

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 4 1993

Bly og cadmium i kompost

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

MILJØSTYRELSEN
Søndergade 10
8000 Århus C
1401 / 2000-1000 K

Indholdsfortegnelse

Forord	5
Indledning	7
Baggrund	7
Forprojekt	8
Definitioner	9
Sammenfatning og konklusion	11
Sammenfatning	11
Konklusion og anbefalinger	15
1. Forsøgsplanlægning	19
2. Affaldssortering	23
2.1 Metode	23
2.1.1 Organisering af indsamling og sortering	23
2.1.2 Sortering af grønt affald	24
2.1.3 Sortering af rødt affald	25
2.2 Resultater	25
2.2.1 Grønt affald fra enfamilieboliger, vinter/forår	26
2.2.2 Grønt affald fra enfamilieboliger, sommer	27
2.2.3 Rødt affald fra enfamilieboliger, sommer	29
2.2.4 Sammenstilling af resultater fra enfamilieboliger	31
2.2.5 Grønt affald fra flerfamilieboliger, sommer	33
2.2.6 Grønt affald fra sommerhuse, sommer	33
2.2.7 Fejlplacerede fraktioner i grønt affald	34
3. Affaldsanalyser	37
3.1 Prøveudtagning	37
3.2 Prøveopberedning	37
3.2.1 Grønne affaldsfraktioner	37
3.2.2 Røde affaldsfraktioner	38
3.3 Analysemetoder	39
3.4 Resultater	40
3.4.1 Grønne affaldsfraktioner	40
3.4.2 Røde affaldsfraktioner	42
4. Diskussion af affaldssortering og affaldsanalyser	46
4.1 Affaldssortering	46
4.2 Affaldsanalyser	48
4.2.1 Grønne fraktioner	48
4.2.2 Røde fraktioner	50
4.2.3 Evaluering af affaldssortering og affaldsanalyser	51
5. Tungmetalkilder	52
5.1 Indledning	52
5.2 Blyholdige produkter	52
5.2.1 Loddetin	54
5.2.2 Messing/rødgods	55
5.2.3 Blysvøb	55

5.2.4 Malingrester (pigment, sikkativ)	55
5.2.5 Plast (pigment)	56
5.2.6 PVC (stabilisator)	56
5.2.7 Batterier	57
5.2.8 Benzinadditiver	57
5.2.9 Indirekte belastede produkter	57
5.3 Cadmiumholdige produkter	60
5.3.1 Akkumulatorer	60
5.3.2 Plast (pigment)	61
5.3.3 PVC (stabilisator)	63
5.3.4 Andet	64
5.3.5 Indirekte belastede produkter	65
5.4 Andre kilder	67
5.4.1 Industrielle kilder	67
5.4.2 Afsmitning	70
5.4.3 Atmosfærisk nedfald	70
6. Produktanalyser	71
6.1 Udvælgelse af produkter	71
6.1.1 Papir	73
6.1.2 Plast	73
6.1.3 Metaller	74
6.1.4 < 40 mm	74
6.1.5 Kapsler og korkpropper	74
6.2 Prøveopberedning	74
6.3 Analysemetoder	75
6.4 Resultater	75
6.4.1 Papir	75
6.4.2 Plast	76
6.4.3 Bleer mv.	76
7. Massebalancer	78
7.1 Forudsætninger for opstillingen af en massebalance	78
7.2 Forskellige scenarier	85
7.2.1 Enkeltkilder	85
7.2.2 Varierende fejlsorteringsgrad	87
8. Diskussion af produktanalyser og massebalancer	89
8.1 Produktanalyser	89
8.1.1 Papirprodukter	89
8.1.2 Plastprodukter	90
8.2 Tungmetalbalancer	91
8.2.1 Danske forhold	91
Referencer	94
Bilag	98
Bilag 1: Prøveudtagning mv.	98
Bilag 2: Analysemetode	101
Bilag 3: Analyseresultater, affald	104
Bilag 4: Produktoversigt	107
Bilag 5: Analyseresultater, produkter	108

Forord

Nærværende projekt er gennemført af Dansk Teknologisk Institut for Miljøstyrelsen i perioden august 1989 til november 1991. Projektet er finansieret af Rådet vedrørende genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Formål med projektet

Formålet med nærværende projekt er at spore kilderne til bly- og cadmiumbelastningen af kompost fremstillet af kildesepareret husholdningsaffald. Dette formål er søgt opfyldt ved gennemførelse af:

- affaldssortering
- tungmetalanalyser på affald
- tungmetalanalyser på produkter
- opstilling af tungmetalbalancer

Affaldssorteringen skal afdække kilderne til bly- og cadmiumbelastningen af kompost fremstillet af kildesepareret husholdningsaffald dels ved udsortering af "grønt affald" med henblik på:

- at klarlægge fordelingen af de grønne fraktioner og
- at udpege tungmetalholdige affaldskomponenter,

der ved fejlsortering er endt i det grønne affald, dels ved udsortering af "rødt affald" med henblik på:

- at udpege potentielle fejlsorteringsemner.

Tungmetalanalyserne skal afdække indholdet af bly og cadmium i de forskellige grønne affaldsfraktioner samt i udvalgte fejlsorteringer. Sammen med resultaterne fra selve sorteringen skal de indgå i opstillingen af tungmetalbalancer over det grønne system.

Tungmetalbalancen skal forsøge at sammenknytte resultaterne fra affaldssorteringen og tungmetalanalyserne af udvalgte affaldsfraktioner i et forsøg på at forklare det observerede tungmetalindhold i den modne kompost.

Produktanalyserne skal bidrage med oplysninger om tungmetalindhold i forskellige produkter, som opmærksomheden er rettet imod udfra resultaterne fra affaldssorteringen og tungmetalanalyserne.

Baggrund for projektet

Baggrunden for projektet var, at der under forsøget med kompostering af kildesorteret husholdningsaffald (1986 - 87) blev fundet relativt høje tungmetalkoncentrationer i komposten. Med henblik på at forøge afsætningsmulighederne til også at omfatte private haver ønskedes tungmetalindholdet nedsat ved en bedre separering af affaldet i de enkelte husstande.

Et af de medvirkende argumenter til at få de enkelte husstande til at deltage i en separering af husholdningsaffald med henblik på at producere kompost er, at kompostproduktet opnår en kvalitet, der gør, at det kan anvendes i private haver.

Rapportopbygning

Rapporten er opbygget i to blokke, der svarer til henholdsvis fase 1 (affaldssortering og tungmetalanalyser) og fase 2 (produktanalyser og tungmetalbalancer). Den første blok afsluttes med en diskussion af affaldssorteringen og tungmetalanalyserne, som er en af forudsætningerne for udvælgelse af produkter til tungmetalanalyser. Den anden blok afsluttes med en diskussion af produktanalyserne og de opstillede massebalancer. I afsnittet "Sammenfatning og konklusion" er de vigtigste resultater fra de to diskussionsafsnit trukket frem. Afsnittet afsluttes med konklusioner og anbefalinger til videre arbejde med forbedring af kvaliteten af kompost fremstillet af kildesepareret husholdningsaffald.

Indledning

Baggrund

I perioden 1. november 1986 - 31. oktober 1987 blev der af AFAV (Affaldsdestru Frederiksborg Amt Vest) gennemført et forsøg med kompostering af kildesepareret husholdningsaffald: "Det grønne affaldssystem" (Hirsbak *et al.*, 1990). I forsøget deltog 8.500 husstande (enfamilieboliger) i udvalgte områder fordelt på de 8 interessentkommuner: Frederiksund, Frederiksværk, Helsingø, Hundested, Jægerspris, Slangerup, Stenløse og Ølstykke.

Forsøget omfattede:

- Kildesepareringsforsøg med vådt komposterbart affald ("grønt affald") og restaffaldet ("rødt affald").
- Spørgeskemaundersøgelse blandt 400 husstande.
- Affaldsanalyser.
- Undersøgelser af "grøn kompost" med henblik på at vurdere procesforløb, eksterne miljøproblemer, indhold af bl.a. tungmetaller og vækstrelaterede stoffer og afsætningsmuligheder.
- Endvidere blev der, efter påbud fra Arbejdstilsynet, gennemført en række arbejdsmiljømålinger omkring indsamlingen af grønt affald.

Resultaterne af tungmetalanalyserne viste, at det færdigmodnede kompostprodukt var i stand til at overholde Miljøstyrelsens krav til tungmetallindhold i kompost til anvendelse i landbrug og gartneri men ikke i stand til at overholde kravene i forhold til anvendelse i private haver, tabel 1.

Tabel 1

Tungmetalindhold i kompost fremstillet af kildesepareret husholdningsaffald i forbindelse med forsøget "Det grønne affaldssystem" samt tungmetalkrav for anvendelse af grøn kompost til forskellige dyrkningsformål. Tungmetalkoncentrationerne er angivet i mg/kg tørstof (Hirsbak et al., 1990).

Tungmetal	Grøn kompost AFAV ¹	Grænseværdier ² for tungmetalindhold i kompost (Miljøministeriet, 1989)	
		Kompost, ublandet	
		Landbrug/ gartneri	Private haver
Cadmium	0,77	1,2	1,2
Kviksølv	0,42	1,2	1,2
Bly	100	120	80 ³
Arsen	18	- -	25
Nikkel	12	45	45

1. Tungmetalindholdet i komposten er estimeret ved omregning af tungmetalindholdet i kompost til tungmetalindhold baseret på askeindhold, som er omregnet til tungmetalindhold i moden gennemsnitskompost (moden gennemsnitskompost: 50% omsætning af organisk materiale; 40% aske).
2. De angivne grænseværdier er tidsbegrænsede, idet de pr. 1. juli 1995 ændres til 0,8 mg Cd/kg, 0,8 mg Hg/kg, 120/60 mg Pb/kg og 30 mg Ni/kg. Grænseværdien for arsen bibeholdes.
3. Grænseværdien for bly er hævet fra 40 til 80 mg/kg TS pr. februar 1989.

Som det fremgår af tabel 1 medførte ændringen af grænseværdien for bly fra 40 til 80 mg/kg TS ikke, at komposten kunne afsættes til private haver. Cadmiumindholdet var ligeledes tæt på grænseværdien.

Foranlediget heraf iværksatte AFAV med støtte fra Genanvendelsesrådet et forprojekt med henblik på at spore kilderne til bly- og cadmiumbelastningen af komposten.

Forprojekt

Der blev udført et forprojekt, hvori formålet var at pege på kilderne til bly- og cadmiumbelastningen af kompost ud fra viden indhentet fra litteratur samt kontakt til relevante danske og udenlandske eksperter (Hoffmann et al., 1989).

Der blev indsamlet umiddelbart tilgængelige oplysninger om tungmetaller i produkter, husholdningsaffald og kompost. Store forskelle i komposteringskoncepter herunder retningslinier for, hvad der henregnes til komposterbart affald samt forbehandling, anlægstype, efterbehandling mv. og forskelle i prøveudtagning, -neddeling og analysemetoder betød, at de indsamlede oplysninger ikke var umiddelbart sammenlignelige.

Ud fra de indsamlede oplysninger om tungmetalindhold i forskellige affaldsfraktioner og produkter samt oplysninger om registrerede fejlsorteringsgrader og registrerede indhold af plast i moden kompost blev der for-

søgt opstillet en massebalance for bly over komposteringsanlægget. Under de anvendte forudsætninger skulle blyindholdet på 100 mg/kg kompost TS modsvares af et blyindhold på 20 - 25 mg/kg rå-affald. Massebalancen viste, at affaldet henregnet under grønt affald kunne redegøre for 4 - 12 mg Pb/kg rå-affald, mens potentielle fejlsorteringer kunne redegøre for 2 - 11 mg Pb/kg rå-affald. Det resulterede i et teoretisk blyindhold i kompost på 20 - 80 mg/kg TS. Usikkerheden i balancen var meget stor, hvilket afspejles i de store intervaller.

Forprojektet udmundede i et oplæg til et undersøgelsesprogram, hvor 1. fase indeholdt sortering af grønne og røde sække samt tungmetalanalyser på udvalgte affaldsfraktioner, 2. fase indeholdt materialestrømsanalyser for bly og cadmium samt tungmetalanalyser på udvalgte produkter, 3. fase indeholdt podningsforsøg (med bly- og cadmiumholdige produkter) og 4. fase indeholdt en samlet afrapportering.

Fase 1 og 2 blev igangsat i nærværende projekt, mens beslutningen om igangsættelsen af fase 3 afventer resultaterne af fase 1 og 2.

Definitioner

Gennem rapporten anvendes en række specielle fagudtryk hentet inden for affaldsbranchen. Da mange af udtrykkene har forskellig betydning, alt efter hvor de anvendes, gives her en oversigt over deres betydning i nærværende rapport.

Kildesepareret affald

Ved kildesepareret affald forstås affald, der er opdelt i forudbestemte fraktioner (fx grønt og rødt affald) ved kilden - i dette tilfælde hos den enkelte husstand.

Grønt affald

Sorteringsvejledningen for "det grønne affaldssystem" definerer følgende fraktioner som grønt affald:

- brødrester
- skræller fra kartofler, gulerødder (grøntsager)
- te/kaffegrums, poser og filtre
- madrester
- hygiejnebind, køkkenruller, bleer
- blomsteraffald fra stue (med klump)
- kattegrus

Alle interessentkommunerne benytter ovennævnte sorteringsvejledning. Frederikssund kommune anbefaler herudover husstandene at lægge haveaffald i de grønne affaldssække, i det omfang der er plads.

I andre områder, hvor der gennemføres forsøg med lavteknologisk kompostering, opereres der med andre fraktioner af grønt affald: fx Høng, vegetabilsk affald, blomster- og haveaffald samt parkaffald. Det resterende affald indsamles som "den grå fraktion" (Reeh & Jensen, 1990).

Andre madrester (fx ost, kød og sovs), bleer, hygiejnebind og kattegrus er ifølge sorteringsvejledningen fra AFAV defineret som grønt affald i modsætning til Høng, hvor det medregnes til det "grå" affald.

- Rødt affald* Sorteringsvejledningen for "det grønne affaldssystem" definerer det resterende affald som rødt affald. Det er fx metal, plast, emballage mv.
- Genanvendelse* Genanvendelige materialer (aviser, glas, etc.) skal fortsat afleveres til de eksisterende indsamlingsordninger.
- Rå-affald* Rå-affald er det våde affald, som det forefindes ved afhentning på adressen. Affaldsundersøgelser udføres på rå-affald, fx udsortering i fraktioner, mens fx tungmetalbestemmelser udføres på tørret affald, således at tungmetalindholdet relateres til tørstofindholdet.
- Normeret tungmetalindhold* Hvis tungmetalindholdet i kompost af forskellig alder ønskes sammenlignet kan det normerede tungmetalindhold bruges. Med det normerede tungmetalindhold i kompost menes indholdet af tungmetaller i en kompost af en given alder relateret til en standard kompost, hvor tørstoffet indeholder 40% aske, og hvor det organiske materiale er omsat 50%.

Sammenfatning og konklusion

Sammenfatning

Affaldssortering

Der er i 1990 gennemført en håndsortering af affald fra 183 enheder grønt affald fra enfamilieboliger indsamlet i henholdsvis marts og juni, 56 enheder grønt affald fra flerfamilieboliger indsamlet i juni, samt 104 enheder grønt affald fra sommerhuse. Affaldet er blevet udsorteret i 8 fraktioner: madaffald, blomster- og haveaffald, bleer og bind, vådt papir og tissues, papir og pap, plastfolie, andet plast og "andet". "Andet" er restfraktionen, og den er blevet udsorteret yderligere i enkeltmaterialer. Der er endvidere i 1990 gennemført en sortering af 183 enheder rødt affald fra enfamilieboliger indsamlet i juni. Resultaterne af sorteringen af det grønne affald er sammenfattet i tabel 1.

Tabel 1

Sammensætning af grønt affald angivet i vægt% baseret på vådvægt.

Boligtype	Antal husstande	Gennemsnitsvægt af affaldsæk (kg)	Madaffald	Blomster- og haveaffald	Bleer og bind	Vådt papir og tissues	Papir og pap	Plastfolie	Andet plast	"Andet"
Enfamilieboliger ¹	183 (171) ³	5,9 (6,3) ⁴	64	17	7,8	5,9	2,1	1,5	0,1	1,4
Enfamilieboliger ²	183 (166) ³	6,0 (6,6) ⁴	55	25	7,5	4,5	2,5	1,8	0,3	3,1
Flerfamilieboliger	56	-	57	2,9	11	4,1	12	3,1	1,0	8,1
	-	-	62	6,1	15	2,4	3,5	2,6	0,5	7,1
Sommerhuse	104	3,6	60	14	4,8	8,0	4,4	2,3	0,7	5,9

1. Indsamlet i marts 1990.
2. Indsamlet i juni 1990.
3. Tallet i parentes angiver antallet af husholdninger, der har opsamlet grønt affald.
4. Vægten angivet i parentes er baseret på det faktiske antal husstande, der har opsamlet grønt affald.

Ca. 1% af fraktionen plastfolie vurderes at bestå af de grønne affaldsposer, som de deltagende husstande får udleveret til emballering af grønt affald.

"Andet"

Fraktionen andet består af en lang række forskellige produkter, hvoraf de vigtigste i forhold til sporing af tungmetal vurderes at være konservesdåser, batterier, blysvøb, støvsuger- og askeposer samt maling.

Sorteringsresultaterne fra flerfamilieboliger i Frederikssund har bl.a. medvirket til at ændre opsamlingsystemet for grønt affald, således at affaldsskakten nu benyttes til rødt affald, mens det grønne affald bæres ned til containere opstillet i terrænplan.

Affaldsanalyser

Der er analyseret for bly og cadmium på de forskellige grønne affaldsfraktioner.

Bly i grønt affald

Indholdet af bly i madaffaldsfraktionen ligger på 0,70 - 1,6 mg/kg TS og i vådt papir og tissues på 1,3 - 3,3 mg/kg TS. Blyindholdet i blomster- og haveaffald varierer væsentligt mere, idet det ligger på 7,2 - 42 mg/kg TS.

Cadmium grønt affald

Indholdet af cadmium ligger i madaffaldsfraktionen på 57 - 120 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS og i vådt papir og tissues på 59 - 110 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS. Cadmiumindholdet i blomster- og haveaffald varierer ligesom blyindholdet, og der er fundet 230 - 1.100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS.

Det høje indhold i blomster- og haveaffald indsamlet i juni måned fra en-familieboliger kan tilskrives en enkelt prøve, hvor der er fundet 123 mg Pb/kg og 3.500 μg Cd/kg TS. En forklaring på de meget høje værdier kan muligvis være, at der har været gadeopfej sammen med haveaffaldet.

Papir og pap

I papir og papfraktionen ligger indholdet af cadmium i intervallet 27 - 85 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS, og indholdet af bly ligger i intervallet $< 0,5$ mg/kg TS - 4,2 mg/kg TS. Det fundne blyindhold i papir udsorteret fra affald indikerer, at der stadig anvendes blyholdige trykfarver, hvilket er blevet bekræftet af blyindholdet i en enkelt af de undersøgte reklamer.

Plastfraktioner

I plastfraktionerne ses meget stor variation i bly- og cadmiumindholdet mellem dobbelt præparationer (to oplukninger af den samme prøve), hvilket betyder, at der har været problemer med at homogenisere prøven så meget, at det ikke har været muligt at udtage en homogen prøve til analyse. De højeste indhold ses i plastfolie, hvor blyindholdet varierer mellem 0,63 og 128 mg/kg TS, og cadmiumindholdet varierer mellem 48 og 370 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS. I hård plast varierer blyindholdet mellem $< 0,5$ og 6,6 mg/kg TS, og cadmiumindholdet varierer mellem < 10 og 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS. Der er ikke skelnet mellem forskellige plasttyper i undersøgelsen af bly og cadmium i fraktionerne af plast udsorteret fra affaldet, hvorimod plasttyperne er registreret ved produktanalyserne, hvor det har været muligt.

Andre fraktioner

Indholdet af tungmetaller i støvsugerposer ligger generelt højt, og gennemsnitsindholdet af de undersøgte metaller ligger i intervallerne 39 - 282 mg Pb/kg TS og 0,94 - 6,0 mg Cd/kg TS. Indholdet af bly og cadmium ligger knap så højt som set sidst i 70'erne, hvor der blev fundet et gennemsnitsindhold på 7,0 mg Cd/kg TS og 295 mg Pb/kg TS (Tjell *et al.*, 1981). En nyere undersøgelse, der har forsøgt at inddrage det samme område som anvendt af Tjell *et al.*, viser let faldende værdier, idet der er fundet 4,1 mg Cd/kg TS og 256 mg Pb/kg TS (Huvio, 1991).

Der er fundet et signifikant indhold af bly i en prøve af korkpropper, hvilket kunne forventes, idet der i andre sammenhænge er vist en diffusion af bly fra blysvøbet gennem proppen ned i vinen. Indholdet i to prøver ligger på henholdsvis 6,1 og 86 mg/kg TS.

I cigaretskodder er der fundet henholdsvis 2,4 og 17,4 mg Pb/kg TS samt 540 og 940 μg Cd/kg TS. Korkpropper, cigaretskodder og kapsler (10 - 11 mg Pb/kg TS) er affaldskomponenter, der ofte ses i det grønne affald, men pga. deres ringe totale mængde vurderes deres indflydelse på tungmetalindholdet i kompost at være begrænset.

De undersøgte malingrester indeholder henholdsvis 33 og 190 mg Pb/kg TS samt 80 og 650 μg Cd/kg TS, men malingrester vurderes pga. deres sjældne forekomst i det grønne affald kun at have begrænset indflydelse på tungmetalindholdet i kompost.

Papirprodukter

Produktanalyser

Indholdet af cadmium i papirprodukter ligger generelt lavt, idet der er fundet 10 - 84 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS. Blyindholdet varierer væsentligt mere. I en enkelt prøve af pulp- og returpapiremballage er der fundet 8,8 mg Pb/kg TS, hvilket indikerer, at der har været anvendt blyholdige trykfarver på de papirprodukter, der er anvendt som udgangsmateriale. Papirprodukter med det fundne tungmetallindhold giver dog ikke noget væsentligt bidrag til tungmetallindholdet i komposten.

Der er ligeledes fundet bly i en enkelt af de undersøgte reklamer. Der er fundet 41 mg/kg TS i den første analyse, og blyindholdet er verificeret ved at foretage endnu en dobbelt oplukning og analyse på den samme prøve samt foretage en ny neddeling af et andet eksemplar af den samme reklame, og i begge tilfælde er der fundet et signifikant blyindhold (henholdsvis 32 og 27 mg/kg TS).

Plastfolieprodukter

Indholdet af cadmium i plastfolieprodukter ligger generelt lavt, idet der er fundet 14 - 68 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS.

Indholdet af bly er lavt i *polyethylenposer med påtryk*, der indeholder 0,14 - 0,49 mg Pb/kg TS, mens gruppen af *røde gennemfarvede poser* indeholder henholdsvis 101 og 1.400 mg/kg TS.

Det lave indhold af bly i polyethylenposer med påtryk indikerer, at der ikke anvendes blyholdige pigmenter i trykfarve, mens det relativt høje indhold i røde gennemfarvede poser indikerer, at de er indfarvet med blyholdige pigmenter eller stabiliseret med blyforbindelser (kun hvis de er fremstillet af PVC).

Grønne folieposer

Bly- og cadmiumindholdet i de grønne affaldsposer, som udleveres til brug ved opsamling af grønt affald, er fundet til 0,14 mg Pb/kg og 14 μg Cd/kg.

Engangsbleer

Der er ikke fundet nævneværdigt indhold af bly og cadmium i engangsbleer og blesnipper (PVC).

Teoretisk tungmetallindhold

Tungmetallbalancer

De opstillede tungmetallbalancer viser, at de givne fordelinger af grønt affald på fraktioner sammenholdt med de fundne tungmetalkoncentrationer i de forskellige affaldsfraktioner kan redegøre for 7,8 - 54 mg Pb/kg TS og 0,12 - 2,0 mg Cd/kg TS. En tidligere opstillet teoretisk blybalance kunne redegøre for 20 - 80 mg Pb/kg TS (Hoffmann *et al.*, 1989). I tabel 2 er det teoretiske tungmetallindhold i kompost fremstillet af "rent" grønt affald og affald inklusiv fejlsorteringer vist.

Tabel 2

Teoretisk tungmetalindhold i kompost fremstillet på basis af grønt affald fra enfamilieboliger, flerfamilieboliger og sommerhuse. Indholdet er angivet for kompost fremstillet af "rent" grønt affald og grønt affald + fejlsorteringer.

Boligtype	mg Pb/kg TS		mg Cd/kg TS	
	"Rent"	+ Fejl	"Rent"	+ Fejl
Enfamilieboliger, marts 1990	7,3	28	0,27	2,0
Enfamilieboliger, juni 1990	32	54	0,90	0,76
Flerfamilieboliger	2,2	7,8	0,12	0,12
Sommerhuse	21	31	0,64	0,75

Blyindholdet i "grønt" affald skyldes primært blomster- og haveaffald, fejlplaceret blysvøb, plastfolie, konserverdåser samt husstøv. Cadmiumindholdet skyldes primært madaffald, blomster- og haveaffald samt fejlplacerede batterier og husstøv.

Fejlsortering

Fejlsortering kan i princippet foregå på to måder:

- Der kan være rødt affald i de grønne affaldsposer, hvilket betyder, at den pågældende husstand ikke separerer affaldet i køkkenet 100%.
- Der kan være "røde" affaldsposer i de grønne affaldssække, hvilket betyder, at den "røde" affaldspose er fejlplaceret i den grønne sæk som følge af manglende plads i den røde sæk eller ved en fejl.

Effekten af forskellige former for fejlsortering er forsøgt vurderet ved gennemregning af en række eksempler, hvor det er antaget, at det grønne affald indeholder forskellige grader af fejlsortering eller forskellige former for punktkilder.

Punktkilder

Effekten af større mængder af de konstaterede fejlsortering er undersøgt ved gennemregning med nogle eksempler. Eksemplerne er gennemregnet med udgangspunkt i, at 1 ton rent grønt affald (enfamilieboliger, marts) bliver kontamineret med 1) to blysvøb, 2) to konserverdåser á 100 g (med blylodning), 3) to glødelamper, 4) et blybatteri og et Ni-Cd-batteri, 5) 5 kg husstøv eller 6) 10 kg kattegrus. Resultaterne er vist i tabel 3.

Tabel 3

Teoretisk tungmetalindhold i kompost fremstillet på basis af grønt affald fra enfamilieboliger, marts med forskellige fejlplacerede produkter. 1 ton affald er basis for beregningerne.

Kontaminering	mg Pb/kg TS	mg Cd/kg TS
Ingen (rent grønt)	7,3	0,27
2 blysvøb	114	-
2 konserverdåser	14	-
2 glødelamper	106	-
1 bly- og 1 NiCd-batteri	40	33
5 kg husstøv	9,5	0,33
10 kg kattegrus ¹	7,4	0,26

1. Kattegrus er grønt affald ifølge den gældende sorteringsvejledning.

Blysvøb, glødelamper og blybatterier ses at påvirke det teoretiske blyindhold væsentligt, og Ni-Cd-batterier ses at påvirke det teoretiske cadmiumindhold væsentligt.

Øget fejlsortering

Effekten af forskellige grader af fejlsortering er beregnet med udgangspunkt i resultaterne for sorteringen af grønt affald fra enfamilieboliger, marts. I beregningerne indgår der 0%, 5%, 15% og 25% fejlsortering. Der er regnet med den samme sammensætning af fejlsorteringer, som der er registreret ved sorteringen i marts måned, hvor der blev registreret 5% fejlsortering, og fordelingen af de 5% kan dels ses i tabel 2.3, dels i tabel 2.12. Resultatet af beregningerne er vist i tabel 4.

Tabel 4

Teoretisk tungmetalindhold i kompost fremstillet på basis af grønt affald fra enfamilieboliger, marts med forskellige grader af fejlsortering.

Fejlsorteringsgrad	mg Pb/kg TS	mg Cd/kg TS
0%	7,3	0,24
5%	28	2,0
15%	63	5,0
25%	85	6,8

I det viste eksempel giver en stigning i fejlsorteringsprocenten fra 5% til 25% en stigning i bly- og cadmiumindholdet på ca. tre gange.

Konklusion og anbefalinger

Konklusion

Affaldssorteringen, som den har været gennemført her, har givet et godt billede af sammensætningen af det grønne affald fordelt på fraktionerne madaffald, blomster- og haveaffald, bleer og bind, vådt papir og tissues,

Affaldssortering

tørt papir og pap, plastfolie, andet plast samt "andet". Usikkerheden på fordelingen er selvsagt størst på de mindst forekommende fraktioner, dvs. tørt papir og pap, plastfolie, andet plast samt "andet". Af de nævnte fraktioner vurderes plastfolie at være den bedst bestemte, idet fraktionen består af poser, der har været anvendt til at opsamle affald i (inklusive grønne affaldsposer).

Fraktionen "andet" er den mest heterogene af de ovennævnte fraktioner, idet den har indeholdt hvad som helst, der ikke kunne indplaceres i de øvrige fraktioner. Fraktionen "andet" er samtidig den mest interessante, idet det er i denne fraktion de tungmetaltholdige produkter kunne tænkes at forekomme, hvorfor denne fraktion er blevet udsorteret yderligere (ned til produktniveau) for at kunne pege på bly- og cadmiumholdige produkter. Den ekstra sortering giver således en endnu større usikkerhed på opdelingen, da de enkelte fraktioner er meget små.

Der er ikke ved udsortering af fraktionen "andet" fundet nogle tungmetaltholdige produkter, som ikke var forventet der på forhånd.

Selve håndsorteringen vurderes at have været effektiv, idet der er fundet fx blysvøb. På den anden side gør affaldets karakter, at der er grænser for, hvor detaljeret en sortering kan gennemføres. Det kan derfor ikke udelukkes, at punktkilder af samme størrelsesorden som et blysvøb kan undgå opmærksomheden under sorteringen.

Affaldsanalyser

Tungmetalanalyserne, der er gennemført på de forskellige affaldsfraktioner, giver et godt billede af bly- og cadmiumindholdet i de komposterbare affaldsfraktioner, hvor resultaterne har vist, at prøverne har været neddelt i en grad, der har givet rimelig overensstemmelse mellem dobbeltoplukningerne. En undtagelse herfra er en enkelt af prøverne af vådt papir og tissues, hvor der er fundet henholdsvis 177 og 14 mg Pb/kg TS, hvilket sandsynligvis skyldes en partikulær forurening, da de øvrige prøver af vådt papir og tissues viste dels et lavere indhold (1,8 - 3,3 mg Pb/kg TS) dels god overensstemmelse mellem dobbeltoplukningerne.

Problemer med neddeling af prøverne har vist sig mere tydeligt ved plastfraktionerne, hvor der er fundet meget stor variation mellem dobbeltoplukningerne. Resultaterne giver således snarere et billede af variationen i plastfraktionen, end de giver et gennemsnitsbillede af tungmetallindholdet i plast.

De øvrige affaldsfraktioner er udvalgt til analyse ud fra resultaterne af udsorteringen af fraktionen "andet". Disse fraktioner er ligeledes meget heterogene, hvorfor resultaterne vurderes ud fra, at det er stikprøver, der er analyseret på. Det betyder, at selv om der er analyseret på forskellige metalfraktioner, så kan resultaterne ikke sammenstilles til en gennemsnitsværdi for tungmetallindhold i en blandet metalfraktion.

Analyser

Tungmetalanalyser kvalitetsikres ofte ved, at der bliver analyseret på standardmaterialer, hvilket kræver, at der findes standardmaterialer for de konkrete prøver. I nærværende projekt, hvor der er blevet analyseret på stort set hvad som helst, fra madaffald over plast til mayonaisetuber, har det hverken været praktisk eller økonomisk muligt at analysere på standardmaterialer. Kvaliteten af oplukningerne er derimod søgt sikret ved op-

lukning (kogning med syre), indtil prøverne er nedbrudt så meget som muligt.

Produktanalyser

Produktanalyserne har vist, at kun få af de udvalgte produkter indeholdt tungmetaller i nævneværdig mængde. Undtaget herfra var en enkelt prøve af reklamer, der indeholdt 30 - 40 mg Pb/kg TS og to prøver af gennemfarvede røde plastposer, hvoraf en affaldspose indeholdt 1.400 mg Pb/kg TS, mens en bæreposse indeholdt 101 mg Pb/kg TS.

Tungmetalbalancer

Tungmetalbalancerne opstillet for grønt affald fra enfamilieboliger vurderes at være de mest repræsentative, idet de bygger på de fleste data. De kan redegøre for henholdsvis 28 og 54 mg Pb/kg kompost TS og 2,0 og 0,76 mg Cd/kg kompost TS, hvilket er i underkanten af de værdier, der er målt i kompost fra AFAV. Det vides samtidig, at der er stor forskel i sorteringseffektiviteten de forskellige kommuner imellem. Den undersøgelse, der er gengivet i tabel 4.1, indikerer, at sorteringseffektiviteten i Frederikssund ligger i den bedre ende, men Frederikssund er samtidig den eneste kommune, der tillader haveaffald i det grønne affald. Det er derfor ikke overraskende, at resultaterne ikke kan redegøre for et højere blyindhold i komposten, hvorimod affaldet fra marts resulterer i et teoretisk cadmiumindhold, der ligger over de fundne værdier for cadmium i komposten.

De opstillede balancer viser, at selv meget få blysvøb har meget stor indflydelse på kompostens indhold af bly, men som tidligere nævnt er der stor usikkerhed på bestemmelsen af de små fraktioners andel. De registrerede blysvøb viser sig naturligt nok at være den bestemmende faktor for blyindholdet i beregningerne med stigende grad af fejlsorteringer.

Cadmiumindholdet påvirkes væsentligt af indholdet af batterier. Det høje cadmiumindhold er resultatet af antagelsen af, at 1% af de forekommende batterier er Ni-Cd-batterier.

Omsætningsgrad

Opstillingen af tungmetalbalancerne er sket ud fra nogle forudsætninger, hvoraf netop omsætningsgraden har stor indflydelse på opkoncentreringen af tungmetaller under komposteringsprocessen. Det er vist, at en reduktion i tørstofindholdet på 37,5%, 50% og 66,7% resulterer i blyindhold på henholdsvis 25, 32 og 47 mg/kg TS i kompost ("rent" grønt affald, enfamilieboliger, juni). Der ses således at være en faktor 2 i forskel på tungmetalindholdet i komposten, når omsætningsgraden ændres fra 33% til 66%. De gennemførte beregninger har anvendt en omsætning af de komposterbare fraktioner på 50%.

Atmosfærisk bidrag

Det vurderes ikke, at atmosfærisk nedfald på kompostmilerne, herunder bidrag fra Det Danske Stålvalseværk A/S, har nogen nævneværdig indflydelse på tungmetalindholdet i den modne kompost, hvorimod det ikke kan udelukkes af atmosfærisk nedfald belaster grøntsager og haveaffald.

