

RIVM Rapport 609021022/2002

**Oriënterend onderzoek naar zware metalen in
verpakkingen. Onderzoek ten behoeve van de
Handhaving van de Regeling verpakkingen.**

M.G. Mennen, E.M. van Putten, F. Fortezza,
A.C.W. van de Beek, R.P.M. van Veen en J. van Dijk

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van de VROM-Inspectie Regio Oost in het kader van project M/609021: “Raamproject Algemene ad hoc Ondersteuning Inspectie”.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,
telefoon: 030 - 274 91 11, fax: 030 - 274 29 71

Abstract

To support enforcement of the 'Regulation on packaging and packaging waste' in the Netherlands a pilot study has been performed on heavy metals, particularly cadmium, lead, mercury and hexavalent chromium, in packaging materials. Packaging may not contain more than 100 mg/kg of these four metals. The study consisted of a literature search focused on the packaging chain, the amount of packaging in circulation and the levels of heavy metals in different types of packaging materials. In addition, a number of synthetic packaging samples in the chain were selected from few companies for analysis of heavy metal content. Synthetic packaging was found to be the most critical group when it came to amounts of heavy metals in the packaging and the emissions to the environment from packaging waste. Approximately 7-8% of the analysed samples failed to meet the criteria in the Regulation. Screening samples in the field with the use of a portable XRF analyser, followed by a selection of suspected samples for laboratory analysis with advanced XRF and ICP-MS, turned out to be an efficient strategy. Provided that a few conditions are fulfilled, both XRF and ICP-MS will be suitable methods of analysis for enforcing the Regulation. XRF is preferred because of its greater efficiency level.

Inhoud

Samenvatting	7
1 Algemene inleiding	9
1.1 Aanleiding tot het onderzoek	9
1.2 Doelstelling van het onderzoek	10
1.3 Opzet van het onderzoek	10
1.4 Opdrachtverlening	11
1.5 Indeling van het rapport	12
2. Inleiding en uitvoering fase 1: literatuurstudie	13
3. De verpakingsketen en betrokken actoren	15
3.1 Betrokken actoren en organisaties	15
3.2 Het Convenant Verpakkingen II	19
4. Soorten verpakkingen en hun toepassingen	21
4.1 Functies en toepassingen	21
4.2 Levensduur	22
4.3 Schema	23
4.4 Materiaalsoorten	26
4.4.1 Papier en karton	27
4.4.2 Hout en kurk	28
4.4.3 Glas	29
4.4.4 Metaal (ferro en non-ferro)	29
4.4.5 Kunststof	31
4.4.6 Textiel	34
5. Hoeveelheden verpakkingen die omgaan in de keten	37
6. Zware metalen gehalten in verpakkingen	43
6.1 Overzicht van beschikbare gegevens	43
6.2 Verwerking van gegevens	46
6.2.1 Papier en karton	47
6.2.2 Hout	50
6.2.3 Glas	51
6.2.4 Metaal (ferro en non-ferro)	53
6.2.5 Kunststof	56
6.2.6 Overige materialen en samengestelde verpakkingen	59
6.3 Toepassingen van zware metalen in verpakkingen	59
7. Emissies van zware metalen uit verpakkingen naar het milieu	61
7.1 Berekening van de emissies	61
7.2 Verspreiding in het milieu	62
7.3 Bespreking resultaten	63
8. Conclusies en aanbevelingen uit de literatuurstudie	65
8.1 Conclusies	65
8.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek	66
9. Inleiding fase 2: Oriënterend handhavingsonderzoek en testen analysemethoden	69
10. Monsterneming en screening analyses	73
10.1 Selectie bedrijven	73

