfundsmæssige parametre (f.eks. de to store broprojekter).

Prognose for mængderne af affald fra nybyggeri byggede på den daværende "RIMO model", som var udviklet for Planstyrelsen, medens affaldsmængderne fra renovering blev fastsat på grundlag af bl.a. penge- og finansieringsinstitutternes udlån til om- og tilbygninger. Endelig blev affald fra nedbrydningsaktiviteter fastsat ud fra en vurdering af bygningsmassens alder og byggeriets daværende konjunkturer sammenholdt med de seneste 10 års erfaringer.

På grundlag af andre miljøprojekter, herunder specielt Miljøprojekt 177 "Selektiv Nedrivning", 1991, var der udviklet nøgletal for enhedsmængder som fremgår af Tabel 5.1 nedenfor. Disse nøgletal (enhedsmængder) benyttes stadig i planlægning af affaldshåndtering i forbindelse med byggeprojekter [Miljøstyrelsen, 1991].

Affaldstype	Nybyggeri		Renovering		Nedrivning			
	Bolig/erhverv		Bolig/erhverv		Bolig		Erhverv	
	Kg/m ²	%	Kg/m ²	%	Kg/m ²	%	Kg/m ²	%
Beton og teglbrokker	18	78	31	62	1510	93	1400	80
Træ, andet brændbart	3,5	15	13	26	110	7	90	5
Papir og pap	0,5	2	-	-	5	<1	-	-
Plast	1	5	-	-	-	-	-	-
Metal	-	-	5	10	-	-	90	5
Andet ej brændbart	-	-	1	2	-	-	180	10
I alt	23	100	50	100	1625	100	1760	100

Tabel 5.1 Afrundede enhedsmængder for bygningsaffald og procentvis fordeling. Taget fra Miljøstyrelsen (1990a).

5.5.2 Model for prognosticering af PVC i byggeaffald

Til prognosticering af PVC-affaldsstrømme blev der anvendt en simplificeret model:

$$M = f(S, a, E)$$

- M: Den resulterende PVC mængde dvs. sum af mængder fra renovering og nedbrydning af bygninger.
S: Bestand af bygninger.
A: Aktivitetsniveau, som er fastsat på grundlag af en vurdering af de dominerende PVC produkter og en skønnet procentvis renovering/nedbrydning af bygningsbestanden.
E: Enhedsmængder/nøgletal for PVC mængder pr. etagekvadratmeter byggeri.

Som repræsentativt gennemsnit for de samlede PVC mængder i den eksisterende bygningsmasse, opgjort på grundlag af bygningsbestanden pr. 1988, kom enhedstallet for PVC til at udgøre 0,4 - 0,6 kg/m².

5.5.3 Model for prognosticering i dette projekt

De ovennævnte modeller forudsætter a priori viden om de enkelte affaldstyper og fraktioners mængder samt sammensætning og optræden i den eksisterende bygningsmasse.

I PROBA modellen kunne man nyttiggøre en betydelig mængde eksisterende viden og praktiske erfaringer fra tidligere miljøprojekter og andre undersøgelser af bygge- og anlægsaffald i bred almindelighed. På dette grundlag kunne der opstilles rimeligt pålidelige nøgletal og relationer mellem bestanden af de forskellige bygningskategorier og aktiviteter. Lidt vanskeligere lå det med de overordnede samfundsmæssige parametre, som man måtte gætte sig til på grundlag af input fra Institutet for Fremtidsforskning.

I PVC-undersøgelsen blev modellen simplificeret ved udelukkelse af de overordnede samfundsmæssige parametre (α) og specifikke parametre (β) (se ovenfor), idet man fandt disse parametre mindre relevante. Aktivitetsniveau blev udtrykt som den procentdel af bygningsmassen som forventes nedbrudt eller renoveret om året. Endelig blev nøgletal fastsat på grundlag af praktiske undersøgelser af PVC i udvalgte bygninger og sortering af byggeaffald fra udvalgte nedbrydningsarbejder i København.

Efter en nærmere gennemgang af foreliggende litteratur om de andre problematiske stoffer, som beskrevet i afsnit 4 ovenfor må det konstateres, at den foreliggende datamasse og viden ikke er tilstrækkelig til udvikling af prognosemodeller af samme karakter, som prognosemodellerne i forbindelse med PROBA og PVC-undersøgelsen. Det væsentligste problem er, at den foreliggende a priori viden ikke rummer tilstrækkelig baggrund for at udtrykke relationerne mellem mængder af stofferne, deres sammensætning og optræden i såvel enkelte bygnings-materialer og -dele som i den eksisterende bygningsmasse betragtet som helhed. Desuden savnes fornøden detaljeret viden om de problematiske stoffer i de hidtidige byggeaffaldsstrømme.

For at skabe overblik over de fremtidige mængder af andre problematiske stoffer, der er gennemgået i afsnit 4 ovenfor, i byggeaffaldet har det været nødvendigt at simplificere prognosemodellen til levetidsbetragtninger og skøn over samlet input af de enkelte stoffer i udvalgte byggematerialer. En prognosemodel som den der er blevet udviklet for PVC, vil kræve der skaffes mere detaljeret viden om stoffernes mængder og optræden i den eksisterende bygningsmasse og i affaldsstrømmene.

5.5.4 Anvendt Prognosemodel

Modellens formål er at forudsige de forventede mængder af de 12 udvalgte problematiske stoffer, der vil komme ud i affaldsstrømmen i de kommende 25 år – dvs. fra 2001 indtil 2025.

Der er regnet med mængden af det rene stof og ikke mængden af bygningsvaren/delen (i affaldet) indeholdende det rene stof.

Udgangspunktet for prognosen var identifikationen af, i hvilke byggevarer og bygningsdele de enkelte stoffer har været anvendt (eller anvendes). Prognosen for mængden af stofferne i affaldsstrømmen er baseret på at forskyde *input tidspunktet* med en skønnet levetid for hver enkelt bygningsvarer eller bygningsdel. Input tidspunktet skal forstås som det tidspunkt, hvor pågældende problematiske stof - i den tilsvarende bygningsvarer eller bygningsdel - indsættes i en bygning. De fremkomne kurver skal tages som udtryk for tendenser og ikke for absolutte tal.

Prognosticeringen er foretaget ved følgende operationer:

Fremstilling af 'Inputkurve':

Hver enkelt stof er konstateret i forskellige typer af bygningsvarer og -dele. For hver enkelt bygningsvarer og/eller bygningsdel er der skønnet en 'inputkurve' over, hvornår de enkelte stoffer er forbrugt i byggeriet. De enkelte input-kurver er i det følgende lagt sammen til én kurve for at lette overblikket.

Input-kurverne er frembragt på baggrund af de tal der er præsenteret i Afsnit 4 ovenfor. Hvor der ikke har været tilgængelige oplysninger (data) er disse skønnet. For de fleste stoffers vedkommende har der kun været adgang til

oplysninger om få år og nogen gange kun for et enkelt år. På baggrund af disse år eller dette år er stof mængderne, der er indeholdt i byggeriet, ækvivaleret med byggeaktiviteten udtrykt ved antallet af færdiggjorte boliger i det enkelte år. Oplysninger om byggeaktiviteten i perioden 1950-97 er taget fra Danmarks Statistik. Uden for denne periode er der skønnet et forbrug. Som nævnt ovenfor giver denne *model* et kvalificeret skøn over mængderne, men ikke et præcist billede af mængderne.

Tal fra de øvrige skandinaviske lande er kun anvendt såfremt der ikke har været adgang til oplysninger fra Danmark. Årsagen er primært, at byggeaktiviteten i de enkelte lande har været tidsmæssigt forskudt, hvorfor der næppe kan forventes et tilsvarende billede i Danmark.

Fremstilling af 'Outputkurve':

For hver enkelt bygningsvarer og/eller bygningsdel er der skønnet en gennemsnitlig levetid, der er anvendt til at beregne, hvornår stoffet teoretisk set vil vise sig i affaldsstrømmen. Der er ved fastsættelsen af levetiden forsøgt at tage hensyn til, at bygningsvarer og -dele ofte udskiftes før den tekniske levetid er nået.

Outputkurven frem kommer ved at forskyde inputkurven for hver enkelt stof med en defineret levetid:

$$\text{Outputmængde i år } (X) = \text{Inputmængde i år } (X - \text{levetid})$$

Eksempel - Et vindue med en levetid på 30 år:

$$\text{Outputmængde i 1999} = \text{Inputmængde i } (1999 - 30 \text{ år}) = \text{Inputmængde i 1969}$$

De enkelte outputkurver for de identificerede bygningsvarer og -dele pr. stof er, som ovenfor nævnt, i det følgende lagt sammen til én kurve for at lette overblikket.

Fremstilling af kurve over akkumuleret mængde:

På baggrund af input- og outputkurverne er der fremstillet en kurve, der viser den akkumulerede mængde af stoffet i et givet år:

$$\text{Akkumuleret i år } X = \sum_{\text{År}=0}^{\text{År}=X} \text{Inputmængde} - \sum_{\text{År}=0}^{\text{År}=X} \text{Outputmængde}$$

5.5.4.1 Eksempel på kurvefremstilling

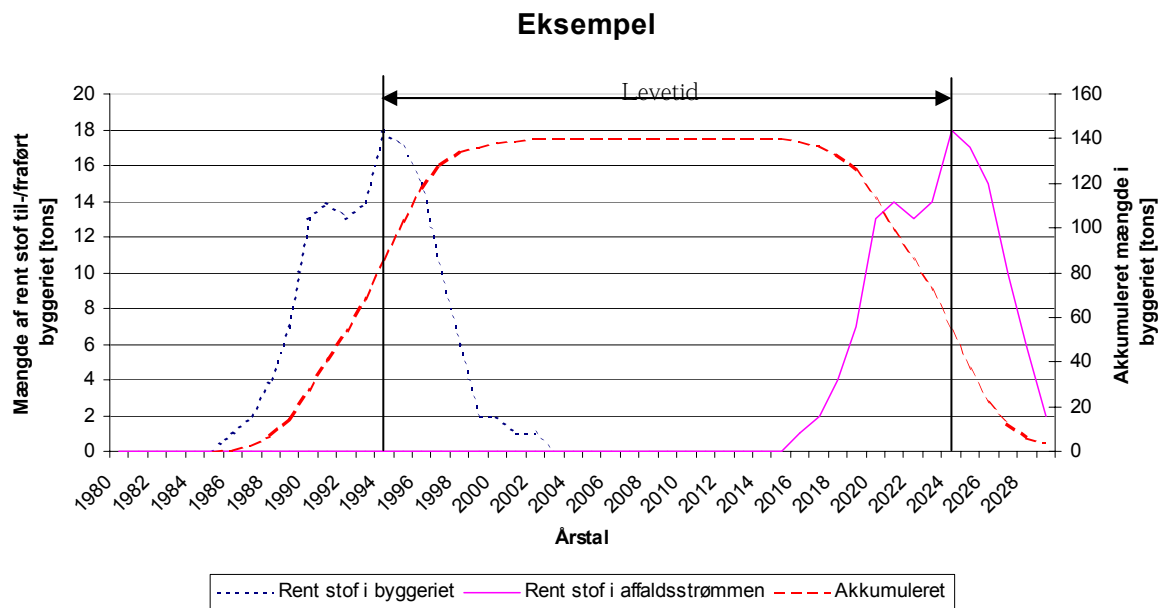
Nedenstående Figur 5.4 er frembragt ved, at tidspunktet for den første anvendelse samt forventet udfasnings tidspunkt er kendt. Endvidere er forbruget i perioden fra 1990-1996 kendt.

Idet levetiden for den bygningsdel stoffet findes i, er skønnet til 30 år, findes affaldsmængden i 2025 ved:

$$\text{Outputmængde i 2025} = \text{Inputmængde i (2025 - 30 år)} = \text{Inputmængde i 1995} = \underline{18 \text{ tons}}$$

Alle øvrige år beregnes på samme måde.

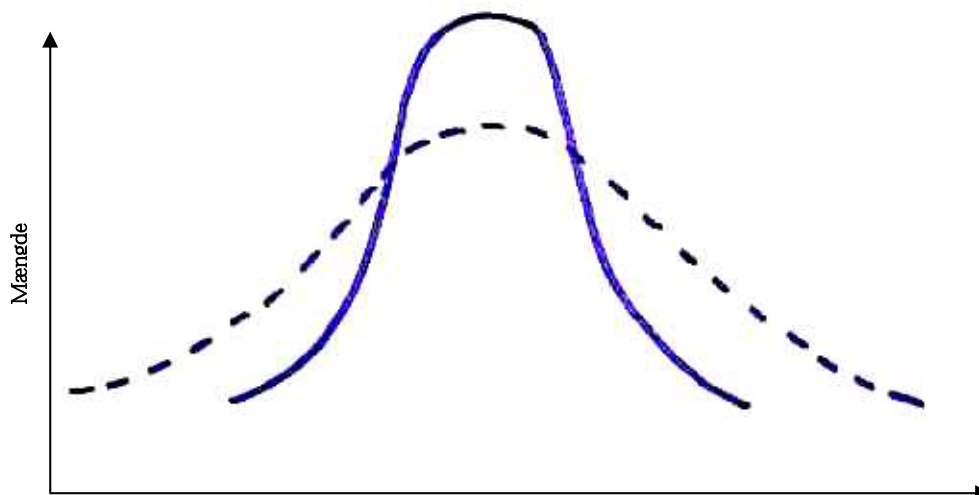
Det skal fremhæves, at Figur 5.4 viser den teoretiske situation i forbindelse med pronostisering af de udvalgte stoffer i byggeriet. Figurerne i det følgende kapitel visende input- og output mængder (hhv. forbrugs- og affaldsmængder) er baseret på denne teori. Det kan i visse tilfælde betyde, at visualisering af outputkurverne bliver lidt for konstruerede og ikke helt modsvarende virkeligheden.



Figur 5.4 Eksempel på konstruktion af kurve for én bygningsdel. I de følgende kurver er de forskellige bygningsdele indeholdende ét stof slået sammen til én kurve, men det er stadig hver enkelt bygningsdel der ligger til grund for outputkurven. Affaldsmængden i 2025 findes ved formlen givet ovenfor. Det bemærkes at den akkumulerede mængde aflæses på højre akse.

Modellen som affaldsprognosen bygger på er baseret på en idealiseret antagelse af, at de tilførte problematiske stoffer fremkommer i affaldsstrømmen én normallevetid senere (som vist i Figur 5.4 ovenfor). I praksis må der imidlertid forventes en betydelig usikkerhed på dette punkt.

På Figur 5.5 nedenfor er det forsøgt illustreret hvorledes den idealiserede outputkurve (fuldt optrukne kurve) i praksis antages at være noget fladere og mere langstrakt (vist ved den stiplede kurve). Den fladere form på sidstnævnte kurve skyldes den betydelige spredning, der i virkelighedens verden må forventes at være på produkternes levetid. Eksempelvis ses ofte, at teknisk set gode og velfungerende produkter blive udskiftet før de er slidt op - typisk på grund af en ændret anvendelse af bygningen. Tilsvarende ses eksempler på, at produkter som er slidt op, og ud fra en teknisk synsvinkel burde være skiftet ud, stadig findes i bygningen.



Figur 5.5 Principskitse visende den idealiserede outputkurve (fuldt optrukne kurve) baseret på den forventelige gennemsnitlige levetid samt den i praksis forventede outputkurve (stiplede kurve), hvor der er taget hensyn til spredningen på den faktiske levetid.

Ved tolkning af de efterfølgende kurver for de enkelte problematiske stoffer bør det derfor bemærkes, at stofferne i praksis må forventes at fremkomme i affaldsstrømmen over en samlet set lidt længere periode end vist. Det har imidlertid inden for rammerne af denne undersøgelse ikke været muligt at bestemme spredningen, hvorfor alene den idealiserede situation er medtaget.

I den store sammenhæng vurderes denne usikkerhed (spredningen på bygningsdele og materialers levetid) imidlertid, at være af mindre betydning, hvorfor denne for nærværende ikke behandles nærmere.

6 Byggeaffald med problematiske stoffer 2001-2025

6.1 Indledning

I dette kapitel vil der blive fokuseret på de fremtidige affaldsstrømme og mulighederne for genanvendelse og bortskaffelse af de udvalgte byggevarer og problematiske stoffer.

På grundlag af data, som er præsenteret i afsnit 4 ovenfor, beskrives affaldsstrømmene for de respektive problematiske stoffer. For hvert stof og tilsvarende byggevarer/del opstilles modeller, hvor mængderne bygger på det foreliggende data materiale suppleret med antagelser af anvendelsesperioder og levetider samt skøn (*best guess*) af mængder og bortskaffelsesmåder. Grundlaget for modellerne er beskrevet i afsnit 5 ovenfor.

Modellerne opbygges på en simpel vurdering af livscyklus for byggevarer og bygningsdele med de udvalgte stoffer og beskrivelse af følgende parametre:

- Forbrug af rene mængder af problematiske stoffer til byggesektoren (tilførte mængder) samt akkumulerede mængder i en given tidsperiode.
- Forventede levetider for de enkelte materialer og byggevarer og -dele.
- Nedbrydning og bortskaffelse af mængder af rene stoffer i de respektive affaldsfraktioner.

I beskrivelsen af affaldshåndteringen er der lagt vægt på bl.a. følgende forhold:

- Mulighederne for at identificere og kortlægge de problematiske stoffer under planlægning af nedbrydning, udførelse af nedbrydning og affaldshåndtering.
- Tilgængeligheden af de problematiske stoffer, herunder muligheden for at sortere stoffet/stofferne under selektiv nedbrydning.
- Genanvendelse af stoffet/stofferne evt. i forbindelse med genanvendelse af andre affaldsfraktioner.
- Muligheder for at forbedre de eksisterende metoder til genanvendelse og bortskaffelse af de problematiske stoffer.

I Tabel 6.1 nedenfor gives et sammenfattet overblik over den procentvise fordeling af bortskaffelses-mulighederne for de 12 udvalgte stoffer og de respektive byggevarer og -dele. Bortskaffelsesmønstrene dvs. den procentvise fordeling på henholdsvis genanvendelse, forbrænding og deponering, som er diskuteret ovenfor i afsnit 4, hvortil der henvises for flere detaljer.

På grundlag af disse procentsatser sammenholdt med det hidtidige forbrug af stofferne og de beskrevne affaldsstrømme, er der fremkommet et skøn over mængderne af de rene stoffer, som kan forventes i byggeaffaldet i dag (år 2001).

Ved betragtning af den forventede levetid af den eksisterende bygningsmasse med indhold af byggematerialer med problematiske stoffer og det fremtidige

forbrug af de pågældende stoffer gives en simpel prognose for de fremtidige affaldsstrømme af de problematiske stoffer.

Stof	Byggevarer/produkt	Bortskaffelse			Reference
		Genanvendelse	Forbrænding	Deponering	
Bly	Indæknings og tage	90 %	5 %	5 %	Generelt for metal
	El-kabler	50 %	10 %	40 %	Lassen 1996c + skøn
Cadmium	Plast (bl.a. kabler, rør og tagplader m.m)	20 %	30 %	50 %	Lauritzen 1997 + skøn
	Følgestof til zink	90 %	5 %	5 %	Generelt for metal
	Følgestof i cement	90 %	0 %	10 %	Generelt for beton
Kviksølv	Lysstofrør	90 %	10 %	0 %	Oplyst til denne rapport
	Kontakter og relæer (El-installationer)	40 %	0 %	60 %	Skøn
	Øvrige (bl.a. cement)	90 %	0 %	10 %	Generelt for beton
Nikkel	Rustfast stål	90 %	5 %	5 %	Generelt for metal Lassen 1996a
	Overfladebehandling	80 %	10 %	10 %	Lassen 1996a
Chrom	Rustfast stål	90 %	5 %	5 %	Lassen 1996a
	Øvrige (bl.a. malede overfalder)	0 %	95 %	5 %	Skøn
Kobber	Kabler og ledninger: faste installationer løse installationer	30 %	20 %	50 %	Lauritzen 1997 Lassen 1996c
		20 %	70 %	10 %	
	Tage, rør og lign.	95 %	5 %	0 %	Lassen 1996c
	Skruer, låse, beslag m.m.	20 %	80 %	0 %	Lassen 1996c
	Pigmenter og farvestoffer	0 %	100 %	0 %	Skøn
	Zink	Tagrender/rør og forzinkede produkter	90 %	5 %	5 %
	Plast (især tagrender/rør)	20 %	60 %	20 %	Lauritzen 1997
PCB	Små kondensatorer	0 %	10 %	90 %	Skøn
	Termoruder (lim)	0 %	10 %	90 %	
	Fugemasse (blødgørere)	0 %	10 %	90 %	
	Maling (pigmenter)	0 %	10 %	90 %	
Chlorparaffiner	Plast (generelt)	20 %	70 %	10 %	Generelt for plast
	Fugemasse (blødgørere)	0 %	10 %	90 %	Skøn
	Øvrige (bl.a. lim)	0 %	10 %	90 %	Skøn
CFC'er	Isolering – PUR skum	0 %	90 %	10 %	Oplysninger til denne rapport
	Øvrige (Andre Isolerings-materialer)	0 %	90 %	10 %	Som for PUR skum
HCFC'er og HCF'er	Isolering – PUR skum	0 %	90 %	10 %	Oplysninger til denne rapport

	Fugeskum	0 %	90 %	10 %	Som for PUR skum
SF ₆	Lydisolerende ruder	0 %	10 %	90 %	Som termo-ruder (lim)

Tabel 6.1 Sammenfattende oversigt over Farlige stoffer og byggevarer med procentvis angivelse af bortskaffelsesmuligheder. Baseret på oplysninger fra kapitel 4 ovenfor.

6.2 Prognosemodel

Med henvisning til grundlaget for prognosemodellen, som er beskrevet i afsnit 5, er det formålet at skabe overblik over mængderne af de 12 udvalgte problematiske stoffer, som kan forventes at fremkomme i byggeaffaldsstrømmen i de kommende 25 år (fra 2001 til 2025).

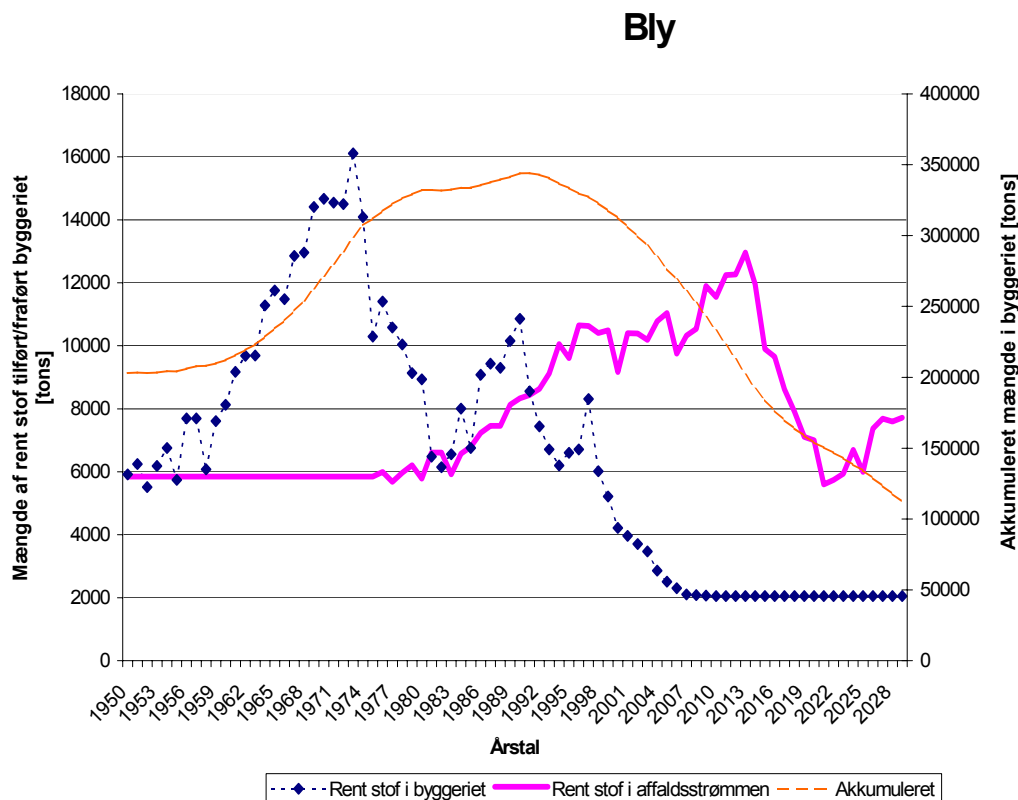
Prognosticeringen er foretaget ved følgende operationer:

- Identifikation af bygningsdele og/eller materialer, som indeholder de respektive stoffer. Der er udvalgt maksimalt 5 bygningsdele/materialer pr. stof. Hvor 5 bygningsdele/materialer ikke har været nok til at beskrive stoffet, er der oprettet grupper der samler oplysningerne fra Kapitel 4.
- Hver enkelt bygningsdele/materialer 'gennemsnitlige' levetid er vurderet af projektgruppen. Det er ved fastsættelsen forsøgt at tage hensyn til, at bygningsdele/materialer ofte udskiftes før den tekniske levetid er nået.
- Hvor der ikke har været oplysninger om stoffets anvendelsesperiode er denne skønnet.
- På baggrund af de foreliggende oplysninger - i visse tilfælde meget sparsomme - om de enkelte stoffer gives en grafisk fremstilling af skønnede mængder af det rene stof, der til- og fraføres byggeriet gennem årene (se figurer nedenfor).