Afsmitning fra anlæg

Det vurderes ikke, at en afsmitning fra anlægget har væsentligt indflydelse på tungmetalindholdet i komposten.

Det er således ikke muligt på basis af de opnåede resultater, at give et entydigt bud på, hvordan bly- og cadmiumindholdet i komposten kan nedbringes, men det er dog muligt at pege på nogle potentielle kilder, som man skal være ekstra opmærksomme på ved opdeling af sit affald.

Anbefalinger

Anbefalinger retter sig dels mod forbedringer af separeringseffektiviteten dels mod andre tiltag, der kan medvirke til at belyse kilderne til bly og cadmium i kompost.

Sorteringsvejledning

Det bør via øget information indskræpes over for deltagerne i det grønne affaldssystem:

- at plastfolieprodukter udover de originale grønne poser til enhver tid bør undgås i det grønne affald
- at alle former for metalliske produkter herunder dåser, blysvøb, batterier, o.a. bør undgås
- at støvsugerposer bør undgås
- at madrester under ingen omstændigheder må anbringes i det grønne affald i originalemballagen - og hvis det ikke lader sig gøre at fjerne originalemballagen, skal det anbringes i det røde affald.

Yderligere undersøgelser

På basis af de fundne resultater kan der peges på en række områder, hvor der bør igangsættes undersøgelser:

1. Standardisering af prøveudtagning og analyser af affald med henblik på at få ensartede metoder, således at resultaterne bliver sammenlignelige.
2. Standardisering af prøveudtagning og analyser af kompost med henblik på at få ensartede metoder, således at resultaterne bliver sammenlignelige.
3. Podningsforsøg med tungmetalholdige produkter med henblik på at undersøge omsætningen af tungmetalholdige produkter. Produkterne følges gennem komposteringsprocessen, og det undersøges, om produkterne forvitrer, og om de har en afsmittende effekt. Komposten bør ligeledes undersøges for at vise om tungmetallerne fra de tilsatte produkter kan spores.
4. Undersøgelse af formen, hvorpå tungmetallerne forekommer i komposten med henblik på at pege på, hvor de kommer fra. Her tænkes specielt på om tungmetallerne forekommer på metallisk/partikulær form eller om de forekommer bundet i kemiske forbindelser eller komplekser.

1. Forsøgsplanlægning

Forsøgsplanen for projektet omhandlede indsamling og sortering af:

- 183 én-uges sække (enheder) kildesepareret "grønt vinter/forårsaffald" indsamlet fra enfamilieboliger,

som blev efterfulgt af yderligere ca. 363 enheder kildesepareret "grønt sommeraffald" indsamlet fra:

- 183 enfamilieboliger,
- 124 sommerhuse og
- ca. 56 enheder fra etageboliger,

samt

- 183 enheder "rødt affald" indsamlet fra enfamilieboliger.

Planen omhandlede endvidere tungmetalanalyser på udvalgte affaldsfraktioner og udvalgte produkter. Den første serie sorteringer og analyser skulle dels medvirke til at vise en årstidsvariation dels medvirke til at optimere sorteringsprocedure og analyseprogram.

Udvælgelse af forsøgsområde Frederikssund blev udvalgt som forsøgsområde for *enfamilieboliger* ud fra en række kriterier:

1. Det er vigtigt at undgå at afsløre affaldsindsamlingen over for de husstande, der skulle indgå i forsøget, da det ville påføre undersøgelsen en systematisk fejl.
2. Det ville kun være muligt at foretage en indsamling uden at det ville blive opdaget, hvis indsamlingen kunne foregå i et område, hvor der blev anvendt affaldssække til det grønne affald. Forskellige foranstaltninger, der skulle gøres for at kunne gennemføre en indsamling fra et område, der benyttede spande (fx at fore spandene med sække) ville afsløre, at der blev gennemført en undersøgelse.
3. Frederikssund blev udvalgt for at opfylde kriteriet med anvendelse af sække til det grønne og røde affald.

Indsamlingen blev gennemført i 2 områder, der blev udvalgt således, at de var repræsentative for den del af AFAV-området, der deltog i forsøget med "Det grønne affaldssystem", samt at de lå hensigtsmæssigt for indsamlingen. De skulle således repræsentere en gennemsnitlig husstandsstørrelse på 2,9 personer med en fordeling af husstandsstørrelser, der tilnærmelsesvis lignede fordelingen i den del af AFAV-området, der deltog i forsøget i 1986 - 87.

Fordelingen af husstandsstørrelser i de udvalgte forsøgsområde i nærværende projekt er vist i tabel 1.1 til sammenligning med fordelingen for den del af AFAV-området, der deltog i forsøget i 1986 - 87.

Der var en rimelig overensstemmelse mellem fordelingen af husstandsstørrelser i forsøgsområdet i 1986 - 87 og det udvalgte forsøgsområde i Frederikssund. Den gennemsnitlige husstandsstørrelse lå på 2,8 personer/husstand, hvor den i det tidligere forsøgsområde lå på 2,9 personer/husstand. Den gennemsnitlige husstandsstørrelse for hele AFAV-området pr. 1.1.1989, uanset husstandstype, lå på 2,7 personer/husstand (Anonym, 1989).

Tabél 1.1

Fordeling af husstandsstørrelser i den del af AFAV-området, der deltog i forsøget med "Det grønne affaldssystem" og det udvalgte forsøgsområde i Frederikssund.

Område	Husstandsstørrelse						Snit
	1	2	3	4	5	>5	
AFAV-området ¹	11	30	24	27	6	2	2,9
Forsøgsområde	12	37	22	25	3	2	2,8
AFAV total ²	-	-	-	-	-	-	2,7

1. Fordeling af husstandsstørrelser i området der deltog i forsøget med "Det grønne affaldssystem" i 1986 - 87.
2. Fordeling af husstandsstørrelser i hele AFAV-området pr. 1.1.1989 gældende for enfamilieboliger og flerfamilieboliger (Anonym, 1989).

Ved valg af indsamlingsområdets størrelse var det målet, at der skulle være ca. 150 enheder. Hermed kan man reducere usikkerheden på de registrerede størrelser til ca. 10% for totalmængden og 10 - 26% på enkeltmaterialerne. Stikprøven på 183 husstande skulle således teoretisk give en usikkerhed på ca. 9% på totalmængden og 9 - 24% på enkeltmaterialer (Holst, 1989).

Eftersom der i den efterfølgende databehandling blev udregnet en gennemsnitlig sammensætning på affaldet for hver husstandsstørrelse, kan usikkerheden på disse tal være meget store. I gruppen "husstandsstørrelse 7" indgår således kun 1 husstand.

Flerfamilieboliger

I AFAV-kommunerne er der etableret forsøg med "Det grønne affaldssystem" i 4 bebyggelser (*flerfamilieboliger*). En af disse bebyggelser er beliggende i Frederikssund kommune. Grønt affald fra halvdelen af denne bebyggelse - fra ialt 56 husstande - blev indsamlet og sorteret.

Der indgår ingen opgørelse af husstandsstørrelsen fra området, idet det kun var renheden af den grønne fraktion, der blev undersøgt.

Fra en etagebebyggelse i Helsingør blev der ligeledes indsamlet og sorteret grønt affald fra en del af bebyggelsen. Affaldet herfra kan imidlertid ikke henføres til bestemte husstande.

Sommerhusbebyggelser

På forsøgsbasis er "Det grønne affaldssystem" ligeledes indført i en *sommerhusbebyggelse* bestående af ca. 200 sommerhuse. Området er beliggende i Jægerspris Kommune. Der blev én gang samlet grønt affald fra alle sommerhuse i området, hvilket indbragte 124 sække.

Sortering af grønt affald

De enkelte grønne sække blev udsorteret i 8 forskellige fraktioner, tabel 1.2.

Tabel 1.2

Det grønne affald blev udsorteret i 4 grønne og 4 røde fraktioner.

	Grønne fraktioner	Røde fraktioner
1	madaffald	tørt papir og pap
2	have- og blomsteraffald	plastfolie ¹
3	bleer og bind	andet plast
4	vådt papir og tissue	andet ²

1. I fraktionen af plastfolie indgår de grønne folieposer, som AFAV udleverer til de husstande, der deltager i "Det grønne affaldssystem".
2. Andet er restfraktionen, der pooler for samtlige husstande (pr. indsamlingsdag) og derefter udsorteres i materialer. Denne fraktion kan også indeholde kattegrus, der er grønt affald.

Rødt i grønt affald

Det røde affald kan i princippet forekomme i det grønne affald på to forskellige måder:

- jævnt fordelt mellem det grønne affald, hvilket betyder, at husstanden ikke sorterer affaldet
- samlet i affaldsposer udelukkende med rødt affald, hvilket betyder, at husstanden nok sorterer affaldet i køkkenet, men at de har fejlplaceret affaldsposen i det grønne affald.

"Andet"

"Andet" blev udsorteret i følgende sekundære fraktioner, der er udvalgt på baggrund af sorteringsforsøg (1986-87) (Hirsbak *et al.*, 1990), litteraturstudier (Hoffmann *et al.*, 1989) samt andre erfaringer:

- konservesdåser
- batterier
- blysvøb fra vin- og hvidvinsflasker
- støvsuger- og askeposer
- glødelamper
- gummi og læder
- alufolie og spraydåser
- andet metalaffald
- kompositter (fx plast/metal)
- andet

Ved at poole restfraktionen ("andet") for samtlige husstande (pr. indsamlingsdag) blev der mulighed for at gøre sorteringen af de fejlsorterede affaldskomponenter mere detaljeret, og opdelingen kunne således justeres undervejs i forhold til de forekommende produkter.

De primære fraktioner blev vejet (våd vægt), og der blev foretaget en volumenbestemmelse af hele sækken ved et kvalificeret skøn.

De sekundære fraktioner blev vejet (våd vægt).

Sortering af rødt affald

De enkelte røde sække blev udsorteret i en række primære fraktioner, tabel 1.3.

Tabel 1.3

Det røde affald blev udsorteret i følgende fraktioner.

	Grønne fraktioner	Røde fraktioner
1	komposterbart affald ¹	plastfolie
2		andet plast
3		aviser (dagblade og ugeaviser)
4		ugeblade og tryksager
5		andet papir og pap
6		flasker og glas
7		metal og jern
8		andet brandbart
9		andet ej brandbart
10		mælkekartoner ³

1. Komposterbart affald i det røde affald er i princippet "fejlsorteret", men sorteringsvejledningen anviser, at hvis man er i tvivl, skal affaldet anbringes i den røde sæk.
2. Mælkekartoner er kun udsorteret fra 102 husstande.

Affaldsanalyser

Fordelingen af tungmetalanalyser blev prioriteret således, at der blev gennemført ca. 25% af analyserne primo 90 (1. analyseserie), og de resterende 75% af analyserne blev gennemført i sommeren 90 (2. og 3. analyseserie). De første tungmetalanalyser blev primært rettet mod at kunne opstille en massebalance for tungmetallerne bly og cadmium omfattende kompost fremstillet udelukkende af grønt affald, dvs. analyser på de grønne fraktioner. De sidste tungmetalanalyser blev rettet mod at underbygge de første resultater samt analyser af fejlsorterede affaldskomponenter og røde fraktioner.

Produktanalyser

På basis af resultaterne fra affaldssorteringen og affaldsanalyserne samt produktkendskab blev der udvalgt en række produkter til tungmetalanalyser.

Denne udvælgelse beskrives i kapitel 6.

2. Affaldssortering

Affaldssorteringen omfattede som beskrevet i kapitel 1 enfamilie-, flerfamilie- og sommerboliger.

2.1 Metode

2.1.1 Organisering af indsamling og sortering

Fra 183 enfamilieboliger blev der indsamlet 2 gange grønt affald og 1 gang rødt affald.

Affaldet blev indsamlet efter 1 uges henstand ved boligen. Rødt affald blev indsamlet om sommeren, mens grønt affald blev indsamlet dels om vinteren dels om sommeren.

Fra etageboliger blev der indsamlet og sorteret grønt affald fra 56 lejligheder - affaldet var op til 1 uge gammelt. Derudover blev der indsamlet og sorteret affald fra containere med grønt affald fra et etageboligområde.

Fra et sommerhusområde med 200 boliger blev der indsamlet 104 sække med grønt affald, som efterfølgende blev sorteret. Vognmanden hældte i forbindelse med indsamlingen af affaldsposer indholdet fra nogle næsten tomme sække over i de indsamlede. Ifølge vognmanden skete det ca. 20 gange på ruten, således at affaldet stammede fra 124 af de 200 boliger. Tomme affaldssække blev ikke indsamlet fra sommerhusområdet.

Vognmanden, der normalt indsamlede affaldet fra forsøgsområderne, gennemførte ligeledes indsamlingen og mærkning af affaldssække/containere. Affaldet blev kørt til AFAV, hvor en sorteringsplads var indrettet.

Normalt deltog fire personer i sortering og registrering af det indsamlede affald. Først blev hver sæk vejjet, ligesom volumen af denne blev registreret. Tre personer sorterede herefter affaldet i de ønskede fraktioner/materialer, mens 1 person forestod indvejningen af det sorterede affald.

2.1.2 Sortering af grønt affald

Det grønne affald blev udsorteret i en række fraktioner, tabel 2.1. De grønne folieposer, der i de enkelte husstande blev brugt til opsamling af grønt affald, indgik i plastfoliefractionen, idet de vægtmæssigt udgjorde en så lille fraktion, at det ikke var praktisk muligt at registrere dem separat. Herved blev der indført en fejl i opgørelsen, da husstandene fik de grønne folieposer udleveret af kommunen til brug for opsamling af det grønne affald. Der blev senere rådet bod på den introducerede fejl ved at tælle de grønne "originale" poser og ande "uoriginale" poser.

Tabel 2.1

Det grønne affald blev udsorteret i 4 grønne og 4 røde fraktioner.

	Grønne fraktioner	Røde fraktioner
1	madaffald	tørt papir og pap
2	have- og blomsteraffald	plastfolie ¹
3	bleer og bind	andet plast
4	vådt papir og tissue	andet ²

1. I fraktionen af plastfolie indgår de grønne folieposer, som AFAV udleverer til de husstande, der deltager i "Det grønne affaldssystem".
2. Andet er restfraktionen, der pooles for samtlige husstande (pr. indsamlingsdag) og derefter udsorteres i materialer.

De fire førstnævnte fraktioner var ifølge sorteringsvejledningen for indsamlingssystemet defineret som grønt affald. De fire sidstnævnte fraktioner var defineret som "røde". Kattegrus blev dog registreret som "andet", selvom det ifølge sorteringsvejledningerne var "grønt" affald. Ligeledes optrådte cigaretskod, aske og lignende ofte i fraktionen "madaffald", da det af praktiske grunde ikke var muligt at foretage en opdeling af disse materialer.

Vægtbestemmelsen af de sorterede materialefraktioner baserede sig altid på vådvægten, hvilket betød, at ix tissuefraktionen inkluderede en del væde opsuget fra de andre fraktioner.

I praksis foregik sorteringen således, at de 7 sidstnævnte fraktioner blev sorteret fra affaldet, og tilbage på sorteringsbordet lå herefter fraktionen "madaffald". Som beskrevet, indeholdt fraktionen "madaffald" rester, som det ikke var muligt at skille ud i de øvrige fraktioner.

Alle fraktioner fra hver enfamiliebolig blev vejet og registreret. De udsorterede fraktioner fra flerfamilie- og sommerboliger blev vejet og registreret samlet.

Til vejning af de større fraktioner blev der anvendt en gulvvægt, der kunne måle op til 200 kg med en usikkerhed på 50 g. De mindre fraktioner blev vejet på en bordvægt, der kunne måle op til 3,6 kg med en nøjagtighed på 2 g.

Fraktionen "andet" blev samlet og sorteret op i materialer, der hver for sig blev vejet.

Der blev endvidere udtaget prøver af affaldet, som siden blev neddelt og analyseret for tungmetallerne bly og cadmium.

2.1.3 Sortering af rødt affald

Det røde affald blev udsorteret i en række fraktioner, tabel 2.2.

Tabel 2.2

Det røde affald blev udsorteret i følgende fraktioner

	Grønne fraktioner	Røde fraktioner
1	komposterbart affald ¹	plastfolie
2		andet plast
3		aviser (dagblade og ugeaviser)
4		ugeblade og tryksager
5		andet papir og pap
6		flasker og glas
7		metal og jern
8		andet brandbart
9		andet ej brandbart
10		mælkekartoner

1. Komposterbart affald i det røde affald er i princippet "fejlsorteret", men sorteringsvejledningen anviser, at hvis man er i tvivl skal affaldet anbringes i den røde sæk.
2. Mælkekartoner er kun udsorteret fra 102 husstande.

Sortering, vejning og registrering blev udført som for grønt affald.

Den "komposterbare" del af affaldet svarede til det affald, der ifølge den husstandsomdelte sorteringsvejledning var grønt affald - excl. kattegrus. Først blev de røde fraktioner sorteret fra, og det komposterbare har således været "resten", der lå tilbage.

Mælkekartoner blev kun udsorteret fra rødt affald fra 102 husstande, mens de fra de øvrige 81 husstande er registreret i fraktionen "andet brandbart".

Fraktionerne "metal og jern" og "andet brandbart" fra 102 husstande blev hver for sig poollet og sorteret ud i enkeltmaterialer.

2.2 Resultater

Fra de 183 enfamilieboliger blev der indsamlet affald tre gange - to gange grønt affald (vinter/forår + sommer) og 1 gang rødt affald (sommer). Der blev ligeledes indsamlet grønt affald fra et område med 56 lejligheder og fra et område med et ukendt antal lejligheder (indsamlet i containere) samt grønt affald fra ca. 124 sommerhuse.

I det følgende gennemgås resultaterne af sorteringen af grønt henholdsvis rødt affald fra enfamilieboligerne samt grønt affald fra flerfamilieboliger og sommerhuse.

2.2.1 Grønt affald fra enfamilieboliger, vinter/forår

I marts 1990 blev der gennemført håndsortering af grønt affald fra 183 husstande.

I tabel 2.3 er fordelingen af de 8 fraktioner opdelt på husstandsstørrelse vist. Af tabellen ses endvidere fordelingen på fraktioner for samtlige husstande i forsøgsområdet samt fordelingen på fraktioner for den del af husstandene, hvor >90 vægt% af affaldet var korrekt sorteret (er benævnt sorteret).

Endelig er fordelingen af af de 8 fraktioner vist for de husstande, hvor der blev fundet >10 vægt% rødt affald i de grønne sække (er benævnt "usorteret").

Tabel 2.3

Fordeling af grønt affald på fraktioner, marts 90, opdelt efter husstandsstørrelse.

Husstands- størrelse	Antal husstande ¹	Gennem- snitsvægt ² af affaldsæk- kene (kg)	Madaf- fald vægt%	Blomster og have- affald vægt%	Bleer og bind vægt%	Vådt papir og tissue vægt%	Papir og pap vægt%	Plast- folie vægt%	Andet plast vægt%	"An- det" ³ vægt%	Total vægt%
1	23(18)	2,83	60,8	22,7	0,1	3,2	6,7	1,0	-	5,5	100,0
2	67(63)	4,80	62,9	25,8	1,0	6,8	1,3	1,5	0,1	0,5	100,0
3	40(37)	6,51	72,2	10,4	5,4	5,6	2,9	1,4	0,4	1,8	100,1
4	43(43)	8,41	62,3	14,3	11,1	6,1	2,3	1,6	1,0	1,4	100,1
5	6(6)	7,51	67,5	0,9	25,5	4,5	-	1,2	-	0,3	99,9
6	3(3)	8,85	38,7	2,3	56,0	0,9	0,1	1,1	-	0,9	100,0
7	1(1)	2,84	74,3	2,5	0,0	-	21,6	1,5	-	0,2	100,1
Total ⁴	183 (171)	5,92 (6,34)	64,3	16,5	7,8	5,7	2,1	1,5	0,1	1,4	100,1
Sorteret ⁵	147	6,14	64,8	18,8	8,1	5,7	0,8	1,2	0,5	0,6	100,0
Usorteret ⁵	26	7,49	62,2	5,3	6,2	7,1	8,7	2,7	2,2	5,6	100,0

1. Antallet af husstande med en given størrelse i forsøgsområdet fremgår af tabellen. I parentes er der anført hvor mange husstande, der har opsamlet grønt affald i den forløbne uge.
2. For hver husstandsstørrelse er sækkevægten baseret på det samlede antal husstande indenfor hver kategori - og ikke kun på de sække med affald.
3. "Andet" er restfraktionen, der består af metaller etc.
4. Usikkerheden på tallene i "total" er ca. 9% på vægten og 9 - 24% på materialesammensætning. For de enkelte husstandsstørrelser er usikkerheden større - jvf. de mindre stikprøvestørrelser (Holst, 1989).
5. For de sorte (147) og usorte (26) sække er den gennemsnitlige sækkevægt beregnet ud fra antallet af sække i kategorien.

Af tabel 2.3 kan der aflæses nogle forhold:

- Al-Jelen af blomsteraffald falder med størrelsen af husstanden, hvilket er rimeligt, da havestørrelse og forbrug af blomster normalt er uafhængig af familiestørrelse.

- Fraktionen bleer og bind udgør en større del af den grønne fraktion jo større husstanden er, hvilket er naturligt, idet større husstande med en vis sandsynlighed har flere børn.
- Den røde fraktions andel af affaldet udgør $2,1 + 1,5 + 0,1 + 1,4 = 5,1\%$ (vægt) af det indsamlede grønne affald. Heraf er ca. 1% (vægt) plastposer til emballering af det grønne affald.

For 147 af de 171 sæk'ne med affald blev det undersøgt, hvor mange grønne affaldsposer, der var anvendt. Der blev fundet ialt 360 grønne poser samt 82 "uoriginale" poser, dvs. bæreposer og andre typer affaldsposer. 19% af de anvendte poser var således "uoriginale".

116 husstande brugte kun de grønne plastposer, og 8 husstande emballerede slet ikke affaldet. 15 husstande brugte kun uoriginale poser, mens 8 husstande brugte begge typer. Det anbefales borgerne i Frederikssund kommune at skaffe disse poser, og anvende dem til emballering af det grønne affald.

Ikke overraskende var der en tendens til, at de husstande, der brugte de uoriginale poser, også var dem, der præsterede den dårligste sortering.

Antallet af fraktioner, som det grønne affald blev udsorteret i, viste sig at være praktisk håndterligt, hvorfor den oprindelige opdeling bliver bibeholdt i de efterfølgende sorteringer.

2.2.2 Grønt affald fra enfamilieboliger, sommer

I juni 1990 blev gennemført sortering af det grønne affald fra de samme 183 husstande som beskrevet i afsnit 2.2.1.

I tabel 2.4 er fordelingen af de 8 fraktioner fordelt på husstandsstørrelsen vist. Ligeledes ses af tabellen dels fordelingen på fraktionerne for samtlige husstande i forsøgsområdet, dels fordelingen på fraktioner for den del af husstandene, hvor >90% af affaldet var korrekt sorteret ("sorteret") og for husstande, hvor >10% af affaldet var fejlsorteret ("usorteret").

Tabel 2.4

Fordeling af grønt affald på fraktioner, juni 90, opdelt efter husstandsstørrelse.

Husstands- størrelse	Antal husstande ¹	Gennem- snitsvægt ² af affaldsæk- kene (kg)	Madaf- fald vægt%	Blomster og have- affald vægt%	Bleer og bind vægt%	Våd papir og tissue vægt%	Papir og pap vægt%	Plast- folie vægt%	Andet plast vægt%	"An- det" ³ vægt%	Total vægt%
1	23(19)	4,33	49,3	47,9	0,1	1,3	0,8	0,5	0,0	0,2	100,1
2	67(63)	5,43	49,4	35,4	1,7	4,1	1,7	1,6	0,2	5,9	100,0
3	40(33)	6,54	54,5	21,5	10,2	5,7	4,1	2,3	0,5	1,1	99,9
4	43(42)	7,03	64,8	12,2	10,4	4,8	2,7	2,1	0,3	2,6	99,9
5	6(5)	4,68	67,1	3,3	20,5	2,8	2,5	1,3	0,0	2,5	100,0
6	3(3)	7,65	42,7	0,0	47,6	3,1	0,4	2,0	0,3	3,9	100,0
7	1(1)	3,27	65,6	0,0	0,0	22,1	0,2	8,1	0,3	3,5	99,9
Total ⁴	183 (166)	5,98 (6,60)	55,3	25,0	7,5	4,5	2,5	1,8	0,3	3,1	100,0
Sorteret ⁵	131	6,94	55,1	29,7	8,3	4,2	0,8	1,3	0,1	0,4	99,9
Usorteret ⁵	35	5,96	55,9	5,2	4,2	5,5	9,7	3,9	1,1	14,3	99,8

1. Antallet af husstande med en given størrelse i forsøgsområdet fremgår af tabellen. I parentes er anført hvor mange husstande, der har opsamlet grønt affald i den forløbne uge.
2. For hver husstandsstørrelse er sækkevægten baseret på det samlede antal husstande indenfor hver kategori - og ikke kun på de sække med affald.
3. "Andet" er restfraktionen, der består af metaller etc.
4. Usikkerheden på tallene i "total" er ca. 9% på vægten og 9 - 24% på materialesammensætning. For de enkelte husstandsstørrelser er usikkerheden større - jvf. de mindre stikprøvestørrelser (Holst, 1989).
5. For de sorterede (131) og usorterede (35) sække er den gennemsnitlige sækkevægt beregnet ud fra antallet af sække i kategorien.

Af tabel 2.4 kan der ses følgende:

- Have- og blomsteraffaldsdelen falder med størrelsen af husstanden, hvilket er rimeligt, da havestørrelse og forbrug af blomster er uafhængig af familiestørrelse.
- Fraktionen bleer og bind udgør en større del af den grønne fraktion jo større husstanden er, hvilket er naturligt, idet større husstande med en vis sandsynlighed er større pga. flere børn.
- Andelen af rødt affald udgør ca. 2,5% + 1,8% + 0,3% + 3,1%, hvilket er ca. 7,7%.
- 5,9% "andet" i husstandsstørrelse 2 skyldes en enkelt husstand. Denne er ikke nærmere beskrevet.

Andelen af have- og blomsteraffald er faldende med voksende husstandsstørrelse, hvilket stemmer overens med resultatet fra vinterundersøgelsen (se tabel 2.3).

Andelen af rødt affald er ca. 3% større i denne sommerundersøgelse end i den tilsvarende undersøgelse om vinteren/foråret.

For de 166 husstande, hvor der var indsamlet affald, blev der talt op, hvor mange og hvilke typer poser affaldet blev opsamlet i.

Der blev ialt registreret 313 grønne affaldsposer og 185 "uoriginale" poser. Af de "uoriginale" poser var der 139 andre affaldsposer samt 46 bæreposer m.m. Ialt udgjorde de "uoriginale" poser 37% af poserne.

83 husstande brugte kun de grønne affaldsposer. 17 husstande emballerede slet ikke affaldet. 40 husstande brugte kun uoriginale poser, mens de resterende 26 husstande brugte både grønne og uoriginale poser.

I forhold til vinterundersøgelsen er en større del af de anvendte plastposer "uoriginale". Denne tendens går igen i andelen af "rødt" affald i de "grønne" sække.

2.2.3 Rødt affald fra enfamilieboliger, sommer

Der blev gennemført sortering af rødt affald indsamlet fra 183 husstande. Indsamlingen blev foretaget i 2 omgange.

I tabel 2.5 er resultaterne fra sorteringen af de røde affaldssække samlet. Af tabellen fremgår fordelingen af de 11 fraktioner, som affaldet blev sorteret ud i. Af tabellen fremgår, hvilken sammensætning, der findes i området opdelt efter husstandsstørrelse, og fordelingen for samtlige husstande, samt den del af husstandene, hvor <20% af affaldet er grønt affald (korrekt "sorteret") og for husstande, hvor >20% af affaldet er grønt affald ("usorteret").

Tabel 2.5

Fordeling af rødt affald på fraktioner, juni 90, opdelt efter husstandsstørrelse.

Husstandsstørrelse	Antal husstande ¹	Sækkevægt ² kg	Komposterbart vægt%	Plastfolie vægt%	Andet plast vægt%	Aviser og papir vægt%	Tryksager vægt%	Andet pap og papir vægt%	Flasker og glas vægt%	Metal og jern vægt%	Mælkekartoner ³ vægt%	Andet brændbart vægt%	Andet ej brændbart vægt%
1	23(21)	2,52	35,2	5,8	7,2	6,3	2,0	10,0	5,4	4,8	1,8	21,2	0,2
2	67(65)	3,71	26,0	7,4	7,8	3,7	3,9	15,5	7,5	7,0	3,6	11,9	5,6
3	40(39)	5,69	33,9	7,3	6,8	5,8	1,6	11,4	5,3	7,0	2,6	13,5	4,7
4	43(42)	5,26	30,0	7,0	8,8	1,1	0,5	12,5	6,1	8,3	5,4	13,5	6,0
5	6(5)	3,16	31,1	9,9	10,4	0,3	0,4	10,4	5,8	7,1	4,6	19,7	0,2
6	3(3)	5,22	57,9	3	3,0	0,7	0,3	5,1	2,8	3,5	1,7	16,7	1,4
7	1(1)	7,17	6,7	18,0	3,7	0,6	7,4	33,7	4,4	25,4	0,0	0,0	0,0
Total	183 (176)	4,33	30,6	7,5	7,7	3,8	2,1	12,9	6,2	7,3	3,6	13,6	4,8
Sorteret ⁴	89	3,30	8,8	8,4	9,0	5,4	3,1	18,5	7,4	9,3	4,3	18,2	7,0
Usorteret ⁴	97	4,17	42,8	7,0	7,0	2,8	1,5	9,7	5,5	3,2	3,2	11,0	3,3

1. Antallet af husstande med en given størrelse i forsøgsområdet fremgår af tabellen. I parentes er anført hvor mange husstande, der har opsamlet rødt affald i den forløbne uge.
2. For hver husstandsstørrelse er sækkevægten baseret på det samlede antal husstande indenfor hver kategori - og ikke kun på de sække med affald.
3. Der er kun sorteret mælkekartoner fra 102 af de 183 husstande. For de resterende 81 husstande er mælkekartonerne henregnet til fraktionen "andet brændbart". Den samlede andel af mælkekartoner er derfor snarere $\frac{183 \times 3,6\%}{102} = 6,5\%$
4. De sidste 2 rækker i tabellen angiver sammensætningen i de sække, der var korrekt sorteret, og de der var forkert sorteede. Korrekt sorteede sække indeholdt <20 vægt% grønt affald.

Det komposterbare affald ses at udgøre 31% af det røde affald, hvilket er udtryk for en manglende interesse for at frasortere grønt affald fra rødt affald; det er dog ikke forkert i den forstand, idet affald skal placeres i den røde sæk, hvis man er usikker på, hvor det hører til.

Der ses at være en meget større andel "usorterede" sække blandt de røde sække end blandt grønne - jf. tabel 2.3 og 2.4.

Tabel 2.6 og 2.7 viser sammensætningen af de 3 fraktioner "metal og jern" og "andet brandbart" fra den sidste af de 2 gennemførte affaldssorteringer på rødt affald. Denne del omfattede 102 af de 183 husstande.

Tabel 2.6

Mængde og sammensætning af fraktionen "metal og jern" fra 1 uges rødt affald, 102 enfamilieboliger, juni 1990.

Fraktion	Vægt (kg)	Fordeling (%)
Aluminium, fyrfadslys	0,292	1,6
Vinsvøb, incl. bly	0,117	0,63
Folieposer (kaffe mv.)	0,90	4,9
Låg (fra glas og flasker)	0,371	2,0
Dåser uden lodning ¹	0,238	1,3
Dåser med lodning ¹	1,55	8,4
Alufolie, bakker mv.	4,40	24
Smørpapir (folie m. plast)	0,35	1,9
Kedel, kagedåser	0,60	3,3
Dåser (alu, drikkevarer)	0,50	2,7
Alufolie (ispapir, dåser m. pap)	0,50	2,7
Alufolie, voksbelagt (ost o. lign.)	0,547	3,0
Farvet alufolie, snacks mv. (restfraktion)	0,3	1,6
Kapsler	2,95	16
Mayonaisetuber mv.	0,475	2,6
Restfraktion (kæde, vinduesvisker, lommelygte, lamper mv.)	3,4	18
Spraydåser	0,95	5,2
Total	18,44	99,8

1. Opdeling af dåser i fraktionerne "dåser uden lodning" og "dåser med lodning" er usikker. Ifølge Mazzone (PLM Hastrup, personlig kommunikation, august 1991), er det svært at skelne mellem loddede og svejsede dåser.

Tabel 2.7

Mængde og sammensætning af fraktionen "andet brandbart" fra 1 uges rødt affald, 102 enfamilieboliger, juni 1990.

Fraktion	Vægt (kg)	Fordeling (%)
Tekstil	13,25	40
Brandbart (plastbelagt papir, emballage, plast/papir)	4,95	15
Træ	3,95	12
Gummi + læder (primært sko)	8,20	24
Stearinlys	0,473	1,4
Korkpropper	0,728	2,2
Gavebånd, hår, rebstumper mv.	0,60	1,8
Grillkul, støvsugerposer mv.	1,35	4,0
Total	33,5	100,4

2.2.4 Sammenstilling af resultater fra enfamilieboliger

Det er ikke umiddelbart muligt at sammenligne resultater fra affaldssorteringen af grønne og røde affaldssække, da indholdet principielt skal modsvare hinanden. Dvs. indholdet af affald i en grøn og en rød sæk fra én uge fra samme husstand svarer til indholdet i en usorteret sæk fra én uge.

I tabel 2.8 er oplysninger om antallet af tomme søkke, korrekt sorterede og usorterede søkke sammenholdt. Endelig er det opgjort, hvor stor en andel de usorterede søkke udgør af de benyttede søkke.

Tabel 2.8

Oversigt over tomme, korrekt sorterede og usorterede søkke for henholdsvis grønt vinter/forårs og sommer affald samt rødt sommer affald.

Husstands- størrelse	Husstands- fordeling	Antal tomme sække			Korrekt sorterede sække			Usorterede sække ²			% Usorterede søkke af de benyttede		
		A ¹	B ¹	C ¹	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	23	5	4	2	15	16	10	3	3	11	17	16	52
2	67	4	4	2	56	55	33	7	8	32	11	13	49
3	40	3	7	1	29	23	13	8	10	26	22	30	66
4	43	0	1	1	36	31	20	7	11	18	16	26	47
5	6	0	1	1	6	4	2	0	1	3	0	22	60
6	3	0	0	0	3	2	0	0	1	6	0	33	100
7	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	100	100	0
Total	183	12	17	7	145	131	79	26	35	97	15	21	55

1. Betegnelserne A B og C henviser til om analyserne stammer fra grønt affald vinter/forår (A), grønt affald sommer (B) eller rødt affald (C).
2. En grøn sæk betragtes som usorteret, hvis >10% af affaldet er "rødt affald", og en rød sæk betragtes som usorteret, hvis >20% af affaldet er "grønt" affald.