10.2 Monsterneming en selectie verdachte verpakkingen	73
10.3 Splitsing scheidbare verpakkingen in deelmonsters	74
11. Uitvoering analyses	77
11.1 Monstervoorbewerking voor de laboratorium analyses	77
11.2 Analyses met de laboratorium XRF analyser (XEPOS)	77
11.3 Destructie en analyse met ICP-MS	78
11.4 Aanvullende analyses met INAA	78
12. Resultaten en discussie	79
12.1 De genormeerde metalen	79
12.1.1 Cadmium	80
12.1.2 Kwik	81
12.1.3 Lood en chroom	81
12.1.4 Som genormeerde metalen en toetsing van de eis uit de Regeling	84
12.2 Koper, antimoon en molybdeen	87
12.2.1 Koper	87
12.2.2 Molybdeen	88
12.2.3 Antimoon	89
12.3 Overige elementen	89
13. Vergelijking meetmethoden	93
13.1 De genormeerde metalen	93
13.2 Overige elementen	96
13.3 Beoordeling van de Niton als screening methode	98
13.4 Beoordeling van XRF en ICP-MS als standaard methode voor handhaving van de Regeling	101
14. Conclusies en aanbevelingen oriënterend handhavingsonderzoek	103
14.1 Conclusies	103
14.2 Aanbevelingen	105
Referenties	107
Dankwoord	111
Bijlage 1. Overzicht van de bezochte bedrijven	113
Bijlage 2. Beschrijving van de draagbare XRF analyser (Niton)	115
Bijlage 3. Gemeten gehalten aan cadmium, kwik, chroom en lood in de bemonsterde verpakkingen	117
Bijlage 4. Totale gehalten aan genormeerde zware metalen in de bemonsterde verpakkingen	123
Bijlage 5. Gemeten gehalten aan koper, molybdeen en antimoon in de bemonsterde verpakkingen	129
Bijlage 6. Gemeten gehalten aan chloor, titanium, chroom, koper, zink, molybdeen en antimoon in enkele deelmonsters	135
Bijlage 7. Figuren t.b.v. de vergelijking van de analysemethoden	139
Verzendlijst	145

Samenvatting

De VROM-Inspectie is belast met de handhaving van de Regeling verpakking en verpakkingsafval. In deze Regeling worden onder meer eisen gesteld aan de gehalten van enkele zware metalen in verpakkingen, namelijk cadmium, lood, kwik en zeswaardig chroom. Het totaalgehalte aan deze metalen in verpakkingen mag niet meer dan 100 mg/kg bedragen. In 2001 is onder leiding van de VROM-Inspectie Regio Oost een project gestart om meer inzicht te krijgen in de aanwezigheid van zware metalen in verpakkingen teneinde een effectieve handhavingstrategie, inclusief protocollen voor monsterneming en analyse, te ontwikkelen om de normen voor zware metalen te controleren. Ten behoeve van dit project heeft het RIVM, in opdracht van de VROM-Inspectie Regio Oost, een onderzoek verricht dat bestond uit twee fasen.

De eerste fase was een literatuurstudie gericht op het in kaart brengen van de verpakkingsketen – van importeur/producent tot het afvalstadium –, de hoeveelheden in omloop zijnde verpakkingsmaterialen en de gehalten aan zware metalen in verschillende soorten verpakkingsmaterialen. Behalve aan de vier genormeerde metalen is ook aandacht besteed aan enkele andere milieurelevante elementen, zoals koper, molybdeen en antimoon. De literatuurstudie had ook tot doel te bepalen welke soorten verpakkingen het meest in aanmerking zouden komen voor handhaving op basis van de verwachte milieubelasting door emissies van zware metalen uit afgedankte verpakkingen. Uit het literatuuronderzoek kwam naar voren dat kunststof verpakkingen de meest relevante groep vormen wat betreft het vóórkomen van zware metalen, waarbij opvalt dat de gehalten in kunststof verpakkingen vaak laag zijn, maar soms (zeer) hoog. Van de genormeerde metalen komt alleen kwik nagenoeg niet voor in kunststof verpakkingen. Hoewel de verhoogde gehalten niet structureel samenhangen met een bepaald type of een bepaalde kleur verpakking, blijken met name gele, oranje en rode verpakkingen verdacht te zijn vanwege het mogelijk voorkomen van loodchromaat-houdende kleurstoffen. Ook springen enkele typen verpakkingen (draagtassen, netten, gecoate folies, pallets en kratten) er enigszins uit.