Skønnene over de til- og fraførte mængder er i høj grad baseret på en antagelse om, at stoffets brug har fulgt aktiviteten i boligbyggeriet, der er udtrykt ved antal færdiggjorte boliger. Dette er et groft skøn, der ikke vil være "korrekt" for alle stofferne, men metoden tjener det formål at give et "best guess", der herefter kan anvendes til at bedømme stoffet.

6.3 Bly

6.3.1 Mængder af bly i byggeriet



Figur 6.1 Prognosekurver for til- og fraførte mængder af bly i byggeriet fra 1950 til 2015

Blyforbruget er beskrevet ved udviklingen i boligbyggeriet, hvor tallene for 1985 er anvendt som udgangspunkt. Endvidere er kurven mellem 1985 og 1994 tilpasset således, at kurven stemmer med de opgivne tal for 1994. Tabel 6.1 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og fordeling 1985	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode	
		Fra	Til
Inddækninger, tagplader 55,0 %	40	- 1900	2002
Kabler og rør 35,5 %	25	1920	1970
PVC 3,0 %	15	1980	2002
Indfatninger, Lamper, Maling mv. 5,5 %	25	1920	1980
Cement 1,0 %	100	1950	2002 -

Tabel 6.2 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende bly.

Forbruget af bly tilbage til 1950 er i de anførte byggevarer sammenholdt med bygget antal boliger. Før 1950 er blyforbruget antaget konstant givet et stigende byggeri men et antaget faldende forbrug pr. bolig (se Tillæg 4 - Inputkurven for bly). Fremtiden antages at ville indebære en faldende anvendelse, idet bly dog sandsynligvis stadig vil anvendes til kabler og til renovering af inddækninger i en længere årrække.

6.3.2 Prognose for bly i affaldsstrømmen

Som det kan ses af Figur 6.1 forventes mængden af bly i affaldsstrømmen at stige til et maksimum i 2013, hvorefter mængden forventes at falde mod et mere konstant niveau, svarende til den formodet fortsatte anvendelse af bly.

Mængde 2001: ca. 10.000 tons

Maksimum i 2014: ca. 13.000 tons

Mængde 2025: ca. 6.000 tons

6.3.3 Affaldshåndtering

Største parten af bly i byggeaffald kan umiddelbart indsamles til genanvendelse. Med henvisning til rapport om kildeopsporing og reduktion af tungmetaller til forbrænding går en del bly bundet i PVC til forbrænding. Da der i de senere år er fokuseret på indsamling og miljømæssig forsvarlig håndtering af PVC vil denne indsats også bidrage væsentlig til indsamling af bly og reduktion af mængderne til forbrænding.

6.3.4 Konklusioner og anbefalinger

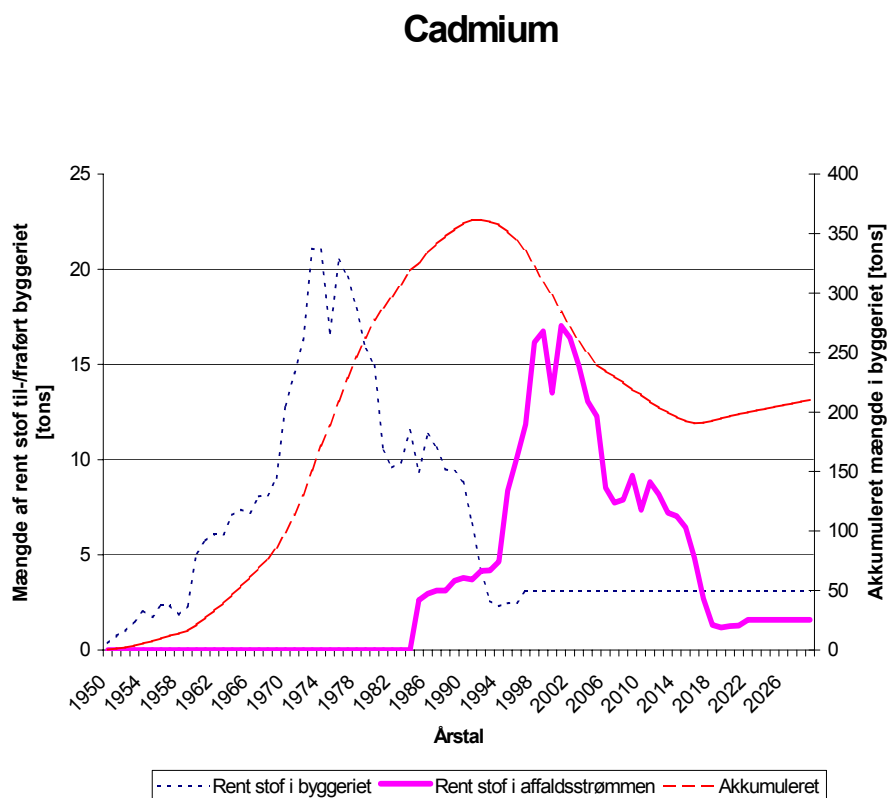
Størsteparten af bly og blyholdige produkter er lette at identificere, indsamle og behandle.

Eksisterende nedbrydnings- og bortskaffelsesmetoder er generelt set tilfredsstillende, men der bør lægges mere vægt på indsamling og håndtering af bly i bundne former.

Det anbefales, at der gøres en øget indsats i byggesektoren med hensyn til oplysning og uddannelse for at mindske blyholdige produkter i affald til forbrænding.

6.4 Cadmium

6.4.1 Mængder af cadmium i byggeriet



Figur 6.2 Prognosekurver for til- og fraførte mængder cadium i byggeriet fra 1950 til 2015.

Cadmium antages i anvendelsesperioden at følge byggeaktiviteten, hvor oplysningerne for 1977 er valgt som fikspunkt. Kurven er korrigeret med en 'forbrugsfaktor', der tilpasser kurven så den passer med oplysningerne for 1990. Tabel 6.2 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og % fordeling i 1990	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode	
		Fra	Til
PVC 67,5 %	25	1980	1990
Overflade beh. (Følgestof til zink) 6,5 %	25	1960	1982
Cement 26,0 %	100	1950	2002 -

Tabel 6.3 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende Cadmium.

Som det ses forudsættes det, at forbruget af cadmium som additiv til plast at være stoppet, mens cadmium som følgestof i zink (overfladebehandlinger) og indhold i cement, forudsættes at vedblive med at følge byggeaktiviteten, og kan næppe fjernes.

6.4.2 Prognose for cadmium i affaldsstrømmen

Cadmium i byggeriets affaldsstrømme forekommer ikke rent, men er bundet i PVC, overfladebehandlinger (følgestof til zink) og beton. Mængden af cadmium i affaldsstrømmen forventes at være toppet og som det ses af kurven ventes mængden at falde frem mod 2018. Der er stadig relativt store mængder i affaldet, hvilket dog må antages at blive behandlet efter forskrifterne for PVC.

Mængde 2001: ca. 16,5 tons

Mængde 2025: ca. 2 tons

6.4.3 Affaldshåndtering

Da cadmium er bundet til andre materialer, kan cadmium ikke indsamles i rene mængder.

Størsteparten følger PVC strømme, jf. regler for PVC. Den resterende del følger de respektive bygningsdele/materialer til genanvendelse. Under oparbejdning og knusning af betonbrokker og behandling af zink til genanvendelse kan det forventes, at cadmium frigøres i et ukendt omfang og går enten i støvet eller frigøres som dampe.

6.4.4 Konklusioner og anbefalinger

Mængderne af cadmium i byggeaffald er faldende.

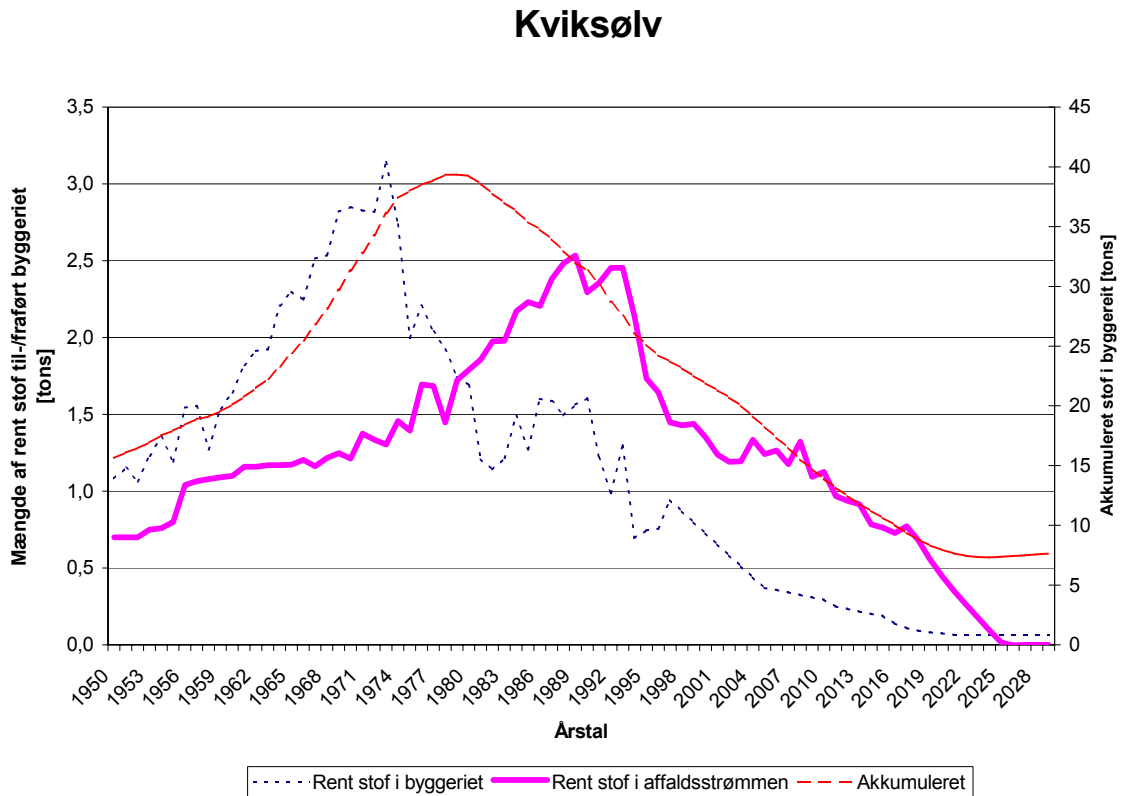
Hovedparten af cadmium findes i bundne former og den rene cadmium kan ikke umiddelbart indsamles og behandles, men følger de respektive "værtstoffer" til genanvendelse, forbrænding eller deponering.

Det anbefales, at der i lighed med anbefaling af behandling af bundet bly i PVC gøres en indsats for at minimere PVC mængderne til forbrænding.

Desuden anbefales, at man foretager en undersøgelse af de økonomiske og tekniske muligheder for at frigøre cadmium i betonbrokker og i overfladebelægninger.

6.5 Kviksølv

6.5.1 Mængder af kviksølv i byggeriet



Figur 6.3 Prognosekurver for til- og fraført kviksølv i byggeriet fra 1950 til 2015.

Brugen af Kviksølv er antaget at stige jævnt fra begyndelsen af 1910'erne. Forbruget af kviksølv antages at følge byggeaktiviteten med 1982/83 som 'fikspunkt'. Tabel 6.3 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og % fordeling i 1982/3		Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode	
			Fra	Til
Lyskilder	12,5 %	3	1950	-
EI-kontakter mm.	45,5 %	20	1920	1990
Måle og kontrol udstyr	35,0 %	15	1910	1990
Cement	7,0 %	100	1950	-

Tabel 6.4 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende Kviksølv.

Forbruget af kviksølv i lyskilder antages at vedblive stigningen indtil 2010, for herefter at udfases.

Anvendelsen i eludstyr i øvrigt antages udfaset inden 2005. Indholdet i cement forudsættes at fortsætte konstant fra 1997.

6.5.2 Prognose for Kviksølv i affaldsstrømmen

Mængden af kviksølv i bygningsaffaldet forventes at være toppet omkring 1990-1992. Herefter vil mængden falde jævnt mod 2025. Kviksølvet er primært at finde i lyskilder og eludstyr, der må forventes at være muligt at udsortere.

Mængder 2001: ca. 1,4 tons

Mængder 2025: ca. 0,2 tons

6.5.3 Affaldshåndtering

Ren kviksølv i instrumenter, kontakter, termometre m.v. kan identificeres og indsamles, men det kræver kendskab til forekomsterne og ikke mindst opmærksomhed under opsamlingen. Kviksølv i bundne former i lysstofrør kan ikke indsamles rent, men følger "værtstoffet", som indsamles og håndteres i overensstemmelse med kommunale regler [Miljøkontrollen, 2000].

Kviksølv bundet i cement kan ikke indsamles og følger beton til knusning og genanvendelse.

Organiske kviksølvforbindelser til bejdsning af såsæd, som findes aflejret i kornsiloer, der skal nedbrydes, kan evt. renses af overfladerne inden nedbrydning af betonkonstruktionen. (Kornsiloer regnes for at høre til under anlægssektoren, som ikke behandles i denne rapport).

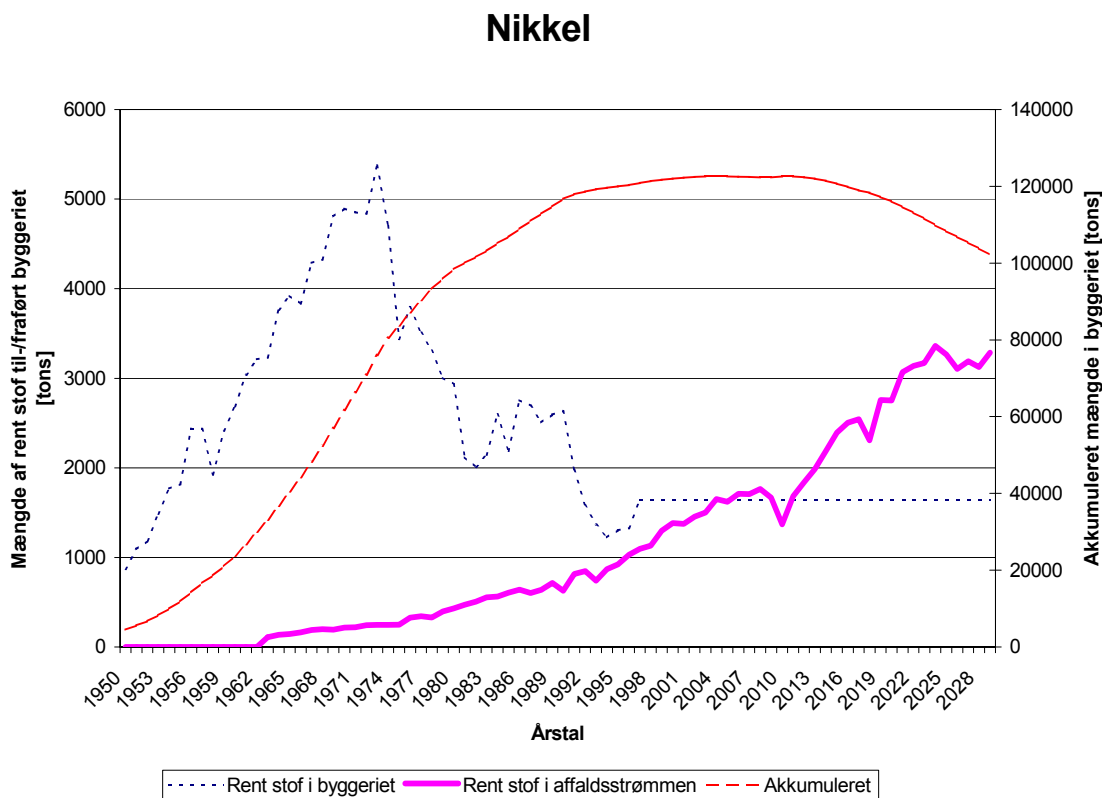
6.5.4 Konklusioner og anbefalinger

Kviksølv-mængderne i byggeaffaldet er faldende, men kræver fortsat opmærksomhed.

Det anbefales, at der gøres en indsats for at oplyse og uddanne byggebranchen i identifikation og opsamling af rent kviksølv i kontrakter, instrumenter m.v.

6.6 Nikkel

6.6.1 Mængder af nikkel i byggeriet



Figur 6.4 Prognosekurver for til- og fraførte mængder af nikkel i byggeriet fra 1950 til 2025.

Kurven er optegnet på baggrund af forbruget i 1992 og antages at følge byggeaktiviteten. Der er ikke tegn på, at nikkel vil udfases som bygningsmateriale. Efter 1997 er forbruget forudsat konstant. Tabel 6.5 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og % fordeling i 1992	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode		
		Fra	Til	
Rustfast stål	51 %	60	1950	2001-
VVS , beslag, overflader	25,5 %	35	1940	2001-
Profiler, mv.	15 %	50	1940	2001-
Lyskilder	5 %	3	1960	2001-
Cement	3,5 %	100	1950	2001-

Tabel 6.5 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende Nikkel.

6.6.2 Prognose for Nikkel i affaldsstrømmen

På baggrund af de oplyste tal forventes Nikkel at ville indgå i affaldet i stadigt stigende grad.

Mængder 2001: ca. 1.500 tons

Mængder 2025: ca. 3.300 tons

6.6.3 Affaldshåndtering

Størsteparten af nikkel indgår i rustfast stål, som rutinemæssigt udtages til genanvendelse. Mindre beslag forventes at gå til forbrænding eller deponering. Nikkel i overfladebehandling, lyskilder og beton følger "værtsstoffet".

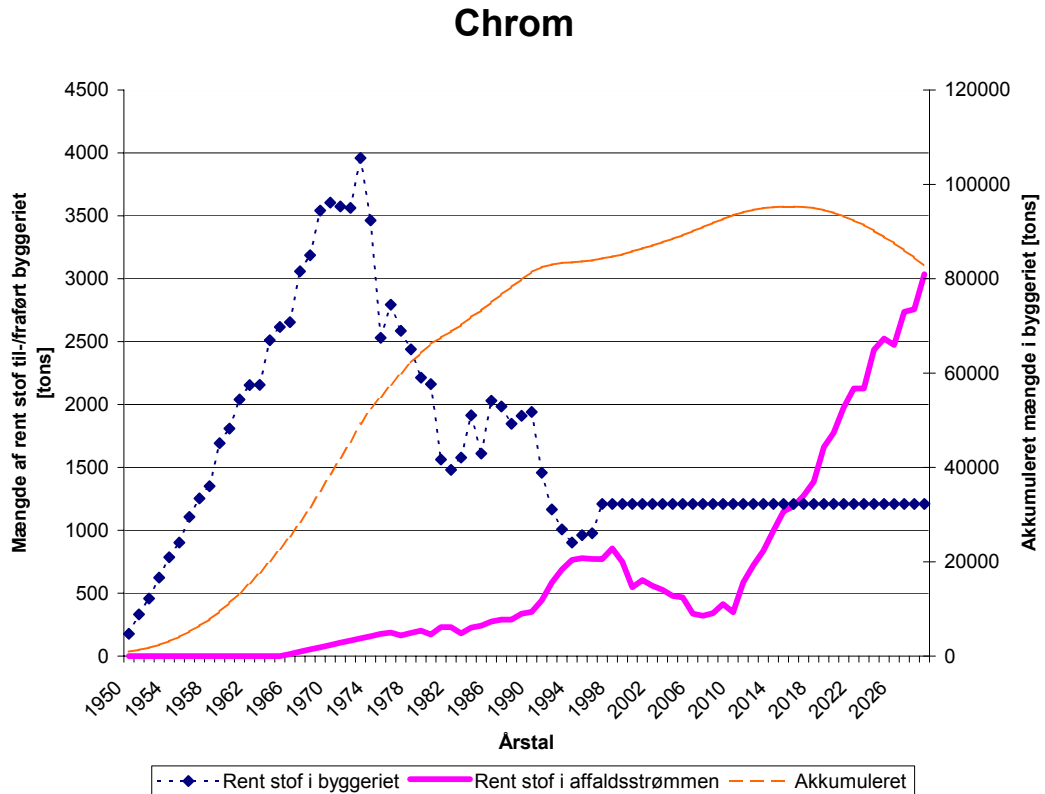
6.6.4 Konklusioner og anbefalinger

Nikkel anvendes i stigende mængder i bunden form, hvoraf størsteparten forekommer i rustfast stål, som genanvendes. Nikkel bundet i lyskilder, profiler og cement følger "værtsstoffet" til genanvendelse eller affaldsbehandling.

Det anbefales, at der informeres om og gøres en uddannelsesmæssig indsats for at indsamle beslag til genanvendelse og mindske mængderne til forbrænding og deponering.

6.7 Chrom

6.7.1 Mængder af chrom i byggeriet



Figur 6.6 Prognosekurver for til- og fraførte mængder af chrom i byggeriet fra 1950 til 2025.

Kurven er optegnet på baggrund af forbruget i 1982, og antages at følge byggeaktiviteten. Efter 1997 er forbruget forudsat konstant. Tabel 6.7 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og % fordeling i 1982	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode	
		Fra	Til
Rustfast stål: 78 %	60	1950	2001-
Overfladebehandling: 12 %	25	1940	2001-
Træimprægnering: 10 %	25	1965	-1996

Tabel 6.7 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende Chrom.

6.7.2 Prognose for Chrom i affaldsstrømmen

Chrom vil i de kommende år vise sig i affaldsstrømmen i stadigt stigende grad, hvilket primært skyldes en stigning i anvendelsen i rustfast stål.

Mængde 2001: ca. 700 tons

Mængde 2025: ca. 2.400 tons

6.7.3 Affaldshåndtering

Chrom i rustfast stål og i overfladebehandling af jern indsamles som skrot og genanvendes. Chrom i imprægneret træ følger affaldsbehandling i overensstemmelse med de særlige regler, som gælder for imprægneret træ af hensyn til andre skadelige stoffer. (Imprægneret træ behandles ikke i denne rapport)

Chrom i overfladebehandling følger de respektive materialer til genbrug, forbrænding eller deponering.

6.7.4 Konklusioner og anbefalinger

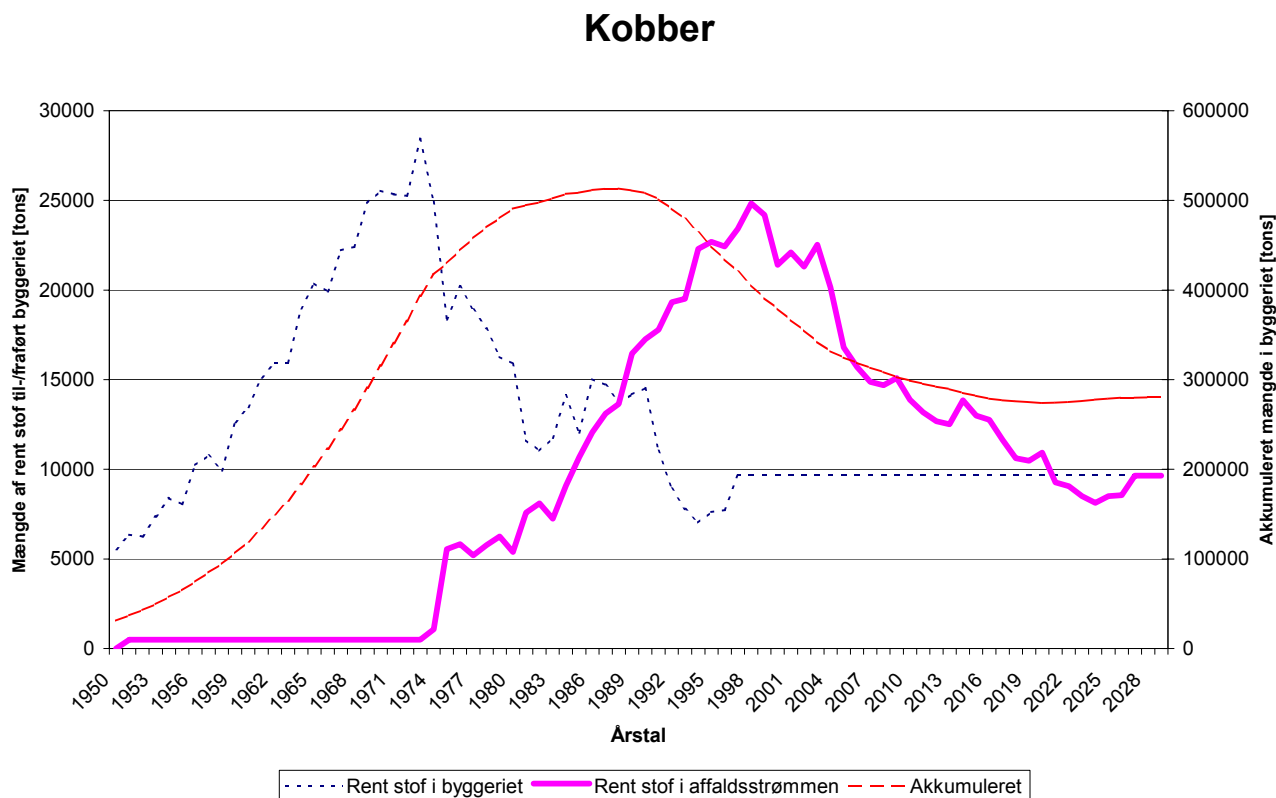
Der forventes en stærkt stigende mængde chrom i affaldsstrømmen. Forkromede materialer og rustfast stål er lette at identificere og udtage til genanvendelse/særlig behandling i overensstemmelse med gældende regler.