Der er ingen umiddelbar forklaring på, hvorfor andelen af rødt affald i grønt affald er større i sommerundersøgelsen.

En mulig forklaring kan måske findes i, at indholdet i affaldssækkene i juni-undersøgelsen bar mere præg af fester o.lign. Dette kan betyde, at man i en periode har været mindre omhyggelig med sorteringen (pinse, grill-rester).

Mere end halvdelen af de røde sække havde over 20% grønt affald. Det er ikke overraskende, at der findes væsentlige dele grønt affald i de røde sække. Informationsmaterialet opfordrer borgerne hertil, hvis de er i tvivl om placeringen. De ovenfor nævnte sommerfester kan også have betydning for andelen af grønt affald i de røde sække. Totalt var 31% af indholdet i de røde sække, grønt affald.

Det fremgår af tabel 2.8, at en relativ stor del af indholdet i de undersøgte sække var fejlsorteret. Vurderingskriterierne for om henholdsvis grønne og røde sække er korrekt sorteret er forskellige. Grønne sække, der indeholder >10% rødt affald, defineres som "usorteret". Røde sække, der indeholder 20% grønt affald defineres som "usorteret". Henholdsvis 15% og 21% af de grønne sække var usorterede efter denne definition.

Andelen af fejlplaceret rødt affald i de grønne sække udgjorde henholdsvis 5,1% og 7,7% af den totale mængde affald (heraf er ca. 1% plastposer til emballering af det grønne affald).

Affaldsmængden pr. husstand pr. uge fordelt på husstandsstørrelser er vist i tabel 2.9.

Tabel 2.9

Affaldsmængde pr. husstand pr. uge fordelt på husstandsstørrelse.

Husstandsstørrelse	Antal husstande	Grønt affald vinter/forår kg/husst./uge	Grønt affald sommer kg/husst./uge	Rødt affald sommer kg/husst./uge
1	23	2,83	4,33	2,52
2	67	4,80	5,43	3,71
3	40	6,51	6,54	5,69
4	43	8,41	7,03	5,26
5	6	7,51	4,68	3,16
6	3	8,85	7,65	5,22
7	1	2,84	3,27	7,17
Gennemsnit	2,86	5,92	5,98	4,33

Gennemsnitsvægten for grønt affald er tilsyneladende den samme sommer og vinter. Andelen af grønt affald er væsentlig større end rødt affald (specielt når det tages i betragtning, at der er 30% fejlplaceret grønt affald i den røde sæk).

Forskellen mellem mængden af grønt og rødt affald kan sandsynligvis tilskrives, at Frederikssund kommune gennem information anbefaler bor-

gerne at lægge haveaffald i sækken til grønt affald. Haveaffald udgør 17 - 25% af det grønne affald.

Gennemsnithusstandsstørrelsen (2,8) svarer til den, der var i det oprindelige forsøgsområde (2,9).

Sammenlagt udgør grønt og rødt affald ca. 10 kg pr. uge. Dette er noget under de ca. 12 kg (5,7 kg grønt/husstand/uge + 5,9 kg rødt/husstand/uge), der blev registreret under forsøgsperioden i 1987 (Hirsbak *et al.*, 1990).

2.2.5 Grønt affald fra flerfamilieboliger, sommer

Affald fra flerfamilieboliger kan ikke deles op på den enkelte husstand, da affaldet opsamles i fælles containere o.lign.

Der blev oprindeligt udvalgt et område med etageboliger i Helsingekom-mune, men pga. problemer omkring indsamlingen blev der kun samlet et mindre antal containere tilfældigt i bebyggelsen. Derfor blev der hurtigt etableret indsamling af affald fra 56 flerfamilieboliger i Frederikssund. (Den korte frist med hensyn til etableringen af indsamlingen betød, at affaldet kun kunne deles i 4 grupper, hver omfattende 14 lejligheder.)

Affaldet blev indsamlet fra et forsøgsområde i Frederikssund, hvor beboerne benyttede skakten til bortskaffelse af det grønne affald. Rødt affald skulle derimod bæres ned til containere opstillet i terrænplan. Dette system er siden blevet droppet, fordi fejlsorteringen i det grønne affald var alt for stor, hvilket også vil fremgå af de resultater, der efterfølgende præsenteres for sorteringen af affaldet.

Affaldet fra etageboligerne er opdelt i de samme 8 fraktioner som beskrevet i 2.1.2. Resultatet af sorteringen fremgår af tabel 2.10.

Tabel 2.10

Fordeling af grønt affald indsamlet fra flerfamilieboliger, juni 90.

Flerfamilieboliger	Antal husstande	Gennemsnitsvægt af affaldssækkene (kg)	Madaffald vægt%	Blomster og haveaffald vægt%	Bleer og bind vægt%	Våd papir og tissue vægt%	Papir og pap vægt%	Plastfolie vægt%	Andet plast vægt%	"Andet" vægt%
Frederikssund	56	-	57	2,9	11	4,1	12	3,1	1,0	8,1
Helsinge	-	-	62	6,1	15	2,4	3,5	2,6	0,5	7,1

Andelen af rødt affald fra de 2 indsamlinger udgør således:

Frederikssund: 24,2%

Helsinge: 13,7%

Disse sorteringsresultater har været medvirkende til at ændre opsamlings-systemet for grønt affald i Frederikssund. Her benyttes affaldsskakten nu til rødt affald, mens det grønne affald bæres ned til containere opstillet i terrænplan.

2.2.6 Grønt affald fra sommerhuse, sommer

Det har ikke været muligt at sammenholde det indsamlede affald fra sommerboligerne med "husstandsstørrelsen" i den enkelte bolig, da man selv-sagt ikke kender antallet af beboere pr. husstand. Eftersom de største af-

faldsmængder genereres i ferieperioder med ofte vekslende husstand, er denne sammenligning ikke aktuell som genereringsfaktor.

Der blev sorteret affald fra 104 sække med 1 uge gammelt grønt affald. Indsamlingsområdet er en sommerhusbebyggelse i Jægerspris kommune, hvor det grønne affaldssystem har været etableret siden sommeren 1988.

De 104 indsamlede sække repræsenterer affald fra skønsmæssigt 20 boliger ud over de 104. Dette skyldes som tidligere anført, at affald i forbindelse med indsamlingen er omhældt, således at 1 sæks indhold i flere tilfælde stammer fra flere boliger.

Affaldet fra sommerboligerne er opdelt i de samme 8 fraktioner som beskrevet i 2.1.2. Resultatet af sorteringen fremgår af tabel 2.11.

Tabel 2.11

Fordeling af grønt affald indsamlet fra sommerboliger, juni 90.

Sommerhuse	Antal husstande	Gennemsnitsvægt af affaldsække (kg)	Madaffald	Blomster og haveaffald	Bleer og bind	Våd papir og tissues	Papir og pap	Plastfolie	Andet plastr	"Andet"
Fordeling (kg)	104	3,6	224,8	53,2	17,9	30,1	16,5	8,5	2,5	22,0
Fordeling (vægt%)	-	-	60	14	4,8	8,0	4,4	2,3	0,7	5,9

Den gennemsnitlige sækkevægt er 3,6 kg pr. bolig for 1 uges grønt affald.

19 af de indsamlede sække indeholdt mere end 10% rødt affald, hvilket ifølge den definition, der er valgt for affald for enfamilieboliger gør disse usorterede. Til gengæld er indholdet i 52 af de indsamlede sække helt korrekt sorteret (< 1% rødt affald). Der synes at være en større andel helt korrekt sorterede sække blandt sommerboliger end i enfamilieboliger. Til gengæld er der blandt de, der ikke sorterer korrekt, flere, der tilsyneladende slet ikke sorterer. Dette resulterer i, at der er fundet 13,3% rødt affald i det grønne affald fra sommerboliger.

2.2.7 Fejllacerede fraktioner i grønt affald

Fraktionen "andet" blev poollet for indsamlingen i marts henholdsvis juni, hvorefter den blev udsorteret i de forekommende fraktioner. Sammensætning og fordeling ses i tabel 2.12.

Som det fremgår af tabel 2.12 var opdelingen af fraktionen "andet" på fraktioner ikke konsistent, hvilket skyldes, at sorteringen ikke foregik efter forud fastsatte fraktioner. Det giver primært problemer ved sammenligning af metalfraktionerne fra de forskellige områder og perioder.

Der er udsorteret omtrent den samme mængde "andet" fra enfamilieboliger henholdsvis i marts og i juni (ca. 15 og 14 kg, herudover er der registreret 16,5 kg "andet" fra én husstand, som ikke indgår i opgørelsen i tabel 2.12).

De forskellige metalaffaldsfraktioner ses at udgøre ca. 9% og ca. 17% af fraktionen andet fra enfamilieboliger i henholdsvis marts og juni, og heraf udgør konserverdåser henholdsvis 5,3% og 7,3%.

Kattegrus udgør 13% af "andet" fra enfamilieboliger i marts måned.

Tekstiler og mælkekartoner udgør mængdemæssigt en væsentlig andel af fraktionen "andet" fra alle boligtyperne, men pga. formodet lavt tungmetallindhold er fraktionerne af mindre betydning i forhold til det totale tungmetallindhold i affaldet.

I fraktionen "andet" fra flerfamilieboliger ses metal/jern, gummi og læder samt glas at være de mængdemæssigt væsentlige fraktioner.

Fraktionen "andet" fra sommerhuse er domineret mængdemæssigt af to store fraktioner tekstiler samt støvsuger- og askeposer, heraf formodes støvsuger- og askeposer at være en væsentlig tungmetalkilde til forurening af affaldet.

Tabel 2.12

Fordeling af fraktionen "andet" fra 183 enheder grønt affald indsamlet fra enfamilieboliger henholdsvis i marts og juni 1990 samt fra flerfamilieboliger og sommerhuse i juni 1990.

Fraktioner	Marts 1990		Juni 1990		Flerfamilieboliger, juni		Sommerhuse, juni	
	Vægt (kg)	Fordeling (%)	Vægt (kg)	Fordeling (%)	Vægt (kg)	Fordeling (%)	Vægt (kg)	Fordeling (%)
Konservedåser	0,81	5,3	0,99 ²	7,3	-	-	0,40	2,6
Batterier	0,20	1,3	-	-	-	-	-	-
Blysvøb	0,003	0,02	0,004	0,03	-	-	-	-
Støvsuger- og askeposer	2,8	18	-	-	-	-	6,7	43
Glødelamper	-	-	-	-	-	-	-	-
Metal/jern	-	-	1,2 ¹	8,7	4,35	23	-	-
Andet metalfald	0,57	3,7	0,15 ²	1,1	-	-	0,20	1,3
Kapsler	-	-	-	-	-	-	0,21	1,3
Maling	-	-	0,116	0,85	-	-	-	-
Gummi og læder	0,27	1,8	-	-	3,05	16	0,95	6,1
Andet plast	-	-	0,018	0,13	-	-	-	-
Alu-folie og spray	11	7,3	0,78	5,7	-	-	0,50	3,2
Tekstil	1,9	13	3,4	25	6,45	34	4,5	29
Glas	1,3	8,5	1,6	12	2,75	14	-	-
Stearin	0,25	1,6	0,26	1,9	0,047	0,25	0,067	0,43
Korkpropper	0,31	2,0	0,24	1,8	0,049	0,26	0,019	0,12
Træ	0,57	3,7	0,66	4,9	0,379	2,0	0,30	1,9
Savsmuld	-	-	0,57	4,2	-	-	-	-
Brandbart	0,077 ³	0,50	-	-	-	-	0,35	2,2
Ej brandbart	1,3 ⁴	8,6	0,009	0,07	-	-	-	-
Mælkekartoner	1,9	12	3,5	26	1,90	10	1,3	8,4
Kattegrus	1,9	13	-	-	-	-	0,12	0,75
Ialt	15,38	100,3	13,63 ⁵	99,65	18,975	99,51	15,56	100,3

1. 7. - 8. juni 1990.

2. 21. - 22. juni 1990.

3. Hår, tråde o.lign.

4. Sand mv.

5. Fra en enkelt husstand (størrelse 2) blev der registreret 16,5 kg "andet" affald. Denne observation indgår ikke i denne opgørelse, men er indeholdt i tabel 2.2.

3. Affaldsanalyser

3.1 Prøveudtagning

Prøveudtagningsstrategi

Prøver af affaldsfraktioner til tungmetalanalyser blev udtaget i tre serier. I 1. prøveserie blev det valgt udelukkende at analysere på de komposterbare affaldsfraktioner for at få et overblik over tungmetalniveauerne i det grønne affald. 2. prøveserie bestod ligeledes af analyser på de komposterbare affaldsfraktioner. Resultaterne af affaldssorteringen, herunder opgørelsen over indholdet af rødt/fejlplaceret affald fra 1. sorteringsrunde, medvirkede således til udvælgelsen af affaldsfraktioner til tungmetalanalyser i 3. prøveserie. I bilag 1.1, 1.2 og 1.3 vises en oversigt over prøver, prøvenumre, datoer for prøveudtagning og prøvestørrelse samt affaldstype for henholdsvis 1., 2. og 3. prøveserie.

Prøveudtagningen foregik efter, at sorteringen og vejningen var afsluttet. Madaffaldet blev vejnet i den tilhørende affaldssæk, og derefter lagt til side på sækken. Blomster- og haveaffald, vådt papir og tissues samt bleer og bind fra samtlige udsorterede sække blev samlet i nye affaldssække.

Stikprøver

Madaffald fra 4 - 5 husstande blev samlet og blandet, hvorefter der blev udtaget stikprøver til analyse. En opsamlingssek med vådt papir og tissues blev hældt ud på et underlag af plastfolie eller affaldssække, hvor det blev blandet, og prøver til analyse blev udtaget heraf. En opsamlingssek med bleer og bind blev hældt ud på et underlag af plastfolie eller affaldssække, og prøver til analyse blev udtaget uden forudgående blanding. Opsamlingssekke med haveaffald blev hjemtaget og kværnet inden udtagning af prøver til analyse. I bilag 1.1 og 1.2 er prøveudtagningsproceduren anvendt til de forskellige grønne fraktioner beskrevet i detaljer.

Prøveudtagningen af de røde fraktioner varierede alt efter fraktionernes karakter. I bilag 1.3 er prøveudtagningsproceduren anvendt til de forskellige røde fraktioner beskrevet i detaljer.

3.2 Prøveopberedning

De udvalgte affaldsfraktioner var af meget forskellig karakter, hvilket betød, at prøveopberedningen var forskellig for de forskellige prøver. Det blev såvidt muligt forsøgt at følge de samme procedurer for de samme typer af prøver, men der forekom variationer i anvendelsen af neddelingsudstyr.

3.2.1 Grønne affaldsfraktioner

1. Prøveserie

For madaffald samt vådt papir og tissues blev 2 delprøver samlet til en prøve og mærket med nummer, således at prøvemængden blev tilstrækkelig til den videre forarbejdning. En delprøve udgjorde ca. 2 liter affald, men p.g.a. affaldsfraktionernes forskellige struktur og vandindhold vejede delprøverne af madaffald ca. 2 kg, mens delprøverne af vådt papir og tissues vejede 0,5 - 0,9 kg.

For blomster- og haveaffald blev den hjemtagne prøve (½ - 1 sæk (110 l)) opdelt i to prøver og neddelt.

Neddeling af prøver

De udtagne prøver blev neddelt i to trin. Den *primære neddeling* blev foretaget ved hjælp af en kompostkværn. Det neddelte affald blev tørret i portioner á 200 - 400 g i aluminiumsbakker ved 105°C i 1 - 2 døgn med henblik på tørstofbestemmelse. Der blev gennemført dobbeltbestemmelse af tørstofindholdet. På grund af prøvernes meget store vandindhold og en deraf følgende sammenkitning af prøverne under tørringen var det ikke muligt at tørre alle prøverne til konstant vægt efter den primære neddeling. Der blev derfor lavet endnu en tørstofbestemmelse på prøverne efter den sekundære neddeling. Den *sekundære neddeling* på den samlede prøve blev foretaget ved hjælp af en knivmølle med en ca. 1,5 mm sold.

For bleer og bind blev 2 delprøver af 2 liter samlet til en prøve. Idet bleer og bind består af et fyldstof af cellulosefibre og en ydre belægning af plast, var det ikke muligt at lave en tilfredsstillende neddeling af denne fraktion. Plastmaterialet vikled sig om knivene, hvorved der skete en opdeling af prøven i fyldstof og plast. Denne opdeling blev bibeholdt i resten af neddelingsproceduren.

2. Prøveserie

Neddelingen af prøverne forløb på samme måde som beskrevet under 1. prøveserie. Der blev dog af praktiske årsager anvendt en anden type kompostkværn, et andet tørreskab og en anden knivmølle (samme princip som ovennævnte) med en ca. 3 mm sold.

Den nye procedure ændrede således ikke væsentligt på karakteren af prøverne, der blev leveret til laboratoriet.

Det neddelte affald blev tørret i portioner á 200 - 300 g (blomster- og haveaffald), 700 - 1.000 g (mådaffald) og 400 - 650 g (vådt papir og tisesues) i aluminiumsbakker ved 105°C i 1 - 2 døgn med henblik på tørstofbestemmelse. Der blev gennemført dobbeltbestemmelse på tørstofindholdet.

3.2.2 Røde affaldsfraktioner

De røde affaldsfraktioner (3. prøveserie) blev behandlet på forskellige måder afhængig af karakteren af de enkelte prøver. De fleste af prøverne blev tørret 1 - 2 dage ved 105°C imellem første og anden neddeling.

Støvsugerposer

Indholdet af støvsugerposerne (160 - 360 g) blev delt ud i 2 aluminiumsbakker og tørret. Indholdet blev derefter neddelt i en knivmølle (som anvendt til 2. prøveserie).

Plastfolie og hård plast

Der blev udtaget 2 prøver af plastfolie (60 - 100 g) af hver samleprøve (½ - 1 sæk) til neddeling. Der blev foretaget en grov neddeling med saks, hvorefter prøverne blev tørret. De tørrede prøver blev neddelt yderligere med saks til ca. 1 × 1 cm. De dominerende farver blev noteret.

På grund af problemer med fremstilling af homogene prøver af hård plast til analyse blev det besluttet at sammensætte prøver af karakteristiske produkttyper. De udvalgte fraktioner var plastflasker, mademballage, flamin-go og blandet plast. Fraktionerne blev neddelt med saks, hvorefter de blev tørret (50 - 150 g). Efter tørringen blev de neddelt yderligere med saks til ca. 1 × 1 cm.

Papirfraktioner

Den primære neddeling af papir og pap, mælkekartoner og pulpbakker blev foretaget ved hjælp af kompostkværn. Det neddelte affald blev tørret

i portioner af ca. 100 g. Der blev gennemført dobbeltbestemmelse af tørstofindholdet. Den sekundære neddeling af den samlede prøve blev foretaget ved hjælp af en knivmølle med en ca. 3 mm sold.

Aviser samt reklamer og ugeblade blev neddelt ved hjælp af en makulator, hvorefter portioner á 40 - 60 g blev tørret.

Diverse plast- og alufolier

Den primære neddeling af diverse plast- og alufolier blev foretaget ved hjælp af saks, hvorefter de neddelte prøver blev tørret i portioner á 70 - 100 g (enkeltbestemmelse). Efter tørringen blev prøverne neddelt yderligere med saks og bidetang til ca. 1 × 1 cm.

Diverse metalfraktioner

De forskellige metalfraktioner blev neddelt med diverse bidetænger til ca. 1 × 1 cm. Ølkapsler blev fx delt i 4 dele. De neddelte prøver blev herefter tørret i portioner á 50 - 600 g (enkeltbestemmelse).

Korkpropper

Den primære neddeling af korkpropper blev foretaget ved hjælp af en kniv ved deling til 4 dele. De blev herefter tørret i portioner á henholdsvis 70 og 80 g (enkeltbestemmelse pga. den ringe mængde materiale). Den sekundære neddeling af den samlede prøve blev foretaget ved hjælp af en knivmølle med en ca. 3 mm sold.

Kattegrus

Der blev ikke foretaget nogen neddeling af kattegrus, som blev tørret i portioner á 250 - 600 g.

Cigaretskod

Cigaretskod blev tørret i portioner á henholdsvis 30 og 70 g (enkeltbestemmelse pga. den ringe mængde materiale). Den sekundære neddeling af den samlede prøve blev foretaget ved hjælp af en knivmølle med en ca. 3 mm sold.

Grillkul

Grillkul blev tørret.

Malingrester

Malingrester i flager på 1 - 2 cm × 1 - 2 cm blev tørret.

Porcelæn, stentøj og glas

Porcelæn, stentøj og glas blev knust i en hammermølle, hvorefter prøverne blev tørret i portioner á 400 - 1.200 g (enkeltbestemmelse).

3.3 Analysemetoder

Den i nærværende projekt anvendte analysemetode mv. er beskrevet detaljeret i bilag 2.

DTI-analysemetode

Den anvendte analysemetode tager ca. 10 g prøve i anvendelse, og oplukningen foregår ved kogning med 50 + y × 10 ml koncentreret salpetersyre *indtil* ophør af udvikling af nitrose gasser, hvorefter prøven koges med saltsyre og endelig hydrogenperoxid. Den her anvendte metode er den samme, som blev anvendt på den del af kompostprøverne udtaget på AFAV i forbindelse med forsøget "Det grønne affaldssystem", der blev analyseret af Teknologisk Institut (nu Dansk Teknologisk Institut) (Hirsbak *et al.*, 1990). Der blev dog taget 50 g våd kompost i anvendelse ved oplukning.

DFH-analysemetode

Under det igangværende forsøg med kompostering af kildesepareret grønt husholdningsaffald i "De grønne huse" foretages tungmetalanalyserne af

Danmarks Farmaceutiske højskole. Den anvendte analysemetode tager ca. 10 g prøve i anvendelse, og oplukningen foregår ved kogning med 100 ml koncentreret salpetersyre i 5 timer (Birger Lund A/S, 1991).

MLK- og Steins-analysemetode

I forbindelse med forsøget "Det grønne affaldssystem" i Høng blev tungmetalanalyserne udført af henholdsvis Miljø- og levnedsmiddelkontrollen i Slagelse og af Steins Laboratorium (Reeh & Jensen, 1990). Begge laboratorier anvendte DS 259 (Dansk Standard, 1982). Metoden omhandler bl.a. bestemmelse af syreopløselige metaller i slam og sediment. Metoden tager max. 1 g prøve (10 - 20 g (Nielsen, 1989)) i anvendelse, og oplukningen foregår med 20 ml koncentreret salpetersyre i autoklave ved 200 kPa (120°C) i 30 minutter.

"Slambekendtgørelsen"

Tungmetalanalyser på kompost gennemføres efter krav i "Slambekendtgørelsen" (Miljøministeriet, 1989) Bekendtgørelsen anviser, at analyse af tungmetaller skal foretages efter oplukning med stærk syre og kvantitativ bestemmelse v.h.a. atomabsorbtionsspektrometri. Der eksisterer således ikke en standard for tungmetalanalyser på kompostprodukter, hvilket betyder, at resultaterne ikke er direkte sammenlignelige.

3.4 Resultater

Resultatbehandling

Analyseresultaterne for de grønne og røde affaldsfraktioner er sammenfattet herunder, mens analyseresultaterne i sin helhed samt den procentiske relative standardafvigelse (%RSD) udfra dobbeltbestemmelser er gengivet i bilag 3 sammen med resultaterne af tørstofbestemmelserne. I de efterfølgende tabeller er middelværdi, standardafvigelse og interval angivet i de tilfælde, hvor der er gennemført flere analyser af de samme affaldsfraktioner fra de samme indsamlingsperioder. I kommentarerne er gennemsnitsindholdene (middelværdierne) for de forskellige indsamlingsperioder trukket frem.

3.4.1 Grønne affaldsfraktioner

I tabel 3.1 er indholdet af bly og cadmium i de grønne affaldsfraktioner indsamlet i marts og juni fra enfamilieboliger samt flerfamilieboliger vist.

Tabel 3.1

Indhold af bly og cadmium i de grønne affaldsfraktioner fra enfamilie- og flerfamilieboliger.

Affaldsfraktion	n	cadmium (mg/kg (TS))			bly (mg/kg (TS))			
		middel-værdi	standardaf-vigelse	interval	middel-værdi	stan-dardaf-vigelse	interval	
Madaffald,	marts	6	0,12	0,031	0,073 - 0,16	1,6	0,24	1,3 - 2,0
	juni	6	0,093	0,059	0,054 - 0,21	0,70	0,43	<0,4 - 1,1
	flerfamilie	4	0,057	0,010	0,045 - 0,067	0,98	0,65	0,41 - 1,8
Blomster og haveaff.,	marts	6	0,23	0,097	0,14 - 0,37	9,0	2,9	6,2 - 12,6
	juni	4	1,1	1,6	0,27 - 3,5	42	54	9,0 - 123
	flerfamilie	2	0,42	0,28	0,22 - 0,62	7,2	2,3	5,6 - 8,8
Vådt papir og tissues,	marts	6	<0,08	-	-	1,8 ¹	0,52	1,3 - 2,6
	juni	6	0,11	0,14	0,038 - 0,40	3,3	1,7	0,96 - 5,2
	flerfamilie	4	0,059	0,010	0,050 - 0,071	2,4	1,5	0,79 - 4,4
Bleer, fyld	1	<0,08	-	-	3,0	-	-	
Bleer, plast	1	<0,08	-	-	2,2	-	-	

1. Blyindholdet er i en enkelt prøve bestemt til 177 og 14 mg/kg TS, og den er ikke medtaget i beregningen af middelværdien.

Cadmium i madaffald

Gennemsnitsindholdet af cadmium i madaffald fra de forskellige indsamlingsperioder ligger i intervallet 57 - 120 µg/kg TS. Den samlede (pooled) procentiske relative standardafvigelse (%RSD_p) for cadmiumbestemmelsen i madaffald er beregnet til henholdsvis 15% og 6,8% for dobbeltbestemmelserne på prøver i 1. og i 2. prøveserie, hvilket betyder, at forskellen på dobbeltbestemmelserne er beskednen. Variationen mellem de forskellige prøver af madaffald er større, og for enfamilieboliger ses henholdsvis 73 - 160 µg Cd/kg TS og 54 - 210 µg Cd/kg TS for affald indsamlet i marts og i juni måned.

Cadmium i blomster- og haveaffald

Gennemsnitsindholdet af cadmium i blomster- og haveaffald varierer mellem 230 og 1.100 µg/kg TS. %RSD_p er beregnet til henholdsvis 18% og 3,8% for dobbeltbestemmelserne på prøver i 1. og i 2. prøveserie. Variationen mellem de forskellige prøver af blomster- og haveaffald er større for prøverne indsamlet fra enfamilieboliger i juni, idet gennemsnitsindholdet ligger i intervallet 270 - 3.500 µg Cd/kg TS.

Cadmium i papir

I vådt papir og tissues ses et gennemsnitsindhold af cadmium i intervallet 59 - 110 µg/kg TS. %RSD_p er beregnet til 4,4% for dobbeltbestemmelserne på prøver i 2. prøveserie. Den største variation mellem prøver ses i 2. prøveserie for prøver fra enfamilieboliger, hvor der er fundet et cadmiumindhold i intervallet 38 - 400 µg/kg TS.

Bly i madaffald

Gennemsnitsindholdet af bly i madaffald ligger i intervallet 0,70 - 1,6 mg/kg TS. %RSD_p er beregnet til henholdsvis 19% og 6,8% for dobbeltbestemmelserne på prøver i 1. og 2. prøveserie. Blyindholdet i de enkelte prøver ligger mellem 0,41 og 2,0 mg/kg TS.

Bly i blomster- og haveaffald

I blomster- og haveaffald ses et gennemsnitsindhold af bly i intervallet 7,2 - 42 mg/kg TS. De enkelte prøver ses at have været relativt homogene, idet %RSD_p er beregnet til henholdsvis 6,7% og 6,5% for dobbeltbestemmelserne på prøver i 1. og 2. prøveserie. Variationen mellem de enkelte

prøver er meget stor, og der ses et blyindhold i intervallet 9,0 - 123 mg/kg TS i blomster- og haveaffald indsamlet fra enfamilieboliger i juni måned. Det høje blyindhold forekommer i samme prøve, som har et indhold af cadmium på 3.500 µg/kg TS.

Bly i papir

Gennemsnitsindholdet af bly i vådt papir og tissues ligger i intervallet 1,8 - 3,3 mg/kg TS. %RSD_p er beregnet til 19% og 6,8% for dobbeltbestemmelserne på prøver i 1. og 2. prøveserie. Variationen mellem enkelte dobbeltbestemmelser, som ikke er medregnet ved bestemmelse af %RSD, er meget stor, ligesom der i en prøve er fundet 177 og 14 mg/kg TS. Den ene prøve med det høje indhold samt variationen mellem nogle af dobbeltbestemmelserne kan sandsynligvis forklares ved afsmitning eller partikulær forurening af det våde papir og tissues (der ofte også er vådt).

3.4.2 Røde affaldsfraktioner

Husstøv

I tabel 3.2 er indholdet af bly og cadmium i indholdet af støvsugerposer (husstøv) vist.

Tabel 3.2

Indhold af bly og cadmium i husstøv.

Affaldsfraktion	n	cadmium (mg/kg (TS))			bly (mg/kg (TS))		
		middel-værdi	standard-afvigelse	interval	middel-værdi	standard-afvigelse	interval
Støvsugerposer	7	2,9	2,1	0,94 - 6,0	96	87	39 - 282

Gennemsnitsindholdet af cadmium i indholdet i støvsugerposer er 2.900 µg/kg TS, og de enkelte prøver ligger i intervallet 940 - 6.000 µg/kg TS. %RSD_p er beregnet til 4,8%, dvs. variationen mellem dobbeltbestemmelserne er begrænset. Der er stor variation de enkelte poser imellem.

Gennemsnitsindholdet af bly i indholdet i støvsugerposer er 96 mg/kg TS, og de enkelte prøver ligger i intervallet 39 - 282 mg/kg TS. %RSD_p er beregnet til 4,6%. For to prøver er %RSD så høj, at usikkerheden på de pågældende dobbeltbestemmelser ikke indgår i beregningen af %RSD_p. Der er stor variation de enkelte poser imellem.

Plastfolie og hård plast

I tabel 3.3 er indholdet af bly og cadmium i plastfolie og hård plast vist. De primære analyseresultater viser meget stor variation mellem dobbelt præparationerne, hvilket skyldes plastfraktionernes heterogenitet. Resultaterne giver således et overblik over variationen i fraktionen frem for en gennemsnitsværdi for indholdet af tungmetallerne i plastfraktionen.

Tabel 3.3

Indhold af bly og cadmium i forskellige plastfraktioner.

Affaldsfraktion	n	cadmium (mg/kg (TS))			bly (mg/kg (TS))		
		middel-værdi	standard-afvigelse	interval	middel-værdi	standard-afvigelse	interval
Plastfolie	8	0,11	0,11	0,048 - 0,37	37	48	0,63 - 128
Andet plast	6	0,048	0,078	<0,01 - 0,20	1,7	2,5	<0,3 - 6,6

Gennemsnitsindholdet af cadmium i plastfolie er 11 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS, og de enkelte prøver ligger i intervallet 48 - 370 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS med meget stor variation mellem dobbeltbestemmelserne. Indholdet af bly i enkeltbestemmelser ligger i intervallet 0,55 - 207 mg/kg TS.

Indholdet af cadmium i hård plast er fra detektionsgrænsen (10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS) og op til 204 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS. Indholdet af bly varierer meget i dobbeltbestemmelserne, og det er fra detektionsgrænsen (0,3 mg/kg TS) og op til 12,4 mg/kg TS.

Papirfraktioner

I tabel 3.4 er indholdet af bly og cadmium i forskellige papirfraktioner vist.

Tabel 3.4

Indhold af bly og cadmium i forskellige papirfraktioner.

Affaldsfraktion	n	cadmium (mg/kg (TS))			bly (mg/kg (TS))		
		middel-værdi	standard-afvigelse	interval	middel-værdi	standard-afvigelse	interval
Papir og pap	4	0,063	0,016	0,045 - 0,081	4,1	1,8	2,5 - 5,9
Aviser	1	0,027	-	-	< 0,5	-	-
Kulørte ugeblade	2	0,039	0,018	0,026 - 0,051	3,5	0,035	3,5 - 3,6
Pulpbakker	2	0,085	0,036	0,059 - 0,11	4,2	4,0	1,3 - 7,0
Mælkekartoner	2	0,07	-	< 0,02 - 0,07	< 0,5	-	-

Gennemsnitsindholdet af cadmium i forskellige papirfraktioner ligger i intervallet 27 - 85 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS med én enkelt bestemmelse på 110 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS. Gennemsnitsindholdet af bly ligger i intervallet fra detektionsgrænsen (< 0,5 mg/kg TS) og op til 4,2 mg/kg TS.

Diverse plast- og alufolier

I tabel 3.5 er indholdet af bly og cadmium i diverse plast- og alufolie vist. Antallet af prøver er begrænset, hvorfor de kun kan tillægges begrænset betydning.

Tabel 3.5

Indhold af bly og cadmium i diverse plast og alufolier.

Fraktion	Cadmium (mg/kg TS)	Bly (mg/kg TS)
Folie med papir	0,095	< 0,5
Folie med plast	< 0,02	< 0,5
Kaffeposer, plastfolie	< 0,02	< 0,5
Farvet plast-/metalfolie	0,65 0,31	< 0,5

Gennemsnitsindholdet af bly ligger i de undersøgte prøver under detektionsgrænsen (< 0,5 mg/kg TS). I farvet metalfolie er fundet henholdsvis 310 og 650 μg Cd/kg TS, mens der i de øvrige prøver er fundet fra detektionsgrænsen (20 μg Cd/kg TS) og op til 95 μg Cd/kg TS.

Diverse metalfraktioner

I tabel 3.6 er indholdet af bly og cadmium i diverse metalfraktioner vist. Antallet af prøver er begrænset, hvorfor de kun kan tillægges begrænset betydning.

Tabel 3.6
Indhold af bly og cadmium i diverse metalfraktioner.

Fraktion	Cadmium (mg/kg TS)	Bly (mg/kg TS)
Ølkapsler	< 0,02	9,2 13
Ølkapsler	< 0,02	10
Dåser	< 0,03	2,7 1,2
Dåser	< 0,03	1,0 7,0
Dåser	< 0,03	3,06
Alu-dåser	< 0,03	2,3 4,2
Metaltuber	0,038	6,1
Metalfolie	0,04	2,3 3,5

Gennemsnitsindholdet af cadmium i de forskellige metalfraktioner ligger under eller nær detektionsgrænsen (< 20 - 40 µg/kg TS). Gennemsnitsindholdet af bly ligger i intervallet 2,0 - 11 mg/kg TS. Blyindholdet i de fleste produkter ligger sandsynligvis på et niveau, der svarer til indholdet af bly som urenhed i de forskellige råvarer. Ølkapslerne udskiller sig ved at have et gennemsnitsindhold på 11 mg Pb/kg TS.