Glazen verpakkingen bevatten veelal te hoge gehalten aan lood en chroom, als gevolg van de jarenlange recycling van glasafval, waarbij onder meer afgedankt kristal- en beeldbuisglas is gemengd met afgedankt verpakkingsglas. Omdat de metalen in het glas zijn ingesloten en afgedankt glas voor ongeveer 90% wordt gerecycled, zijn de totale emissies aan metalen uit verpakkingsglas naar het milieu gering. In de Regeling is daarom voor verpakkingsglas een aparte bepaling opgenomen.

In papieren en houten verpakkingen komen vrijwel geen hoge gehalten aan zware metalen voor. Dat geldt waarschijnlijk ook voor ferro en non-ferro verpakkingen, uitgezonderd metallisch (geen zeswaardig) chroom en tin in blik. De informatie over met name aluminium (non-ferro) verpakkingen is echter zeer beperkt. In het verleden werd lood toegepast in gesoldeerde blikken, maar deze komen in Nederland waarschijnlijk niet of nauwelijks meer voor. Daarnaast is, in een Belgisch onderzoek, veel lood en chroom

aangetroffen in de coatings van enkele stalen drums voor het verpakken van vloeistoffen.

De tweede fase was een oriënterende pilot studie naar zware metalen in kunststof verpakkingen. Bij een klein aantal bedrijven uit de keten zijn monsters genomen van kunststof verpakkingen en verpakkingsmaterialen. Bij de monsterneming is gebruik gemaakt van een draagbare XRF analyser om bij de bedrijven monsters te screenen op zware metalen en op basis daarvan verdachte monsters te selecteren. De verdachte monsters zijn meegenomen naar het laboratorium waar ze zijn geanalyseerd met twee laboratorium meetmethoden, namelijk geavanceerde XRF en ICP-MS. Ter controle zijn enkele monsters ook nog geanalyseerd met INAA.

De pilot studie had tot doel nader inzicht te verkrijgen in de gehalten aan zware metalen in kunststof verpakkingen op de Nederlandse markt. Een tweede doel was het testen van de gebruikte meetmethoden, zowel draagbare XRF analyser waarmee de screening is verricht als de beide laboratorium methoden. Tenslotte is specifiek aandacht besteed aan scheidbare delen van samengestelde verpakkingen, omdat deze elk afzonderlijk moeten voldoen aan de eisen uit de Regeling.

De resultaten van de pilot studie bevestigen in grote lijnen de bevindingen uit de literatuurstudie. Enkele typen verpakkingen springen er uit wat betreft de overschrijding van de norm voor zware metalen, namelijk draagtassen, netten en zakken. Opvallend is dat vooral veel lood en chroom is aangetroffen en relatief weinig cadmium, al bleken sommige PVC of PVC-houdende verpakkingen te veel cadmium te bevatten. Van de in het laboratorium geanalyseerde verpakkingen, 108 stuks, voldeden er 27 niet aan de eis voor zware metalen uit de Regeling. Daarnaast waren er enkele twijfelgevallen, waarvan niet voldoende betrouwbaar kon worden vastgesteld of ze wel of niet aan de eis voldeden. Op het totaal aantal gescreende verpakkingen (357 stuks) voldeed 7-8% niet aan de eis. De draagbare XRF analyser is in principe geschikt als screening instrument voor de selectie van verdachte kunststof verpakkingen in het veld. Weliswaar is er in een klein aantal gevallen sprake van een vals-negatieve of vals-positieve uitslag, maar het risico hierop is acceptabel indien dit wordt afgezet tegen de efficiëntiewinst van de gehanteerde strategie. Dankzij de screening hoefde namelijk circa 75% van de gescreende monsters niet op het laboratorium te worden geanalyseerd. Wel moet men bij het gebruik van de draagbare XRF analyser alert zijn op mogelijk storende invloeden van bijvoorbeeld het product dat zich in de verpakking bevindt.