Det anbefales, at der gøres en fortsat indsats for at sikre udtagning af chromholdige affaldsprodukter til genanvendelse og særlig behandling for derved at formindske chromholdige materialer til forbrænding.

Det anbefales endvidere at undersøge mulighederne for rensning af beton med chromholdige overfladebelægninger for at undgå chrom i nedknuste betonmaterialer.

6.8 Kobber

6.8.1 Mængder af kobber i byggeriet



Figur 6.7 Prognosekurver for til- og fraførte kobbermængder i byggeriet fra 1950 til 2025.

Kurven 1950-1997 er optegnet på baggrund af forbruget i 1992. Med undtagelse af tagene antages kobberforbruget at følge byggeaktiviteten. Forbruget til tagbelægninger antages konstant fra 1900 og frem. Tabel 6.8 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og % fordeling i 1992	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode	
		Fra	Til
El-kabler: 46 %	30	1950	2001-
Tage og rør: 29 %	50	ca. 1900	2001-
Beslag mv.: 21 %	25	ca.- 1900	2001-
Imprægnering mv.: 3 %	20	1965	2001-
Cement: 1 %	100	1950	2001-

Tabel 6.8 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende kobber.

6.8.2 Prognose for Kobber i affaldsstrømmen

Kobber vil i de kommende år vise sig i affaldsstrømmen med en stærkt faldende tendens.

Mængder 2001: ca. 24.000 tons

Mængder 2025: ca. 8.000 tons

6.8.3 Affaldshåndtering

Kobber optræder fremdeles i rene mængder, som er lette at identificere og udtage til genanvendelse. En del kobber findes i el-ledninger, mindre beslag og skruer samt kobber bundet i kemiske forbindelser i overfladebehandling, der dog går til forbrænding.

6.8.4 Konklusioner og anbefalinger

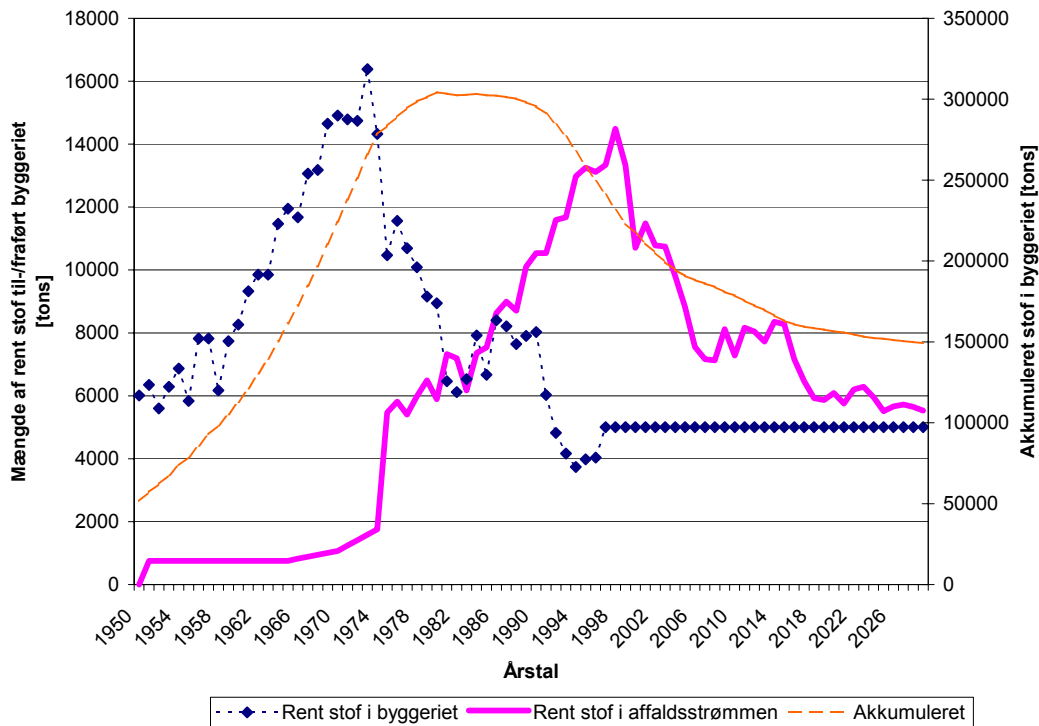
Der konstateres faldende mængder.

Det anbefales, at der gøres en indsats for at indsamle mindre mængder af kobber i el-ledninger beslag m.v. for at reducere kobber i affald til forbrænding.

6.9 Zink

6.9.1 Mængder af Zink i byggeriet

Zink



Figur 6.8 Prognosekurver for til- og fraførte mængder af zink i byggeriet fra 1950 til 2025.

Der findes ingen danske opgørelser over zinkforbruget i dansk byggeri (jf. afsnit 4.7.1). Det antages derfor, at zinkforbruget i Danmark kan tilnærmes forbruget i Norge, som tallene i Tabel 6.9 nedenfor stammer fra. Det forudsættes, at forbruget følger byggeaktiviteten, og at forbruget før 1950 og efter 1997 ligger konstant. Tabel 6.9 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og % fordeling i 1997	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode	
		Fra	Til
Forzinkede produkter 59 %	25	1950	2001-
Plader: 18 %	30	1940	2001-
Messingrør 13 %	50	-1900	2001-
Øvrige zink-produkter: 10 %	25	1940	-

Tabel 6.9 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende zink.

6.9.2 Prognose for Zink i affaldsstrømmen

På baggrund af antagelsen om et konstant forbrug fra 1997 og frem kan der ventes en faldende mængde zink i affaldsstrømmen i de kommende år.

Mængder 2001: ca. 12.000 tons

Mængder 2025 ca. 6.000 tons

6.9.3 Affaldshåndtering

Ren zink i plader, tagrender m.v. kan let identificeres og udtages til genanvendelse. Zink bundet i andre produkter (forzinkede produkter, PVC og maling) følger "væertsstoffet" til genanvendelse, forbrænding eller deponering.

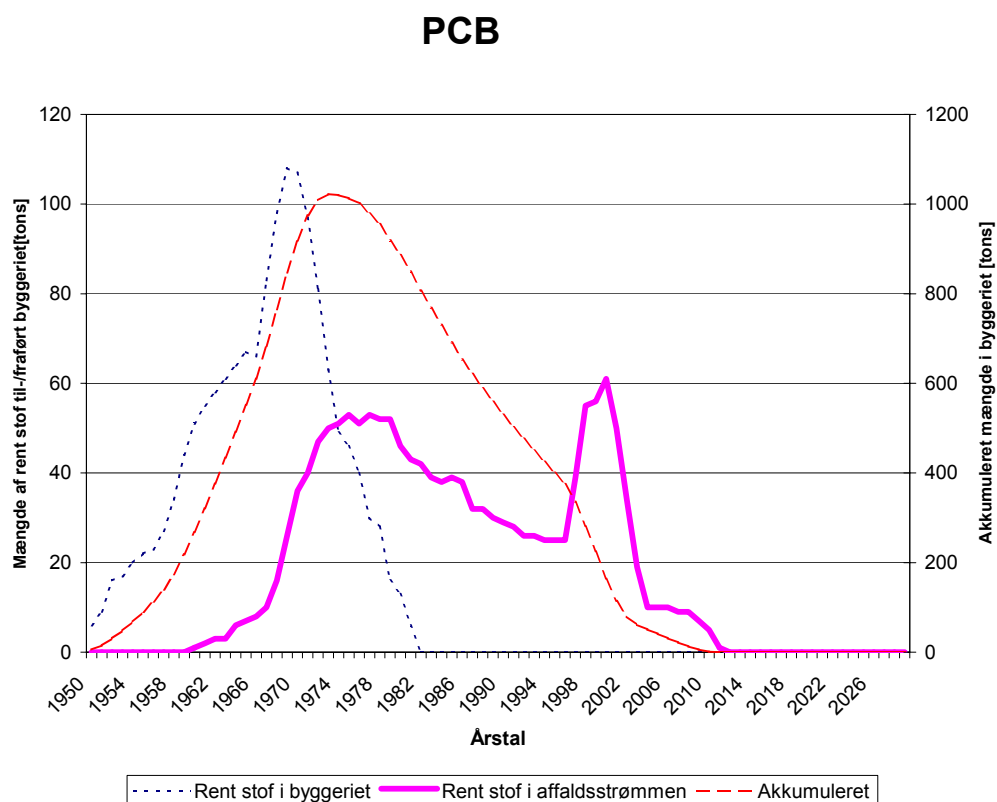
6.9.4 Konklusioner og anbefalinger

Der forventes faldende mængder zink i affaldsstrømmene. Ren zink indsamles uden problemer til genanvendelse.

Det anbefales, at der gøres en indsats for at reducere de mængder af zink bundet i andre materialer, som går til forbrænding.

6.10 PCB

6.10.1 Mængder af PCB i byggeriet



Figur 6.9 Prognosekurver for til- og fraførte mængder PCB fra 1950 til 2025.

Figur 6.9 er fremkommet ved at opgørelserne over de samlede mængder PCB fra Tabel 4.14 ovenfor skønsmæssigt er blevet fordelt over anvendelsesperioderne (angivet i Tabel 6.10 nedenfor). Tabel 6.10 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og %-fordeling fra 1950-1981	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode
		Fra Til
Fugemasser og plast 7 %	35	1950 1976
Termoruder 13 %	30	1967 1973
Små kondensatorer (belysning m.m.) 21 %	10	1950 1981
Maling og plast 19 %	10	1955 1973
Transformatorer og store kondensatorer 40 %	20	1950 1981

Tabel 6.10 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende PCB.

6.10.2 Prognose for PCB i affaldsstrømmen

De primære anvendelsesperioder for de fem typer byggevarer er relativt korte. Dette gælder især anvendelsen af fugemasser og lim i termoruder. Da modellen baseres på specifikke levetider, resulterer dette i en markant udfasningsperiode fra 1997 til 2013. Dette er imidlertid ikke realistisk idet det antages, at PCB-holdige termoruder og fugemasserne løbende udskiftes over en betydelig længere periode i forbindelse med vedligeholdelse og renovering af de respektive bygninger.

På baggrund af de opstillede forudsætninger kan det forventes, at toppen for PCB i byggeaffaldet ses i disse år. Det antages endvidere, at PCB vil være ude af byggeaffaldet inden 2025 og, at PCB i byggeaffaldet i de kommende år hovedsagelig vil optræde i termoruder og fugemasser.

Mængder 2001: ca. 58 tons

Mængder 2010: under 10 tons

6.10.3 Affaldshåndtering

PCB-holdige kondensatorer og elektroniske produkter er lette at identificere, indsamle og håndtere. Der gives reglerne for indsamling og håndtering som generelt set efterfølges i byggebranchen [Miljøkontrollen, 2000].

I praksis betragtes alle termoruder dateret 1976 og tidligere som PCB-holdige. Da de fleste termoruder er mærket med årstal, er det relativt let at identificere termoruder, som kan indeholde PCB-holdig lim.

PCB-holdige fugemasser er vanskelige at identificere, indsamle og håndtere. Derfor gøres der ingen særlig indsats i byggebranchen for at identificere og indsamle PCB-holdige fugemasser. Fugemasser med PCB går derfor hovedsagelig til forbrænding eller deponering, afhængig af den affaldsfraktion de er "klæbet" til.

6.10.4 Konklusioner og anbefalinger

Mængderne af PCB i byggeaffaldet forventes at stige i de kommende par år og derefter at falde til nul inden 2025.

Alt PCB-holdigt byggeaffald deponeres eller forbrændes. Bortset fra regler for PCB i elektriske komponenter gives der ingen regler for indsamling af PCB-holdigt affald, og der gøres ingen særlig indsats på dette affaldsområde i byggebranchen.

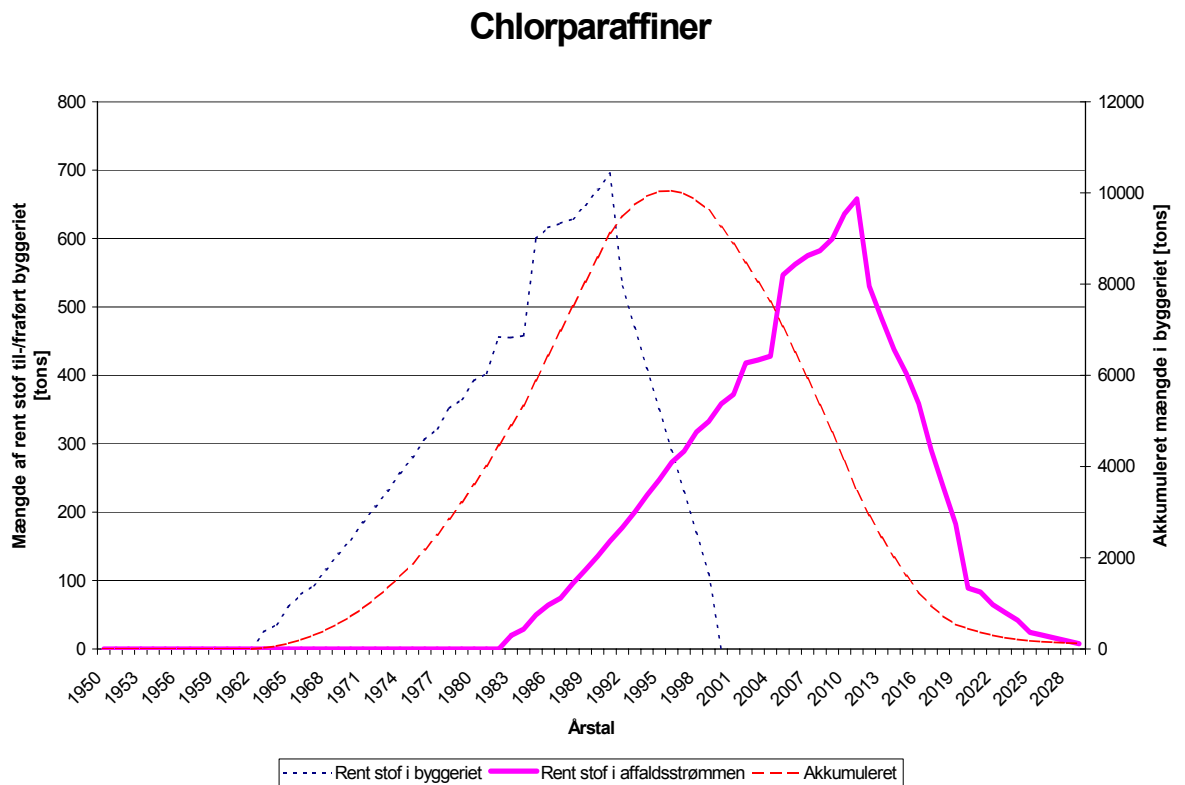
Det anbefales:

- at problemet omkring PCB i byggeriet undersøges nærmere,
- at der snarest tages initiativ til en omfattende indsats for at identificere, indsamle og håndtere PCB-holdige fugemasser og termoruder i byggeaffaldet,
- at der foretages undersøgelse af mulige sundhedsproblemer i forbindelse med håndtering af PCB.

Det anbefales endvidere, at indsatsen koordineres med den betydelig indsats, der allerede er sket i Norge og Sverige.

6.11 Chlorparaffiner

6.11.1 Chlorparaffiner i byggeriet



Figur 6.10 Prognosekurver for til- og fraførte mængder chlorparaffiner fra 1962 til 2025.

Inputkurven for kortkædede chlorparaffinerne er optegnet ud fra oplysningerne om perioden 1980 -1992. Før 1982 er der antaget en lineær stigning fra 1960, og efter 1992 en lineær udfasning mod 2000. Tabel 6.11 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og % fordeling i 1992	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode	
		Fra	Til
Lim, binde- og udfyldningsmidler 7 %	30	1960	2000
Plast 12 %	25	1960	2000
Maling: 80 %	20	1960	2000

Tabel 6.11 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende kortkædede chlorparaffiner.

6.11.2 Prognose for chlorparaffiner i affaldsstrømmen

Mængden af kortkædede chlorparaffiner i bygningsaffaldet vil stige jævnt mod 2011, hvor der kan forventes mellem 600 og 700 tons i bygningsaffaldet. Mængden vil derefter falde jævnt til under 100 tons i 2020 og til sidst forsvinde helt fra affaldet.

Mængder 2001:	ca. 350 tons
Maksimal mængde 2011:	ca. 650 tons
Mængde 2025:	ca. 50 tons

6.11.3 Affaldshåndtering

Chlorparaffinerne er bundet i "vætsstofferne" og kan med undtagelse af plastmaterialer ikke umiddelbart identificeres, indsamles og håndteres.

Der er ingen særlige regler for indsamling og affaldshåndtering af chlorparaffiner i byggebranchen.

6.11.4 Konklusioner og anbefalinger

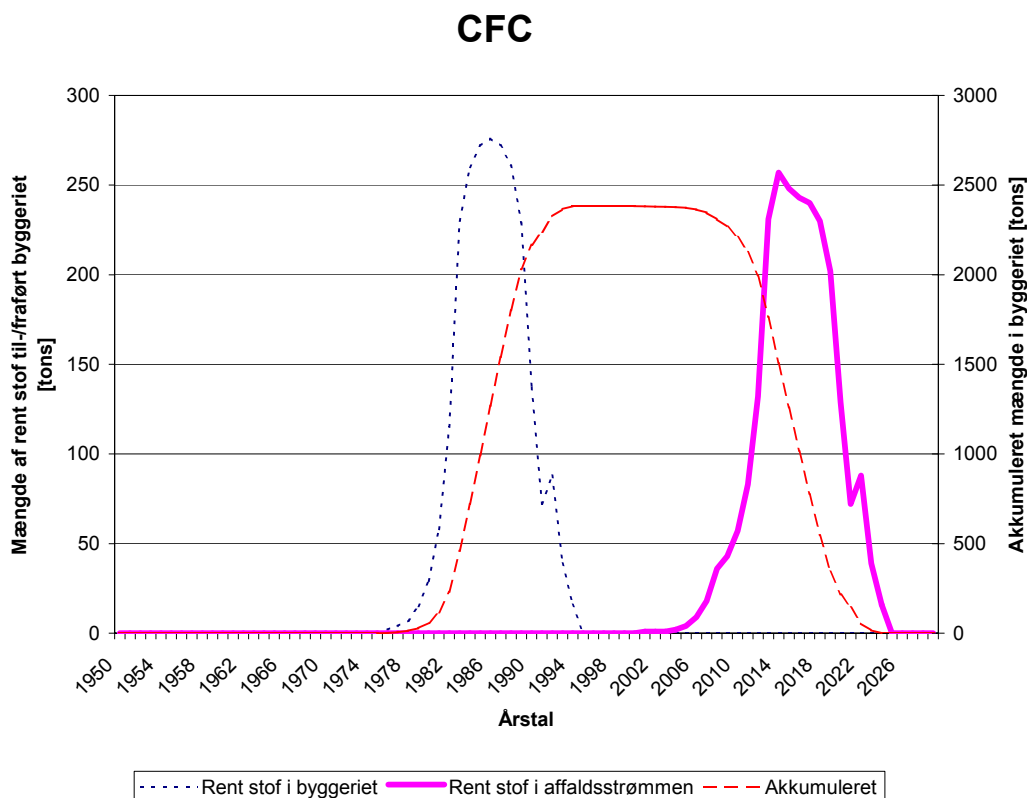
Mængderne af chlorparaffiner i byggeaffald antages at stige i de kommende år og derefter falde til marginale mængder omkring 2025.

Der gives ingen særskilte regler eller metoder til identifikation, indsamling og håndtering af materialer, der indeholder chlorparaffiner.

Det anbefales at foretage en undersøgelse af spørgsmålet om det er nødvendigt og hensigtsmæssigt at gøre en særlig indsats for at håndtere materialer med chlorparaffiner i byggeaffald.

6.12 CFC

6.12.1 Mængder af CFC i byggeriet



Figur 6.11 Prognosekurver for til- og fraførte mængder af CFC i byggeriet fra 1975 til 2025.

Inputkurven for CFC er optegnet ud fra oplysningerne om perioden 1986 - 1994. På baggrund af oplysningerne er der skønnet en udvikling i henhold til den primære anvendelsesperiode. Tabel 6.12 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og % fordeling i 1989	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode		
		Fra	Til	
Isolering: %	88	30	1975	1993
Fugeskum: %	12	25	1975	1990

Tabel 6.12 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende CFC.

6.12.2 Prognose for CFC i affaldsstrømmen

Det forventes, at der i løbet af et par år begynder at vise sig større mængder af CFC-holdige materialer i byggeaffaldet. Mængderne antages at toppe omkring 2015, hvorefter de vil falde til nul omkring 2025.

Mængder 2001: under 10 tons
Maksimal mængde 2016: ca. 250 tons
Mængde 2025: under 20 tons

6.12.3 Affaldshåndtering

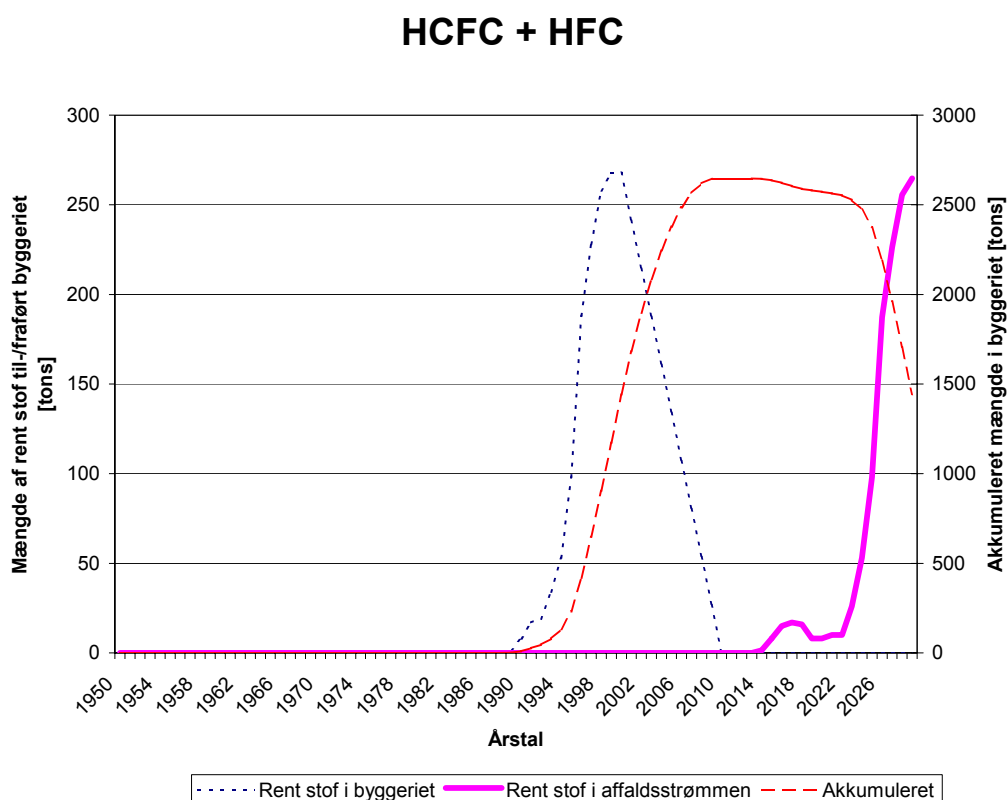
Størsteparten af CFC går til forbrænding. Ud over regler for CFC i kølemøbler gives der ingen særlige regler for identifikation, indsamling og håndtering af CFC-holdige materialer.

6.12.4 Konklusioner og anbefalinger

I betragtning af, at CFC-holdige materialer er relativt lette at identificere, let tilgængelige og håndterlige anbefales, at der gøres en indsats for identifikation, indsamling og håndtering af CFC i byggeaffald.

6.13 HCFC + HFC

6.13.1 Mængder af HCFC og HFC i byggeriet



Figur 6.12 Prognosekurver for til- og fraførte mængder af HCFC og HFC i byggeriet fra 1989 til 2025.

Inputkurven for HCFC og HFC er optegnet ud fra oplysningerne om perioden 1989 -1994. På baggrund af oplysningerne, er der skønnet en udvikling i henhold til den primære anvendelsesperiode. Begge stoffer forudsættes lineært udfaset mod 2010. Tabel 6.13 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer og % fordeling i 1994	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode	
		Fra	Til
Isolering % 85	30	1991	2010
Fugeskum % 15	25	1988	2010

Tabel 6.13 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende HCFC og HFC.

6.13.2 Prognose for HCFC + HFC i affaldsstrømmen

I lighed med CFC vil der gå nogle år førend HCFC og HFC vil vise sig i bygningsaffaldet. Fra 2015 til 2023 kan der forventes en jævn mængde op til 20 tons om året. Herefter vil mængden stige kraftigt mod en top, der kan forventes omkring 2030 hvor det antages, at der vil være omkring 250 tons i affaldet.