Diverse affaldsfraktioner

I tabel 3.7 er indholdet af bly og cadmium i diverse affaldsfraktioner vist. Antallet af prøver er begrænset, hvorfor de kun kan tillægges begrænset betydning.

Tabel 3.7
Indhold af bly og cadmium i diverse affaldsfraktioner.

Fraktion	Cadmium (mg/kg TS)	Bly (mg/kg TS)
Korkpropper	0,10	86
Korkpropper	0,071	6,1
Kattegrus ¹	0,17	14,1
Kattegrus ¹	0,15	4,3
Cigaretskod	0,54	17,4
Cigaretskod	0,94	2,4
Grillkul	0,11	6,3
Malingrester ²	0,08	44 22
Malingrester ²	0,65	190
Porcelæn, stentøj	< 0,01	< 0,2
Glas	< 0,01	< 0,2
Glas, skosværte	< 0,01	< 0,2

1. Kattegrus hører ifølge sorteringsvejledningen til i det grønne affald.
2. Farven på malingresterne var hvid - grå.

Indholdet af cadmium i korkpropper ligger på 86 µg/kg TS, hvilket er overraskende, da korkpropper ikke er et af de produkter, hvori der kunne forventes et indhold af cadmium. Det samme gælder kattegrus, hvor der er fundet 160 µg/kg TS. I cigaretskod er der fundet gennemsnitlig 740 µg/kg TS.

I to prøver af afskallede malingrester er der fundet henholdsvis 80 og 650 µg Cd/kg TS. Indholdet af cadmium er uventet, da malingresterne var hvid - grålige, og cadmiumpigmenter primært forekommer i farverne gul, orange og rød.

I prøverne af porcelæn og stentøj samt glas er der ikke fundet et ekstraherbart cadmiumindhold over detektionsgrænsen. Det samme gør sig gældende for blyindholdet.

I to prøver af korkpropper er der fundet henholdsvis 6,1 og 86 mg Pb/kg TS, hvilket kan forklares ved afsmitning af bly fra svøb under opbevaring af vinflasker gennem længere tid. Variationen kan forklares ved, at kun en del vinflasker er beklædt med et svøb af bly, samt at en potentiel afsmitning er afhængig af opbevaringstid og evt. gennemvædning af proppen. I to prøver af kattegrus er der fundet henholdsvis 14,1 og 4,3 mg Pb/kg TS.

Indholdet af bly i to prøver af cigaretskodder er fundet at være henholdsvis 2,4 og 17,4 mg/kg TS, hvilket er overraskende højt. I to prøver af malingrester er der fundet et meget varierende indhold af bly. I den ene prøve er der fundet henholdsvis 22 og 44 mg/kg TS i dobbeltpræparationerne, mens indholdet i den anden prøve er bestemt til 190 mg/kg TS.

4. Diskussion af affaldssortering og affaldsanalyser

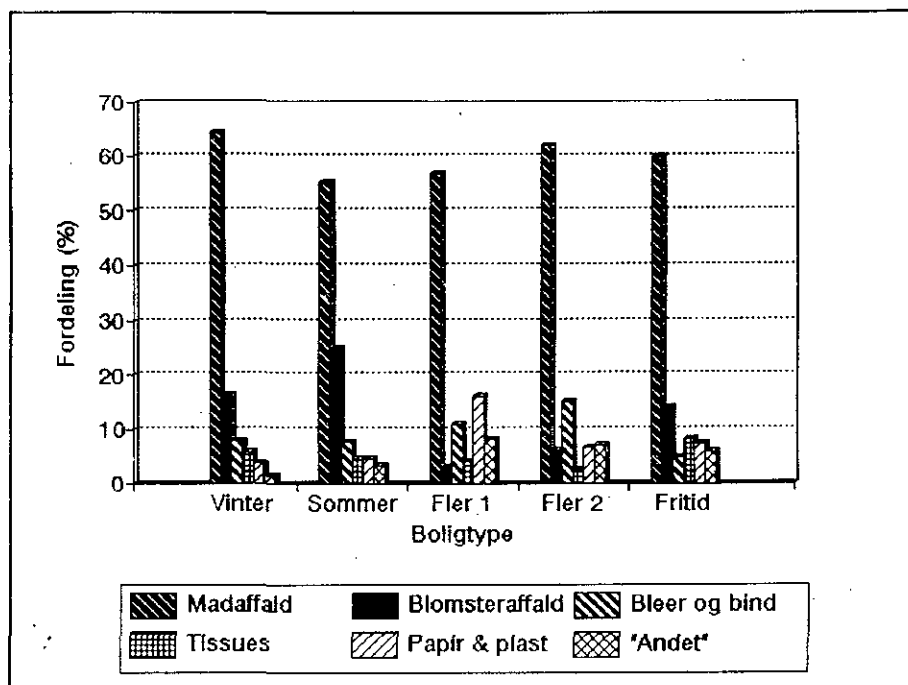
4.1 Affaldssortering

I nærværende projekt er der gennemført en analyse af grønt og rødt affald fra et repræsentativt udsnit af de husstande i AFAV-området, der separerer husholdningsaffaldet i en grøn og en rød fraktion. Oprindelsen af det grønne affald, der komposteres, skønnes at fordele sig på 97% fra enfamilieboliger, 3% fra flerfamilieboliger og <1% fra sommerhuse (status i sommeren 1990).

I figur 4.1 vises en oversigt over fordelingen af det grønne affald på 6 fraktioner. Madaffald er den dominerende fraktion i det grønne affald fra alle boligtyperne, og andelen varierer mellem 55% og 65%. Denne andel er i rimelig overensstemmelse med andelen fundet i forsøgsperioden, hvor der blev målt ca. 70% madaffald i den del af det totale affald, der var defineret som grønt affald (Hirsbak *et al.*, 1990). Blomster- og haveaffald er den næststørste fraktion i grønt affald fra enfamilieboliger, og andelen varierer mellem 17% og 25%, mens andelen i affald fra flerfamilieboliger ligger omkring 5%. Husstande i enfamilieboliger producerer meget naturligt mere blomster- og haveaffald end husstande i flerfamilieboliger. Andelen af bleer og bind i grønt affald varierer fra 5% - 15%, mens andelen af vådt papir og tissues varierer fra 2% - 8%.

Det grønne affald indsamlet fra flerfamilieboliger ses at indholde væsentligt mere fejlplaceret affald (13,7% og 24,2%) end det grønne affald fra enfamilieboliger (5,1% og 7,7%). Det kan sandsynligvis skyldes, at flerfamilieboligerne ikke har været med i ordningen så længe som enfamilieboligerne, hvorved de ikke har oparbejdet den samme rutine. En anden forklaring kan, som tidligere nævnt, være en u hensigtsmæssig tilrettelæggelse af indsamlingen fra flerfamilieboliger.

Det grønne affald indsamlet fra sommerhuse indeholder ca. 13,3% rødt affald, det fordeler sig således, at 15% af husstandene har mere end 10% rødt affald, mens 40% har helt korrekt sorteret affald (<1% rødt affald).



Figur 4.1

Fordeling grønt affald på 6 fraktioner (madaffald, blomster- og haveaffald, bleer og bind, vådt papir og tissues, tørt papir, pap og plast samt "andet"). Det grønne affald er indsamlet fra henholdsvis enfamilieboliger (Frederikssund, vinter og sommer), flerfamilieboliger (Helsingør og Frederikssund) samt sommerhuse (Jægerspris, fritid).

I et forsøg på at relatere resultaterne til hele AFAV-området er der i tabel 4.1 vist en opgørelse over en mindre detaljeret affaldsundersøgelse, der omfatter alle de deltagende kommuner. Opgørelsen er fremkommet ved, at en person har fulgt en renovationsbil og iagttaget graden af fejlsorteringer, efter at spanden eller sækken indhold er blevet tømt ud bag i bilen. Denne undersøgelse er selvsagt mindre detaljeret end undersøgelsen gennemført i nærværende projekt, men trods det lavere detaljeringsniveau antyder denne, at der er forskel i sorteringsgraden de forskellige kommuner imellem.

Tabel 4.1

Visuel opgørelse over omfanget af fejlsorteringer i kildesepareret affald (31. juli 89 - 15. august 89) fra de forskellige AFAV-kommuner (Linda Norfalk, AFAV I/S, personlig kommunikation, august 1989).

Kommuner	Husst. omf. af nuværende ordning	Husst. besøgt af AFAV	Rigtigt sorteret ¹ %	Spand/sæk	Grønne poser %	Lugt ²	Mider %
Frederikssund (gl. omr.)	1.800	149	84	sæk	67	+	10
Frederiksværk (gl. område)	1.143	106	28	sæk	63	+	36
Helsingø (gl. omr.)	3.635	110	93	spand	97	+	0,9
Hundested (nyt omr.) (gl. omr.)	1.850	110 101	89 79	spand spand	93 97	+ +	1,8 5,9
Jægerspris (gl. omr.)	2.035	105	80	spand	92	+	0,1
Slangerup (gl. omr.)	2.155	106	88	sæk	81	+	5,7
Stenløse (nyt omr.) (gl. omr.)	2.950	65 176	46 47	spand sæk	98 65	+ +	1,5 7,4
Ølstykke (nyt omr.) (gl. omr.)	2.450	61 42	95 98	spand spand	97 93	+ +	1,6 7,1

1. Hoveddelen af det fejlsorterede affald bestod af: mælkekartoner, pålægseballage, foliebakker, pap, papir og aviser, mens en mindre del af det fejlsorterede affald bestod af: konservesdåser, ugeblade, støvsugerposer og tøjstykker.
2. + naturlig affaldslugt < 1 m. Stærk lugt når låg åbnes - spande værst.

Tabel 4.1 viser, at der tilsyneladende er meget stor forskel i sorteringseffektiviteten mellem de forskellige kommuner. De fundne resultater (5,1% og 7,7% fejlsorteret affald) i nærværende undersøgelse ligger inden for den samme størrelsesorden som ses for Frederikssund (84% rigtigt sorteret). Opgørelsen over anvendelsen af grønne poser i nærværende undersøgelse viser, at 77% og 63% af husstandene brugte de grønne poser til emballering af affaldet. Denne andel er ligeledes i samme størrelsesorden som angivet for Frederikssund i tabel 4.1, idet 67% anvendte de grønne poser i sommeren 1989.

4.2 Affaldsanalyser

4.2.1 Grønne fraktioner

Analyserne af bly- og cadmiumindholdet i de grønne fraktioner viser, at det højeste indhold af både bly og cadmium forekommer i haveaffald. En enkelt prøve af tissues indeholder dog 177 og 14 mg Pb/kg TS. Det kan muligvis forklares ved kontaminering i affaldssækken som følge af afsmittning eller en partikulær forurening.

I tabel 4.2 er de fundne bly- og cadmiumindhold i de forskellige fraktioner vist sammen med lignende resultater fundet i andre undersøgelser.

Tabel 4.2

Indhold af bly og cadmium i grønne fraktioner af forskellig oprindelse. Prøverne er alle af dansk oprindelse.

Fraktion	Blyindhold (mg/kg TS)	Cadmiumindhold (mg/kg TS)	Reference
Madaffald	0,7 - 1,6	0,057 - 0,120	*
Madaffald	0,9 og 3,9	0,40 - 0,67	Christiansen & Hoffmann (1990)
Madaffald, centralt sorteret, samleprøve, 3 stk	10,6 - 17,7	0,38 - 0,75	Elmlund <i>et al.</i> (1979)
Madaffald, centralt sorteret, 3 forsk. dage	5,5 - 13,0	0,13 - 0,47	
Madaffald, kildesorteret, 3 prøver	0,63 - 0,91	0,13 - 0,20	
Madaffald	11,5 og 16,3	< 0,084 og 0,4	Nelleman (1988)
Madaffald, kildesepareret, middelværdi	6,1	0,10	Birger Lund A/S (1990)
Vådt papir og tissues	1,8 - 3,3	< 0,08 - 0,11	*
Tissues	24	0,42	Christiansen & Hoffmann (1990)
Bleer og bind	< 3,0	< 0,08	*
Bleer, vatbind etc. (vådt excl. aviser)	4,5	0,95	Christiansen & Hoffmann (1990)
Blomster- og haveaffald	7,2 - 42	0,23 - 1,1	*
Brandbart (haveaffald dominerende)	180	2,6	Christiansen & Hoffmann (1990)

* nærværende undersøgelse - se tabel 3.1

Madaffald

Bly- og cadmiumindholdet i madaffald (0,7 - 1,6 mg Pb/kg TS og 0,057 - 0,12 mg Cd/kg TS) stemmer rimeligt overens med tidligere danske undersøgelser, hvor der er fundet 0,40 og 0,67 mg Cd/kg TS samt 0,9 og 3,9 mg Pb/kg TS i madaffald (Christiansen & Hoffmann, 1990). Elmlund *et al.* (1979) finder væsentligt højere blyindhold i madaffald, idet de finder 5,5 - 17,7 mg Pb/kg TS i forskellige prøver af sorteret affald, og 0,63 - 0,91 mg Pb/kg TS (kildesorteret, 3 prøver). Niveaueet i det kildesorterede madaffald er i oversstemmelse med resultatet fundet i nærværende undersøgelse, hvorimod niveaueet i det centralt sorterede affald ligger noget højere sandsynlig pga. kontaminering fra det øvrige affald. De samme forhold gør sig gældende for cadmiumindholdet.

Vådt papir og tissues

Bly- og cadmiumindholdet i vådt papir og tissues (1,8 - 3,3 mg Pb/kg TS og < 0,08 - 0,11 mg Cd/kg TS) ligger noget lavere end i en tidligere dansk undersøgelse, hvor der er fundet 0,42 mg Cd/kg TS og 24 mg Pb/kg TS (Christiansen & Hoffmann, 1990). De højere værdier, der er fundet i den tidligere undersøgelse, skal sandsynligvis forklares ved kontaminering af (det våde) tissue i affaldssækken, idet der ikke er noget, der tyder på, at papirprodukter, der ikke er farvet med trykfarve, skulle indeholde nævneværdige mængder af tungmetallerne bly og cadmium (se afsnit 6.4 "Resultater").

Blomster- og haveaffald

Husstøv

I blomster- og haveaffald er der fundet et lavere indhold af bly og cadmium end i en tidligere undersøgelse, hvor der er fundet 180 mg Pb/kg TS og 2,6 mg Cd/kg. De høje værdier fra den tidligere undersøgelse kan muligvis forklares ved, at fraktionen ikke udelukkende består af haveaf-

fald (men haveaffald dominerer i fraktionen), samt at fraktionen er sorteret ud fra blandet affald, hvorfor det kan være blevet kontamineret i sækken. I nærværende undersøgelse er der fundet meget varierende indhold. Det højeste indhold er fundet i blomster- og haveaffald indsamlet i juni måned fra enfamilieboliger. Det kan sandsynligvis forklares ved, at der forekommer en større andel haveaffald i forhold til blomsteraffald i juni måned. I juni måned forekommer der en prøve med højt indhold af både bly og cadmium, og det er den ene prøve, der bevirker, at gennemsnitsindholdet af bly og cadmium er højere i blomster- og haveaffaldet fra enfamilieboliger (juni).

4.2.2 Røde fraktioner

Herunder sammenlignes indholdet af bly og cadmium i de røde fraktioner med andre danske og udenlandske undersøgelser.

Husstøv

Gennemsnitsindholdet af henholdsvis bly og cadmium i husstøv ligger på 96 mg/kg TS og 2,9 mg/kg TS, hvilket er noget lavere, end der er fundet i en anden dansk undersøgelse fra 1991, hvor gennemsnitsindholdet af tungmetaller i husstøv er bestemt til 256 mg Pb/kg TS og 4,1 mg Cd/kg TS (Huvio, 1991). Se afsnit 5.2.9 og 5.3.5 for nærmere detaljer. Det noget lavere indhold kan sandsynligvis skyldes, at tungmetalbelastningen er lavere i AFAV-området end i det område, der er dækket af den anden undersøgelse.

Plast

Bly- og cadmiumindholdet i plastfolieprøverne ligger på henholdsvis 37 mg/kg TS (0,63 - 128) og 0,11 mg/kg TS (0,048 - 0,37). Den store variation mellem dobbelt præparationerne illustrerer plastfraktionernes heterogenitet. I en hollandsk undersøgelse, der dækker perioden 1971-1980, er der fundet væsentligt højere tungmetalindhold (320 mg Pb/kg TS og 75 mg Cd/kg TS) (van Rossmalen *et al.*, 1987). I en tysk undersøgelse er der fundet 65 - 286 mg Pb/kg TS, og 38 - 145 mg Cd/kg TS i forskellige størrelsesfraktioner (Bidlingmaier, 1990).

Papir

Gennemsnitsindholdet af bly og cadmium i den undersøgte papirfraktioner ligger på henholdsvis < 0,5 - 4,2 mg/kg TS og 0,027 - 0,085 mg/kg TS. Der er tidligere fundet 0,57 - 24 mg Pb/kg TS og 0,059 - 0,42 i forskellige papir- og papfraktioner udsorteret fra dansk husholdningsaffald (Christiansen & Hoffmann, 1990). I en hollandsk undersøgelse er der fundet 75 mg Pb/kg TS og 1 mg Cd/kg TS (van Rossmalen *et al.*, 1987), mens der i en tysk undersøgelse er fundet 11 - 136 mg Pb/kg TS og 0,40 - 8,8 mg Cd/kg TS i forskellige størrelsesfraktioner (Bidlingmaier, 1990).

Metal

I diverse metalfraktioner er der fundet < 0,02 - 0,04 mg Cd/kg TS og 2,0 - 11 mg Pb/kg TS, hvilket er meget lavt. I de tilfælde, hvor bly normalt optræder i forskellige metalfraktioner, vil det forekomme i langt højere koncentrationer.

Diverse

I gruppen af diverse affaldsfraktioner, som er observeret i forbindelse med affaldssorteringen, er der fundet et væsentligt cadmiumindhold i cigaretskodder (0,54 - 0,94 mg/kg TS) og et væsentligt blyindhold i en prøve af korkpropper (86 mg/kg TS) og i prøver af malingrester (33 - 190 mg/kg TS). De nævnte fraktioners tungmetalindhold har dog ringe indflydelse på kompostens indhold af samme, da de kun optræder i begrænset omfang.

4.2.3 Evaluering af affaldssortering og affaldsanalyser

Affaldssorteringen, som den har været gennemført her, har givet et godt billede af sammensætningen af det grønne affald fordelt på fraktionerne madaffald, blomster- og haveaffald, bleer og bind, vådt papir og tissues, tørt papir og pap, plastfolie, andet plast samt "andet". Usikkerheden på fordelingen er selvsagt størst på de mindst forekommende fraktioner, dvs. tørt papir og pap, plastfolie, andet plast samt "andet". Af de nævnte små fraktioner vurderes plastfolie at være den bedst bestemte, idet fraktionen består af poser, der har været anvendt til at opsamle affald i (inklusive grønne affaldsposer).

Fraktionen "andet" er den mest heterogene af de ovennævnte fraktioner, idet den har indeholdt hvadsomhelst, der ikke kunne indplaceres i de øvrige fraktioner. Fraktionen "andet" er samtidig den mest interessante, idet det er i denne fraktion de tungmetaltholdige produkter kunne tænkes at forekomme, hvorfor denne fraktion er blevet udsorteret yderligere (ned til produktniveau) for at kunne pege på bly- og cadmiumholdige produkter. Den ekstra sortering giver således en endnu større usikkerhed på opdelingen, da de enkelte fraktioner er meget små.

Selve håndsorteringen vurderes at have været effektiv, idet der er fundet fx blysvøb. På den anden side gør affaldets karakter, at der er grænser for, hvor detaljeret en sortering kan gennemføres. Det kan derfor ikke udelukkes, at punktkilder af samme størrelsesorden som et blysvøb kan undgå opmærksomheden under sorteringen.

Tungmetalanalyserne, der er gennemført på de forskellige affaldsfraktioner, giver et godt billede af bly- og cadmiumindholdet i de komposterbare affaldsfraktioner, hvor resultaterne har vist at prøverne har været neddelt i en grad, der har givet rimelig overensstemmelse mellem dobbeltoplukningerne. En undtagelse herfra er en enkelt af prøverne af vådt papir og tissue, hvor der er fundet henholdsvis 177 og 14 mg Pb/kg TS, hvilket sandsynligvis skyldes en partikulær forurening, da de øvrige prøver af vådt papir og tissue viste dels et lavere indhold (1,8 - 3,3 mg Pb/kg TS) dels god overensstemmelse mellem dobbeltoplukningerne.

Problemer med neddeling af prøverne har vist sig mere tydeligt ved plastfraktionerne, hvor der er fundet meget stor variation mellem dobbeltoplukningerne. Resultaterne giver således snarere et billede af variationen i plastfraktionen, end de giver et gennemsnitsbillede af tungmetallindholdet i plast.

De øvrige affaldsfraktioner er udvalgt til analyse ud fra resultaterne af udsorteringen af fraktionen "andet". Disse fraktioner er ligeledes meget heterogene, hvorfor resultaterne vurderes ud fra, at det er stikprøver, der er analyseret på. Det betyder, at selv om der er analyseret på forskellige metalfraktioner, så kan resultaterne ikke sammenstilles til en gennemsnitsværdi for tungmetallindhold i en blandet metalfraktion.

5. Tungmetalkilder

5.1 Indledning

Bly- og cadmiumbelastningen af kompost fremstillet af kildesepareret husholdningsaffald kan skyldes flere forskellige potentielle kilder:

- direkte forurening fra tungmetalholdige produkter, der er defineret som grønt affald
- direkte forurening fra tungmetalholdige produkter, der er defineret som rødt affald, og som er fejlplaceret i det grønne affald
- indirekte forurening fra tungmetalholdige produkter, der via afsmitning under indsamlingen eller forkomposteringen kontaminerer det grønne affald eller komposten, inden de sigtes fra råkomposten før efterkomposteringen
- indirekte forurening fra diffuse kilder
- afsmitning fra anlægget
- atmosfærisk nedfald på kompostmiler og andre steder jvf. diffuse kilder

Bly og cadmium forekommer i en lang række produkter som kemiske forbindelser eller på metallisk form. Formen, hvorpå det forekommer, og produktet, hvori de forekommer, er afgørende for, hvor de ender i genanvendelses- og affaldsbehandlingsystemet. I de efterfølgende afsnit gives en oversigt over forbruget af bly- og cadmiumholdige produkter i Danmark. I oversigterne vises fordelingen af forbruget og udviklingstendenserne. De produkter, der formodes at kunne give problemer ved kompostering af husholdningsaffald, beskrives nærmere, og deres relevans i forhold til kompostering af kildesepareret husholdningsaffald vurderes.

Afsmitning og atmosfærisk nedfald omtales efterfølgende.

5.2 Blyholdige produkter

Bly forekommer naturligt i en række forskellige forbindelser, hvoraf galena (PbS) er den mest forekommende, idet den udgør 87%; herefter følger cerussit ($PbCO_3$) og anglesit ($PbSO_4$). Kobber og antimon, der blandt en række metaller er de væsentligste urenheder i bly, kan forekomme som urenhed i op til henholdsvis 2% og 3%; der foreligger ingen oplysninger om cadmium som urenhed i bly.

I tabel 5.1 vises en oversigt over forbruget af bly i Danmark i 1985. De enkelte produkters mulighed for at kunne belaste kompost fremstillet af husholdningsaffald er beskrevet og vurderet efterfølgende.

Tabel 5.1

Blyforbrug i Danmark i 1985 (Hansen & Busch, 1989). Udviklingstendenser, problemer og blyindhold i produkter er bl.a. vurderet på basis af Hansen & Busch (1989) samt Hoffmann (1992).

Anvendelse	Forbrug ton/år	For- deling %	Tendens ¹	Blyindhold i produkt
Akkumulatører	10.000 - 12.600	51	0	?
Bly i byggeri	3.450 - 3.820	16	-	op til 100%
Kabelkapper	ca. 2.400 ³	10	-	op til 100%
Ammunition	ca. 1.020	5	-	op til 100%
Skibskøle	800 - 900	4	-/0	op til 100%
Loddetin, hvidmetal	200 - 300	1	?/0	(loddetin/produkt)
- elektronik	- 30 - 40		0	op til 50%/?
- glødelamper	- 35		?	op til 98%/op til 3%
- konservesdåser	- 70		-	op til 98%/0,22-0,56%
- autokølere	- 50		?	?
- VVS-installationer	- 60 - 70		?	?
- andet	- ?		?	?
Messing Rødgods	300 - 550	2	?	op til 2% op til 5%
Fiskeudstyr	400 - 600	2	?	op til 100%
Balancevægte	150 - 200	< 1	?	op til 100%
Afskærmning/korrosions- beskyttelse	200 - 400	1	10	op til 100%
Andre produkter	150 - 200	2	?	
- blysvøb	- 23 - 39			op til 100%
- andet	- ?			
Blymønje	40 - 65	< 1	-	?
Glas	60 - 80	< 1	0	op til 20%
Pigment i maling	150 - 200	< 1	-	op til 10%
Pigment i plast	100 - 200	< 1	-	op til 0,5%
Stabilisatorer i PVC	200	< 1	0/+	op til 1%
Benzinadditiver	250	1	-	60% i additiv
Andre produkter	100 - 200	< 1	-	
- sikkativer	- 30 - 40			0,08 - 0,6%
- keramik glasur	- 80 - 100			
- andet	- ?			

1. + Stigende forbrug
 - Faldende forbrug
 0 Stagnerende forbrug
 ? Vides ikke

De væsentlige blyanvendelser (ud fra forbrugsandel) vurderes ikke at belaste husholdningsaffald og dermed kompost med bly pga. af anvendelsesområdet. Her tænkes på akkumulatorer, bly inden for byggeri, kabelkapper o.lign.

En lang række af de mindre anvendelsesområder vurderes derimod at kunne belaste kompost fremstillet af husholdningsaffald. De væsentligste beskrives kort herunder. Forureningen af komposten kan endvidere ske via produkter/affaldsfraktioner, der er forurenede med bly fra de ovennævnte områder fx haveaffald og indholdet af støvsugerposer.

5.2.1 Loddetin

Det største forbrug af loddetin i Danmark fordeler sig på elektronik, glødelamper, konservesdåser, autokølere og VVS installationer; herudover forekommer der et mindre forbrug til karosseriarbejde, køleindustri, maskin- og elektroteknik (Hansen & Busch, 1989). De tre førstnævnte anvendelser vurderes at være relevante i forhold til forurening af kompost fremstillet af husholdningsaffald. For alle tre anvendelser gælder det, at de kun ender i komposten som følge af fejlsortering/manglende sortering, da ingen af produkterne fremstår som umiddelbart bionedbrydelige.

Elektronik

Blyholdigt loddetin anvendes og har gennem tiden traditionelt været anvendt til lodning af elektriske komponenter mv. Der anvendes primært en loddetin indeholdende 37% bly, idet den har den laveste arbejdstemperatur af de anvendte blyholdige loddematerialer (230 - 275°C). Loddeteknikken har udviklet sig fra at være håndlodning til at være en højt automatiseret proces. Den teknologiske udvikling har bevirket, at mængden af loddetin pr. lodning er nedsat, men en stigning i forbruget af elektriske apparater med loddede komponenter har bevirket at forbruget af blyholdigt loddetin er stagnerende (Hoffmann, 1992). Det er ikke muligt at give et bud på indholdet af bly pr. apparat ud fra de foreliggende oplysninger.

Glødelamper

Blyholdigt loddetin anvendes til at fasthæfte forbindelsestråden til fatningen. Der anvendes således to lodninger pr. glødelampe med et blyindhold på ca. 0,9 g (Hansen & Busch, 1989). En pære af standardstørrelse vejer op til 28 g, hvilket giver et blyindhold på op til 3%

Konservesdåser

Konservesdåser kan fremstilles ved lodning, svejsning, limning og DWI (draw wall ironing) (Rolando Mazzone, PLM Haustrup, personlig kommunikation, august 1991). Andelen af lodede dåser på det europæiske marked er for nedadgående og vurderes af en producent at ligge under 10% (inklusive importerede dåser). Der anvendes loddetin med 0 - 98% bly til lodning af dåser; i Danmark anvendes der primært loddetin med 60% bly. Ved den mest anvendte loddetype (falselodning) anvendes følgende mængde loddetin (dåsehøjden er angivet i mm):

- 50 mm: 260 mg
- 100 mm: 520 mg
- 120 mm: 620 mg
- 150 mm: 775 mg

svarende til ca. 5,2 mg loddetin/mm. Bunden og toppen falses på dåsen. Mængden af loddetin er uafhængig af typen af loddetin, hvorfor det totale mængde af bly pr. dåse udelukkende afhænger af typen af loddetin. Dåserne vejer fra 44 g (150 mm høje, diameter 72 mm) til 150 g (150 mm

høje, diameter 97 mm) (Rolando Mazzone, PLM Hastrup, personlig kommunikation, august 1991). Mængden af loddetin pr. dåse kan estimeres til 3,6 - 9,4 g loddetin/kg dåse svarende til 2,2 - 5,6 g bly/kg dåse (60% bly).

5.2.2 Messing/rødgods

Messing og rødgods anvendes til en lang række produkter som fx VVS-armaturer, el-armaturer og kunsthåndværk mv. Messing er en kobber/zinklegering, der kan indeholde op til 2% bly, og rødgods er en kobber/tin/blylegering, der kan indeholde op til 5% bly (Hansen & Busch, 1989). VVS-armaturer vurderes ikke at være potentielt belastende for kompost fremstillet af kildesepareret husholdningsaffald, hvorimod el-armaturer og kunsthåndværk vurderes at være potentielt belastende for kompost.

5.2.3 Blysvøb

Blysvøb anvendes på flasker til vin, mousserende vin og spiritus kun af æstetiske årsager (for at give flasken et eksklusivt udseende). Der anvendes svøb med forskelligt indhold af bly. Blysvøbene vejer gennemsnitlig 9 g/stk.

Der forhandles i øjeblikket om ophør af anvendelsen af blysvøb, og forbud mod anvendelse af blysvøb på nye flasker til vin og mousserende vin fra udgangen af 1992 forventes vedtaget i EF's ministerråd (Jens Peter Wittrup, Landbrugsministeriet, personlig kommunikation 14. august 1991). Idet forbudet kun gælder nye flasker, vil der være en vis forsinkelse inden flasker med blysvøb vil være ude af handelen. Blysvøb vil sammen med kontaminerede korkpropper være en potentiel kilde til forurening af kompost fremstillet af affald, idet de ofte vil anbringes i askebæger, der evt. tømmes ud i det grønne affald. Ofte skæres kun toppen af blysvøbet, hvorfor den potentielle belastning vil være 1 - 2 g bly/flaske i modsætning til 9 g/flaske.

5.2.4 Malingrester (pigment, sikkativ)

Malingrester kan være belastet med bly i form af pigmenter eller sikkativer.

Pigmenter

Blyholdige pigmenter forekommer i farverne rød, orange og gul samt grøn (ved blanding med et blåt pigment) og hvid. Sammensætningen af pigmenterne er vist i tabel 5.2. De forskellige blychromater anvendes stadig, selvom der findes alternativer til langt de fleste anvendelsesområder, idet de er billige i forhold til andre gule, orange og røde pigmenter. Der findes ikke hvide blyholdige pigmenter på det danske marked idag, men det kan ikke udelukkes, at der forekommer hvide blyholdige pigmenter på importerede produkter eller gammel maling fra før fjernelse af blyholdige pigmenter. De blyholdige pigmenter kan forekomme i maling i en koncentration op til 10% (Hoffmann, 1992).

Blychromaterne anvendes idag primært til autolak og (ovntørrende) industriakker, som ikke vurderes at være relevante i forhold til kontaminering af kompost.

Tabel 5.2

Oversigt over blyholdige pigmenter (Schiek, 1982).

Farve		Kemisk sammensætning
Hvid	Blycarbonat, basisk	$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$
	Blysilicat, basisk	
	Blyulfat, basisk	$\text{PbSO}_4 \cdot \text{PbSO}_4 \cdot \text{PbO}$
Grøn	Chromgrøn (chromgul/jernblå)	$\text{PbCrO}_4 \cdot x\text{PbSO}_4 \cdot y\text{FeNH}_4\text{Fe(CN)}_6$
Gul	Chromgul medium	PbCrO_4
	lys, lemon	$\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$
Orange	Chromorange	$\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbO}$
Rød	Molybdatorange	$25\text{PbCrO}_4 \cdot 4\text{PbMoO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$
	Mønje	Pb_3O_4
Andre	Blyphosphit, dibas.	$2\text{PbO} \cdot \text{PbHPO}_3 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
	Calciumplumbat	$2\text{CaO} \cdot \text{PbO}_2$

Sikkativer

Sikkativer (tørremidler) anvendes i oxidativt tørrende maling og lak, hvor de fremskynder den kemiske ændring af malingen eller lakken fra flydende til fast form. Sikkativer anvendes i et indhold på 0,5 - 2% i oliebase-rede lufttørrende malinger og lakker. Blyholdige sikkativer er salte af monobasiske carboxylsyrer, og de forekommer i maling og lak i en koncentration på 0,08 - 0,6% (bly ift. tørstof) (Hoffmann, 1992).

Malet træ eller lignende bortskaffes primært som byggeaffald, men det vil dog i mindre omfang være en potentiel kilde til belastning af husholdningsaffald. Det vil også i visse tilfælde kunne blive bortskaffet med haveaffald.

5.2.5 Plast (pigment)

Blychromater, tabel 5.2, anvendes som røde, orange og gule pigmenter i langt de fleste plasttyper. De kan opnå en termostabilitet op til 260 - 300°C, som er nødvendig ved forarbejdning af termoplast. De besidder derudover en række fysiske og kemiske egenskaber, der gør dem velegnede. De forskellige blychromater anvendes stadig, selvom der findes alternativer til langt de fleste anvendelsesområder, idet de er billige i forhold til andre gule, orange og røde pigmenter (Hoffmann, 1992).

5.2.6 PVC (stabilisator)

Bly anvendes til stabilisering af PVC i form af basiske blysalte (af sulfat, phosphit, phthalat eller stearat) eller blystearat. Blystabilisatorer har været anvendt til stort set alle formål, men de vigtigste anvendelsesområder idag er:

- trykrør mv.
- pigmenterede profiler
- opskummede profiler
- gramfonplader
- kabelisolering
- kunstlæder (fx sko)

Kun få af de ovennævnte anvendelser vil være relevante i forhold til forurening af kompost fremstillet af kildesepareret husholdningsaffald, idet det er til byggematerialer den store anvendelse finder sted. Det kan dog ikke udlukkes, at importerede produkter, fx husholdningsprodukter, er stabiliseret med blyholdige stabilisatorer.

5.2.7 Batterier

Bly-akkumulatorer forekommer i to udformninger.

Bly-akkumulatorer, der anvendes som startbatterier til biler mv. Den største del af forbruget af bly til akkumulatorer går til startbatterier.

Små lukkede bly-akkumulatorer (genopladelige bly-batterier) anvendes som løse elementer i elektrisk udstyr, hvor genopladelige batterier foretrækkes. De små bly-batterier har således de samme anvendelsesområder, som nikkel-cadmium (NiCd) batterier har.

Af de to nævnte batterityper er kun de små lukkede bly batterier potentielt belastende for kompost, idet de store bly-akkumulatorer anvendes inden for automobilbranchen, og som back-up for elforsyning andre steder, hvor der forekommer genbrug af de brugte batterier. Der eksisterer indsamlingsordninger for batterier i AFAV-kommunerne (Flemming Skov, AFAV I/S, personlig kommunikation, oktober 1991), hvilket er medvirkende til at nedsætte sandsynligheden for forurening af affaldet med bly fra batterier.

5.2.8 Benzinadditiver

Bly anvendes i benzinadditiver (antibankemiddel) i form af tetraethylbly og tetramethylbly. Det gennemsnitlige blyindhold i benzin er imidlertid faldende, hvor indholdet i begyndelsen af 80'erne lå omkring 0,29 g bly/l var det i midten af 80'erne faldet til 0,14 g/l pga lovkrav (Hansen & Busch, 1989). Samtidig med det faldende blyindhold i benzin stiger salget af blyfri benzin, hvorfor den samlede emission/belastning af bly fra benzin er kraftigt faldende.

Bly fra benzin er af relevans for kompost fremstillet af kildesepareret husholdningsaffald som indirekte kilde, idet atmosfærisk nedfald af bly belaster visse former for fødevarer, især bladgrøntsager og haveaffald samt giver anledning til tungmetaltholdigt støv og en lang række andre forureninger. De tre nævnte områder kan være belastende for kompost, idet grøntsagsaffald, især dækblade o.lign., henregnes til grønt affald, haveaffald, herunder jord, er en naturlig fraktion af tilførelsen af komposten, hvorimod støvsugerposer (rødt affald) med deres indhold af husstøv er uønsket i det grønne affald.

5.2.9 Indirekte belastede produkter

Levnedsmiddelstyrelsen følger løbende med i indholdet af tungmetaller i fødevarer. I det efterfølgende præsenteres et sammendrag af delresultaterne fra "Overvågningsprogram for sporelementer i levnedsmidler, 1988 - 1992", tabel 5.3. Som det ses af tabellen ligger blyindholdet i fødevarerne i alle tilfælde under 1 mg/kg friskvægt. Selv på tørstofbasis vil det aktuelle blyindhold ikke have nævneværdig indflydelse på kompostens blyindhold.

Madvarer

Tabel 5.3

Indhold af bly i levnedsmidler (mg/kg friskvægt).

År	Prøvetype	Antal	Interval ¹	Gennemsnit ¹ ± standardafvigelse	Median ¹	Reference
1988	Andelever	7	(0,004) - 0,034	(0,012) ± 0,010	(0,009)	Rasmussen & Larsen (1989)
	Gåselever	2	(0,007) - 0,024	(0,016) ± 0,012	(0,016)	
	Kalkunlever	5	(0,001) - (0,009)	(0,006) ± 0,003	(0,007)	
	Kyllingelever	35	(0,001) - 0,041	(0,008) ± 0,007	(0,007)	
	Kalvelever	49	(0,016) - 0,119	0,046 ± 0,025	0,036	
	Okselever	48	(0,018) - 0,153	0,063 ± 0,032	0,057	
	Okselever (udl.)	3	0,028 - 0,056	0,041 ± 0,014	0,038	
Kalvenyre	50	0,036 - 0,57	0,127 ± 0,089	0,108		
Oksenyre	50	0,066 - 0,37	0,150 ± 0,063	0,146		
1989	Fårekød	10	(0) - 0,030	(0,005) ± 0,009	(0)	Rasmussen & Pedersen (1990)
	Lammekød	7	(0) - 0,008	(0,002) ± 0,003	(0,002)	
	Svinekød	125	(0) - (0,013)	(0,001) ± 0,002	(0)	
1989	Kartofler (DK)	32	0,000 - 0,038	0,009 ± 0,009	0,005	Mortensen & Pedersen (1990)
	Kartofler (udl.)	10	0,000 - 0,005	0,001 ± 0,002	0,000	
1989	Spinat ²	11	0,022 - 0,093	0,049 ± 0,020	0,045	Petersen & Pedersen (1990)
	Blomkål	12	(0) - 0,080	(0,027) ± (0,025)	(0,016)	
	Porre	15	(0) - 0,190	(0,026) ± (0,049)	(0)	
	Gulerod	13	(0) - 0,142	(0,030) ± (0,043)	(0,006)	
	Selleri	14	(0) - 0,095	(0,019) ± (0,029)	(0)	
	Rosenkål	13	(0) - 0,085	(0,036) ± (0,028)	(0,038)	
	Løg	13	(0) - 0,057	(0,015) ± (0,019)	(0)	
	Tomat	14	(0) - 0,102	(0,037) ± (0,038)	(0,019)	
	Iceberg salat	7	(0) - (0,003)	(0) ± (0,001)	(0)	
	Kinakål	12	(0) - 0,057	(0,014) ± (0,019)	(0)	
	Champignon	10	(0) - 0,060	(0,019) ± (0,021)	(0,011)	
	Agurk	14	(0) - 0,141	0,054 ± 0,042	0,049	
	Bønne	10	(0) - 0,126	0,053 ± 0,040	(0,032)	
	Hvidkål	15	(0) - 0,052	(0,016) ± (0,022)	(0)	
	Rødbede	14	(0) - 0,118	0,043 ± 0,043	(0,029)	
	Grønkål	13	(0) - 0,155	0,069 ± 0,027	0,067	
	Peberfrugt ³	10	(0) - 0,098	(0,028) ± (0,038)	(0)	
	Blomkål	10	(0) - 0,105	(0,036) ± (0,034)	(0,021)	
	Bladselleri	6	(0)	(0)	(0)	
	Gulerod	10	(0) - 0,188	(0,022) ± (0,056)	(0)	
	Agurk	11	(0) - 0,177	0,059 ± 0,052	0,046	
	Kinakål	10	(0) - 0,161	0,044 ± 0,051	(0,023)	
	Løg	10	(0) - 0,142	0,044 ± 0,051	(0,022)	
	Tomat	10	(0) - 0,096	(0,030) ± (0,035)	(0)	
	Iceberg salat	10	(0) - 0,095	0,052 ± 0,036	0,068	
	Hovedsalat	10	(0,018) - 0,230	0,104 ± 0,067	0,074	
	Champignon	3	(0) - (0,003)	(0,007) ± (0,010)	(0)	

1. Blykoncentrationer angivet i parantes ligger under detektionsgrænsen.

2. Danske produkter.

3. Udenlandske produkter.

Levnedsmiddelstyrelsen følger ligeledes med i bly- og tinindholdet i importeret dåsekonserves. Der er undersøgt 31 forskellige konservesprodukter fordelt på frugtkonserves (13 produkter) og grøntkonserves (18 produkter). Erfaringsmæssigt vides det, at det højeste indhold af bly (og tin) findes i de faste dele, hvorfor analyserne er foretaget på de faste dele, hvor det har været muligt at opdele produktet, og i de øvrige tilfælde er

det samlede produkt analyseret. Af de 13 frugtkonserveresprodukter, der er undersøgt, ligger blykoncentrationen i alle produkter under 1,0 mg/kg, og indholdet af bly i sveskeblommer ligger på 1,0 mg/kg. Af de 18 undersøgte grøntkonserveresprodukter, der er undersøgt, ligger blykoncentrationen i alle produkter under 0,75 mg/kg, undtaget asparges, hvor indholdet går op til 1,1 mg/kg og tomatkoncentrat, hvor indholdet går fra 0,2 - 7,5 mg/kg (Rasmussen, 1985).

Indhold i støvsugerposer

Tjell *et al.* (1981) har undersøgt indholdet af tungmetaller i husstøv tilbage i 1979 og fundet, at gennemsnitindholdet af bly lå på 295 mg/kg TS. Denne undersøgelse er senere fulgt op i 1991, hvor gennemsnitsindholdet er bestemt til 256 mg/kg TS (Huvio, 1991). Jensen & Jensen (1990) har i slutningen af 80'erne undersøgt en række støvsugerposer af forskellig oprindelse og fundet et blyindhold på 8,8 mg/kg TS (geometrisk gennemsnit). De foreliggende data er sammenstillet i tabel 5.4. Baseret på Tjell *et al.* (1981) og Huvio (1991) ses blyindholdet i husstøv at være faldet henholdsvis 13% og 29% for middelværdi og geometrisk middelværdi i perioden 1979 - 1991.

Tabel 5.4

Indhold af bly i husstøv (mg Pb/kg TS).

Antal	Middelværdi	Standardafvigelse	Geometrisk middelværdi	Median	Interval	Reference
17	295	210	240 ¹	210	80 - 720	Tjell <i>et al.</i> (1981); Jens Christian Tjell, Lab. f. Teknisk Hygiejne, DTH, personlig kommunikation oktober 1991
18	256	215	171	184	31 - 793	Huvio (1991)
104 ²	-	-	8,8	-	-	Jensen & Jensen (1990)

1. Citeret fra Huvio (1991).

2. Det fremgår ikke af referencen, hvormange husstande prøverne er udtaget fra. De 104 prøver dækker således prøver udtaget på forskellige årstider (27 støvsugerposer ialt) og gentagne analyser af samme prøve (op til 21 prøver).

Krause *et al.* (1987) har undersøgt nedfaldet af støv i 1822 tyske husholdninger, og de har fundet en gennemsnitlig deposition af bly på 0,45 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{dag}$. De fandt generelt en større deposition i by- og industriområder i forhold til landområder, hvilket ikke er overraskende. Gennemsnitsdepositionen af støv er angivet til 7,3 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{dag}$, hvilket giver en blykoncentration i støv på 62 mg/kg TS. Undersøgelser af blyindholdet i gadestøv i England i 1988 viser varierende gennemsnitsværdier (289 - 4.720 mg/kg TS) beregnet ud fra meget store intervaller (11 - 17.900 mg/kg TS). Gennemsnitsindholdet af bly i husstøv i England i 1988 angives til 411 - 756 mg/kg TS (interval: 50 - 26.760 mg/kg TS) (Fergusson & Kim, 1991). Prøverne er udtaget meget forskellige steder, hvorfor de ikke er umiddelbart sammenlignelige, men de giver dog et indtryk af variationen. Alle gennemsnitsværdierne ligger langt over de danske resultater.

5.3 Cadmiumholdige produkter

Cadmium fremkommer som et biprodukt ved fremstilling af zink. Der produceres i gennemsnit 3 g cadmium/kg produceret zink. Udbyttet af hænger dels af råvaren dels af processen (Temple & Wilson, 1983).

I tabel 5.5 vises en oversigt over et skønnet forbrug af cadmium i EF midt i 80'erne samt en vurdering af de enkelte produkters mulighed for at kunne belaste kompost fremstillet af husholdningsaffald. Anvendelsen af cadmium er forbudt i Danmark med visse undtagelser, ligesom der kan gives dispensationer (Miljøministeriet, 1983). Af de produkter, hvortil der fortsat er tilladelse til anvendelse eller kan gives dispensationer, vurderes det, at kun køkkenredskaber, keramiske produkter, glasvarer o. lign. er relevante i forhold til kompostering af husholdningsaffald. Det udelukker dog ikke, at der kan forekomme en import af cadmium med produkter fra lande, hvor anvendelsen af cadmium ikke er reguleret.

Tabel 5.5

Cadmium forbrug i EF i midten af 80'erne (Christiansen et al., 1989a). Udviklingstendenser og cadmiumindhold i produkter vurderet på basis af Gram (1981) og Tötsch (1990).

Anvendelse	Forbrug ton/år	Fordeling %	Tendens ¹	Cadmiumindhold i produkt
Akkumulatorer	1.000 - 2.000	30	+	15 - 20 %
Cadmiering	1.000 - 1.500	25	-	70 g/m ² ved 8 µm (44 - 220 g/m ²)
Legeringer	200 - 400	6	-	op til 20 %
Pigmenter	1.100 - 1.200	23	-	op til 0,5 %
Stabilisatorer	600 - 1.000	16	-	0,2 %

1. + Stigende forbrug
- Faldende forbrug
0 Stagnerende forbrug
? Vides ikke

En lang række anvendelsesområder vurderes at kunne belaste kompost fremstillet af husholdningsaffald. De væsentligste beskrives kort herunder. Cadmium anvendt til overfladebehandling og i legeringer vurderes ikke at belast husholdningsaffald nævneværdigt; de to anvendelser er kort beskrevet under "andet".

Forureningen af komposten kan endvidere ske via produkter/affaldsfraktioner, der er forurenede med cadmium fra de ovennævnte områder fx madvarer og indholdet af støvsugerposer.

5.3.1 Akkumulatorer

Nikkel-cadmium (Ni-Cd) akkumulatorer forekommer i to udformninger.

Store åbne Ni-Cd celler, der anvendes til nødstrømforsyning, startbatterier til fly- og dieselmotorer og traktionsbatterier (hvor der er behov for en op-/afladnings cyklus) (Falk, 1984; Evjen & Catotti, 1984). Der eksiste-

rer i Sverige anlæg, der kan genanvende (store og små) Ni-Cd akkumulato-
rer (SAAB-NIFE i Oskarshamn) (Nilsson, 1990).

Små lukkede Ni-Cd celler (genopladelige Ni-Cd batterier), der anvendes som løse elementer i elektrisk udstyr, hvor genopladelige batterier foretrækkes, indbygget i batteridrevet værktøj, køkkenudstyr og legetøj, der skal oplades (Wiseman, 1984). Forbruget af genopladelige Ni-Cd batterier er opgjort til ca. 74 ton/år i slutningen af 80'erne (Christiansen *et al.*, 1989b).

Af de to nævnte batterityper er kun de små lukkede Ni-Cd batterier potentielt belastende for kompost, idet de store Ni-Cd akkumulato-
rer har industriel anvendelse. Der eksisterer indsamlingsordninger for batterier i AFAV-kommunerne (Flemming Skov, AFAV I/S, personlig kommunikation, oktober 1991), hvilket er medvirkende til at nedsætte sandsynligheden for forurening af affaldet med Ni-Cd batterier.

5.3.2 Plast (pigment)

Cadmumpigmenter omfatter cadmiumsulfid, (cadmium/zink)sulfid eller cadmium(sulfid/selenid). Cadmiumsulfid er gul. Blandinger med zinksulfid giver farver fra citrongul til gulgrøn, mens blandinger med cadmiumselenid giver farver fra orangerød til mørkerød (Christiansen *et al.*, 1989a).

Cadmumpigmenter anvendes primært til plast, der står for 80% af forbruget; keramiske pigmenter står for 8%, mens glas og overfladecoating står for de resterende 12% (Tötsch, 1990).

I tabel 5.6 er der vist en oversigt over plastprodukter, hvor cadmumpigmenter anvendes eller har været anvendt.

Tabel 5.6

Plastprodukter, hvor cadmiumpigmenter anvendes eller har været anvendt (Christiansen et al., 1989a).

Anvendelses-områder	Plastprodukter ¹ , eksempler	Plasttyper ² , typiske
Bolig- og kontorudstyr	skåle, skeer, tallerkner	MF, PA
	børster, fejobakker, papirkurve	PP, PE
	paletknive, hvidløgspreser, hanke, låg, knivskafter, beslag	PA
	stole, borde	PP, PVC
	armlæn, fletværk, lamelbånd	PVC
	bakker, systemkasser	PS
	ringbind, etuier, mapper, kuglepenne	PVC, PS, ABS
	toiletsæder	ureaplast, PP, PE
	kroge, holdere	PP, ABS, PVC
	termokander	ABS
Emballage	baljer, kasser, spande	PE, PP
	æsker, dåser, krukker, låg	PS, PVC, PE
	flasker, dunke	PE, PVC, PP, PC
Legetøj	kvalitetslegetøj	ABS
	dukker, baderinge	PVC
	gennemsigtige dele	PC, SAN
Maskiner og apparater	kabinetter til kaffemaskiner, hårdtør-rere, blendere, ure, fotoapparater, fjernsyn, laboratorieudstyr etc.	ABS, PP, PC, PS
	knapper, maskindele	PA, PS, teknisk plast
	rør, slanger	PVC, PE, teknisk plast
	ledninger, kabler	PVC, PE
Tekstil og beklædning	regntøj	PVC, PA
	styrthjelme	PC
	gummistøvler	PVC
	kunsthæder til tasker, kufferter, sko	PVC, PU
	dokumentmapper	ABS

1. En række produktgrupper vurderes ikke at være relevante for husholdningsaffald: biler, byggematerialer, rør og andet.
2. ABS: acrylnitril-butadien-styren, MF: melamin-formaldehyd, PA: polyamid, PE: polyethylen, PC: polycarbonat, PP: polypropylen, PS: polystyren, PU: polyurethan, PVC: polyvinylchlorid, SAN: styren-acryl-nitril.

Den danske regulering af anvendelse af cadmium trådte i kraft 1. januar 1984, men den gav samtidig mulighed for dispensationer i kortere eller længere tid på en række områder (Miljøministeriet, 1983). Områderne, hvor der blev åbnet mulighed for dispensationer eller givet permanente

dispensationer, vurderes dog ikke idag at være relevant for de produkter, der kan ende i husholdningsaffald. De mere permanente dispensationer gælder militær og transportsektoren. Tidligere gennemførte forsøg med indsamling af batterier viste, at batterier til militært formål forekom blandt batterier indsamlet fra private. Det kan derfor ikke udelukkes, at andre cadmiumholdige produkter beregnet på militær brug kan forekomme i almindeligt husholdningsaffald. Trods reguleringen af anvendelsen af cadmium, som også gælder importerede varer, viste en undersøgelse af cadmiumindholdet i 53 importerede produkter til beklædning, husholdning og legetøj, at 6 produkter ikke overholdt kravet om den højest tilladte koncentration af cadmium i produktets homogene dele (75 mg Cd/kg). Et produkt, der blev markedsført med dispensation fra Miljøstyrelsen, indeholdt 5.720 mg/kg (Rastogi *et al.*, 1987), tabel 5.7.

Tabel 5.7

Indhold af cadmium i en række produkter solgt i Danmark i 1987 (Rastogi et al., 1987).

Produkt	Producentland	Farve	Cadmiumindhold ¹ mg/kg
PVC-regnfrakke	Honkong	gul	450
Salatskål	Polen	rød	5.500
PVC-støvle	Italien	rød	5
PVC-regnoveralls	Italien	gul	657
PVC-dug	Frankrig	rød/hvid	6
Babvrangle	Taiwan	gul	5
Værktøjskasse	Finland	rød	154
Stabelkasse	?	orange	1.110
Isspand/flaskekøler	Tidl. Vesttyskland	rød	4.350
Paletske	Danmark	gul	5.720 ²

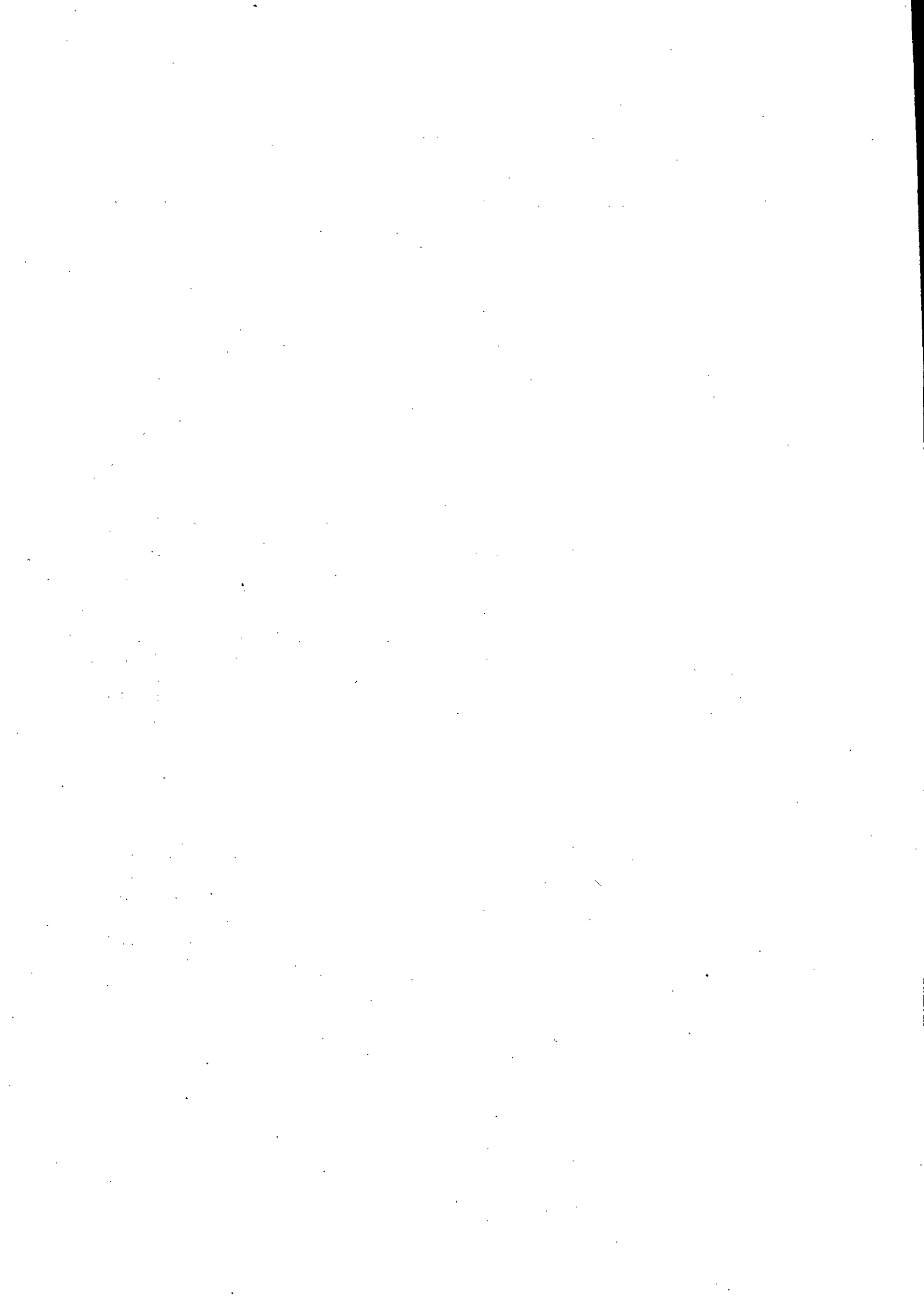
1. Detektionsgrænsen var 5 mg/kg.

2. Produktet blev markedsført med dispensation fra Miljøstyrelsen.

Dispensationer til produkter af typen nævnt i tabel 5.5 er formodentligt kun blevet uddelt for en kortere årrække i modsætning til dispensation til cadmiumpigmenter til fx naturgasrør. Tabellen indikerer, at kontrollen med cadmiumindholdet i importerede produkter ikke er/har været effektiv nok. Det er derfor rimeligt at antage, at der stadigvæk forekommer en ulovlig import af cadmiumholdige produkter fx i form af produkter, der har vanskeligheder med at overholde grænsen på 75 mg/kg.

5.3.3 PVC (stabilisator)

Cadmium anvendes til stabilisering af PVC i form af barium/cadmium-stabilisatorer. Stabilisatorerne er sammensat af forskellige forhold af barium/cadmiumsulte af carboxylsyrer (Andreas, 1987). Cadmiumstabilisatorerne anvendes i PVC primært, hvor der er behov for at modvirke den nedbrydende effekt af ultraviolet lys, dvs. til udendørs formål (Christiansen *et al.*, 1989a). Som det fremgår af tabel 5.8 har cadmiumstabilisatorer gennem tiden været anvendt i de fleste PVC-produkter.



Tabel 5.8

PVC-produkter, hvor cadmiumstabilisatorer anvendes eller har været anvendt (Christiansen et al., 1989a).

Anvendelses-områder	Produkter ¹ , eksempler
Bolig- og kontorudstyr	borde, stole, armlæn, fletværk, lamelbånd, foliebelagt træ, spånplader
	ringbind, etuier, mapper, charteques
	gardiner, voksduge, lampeskærme, gummibagklædning på gulvtæpper, vinyl til gulv- og vægbeklædning
Legetøj	dukker, baderinge, gummihjul
Maskiner og apparater	tætningslister, slanger, isolering om el-ledninger og kabler
	foliebeklædning på fjernsyn, højtalere etc.
Slanger	vandslanger, trykluftsslanger etc.
Tekstil og beklædning	regntøj, tasker og sko (kunstlæder), gummistøvler, skosåler

1. En række produktgrupper vurderes ikke at være relevante for husholdningsaffald: biler, bygge- og anlægsmaterialer og andet.

Ingen af de i tabel 5.8 nævnte produktområder, der er relevante for husholdningsaffald, er eller har været omfattet af dispersionerne for anvendelse af cadmium (Miljøministeriet, 1983). Men det gør sig ligeledes her gældende, at der kan forekomme importerede PVC-produkter, som er stabiliseret med cadmium. En del af produkterne har en lang levetid, hvilket betyder, at det ikke kan udelukkes, at der idag kan forekomme produkter i affaldsstrømmen, der stammer fra før cadmiumreguleringens tid.

5.3.4 Andet

Cadmiering har to egenskaber, der gør det anvendeligt til overfladebehandling. Cadmium er mindre ædelt end stål og kobber, hvorfor det yder disse metaller en perfekt korrosionsbeskyttelse, og det giver samtidig korrosionsprodukter, der har samme vedhæftningsevne og volumen som cadmiumbelægningen. Det har ydermere en lille friktionskoefficient, og det anvendes derfor, hvor metal skal glide på metal. Cadmiering finder således anvendelse inden for aero-teknologi, bilindustri, motorer og maskiner, præcisionsinstrumenter, ovne og brændere samt musikinstrumenter (Tötsch, 1990; Miljøministeriet, 1983). Cadmierede produkter vurderes på basis af ovennævnte anvendelsesområder ikke at være potentielt belastende for kompost fremstillet af husholdningsaffald.

Cadmium anvendes i *legeringer* til fx lodning, kabelkapper. Cadmiumholdigt loddemateriale anvendes fx til lodning på tinsager mv., der kun tåler lav loddetemperatur (Gram, 1981). Cadmium anvendes i andre legeringer med henblik på at give egenskaber som: resistens overfor temperaturændringer, dispersionshærdning, slidstyrke, flyderesistens og korrosionsresistens. Der kan være tale om fx Ag-Cd(10%) legeringer til elektriske kontakter og Cu-Cd(0,5 - 0,8%) legeringer til elektroder (Cole & Carr,

1983). Cadmiumlegeringer anvendes til tekniske formål, hvorfor de ikke vurderes at være potentielt belastende for kompost fremstillet af husholdningsaffald.

Madvarer

5.3.5 Indirekte belastede produkter

Cadmiumindholdet i madvarer har været genstand for mange undersøgelser, og der er fundet meget varierende indhold (Friberg *et al.*, 1990). I tabel 5.9 vises nogle intervaller.

Tabel 5.9

*Gennemsnitskoncentrationer af cadmium i madvarer (Friberg *et al.*, 1990)*

Produkt	Cadmiumindhold (mg/kg våd vægt)
Oksekød	0,005 - 0,02
Oksenyre	0,2 - 1,3
Fisk (undtaget krabbe)	0,004 - 0,1
Østers	0,1 - 4,7
Hvede	0,005 - 0,08
Ris	0,008 - 0,13
Kartofler	0,01 - 0,06
Mælk	0,00017 - 0,002

Levnedsmiddelstyrelsen følger løbende med i indholdet af tungmetaller i fødevarer. I det efterfølgende præsenteres et sammendrag af delresultaterne fra "Overvågningsprogram for sporelementer i levnedsmidler, 1988 - 1992", tabel 5.10. Det højeste indhold af cadmium i fødevarer ses i kødprodukter, hvor indholdet i enkelte prøver af henholdsvis gåselever og oksenyre ligger over overvågningsværdierne for de pågældende produkter (Miljøministeriet, 1985). Enkelte af kødprøverne har et cadmiumindhold, der efter opkoncentrering under kompostering, vil bidrage positivt til kompostens indhold af cadmium. Der ses at være en rimelig overensstemmelse mellem de udenlandske undersøgelser sammenfattet af Friberg *et al.* (1990) og resultater fundet af Levnedsmiddelstyrelsen.

Lever- og nyreprodukternes andel af det samlede affald vurderes at være forsvindende.

Tabel 5.10

Indhold af cadmium i levnedsmidler (mg/kg friskvægt).

År	Prøvetype	Antal	Interval ¹	Gennemsnit ¹ ± standardafvigelse	Median ¹	Reference
1988	Andelever	7	0,111 - 0,242	0,185 ± 0,049	0,193	Rasmussen & Larsen (1989)
	Gåselever	2	0,048 - 0,501	0,274 ± 0,320	0,274	
	Kalkunlever	5	0,037 - 0,136	0,076 ± 0,040	0,071	
	Kyllingelever	35	0,008 - 1,22	0,110 ± 0,249	0,026	
	Kalvelever	49	0,018 - 0,417	0,060 ± 0,061	0,046	
	Okselever	48	0,027 - 0,813	0,119 ± 0,116	0,096	
	Okselever (udl.)	3	0,036 - 0,095	0,065 ± 0,030	0,063	
Kalvenyre	50	0,041 - 0,98	0,192 ± 0,171	0,132	0,552	
Oksenyre	50	0,169 - 2,16	0,665 ± 0,378			
1989	Fårekød	10	0,003 - 0,60	0,076 ± 0,184	0,015	Rasmussen & Pedersen (1990)
	Lammekød	7	0,001 - 0,038	0,013 ± 0,014	0,008	
	Svinekød	125	(0) - 1,36	0,032 ± 0,136	0,003	
1989	Kartofler (DK)	32	0,003 - 0,051	0,020 ± 0,010	0,018	Mortensen & Pedersen (1990)
	Kartofler (udl.)	10	0,002 - 0,101	0,027 ± 0,033	0,010	
1989	Spinat ²	11	0,035 - 0,182	0,087 ± 0,041	0,078	Peterson & Pedersen (1990)
	Blomkål	12	(0) - 0,009	0,006 ± 0,003	0,006	
	Porre	15	(0) - 0,097	0,026 ± 0,022	0,021	
	Gulerød	13	0,012 - 0,052	0,031 ± 0,013	0,028	
	Selleri	14	0,048 - 0,230	0,092 ± 0,049	0,071	
	Rosenkål	13	(0,004) - 0,030	0,014 ± 0,008	0,013	
	Løg	13	(0) - 0,058	0,016 ± 0,014	0,014	
	Tomat	14	(0) - 0,018	0,008 ± 0,006	0,007	
	Iceberg salat	7	0,010 - 0,055	0,023 ± 0,014	0,017	
	Kinakål	12	(0) - 0,035	0,013 ± 0,012	0,011	
	Champignon	10	0,011 - 0,053	0,023 ± 0,012	0,017	
	Agurk	14	(0) - 0,010	(0,003) ± (0,003)	(0,001)	
	Bønne	10	(0) - 0,005	(0,001) ± (0,002)	(0)	
	Hvidkål	15	(0) - 0,012	0,007 ± 0,003	0,007	
	Rødbede	14	0,005 - 0,098	0,036 ± 0,024	0,026	
	Grønkål	13	0,009 - 0,046	0,024 ± 0,012	0,026	
	Peberfrugt ³	10	(0) - 0,018	0,005 ± 0,007	(0)	
	Blomkål	10	(0) - 0,022	0,008 ± 0,007	0,008	
	Bladselleri	6	0,014 - 0,049	0,034 ± 0,010	0,033	
	Gulerod	10	(0,001) - 0,041	0,020 ± 0,013	0,019	
	Agurk	11	(0) - 0,008	(0,001) ± (0,002)	(0)	
	Kinakål	10	(0) - 0,015	0,008 ± 0,004	0,007	
	Løg	10	(0) - 0,027	0,009 ± 0,007	0,007	
	Tomat	10	(0,001) - 0,028	0,012 ± 0,007	0,011	
	Iceberg salat	10	(0) - 0,025	0,008 ± 0,009	(0,003)	
	Hovedsalat	10	0,012 - 0,147	0,052 ± 0,042	0,035	
	Champignon	3	0,006 - 0,034	0,017 ± 0,012	0,010	

1. Cadmiumkoncentrationer angivet i parentes ligger under detektionsgrænsen.
2. Danske produkter.
3. Udenlandske produkter.

Indhold i støvsugerposer

Tjell *et al.* (1981) har undersøgt indholdet af tungmetaller i husstøv tilbage i 1979 og fundet, at gennemsnitsindholdet af cadmium lå på 7,0 mg/kg TS. Denne undersøgelse er senere fulgt op i 1991, hvor gennemsnitsindholdet er bestemt til 4,1 mg/kg TS (Huvio, 1991). De foreliggende data er sammenstillet i tabel 5.11. Baseret på Tjell *et al.* (1981) og

Huvio (1991) ses cadmiumindholdet i husstøv at være faldet 41% (middelværdi) i perioden 1979 - 1991.

Tabel 5.11

Indhold af cadmium i husstøv (mg Cd/kg TS).

Antal	Middelværdi	Standardafvigelse	Geometrisk middelværdi	Median	Interval	Reference
17	7,0	6,2	-	4,1	2,5 - 25	Tjell <i>et al.</i> (1981); Jens Christian Tjell, Lab. f. Teknisk Hygiejne, DTH, personlig kommunikation oktober 1991
18	4,1	4,5	2,6	2,8	0,2 - 20,6	Huvio (1991)

Krause *et al.* (1987) har undersøgt nedfaldet af støv i 1822 tyske husholdninger, og de har fundet en gennemsnitlig deposition af cadmium på 0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{dag}$. De fandt generelt en større deposition i by- og industriområder i forhold til landområder, hvilket ikke er overraskende. Gennemsnitsdepositionen af støv er angivet til 7,3 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{dag}$, hvilket giver en cadmiumkoncentration i støv på 2,7 mg/kg TS. Undersøgelser af cadmiumindholdet i gadestøv i England i 1988 viser varierende gennemsnitsværdier (2,5 - 3,6 mg/kg TS, medianværdier) beregnet ud fra meget store intervaller (< 1,2 - 20 mg/kg TS). Gennemsnitsindholdet af cadmium i husstøv i England i 1988 angives til 6,8 - 22 mg/kg TS (medianværdier) (interval: < 1 - 840 mg/kg TS) (Fergusson & Kim, 1991). Prøverne er udtaget meget forskellige steder, hvorfor de ikke er umiddelbart sammenlignelige, men de giver et indtryk af variationen.