Mængder 2001: under 5 tons

Mængder 2025: ca. 50 tons

6.13.3 Affaldshåndtering

Størsteparten af HCFC og HFC går til forbrænding. Ud over regler for HCFC i kølemøbler gives der ingen særlige regler for identifikation, indsamling og håndtering af HCFC- og HFC-holdige materialer.

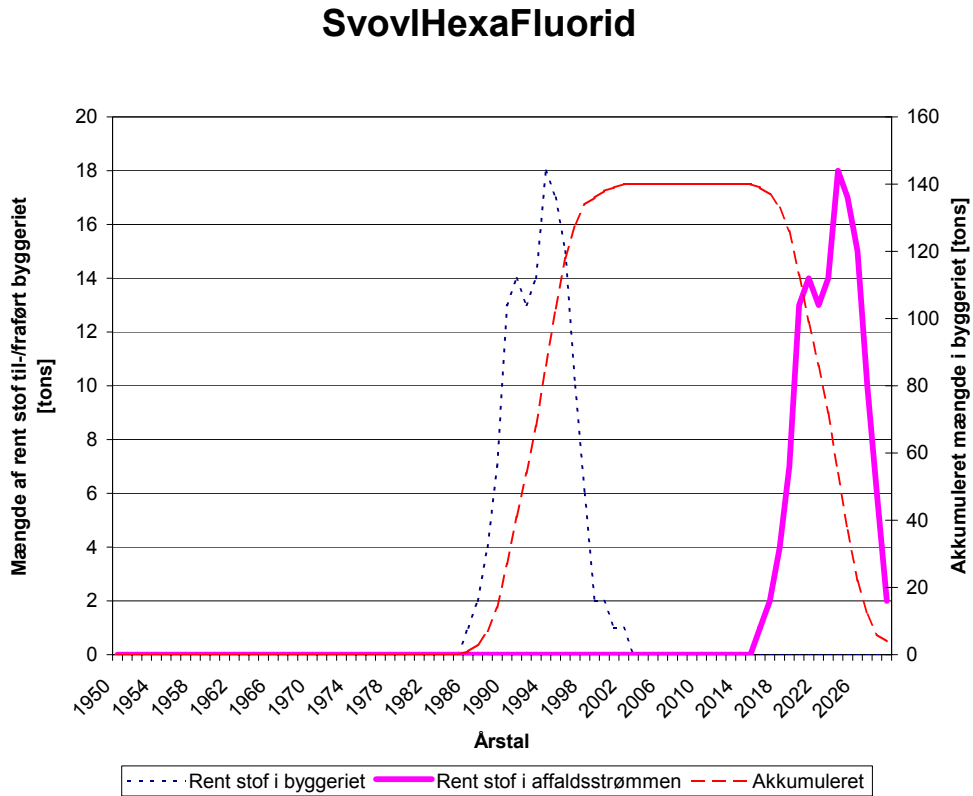
6.13.4 Konklusioner og anbefalinger

Der findes ikke regler for indsamling af HCFC og HFC i byggematerialer.

I betragtning af, at HCFC og HFC sammen med CFC-holdige materialer er relativt lette at identificere, let tilgængelige og håndterlige anbefales det, at der gøres en indsats for identifikation, indsamling og håndtering af HCFC og HFC sammen med CFC i byggeaffald.

6.14 Svovlhexafluorid

6.14.1 Mængder af svovlhexafluorid i byggeriet



Figur 6.13 Prognosekurver for til- og fraførte mængder af svovlhexafluorid i byggeriet fra 1985 til 2025.

Inputkurven for svovlhexafluorid er optegnet ud fra oplysningerne om perioden 1990 - 1995 samt 1999. Det er forbudt at anvende stoffet fra 1. januar 2003. Tabel 6.14 viser de udvalgte byggevarer, deres procentvise fordeling (mængdemæssigt) samt de tilhørende skønnede levetider og anvendelsesperioder.

Primære byggevarer	Forudsat levetid	Primær anvendelsesperiode	
		Fra	Til
Lydisolerende ruder	30	1985	2003

Tabel 6.14 Levetid og anvendelsesperiode for bygningsdele indeholdende svovlhexafluorid.

6.14.2 Prognose for Svovlhexafluorid i affaldsstrømmen

Stoffet har været anvendt i en relativt kort periode og vinduernes levetid forventes at være "udløbet" omkring 2015, hvorefter vinduerne vil vise sig i

affaldsstrømmen. Fra 2015 kan mængden af rent stof forventes at stige til en top på ca. 20 tons der vil kunne vise sig omkring 2025.

Mængde 2001: under 1 tons
Mængder 2025 ca. 16 tons

6.14.3 Affaldshåndtering

Der findes endnu ingen regler for indsamling og håndtering af vinduer med svovlhexaflourid.

6.14.4 Konklusioner og anbefalinger

Svovlhexaflouridholdige glaseruder forventes at optræde i byggeaffald i løbet af nogle år.

Det anbefales, at man tager initiativ til at formulere regler for indsamling og håndtering af vinduer og bortskaffelse, evt. på samme måde som PCB-holdige vinduer.

7 Sammenfattende konklusioner og anbefalinger

7.1 Indledning

Afslutningsvis gives en sammenfatning af de konklusioner og anbefalinger, som fremgår af prognoserne for de enkelte stoffer i kapitel 6.

Med hensyn til mængderne af problematiske stoffer henledes opmærksomheden på, at det i forbindelse med denne undersøgelse ikke har været muligt at skaffe pålidelige data til prognoser for output strømme af farlige stoffer i bygge- og anlægssektoren. Der findes fx ingen erfaringstal med hensyn til de realiserede strømme af de 12 udvalgte problematiske stoffer i bygningsaffaldet. De forventede mængder er derfor opgjort på grundlag af viden om deres indførelse i den eksisterende bygningsmasse og antagelser om respektive bygningsdeles levetider (se Figur 5.4 ovenfor).

På dette grundlag listes en række konkrete forslag til en fremtidig indsats med størst mulig rækkevidde og effekt med hensyn til forbedring af den hidtidige affaldsbehandling af problematiske stoffer i byggeriet.

7.2 Håndtering af problematiske stoffer

7.2.1 Bly

Mængden af bly i affaldsstrømmen forventes at stige fra ca. 10.000 t i 2001 til et maksimum på ca. 13.000 t i 2014, hvorefter mængden forventes at faldet til et stabilt niveau, på ca. 6.000 t i 2025.

Eksisterende nedbrydnings- og bortskaffelsesmetoder er generelt set tilfredsstillende, men der bør lægges mere vægt på indsamling og håndtering af bly i bundne former, f.eks. i plastkabler.

Det anbefales, at der gøres en øget indsats i byggesektoren med hensyn til oplysning og uddannelse for at mindske blyholdige produkter i affald til forbrænding.

7.2.2 Cadmium

Mængden af Cadmium i affaldsstrømmen forventes at aftage fra ca. 16,5 t i 2001 til ca. 2 t i 2025.

Hovedparten af cadmium findes i bundne former og den rene cadmium kan ikke umiddelbart indsamles og behandles, men følger de respektive "værtsstoffer" til genanvendelse, forbrænding eller deponering.

Udover en øget indsats for at minimere plast og PVC mængderne til forbrænding anbefales, det at man foretager en undersøgelse af de økonomiske og tekniske muligheder for at rense over-fladebelægninger med indhold af cadmium.

7.2.3 Kviksølv

Forbruget af kviksølv i lyskilder antages at stige indtil 2010, hvorefter kviksølv i lyskilder forventes udfaset. Anvendelsen i eludstyr i øvrigt antages udfaset inden 2005. Indholdet i cement forudsættes at fortsætte konstant fra 1997.

Mængden af Kviksølv i bygningsaffaldet forventes at være toppet omkring 1990. Mængderne i 2001 anslås til 1,4 t, og det antages at mængden falder til ca. 0,2 t i 2025.

Det anbefales, at der gøres en indsats for at oplyse og uddanne byggebranchen i identifikation og opsamling af rent kviksølv i kontrakter, instrumenter m.v.

7.2.4 Nikkel

På grund af øget forbrug af rustfrit stål, beslag og andre nikkelholdige materialer forventes mængderne af nikkel i byggeaffaldet at stige fra ca. 1.500 t i 2001 til ca. 3.300 t i 2025.

Størsteparten af nikkelholdige materialer er lette at identificere, indsamle og genanvende.

Det anbefales, at der gøres en uddannelsesmæssig indsats for at informere om indsamling af mindre dele bl.a. beslag til genanvendelse og derved mindske mængderne til forbrænding og deponering.

7.2.5 Chrom

På grund af øget anvendelse af rustfrit stål forventes mængderne af chrom i byggeaffald at stige fra ca. 700 t i 2001 til ca. 2.400 t i 2025.

Forkromede materialer og rustfrit stål er lette at identificere og udtage til genanvendelse / særlig behandling i overensstemmelse med gældende regler.

Det anbefales, at der gøres en fortsat indsats for at sikre udtagning af chromholdige affaldsprodukter til genanvendelse og særlig behandling for derved at formindske chromholdige materialer til forbrænding.

Det anbefales endvidere at undersøge mulighederne for overfladerensning af beton med chromholdige overfladebelægninger for at undgå chrom i nedknuste betonmaterialer.

7.2.6 Kobber

Mængderne af kobber i byggeaffaldet forventes at toppe i disse år med ca. 24.000 t i 2001 og derefter aftage til ca. 8.000 t i 2025.

Det anbefales, at der gøres en indsats for at indsamle mindre mængder af kobber i el-ledninger beslag m.v. for at reducere kobber i affald til forbrænding.

7.2.7 Zink

Det skønnes, at mængderne af zink-holdige materialer i byggeaffaldet toppe i disse år med ca. 12.000 t i 2001, hvorefter mængderne forventes at falde til ca. 6.000 t i 2025.

Zinkplader, tagrender, rør m.v. kan identificeres, indsamles og genanvendes uden problemer..

Det anbefales, at der gøres en indsats for at reducere de mængder af zink bundet i andre materialer, fx i maling og PVC som går til forbrænding.

7.2.8 PCB

Mængderne af PCB-holdige materialer i byggeaffaldet forventes at toppe i disse år med ca. 60 t i 2001 og det antages, at mængderne vil falde til under 10 t per år omkring 2010.

Bortset fra regler for PCB i elektriske komponenter gives der ingen regler for indsamling af PCB-holdigt affald, og der gøres i dag ingen særlig indsats på dette affaldsområde i byggebranchen. Derfor må det regnes med at størsteparten af PCB-holdigt byggeaffald deponeres eller forbrændes.

Der bør gøres en særlig indsats for at sikre den mest hensigtsmæssige affaldshåndtering af PCB-holdige materialer i byggeaffaldet, og det anbefales:

- at problemet omkring PCB i byggeriet undersøges nærmere, og
- at der snarest tages initiativ til en omfattende indsats for at identificere, indsamle og håndtere PCB-holdige fugemasser og termoruder i byggeaffaldet.
- at undersøge de sundhedsmæssige forhold i forbindelse med håndtering af PCB-holdige materialer

Det anbefales endvidere, at indsatsen koordineres med den betydelig indsats, der allerede er sket i Norge og Sverige.

7.2.9 Chlorparaffiner

Det forventes, at mængden af chlorparaffiner i bygningsaffaldet vil stige jævnt fra ca. 350 t i 2001 til ca. 650 t om året i 2011. Mængden vil derefter falde jævnt til under 50 t i 2025.

Der gives ingen særskilte regler eller metoder til identifikation, indsamling og håndtering af materialer, der indeholder chlorparaffiner.

Det anbefales, at foretage en undersøgelse af de praktiske muligheder for at identificere, indsamle og håndtere materialer med chlorparaffiner i byggeaffald.

7.2.10 CFC

Det forventes, at der i løbet af et par år begynder at vise sig større mængder af CFC-holdige materialer i byggeaffaldet. Mængderne antages at toppe omkring 2016 med ca. 250 t per år, hvorefter de vil falde til under 20 t per år omkring 2025.

Størsteparten af CFC går til forbrænding. Ud over regler for CFC i kølemøbler gives der ingen særlige regler for identifikation, indsamling og håndtering af CFC-holdige materialer.

I betragtning af, at CFC-holdige materialer er relativt lette at identificere, let tilgængelige og håndterlige anbefales, at der gøres en indsats for identifikation, indsamling og håndtering af CFC i byggeaffald.

7.2.11 HCFC + HFC

Der vil antagelig gå nogle år førend HCFC og HFC vil forekomme i større mængder i bygningsaffaldet. Størsteparten af HCFC og HFC går til forbrænding. Ud over regler for HCFC i kølemøbler gives der ingen særlige regler for identifikation, indsamling og håndtering af HCFC- og HFC-holdige materialer.

I betragtning af, at HCFC- og HFC-holdige materialer er relativt lette at identificere, let tilgængelige og håndterlige anbefales, at der gøres en indsats for identifikation, indsamling og håndtering af HCFC og HFC i byggeaffald.

7.2.12 SvovlHexaFluorid

Stoffet (gas) har været anvendt i en relativt kort periode og vinduer med gassen forventes at være forbrugt omkring 2015, hvorefter vinduerne vil vise sig i affaldsstrømmen. Fra 2015 kan mængden af rent stof forventes at stige til en top på ca. 16 tons der vil kunne vise sig omkring 2025.

Der findes endnu ingen regler for indsamling og håndtering af vinduer med svovlhexafluorid.

Det anbefales, at man tager initiativ til at give regler for indsamling og håndtering af vinduer, udtagning af gassen af vinduet og bortskaffelse af stoffet.

7.3 Forslag til fortsatte initiativer

På grundlag af de foreliggende konklusioner vedrørende undersøgelse af de enkelte stoffer anbefales generelt, at der gøres en større indsats for at indsamle og håndtere farlige stoffer i byggematerialer og der skal peges på følgende initiativer og indsatsmuligheder.

7.3.1 Prioritering af behovet for fortsatte initiativer

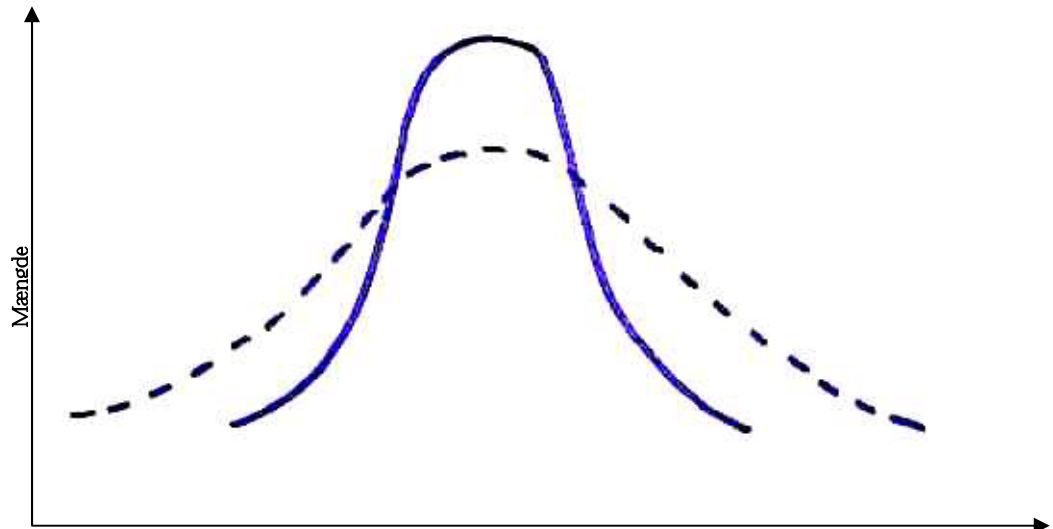
Der bør indledningsvis ske en prioritering af behovet for en fremtidig forbedret affaldshåndtering af de enkelte stoffer. Dette bør ske ud fra en overordnet vurdering af stoffernes farlighed, mængder, de praktiske muligheder og omkostninger i forbindelse med forbedret affaldshåndtering.

Forbruget af de 12 problematiske stoffer har været knyttet til bestemte byggeskikke og udviklingsperioder. Ophøret af brugen er blevet lovmæssig dikteret ud fra en erkendelse af stoffernes skadelige virkning i og på miljøet. Anderledes forholder det sig med udfasningen af de 12 stoffer, idet det forventes, at der sker en løbende udfasning af stofferne i forbindelse med ombygning, renovering og nedbrydning af den eksisterende bygningsmasse.

De anførte mængder og perioder for forekomster af respektive problematiske stoffer i byggeaffaldet må derfor betragtes som vejledende skøn, som kan give

fingerpeg om tendenser i strømmene af de problematiske stoffer i byggeaffaldet i perioden 2001-2025. I praksis må der imidlertid regnes med, at udfasningen sker mere jævnt over en betydeligt længere periode, som illustreret i Figur 7.1 nedenfor, der er en gengivelse af tidligere vist Figur 5.5.

Det anbefales derfor, at der indhentes mere detaljeret viden om strømmene af stofferne i byggeaffaldet for at skabe grundlag for prioritering af behovet for fortsatte initiativer vedrørende problematiske stoffer.



Figur 7.1 Principskitse visende den idealiserede outputkurve (fuldt optrukne kurve) baseret på den forventelige gennemsnitlige levetid overfor den i praksis forventede outputkurve (stiplede kurve), hvor der er taget hensyn til spredningen på den faktiske levetid.

7.3.2 Detaljeret undersøgelse af de højest prioriterede stoffer

Herefter anbefales en detaljeret undersøgelse af affaldsmængderne for hver af de prioriterede stoffer omfattende grundige analyser af stoffernes forekomster i den eksisterende bygningsmasse og i de fremtidige byggeaffaldsstrømme.

Desuden bør der undersøges muligheder for at forbedre eksisterende metoder og udvikling af nye metoder til identifikation, håndtering, genanvendelse og bortskaffelse af de højest prioriterede stoffer.

Da der er en klar tendens til at PCB i disse år optræder i betydelige mængder i bygningsaffaldet anbefales, at undersøgelser af mulighederne for at indsamle og håndtere PCB i byggeaffald gives en høj prioritet, og at disse undersøgelser iværksættes snarest muligt.

7.3.3 Tekniske undersøgelser

Det anbefales, at gennemføre tekniske undersøgelser af muligheder for udtagning og håndtering af bygningsmaterialer med problematiske stoffer for derved at reducere mængderne til forbrænding.

Sådanne undersøgelser kan fx omfatte:

- Udtagning og sortering af byggevarer og beslag m.v. med indhold af bly, cadmium, nikkel, chrom, kobber, zink.
- Udtagning og sortering af plast og fugemasser med indhold af bly, cadmium, PCB og chlorparaffiner.
- Udtagning og sortering samt behandling af fugeskum, isoleringsskum m.v., indeholdende CFC, HFCE og HFC.
- Håndtering af vinduer og fugemasser med PCB samt udtagning af vinduer med svovlhexafluorid.
- Afrensning af vægoverflader m.v. for at fjerne belægninger med indhold af bly, chrom, zink og chlorparaffiner for at undgå forurening af bygningsaffald til genanvendelse.

7.3.4 Udvikling af styringsmidler

Efterhånden som det tekniske grundlag er fastlagt for en forbedret behandling af byggeaffald med problematiske stoffer anbefales, at der udvikles vejledninger og regler med input til de kommunale affaldsregulativer samt kontrolordninger, der sikrer en effektiv implementering af de forbedrede behandlingsmetoder.

Endelig anbefales at der gøres en bred indsats inden for byggesektoren med oplysning om håndtering af de problematiske stoffer suppleret med uddannelse af alle, der medvirker i håndtering af byggeaffald. Det anbefales især, at nedbrydningsbranchen pålægges at indføre effektive metoder til identifikation og opsamling af farlige stoffer. Dette kan fx ske ved udarbejdelse af tillæg til Nedbrydningsbranchens Miljøkontrolordning 1996 [NMK, 1996]

8 Litteratur

Affaldsinformation (2000). Web-site: www.affaldsinfo.dk, September 2000.

Aktuelle Byggerier 1969-1973 (1978). Institutioner og erhverv. DIAB husbygning. Teknisk forlag.

Back, J., Olesen, S. I., & Havelund Andersen, S. (1994). *Klorparaffiner i Danmark: Substitutionsmuligheder i køle-smøremidler* (Miljøprojekt nr. 248). Miljøstyrelsen.

Bekendtgørelse nr. 18 (1976). *Bekendtgørelse nr. 18 af 15. januar 1976 om begrænsninger i indførslen og anvendelsen af PCB og PCT*. København: Miljøministeriet.

Bekendtgørelse nr. 24 (2000). *Bekendtgørelse nr. 24 af 14. januar 2000 om forbud mod import og salg af visse nikkelholdige produkter*. København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 49 (2000). *Bekendtgørelse nr. 49 af 20. januar 2000 om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål*. København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 692 (1998). *Bekendtgørelse nr. 692 af 22. september 1998 om forbud mod salg og eksport af kviksølv og kviksølvholdige produkter*. København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 733 (2000). *Bekendtgørelse nr. 733 af 31. juli 2000 om listen over farlige stoffer*. København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 925 (1998). *Bekendtgørelse nr. 925 af 13. december 1998 om PCB, PCT og erstatningsstoffer herfor*. København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 1067 (1998). *Bekendtgørelse nr. 1067 af 22. december 1998 om håndtering af affald af elektriske og elektroniske produkter*. København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 1044 (1999). *Bekendtgørelse nr. 1044 af 16. december 1999 om visse batterier og akkumulatorer, der indeholder farlige stoffer*. København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 1012 (2000). *Bekendtgørelse nr. 1012 af 13. november om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly*. København: Miljø- og Energiministeriet.

Bekendtgørelse nr. 1060 (2000). *Bekendtgørelse nr. 1060 af 4. december om tilskud til indsamling og genanvendelse af blyakkumulatorer*. København: Miljø- og Energiministeriet.

Bernes, C. (1998). *Organiska miljögifter: Ett svenskt perspektiv på ett internationellt problem* (Monitor 16). Stockholm: Naturvårdsverket.

- Bjørnstad, L. (1999). *Kortkjedete højklorerte paraffiner: Materialstrømsanalyse* (Rapport 99:24). Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Bjørtomt Mosland, A., & Christiansen, J. V. (1993). *Materialstrømsanalyse av sink: Vurdering av alternativer* (SFT-rapport nr. 93:29). Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Borvirket (2001). Oplysninger via telefonsamtale med person, der har været ansat i Borvirket, Juni 2001.
- BPS-centret. (1998). *Håndbog i miljørigtig projektering, Bind 2* (Publikation 121). Taastrup.
- Byggematerialeindustrien (2000). *Byggeprognose, sommer 2000, Byggematerialeindustriens udsigter for 2001 og 2002*. Dansk Industri og Byggematerialeindustrien, August 2000. København.
- Cirkulære nr. 132 (1996). *Cirkulære nr. 132 af 13. juni 1996 om kommunale regulativer om bortskaffelse af CFC-holdige kølemøbler*. (1996). København: Miljø- og Energiministeriet.
- COWI (2001). I/S Vestforbrænding og I/S Amagerforbrænding. *Kildesporing og reduktion af tungmetalltilførsel til forbrænding*, Slutrapport, Juni 2001.
- COWIconsult (1983). *PCB/PCT-forurening: En udredning om forbrug, forurening og transportveje for PCB og PCT i Danmark*. København: Miljøstyrelsen.
- COWIconsult (1985). *Forbrug og forurening med kviksølv i Danmark: Materialstrømsanalyse*. København: Miljøstyrelsen.
- Danmarks Farve- og Lakindustri (2000). Oplysninger om problematiske stoffer i maling.
- Danmarks Statistik (2000). *Oplysninger om produktion af vinduer i perioden 1967-73*.
- EU (1996). *Raadets direktiv 96/59/EF af 16. september 1996 om bortskaffelse af polychlorbiphenyler og polychlorterperphenyler (PCB/PCT)*. Bruxelles.
- Fugebranchens Samarbejds- og oplysningsråd (FSO) (2000). Spørgeskemaundersøgelse om anvendelse af fugemasser med PCB.
- Hanberg, A., Olsen, F. B. (1970). *Vægkonstruktioner*. DIAB Husbygning. Den private ingeniørfond. Danmarks Tekniske Højskole.
- Hansen, E., & Juul Busch, N. (1988). *CFC-forbrugsmønstre i Danmark* (Miljøprojekt nr. 92). København: Miljøstyrelsen.
- Hansen, E. (1995). *Miljøprioritering af industriprodukter* (Miljøprojekt nr. 281). København: Miljøstyrelsen

- Haugen, H. (2000a). *Mottak av eldre isolerruter: Informasjon til avfallsmottak* (Helse- og miljøfarlige kjemikalier, TA-1732/2000). Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Haugen, H. (2000b). *Uttak og håndtering av eldre isolerruter: Informasjon til entreprenører* (Helse- og miljøfarlige kjemikalier, TA-1731/2000). Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Hauschild, M. (red.). (1996). *Baggrund for miljøvurdering af produkter*. Danmarks Tekniske Universitet, Institutet for Produktudvikling. København: Miljøstyrelsen, & Dansk Industri.
- Holmegaard Hansen, J. (1995). *Ozonlagsnedbrydende stoffer og HFC - forbrug i 1994* (Miljøprojekt nr. 302). København: Miljøstyrelsen.
- Huse, A. (1998). *Miljøgifter i produkter: Data for 1997* (Rapport 99:03). Oslo: Statens forurensningstilsyn.
- Jensen, A., & Markussen, J. (1993). *Forbrug af og forurening med cadmium* (Miljøprojekt nr. 213). København: Miljøstyrelsen.
- Johannesson, P.- O. (1999). *PCB i fogmassor* (Publikation 1999:15). Vänersborg: Länsstyrelsen i Västra Götaland.
- Juul Busch, N., & Stilling, O. (1991). *Ozonlagsnedbrydende stoffer - forbrug i 1987-1989* (Miljøprojekt nr. 170). København: Miljøstyrelsen.
- Kemikalieinspektionen (1996). *Additiv i PVC: Märkning av PVC* (Rapport från kemikalieinspektionen 6/96). Solna.
- Krogh, H. (1999). *Problematiska stoffer i byggevarer* (SBI-meddelelse 122). Hørsholm: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Lassen, C., Drivsholm, T., & Hansen, E. (1996a). *Massestrømsanalyse for nikkel: Forbrug, bortskaffelse og udslip til omgivelserne i Danmark* (Miljøprojekt nr. 318 1996). København: Miljøstyrelsen.
- Lassen, C., & Hansen, E. (1996b). *Massestrømsanalyse for bly: Forbrug, bortskaffelse og udslip til omgivelserne i Danmark* (Miljøprojekt nr. 327). København: Miljøstyrelsen.
- Lassen, C., Drivsholm, T., Hansen, E., Rasmussen, B. & Christiansen, K (1996c). *Massestrømsanalyse for kobber*. (Miljøprojekt nr. 323). Miljøstyrelsen, København.
- Lauritzen, E. K., & Trap Christensen, N. (1997). *Kortlægning af PVC i bygge- og anlægsaffald fra nedbrydning og reovering* (Arbejdsrapport nr. 79 1997). København: Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.
- Lohm, U. et al. (1997). *Databasen Stockhome: Flöden och ackumulation av metaller i Stockholms teknosfär* (Tema V Rapport 25, 1997). Linköping: Linköping Universitet.