5.4 Andre kilder

5.4.1 Industrielle kilder

Det Danske Stålvalseværk A/S er den væsentligste industrielle kilde til forurening med tungmetaller i den vestlige del af Frederiksborg Amt. Emissionen af støv og tungmetallerne bly og cadmium er tilsyneladende ikke faldet efter 1986/87, hvor virksomheden gennemførte en række emissionsbegrænsende foranstaltninger, tabel 5.12; målingerne fra januar 1991 viser derimod et tydeligt fald i emissionen. Bly- og cadmiumindholdet i grøntsager dyrket i omegnen af Frederiksværk er blevet undersøgt i 1982, og undersøgelsen er gentaget i 1987. Der er fra 1982 til 1987 sket en forøgelse i grøntsagernes blyindhold, der med salat som undtagelse er blevet fordoblet siden 1982 (Nielsen *et al.*, 1989). Resultaterne af undersøgelsen fra 1987 er vist i tabel 5.13.

Tabel 5.12

Årlig emission af støv, bly og cadmium fra Det Danske Stålvalseværk A/S (kg/år).

Årstal	Støv	Bly	Cadmium	Reference
1986	76.644	1.221	84	Nielsen <i>et al.</i> (1989); Embedslægeinstitu- tionen (1990)
1987	60.792	1.536	107	
1989	61.600	6.698	-	
1991	2.284	407	32	Falster (1991) ¹

1. Den årlige emission er beregnet ud fra middelemmissioner fra filterbygningen, og den omfatter således ikke, som i de tidligere målinger, emissionen fra pladeværkets slabsovn 2 og fra kontiværkets knippelovn. Emissionen fra de to sidstnævnte ovne udgjorde tidligere mindre end 1% af den samlede emission.

Tungmetalbelastningen omkring Det Danske Stålvalseværk A/S i 1977 og i 1982, og tungmetalgradienter er bestemt ved såvel våddeponeringsmetoden som biologisk monitorering med lav (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.) (Vestergaard *et al.*, 1986). Undersøgelsen omhandler ikke den aktuelle emission (kvantitativt), idet gradienter ikke afhænger af den totale emission, men derimod af partikkelstørrelsesfordelingen i den aktuelle emission. Undersøgelsen kan derfor bruges til at vurdere, hvorlangt de emitterede tungmetaller vil bevæge sig (under forudsætning af at partikkelstørrelsesfordelingen ikke har ændret sig væsentligt).

Emissionen af bly og cadmium fra Det Danske Stålvalseværk A/S vurderes ikke at have indflydelse på kompostens indhold af tungmetallerne som følge af nedfald på kompostmilerne, da den maksimale transportlængde for bly og cadmium er estimeret til ca. 4.000 m. Emissionerne vil derimod have indflydelse på baggrunds niveauet i Frederiksværk med forhøjede niveauer i husstøv, grøntsager og haveaffald. Indholdet af bly og cadmium i grøntsager og jord indsamlet i omegnen af Frederiksværk ses i tabel 5.13.

Tabel 5.13

Bly- og cadmiumindhold i forskellige grøntsager samt jordprøver udtaget på de samme lokaliteter (mg/kg TS). Prøverne er indsamlet i 1987. (Nielsen et al., 1989).

Metal	Prøvetype	Antal	Interval ¹	Gennemsnit ¹ ± standardafvigelse	Median ¹
Bly	Jord	8	15 - 124	55 ± 41	47
	Kartofler	8	0,023 - 0,062	0,041 ± 0,011	0,041
	Gulerødder	8	0,018 - 0,082	0,052 ± 0,023	0,055
	Salat, skyllet	8	0,029 - 0,130	0,085 ± 0,033	0,096
	Salat, uskyllet	8	0,044 - 0,334	0,210 ± 0,111	0,248
	Grønkål, skyllet	8	0,25 - 1,07	0,34 ± 0,51	0,31
	Grønkål, uskyllet	8	0,42 - 1,48	0,76 ± 0,46	0,49
Cadmium	Jord	8	0,21 - 0,93	0,47 ± 0,29	0,39
	Kartofler	8	0,011 - 0,035	0,022 ± 0,008	0,019
	Gulerødder	8	0,016 - 0,104	0,045 ± 0,029	0,031
	Salat, skyllet	8	0,024 - 0,165	0,076 ± 0,047	0,083
	Salat, uskyllet	8	0,023 - 0,133	0,071 ± 0,041	0,076
	Grønkål, skyllet	8	0,016 - 0,049	0,037 ± 0,011	0,040
	Grønkål, uskyllet	8	0,017 - 0,050	0,038 ± 0,011	0,040

Det højeste indhold af bly i grøntsager indsamlet i Frederiksværk ses i bladgrøntsagerne salat og grønkål. Skyllet salat, der indeholder $0,085 \pm 0,033$ mg Pb/kg TS, kan sammenlignes med importeret hovedsalat, der indeholder $0,104 \pm 0,067$ mg Pb/kg friskvægt (Petersen & Pedersen, 1990), og da sidstnævnte værdi er baseret på vådvægt, ligger det faktiske blyindhold i den skyllede salat under indholdet i den importerede salat. Skyllet grønkål, der indeholder $0,34 \pm 0,51$ mg Pb/kg TS, kan sammenlignes med dansk grønkål, der indeholder $0,069 \pm 0,027$ mg Pb/kg friskvægt (Petersen & Pedersen, 1990), og selv om indholdet i den danske grønkål korrigeres for vandindhold ligger blyindholdet i grønkålen dyrket i Frederiksværk over gennemsnitsindholdet i dansk grønkål. De uskyllede prøver ses at indeholde mere bly end de skyllede, og det er mest udtalt for salat, hvilket sandsynligvis skyldes, at salat er nemmere at vaske pga. overfladestrukturen.

De uskyllede grøntsager vurderes ikke at have et blyindhold, der bidrager væsentligt til kompostens indhold af bly.

Cadmiumindholdet i grøntsager dyrket i Frederiksværk er ikke væsentligt højere end indholdet set i danske og udenlandske grøntsager.

5.4.2 Afsmitning

Afsmitning med tungmetaller vurderes ikke at bidrage med signifikante mængder af bly og cadmium til den færdige kompost (Anne Bechsgaard, Birger Lund A/S, personlig kommunikation 1. november 1991).

5.4.3 Atmosfærisk nedfald

Det atmosfæriske nedfald af tungmetaller i Nordsjælland (Frederiksborg skovdistrikt, 1989) er fundet til 5,4 mg Pb/m²/år og 0,11 mg Cd/m²/år (Brodersen & Hovmand, 1990). På basis af baggrundsdepositionen kan bidraget til kompostens tungmetalindhold estimeres til 0,007 - 0,012 mg Pb/kg TS og 0,00016 - 0,00024 mg Cd/kg TS.

6. Produktanalyser

6.1 Udvælgelse af produkter

Undersøgelse af bly- og cadmiumindhold i en række produkter skal sammen med resultaterne fra affaldsanalysen og tungmetalanalyserne på udvalgte affaldsfraktioner medvirke til opstilling af en massebalance for bly og cadmium over komposteringsprocessen.

Udvælgelsen af produkter til analyse foretages på basis af:

- resultater fra affaldsanalysen
- resultater fra tungmetalanalyserne på affald
- andre oplysninger om tungmetaller i affald
- forventning om hvilke produkter, der kommer videre end forkomposteringen.

Komposteringsprocessen

Forkomposteringen hos AFAV efterfølges i øjeblikket af en sigtning gennem et sold, der tillader passage af affald med en diameter mindre end 25 mm (fx toppen af et blysvøb, der har en diameter på ca. 20 mm). Under forkomposteringen sker en rivning, hvorved plastposer flænses, mens hårdt plast og metalgenstande ikke findeles. Det forekommer derfor sandsynligt, at kilderne til belastningen skal findes i produkter, der inden forkomposteringen er af lille størrelsesorden. Større produkter, der frasorteres efter forkomposteringen, kan kontaminere komposten ved afsmitning under forkomposteringen.

pH

Temperatur- og pH-forløbet under forkompostering kendes ikke, men pH er bestemt før og efter forkompostering. I affald er der målt pH 4,9 (4,3 - 5,5), i råkomposten er der målt pH 5,7 (4,3 - 6,5) og i den modne kompost er der målt pH 7,0 (5,4 - 8,1) (Lone Lykke Nielsen, Miljøstyrelsen, personlig kommunikation, september 1991).

Tysk affald

I tabel 6.1 vises resultater af en tysk affaldsundersøgelse, hvor tungmetallindholdet i affald er relateret til forskellige affaldsfraktioner. Fordelingen er vist for affald inklusiv henholdsvis eksklusiv metal. Af tabellen ses, at det væsentligste blybidrag i affald uden metaller findes i fraktionen "< 40 mm", der bidrager med 87% til det samlede blyindhold, mens kunststof bidrager med 81% til det samlede cadmiumindhold. Af tabellen ses ligeledes, at metalfraktion giver det væsentligste bidrag til bly- og cadmiumindholdet i affald med metal, idet fraktionen bidrager med henholdsvis 65% og 74%. Bidraget fra fraktionerne "< 40 mm" og kunststof falder til henholdsvis 30% af blyindholdet og 22% af cadmiumindholdet.

Tabel 6.1

Fordeling af tysk husholdningsaffald på de forskellige fraktioner samt fordeling af bly og cadmium på forskellige affaldsfraktioner (uden og med metalfraktion, basis: vådvægt) (Bidlingmaier, 1990).

Fraktion	Fordeling %	Bly (%)		Cadmium (%)	
		- metal	+ metal	- metal	+ metal
Papir	17,8	5,5	1,9	2,0	0,5
Kunststof ¹	7,0	1,7	0,6	81,0	21,5
Organisk materiale	17,5	1,5	0,5	2,3	0,6
Metaller	4,2	0	65,2	0	73,5
Glas	7,9	4,5	1,6	0,0	0,0
Inert	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Træ	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Læder	1,7	0,1	0,0	0,4	0,1
< 40 mm	37,1	86,8	30,4	14,2	3,8
Ialt	100	100	100	100	100

1. Plast, kunstlæder mv.

Ved at sammenholde analyseresultaterne af bly- og cadmiumindholdet i forskellige affaldsfraktioner (se 3.4 "Resultater") med den fundne fordeling mellem affaldsfraktionerne og de refererede bly- og cadmiumindhold i tysk affald (tabel 6.1) ses, at kilderne skal søges indenfor grupperne:

- papir (Pb)
- plast(folie) (Pb, Cd)
- metaller (Pb, Cd)
- < 40 mm (Pb, Cd)

I tabel 6.2 er der givet en oversigt over de udvalgte produkttyper til tungmetalanalyser. En nærmere argumentation for udvælgelsen af de forskellige produkter er givet efter tabellen.

Tabel 6.2

Oversigt over udvalgte produkttyper til analyse for tungmetaller. De enkelte produkter er nærmere beskrevet i bilag 4.

Materiale	Produkttype
Papir	Tissue (køkkenrulle mv.)
	Pulpbakker ¹
	Reklamer
Plast	Affaldsposer
	Bæreposer
Bleer	Fyld
	Plast
Blesnipper	PVC

1. Med pulpbakker menes fx grøntsagsbakker, der er fremstillet af papirmasse (pulp) ved at papirmassen presses i den ønskede form.

6.1.1 Papir

Papir er som materiale betragtet komposterbart, men det er normalt uønsket i komposten pga. ønsket om at genbruge tørt papir til fremstilling af returpapir. Undtaget herfra er tissues der, udover at være fugtigt og snavset, er fremstillet af korte fibre, hvorfor de ikke er egnede til genbrug.

Tungmetalanalyserne af de forskellige papirtyper kan medvirke til at be- eller afkræfte, at der forekommer tungmetaltholdige trykfarver på fx reklametryksager (bruges ikke i DK i følge branchen). De tungmetaltholdige trykfarver kunne formodes at forekomme på tryksager trykt i udlandet.

Analyserne af pulpbakkerne, der angives af producenterne at være bionedbrydelige/komposterbare, og tissues fremstillet af returpapir skal bidrage med oplysninger om, hvorvidt tungmetallerne følger papirfibrene gennem oparbejdningsprocessen. Oplysninger fra en importør/producent viser, at blyindholdet i pulp ligger i intervallet 0,4 - 3,5 ppm, mens cadmiumindholdet ligger i intervallet 0,17 - 0,44 ppm (Doedens *et al.*, 1988).

Tungmetaltholdige farver kunne ligeledes tænkes at være anvendt i tissues (køkkenrulle mv.), der er importeret og forhandlet af billigvarekæder (discount), da tungmetaltholdige farver, som tidligere nævnt, er nogle af de billigste, der kan fås.

6.1.2 Plast

Plast udgør den største andel af rødt affald i det grønne affald. En del af plastfolien (grønne originalposer) er korrekt placeret, og de skulle sammen med de øvrige plastposer og andre genstande af plast blive frasorteret efter forkomposteringen. Det er dog ikke altid tilfældet, idet der under forsøgsperioden med tromlekompostering af grønt affald blev fundet 0,5 - 2% plast i den færdige kompost (Hirsbak *et al.*, 1990).

Analyserne på de forskelligt farvede plastposer skal medvirke til at belyse om gule, orange og røde poser er pigmenterede med Cd- og/eller Pb-for-

bindelser samt afkræfte, at de originale poser indeholder tungmetallerne bly og cadmium.

Almindelige plastbæreposer er i stort omfang anvendt til affaldsposer, hvorfor de er udvalgt til analyse.

6.1.3 Metaller

Metalfraktionen udgør en ganske beskedne mængde af den samlede mængde (sorteret) komposterbart affald, idet indholdet kan opgøres til ca. 0,3% (ca. 3 kg, marts) og ca. 0,4% (ca. 2 kg, juni). Heraf udgjorde (dele af) blysvøb 2,5 g og 4,4 - 10 g. Det lave indhold af metaller i affaldet sammenholdt med de opnåede analyseresultater og en formodning, om at kun en ringe del af de forekommende metaller vil passere gennem et sold, medfører at identificerbare produkter sandsynligvis vil bidrage med en ubetydelig del af den samlede tungmetalbelastning.

I en undersøgelse med podning af affald med fx blysvøb ses en lav stigning i kompostens blyindhold indtil dag 10, hvorefter der sker en kraftigere stigning i blyindholdet. Efter 14 dage kan blysvøbet kun delvist adskilles fra komposten, og den kraftige nedbrydning tilskrives primært mekanisk nedbrydning (van Roosmälen *et al.*, 1987).

Blylodninger i fx dåser (på indersiden (og ofte under lak)) vil være langt mindre tilgængelig for mekanisk og fysisk/kemisk nedbrydning (temperatur/pH) end produkter af (næsten) 100% bly.

6.1.4 < 40 mm

Bidlingmaier (1990) angiver denne fraktion som en væsentlig kilde til belastning af affaldet med bly, men denne fraktion er ikke indgået i nærværende undersøgelse. Fraktionen vil bestå af komponenter, der er af en størrelsesorden, der gør, at de vil kunne blive overset i en håndsortering, som der er gennemført i nærværende undersøgelse, og derfor ende i madaffaldsfraktionen. Den vil samtidig med stor sandsynlighed ikke blive tilbageholdt ved en sigtning.

6.1.5 Kapsler og korkpropper

Kapsler og korkpropper viser et blyindhold på henholdsvis 9,2 - 13 ppm og 5,2 - 94 ppm, men på grund af deres ringe forekomst i affaldet, vil deres tungmetalindhold ikke have nævneværdig indflydelse på tungmetalindholdet i den færdige kompost.

6.2 Prøveopberedning

Papir og plast

De udvalgte prøver af tissue, pulpbakker, plastfolie (affaldsposer og bæreposer) og blesnipper er neddelt ved hjælp af saks til ca. 1 × 1 cm.

Reklamer

De udvalgte reklamer er blevet neddelt ved hjælp af en makulator efter fjernelse af klips mv.

Bleer

De udvalgte bleer er blevet adskilt i fyldmateriale og plast, hvorefter fyldet er blevet plukket i stykker af ca. 1 × 1 cm og plastmaterialet er blevet neddelt ved hjælp af saks til ca. 1 × 1 cm.

6.3 Analysemetoder

Se afsnit 3.3 "Analysemetoder".

6.4 Resultater

Analyseresultaterne for de udvalgte plastprodukter, papirprodukter og bleer er vist i henholdsvis tabel 6.3, 6.4 og 6.5, mens analyseresultaterne i sin helhed er gengivet i bilag 3.

6.4.1 Papir

I tabel 6.3 er indholdet af bly og cadmium i forskellige papirprodukter vist.

Tabel 6.3
Indhold af bly og cadmium i udvalgte papirprodukter.

Affaldsfraktion	n	cadmium (mg/kg (TS))			bly (mg/kg (TS))		
		middel-værdi	standard-afvigelse	interval	middel-værdi	standard-afvigelse	interval
Tissues	8	< 0,02	-	< 0,01 - 0,020	0,43	0,16	< 0,1 - 0,59
Pulpbakker ¹	4	0,046	0,026	0,025 - 0,084	2,9	4,0	0,28 - 8,8
Reklamer	8	0,027	0,021	< 0,01 - 0,063	1,5	0,39	1,0 - 2,0
Reklame ²	1	0,067	-	-	40,6	-	-
Reklame, ny præparation ²	1	0,039	-	-	32	-	-
Reklame, ny neddeling ³	1	0,037	-	-	27,3	-	-

1. Der indgår udover analyser af pulpbakker en analyse på en foldebakke fremstillet af karton.
2. Analyserne er foretaget på den samme reklame på to forskellige prøvepræparationer.
3. Analysen er foretaget på en tilsvarende reklame som (2), men der er foretaget en ny neddeling og prøvepræparation.

Gennemsnitsindholdet af cadmium i tissues ligger under detektionsgrænsen (< 20 µg/kg TS).

Gennemsnitsindholdet af cadmium i grøntsagsbakker af returpapir og pulpbakker ligger på 46 µg/kg TS, og indholdet i de enkelte prøver ligger i intervallet 25 - 84 µg/kg TS. Variationen mellem de forskellige prøver er større end for tissues, idet %RSD kan beregnes til 57%.

I reklamer ses et gennemsnitsindhold af cadmium på 30 µg/kg TS, og indholdet i de enkelte prøver ligger i intervallet < 10 - 67 µg/kg TS. Variationen mellem de forskellige prøver er stor, idet %RSD kan beregnes til 97%.

Gennemsnitsindholdet af bly i tissues ligger på 0,43 µg/kg TS, og indholdet i de enkelte prøver ligger i intervallet < 0,1 - 0,59 mg/kg TS. %RSD kan for de forskellige prøver beregnes til 37%, hvilket betyder, at der er en relativt stor variation mellem de enkelte prøver. Variationen er dog af mindre betydning pga. det lave niveau, hvorpå gennemsnittet ligger.

I grøntsags- og pulpbakker af genbrugspapir ses indholdet af bly at ligge i to grupper (lavt og højt blyindhold), hvor den ene er 0,28 - 0,55 mg/kg TS, mens den anden er 2,0 - 8,8 mg/kg TS.

Gennemsnitsindholdet af bly i reklamer fordeler sig markant i to grupper, hvor indholdet i den ene gruppe ligger i intervallet 1,0 - 2,0 mg/kg TS (%RSD = 26%), mens den anden gruppe, bestående af flere analyser på den samme reklame, ligger i intervallet 27 - 41 mg/kg TS. Variationen mellem de forskellige resultater i den første gruppe skyldes, at prøverne, trods neddeling ved makulering, er heterogene.

6.4.2 Plast

I tabel 6.4 er indholdet af bly og cadmium i forskellige palstfolieprodukter vist.

Tabel 6.4

Indhold af bly og cadmium i udvalgte plastfolieprodukter.

Affaldsfraktion	n	cadmium (mg/kg (TS))			bly (mg/kg (TS))		
		middel-værdi	standard-afvigelse	interval	middel-værdi	standard-afvigelse	interval
Bæreposer	7	0,030	0,017	< 0,01 - 0,068	0,22	0,14	0,15 - 0,49
Bærepose, rød gennemfarvet	1	< 0,01	-	-	100	-	-
Affaldspose, rød	1	0,017	-	-	1.350	-	-
Affaldspose, grøn - original	1	< 0,01	-	-	< 0,1	-	-

Gennemsnitsindholdet af cadmium i bæreposer og affaldsposer ligger i intervallet < 10 - 68 µg/kg TS. Der er en relativt stor variation mellem de enkelte prøver. Variationen er dog af mindre betydning pga. det lave niveau, hvorpå gennemsnittet (24 µg/kg TS) ligger.

Gennemsnitsindholdet af bly i plastfolieprodukterne fordeler sig i to grupper. I den ene gruppe er der fundet meget lave koncentrationer af bly i intervallet < 0,1 - 0,49 mg/kg TS samt < 0,1 mg/kg TS (grøn affaldspose), mens der er fundet 1.350 og 100 mg/kg TS i henholdsvis en rød affaldspose (gennemfarvet) og en rød bærepose (gennemfarvet). Variationen mellem de forskellige prøver med lavt indhold af bly er relativt stor.

Blyindholdet i de røde poser svarer til henholdsvis 0,14% og 0,01% bly, hvilket er i den lave ende for plast pigmenteret med blyholdige pigmenter. For de øvrige plastbæreposer, der primært er hvide poser dekoreret med tryk, gælder det, at blyindholdet er så lavt, at det ikke giver anledning til at tro, at posernes reklame/dekoration er trykt med blyholdig farve.

6.4.3 Bleer mv.

I tabel 6.5 er indholdet af bly og cadmium i forskellige plastfolieprodukter vist.

Tabel 6.5**Indhold af bly og cadmium i udvalgte engangsbleer og blesnipper**

Produkt	n	cadmium (mg/kg (TS))			bly (mg/kg (TS))		
		middel-værdi	standard-afvigelse	interval	middel-værdi	standard-afvigelse	interval
Ble, fyld	2	< 0,01	-		< 0,1	-	-
Ble, plast	2	0,039	-	< 0,02 - 0,039	< 0,2	-	
Blesnipper	1	< 0,01	-	-	< 0,1	-	-

Der er ikke fundet et nævneværdigt indhold af bly og cadmium i engangsbleer og blesnipper.

7. Massebalancer

7.1 Forudsætninger for opstillingen af en massebalance

Forudsætninger

Opstillingen af en massebalance for en komposteringsproces kræver fastlæggelse af en række forudsætninger, hvoraf nogle fremgår af de gennemførte analyser, mens andre bygger på kendskab til komposteringsprocessen. I tabel 7.2 vises en oversigt over de intervaller de forskellige målte parametre optræder i og de anvendte reduktionsfaktorer (et udtryk for hvor meget af det oprindelige tørstofindhold, der forsvinder i form af CO₂ ved komposteringsprocessen).

Målte parametre

Affaldssorteringen giver oplysninger om affaldets sammensætning af forskellige fraktioner angivet i % baseret på våd vægt. Ved hjælp af tørstofindholdet, der er bestemt for de forskellige fraktioner, beregnes sammensætning af forskellige fraktioner i affaldet baseret på tørvægt.

Tungmetalindholdet i de forskellige fraktioner er bestemt i forhold til tørstofindholdet. Tungmetalbidraget til den resulterende kompost fra de forskellige fraktioner beregnes ud fra tungmetalkoncentrationerne og fordelingen af fraktioner baseret på tørstofindhold.

De forskellige affaldsfraktioner vil pga. deres forskellige karakter blive omsat i forskellig grad. Omsætningsgraden for de forskellige fraktioner kendes ikke eksakt, men i tabel 7.2 gives et bud på de forskellige omsætningsgrader udtrykt ved en reduktionsfaktor.

Beregningsmetoden åbner mulighed for at fastsætte en given reduktionsfaktor for hver af de i beregningerne indgående fraktioner. Det er valgt at sætte reduktionsfaktorerne for de komposterbare fraktioner samt papir til 0,5, idet denne værdi er anvendt til tidligere gennemførte beregninger (Hoffmann *et al.*, 1989). Reduktionsfaktorerne for de ikke-komposterbare fraktioner sættes til 1,0.

Bidraget til kompost(materiale) fra de forskellige fraktioner beregnes ud fra den faktiske mængde tørt affald fordelt på fraktioner og reduktionsfaktorerne for de respektive fraktioner.

Reduktionsfaktor for AFAV

Hirsbak *et al.* (1990) beregner det normerede tungmetalindhold i kompost ud fra den forudsætning, at tørstoffet i moden kompost udgøres af 40% aske og 60% organisk materiale. Med 50% omsætning af organisk materiale fås en reduktionsfaktor på 0,625. Den her nævnte omsætning tager udgangspunkt i sigtet råkompost; den angivne reduktionsfaktor indeholder således ikke omsætningen af organisk materiale i tromlen.

Red.faktor for AFAV idag

I det aktuelle forsøg med kompostering af kildesorteret husholdningsaffald i "De grønne huse" er der forsøgt opstillet en massebalance for det indlastede affald (Birger Lund A/S, 1991). 100 kg affald indeholder 33 kg tørstof. Efter forkomposteringen fås 40 kg råkompost (16 kg tørstof (12 kg organisk materiale + 4 kg aske) + 24 kg vand) og 15 kg sigterest (7,5 kg tørstof (6,5 kg organisk materiale + 1 kg aske) + 7,5 kg vand). Der forsvinder 10 kg tørstof (som CO₂) under forkomposteringen. Under efterkomposteringen (modningen) bliver de 40 kg råkompost reduceret til

16 kg kompost (8 kg tørstof (4 kg organisk materiale + 4 kg aske) + 8 kg vand). Denne sidste omsætning er estimeret ud fra følgende forudsætninger (Birger Lund A/S, 1991):

- moden kompost har en tørstofprocent på 50 (gennemsnit)
- moden kompost har en askeprocent på 50 i forhold til tørstof (gennemsnit)

Teoretisk tungmetalindhold

For at kunne gennemføre teoretiske beregninger af tungmetalindholdet i moden kompost, må man ligeledes forudsætte, at tungmetallerne fordeler sig jævnt i råkomposten. De tilførte tungmetaller vil således fordele sig i 8 kg kompost tørstof og 3 kg omsat sigterest (7,5 kg sigterest tørstof med den samme omsætning af det organiske materiale som råkomposten). Den her skitserede massebalance giver en reduktion af tørstoffet fra 33 kg i affald til 11 kg i kompost og "omsat" sigterest svarende til en reduktionsfaktor på 0,33.

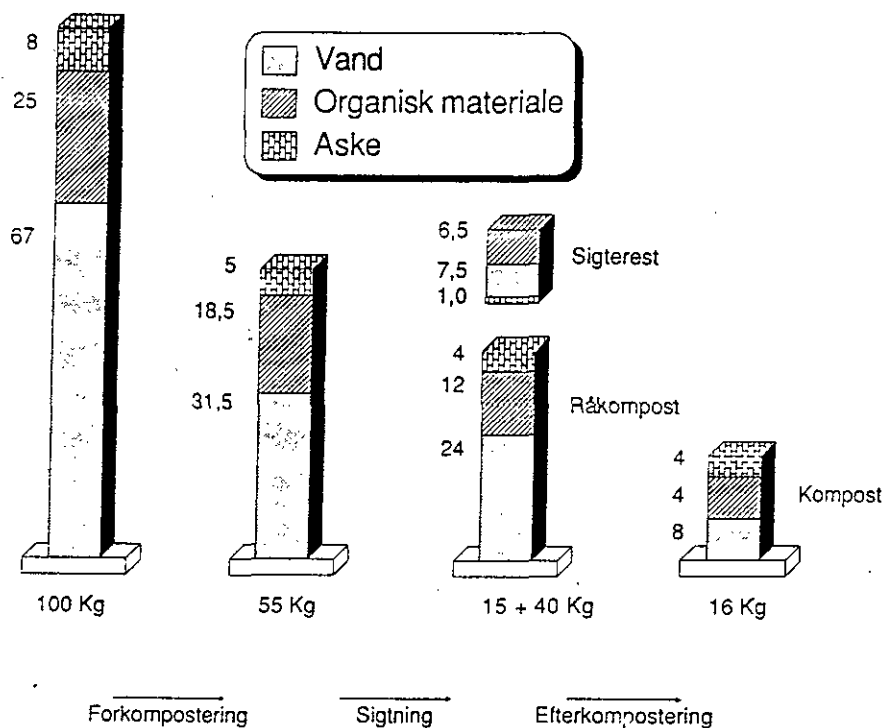
Askeindholdet er i princippet konstant gennem processen, da det askegivende materiale ikke omdannes eller forsvinder under processen. I ovennævnte balance (og figur 7.1) ses askemængden at falde fra 8 til 5 kg, hvilket antyder, at massebalancen ikke stemmer. Uoverensstemmelsen betyder, at den beregnede reduktionsfaktor bør tages med forbehold.

Konsekvenserne ved valg af forskellige reduktionsfaktorer er undersøgt ved beregninger på grønt affald fra enfamilieboliger (marts og juni) uden fejlsortering, tabel 7.1.

Tabel 7.1

Reduktionsfaktorens indflydelse på det teoretiske tungmetalindhold i kompost.

Reduktionsfaktor	Bly (mg/kg TS)		Cadmium (mg/kg TS)	
	Marts 1990	Juni 1990	Marts 1990	Juni 1990
0,625	5,8	25	0,21	0,72
0,5	7,3	32	0,26	0,90
0,33	11	47	0,40	1,4



Figur 7.1
 Massebalance for kompostering af kildesepareret husholdningsaffald i "De grønne huse". Skitsen er omarbejdet efter Birger Lund A/S (1991).

Tabel 7.2

Oversigt over de intervaller de forskellige målte parametre optræder i og de anvendte reduktionsfaktorer. Som basis er anvendt 100 kg vådt affald.

Fraktion	Sammensætning af vådt affald kg	TS %	Sammensætning af tørt affald kg	Reduktionsfaktor	Cadmiumindhold mg Cd/kg TS	Blyindhold mg Pb/kg TS
Madaffald	55 - 64	24 - 27	13 - 17	0,5	0,093 - 0,12	0,7 - 1,6
Blomster- og haveaffald	17 - 25	41 - 55	9,4 - 10	0,5	0,23 - 1,1	9 - 42
Bleer og bind mv.	7,5 - 7,8	39	2,9 - 3	0,5	0	0
Vådt papir og tissues	4,5 - 5,9	34 - 37	1,5 - 2,2	0,5	0 - 0,11	1,8 - 3,3
Papir og pap	2,1 - 2,5	0,86	1,8 - 2,2	0,5	0,063	4,1
Plastfolie	1,5 - 1,8	0,78	1,2 - 1,4	1,0	0,11	37
Andet plast	0,1 - 0,3	0,86	0,09 - 0,26	1,0	0,048	1,7
Andet	1,4 - 3,1	-	-	1,0	-	-

I tabel 7.3 og tabel 7.4 er resultaterne af en massebalance for henholdsvis enfamilieboliger og flerfamilieboliger + sommerhuse opstillet ud fra de i tabel 7.2 givne forudsætninger. I begge tabeller er tallene fra den tidligere opstillede balance for bly indsat til sammenligning.

Tungmetalbalancerne er beregnet for to situationer:

- I den første situation er tungmetalbalancen opstillet for kompost fremstillet af de grønne fraktioner. Tungmetalbidraget fra de enkelte fraktioner er relateret til affald uden fejlsorteringer og siger således ikke noget om den aktuelle fordeling. Det teoretiske tungmetalindhold i kompost fremstillet udelukkende af grønne fraktioner er beregnet.
- I den anden situation, som er betegnet fx marts 1990 med fejl, er tungmetalbalancen opstillet analogt til den første situation suppleret med bidraget fra tørt papir og pap, plastfolie og andet plast samt de oplysninger om fejlsorteringer, der er fremkommet ved udsortering af fraktionen "andet". Tungmetalbidraget fra de enkelte fraktioner er relateret til det totale affald (med de fejlsorterede fraktioner, hvor tungmetalindholdet er kendt), og fordelingen giver således et mere reelt billede af de faktiske forhold. Det teoretiske tungmetalindhold i kompost fremstillet af det aktuelle affald er beregnet.

Forskellen mellem det teoretiske tungmetalindhold i kompost beregnet for de to situationer viser således, hvor meget tungmetalindholdet i kompost kan reduceres ved at undgå de forskellige papir-, plast- og metalfractioner fra affaldet. Det teoretiske tungmetalindhold kan sammenlignes med det faktiske indhold, der er fundet i kompost.

Tabel 7.3

Tungmetalbalancer for komposteringsanlægget opstillet på basis af resultaterne fra affaldssorteringen (enfamilieboliger) og affaldsanalyserne. Procenterne angiver, hvor meget den enkelte fraktion bidrager med af det pågældende metal. Endelig er det estimerede tungmetallindhold i den endelige kompost angivet.

Fraktion	Bly (%)					Cadmium (%)			
	Forprojekt ¹	Marts ² 1990	Marts 1990 med fejl ⁶	Juni ³ 1990	Juni 1990 med fejl ⁶	Marts 1990 ⁴	Marts 1990 med fejl ⁶	Juni 1990 ⁵	Juni 1990 med fejl ⁶
Madaffald	41	24	5,2	2,1	1,0	49	5,5	9,9	9,5
Blomster- og haveaffald	2,1	73	16	97	47	51	5,6	89	87
Bleer og bind mv.	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Våd papir og tissues		3,2	0,73	1,1	0,54	0	0	1,3	1,3
Bidrag fra grønt affald	57	100	22	100	49	100	11	100	97
Tørt papir og pap	0,16	0	1,4	0	0,96	0	0,30	0	1,0
Plastfolie	14	0	8,2	0	5,7	0	0,34	0	1,2
Andet plast		0	0,028	0	0,048	0	0,011	0	0,095
Konservedåser ⁴	9,9		5,1		3,9		0,027		0,010
Batterier			6,3		0		86		0
Blysvøb	13		53		40		0		0
Aske, husstøv	1,5		4,0		0		1,7		0
Glødelamper	4,8		0		0		0		0
Maling			0		0,12		0		0,028
Alu-folie			0,044		0,018		0,083		0,018
Kork			0,19		0,082		0,049		0,011
Mælkekarton			0,0071		0,0073		0,28		0,21
Kattegrus			0,23		0		0,55		0
Bidrag fra rødt affald		0	78	0	51	0	89	0	3
Estimeret tungmetallindhold i det endelige kompostprodukt (mg/kg TS)	20-80 ⁷	7,3	28	32	54	0,27	2,0	0,90	0,76

- Hoffmann *et al.* (1989). I den opstillede tungmetalbalance indgår de forskellige fraktioner med et interval. Ved udregningen af fordelingen af bidragene er der regnet med et gennemsnit af intervallet og samme omsætning for alle fraktionerne, idet de angivne intervaller baserer sig på et skøn over fraktionernes bidrag af bly til det samlede affald og ikke tager hensyn til fx plasts bidrag af uomsætteligt materiale til kompost(materialet).
- Ved estimering af tungmetallindholdet i det endelige kompost produkt er der regnet med 40% TS indhold i rå-affaldet og en 50% omsætning af tørstofindholdet.
- Fordelingen af tungmetaller, samt bidrag til det endelige kompostprodukt er beregnet på basis af indholdet af tungmetaller i de grønne fraktioner.
- 10% af de fundne konservedåser antages at være loddet med blyholdigt loddetin.
- 1% af de fundne batterier antages at være Ni-Cd-batterier, og 1% antages at være bly-batterier.
- Med fejl angiver, at balancen er opstillet med bidrag fra de fejlsorteringer, der blev registreret ved udsorteringen af det grønne affald i fraktioner samt ved udsorteringen af fraktionen "andet" i produkter.

Det teoretiske blyindhold i kompost fremstillet af *rent grønt* affald er beregnet til henholdsvis 7,3 og 32 mg/kg TS for marts og juni. Ved indregning af blybidraget fra de røde fraktioner bliver de tilsvarende værdier 28 og 54 mg/kg TS. De sidstnævnte værdier ses at ligge indenfor det interval (20 - 80 mg/kg TS), der tidligere er beregnet. Blyindholdet fordobles ved indregning af de røde fraktioner, idet de grønne fraktioner bidrager med henholdsvis 22 % og 49 %; i de tidligere beregninger bidrog de grønne fraktioner med 57 % af blyindholdet.

Af de grønne fraktioner ses *blomster- og haveaffald* at være den fraktion, der giver det største bidrag til blyindholdet i komposten. I den tidligere opgørelse er det madaffald, der giver det største bidrag, hvilket skyldes, at de anvendte blykoncentrationer var væsentlig større end koncentrationerne fundet i nærværende projekt. Af de røde fraktioner ses *blysvøb* at være den dominerende kilde, der bidrager med henholdsvis 53 % og 40 % for marts og juni; dette bidrag stammer fra henholdsvis et stykke blysvøb á 3 g og to stykker på ialt 4 g. *Plastfolie* er den næstmest dominerende fraktion, idet den bidrager med henholdsvis 8,2 og 5,7 %. Aske og husstøv bidrager med 4,0 % i marts, og dåser bidrager med henholdsvis 5,1 % og 3,9 % i marts og juni.

Det teoretiske cadmiumindhold i kompost fremstillet af *rent grønt* affald er beregnet til henholdsvis 0,27 og 0,90 mg/kg TS for marts og juni. Ved indregning af bidraget fra de røde fraktioner bliver de tilsvarende værdier 2,0 og 0,76 mg/kg TS. Cadmiumindholdet stiger kraftigt ved indregning af de røde fraktioner for marts, mens det for juni falder fra 0,90 mg/kg TS til 0,76 mg/kg TS. Der sker således en fortynding af cadmiumindholdet ved indregning af de røde fraktioner (for juni).

Af de grønne fraktioner ses *mad-* samt *blomster- og haveaffald* at give det samme bidrag for marts, mens *blomster- og haveaffald* bidrager med 87 % af cadmiumindholdet i juni. *Batterier* er den eneste nævneværdige cadmiumkilde blandt de røde fraktioner.

Tabel 7.4

Tungmetalbalancer for komposteringsanlægget opstillet på basis af resultaterne fra affaldssorteringen (flerfamilieboliger og sommerhuse) og affaldsanalyserne¹. Procenterne angiver, hvor meget den enkelte fraktion bidrager med af det pågældende metal. Endelig er det estimerede tungmetalindhold i den endelige kompost angivet. Talmateriale for tungmetalbalancerne er angivet i bilag 6.5 - 6.7.

Fraktion	Bly (%)					Cadmium (%)			
	Forprojekt ¹	Flerfamilieboliger ³	Flerfamilieboliger med fejl ⁶	Sommerhuse ³	Sommerhuse med fejl ⁶	Flerfamilieboliger ³	Flerfamilieboliger med fejl ⁶	Sommerhuse ³	Sommerhuse med fejl ⁶
Madaffald	41	60	11	3,9	1,7	64	42	17	9,2
Blomster- og haveaffald	2,1	29	5,3	93	40	31	20	79	43
Bleer og bind mv.	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Vådt papir og tissues		11	2,0	3,4	1,5	5,0	3,3	3,7	2,0
Bidrag fra grønt affald	57	100	18	100	43	100	66	100	54
Tørt papir og pap	0,16	0	20	0	2,5	0	20	0	1,6
Plastfolie	14	0	61	0	11	0	12	0	1,3
Andet plast		0	0,80	0	0,17	0	1,5	0	0,20
Konservedåser ²	9,9				9,5				0,015
Kapsler					0,14				0
Blysvøb	13				0				0
Aske, husstøv	1,5				34				42
Glødelamper	4,8				0				0
Maling					0				0
Alu-folie					0,072				0,041
Kork					0,040				0,0031
Mælkekartoner					0,017				0,20
Kattegrus					0,049				0,036
Bidrag fra rødt affald	43	0	82	0	57	0	34	0	46
Estimeret tungmetalindhold i det endelige kompostprodukt (mg/kg TS)	20-80 ⁵	2,2	7,8	21	31	0,12	0,12	0,64	0,75

- Hoffmann *et al.* (1989). I den opstillede tungmetalbalance indgår de forskellige fraktioner med et interval. Ved udregningen af fordelingen af bidragene er der regnet med et gennemsnit af intervallet og samme omsætning for alle fraktionerne, idet de angivne intervaller baserer sig på et skøn over fraktionernes bidrag af bly til det samlede affald og ikke tager hensyn til fx plasts bidrag af uomsætteligt materiale til kompost(materialet).
- Ved estimering af tungmetalindholdet i det endelige kompost produkt er der regnet med 40% TS indhold i rå-affaldet og en 50% omsætning af tørstofindholdet.
- Fordelelsen af tungmetaller, samt bidrag til det endelige kompostprodukt er beregnet på basis af indholdet af tungmetaller i de grønne fraktioner samt indholdet af tungmetaller i papir og pap, plastfolie og andet plast.
- I de tilfælde, hvor der ikke er målt tungmetaller på affaldsfraktioner fra de pågældende boligtyper, er der anvendt data fra affald fra enfamilieboliger. For sommerhuse gælder det, at der er benyttet tungmetalkoncentrationer fra affaldet indsamlet fra enfamilieboliger i juni 1990.
- 10% af de fundne konservedåser antages at være loddet med blyholdigt loddetin.
- Med fejl angiver, at balancen er opstillet med bidrag fra de fejlsorteringer, der blev registreret ved udsorteringen af det grønne affald i fraktioner samt ved udsorteringen af fraktionen "andet" i produkter.

Det teoretiske blyindhold i kompost fremstillet af *rent grønt* affald er beregnet til henholdsvis 2,2 og 21 mg/kg TS for flerfamilieboliger og sommerhuse.

Ved indregning af bidraget fra de røde fraktioner bliver de tilsvarende værdier 7,8 og 31 mg/kg TS. De grønne fraktioner bidrager med 18 og 43%. Af de grønne fraktioner ses madaffald at bidrage med 11% for flerfamilieboliger, mens *blomster- og haveaffald* bidrager med 40% for sommerhuse. Af de røde fraktioner er *tørt papir og pap* samt *plastfolie* de dominerende for flerfamilieboliger, og de bidrager med henholdsvis 20% og 61%, mens *plastfolie* samt *aske og husstøv* er de dominerende fraktioner for sommerhuse, og de bidrager med 11% og 43%.

Det teoretiske cadmiumindhold i kompost fremstillet af *rent grønt* affald er beregnet til henholdsvis 0,12 og 0,64 mg/kg TS for flerfamilieboliger og sommerhuse.

Ved indregning af bidraget fra de røde fraktioner bliver de tilsvarende værdier 0,12 og 0,75 mg/kg TS. De røde fraktioner bidrager således kun ganske lidt i de her opstillede balancer. *Madaffald* samt *blomster- og haveaffald* ses at være de dominerende grønne fraktioner for flerfamilieboliger, idet de bidrager med henholdsvis 42% og 20% af cadmiumindholdet. *Blomster- og haveaffald* ses at være den dominerende fraktion for sommerhuse, idet den bidrager med 43% af cadmiumindholdet. Af de røde fraktioner bidrager *tørt papir og pap* samt *plastfolie* med henholdsvis 20% og 12% af cadmiumindholdet for flerfamilieboliger, mens *aske og husstøv* bidrager med 42% af cadmiumindholdet for sommerhuse.

7.2 Forskellige scenarier

Herunder er der gennemgået en række scenarier, hvor 1.000 kg affald er belastet med fx konservesdåser, batterier, blysvøb, aske og husstøv, glødelamper eller kattegrus samt med 5%, 15% eller 25% fejlsorteringer.

7.2.1 Enkeltkilder

Udgangspunktet for beregningerne er et rent kompostprodukt fremstillet af rent grønt affald fra en enfamiliebolig i marts 1990. Teoretisk indeholder produktet 7,3 mg Pb/kg TS og 0,27 mg Cd/kg TS (se tabel 7.3), tabel 7.5.

Tabel 7.5

Tungmetalbalancer for komposteringsanlægget opstillet på basis af resultaterne fra affaldssorteringen (enfamilieboliger, marts) og affaldsanalyserne. Procenterne angiver, hvor meget den enkelte fraktion bidrager med af det pågældende metal. Endelig er det estimerede tungmetalindhold i den endelige kompost angivet.

Fraktion	Bly (%)							Cadmium (%)		
	Forprojekt ¹	Blysvøb	Konservesdåser	Glødelamper	Batterier	Husstøv	Kattegrus	Batterier	Husstøv	Kattegrus
Madaffald	41	1,6	12	1,4	4,4	18	23	0,40	39	48
Blomster og haveaffald	2,1	4,6	37	5,0	13	54	69	0,40	40	49
Bleer og bind mv.	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vådt papir og tissues		0,20	1,6	0,22	0,58	2,4	3,0	0	0	0
Bidrag fra grønt affald	57	6,4	51	6,8	18	75	95	0,80	78	97
Tørt papir og pap	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plastfolie		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andet plast		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Konservesdåser med blylodninger	9,9	0	49	0	0	0	0	0	0	0
Batterier		0	0	0	82	0	0	99	0	0
Blysvøb	13	94	0	0	0	0	0	0	0	0
Aske, husstøv	1,5	0	0	0	0	25	0	0	22	0
Glødelamper	4,8	0	0	93	0	0	0	0	0	0
Maling		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Alu-folie		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kork		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mælkekartoner		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kattegrus		0	0	0	0	0	5,2	0	0	2,5
Bidrag fra rødt affald	43	94	49	93	82	25	5,2	99	22	2,5
Estimeret tungmetalindhold i det endelige kompostprodukt (mg/kg TS)	20-80 ²	114	14	106	40	9,5	7,4	33	0,33	0,25

- Hoffmann *et al.* (1989). I den opstillede tungmetalbalance indgår de forskellige fraktioner med et interval. Ved udregningen af fordelingen af bidragene er der regnet med et gennemsnit af intervallet og samme omsætning for alle fraktionerne, idet de angivne intervaller baserer sig på et skøn over fraktionernes bidrag af bly til det samlede affald og ikke tager hensyn til fx plasts bidrag af uomsætteligt materiale til kompost(materialet).
- Ved estimering af tungmetalindholdet i det endelige kompost produkt er der regnet med 40% TS indhold i rå-affaldet og en 50% omsætning af tørstofindholdet.

Blysvøb

Hvis der placeres to blysvøb á 9 g i 1 ton rå-affald, resulterer det i et teoretisk blyindhold i komposten på ca. 114 mg/kg TS. Blysvøbet vil således bidrage med 94% af det samlede blyindhold i komposten.

Konservesdåser

Hvis der anbringes 2 konservesdåser (med blylodninger) á 100 g i 1 ton rå-affald, resulterer det i et teoretisk blyindhold i komposten på ca. 14 mg/kg TS. Konservesdåserne vil således bidrage med 49% af det samlede blyindhold i komposten.

Glødelamper

Hvis der anbringes to glødelamper med blylodning (98% bly) af 28 g i 1 ton rå-affald, resulterer det i et teoretisk blyindhold i komposten på ca. 106 mg/kg TS. Glødelamperne vil således bidrage med 93% af det samlede blyindhold.

Støvsugerposer

Hvis der placeres støvsugerposer indeholdende ialt 5 kg husstøv i 1 ton rå-affald, resulterer det i et teoretisk blyindhold i komposten på ca. 9,5 mg/kg TS og et cadmiumindhold på ca. 0,33 mg/kg TS. Støvsugerposerne vil bidrage med henholdsvis 25% af det samlede blyindhold og 22% af det samlede cadmiumindhold.

Kattegrus

Hvis der forekommer 10 kg kattegrus i 1 ton rå-affald, vil det resultere i et teoretisk blyindhold i komposten på ca. 7,4 mg/kg TS og et teoretisk cadmiumindhold på ca. 0,26 mg/kg TS. Kattegruset vil bidrage med henholdsvis 5,2% af det samlede blyindhold og 2,5% af det samlede cadmiumindhold.

Batterier

Hvis der forekommer 1 blybatteri og 1 Ni-Cd-batteri á 32 g, vil det resultere i et teoretisk blyindhold på 40 mg/kg TS og et teoretisk cadmiumindhold på 33 mg/kg TS i komposten. Batterierne vil bidrage med henholdsvis 82% og 99% heraf.

7.2.2 Varierende fejlsorteringsgrad

I tabel 7.6 er der vist resultater af beregninger, hvor det teoretiske tungmetalindhold i kompost fremstillet af affald fra enfamilieboliger i marts 1990 er beregnet ud fra den forudsætning, at der er henholdsvis 0%, 5%, 15% og 25% fejlsorteringer. Der er regnet med samme fordeling af fejlsorterede emner, som der blev fundet i affaldsanalysen.

Af tabel 7.6 ses, at det teoretiske blyindhold stiger kraftigt med den stigende grad af fejlsorteringer, og cadmiumindholdet stiger meget kraftigt. Blysvøb og batterier er de dominerende faktorer.

Tabel 7.6

Tungmetalbalancer for komposteringsanlægget opstillet på basis af resultaterne fra affaldssorteringen (enfamilieboliger) i marts 1990 og affaldsanalyserne. Der er regnet med henholdsvis 0%, 5%, 15% og 25% fejlsorteringer. Procenterne angiver, hvor meget den enkelte fraktion bidrager med af det pågældende metal. Endelig er det estimerede tungmetalindhold i den endelige kompost angivet.

Fraktion	Bly (%)					Cadmium (%)			
	Forprojekt ¹	0% fejl	5% fejl	15% fejl	25% fejl	0% fejl	5% fejl	15% fejl	25% fejl
Madaffald	41	24	5,3	1,7	0,93	49	5,5	1,6	0,87
Blomster- og haveaffald	2,1	73	16	5,1	2,8	51	5,6	1,7	0,89
Bleer og bind mv.	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Vådt papir og tisser		3,2	0,72	0,23	0,14	0	0	0	0
Bidrag fra grønt affald	57	100	21	7,1	3,9	100	11	3,3	1,8
Tørt papir og pap	0,16		1,4	1,7	1,7		0,30	0,32	0,33
Plastfolie	14		8,2	9,8	10		0,34	0,37	0,37
Andet plast			0,028	0,033	0,034		0,011	0,012	0,011
Konservesdåser ³	9,9		5,1	6,0	6,3		0,0027	0,0029	0,0030
Batterier			6,3	7,4	7,7		86	94	96
Blysvøb	13		53	63	65		0	0	0
Aske, husstøv	1,5		4,0	4,8	5,0		1,7	1,8	1,9
Glødelamper	4,8		0	0	0		0	0	0
Maling			0	0	0		0	0	0
Alu-folie			0,044	0,052	0,054		0,0083	0,0090	0,0092
Kork			0,19	0,22	0,23		0,0048	0,0053	0,0053
Mælkekartoner			0,0071	0,0085	0,0088		0,028	0,030	0,030
Kattegrus			0,23	0,27	0,28		0,055	0,060	0,060
Bidrag fra rødt affald			79	93	94		89	97	98
Estimeret tungmetalindhold i det endelige kompostprodukt (mg/kg TS)	20-80 ²	7,3	28	63	85	0,24	2,0	5,0	6,8

- Hoffmann *et al.* (1989). I den opstillede tungmetalbalance indgår de forskellige fraktioner med et interval. Ved udregningen af fordelingen af bidragene er der regnet med et gennemsnit af intervallet og samme omsætning for alle fraktionerne, idet de angivne intervaller baserer sig på et skøn over fraktionernes bidrag af bly til det samlede affald og ikke tager hensyn til fx plasts bidrag af uomsætteligt materiale til kompost(materialet).
- Ved estimering af tungmetalindholdet i det endelige kompost produkt er der regnet med 40% TS indhold i rå-affaldet og en 50% omsætning af tørstofindholdet.
- 10% af de fundne konservesdåser antages at være loddet med blyholdigt loddetin.

8. Diskussion af produktanalyser og massebalancer

8.1 Produktanalyser

8.1.1 Papirprodukter

Tissues

Gennemsnitsindholdet af bly- og cadmium i tissues er bestemt til henholdsvis 0,39 mg Pb/kg TS og 15 µg Cd/kg TS, hvilket er ca. en faktor 10 under indholdet i affaldsfraktionen "vådt papir og tissues", der har et gennemsnitsindhold på henholdsvis 1,8 - 3,3 mg Pb/kg TS og 59 - 110 µg Cd/kg TS. Det indikerer, at affaldsfraktionens indhold af tungmetaller kan skyldes *kontaminering med partikulært forekommende bly og cadmium eller afsmitning fra metalliske produkter*. Begge forklaringer forekommer plausible, idet affaldsfraktionen "vådt papir og tissues" ofte er fugtig/våd, hvilket er medvirkende til opfangning af partikler eller afsmitning. I en tidligere dansk undersøgelse af bly og cadmium i forskellige affaldsfraktioner blev der fundet 420 µg Cd/kg TS og 24 mg Pb/kg TS i tissues (Christiensen & Hoffmann, 1990). Det relativt høje indhold af tungmetaller i tissues i den tidligere undersøgelse har sandsynligvis samme forklaring som nævnt ovenfor.

En undersøgelse af indholdet af tungmetaller i forskellige papirprodukter fremstillet af retur- og nyt papirmasse, tabel 8.1, viser, at enkelte prøver indeholder signifikante mængder tungmetaller.

Tabel 8.1

Indhold af bly, cadmium og kviksølv i forskellige papirprodukter til husholdningsbrug (Storr-Hansen & Rastogi, 1988).

Produkt	Land	Papirtype	Cd ¹ µg/kg TS	Hg ¹ µg/kg TS	Pb ¹ mg/kg TS
Køkkenrulle, hvid m. røde tern	D	retur	66	id ²	0,118
Køkkenrulle, hvidt	S	retur	32	48	0,189
Toiletpapir, lys- gråt	DK	retur	id	id	0,453
Toiletpapir, hvidt	NL	retur	id 18 20 13	id	7,73 16,73 10,80 15,30
Toiletpapir, gult	F	retur	34	386	0,586
Toiletpapir, hvidt	S	virgin	id	id	0,322
Toiletpapir, hvidt	YUG	retur	14	id	0,857

1. Detektionsgrænser: Cd: 10 µg/kg TS, Hg: 50 µg/kg TS, Pb: 0,100 mg/kg TS.

2. Ikke detekteret.

Cadmiumindholdet i de forskellige prøver er i samme størrelsesorden som de beskrevne data, mens blyindholdet i en enkelt prøve af toiletpapir

fremstillet af returpapir ligger en faktor 10 over indhold fundet i nærværende undersøgelse.

I pulpbakker udsorteret fra affald er der fundet henholdsvis 1,3 og 7,0 mg Pb/kg TS, hvilket er i overensstemmelse med resultaterne fra produktanalyserne, hvor der er fundet 0,28 - 8,8 mg Pb/kg TS i forskellige pulpbakker og bakker fremstillet af returpapir.

Genbrugspapir

Indholdet af bly i produkter fremstillet af returpapir viser, at brugen af blyholdige trykfarver endnu ikke er totalt ophørt (selvom papiret afsværetes inden fremstilling af returpapirmasse). Det ses endvidere af, at affaldsfraktionerne "papir og pap" samt "kulørte ugeblade" har et gennemsnitsindhold på henholdsvis 4,1 og 3,5 mg Pb/kg TS. Endnu mere tydeligt ses det af, at en enkelt af de undersøgte reklamer indeholder 41 og 32 mg Pb/kg TS (fundet ved to uafhængige præparationer af den samme prøve) og 27 mg Pb/kg TS fundet ved en ny neddeling af et andet eksemplar af den samme reklame. Bidlingmaier (1990) har tidligere undersøgt indholdet af tungmetaller i en lang række forskellige ugeblade og magasiner samt gavepapir og fundet 1,0 - 820 mg Pb/kg TS og 0,09 - 11,6 mg Cd/kg TS i *ugeblade og magasiner* fra 1978 - 1982. I forskellige typer af *gavepapir* lå tungmetalindholdet i intervallerne 1 - 1.040 mg Pb/kg TS og 1 - 12 mg Cd/kg TS. I ugeblade fra 1984 lå tungmetalindholdet i intervallet 16 - 57 mg Pb/kg TS og på 0,1 mg Cd/kg TS.

Hamm (1991) har opstillet en massebalance for et papirprodukt fremstillet af 60% returpapir, 40% savssmuld og < 1% cellestof, og balancen viser, at 80% af blyinputtet i processen kan henføres til kaolinen, der tilsættes papiret; den faktiske mængde kaolin er ikke angivet. 19% af blyinputtet i processen kan henføres til returpapiret, der udgør 60% af udgangsmaterialet for papirproduktionen. Af det totale blyinput forlader 83% processen med papiret, der indeholder 99 mg Pb/kg. Tilsvarende gælder for cadmium, at 30% og 67% tilføres med henholdsvis savssmuld og returpapir; 41% forlader processen med papiret, der indeholder 110 µg Cd/kg. Blyindholdet i den undersøgte papirtype ligger væsentligt over indholdet fundet i papiraffald i nærværende undersøgelse, mens cadmiumindholdet ikke afviger væsentligt.

Papirfraktioner

I en hollandsk undersøgelse af tungmetalindholdet i forskellige affaldsfraktioner er bly- og cadmiumindholdet i papir fundet til henholdsvis 75 mg Pb/kg TS og 1 mg Cd/kg TS (van Roosmalen *et al.*, 1987), mens en tysk undersøgelse viser meget varierende indhold afhængig af størrelsesfordelingen, idet der er fundet 0,40 - 8,8 mg Cd/kg TS og 11 - 136 mg Pb/kg TS (Bidlingmaier, 1990).

I modsætning til den hollandske og den tyske undersøgelse er der ikke fundet tungmetalindhold i papirfraktionerne eller danske papirprodukter, der er af en størrelsesorden, der alene kan forklare tungmetalindholdet i moden kompost.

8.1.2 Plastprodukter

Undersøgelser af tungmetalindholdet i affaldsfraktionerne plastfolie og "andet plast" viser meget varierende indhold af bly og cadmium, idet der i plastfolie er fundet henholdsvis 40 - 370 µg Cd/kg TS og 0,55 - 207 mg Pb/kg TS og i "andet plast" er fundet henholdsvis < 10 - 207 µg Cd/kg

TS og $<0,3 - 12$ mg Pb/kg TS. De meget varierende resultater skyldes prøvematerielets heterogenitet.

Plastfolie

Undersøgelserne af tungmetalindholdet i bæreposer (plastfolie), der var den hyppigst forekommende plastfolie i affaldet ud over de grønne og andre affaldsposer, viser generelt et lavt indhold af tungmetaller. Der er fundet $13 - 68 \mu\text{g Cd/kg TS}$ og $0,15 - 0,49$ mg Pb/kg TS i flertallet af prøver, mens der i en enkelt (gennemfarvet) rød bæreposer er fundet 101 mg Pb/kg TS og i en enkelt (gennemfarvet) rød affaldspose er fundet 1.400 mg Pb/kg TS.

I en dansk affaldsundersøgelse gennemført i 1985 er indholdet af tungmetaller i plastfolie fundet at være $0,36$ mg Cd/kg TS og 800 mg Pb/kg TS, mens indholdet i hård plast er fundet at være 11 mg Cd/kg TS og $7,9 - 24$ mg Pb/kg TS (Christiansen & Hoffmann, 1990). Indholdet af bly i plastfoliefractionen er overraskende højt i forhold til resultaterne fra nærværende undersøgelse, men også i forhold til en ældre hollandsk undersøgelse (1971 - 1989), hvor der blev fundet 320 mg Pb/kg TS (van Roosmalen *et al.*, 1987), og en ældre tysk undersøgelse (1981), hvor der blev fundet $65 - 286$ mg Pb/kg TS (forskellige størrelsesfraktioner) (Bidlemaier, 1990). Cadmiumindholdet fundet i de udenlandske undersøgelser lå derimod over cadmiumindholdet fundet i den danske undersøgelse, idet der blev fundet henholdsvis 75 mg Cd/kg TS (Holland) og $38 - 145$ mg Cd/kg TS (Tyskland).

Der er ikke fundet væsentligt indhold af bly eller cadmium i de grønne plastposer, der skal anvendes til at opsamle det grønne affald i (henholdsvis $0,14$ mg Pb/kg TS og $0,014$ mg Cd/kg TS).

8.2 Tungmetalbalancer

8.2.1 Danske forhold

Det teoretiske tungmetalindhold i kompost fundet i nærværende undersøgelse skal sammenholdes dels med tungmetalindholdet fundet i moden kompost under forsøget med "Det grønne affaldssystem" dels med tungmetalindholdet fundet i de seneste undersøgelser af kompost fremstillet på AFAV samt de grænseværdier Miljøstyrelsen har sat vedrørende anvendelsen af kompostproduktet (Miljøministeriet, 1989). I tabel 8.2 ses de tungmetalindhold i kompost, der blev opnået under forsøget, og i tabel 8.3 ses de seneste resultater af undersøgelse af tungmetalindhold i kompost.

Tabel 8.2

Tungmetalindhold i kompost fremstillet af kildesepareret husholdningsaffald i forbindelse med forsøget "Det grønne affaldssystem" samt tungmetalkrav for anvendelse af grøn kompost til forskellige dyrkningsformål. Tungmetalkoncentrationerne er angivet i mg/kg tørstof (Hirsbak et al., 1990).

Tungmetal	Grøn kompost AFAV ¹	Grænseværdier ² for tungmetalindhold i kompost (Miljøministeriet, 1989)	
		Kompost, ublandet	
		Landbrug/ gartneri	Private haver
Cadmium	0,77	1,2	1,2
Kviksølv	0,42	1,2	1,2
Bly	100	120	80 ³
Arsen	18	-	25
Nikkel	12	45	45

1. Tungmetalindholdet i komposten er estimeret ved omregning af tungmetalindholdet i kompost til tungmetalindhold baseret på askeindhold, som er omregnet til tungmetalindhold i moden gennemsnitskompost (moden gennemsnitskompost: 50% omsætning af organisk materiale; 40% aske).
2. De angivne grænseværdier er tidsbegrænsede, idet de pr. 1. juli 1995 ændres til 0,8 mg Cd/kg, 0,8 mg Hg/kg, 120/60 mg Pb/kg og 30 mg Ni/kg. Grænseværdien for arsen bibeholdes.
3. Grænseværdien for bly er hævet fra 40 til 80 mg/kg TS pr. februar 1989.

Tabel 8.3

Indhold af bly og cadmium i kompost fremstillet af kildesepareret husholdningsaffald (1989 - 90) (Birger Lund A/S, 1991).

Prøve nr.	Alder uger	Tungmetalindhold	
		mg Cd/kg TS	mg Pb/kg TS
45-89	< 10	1,0	63
52-89	10 - 15	0,36	21
2-90	13 - 15	0,43	32
6-90	16 - 19	0,07	123
10-90	12 - 15	0,08	97
29-90	19 - 25	1,10	87
22-90	26 - 29	1,25	102
10-90	30	-	71
50-89	42	-	98
45-89	38 - 52	-	71
36-90	32	1,68	162
48-90	20	1,52	191

Indholdet af bly og cadmium i kompost ses at svinge meget. Det betyder, at de opnåede resultater, hvor de teoretiske blyindhold i kompost på henholdsvis 28 og 54 mg/kg TS (enfamilieboliger, se tabel 7.3) samt 7,8 og 31 mg/kg TS (flerfamilieboliger og sommerhuse, se tabel 7.4) udmærket kan ligge inden for den faktiske variation i komposten. Det teoretiske cadmiumindhold ligger på henholdsvis 2,0 og 0,76 mg/kg TS (enfamilieboliger) samt 0,12 og 0,75 mg/kg TS (flerfamilieboliger og sommerhuse) tilnærmelsesvis kan redegøre for indholdet fundet under forsøget med kompostering af kildesorteret grønt affald i de grønne huse. I et enkelt tilfælde fås op til 87% af bidraget fra de komposterbare fraktioner, mens batterier i et tilfælde bidrager med 86%, og husstøv i et tilfælde med 42%.

Referencer

Andreas H (1987). PVC stabilizers. In Gächter R, Müller H (eds.). *Plastics additives handbook*. Hanser Publishers, München. 2nd edition.

Anonym (1989). *Statistik for Hovedstadsregionen - 1989*. Hovedstadsrådet, Valby.

Bidlingmaier W (1990). *Schwermetalle im Hausmüll*. Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Birger Lund A/S (1990). *Kompostering af kildesorteret madaffald fra etageejendomme i København*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 38. Miljøstyrelsen, København.

Birger Lund A/S (1991). *De grønne huse, AFAV I/S. Kompostering af kildesorteret grønt husholdningsaffald*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 30. Miljøstyrelsen, København.

Brodersen KE, Hovmand MF (1990). *Data acquisition and application of the soil chemistry*. Risø rapport. M2843.

Christiansen K, Hansen E, Svanum M (1989a). *Muligheder for erstatning af cadmium i plast*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 6, Miljøstyrelsen, København.

Christiansen K, Hoffmann L (1990). *Notat om chlor og tungmetaller i affald*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 5. Miljøstyrelsen, København.

Christiansen K, Hounum MT, Hoffmann L, Rasmussen B (1989b). *Miljøfarlige stoffer og produkter i husholdnings- og erhvervsaffald. Miljøkontrollen i København, I/S Amagerforbrænding, I/S Vestforbrænding*. Dansk Teknologisk Institut/Miljøteknik.

Cole JF, Carr DS (1983). *New cadmium technology*. In Wilson D, Volpe RA (eds.). *Edited Proceedings, Fourth International Cadmium Conference, Munich 2 - 4 March 1983*.

Dansk Standard (1982). *Vandundersøgelse. Metal ved atomabsorptionspektrofotometri i flamme. Almene principper og retningslinier*. Dansk Standardiseringsråd, DS 259, 1. udg. januar 1982.

Doedens H, Bogon H, Ketelsen K (1988). *Beurteilung der Kompostierbarkeit von Verpackungsmaterialien aus Pappe der Firma OMNI-PAC*. Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Universität Hannover.

Elmlund A, Hentze E, Mikkelsen T, Mortensen H (1979). *Materialestrømme gennem private husholdninger. 2. del. Spormetaller i dansk madaffald*. gendan a/s, København.

Embedslægeinstitutionen (1990). Notat vedrørende: Blybelastningen af børn i Frederiksværk. Embedslægeinstitutionen, Frederiksborg amt, Hillerød.

Evjen JM, Catotti AL (1984). Vented sintered-plate nickel-cadmium batteries. In Linden D (ed.). Handbook of batteries and fuel cells. McGraw-Hill, New York.

Falk SU (1984). Vented pocket plate nickel-cadmium batteries. In Linden D (ed.). Handbook of batteries and fuel cells. McGraw-Hill, New York.

Falster H (1991). Det Danske Stålværk - Elektrostålværket. Måling af dioxin, tungmetaller, PAH mm. januar 1991. DK-rapport Sv.D/40.90.644-1, dk-teknik, Søborg.

Fergusson JE, Kim ND (1991). Trace elements in street and house dust: sources and speciation. The Science of the Total Environment 100:125-150.

Friberg L, Kjellström T, Nordberg GF (1990). Cadmium. In Friberg L, Nordberg GF, Vouk VB (eds.). Handbook on the toxicology of metals. Volume II: Specific metals. Elsevier, Amsterdam. 2nd edition, 2nd printing.

Gram NF (1981). Bogen om loddetin. Boliden Danmark (Paul Bergsøe & Søn A/S), Glostrup. 3. udgave.

Hamm U (1991). Schwermetallpfade bei der Altpapieraufbereitung. Schlussbericht - AIF-Forschungsvorhaben Nr. 7381. Institut für Papierfabrikation, Technische Hochschule Darmstadt, Darmstadt.

Hansen E, Busch NJ (1989). Forbrug og forurening med bly i Danmark. Miljøprojekt nr. 105, Miljøstyrelsen, København.

Hirsbak S, Petersen C, Jørgensen LV, Hauge P, Nielsen LK (1990). Det grønne affaldssystem i AFAV. Indsamling, kompostering og afsætning af kildesepareret affald fra 8.500 husstande i AFAV i/s 8 interessentkommuner. Miljøprojekt nr. 141, Miljøstyrelsen, København.

Hoffmann L (1992). Muligheder for reduktion i blyanvendelsen ved substitution. DTI/Miljøteknik for Miljøstyrelsen. Endelig udgave maj 1992.

Hoffmann L, Christiansen K, Jørgensen LV (1989). Forprojekt. Kildesporing af bly og cadmium i kompost. TI/Miljøteknik for Miljøstyrelsen. 2. udgave juni 1989.

Holst H (1989). Udvikling i enheds- og totalmængder i husholdningsaffald fase 2. IMSOR, Lyngby.

Huvio T (1991). Lead, cadmium, copper, nickel and zinc in house dust in Copenhagen, Denmark. Student project. Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby. Foreløbig udgave (med forbehold for fejl).

Jensen LT, Jensen H (1990). Bly i støvsugerposer. Dansk Kemi 71(5):174-175.

Krause C, Dube P, Neumayr V, Schultz C, Wolter R (1987). Metalconcentrations in indoor dust samples from German homes. Presented at: "Indoor Air '87" Conference, Berlin; "Trace elements in human health and disease", Odense, Denmark.

Miljøministeriet (1983). Bekendtgørelse om fremstilling og import af cadmiumholdige produkter. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 396 af 26. juli 1983.

Miljøministeriet (1985). Bekendtgørelse om grænseværdier for indhold af visse metaller i levnedsmidler. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 447 af 5. september 1985.