Lovbekendtgørelse nr. 547 af 30. maj (2000). *Bekendtgørelse af lov om godtgørelse i forbindelse med indsamling af hermetisk forseglede nikkel-cadmium-akkumulatorer (lukkede nikkel-cadmium-batterier)*. (2000). København: Miljø- og Energiministeriet.

Maag, J. og Lassen, C. (2000). *PCB i apparater i Danmark*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 15, 2000, København: Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.

Malmgren-Hansen (2001). Mundtlig information fra Bjørn Malmgren-Hansen, Teknologisk institut, 2001.

Marti, J. (1997). *Cadmium in Zink: Resultate einer schweizerischen Marküberwachung* (Umwelt-Materialien nr. 68). Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL.

Miljøkontrollen (2000). *Veiledning om Erhvervsaffald, Københavns Kommune, Miljøkontrollen*.

Miljøstyrelsen (1974). *PCB og miljøet: Redegørelse til folketingets miljøudvalg* (Nyt fra miljøstyrelsen 12-74). København.

Miljøstyrelsen (1980). *Cadmiumforurening: En redegørelse om anvendelse, forekomst og skadevirkninger af cadmium i Danmark*. København.

Miljøstyrelsen (1985). *Forbrug og forurening med arsen, chrom, cobalt og nikkel* (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 7 1985). København.

Miljøstyrelsen (1989). *Bly: Anvendelse - forurening - løsningsforslag* (Redegørelse fra Miljøstyrelsen nr. 1 1989). København.

Miljøstyrelsen (1990). *PVC i byggeri og anlæg: Mulighederne for samt tekniske og økonomiske konsekvenser af at substituere PVC i byggeri og anlæg* (Miljøprojekt nr. 133 1990). København.

Miljøstyrelsen, PROBA (1990). *Prognose for bygge- og anlægsaffald* (Miljøprojekt nr. 150 og 151). København.

Miljøstyrelsen (1991). *Demonstrationsprojekt "Selektiv nedrivning"*. Entreprenørforeningen, Nedbrydersektionen. (Miljøprojekt nr. 177, 1991). København, Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Miljøstyrelsen (1996a). *Forbrug og emissioner af 8 flourerede og klorerede kulbrinter* (Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 20 1996). København.

Miljøstyrelsen (1996b). *Massestrømsanalyse for kviksølv* (Miljøprojekt nr. 344). København.

Miljøstyrelsen (1997a). *Genanvendelse af planglas* (Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 88 1997). København.

Miljøstyrelsen (1997b). *Erhvervsaffald og udvalgte affaldsstrømme. Et debatoplæg*. (Oplæg fra Miljøstyrelsen). København.

Miljøstyrelsen (1999). *Affald 21 - Regeringens affaldsplan 1998 - 2004*, Miljø- og energiministeriet. København.

Miljøstyrelsen (2000a). *Effektlisten 2000* (Orientering fra Miljøstyrelsen 6/2000). København. Lokaliseret 20010611 på:
www.mst.dk/udgiv/publikationer/2000/87-7944-099-1/html/

Miljøstyrelsen (2000b). *Listen over uønskede stoffer* (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9 2000). København. Lokaliseret 20010611 på:
www.mst.dk/udgiv/publikationer/2000/87-7944-116-5/html/

Nissen, H. (1984). *Montagebyggeri*. Polyteknisk Forlag.

NMK (1996). *Nedbrydningsbranchens Miljøkontrolordning 1996*. NMK 1996. Brancheaftale om selektiv nedbrydning m.v., Miljø- og Energiministeren, Entreprenørforeningens Nedbrydningssektion, November 1996.

Pedersen, P. H. (1997). *Erstatning af kraftige drivhusgasser: HFC'er, PFC'er og SF6. Statusrapport* (Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 102 1997). København: Miljøstyrelsen.

Regeringen (2001): *Danmarks nationale strategi for bæredygtigt udvikling - Udvikling med omtanke - Fælles ansvar. Regeringen, juni 2000.*

Statens forurensningstilsyn (2000a). *Hva gjør miljøvernmyndighetene for å stanse nye utslipp fra PCB i produkter?* (Helse- og miljøfarlige kjemikalier, TA-1704/2000). Oslo. Lokaliseret 20000405 på:
www.sft.no/publik/1704/Ta1704_1.html

Statens forurensningstilsyn (2000b). *PCB i bygg* (Helse- og miljøfarlige kjemikalier, TA-1730/2000). Oslo.

Statens forurensningstilsyn (2001). *Verifisering av stoffer, produkttyper og mengder i maling og lakk: Produktrettet miljøstrategi i praksis* (Helse- og miljøfarlige kjemikalier, TA-1784/2001). Oslo.

Sverud, T., & Estensen, A. S. G. (1997). *PCB i bygningsmaterialer* (Rapport 98:09). Oslo: Statens forurensningstilsyn.

Öberg, T. (1994). *Förekomst av PCB og PCN i varor och kemiska produkter i Sverige* (PM nr. 18/94). Solna: Kemikalieinspektionen.

Wenzel, H., Hauschild, M., & Rasmussen, E. (1996). *Miljøvurdering af produkter: UMIP, Udvikling af miljøvenlige industriprodukter*. Danmarks Tekniske Universitet, Institutet for Produktudvikling, & Miljøstyrelsen, & Dansk Industri. København.

Zwiener, G. (1994). *Polychlorierte Biphenyle in Gebäude*. Betontechnologie DAB 5/94

Tillæg 1 - Bruttoliste over problematiske stoffer i byggeaffald

Forklaring til skemaer.

Der udfærdiges 3 skemaer for at få en oversigt og en baggrund for at udregne en prognose for farlige stoffer i byggeaffald fremover. De fremsendte skemaer er foreløbige og må derfor gerne kommenteres, f. eks. er der en liste over uønskede stoffer, som ikke er medtaget i skemaerne.

Der udfærdiges tre skemaer:

- Et skema med en oversigt over information, der ligger bag ved tallene i det næste skema.
- Skema over problematiske stoffer i bygningsdele med mængder.
- Liste over problematiske stoffer med en miljøvurdering af stofferne.

Baggrundsinformation bruges til at give et indtryk af hvor nøjagtigt mængderne kan angives og i hvilke publikationer og i hvilket år dataene stammer fra.

Skemaet over mængder af problematisk stof, der er tilstede i bygningsmassen i dag (potentiallet) gives enten som en total mængde af stoffet eller en mængde skønnet ud fra mængde af byggevaren, der er brugt til den pågældende bygningsdel.

Skemaet over problematiske stoffer giver en vurdering af stoffet ud fra listen over farlige stoffer og miljøfarligheden angives ved en vurdering ud fra bekendtgørelser for f.eks. slam eller restprodukter, endelig kriterier er ikke fastlagt på nuværende tidspunkt.

Problematiske stoffer i byggevarer
Baggrundsinformation

Rum	Byggevarer	Problematiske stoffer	Baggrund for estimat af mængde
Badeværelser			
Vandtætningsembraner	Bitumen		
	Epoxy	Bisphenol-A diglycidylether, reaktionsprodukt af bisphenol A-diglycidylether, 2'bisphenol F-diglycidylether	
Spartelmasse		Nonylphenoletoxylater (2)	
Fugemasse	Silikone	Org. Arsenforbindelser (2)	Ingen oplysninger om organiske arsenforbindelser til dette formål i (MP 7/1985).
		Diorganotinforbindelser anvendes som katalysatorer i silikonfugemasser.	Forbruget i 1994 er estimeret til 0,7-3 tons (Arbejdsrapport 7/1997).
	Acryl	Phthalater	Forbruget af phthalater med udfyldningsmidler (fugemasse og kit) i 1994 er anslået til <400 tons (MP 320/1996). Der er ingen oplysninger om fordelingen på forskellige typer. Det angives at phthalater tidligere har været anvendt til epoxybaserede fugemasser, men i 1994 ikke længere bruges til dette formål.
Køkken		Monomer Chlorparaffiner (?)	
Pladematerialer	Laminatplade	?	
	Spånplader	Formaldehyd i UF-lim	Se under pladematerialer til indervægge. En mindre del af de der opgjorte mængder vil blive anvendt i køkkener.
	MDF-plader	Formaldehyd i MUF lim og formaldehyd og phenol i MUPF lim	Ingen særskilt opgørelse. Er formodentligt indeholdt i opgørelsen for spånplader (Se under pladematerialer til indervægge)
	Krydsfiner	Phenol, resorcinol, formaldehyd i PRF lim	Se under pladematerialer til indervægge. En mindre del af de der opgjorte mængder vil blive anvendt i køkkener.

Bygningsdele			
Ydervægge			
Isoleringsprodukter	Stenuld	Fibre, phenol (?)	Forbruget af urea-modificeret phenol-formaldehydharpiks til produktion af mineraluld var i 1982 på 6.700 tons (MP 62/1984). Fordeling mellem forskellige typer mineraluld er ikke opgivet.
	Glasuld	Fibre, phenol (?)	Forbruget af urea-modificeret phenol-formaldehydharpiks til produktion af mineraluld var i 1982 på 6.700 tons (MP 62/1984). Fordeling mellem forskellige typer mineraluld er ikke opgivet.
	PUR	Isocyanater, CFC-11, CFC-12, HCFC 22, HCFC -142b, bromerede flammehæmmere	Forbruget af CFC'er (CFC-11, -12, -22, -113) i 1986 med hård PUR til bygningsisolering er estimeret til 230-240 tons (MP 92/1990). Det akkumulerede forbrug med bygningsisolering indtil 1986 er estimeret til 1.700 tons. Forbruget af CFC'er i 1986 med hård PUR til isolering af køle/fryserum og køle/frysehuse er estimeret til 100-110 tons (MP 92/1990). Det akkumulerede forbrug til dette formål indtil 1986 er estimeret til 1.700 tons. Estimeret 40-60 tons bromerede polyoler (reaktive flammehæmmere) anvendt i 1997 til PUR i kølehuse, kølecontainere, køleskibe mm.
	EPS	Styren, pentan, hexabromcyklododecan (HBCD)	Forbruget af HBCD i 1997 er estimeret til 0,5-2,7 (MP 494/1999). 1984.
	XPS	Styren, CFC-12, HCFC 22, HCFC-142b, hexabromcyklododecan (HBCD)	XPS blev introduceret i begyndelsen af 1970'erne (MP 92/1990). Forbruget af CFC-12 i 1984 var ca. 15 tons (MP 92/1990). Forbruget af HBCD i 1997 er estimeret til 11-29 tons (MP 494/1999). En del af XPS anvendes til underlag for terrændele.. Se PUR fugemasser til vinduer og døre.
Fugemasser	PUR	Isocyanater, org opløsningsmidler	
	MS polymer	Phthalater	
	Polysulfid	PCB, Blyoxid	PCB forbruget med polysulfidfugemasser i perioden 1967-1974 er estimeret til samlet 97,5 tons PCB (Hansen & Grove 1983).
Indervægge			

Fugemasser			
Pladematerialer	Spånplader	Formaldehyd i UF-lim	Forbrug af spånplader 1960-80 stigende fra ca. 40.000 tons i 1961 til ca. 350.000 tons pr år i 1972-1980 (MP 62/1984). Forbruget af ureaformaldehyd til produktion af spånplader i 1982 er estimeret til 56.500 tons (MP 61/1984).
	Krydsfiner	Phenol, resorcinol, formaldehyd i PRF lim	Forbruget af krydsfiner svinger mellem 30.000 og 150.000 tons pr. år i perioden 1967-1980 (MP 62/1984). Forbruget af ureaformaldehyd og phenolformaldehyd til produktion af krydsfiner i 1982 er ikke direkte estimeret i (MP 61/1984) men på grundlag af baggrundsoplysningerne i rapporten, kan det estimeres til i størrelsen 5.000-15.000 tons.
Vinduer/døre	Vakuuimprægneret Overfladebehand. træ	Bis(tributyltinoxid) TBTO Tributyltin naphthenat TBTN	Udviklingen i forbrug af vacuuumprægneret træ fra 1960-1980 fremgår af /MP 57/1997/. Der blev i 1992 brugt 14,5 tons TBTN/TBTO til vacuuumprægnering, hovedsageligt til vinduer og døre.
		Cuprinaphthenat, borsyre mm.	Udviklingen i forbrug af vacuuumprægneret træ fra 1960-1980 fremgår af /MP 57/1997/. Der blev i 1992 brugt 11,3 tons andre midler end organotinforbindelser til vacuuumprægnering, hovedsageligt til vinduer og døre.
		PCP	Pentachlorphenol (PCP) har tidligere været anvendt til grundingsolier, som påføres ved en overfladebehandling (MP 69/1985). Ingen oplysninger om mængder.
	Malet træ	Pb-forbindelser	Blynaphthenat anvendtes som sikkativ i 1985 i en konc. på 0,2% af produktionsvægten i alkydmaling. Svarer til ca. 0,5% af tørstofindholdet. Samlet forbrug 30-40 tons Pb. (MP 105/1989). Blyforbrug med blychromat og blymolybdatchromat i maling 1985: 150-200 tons. (MP 105/1989). Ingen oplysninger om, hvor meget der evt. bruges til vinduer og døre. Det samlede blyindhold i alkydmaling kan groft estimeres til 0,5-1% (excl. Blyhvidt er tidligere anvendt som pigment i maling men anvendelsen skulle være ophørt før 1985). Mængde ?
		Cr- forbindelser	Indgår i blychromater. Mængde?
		Cu-forbindelser	Indgår i pigmenter til maling. Mængde ? Samlet forbrug som pigment i 1982: 110-180 tons (Orientering fra MST 7/1997)

		Zn-forbindelser	Indgår i sikkativer og pigmenter til maling. Mængde?
	Af PVC	Pb-forbindelser	Bly anvendes i vinduer i kombination med Cd/Ba stabilisatorer (MP 105/1989). Blyindholdet i vinduesprofiler var i 1994 ca. 2%. Forbruget til PVC vinduer var i 1994 ca. 100 tons.
		Cd-forbindelser	I 1992 blev ca. 4 tons Cd brugt med PVC til stabilisering af vinduesprofiler og tagplader af PVC (MP 213/213)
Blyindfattede ruder		Pb	Forbruget med blyindfattede ruder i 1985 er estimeret til 50-100 tons Pb (MP 105/1989)
Beslag/låse		Cu	Forbruget af kobber med låse, beslag til vinduer mm er for 1990-1992 estimeret til 1.300-1.900 tons pr år. (MP 323/96) Estimatet er baseret på oplysninger fra Miljøprioriteringsprojektet, som angiver følgende: låse 46% Cu svarende til 706 t; beslag mm. 6% Cu svarende til 790 tons (MP 281/1995). Af låsene angives 57% at være cylinderlåse, mens resten er hængelåse og "andre" låse og det vil i denne sammenhæng være mest korrekt kun at medtage de 57% cylinderlåse svarende til 402 tons. Udover denne varegruppe er der i Miljøprioriteringsprojektet en varegruppe som omfatter, cykellåse mellemrørslåse, slutblik mm, som altså ikke er indbefattet i herværende estimat. Det skal her vurderes, at usikkerheden på estimatet er større end angivet i MP 323/96. Som bedste bud ansås den rigtige værdi at ligge i intervallet 500-1500 tons Cu pr. år.
		Ni	Baseret på (MP 281/1995) estimeres i (MP318/1996) at der i gennemsnit i perioden 1990-92 blev brugt ca. 7 tons nikkel med nysølv i låse.
Lime til termoruder		PCB	PCB forbruget med lime til termoruder i perioden 1967-1974 er estimeret til samlet 86,2 tons PCB (Hansen & Grove 1983).
Inddækninger		Pb	Forbruget af blyinddækninger fasthæftet til tagvinduer er i 1994 estimeret til 250-400 tons (MP 327/96). Denne mængde er også medregnet under inddækninger til tage.
PUR-skum til porte og døre	PUR	Isocyanater, CFC-11, HCFC-142b	Forbruget af CFC'er i 1986 med hård PUR til porte og døre er estimeret til 65-75 tons (MP 92/1990). Det akkumulerede forbrug til dette formål indtil 1986 er estimeret til 500 tons.

Fugemasser	PUR	CFC'er (CFC-11, -12, -22) HCFC 22 Isocyanater, org opløsningsmidler	Forbruget af CFC'er i 1986 med hård PUR til fugeskum til alle bygningsformål er estimeret til 30-45 tons (MP 92/1990). Det akkumulerede forbrug til dette formål indtil 1986 er estimeret til 0 tons. Nettoforbruget af HCFC-22 med fugeskum i 1989 er estimeret til 1-2 tons (MP 170/1991)
	MS	Phthalater	Se fugemasser under "badeværelser"
	Polysulfid	PCB, blyoxid	Blyoxid er i massestrømsanalyserne ikke nævnt som komponent i fugemasser. PCB: se fugemasser til ydervægge.
Tage			
Plader	Kobber	Cu	Det er anslået, at der i perioden 1990-92 blev brugt omkring 500 tons kobberplader til tage og inddækninger pr. år (MP 323/1996). Der er ikke angivet usikkerhed eller en anslået fordeling mellem de to anvendelsesområder.
	Zink		
	Bly	Pb	Forbruget af bly til tagdækning i 1985 er estimeret til 300-400 tons (MP 105/1989). Da der hovedsagelig er tale om vedligeholdelse har dette forbrug formentlig været nogenlunde det samme i de foregående periode. Mængden omfatter kun deciderede blytage på historiske bygninger. En del af forbruget af blyplader, som er regnet under inddækning, anvendes formentlig som tagdækningsmateriale på mindre tage på spir mm.
	Galvaniseret stålpl	Zn, Cd	Kan evt. estimeres ud fra Danmarks Statistik.
	PVC-plader	Pb-forbindelser	Blyforbruget med PVC-plader til tag mm. i 1994 er estimeret til <40 tons (MP 327/1996)
	Klare PVC plader	Diorganotinforbindelser	2,5 dele organotin stabilisator til 100 dele PVC Forbruget af diorganotinforbindelser med klare PVC tagplader i 1994 er estimeret til 32-40 tons (Arbejdsrapport 7/1997)
	Corten stål	Cu	Anvendes til beklædninger med rustne stålplader. Ingen oplysninger om mængder.

	PVC-belagte stålpl	phtalater, Pb-forbindelser, org tinforbindelser og antimonoxyd	
Tagpap/tagmembraner	Tagpap (stenkulstjære)	PAH?	
	Tagpap/bitumen	PAH?	
	Polymerbitumen	PAH?	
	PVC-folie	phtalater	Forbruget af phtalater med PVC dækningsfolier i 1988-1991 er estimeret til 430-1.000 tons (MP 320/1996).
Inddækninger	Polyolefiner (PE og PP)	bromerede flammehæmmere	Forbruget af bromerede flammehæmmere med tagfolier af polyolefiner i 1997 er estimeret til 1-4 tons (MP 494/1999).
	Pb	Pb	Forbruget af bly til inddækninger i 1985 anslået til 3.100-3.500 tons (MP 105/1989), og i 1994 til 2.560-3670 tons (MP 327/1996) incl. inddækninger til vinduer. En del af dette anvendes formentligt som tagdækningsmateriale på mindre tage (er ikke medregnet under tage)
	Cu	Cu	Det er anslået, at der i perioden 1990-92 blev brugt omkring 500 tons kobberplader til tage og inddækninger pr. år (MP 323/1996). Der er ikke angivet usikkerhed eller en anslået fordeling mellem de to anvendelsesområder.
Gulve	Zink	Zn	
	Blød PVC	phtalater	Forbruget af phtalater med PVC gulvbelægninger i 1988-1991 er estimeret til ca. 1500 tons pr år (MP 320/1996)
VVS-anlæg	Acryllim	phtalater, monomer, chlorparaffiner (?),	Forbruget af phtalater med lime til "bygningsskonstruktioner, håndværk" i 1994 er estimeret til 3.102 tons (MP 320/1996). Der nærmere fordeling af limene på anvendelsesområder er ikke angivet.
	Kobber	Cu	Det er anslået, at der i perioden 1990-92 blev anvendt ca. 1.100 tons kobber i byggeriet pr. år (MP 323/1996). Der er ikke angivet usikkerhed på estimatet.
Rør, indvendigt	Bly	Pb	Forbruget blev i 1985 anslået til <20 tons pr år (MP 105/1989). Har muligvis været større tidligere. Primært afløbsrør, men blyrør har også været anvendt til drikkevandsforsyning.

	Støbejern	Pb	Pb i samlinger mellem muffe og rør, 0,8 kg Pb pr samling ved en diameter på 70mm og 1,5 kg Pb ved en diameter på 100mm.
	Rustfrit stål	Cr, Ni	Rør af rustfrit stål i byggeriet?
	PVC	Pb-forbindelser	Skal estimeres
Tagrender og nedløbsrør	Zink	Zn, Cd (forureningselement)	?
	PVC	Pb	Forbruget var <3.000 tons PVC til tagrender og nedløbsrør i 1994 svarende til < 60 tons Pb. (MP 327/1996)
	Blylodninger	Pb	Forbruget af Pb med lodninger til VVS-installationer er for 1985 estimeret til 35-50 tons bly (MP 105/1989) og for 1994 til 60-100 tons Pb (MP 327/1996)
	Galvaniseret stål	Zn	?
Køkkenvaske	Rustfrit stål	Cr, Ni	Forbruget af rustfri stålvaske i 1996 estimeret på grundlag af handelsstatistikken er ca. 970 tons (DS 1996). Produktionen er beregnet ved at antage at værdien pr. tons for producerede vaske svarer til værdier pr. tons for eksporterede. De 970 tons rustfrit stål svarer til ca. 180 tons Cr og 77 tons Ni.
Fittings	Messing	Cu, Zn, Pb	Det er anslået, at der i perioden 1990-92 blev anvendt ca. 770 tons Cu med fittings af kobberlegeringer pr. år (MP 323/1996). Der er ikke angivet usikkerhed på estimatet.
	Kobber	Cu	Til de 770 tons Cu svarer 24 tons Pb og 380 tons Zn. Der blev i perioden 1990-92 i anvendt ca. 110 tons Cu pr. år med kobberfittings (MP 323/1996). Der er ikke angivet usikkerhed på estimatet.
Armaturer og ventiler	Messing	Cu, Zn, Ni	Det årlige kobberforbrug med armaturer og ventiler af messing, bronze og rødgods i 1990-1992 er estimeret til ca. 3.300 tons (MP323/1996). Ingen oplysninger om hvor meget af dette der anvendes i byggeriet.
	Forkromede armatur	Cr, Ni	Det samlede forbrug af Ni til underlag for forkromning i 1992/93 er estimeret til ca. 75 tons (MP 318/1996). Forbruget af chrom til forkromning i 1982 er estimeret til 200-800 tons (MP 7/1985).