Miljøministeriet (1989). Bekendtgørelse om anvendelse af slam, spildevand og kompost m.m. til jordbrugsformål. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 736 af 26. oktober 1989.

Mortensen GK, Pedersen GA (1990). Overvågningsprogram for sporelementer i levnedsmidler 1988 - 1992. 1989: Cadmium, bly, nikkel og selen i kartofler. Levnedsmiddelstyrelsen, Søborg.

Nelleman (1988). Udnyttelse af madaffald i Holstebro kommune. Nelleman A/S - Rådgivende ingeniører og planlæggere, Århus.

Nielsen G, Nielsen J, Pedersen E (1989). Indhold af bly og cadmium i grøntsager fra Frederiksværkområdet 1987. Opfølgning af punktkildeundersøgelsen i 1982. Frederiksværk Kommune, Teknisk Forvaltning, Frederiksværk.

Nielsen LK (1989). Contents of heavy metals in compost from source separated waste in Denmark - Examination of sampling reliability. Submitted.

Nilsson R (1990). Cadmium - An analysis of Swedish Regulatory Experience. KEMI Report no. 6/90, Solna, Sverige.

Petersen J, Pedersen GA (1990). Overvågningsprogram for sporelementer i levnedsmidler, 1988 - 1992. 1989: Cadmium, bly, chrom, nikkel og selen i danske samt importerede grøntsager. Levnedsmiddelstyrelsen, Søborg.

Rasmussen G (1985). Kampagneundersøgelse. Bly og tin i importeret frugt- og grøntkonserves. Statens Levnedsmiddelinstitut, Søborg.

Rasmussen L, Larsen EH (1989). Overvågningsprogram for sporelementer i levnedsmidler, 1988 - 1992. 1988: Cadmium, bly, kviksølv, nikkel og krom i lever og nyrer fra kalve og okser samt fjerkrælever. Levnedsmiddelstyrelsen, Søborg.

Rasmussen L, Pedersen GA (1990). Overvågningsprogram for sporelementer i levnedsmidler, 1988 - 1992. 1989: Cadmium, bly, kviksølv, krom og selen i kød fra får, lam og svin samt Laboratorierapport vedrø-

rende projekt 892303: indkøring af selen i metode BU8822. Levnedsmiddelstyrelsen, Søborg.

Rastogi SC, Kemp K, Christensen F (1987). Cadmium i plast- og PVC produkter. Miljøstyrelsens Analytisk-Kemiske Laboratorium, København.

Reeh U, Jensen AD (1990). Det grønne affaldssystem i Høng. Komposteringsforsøg med kildesorteret husholdnings- og haveaffald i Høng kommune. Miljøprojekt nr. 142, Miljøstyrelsen, København.

Schiek RC (1982). Pigments (inorganic). In Kirk-Othmer (ed). Encyclopedia of Chemical Technology. John Wiley & Sons Inc., New York. 3rd edition.

Storr-Hansen E, Rastogi SC (1988). Polychlorinated Biphenyls and heavy metal levels in recycled paper for household use. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 40:451-456.

Temple DA, Wilson DN (1983). Cadmium - markets and trends. In Wilson D, Volpe RA (eds.). Edited Proceedings, Fourth International Cadmium Conference, Munich 2 - 4 March 1983.

Tjell JC, Elmlund A, Hansen JAa (1981). Source or central separation of household food waste. In Bridgwater AW, Lidgren K (eds.). Household Waste Management in Europe. van Nostrand Rheinhold Company, London. pp. 92-103.

Tötsch W (1990). Cadmium - Uses and possibilities of substitution. Toxicological and Environmental Chemistry 27:123-130.

van Roosmalen GREM, Lustenhouwer JWA, Oosthoek J, Senden MMG (1987). Heavy metal sources and contamination mechanisms in compost production. Resources and Conservation 14:321-334.

Vestergaard NK, Stephansen U, Rasmussen L, Pilegaard K (1986). Airborne heavy metal pollution in the environment of a danish steel plant. Water, Air, and Soil Pollution 27:363-377.

Wiseman JA (1984). Sealed nickel-cadmium batteries. In Linden D (ed.). Handbook of batteries and fuel cells. McGraw-Hill, New York.

Bilag

Bilag 1: Prøveudtagning m.v.

I bilag 1.1 - 1.3 vises en oversigt over prøver udtaget af grønne affaldsfraktioner i henholdsvis marts og juni/juli 1990 samt over prøver udtaget af røde affaldsfraktioner i juni/juli 1990.

Bilag 1.1

Oversigt over 1. prøveserie af grønne affaldsfraktioner udtaget til analyse, datoer for prøveudtagning og prøvestørrelse.

Fraktion	Dato	Nummer	Prøve-udtagning og -mængde
Blomster- og haveaffald	15/3	1,2	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
	29/3	3,4	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
	30/3	5,6	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
Madaffald	15/3	7,8	madaffaldet opdelt i 4 portioner - blandet - 1 pose (ca. 2 liter) udtaget af hver
	29/3	9,10	madaffald fra 5 husstande blandet - 2 poser (ca. 2 liter) udtaget, proceduren gentaget
	30/3	11,12	madaffald fra 5 husstande blandet - 2 poser (ca. 2 liter) udtaget, proceduren gentaget
Våd papir og tissues	15/3	13,14	en sæk (samleprøve) blandet - heraf 2 x 2 poser (ca. 2 liter) udtaget
	29/3	15,16	en sæk (samleprøve) blandet - heraf 2 x 2 poser (ca. 2 liter) udtaget
	30/3	17,18	en sæk (samleprøve) blandet - heraf 2 x 2 poser (ca. 2 liter) udtaget
Bleer og bind	15/3	19,20	4 poser (ca. 2 liter) udtaget fra en sæk (samleprøve) uden forudgående blanding

Bilag 1.2

Oversigt over 2. prøveserie af grønne affaldsfraktioner udtaget til analyse, datoer for prøveudtagning og prøvestørrelse.

Fraktion	Type ¹	Dato	Nummer	Prøve-udtagning og -mængde
Blomster- og haveaffald	E	7/6	23,26	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
	E	21/6	24	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
	E	22/6	25	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
	F	3/7	22	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
	F	5/7	21	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
Madaffald	E	7/6	30,31	madaffald fra 5 husstande blandet - 2 poser (ca. 2 liter) udtaget, proceduren gentaget
	E	21/6	32,33	madaffald fra 5 husstande blandet - 2 poser (ca. 2 liter) udtaget, proceduren gentaget
	E	22/6	34,35	madaffald fra 5 husstande blandet - 2 poser (ca. 2 liter) udtaget, proceduren gentaget
	F	3/7	36	madaffald blandet - 2 poser (ca. 2 liter) udtaget
	F	5/7	27,28,29	madaffald blandet - 2 poser (ca. 2 liter) udtaget, proceduren gentaget
Vådt papir og tissues	E	7/6	37,38	en sæk (samleprøve) blandet - heraf 2 x 2 poser (ca. 2 liter) udtaget
	E	21/6	39,40	en sæk (samleprøve) blandet - heraf 2 x 2 poser (ca. 2 liter) udtaget
	E	22/6	41,42	en sæk (samleprøve) blandet - heraf 2 x 2 poser (ca. 2 liter) udtaget
	F	3/7	43	en sæk (samleprøve) blandet - 2 poser (ca. 2 liter) udtaget
	F	5/7	44,45	en sæk (samleprøve) blandet - heraf 2 x 2 poser (ca. 2 liter) udtaget
	F	6/7	46	en sæk (samleprøve) blandet - 2 poser (ca. 2 liter) udtaget

1. E: Enfamilieboliger
F: Flerfamilieboliger

Bilag 1.3

Øversigt over 3. prøveserie af affaldsfraktioner udtaget af rødt og grønt affald til analyse, datoer for prøveudtagning og prøvestørrelse.

Fraktion	Type ¹	Dato	Nummer	Prøve-udtagning og -mængde
Støvsugerposer	E,R E,R F,G	14-15/6 28-28/6 5/7	101,105 102,103,104 99,100	hele, ikke gennemvædede poser udtaget
Plastfolie	E,G E,R E,G E,R	8/6 14/6 22/6 28-29/6	108A,108B 109A,109B 111A,111B 110A,110B	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget, heraf udtaget 2 prøver (A og B)
Andet plast	E,R E,G E,R	14/6 21-22/6 28-29/6	113A,113B 114A,114B 115A,115B	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget, heraf udtaget 2 prøver (A og B)
Papir og pap	E,G E,R E,G E,R	7-8/6 14/6 22/6 28-29/6	121 122 123 124	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
Aviser	E,R	28-29/6	120	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
Kulørte ugeblade	F,R E,R	14-15/6 28-29/6	118 119	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
Pulpbakker	E,R E,R	14-15/6 28-29/6	107 108	udvalgte "ikke-snaskede" bakker hjemtaget
Mælkekartoner	E,R E,R	14-15/6 28-29/6	116 117	½ - 1 sæk (110 liter) samleprøve hjemtaget
Diverse plastfolie-, metalfolie- og metalfraktioner	E,R	28-29/6	125,127,128, 129,130,131, 132,133,135, 139	samleprøver hjemtaget
Korkpropper	E,G E,G	8/6 21/6	150 151	samleprøve hjemtaget
Kattegrus	E,R F,G	15/6 3/7	153 154	prøver af kattegrus udtaget, hvor det ikke har været opblandet i det øvrige affald
Cigaretskod	E,R E,R	15/6 28-29/6	155 156	prøver af cigaretskodder udtaget, hvor det ikke har været opblandet i det øvrige affald
Grillkul	E,R	28-29/6	159	prøver af grillkul, der ikke har været opblandet i det øvrige affald, udtaget
Malingrester	E,G E,R	7/6 15/6	160 161	prøver af malingrester, der ikke har været opblandet i det øvrige affald, hjemtaget
Glas, porcelæn mv.	E,G E,R	8/6 15/6	175 165,174	samleprøver hjemtaget

1. E: Enfamilieboliger
F: Flerfamilieboliger
G: Grønt
R: Rødt

Bilag 2: Analysemetode

Tørstofbestemmelse

Tørstof (TS) blev bestemt ved tørring ved 105°C indtil konstant vægt.

Prøvepræparation

Ca. 10 g prøve - nøjagtigt afvejet - blev kogt i bægerglas under urglas med 50 ml koncentreret salpetersyre (HNO_3 , Merck p.a.) under langsom inddampning til ca. 5 ml væske. Yderligere 10 ml HNO_3 blev tilsat og inddampet tilsvarende. Dette blev gentaget, indtil der ikke længere forekom udvikling af nitrose gasser. Derpå blev 10 ml koncentreret saltsyre (HCl , Merck p.a.) tilsat og inddampet. Endelig blev 1 ml 30% (m/m) hydrogenperoxid (H_2O_2) tilsat og inddampet. Tilsidst blev prøven filtreret, og remanensen blev udvasket med demineraliseret vand (Millipore Q-grade), og filtratet blev fortyndet med demineraliseret vand til 50 ml.

Der blev foretaget dobbelt præparation.

Blindprøver blev fremstillet tilsvarende.

Analyse

Filtrater og blindprøver blev analyseret for bly og cadmium ved ICP-AES (inductive coupled plasma atom emission spektrometri).

Kvantiseringen blev foretaget overfor eksterne standarder i 1,4 M HNO_3 .

Basissolventet var 1,4 M HNO_3 .

I de tilfælde, hvor der forekom interferens ved ICP-AES, blev filtraterne analyseret tilsvarende ved FAAS (flame atom absorptions spektrometri).

Standarder

Standarder i serierne: Cd: 10, 50, 100, 250, 500 og 1000 ng/ml og Pb: 0,100, 0,500, 1,00, 2,50 og 5,00 $\mu\text{g}/\text{ml}$ blev fremstillet ud fra 10.000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ NIST-stamopløsninger af grundstofferne ved fortynding med 1,4 M HNO_3 .

Standarder til FAAS blev fremstillet tilsvarende ud fra Merck Tritisol stamopløsninger.

Apparatur

ICP-AES

Et Perkin-Elmer Plasma II Emissionsspektrometer med dobbelt vacuum-monochromatorsystem styret af en Perkin-Elmer Model 7700 microcomputer med PII software, version 9.60, blev anvendt.

FAAS

Et Perkin-Elmer, Model 3100, atomabsorptionspektrometer med D₂-baggrundskorrektor og automatisk gaskontrolsystem blev anvendt. En Perkin-Elmer AS-90 autosampler blev anvendt.

Dataopsamling og beregninger blev foretaget med en Epson PC AX 3s computer.

Instrumentparametrene var generelt som anbefalet af Perkin-Elmer.

Instrumentparametre

Plasmaparametre

Plasma gas flow:	15	l/min
Auxiliary gas flow:	1,0	l/min
Nebulizer gas flow:	1,000	l/min
Power:	1.200	W
Reflected power:	< 5	W
Sample uptake:	1,0	ml/min
Nebulizer:	De Galan V-groove	

Monochromatorparametre

Monochromator:	A (3.600 lines/mm)	
Wavelength:	Cd: I 228,802 nm, Pb: II 220,353 nm	
Observation height:	15	mm
Signal comp./Internal standard:	Ingen	
PMT voltage:	Cd: 700 V, Pb: 650 V	
Survey window:	Cd: 0,045 nm, Pb: 0,100 nm	
Peak window:	Cd: 0,025 nm Pb: 0,020 nm	
Background correction:	Auto	

Sampling time:

Cd: 600 ms,
Pb: 200 ms

N₂-purge interface:

3 l/min.

Databehandling

Bilag 3: Analyseresultater, affald

Bilag 3.1 Grønt affald

Nr.	Type	TS%	mg Cd/kg TS	middel	%RSD	mg Pb/kg TS	middel	%RSD
1	Haveaffald	49,9	0,42 0,31	0,37	21	12,6 12,2	12,4	2,2
2		50,0	0,31 0,31	0,31	0	12,6 12,5	12,6	0,56
3		46,7	0,15 0,14	0,15	4,9	6,8 5,5	6,2	15
4		47,7	0,25 0,23	0,24	5,9	8,5 9,3	8,9	6,4
5		65,7	0,14 0,14	0,14	0	6,4 6,5	6,5	1,1
6		71,2	0,19 0,11	0,15	38	7,1 7,0	7,1	1,0
%RSD _p					18			6,7
7	madaffald	25,4	0,11 0,091	0,10	13	1,0 1,5	1,3	28
8		27,9	0,10 0,12	0,11	13	1,7 1,6	1,7	4,3
9		24,5	0,19 0,092	-	-	1,7 1,2	1,5	24
10		27,3	0,12 0,089	0,11	19	1,2 1,7	1,5	24
11		31,9	0,082 0,063	0,073	18	1,9 2,1	2,0	7,1
12		27,2	0,15 0,17	0,16	8,8	1,6 1,4	1,5	9,4
%RSD _p					15			19
13	tissues	34,3	0,08 0,08	< 0,08	-	1,1 1,4	1,3	17
14		34,1	0,084 0,069	< 0,08	-	2,1 1,6	1,9	19
15		36,3	<0,08	< 0,08	-	177 13,5	-	-
16		32,7	<0,08	< 0,08	-	1,3 2,0	1,7	30
17		39,4	<0,08	< 0,08	-	1,5 1,3	1,4	10
18		41,9	<0,08	< 0,08	-	2,4 2,7	2,6	8,3
%RSD _p					-			19
19	bleer, fyld bleer, plast	32,5	<0,08	< 0,08	-	2,4 3,5	3,0	26
20		63,7	<0,08	< 0,08	-	1,8 -	2,2	23
21'	haveaffald	23,7	0,61 0,62	0,62	0,45	5,0 6,3	5,6	11,25
22'		21,3	0,216 0,226	0,221	2,21	9,1 8,5	8,8	3,60
23		33,8	0,45 0,45	0,45	0,79	18 20	19	3,36
24		45,8	3,5 3,5	3,5	1,04	120 125	123	2,18
25		35,7	0,25 0,29	0,27	8,17	8,6 9,4	9,0	4,60
26		49,6	0,30 0,32	0,31	3,78	14 17	15	8,91
%RSD _p					3,8			6,5
27'	madaffald	21,8	0,065 0,050	0,062	3,49	1,8 1,7	1,8	4,18
28'		27,3	0,065 0,038	-	-	0,61 <0,4	-	-
29'		28,7	0,069 0,065	0,067	3,01	0,37 0,45	0,41	9,05
30		22,1	0,079 0,086	0,083	4,41	1,01 1,16	1,09	6,93
31		23,6	0,050 0,057	0,054	8,02	0,37 0,57	-	-
32		23,7	0,046 0,072	-	-	0,89 0,97	0,93	4,37
33		24,9	0,082 0,068	0,075	8,65	0,67 0,57	0,62	7,99
34		25,9	0,067 0,081	0,075	9,75	<0,4	-	-
35		26,1	0,20 0,22	0,21	6,88	1,43 0,80	-	-
36'		25,3	0,048 0,041	0,045	6,80	1,9 0,41	-	-
%RSD _p					6,8			6,8
37	tissues	38,1	0,103 0,122	0,113	8,52	3,4 3,2	3,3	2,18
38		35,5	0,058 0,036	-	-	4,9 5,2	5,2	6,06
39		35,4	0,042 0,039	0,041	2,30	7,2 2,9	-	-
40		31,5	0,038 0,036	0,038	3,19	0,90 1,03	0,96	6,92
41		31,7	0,39 0,40	0,40	1,88	4,0 2,9	3,5	16,06
42		29,8	0,049 0,045	0,047	4,75	2,7 0,90	-	-
43'		35,2	0,081 0,044	-	-	0,88 0,71	0,79	9,82
44'		35,1	0,071 0,070	0,071	0,81	7,2 1,6	-	-
45'		35,5	0,052 0,048	0,050	3,49	2,0 2,2	2,1	4,35
46'		34,6	0,050 0,055	0,052	5,27	2,2 2,1	2,2	2,08
%RSD _p					4,4			8,2

1. Etageboliger.

Bilag 3.2
Rødt affald

Nr.	Type	TS%	mg Cd/kg TS		middel	%RSD	mg Pb/kg TS		middel	%RSD
99	støvsugerposer	86,9	6,1	5,9	6,0	1,05	134	117	125	6,77
100		88,0	3,6	3,7	3,7	1,45	57	67	62	7,65
101		83,7	1,59	1,58	1,59	0,17	40	39	40	0,87
102		85,7	0,88	0,99	0,94	6,06	28	69	-	-
103		89,1	2,2	2,0	2,1	3,40	46	99	-	-
104		84,0	0,60	0,72	0,66	9,02	40	39	39	1,12
105	85,2	4,7	5,3	5,0	5,29	284	280	280	0,64	
%RSD _p						4,8				4,6
106	pulpbakker	71,8	0,061	0,057	0,059	2,74	7,2	6,8	7,0	2,36
107		80,9	0,13	0,11	0,11	13,74	1,25	1,40	1,32	5,67
RSD _p						9,9				4,3
108	plastfolie: lyseblåt, hvidt lysgrøn, klart, hv klart, gult, sort klart, hv., rød/blå gu., lil., or., kl brunt, grønt mv. grønt, klart, hvid. hv, lysrødt, klart	64,1	0,369	0,369	0,369	0,04	5,8	33	-	-
109		56,1	0,076	0,048	-	-	1,15	1,19	1,17	2,63
110		94,8	0,097	0,070	0,084	22,6	0,75	0,76	0,75	0,87
111		87,0	0,11	0,056	-	-	0,72	0,55	0,63	18,5
112		92,1	0,077	0,029	-	-	157	2,06	-	-
113		94,9	0,090	0,051	-	-	73	54	-	-
114	69,8	0,11	0,035	-	-	210	49	-	-	
115	67,8	0,054	0,042	0,048	18	0,93	0,75	0,84	14,9	
%RSD _p						16,7				12
113	andet plast: blandet plastflasker flamingo mademballage mademballage plastflasker	81,7	0,206	0,201	0,204	1,87	2,4	1,8	-	-
114		69,6	<0,01	<0,01	-	-	<0,3	<,3	<0,3	-
115		69,2	<0,03	<0,03	-	-	<0,7	<0,7	<0,7	-
116		99,6	0,035	-	0,035	27	1,38	1,09	1,2	16
117	99,5	0,03	0,07	-	-	0,74	0,24	-	-	
118	99,0	<0,03	<0,03	-	-	0,84	12,4	-	-	
%RSD _p						-				-
116	papkartoner	83,0	0,08	0,06	0,07	15	<0,6	<0,6	<0,6	-
117		84,9	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,5	<0,5	<0,5	-
%RSD _p						15				-
118	kulørte ugeblade	88,0	0,054	0,049	0,051	6,35	3,7	3,3	3,5	7,68
119		92,5	0,022	0,030	0,026	21,9	4,8	2,4	-	-
%RSD _p						16				7,68
120	aviser	87,1	0,029	0,024	0,027	12,3	<0,5	<0,5	<0,5	-
121	papir + pap	88,3	0,045	0,044	0,045	0,73	2,42	2,47	2,45	0,93
122		87,3	0,054	0,054	0,054	-	5,5	5,2	5,3	3,24
123		83,3	0,069	0,076	0,072	5,43	5,6	6,3	5,9	6,31
124		85,2	0,083	0,078	0,081	2,70	2,67	2,60	2,64	1,29
%RSD _p						3,1				3,6
125	ølkapsler ¹	99,0	<0,02	<0,02	<0,02	-	10,2	9,8	10	2,68
126		99,5	<0,02	<0,02	<0,02	-	9,2	13	-	-
%RSD _p						-				-

Nr.	Type	TS%	mg Cd/kg TS	middel	%RSD	mg Pb/kg TS	middel	%RSD
127	folie m. papir	86,7	0,106 0,083	0,095	17,19	<0,5 <0,5	<0,05	-
128	folie m. plast	95,6	<0,02 <0,02	<0,02	-	<0,5 <0,5	<0,5	-
129	kaffeposer, plastfolie	99,3	<0,02 <0,02	<0,02	-	<0,5 <0,5	<0,5	-
130	farvet metalfolie	95,5	0,65 0,31	-	-	<0,5 <0,5	<0,5	-
%RSD _p					17,19			-
131	dåser	99,8	<0,03 <0,03	<0,03	-	2,73 1,22	-	-
		99,8	<0,03 <0,03	<0,03	-	1,01 7,02	-	-
132	dåser	98,3	<0,03 <0,03	-	-	3,06 -	-	-
133	alu-dåser	99,5	<0,03 <0,03	-	-	2,26 4,22	-	-
135	metaltuber	87,9	0,038	0,038	22	6,80 5,44	6,1	15,7
139	metalfolie	81,0	0,03 0,05	0,04	35	2,29 3,50	-	-
%RSD _p					-			15,7
150	korkpropper	75,1	0,105 0,094	0,100	5,88	94 77	90	10,37
151		73,8	0,065 0,075	0,71	6,95	5,2 7,0	6,1	15,16
%RSD _p					6,4			15
153	kattegrus ²	76,5	0,16 0,19	0,17	6,71	13,1 15,1	14,1	6,37
154		69,7	0,13 0,17	0,15	12,48	4,6 4,1	4,3	5,33
%RSD _p					10			6,1
155	cigaretskod	61,9	0,540 0,541	0,541	0,04	18,0 16,7	17,4	5,41
156		80,1	0,95 0,93	0,91	2,02	2,42 2,36	2,39	1,77
%RSD _p					1,43			4,02
159	grillkul	93,7	0,11	0,11	18	6,08 6,51	6,3	4,8
160	malingrester	93,7	0,08	0,08	16	44,4 21,7	-	-
161		87,5	0,65	0,65	2,18	177 197	190	7,7
%RSD _p					-			7,7
165	porcelæn, stentøj	100	<0,01 <0,01	<0,01	-	<0,2 <0,2	<0,2	-
174	glas	99,9	<0,01 <0,01	<0,01	-	<0,2 <0,2	<0,2	-
175	glas, skosvætte	100	<0,01 <0,01	<0,01	-	<0,2 <0,2	<0,2	-
%RSD _p					-			-

1. Fe interferens på Pb-målingerne
2. As interferens på Cd-målingerne

Bilag 4: Produktoversigt

Bilag 4.1

Oversigt over produkter udvalgt til tungmetalanalyse med angivelse af materiale, produkttype og produktkarakteristika.

Materiale	Produkttype	Produktkarakteristika/Trykkeri	Forhandler
Papir	Tissue (køkkenrulle mv.)	virgin, hvidt m. røde striber virgin, hvidt m. blå striber genbrug, > 45% returpapir genbrug, Leni, S genbrug, lyserødt hverdagsserviet, gul hverdagsserviet, rød, D serviet, lyserød dekoreret, D	IRMA Netto IRMA Brugsen (Føtex) Netto Aldi Brugsen
	Pulpbakker	biodegradable, lilla, I foodtainer 3T, biodegr. versatill 66HE, genbrug, pulp, komposterbar foldebakke, genbrug	Føtex (o.a.) Netto Brugsen Brugsen
	Reklamer	Kröger Druck Rotogravure, Etten Mohn Skandinavia Roto Smeets, NL Berger Plus/Helpprint OY ? Bonnier Publications TSB Tryk Berger Plus, Birkerød	Illum Magasin Matas Bilka Madmagasinet Alt for Damerne Kuponnyheder Føtex Brugsen
Plast	Affaldsposer	grønne, regenerat LD, 24 µm rød, LDPE, 25 µm	dansk økologisk produkt IRMA
	Bæreposer	Kraftig kvalitet, rød gennemfarvet Højtrykspolyethylen, gul gennemfarvet m. sort tryk, Neoplex Højtrykspolyethylen, hvid m. gult/rødt/sort/blåt tryk, Neoplex LDPE, kunstpose, hvid med rødt/blåt/sort tryk Kraftig kvalitet, hvid m. gult/grønt tryk gul m. rødt tryk hvid m. rødt/gult/sort tryk, Neoplex hvid m. rødt/gult/blåt tryk	? Netto Føtex IRMA Magasin. Brugsen Prima Leggekæden
Bleer	Fyld		Brugsen Aldi
	Plast		Brugsen Aldi
Blesnipper	Plast	PVC, blødgjort	Brugsen

Bilag 5: Analyseresultater, produkter

Bilag 5.1

Nr.	Type	mg Cd/kg		middel	%RSD	mg Pb/kg		middel	%RSD
1	Tissue	0,020	<0,01	· ²	-	0,50	0,58	0,54	9,65
2		<0,01	0,021	· ²	-	0,47	0,56	0,52	12,29
3		<0,01	0,017	· ²	-	0,37	0,36	0,37	1,20
4		<0,01	<0,01	<0,01 ²	-	0,25	0,24	0,24	2,81
5		<0,01	<0,01	<0,01 ²	-	<0,1	<0,1	<0,1	-
6		<0,01	<0,01	<0,01 ²	-	0,19	0,23	0,21	12,12
20		<0,02	<0,02	<0,02 ²	-	0,53	0,64	0,59	14,00
21		0,015	<0,01	-	-	0,54	0,58	0,56	5,88
%RSD _p					-				9,5 ¹
7	Pulpbakker	0,078	0,089	0,084	9,26	0,24	0,32	-	20,28
8		0,022	0,028	0,025 ²	16,94	0,61	0,50	0,55	14,21
9		0,039	0,042	0,041 ²	4,72	8,4	9,2	8,8	6,10
10		0,045	0,033	· ²	21,63	2,0	2,1	2,1	3,02
%RSD _p					9,3				9,1
%RSD _p ²					12 ²				
11	Reklamer	0,013	0,014	0,014 ²	4,41	1,8	2,3	2,0	18,45
12		<0,01	<0,01	<0,01 ²	-	1,5	1,5	1,5	0,82
13		0,065	0,068	0,067 ²	3,27	40	41	41	2,66
13a		0,034	0,043	0,039	16,85	32	33	32	2,50
14		<0,01	<0,01	<0,01 ²	-	1,2	1,0	1,1	13,88
15		0,012	0,015	0,013 ²	18,28	1,1	1,0	1,0	7,55
16		0,014	0,024	· ²	38,59	2,0	1,8	1,9	6,60
17		0,062	0,064	0,063 ²	3,05	2,2	1,6	-	25,25
18		0,016	<0,01	· ²	-	1,0	1,3	1,2	15,19
22		0,015	0,033	· ²	50,25	1,5	1,7	1,6	7,80
36		0,036	0,038	0,037 ²	3,05	27	28	27	3,64
%RSD _p					12				9,8
%RSD _p ²					9,7				
19	Affaldsposer	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,1	<0,1	<0,1	-
37		0,018	0,015	17,0	10,79	1.400	1.300	1350	9,40
%RSD _p ³					-				-
24	Bæreposer	<0,02	<0,02	<0,02	-	0,35	0,36	0,35	3,23
25		<0,02	0,024	-	-	<0,2	<0,2	<0,2	-
26		0,026	0,032	0,029	15,78	<0,2	<0,2	<0,2	-
27		<0,02	<0,02	<0,02	-	0,31	<0,2	-	-
28		<0,01	<0,01	<0,01	-	70	130	-	43,09
29		<0,02	<0,02	<0,02	-	0,24	<0,2	-	-
30		0,071	0,064	0,068	7,72	<0,1	<0,2	<0,1	-
31		<0,03	<0,03	<0,03	-	0,52	0,46	0,49	8,87
%RSD _p ³					12				7,7
32	Ble, fyld	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,1	<0,1	<0,1	2,84
33		<0,009	<0,009	<0,009	-	<0,09	<0,09	<0,09	3,52
%RSD _p ¹					-				-

Nr.	Type	mg Cd/kg		middel	%RSD	mg Pb/kg		middel	%RSD
34	Ble, plast	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,2	<0,2	<0,2	-
35		0,10	0,054	-	44,50	<0,3	<0,3	<0,3	-
%RSD ³					-				-
23	Blesnipper, PVC	<0,02	<0,01	<0,01	- ³	<0,2	<0,1	<0,1	- ³

1. %RSD_p omfatter tungmetalbestemmelse i tissue og i blefyld
2. Prøverne analyseret ved FAAS
3. %RSD_p² omfatter tungmetalbestemmelserne i affaldsposer og bæreposer

Bilag 5: Analyseresultater, produkter

Bilag 5.1

Nr.	Type	mg Cd/kg		middel	%RSD	mg Pb/kg		middel	%RSD
1	Tissue	0,020	<0,01	- ²	-	0,50	0,58	0,54	9,65
2		<0,01	0,021	- ²	-	0,47	0,56	0,52	12,29
3		<0,01	0,017	- ²	-	0,37	0,36	0,37	1,20
4		<0,01	<0,01	<0,01 ²	-	0,25	0,24	0,24	2,81
5		<0,01	<0,01	<0,01 ²	-	<0,1	<0,1	<0,1	-
6		<0,01	<0,01	<0,01 ²	-	0,19	0,23	0,21	12,12
20		<0,02	<0,02	<0,02 ²	-	0,53	0,64	0,59	14,00
21	0,015	<0,01	-	-	0,54	0,58	0,56	5,88	
%RSD _p					-				9,5 ¹
7	Pulpbakker	0,078	0,089	0,084	9,26	0,24	0,32	-	20,28
8		0,022	0,028	0,025 ²	16,94	0,61	0,50	0,55	14,21
9		0,039	0,042	0,041 ²	4,72	8,4	9,2	8,8	6,10
10		0,045	0,033	- ²	21,63	2,0	2,1	2,1	3,02
%RSD _p					9,3				9,1
%RSD _p ²					12 ²				
11	Reklamer	0,013	0,014	0,014 ²	4,41	1,8	2,3	2,0	18,45
12		<0,01	<0,01	<0,01 ²	-	1,5	1,5	1,5	0,82
13		0,065	0,068	0,067 ²	3,27	40	41	41	2,66
13a		0,034	0,043	0,039	16,85	32	33	32	2,50
14		<0,01	<0,01	<0,01 ²	-	1,2	1,0	1,1	13,88
15		0,012	0,015	0,013 ²	18,28	1,1	1,0	1,0	7,55
16		0,014	0,024	- ²	38,59	2,0	1,8	1,9	6,60
17		0,062	0,064	0,063 ²	3,05	2,2	1,6	-	25,25
18		0,016	<0,01	- ²	-	1,0	1,3	1,2	15,19
22		0,015	0,033	- ²	50,25	1,5	1,7	1,6	7,80
36	0,036	0,038	0,037 ²	3,05	27	28	27	3,64	
%RSD _p					12				9,8
%RSD _p ²					9,7				
19	Affaldsposer	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,1	<0,1	<0,1	-
37		0,018	0,015	17,0	10,79	1.400	1.300	1350	9,40
%RSD _p ³					-				-
24	Bæreposer	<0,02	<0,02	<0,02	-	0,35	0,36	0,35	3,28
25		<0,02	0,024	-	-	<0,2	<0,2	<0,2	-
26		0,026	0,032	0,029	15,78	<0,2	<0,2	<0,2	-
27		<0,02	<0,02	<0,02	-	0,31	<0,2	-	-
28		<0,01	<0,01	<0,01	-	70	130	-	43,09
29		<0,02	<0,02	<0,02	-	0,24	<0,2	-	-
30		0,071	0,064	0,068	7,72	<0,1	<0,2	<0,1	-
31	<0,03	<0,03	<0,03	-	0,52	0,46	0,49	8,87	
%RSD _p ³					12				7,7
32	Ble, fyld	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,1	<0,1	<0,1	2,84
33		<0,009	<0,009	<0,009	-	<0,09	<0,09	<0,09	3,52
%RSD _p ¹					-				-

Nr.	Type	mg Cd/kg		middel	%RSD	mg Pb/kg		middel	%RSD
34	Ble, plast	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,2	<0,2	<0,2	-
35		0,10	0,054	-	44,50	<0,3	<0,3	<0,3	-
%RSD _p ³					-				-
23	Blesnipper, PVC	<0,02	<0,01	<0,01	- ³	<0,2	<0,1	<0,1	- ³

1. %RSD_p omfatter tungmetalbestemmelse i tissue og i blefyld
2. Prøverne analyseret ved FAAS
3. %RSD_p² omfatter tungmetalbestemmelserne i affaldsposer og bæreposer

628.477.3 : 628.4.042 : 628.4.032

B13

ex 2

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, nr. 4/1993

Bly og cadmium i kompost

628.477.3 ex. 2
B13
Bly og cadmium i kompost /
MST; DTI
1993, 109 s. - bi 07136
Arbejdsrapport fra
Miljøstyrelsen, 4/1993
hvid/blå: A4

m Christiansen og

Institut. Miljøteknik

Rendan A/S

Vend			
Handt	11/10/93		
Steenboon A/S	17.11.93		
at: Ulf...	10.1.94		
Herr: Herson	10.1.94		
DFC	10.3.94		
V. Johann Rasmussen	...		
Bibl.	10.4.94		
25.10.94	...		
mpex konsult	18.1.95		
at: Frode Silvertsen	...		
C. Rasmussen	26.9.95		
26.11.95	...		
IVAR	...		

7136