Ei-anlæg Kabler og ledninger i faste installationer	Blykappe	Pb	<p>Det samlede forbrug af bly med kabelkapper i perioden 1955-1980 varierede fra 5.000 til 13.000 tons pr. år. (Hoffmann 1992). I 1990 blev der anvendt 153 tons bly med lavspændingsinstallationskabler og 79 tons med lavspændingssignalkabler (Hoffmann 1992). På dette tidspunkt var det samlede forbrug med kabler på 1480 tons.</p> <p>Der blev i 1990-1992 anvendt i størrelsen 2.700 tons kobber pr. år med ledninger til faste installationer i byggeri svarende til 35% af det samlede forbrug af kobber med elektriske ledere (MP 323/1996).</p>
	Kobberledning	Cu	<p>Forbruget af Pb med blød PVC med kabler i 1985 er estimeret til ca. 200 tons (MP 105/1989).</p> <p>Forbruget af phthalater med PVC i kabler i 1988-1991 er estimeret til ca. 1.500 tons pr. år (MP 320/1996). Kablerne er i rapporten angivet under "Byggeri og anlæg", men der regnes i rapporten ikke med kabler til andre formål, så tallet indbefatter formentlig også kabler og ledninger til andre formål.</p>
	Isolering, blød PVC	phtalater, Pb-forbindelser	<p>Det samlede forbrug af bromerede flammehæmmere (herunder PBDE'er) med ledningsrør, samledåser mm i 1997 er opgjort til 11-26 tons (MP 494/1999).</p>
	Ledningsrør, samledåser mm	Bromerede flammehæmmere	<p>Indtil 1960 blev Hg brugt til trappelys-automater. Restbestanden vurderedes i 1982/83 til ca. 2000 a' ca. 13 g Hg (Hansen 1985). Forbruget af Hg med niveaufbrydere til styring af niveauet i tanke, beholdere mm. i 1982/83 er estimeret til 140-400 kg Hg pr. år (Hansen 1985).</p> <p>Det samlede forbrug af bromerede flammehæmmere (herunder PBDE'er) med kontakter, relæer mm i 1997 er opgjort til 15-35 tons (MP 494/1999). Den væsentligste del af dette anvendes formentlig i industrielle installationer.</p>
Relæer/Kontakter		Hg	<p>Bromerede flammehæmmere</p>

Problematiske stoffer i bygningsdele Mængder

Rum	Byggevarer	Mængde	Bortskaffelse	Problematiske stoffer	Mængde	Tid
Badeværelser	Bitumen	?	deponeres			
	Epoxy	?	deponeres	Bisphenol-A diglycidylether, reaktionsprodukt af bisphenol A-diglycidylether, 2-bisphenol F-diglycidylether		
Spartelmasse		?	deponeres	Nonylphenoletoxylater (2)		
	Silikone	?	deponeres	Org. arsenforbindelser (2), diorganotinforbindelser		
Køkken	Acryl		deponeres	phthalater, monomer (?), chlorparaffiner		
	Laminatplade			?		
	Spånplader			Formaldehyd i UF-lim		
Pladematerialer	MDF-plader			Formaldehyd i MUF lim og formaldehyd og phenol i MUPF lim		
	Krydsfiner			Phenol, resorcinol, formaldehyd i PRF lim		
Bygningsdele						
Ydervægge						
Isoleringsprodukter	Stenuld		deponeres	Fibre, phenol (?)	6.700t	1982
	Glasuld		deponeres	Fibre, phenol (?)		
	PUR			Isocyanater, CFC-11, -12, -22, -113) HCFC 22 HCFC -142b, bromerede flammehæmmere	230-240t	1986
	EPS			Styren, pentan, hexabromcyklododecan (HBCD)	0,5-2,7t	1984

XPS				Styren, CFC-12, HCFC-22, HCFC-142b, hexabromcyklododecan (HBCD)	15t 11-29t	1984 1997
Fugemasser	PUR			Isocyanater, org opløsningsmidler		
	MS polymer			Phthalater		
	Polysulfid			PCB, blyoxid	97,5t	1967-74
Indervægge						
Fugemasse	Acryl			Phthalater, monomer, chlorparaffiner (?)		
Plademateriale	Spånplader Krydsfiner		brændbart brændbart	Formaldehyd i UF lim Phenol, resorcinol, formaldehyd i PRF lim	56.500t 5.000- 15.000t	1982 1982
Vinduer/døre	Vakuuimprægneret Overfladebehand. træ		deponeres	Bis(tributyltinoxid) TBTO Tributyltin naphthenat TBTN	14,5t	1992
			deponeres	Cuprinaphthenat, borsyre mm. PCP	11,3t ?	1992
	Malet træ		brændbart	Pb naphthenat Blychromat og blymolydatchromat Blyhvidt	30-40t Pb 150-200t Pb ?	1985 1985 før 1985
			brændbart	Blychromat	?	
			brændbart	Cu-forbindelser, pigment	110-180t	1982
			brændbart	Zn-forbindelser	?	
	Af PVC			Pb-forbindelser som stabilisator Cd-forbindelser som stabilisator	100t Pb 4t Cd	1994 1992
Beslag/låse	Blyindfattede ruder			Pb Cu	50-100t Pb 500-1.500t Cu	1985 1990-1992
Lim til termoruder				Ni	7t Ni	1990-1992
Inddækninger				PCB	86,2t	1967-1974
				Pb	250-400t Pb	1994

PUR-skum til porte og døre	PUR					Isocyanater, CFC-11, HCFC-142b, org. Opløs.	65-75t	1986
Fugemasser	PUR					Isocyanater, CFC-11, -12, -22) org opløsningsmidler	30-45t	1986
	MS					Phthalater	?	
	Polysulfid					PCB Blyoxid (se polysulfidfugemasse)	97,5t alt fugemasse	1967-1974
Tags								
Plader	Kobber					Cu	500t	1990-1992
	Zink						?	
	Bly					Pb	300-400t Pb	1985
	Galvaniseret stålpl					Zn, Cd		
	PVC-plader					Pb-forbindelser	<40t Pb	1985
	Klare PVC-plader					Diorganotinforbindelser	32-40t	1994
	Corten stål					Cu	?	
	PVC-belagte stålpl					Phthalater, Pb-forbindelser, org tinforbindelser og antimonoxid		
Tagpap/tagmembraner	Tagpap (stenkulstjære)					PAH?		
	Tagpap/bitumen					PAH?		
	Polymerbitumen					PAH?		
	PVC-folie					Phthalater	430-1.000t Pb	1988-1991
	Polyolefiner (PE og PP)					Bromerede flammehæmmere	1-4t	1997
Inddækninger	Pb					Pb	3.100-3.500t Pb	1997
	Cu					Cu	500t Cu	1990-1992
	Zink					Zn		
Gulve	Blød PVC					Phthalater	1.500t	1988-1991
	Acrylim					Phthalater, Monomer,	3.102t	1994

						Chlorparaffiner (?)		
VVS-anlæg								
Rør	Kobber					Cu	1.100t	1990-1992
	Bly					Pb	<20t	1985
	Støbejern					Pb-samlinger	?	
	Rustfrit stål					Cr, Ni	?	
	PVC					Pb-forbindelser	?	
Tagrender og nedløbsrør	Zink					Zn, Cd -forurening	?	
	PVC					Pb-forb.	<60t Pb	1985
	Blylodninger					Pb	35-50t Pb	1985
	Galvaniseret stål					Zn	?	
Køkkenvask	Rustfrit stål					Cr, Ni	180t Cr 77t Ni	1996
Fittings	Messing					Cu, Zn, Pb	770t Cu 24t Pb 380t Zn	1990-1992
Armatur	Kobber					Cu	110t	1990-1992
	Messing					Cu, Zn, Pb	?	
	Forchromede armatur					Cr, Ni	200-800t 75t	1982 1992-1993
El-anlæg								
Kabler, ledninger og fast installationer.	Blykappe					Pb	5.000- 13.000t	1955-1980
	Kobberledning					Cu	2.700t	1990-1992
	Isolering, blød PVC					Phthalater, Pb-forbindelser	1.500t 200t Pb	1988-1991 1985
	Ledningsrør, samlede ser mm.					Bromerede flammehæmmere	11-26t	1997
Andre kabler								
Ledninger	Kobberledning					Cu		
	Blød PVC					Phthalater, Pb-forbindelser		
Relæer/Kontakter						Hg		

Bruttoliste over miljøfarlige komponenter i affald

(Bruttolisten er fortrinsvis blevet til udfra listen over uønskede stoffer, den bør føres tilbage til materialerne 1960-1980).

Metal/metalforbindelse	Byggevarer	Sammensætning	Sundhed	Miljø	Ref
Arsen Org. Arsenforbindelser	impregneret træ silikonfugemasser til vådrum	Arsenforb. 15 % As i ppm	0,1%<konc.<0 ,% X _n , R20/22		1 1,2
		Bly		Slam: 120 mg Pb/kg TS	
Blyforbindelser	tage, inddækninger	Bly			
	Rør				
	samlinger i mellem støbejernsrør				
	blyindfattede ruder				
	el- og telekapper	98 % Pb			
	Rødgods	Ca. 3-7% Pb (85% Cu, 5% Sn, 5% Zn, 5% Pb)			
	Loddetin	33% Pb, 67% Sn			
	stabilisator i hård PVC til udendørs brug Vinduer, tagrender, nedløbsrør klare tagplader)	2% Pb-forb 1%Pb.	0,5%<konc<1 % Rep 1, R61, R33	Slam: 120 mg Pb/kg TS	10
	stabilisator i blød PVC til kabler	0,1-0,2% Pb			10
	pigmenter i plast og maling (hvide, gule og røde)	Chromater, Sulfater, molybdat Pb ₃ O ₄	Rep 1, R61 Rep 3, R62 R33, Carc3; R40, N, R50/53		
blymønje i korrosionsbeskyttende maling		0,5%<konc<1 % Rep 3, R62			
glasur	Blyoxider og - silikat				
sikkativer i malinger	0,5-2% blynaphtenat	R33			

Cadmium	legeringselement i metaller, bør undersøges om det anvendes inden for byggeri??	99% Cu, 1% Cd		Slam: 0,8 mg Cd/kg TS	MP 213/199 3 Lohm et al. 1997
	følgestof i zink	1990: 5-10 mg Cd/kg Ældre zink: 10-500 mg Cd/kg			
Cadmiumforbindelser	stabilisator i hård PVC til udendørs brug (rør, vinduer, profiler) stabilisator i blød PVC keramiske produkter	Cd forbind.	Cd forb. >0,1% X _{th} R20/21/22		
	pigmenter i plast (gul, orange og rød)	Cadmiumsulfid, Cadmiumselenid	X _{th} R20, Carc3, R40, T, R8/23/2 5		
Chrom	chrom i rustfrit stål Forchromning	18% Cr, 8% Ni		Slam: 100 mg Cr/kg TS	
Chromforbindelse	impregneret træ pigmenter i maling tage, inddækninger				
Kobber	rør, rørfittings rørfittings og ventiler af messing messingplade og -rør el-ledninger Stikdåser skrue af messing lase af messing lase af nysølv	99,9% Cu 99,9% Cu 65% Cu, 32% Zn, 2% Pb 70% Cu 99,9% Cu 99,9% Cu 65% Cu, 32% Zn, 2% Pb 65% Cu, 32% Zn, 2% Pb		Slam. 1000 mgCu/kgTS	12
	beslag af messing artikler af messing	63% Cu, 37% Zn			

	beslag til vinduer	6 % Cu		
	Slutblik	1% Cu		
	armaturer af rødgods	85% Cu, 5% Sn, 5% Zn, 5% Pb		
	armaturer af messing, sanitet	65% Cu, 32% Zn, 2% Pb		
	murbindere af tinbronze	96 % Cu, 4%Sn		
	Cortenstål	2% Cu		
Kobberforbindelser	imprægneret træ	CCA, CCF,CCF		
	Pigmenter			
Kviksølv	kontakter til dørlukker			
	Lyskontakter			
Nikkel	Niveaumålere			
	Termometre			
	rustfrit stål	18% Cr, 8% Ni		
	Beslag			
Nikkelforbindelser	Låse			
	forchromning af overflader			
Organotinforbindelser	pigmenter, gule			
	Maling	Diorganotin forbindelser		1,3
Zink	stabilisatorer i klare PVC plader	Mono- og diorganotinforbind elser ²		
	kalysatorer i silikonefugemasser	Diorganotinforbin delse		
Zinkforbindelser	imprægneret træ (triorganotinforbindelser)			
	plader			
	inddækninger			
	tagrender			
Uorganiske materialer	galvaniserede produkter			
	pigmenter, gule			
Asbest	plader			
	isolering			

		pakninger							
		fugemasser							
Fibre		Stenuld							
		Glasuld							
Organiske forbindelser									
Azofarvestoffer (?)		maling og lak							
Beg		maling og lak		Polyaromatiske hydrocarboner, PAH					
Bitumen		primer, klæber, tagpap		Polyaromatiske hydrocarboner, PAH					
Polybromerede biphenylet (PBB)		elektriske installationer							
polybromerede biphenylet (PBDE)		PUR til fryseskabe/-huse							
Chlorparaffiner		maling fugemasser plast gulvbelægning lim							4
Creosot		impregneret træ maling				Klassificeret ud fra indhold af benzo(a)pyren og benzen, kræftfremkald. Carc2; R45			1
Hexabromcyklododekan (HBCD)		XPS, EPS							
CFC 11, CFC 12		XPS, PUR							5
HCFE 142b HCFC 22		XPS, PUR							
Nonylphenoethoxylat		lim maling spartelmasser							1, 2
Pentachlorphenol		impregneret træ							

Phenol ?	malet træ					
Phthalater	maling lime fugemasser (PUR, MS, acryl) blød PVC					
Polychlorede biphenyl (PCB)	fugemasser gulve betontilsætningsmiddel termoruder kondensatorer lysstofrør					6
Stenkulstjære	plast primer tagpap klæber maling					1
Svovlhexafluorid	termoruder isolatorer (?)					1

Forbindelser, ikke medtaget	Byggevarer	Sammensætning	Sundhed	Miljøfarlighed	Ref.
4,4'-diaminodiphenylmethan	lim maling og lak ? ?				
Benzen					
2-butanoxim	dannes ved hærdning af siliconefugemasse				
Chlorerede opløsningsmidler	lime? fugemasser?				
Isophorondiamin	hærder i maling og lak				
Ethylglycol	maling og lak, kogepunkt 135°C				
Ethylglykolacetat	maling og lak, kogepunkt 156°C				
Methylglycol	maling og lak, ?				
Methylmethacrylat	maling og lak, monomer i acrylmaling, lavt indhold				
Methylendiamin	maling og lak, kogepunkt 100°C				
Diethylenetriamin	maling, lak, kogepunkt 207°C				

4,4'diamonophenylmethan	komponent i to komponent lime og fugemasser					
2,4'diisocyanatoluen	komponent i to komponent lime og fugemasser af PUR	< 1 ppm	Sundhedskadeligt R20 lokalirriterende R36/37/38 Sensibiliserende R42			
4,4'diphenyldisocyanat	komponent i to komponent lime og fugemasser af PUR	< 1 ppm	Sundhedskadeligt R20 lokalirriterende R36/37/38 Sensibiliserende R42			
Nonylphenol	kogepunkt 293-297° C					

Referencer

Ref.1. Listen over uønskede stoffer. (1998). Orientering nr. 1. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen. København.

Ref. 2. Bygga för at förebygga om cement, fogmassor, isolering och impregnat trä. (1999). Kemi. Kemikalieinspektionen.

Ref. 3. Additiver i PVC. Märkning av PVC (1996). Rapport fra kemikalieinspektionen. 6/96. Kemikalieinspektionen.

Ref. 4. Back, J., Olesen, S.I., Andersen, S.H. Klorparaffiner i Danmark (1994). Miljøprojekt nr. 248. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen. København.

Ref.5. Stranddorf, H. K., Schmidt, A., Hansen, L.E., Jensen, A.A. og Thorsen, M. Thermal Insulation Products (1995). dk-TEKNIK.

Ref.6 PCB i bygningsmaterialer (1998). SFT 98:9 Statens Forureningstilsyn. Oslo.

Ref. 7. Oversigt over godkendte bekæmpelsesmidler(1998). Orientering nr. 3. Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen. København.

Ref. 8. Krogh, H. Problematiske stoffer i udvalgte byggevarer (1999). SBI- meddelelse nr 122. Statens Byggeforskningsinstitut, Hørsholm.

Hoffmann, L. 1992. Muligheder for reduktion af blyanvendelsen ved substitution. Arb. fra Miljøstyrelsen nr. 40/1992.

Hansen, E. 1985. Forbrug og forurening med kviksølv i Danmark. COWIconsult for Miljøstyrelsen, upubliceret.

References

- /1/ Lassen, C. E. Hansen, T. Kaas & J. Larsen. 1999. Miljøprojekt nr. 484. **Aluminium - Massestrømsanalyse og vurdering af muligheder for at minimere tab.** Miljøstyrelsen, Kbh.
- /2/ Andersen, B., E. Poulsen & E. Hansen. 1984. **Forbrug og forurening med arsen, chrom, cobalt og nikke.** COWIconsult for Miljøstyrelsen. Upubliceret.
- /3/ Jensen A. & J. Marcussen. 1993. **Forbrug af og forurening med cadmium.** Miljøprojekt nr. 213. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /4/ Drivsholm, T., E. Hansen, J. Maag & S. Havelund. **Massestrømsanalyse for cadmium.** Miljøstyrelsen, Kbh. *Under trykning.*
- /5/ Lassen, C., T. Drivsholm, E. Hansen, B. Rasmussen & K. Christiansen. 1996. **Massestrømsanalyse for kobber.** Miljøprojekt nr. 323. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /6/ Hansen, E. & N. J. Busch. 1989. **Forbrug af og forurening med bly i Danmark.** Miljøprojekt nr. 105. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /7/ Lassen, C. & E. Hansen. 1996. **Massestrømsanalyse for bly.** Miljøprojekt nr. 327. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /8/ Maag, J., C. Lassen & E. Hansen. 1996. **Massestrømsanalyse for kviksølv.** Miljøprojekt nr. 344. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /9/ Hansen, E. 1985. **Forbrug og forurening med kviksølv i Danmark.** Miljøstyrelsen, Kbh. Upubliceret.

- /10/ Lassen, C., T. Drivsholm, E. Hansen, B. Rasmussen & K. Christiansen. 1996. *Massestrømsanalyse for nikkel*. Miljøprojekt nr. 318. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /11/ Lassen, C., S. Vaaben & E. Hansen. 1997. Arbejdsrapport nr.7/1997. *Massestrømsanalyse for tin - med særligt fokus på organotinforbindelser*. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /12/ Andersen, S.H. & E. Hansen. 1997. Kilder til AMPA. Arbejdsrapport nr. 74/1997. Miljøstyrelsen, Kbh..
- /13/ Lassen, C., S. Løkke & L. I. Andersen. 1999. *Brominated flame retardants - Substance flow analysis and assessment of alternatives*. Miljøprojekt nr. 494. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /14/ Hansen, E. & N. J. Busch. 1987. *CFC- forbrugsmønster i Danmark*. Miljøprojekt nr. 92. Miljøstyrelsen, Kbh..
- /15/ Busch, N. J. & O. Stilling. 1991. *Ozonlagnedbrydende stoffer - forbrug i 1987-1989*. Miljøprojekt nr. 170. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /16/ Hansen J.H. & M.V. Petersen. Hansen, J.H. 1992. *Ozonlagnedbrydende stoffer - forbrug i 1990*. Miljøprojekt nr. 190. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /17/ Hansen, J.H. 1992. *Ozonlagnedbrydende stoffer - forbrug i 1991*. Miljøprojekt nr. 201. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /18/ Hansen, J.H. 1994. *Ozonlagnedbrydende stoffer - forbrug i 1992*. Miljøprojekt nr. 246. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /19/ Hansen, J.H. 1994. *Ozonlagnedbrydende stoffer - forbrug i 1993*. Miljøprojekt nr. 261. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /20/ Hansen, J.H. 1995. *Ozonlagnedbrydende stoffer og HFC - forbrug i 1994*. Miljøprojekt nr. 302. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /21/ Hansen, J.H. 1997. *Ozonlagnedbrydende stoffer og visse drivhusgasser - 1995*. Miljøprojekt nr. 342. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /22/ Hansen, J.H. 1997. *Ozonlagnedbrydende stoffer og visse drivhusgasser - 1996*. Arbejdsrapport nr. 98/1997. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /23/ Hansen, E., N. J. Busch, J. Folke, K. Christiansen, M.T. Hounum, B. Rasmussen, N. Olsen, K. Christiansen, E. Juul Jensen & S. Holt, 1989. *Forbrug af chlor og chlorholdige forbindelser i Danmark - Overblik over anvendelse og bortskaffelse samt miljømæssige effekter*. Arbejdsrapport nr. 17. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /24/ Havelund S., Olesen, S.I. & Back, J. 1994. *Klorparaffiner in Denmark*. Miljøprojekt nr. 248. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /25/ Hansen, E. & J. Tørslev. 1986. *Forbrug og forurening med chlorphenoler*. Miljøprojekt nr. 69. Miljøstyrelsen, Kbh..
- /26/ Maag, J. 1998. *Massestrømsanalyse for dichlormethan, trichlorethylen og tetrachlorethylen*. Miljøprojekt nr. 392. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /27/ COWI for Miljøstyrelsen, Kbh., Igangværende.
- /28/ COWI. 1996. *Forbrug og emissioner af 8 flourerede og klorerede kulbrinter*. Arbejdsrapport nr. 20/1996. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /29/ Axelsen, J. & A. Schaldemose. 1984. *Kortlægning af formaldehydforbruget i Danmark*. Miljøprojekt nr. 61. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /30/ Pallesen, K., V. Steensgaard & O Kaysen. 1996 *Kortlægning af anvendelsen af alkylphenoethoxylater og alkylphenoler*. Arbejdsrapport nr. 1/1996. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /31/ Hansen E. & A. Grove, A. (1983): *PCB/PCT- forurening. En udredning om forbrug, forurening og transportveje for PCB og PCT i Danmark*. COWIconsult for Miljøstyrelsen, Kbh. Upubliceret.

- /32/ Axelsen, J. & Schaldemose, A. 1984. *Brugen af ftalater i Danmark*. Environmental report. Miljøstyrelsen, Kbh. Upubliceret.
- /33/ Hoffmann, L. 1996. *Massestrømsanalyse for phthalater*. Miljøprojekt nr. 320. Miljøstyrelsen, Kbh.
- /34/ Øllgaard, H. 1999. *Assessment of Azo-colorants in Denmark*. Miljøprojekt nr. 509. Miljøstyrelsen, Kbh.

Tillæg 2 - Arbejdsrapport i forbindelse med screening af problematiske stoffer

Arbejdsrapport - screening af problematiske stoffer

Karakterisering af stofferne ud fra bruttolisten, stofferne er karakteriseret ud fra om de står på listen over uønskede stoffer (Miljøstyrelsen 2000b), på listen over farlige stoffer (Bekendtgørelse nr. 733, 2000) om der er stillet krav til indholdet i slam til jordbrugsanvendelse (Bekendtgørelse nr 49, 2000) og ud fra mængde opgjort i dette projekt.

	lister	Slambekendtgørelse mg/kg TS mg/t P	Klassificering	Mængde i t DK og byggesektoren
Bly og blyforbindelser	FLUS Blyforb. klassificeret a, b, c	120 10.000 +	kræftfremkald. og reproduktionstoksisk , miljøfarlige	20.000 6.000 (1994) +++
Cadmium og cadmiumforbindelse r	RLUS Cadmiumforb klassificeret a, b, c	0,8 100 +++	kræftfremkaldende.	60 3 (1992) +
Kviksølv og Kviksølvsforbindelse r	LUS klassificeret a, c	0,8 200 +++	meget giftige, miljøfarligt	7 1(1992/93) +
Nikkel og nikkelforbindelser	RLUS for Ni; Ni og forb: klassificeret a, b, c	30 2.500 ++	kræftfremkaldende	7.800 1.600 (1992) +++
Chrom og chromforbindelser	VLUS for chromforb. Chrom(VI)forb. klassificeret: a, b, c	100 +	kræftfremkaldende, miljøfarlige	11.000 1.500 (1982) +++
Kobber og kobberforbindelser	VLUS Kobberforbindelser: a, c	1.000	sundhedsskadelige, miljøfarlige	42.000 9.000 (1992) +++
Zink og zinkforbindelser	Zinkstøv og zinkforbindelser klassificeret c	4.000	Zinkstøv: Brandfarli gt, Zinksulfat: Lokalirriterende	18.300 (Norge) 4.000 (1997) +++
Organiske tinforbindelser	FLUS klassificeret a, c	prioriteret i havmiljø +++	meget giftig,	32 (1994) +
PCB	klassificeret c	prioriteret i havmiljø +++	ophobes i kroppen, miljøfarlige	1.500 akkumuleret 590 (1950-1981) +++
Bromerede flammehæmmere (PBB; PBD; HBCD)	FLUS a	prioriteret i havmiljø +++		660 100 (1997) ++
Pentachlor	klassificeret b, c		kræftfremkaldende	mangler oplysning
Chlorparaffiner kortkædede	FLUS	prioriteret i havmiljø		3.540 (1991) 530

<i>mellemkædede langkædede</i>	<i>RLUS VLUS a</i>			+++
Tjæreprodukter	LUS klassificeret a, b, c		kræftfremkaldende	mangler oplysning
Creosotforbindels er	FLUS klassificeret a, b, c		kræftfremkaldende	mangler oplysning
Phthalater	FLUS kun en enkelt klassificeret a, b, c	50(DEHP) ++	reproduktionstoksis k	9.500 4.500 (1992) +++
Phenol	LUS klassificeret a, c		Giftig	mangler oplysning
Nonylphenol- ethoxylater	FLUS a	30 ++		600 170 (1994) ++
<i>CFCér</i>			<i>drivhuseffekt, nedbrydning af ozonlag</i>	<i>1500 (opskumning af hård PU) 375 (1986) ++</i>
<i>HFCér</i>	<i>FLUS a</i>		<i>drivhuseffekt,</i>	<i>mangler oplysning 164 ++</i>
<i>Svovlhexafluorid</i>	<i>FLUS a</i>		<i>drivhuseffekt</i>	<i>21 18 (1994) +</i>
Asbest	klassificeret b, c		kræftfremkaldende	mangler oplys.
Borforbindelser	LUS a			mangler oplys.
Syntetiske mineralfibre	klassificeret b, c		kræftfremkaldende	mangler oplys.

Der er til at screene stofferne valgt i dette projekt at give en subjektiv vurdering af stofferne ud fra kriterier som:

- Der gives a når stof eller stofforbindelsen er listet på listen over uønskede stoffer, b stof eller stofforbindelsen er kræftfremkaldende eller reproduktionstoksisk og et c når stoffet er listet på listen over farlige stoffer;
- For miljøeffekter gives der når stoffet eller stofforbindelsen har stor indflydelse i miljøet, drivhuseffekt, nedbrydning af ozonlaget eller stoffet er prioriteret eller der stilles krav til indholdet i slam (+ <120 mg/kg ts, ++ ved <30 mg/kg ts og +++ ved <0,8 mg/kg TS)..
- Der er angivet et forbrug af stof eller stofforbindelsen både for hele Danmark og for byggesektoren, +++ ved forbrug over 1000 t i hele landet , ++ ved forbrug over 100 t og + ved forbrug over 10 t.
- LUS er listen over uønskede stoffer og i denne er der grupper af stoffer, der er særligt prioriteret:
- FLUS er stofgrupper, hvor der skal iværksættes forbuds- eller begrænsningsinitiativer
- VLUS er stofgrupper, hvor der skal iværksættes videnindsamlinginden afviklingsinitiativer
- RLUS er stofgrupper, hvor der skal iværksættes en risikovurdering

Tillæg 3 - Liste over koder og mærkninger af farlige stoffer

Liste over benyttede risiko og sikkerhedssætninger (R- og S sætninger) samt koder for farlige stoffer

R og S- sætninger

- R20/21/22: Farlig ved indånding, ved hudkontakt og ved indtagelse.
R26/27/28: Meget giftig ved indånding, ved hudkontakt og ved indtagelse.
R33: Kan ophobes i kroppen efter gentagen brug.
R43: Kan give overfølsomhed ved kontakt med huden.
R49: Kan fremkalde kræft ved indånding
R50/53: Meget giftig for organismer, der lever i vand; kan forårsage uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet.
R61: Kan skade barnet under graviditeten.
R62: Mulighed for skade på forplantningsevnen.

- S1/2: Opbevares under lås og utilgængeligt for børn
S2: Opbevares utilgængelig for børn
S7: Emballagen skal holdes tæt lukket
S13: Må ikke opbevares sammen med nærings- og nydelsesmidler samt foderstoffer.
S22: Undgå indånding af støv
S28: Kommer stof på huden vaskes straks med store mængder .. (angives af fabrikanten).
S36: Brug særligt arbejdstøj
S45: Ved ulykkestilfælde eller ved ildebefindende er omgående lægebehandling nødvendig; vis etiketten, hvis det er muligt.
S53: Undgå enhver kontakt - indhent særlige anvisninger før brug.
S60: Dette materiale og dets beholder skal bortskaffes som farligt affald.
S61: Undgå udledning til miljøet. Se vejledning/sikkerhedsblad

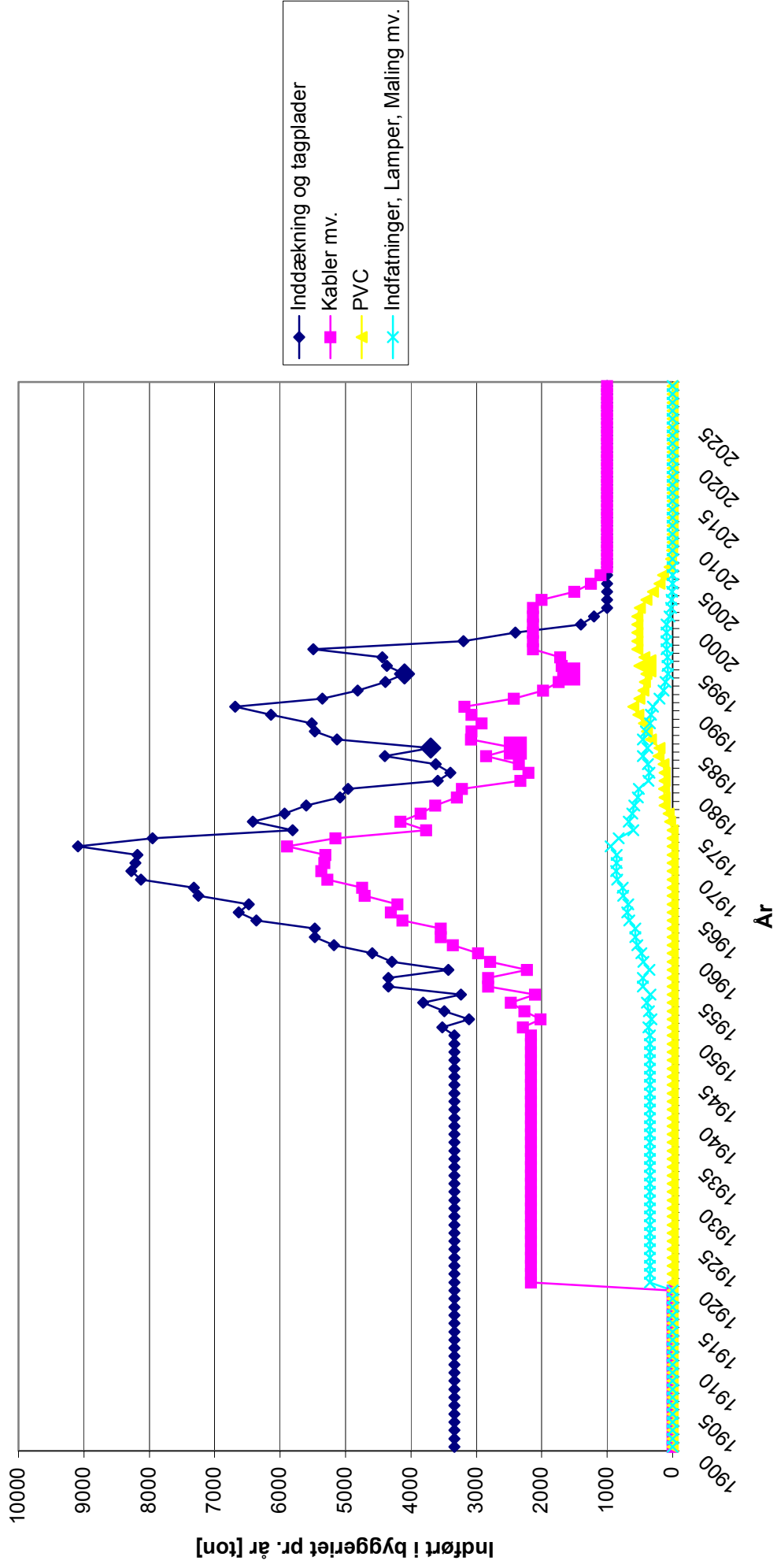
Andre:

- Carc1: Kræftfremkaldende
Rep1: Reproduktionstoksisk
Rep3: Reproduktionstoksisk

- T: Giftig.
T_x: Meget giftig.
X_n: Sundhedsskadelig.
N: Miljøfarlig

Tillæg 4 - Inputkurver til pronosemodeller for de 12 udvalgte stoffer

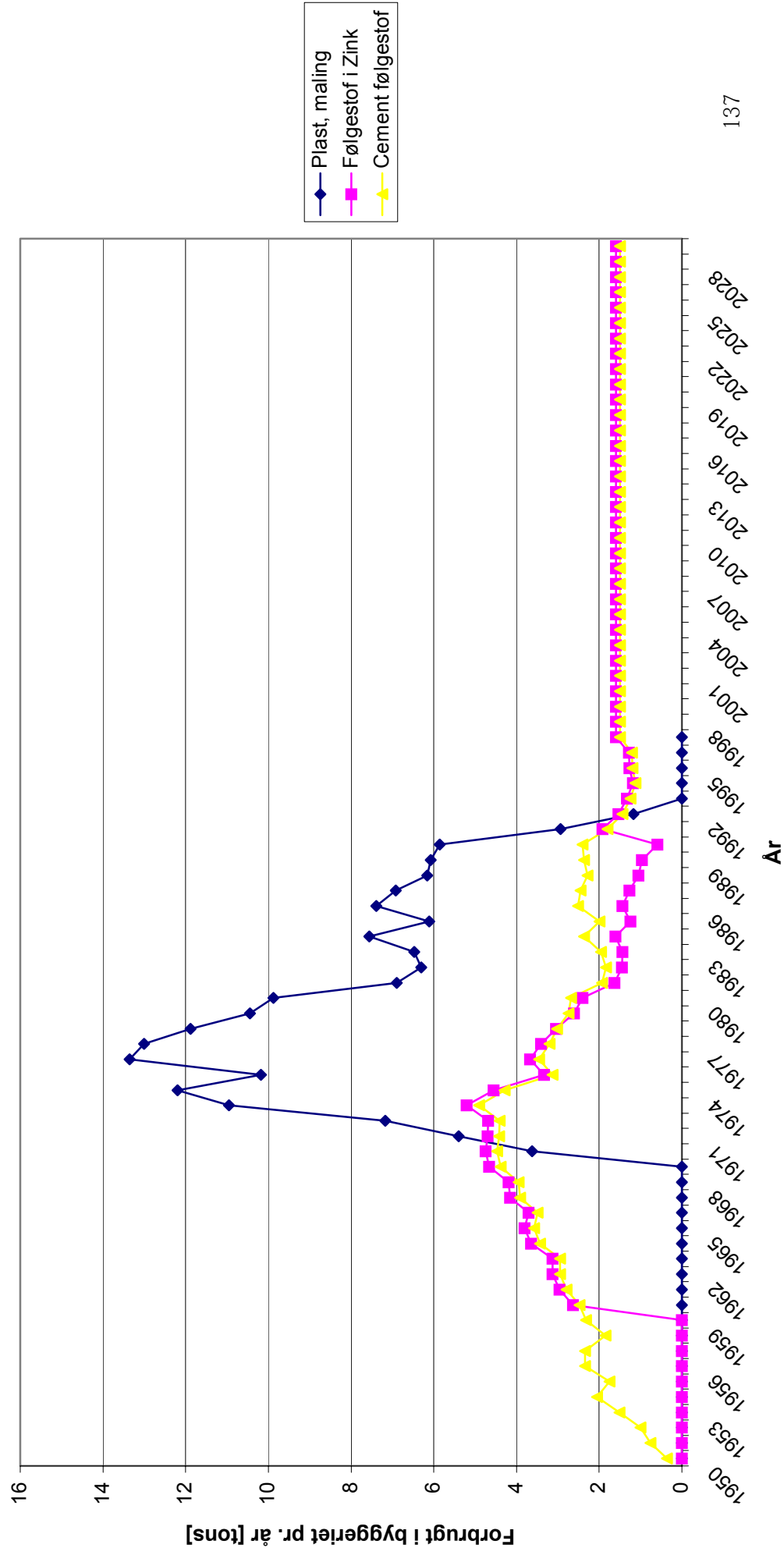
Bly



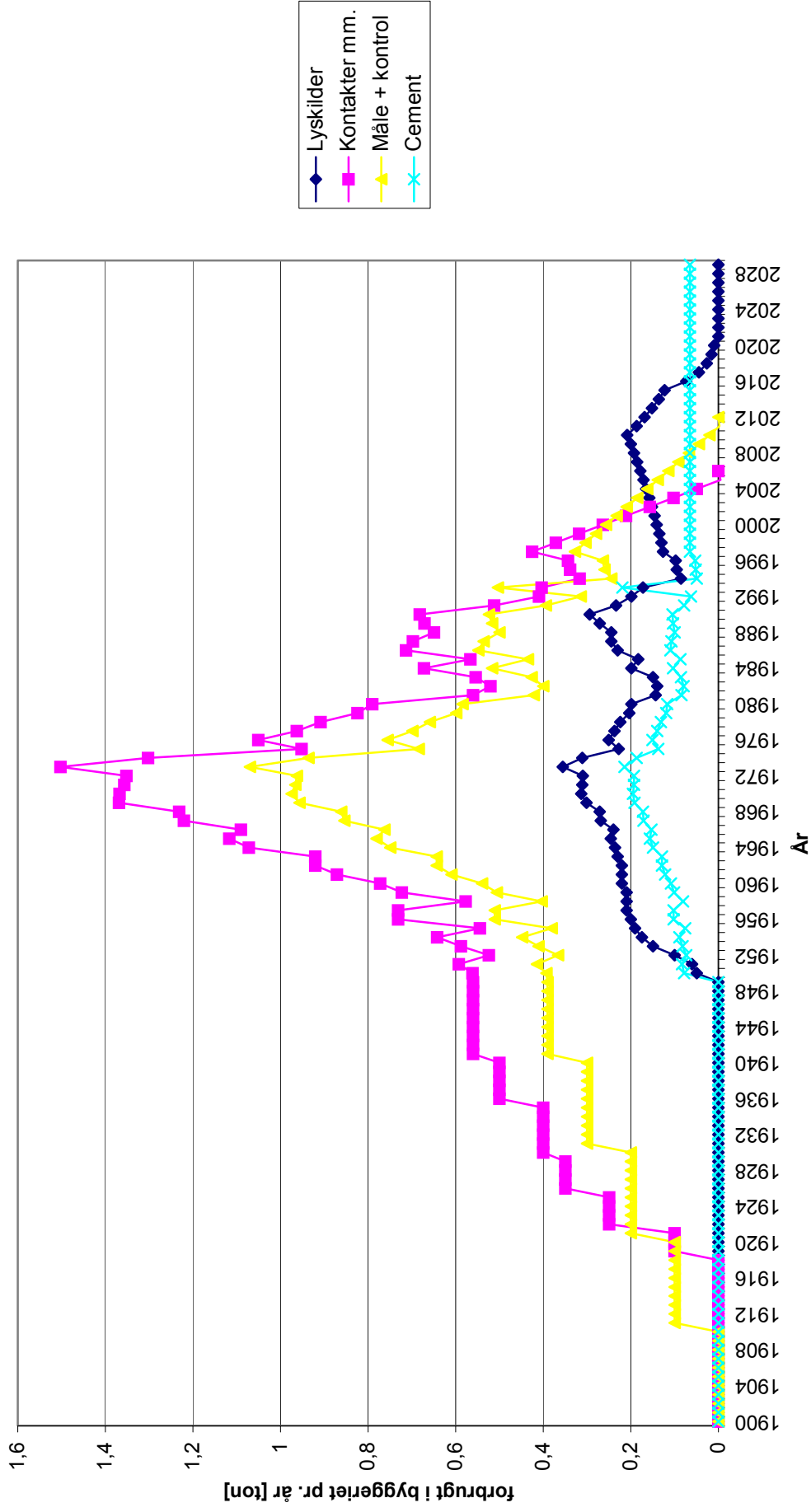
Bly – Input kurve

Input kurve – Cadmium

Cadmium

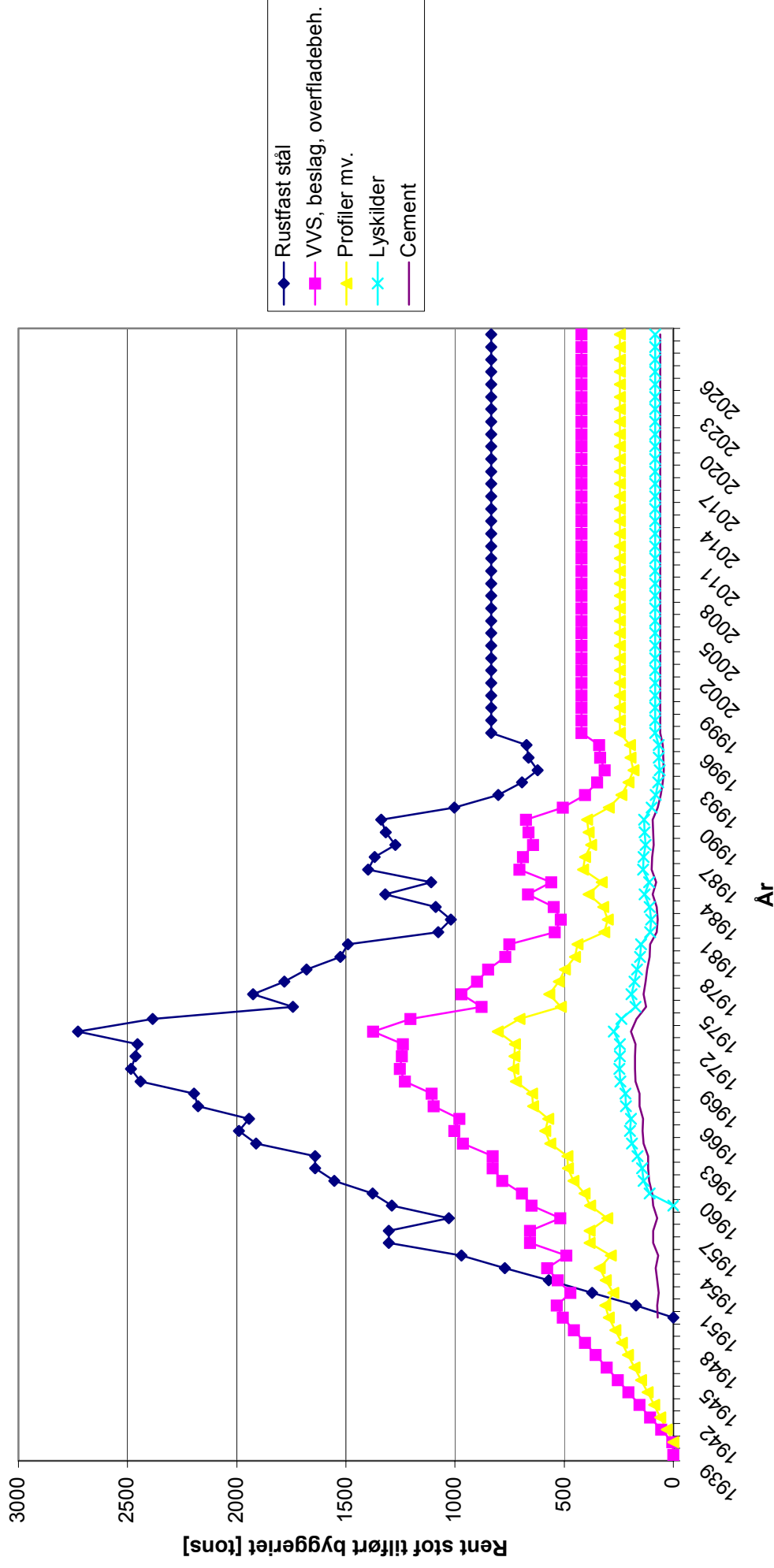


Kviksølv



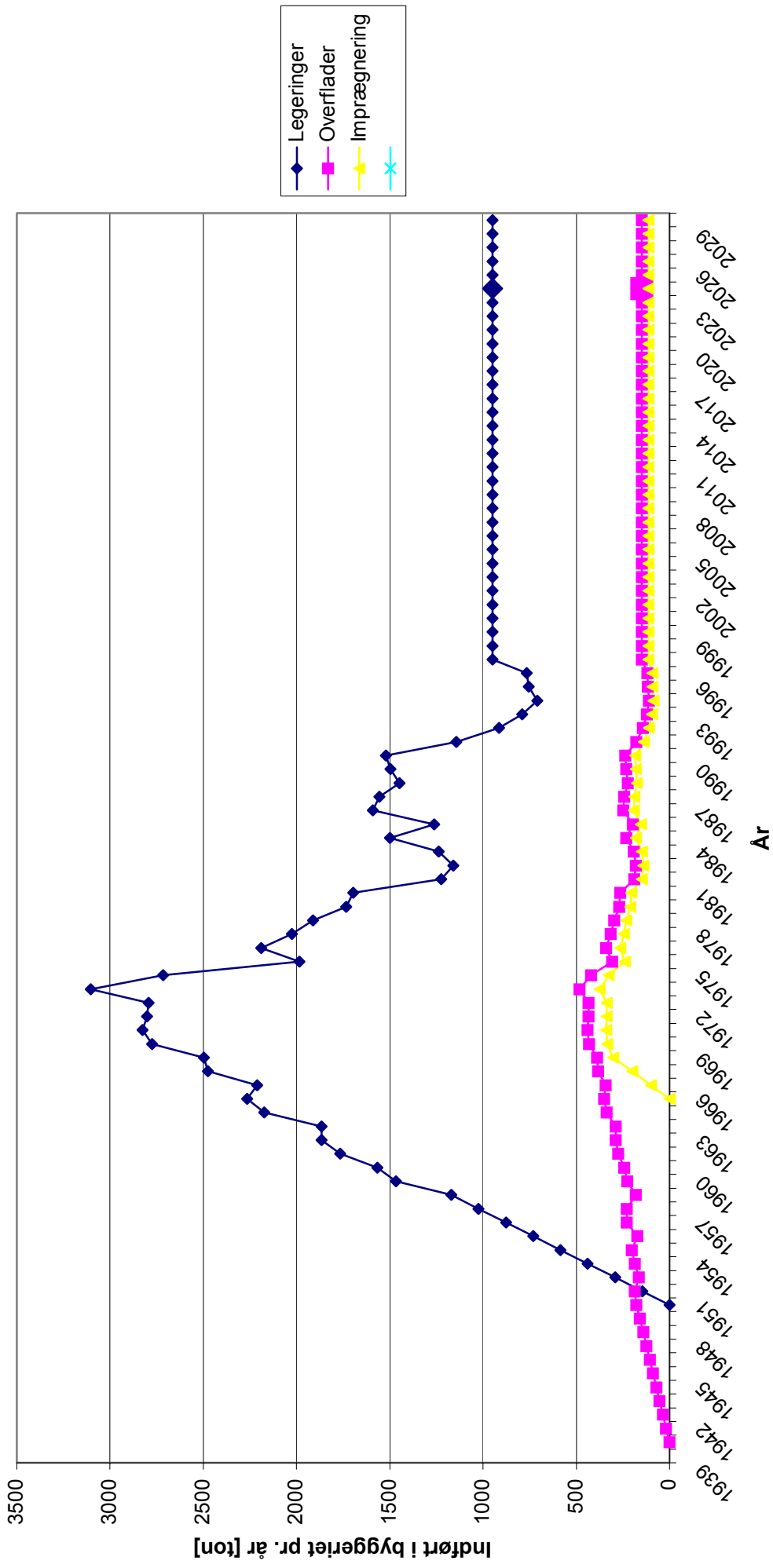
Input kurve – Kviksølv

Nikkel



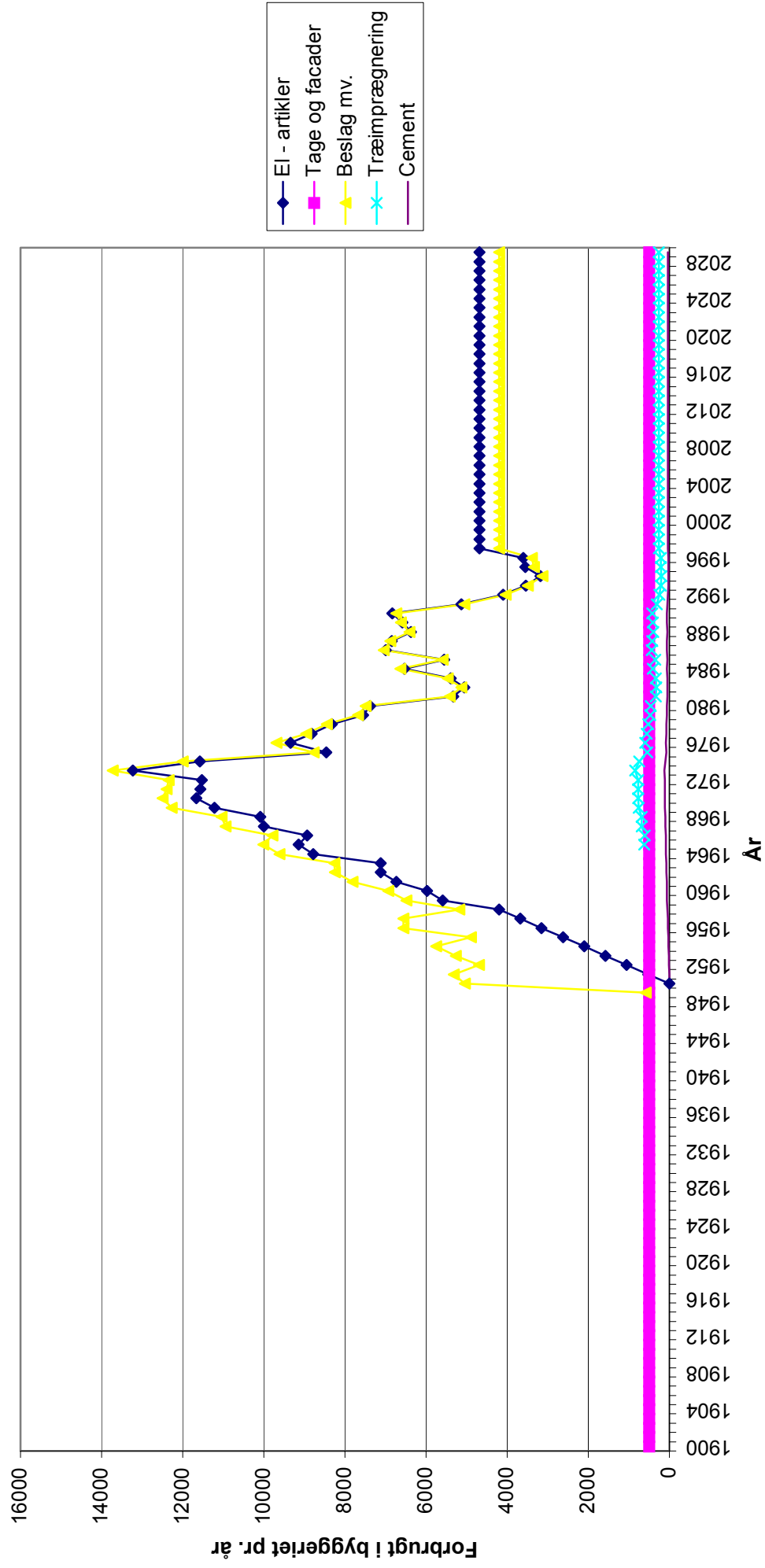
Input kurve – Nikkel

Chrom



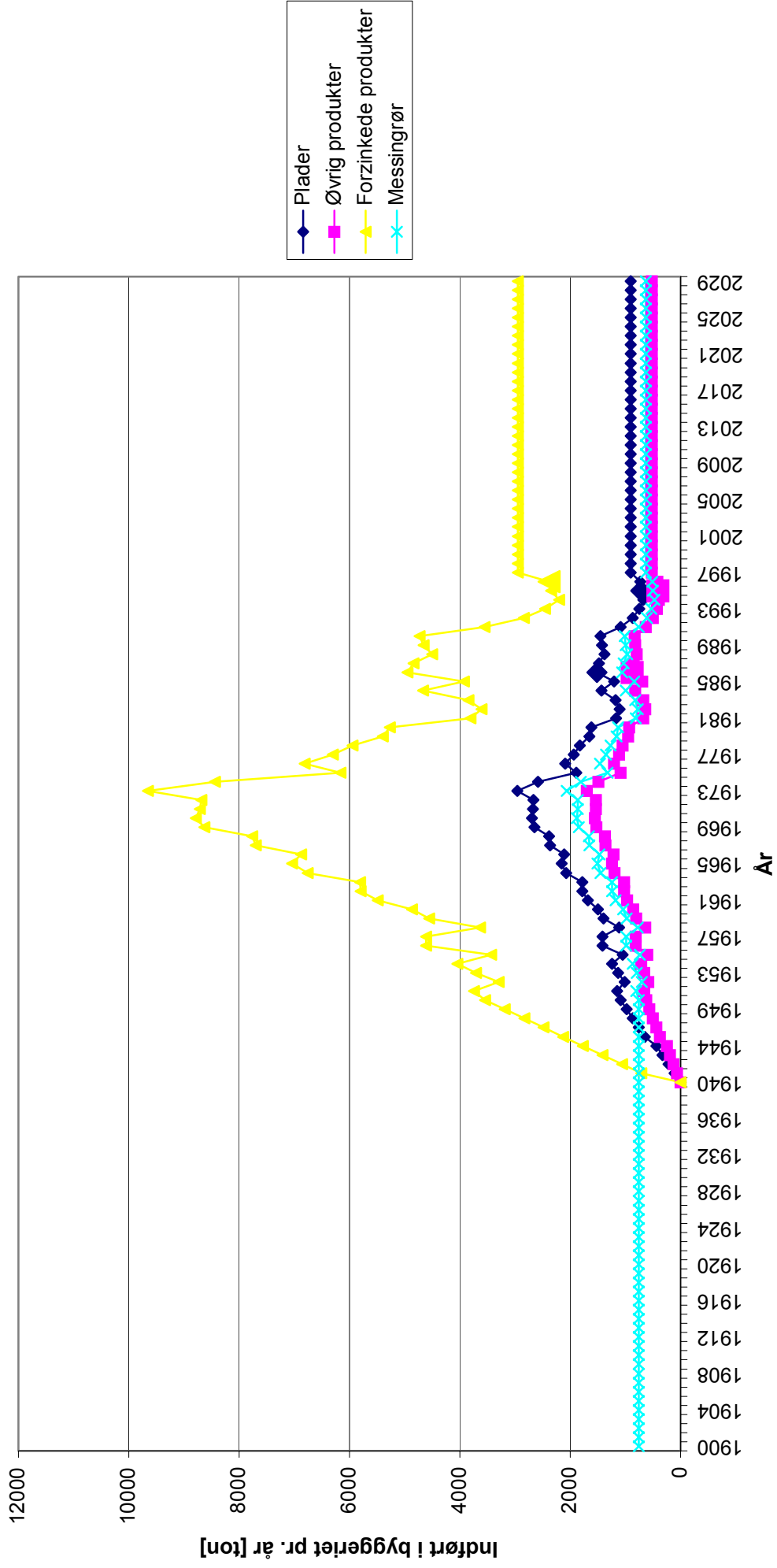
Input kurve - Chrom

Kobber



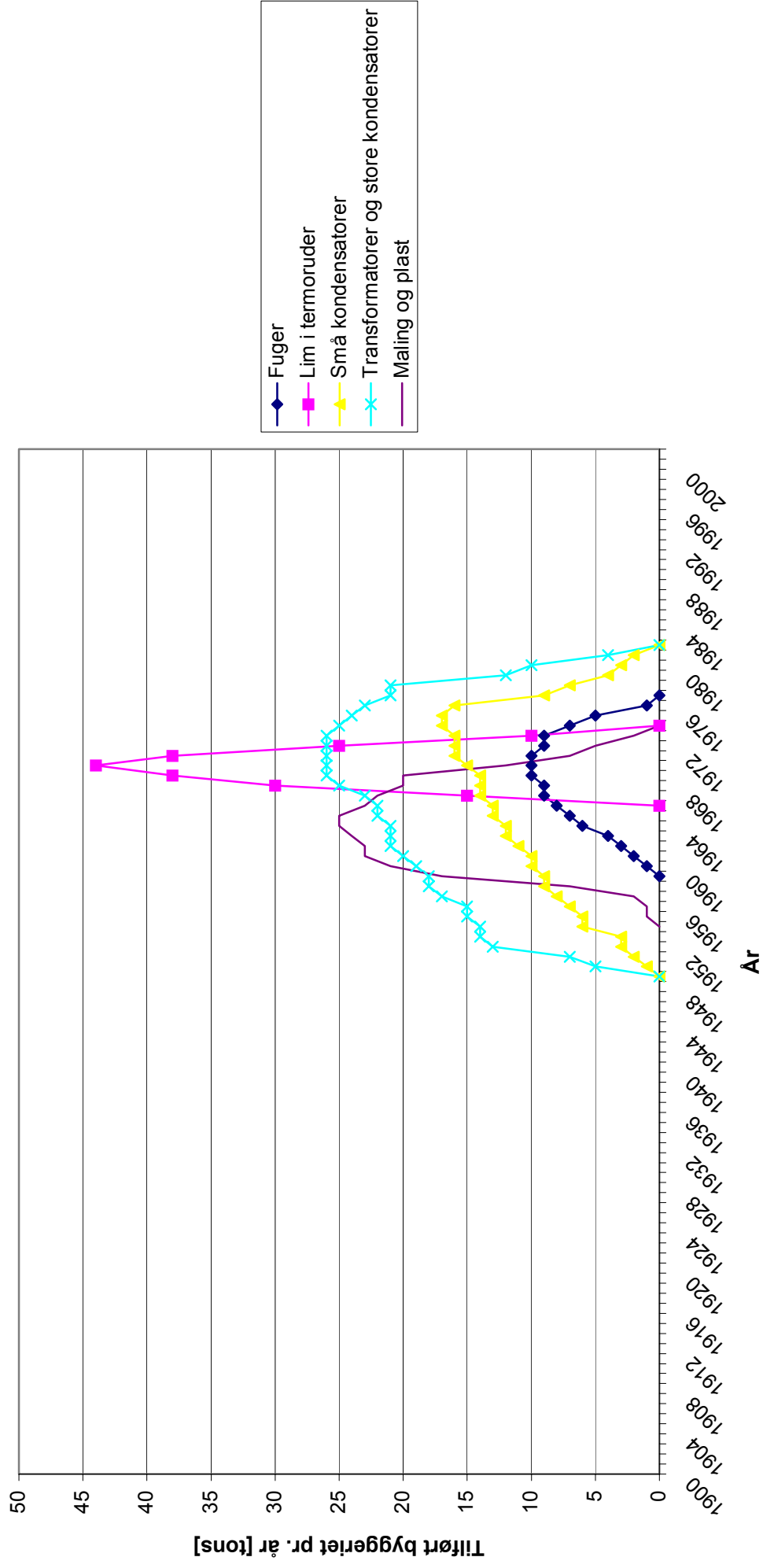
Input kurve - Kobber

Zink



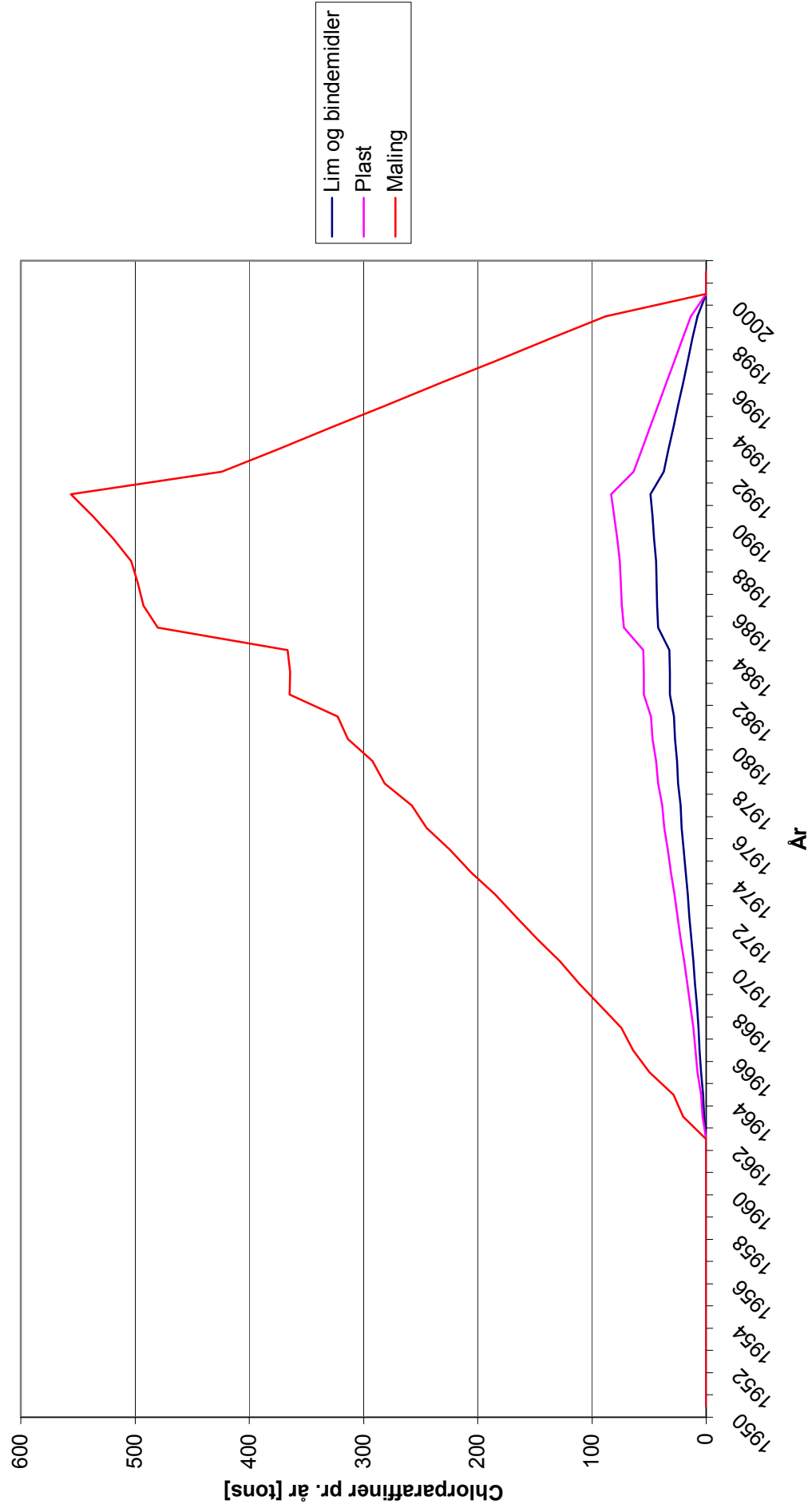
Input kurve - Zink

PCB



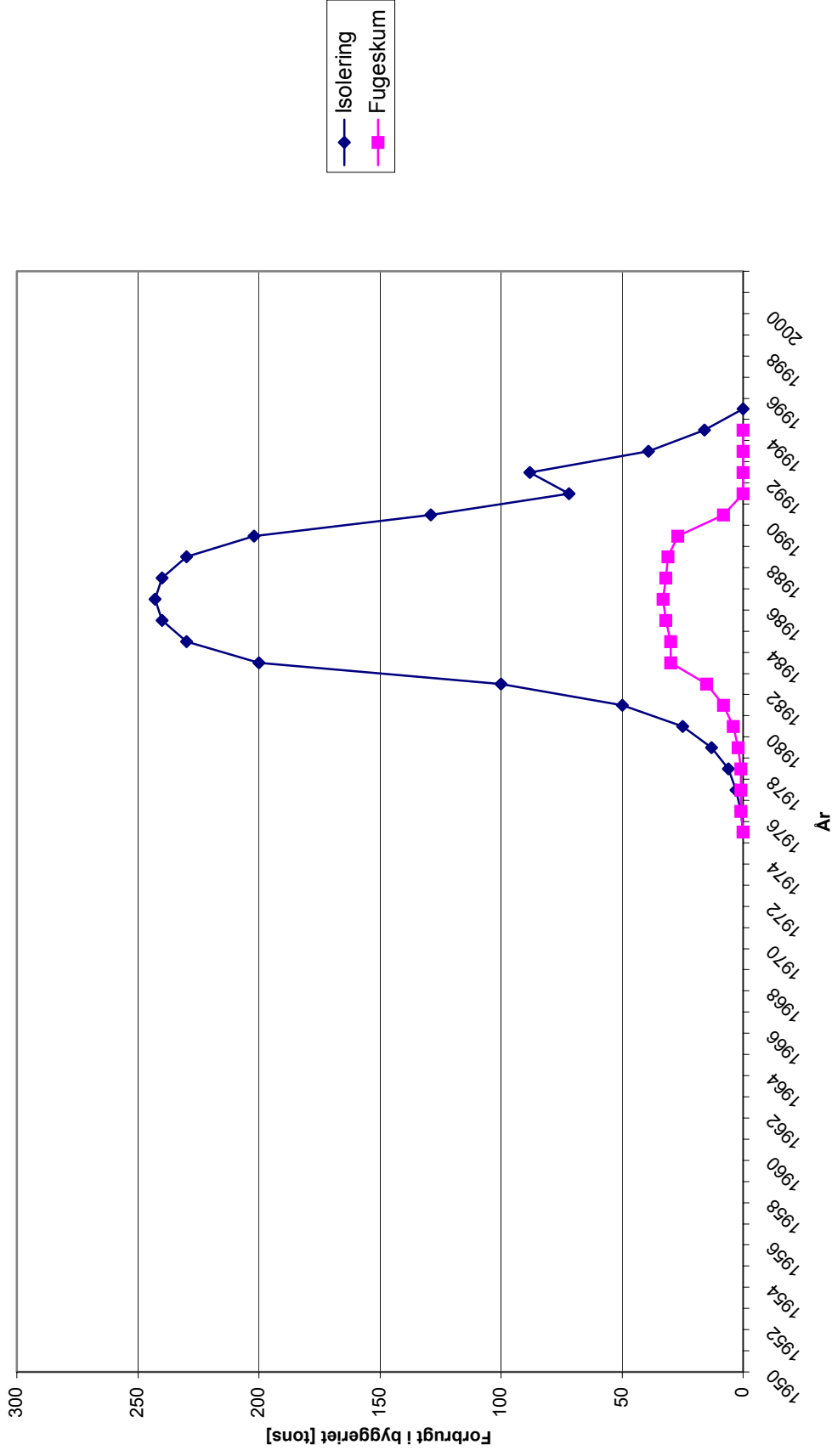
Input kurve – PCB

Brugen af chlorparaffiner i byggeriet



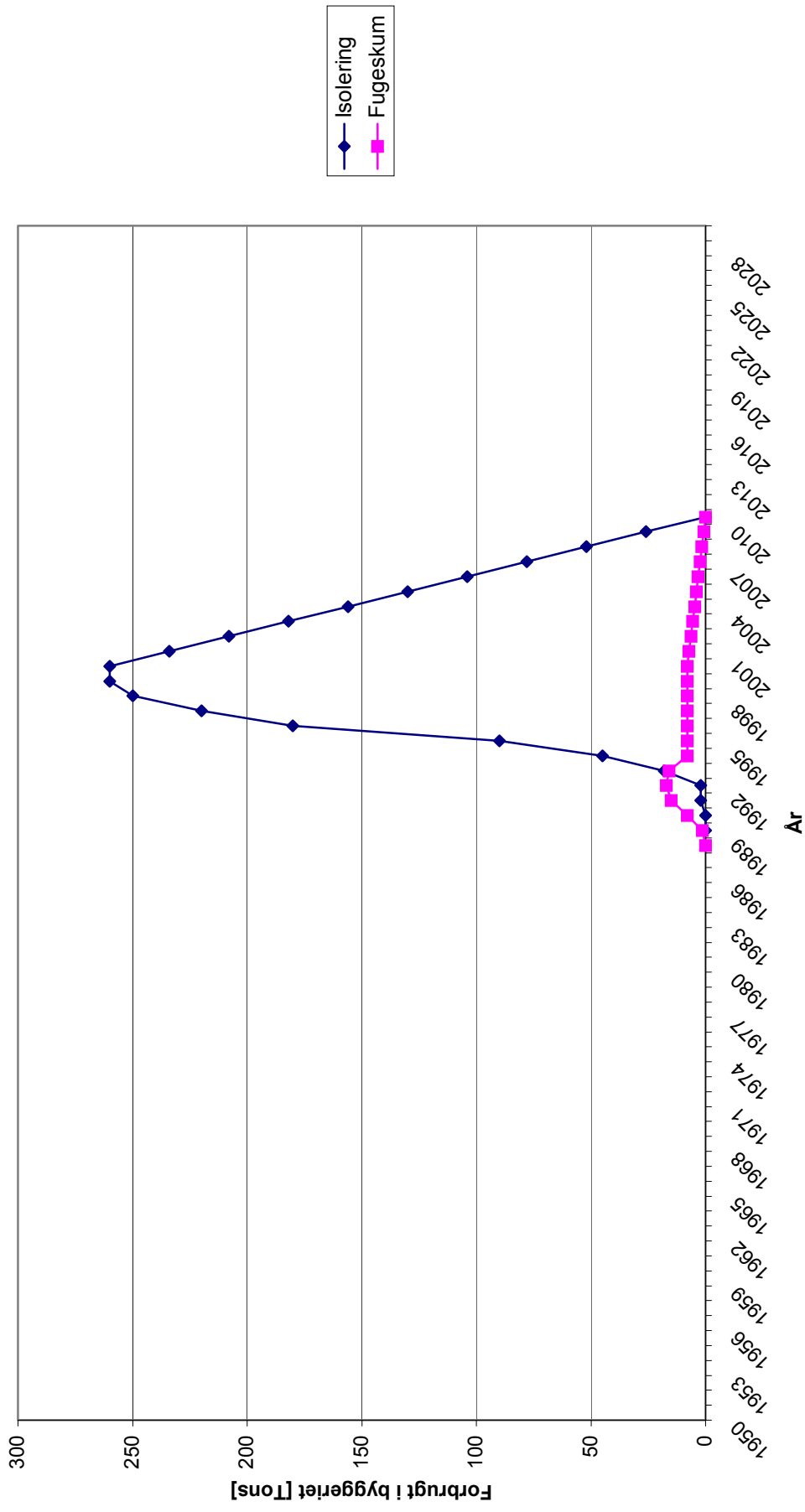
Inputkurve – Chlorparaffiner

CFC



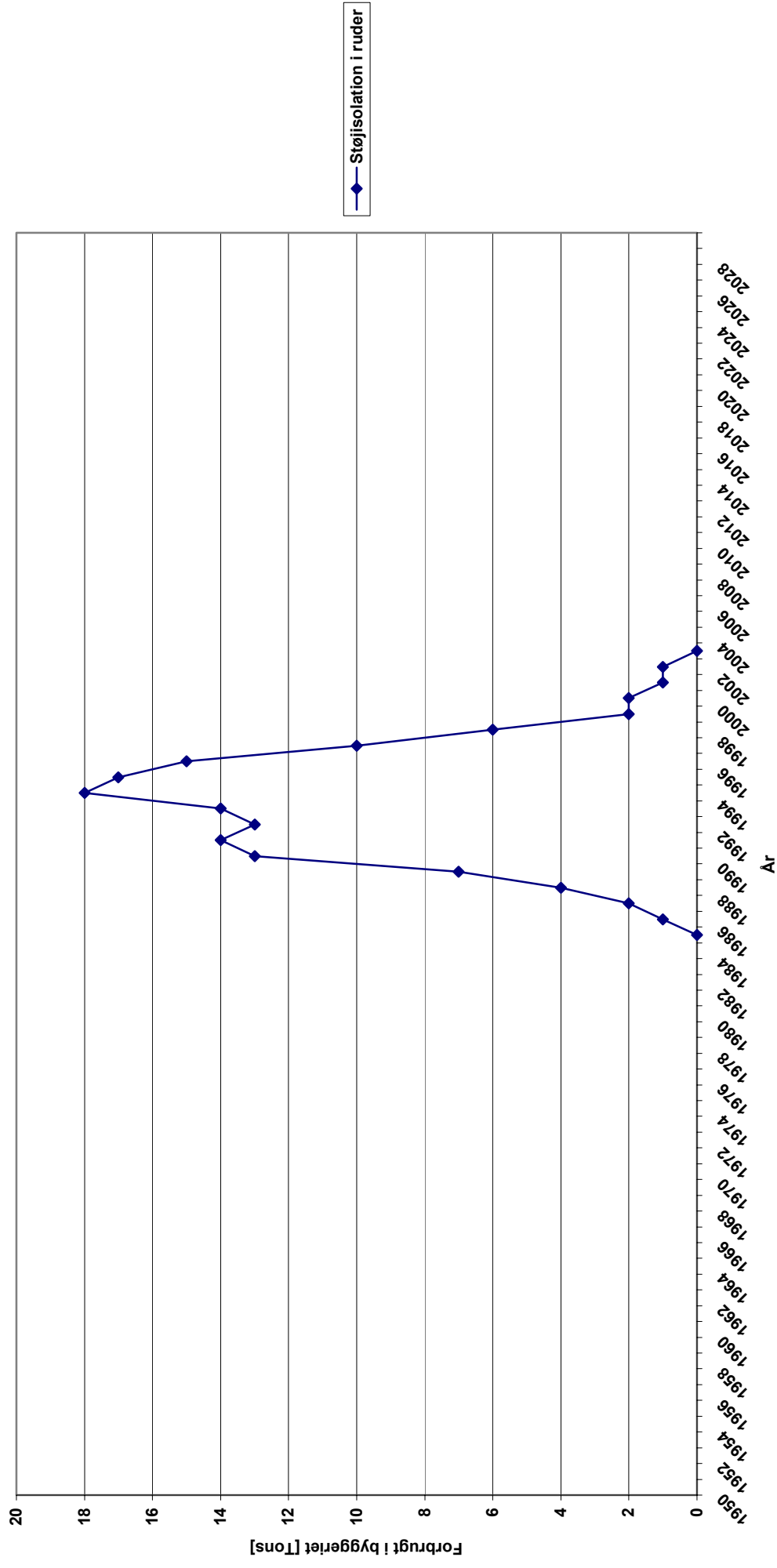
Input kurve – CFC

HCFC + HFC



Input kurve – HCFC + HFC

SvovlHexaFluorid



Input kurve - Svovlhexaflord