Op grond van de resultaten van de analyses in het laboratorium kan worden geconcludeerd dat XRF en ICP-MS beide geschikte analysemethoden zijn voor handhaving van de Regeling, mits monsters op de juiste wijze worden voorbereid. Voor XRF moeten monsters worden gehomogeniseerd, fijngemalen en zo compact mogelijk worden gemaakt. Ook moet het te gebruiken XRF worden geoptimaliseerd door het te kalibreren met standaarden (in dit geval kunststof monsters) met bekende gehalten aan zware metalen. Vanwege de grotere efficiëntie verdient XRF de voorkeur boven ICP-MS.

1 Algemene inleiding

1.1 Aanleiding tot het onderzoek

Per 1 augustus 1997 is de Regeling verpakking en verpakkingsafval van kracht geworden (Staatscourant 125, 1997). Dit besluit is de uitwerking van de EG richtlijn nr. 94/62/EG van het Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie van 20 december 1994 (PbEG L 365) betreffende verpakking en verpakkingsafval.

In het besluit worden onder meer eisen gesteld aan de gehalten van enkele zware metalen in verpakkingen, namelijk cadmium (Cd), lood (Pb), kwik (Hg) en zeswaardig chroom (Cr^{6+}). Sinds 30 juni 2001 mag het totaalgehalte aan deze metalen in verpakkingen niet meer dan 100 mg/kg bedragen. Hierbij wordt (tot het jaar 2009) een uitzondering gemaakt voor verpakkingen die zijn vervaardigd uit kristalglas. Ook kunststof kratten en kunststof pallets zijn, die voldoen aan bepaalde eisen ten aanzien van productie, hergebruik (gesloten en gecontroleerd distributie- en hergebruikstelsel) en verwerking in het afvalstadium, zijn uitgezonderd. Daarnaast is er een aparte regeling voor verpakkingsglas, omdat gebleken is dat deels door jarenlange recycling van glas te hoge gehalten aan lood en chroom in verpakkingsglas voorkomen. In dit rapport zal hier nog op worden teruggekomen.

De VROM-Inspectie is belast met de handhaving van de Regeling verpakking en verpakkingsafval. Tot op heden zijn door de VROM-Inspectie geen handhavingsacties uitgevoerd om na te gaan of de normen voor zware metalen in verpakkingen worden overschreden. Dit heeft onder meer te maken met het feit dat in de regeling geen monsternemings- en analyseprotocollen zijn voorgeschreven. Bovendien ontbreekt op dit moment inzicht in de problematiek, gelet op de omvang en de typen verpakkingen, die in Nederland op de markt worden gebracht.

Naast cadmium, lood, kwik en chroom kan in verpakkingen sprake zijn van de aanwezigheid van andere zware metalen waarvoor normen bestaan in andere milieuwet- en regelgeving. Deze metalen, waarvoor in de Regeling verpakking geen normen zijn opgenomen, kunnen van invloed zijn op de reststoffenproblematiek, bijvoorbeeld in relatie tot het Bouwstoffenbesluit.

Daarom is de VROM-Inspectie in 2001 een project gestart dat er op gericht is inzicht te verkrijgen in de aanwezigheid van zware metalen in verpakkingen teneinde een effectieve handhavingstrategie, inclusief monsternemings- en analyseprotocollen, te ontwikkelen om de normen voor zware metalen te controleren. Dit project wordt gecoördineerd vanuit de VROM-Inspectie Regio Oost. Binnen het project zal de aandacht hoofdzakelijk gericht zijn op de in de Regeling verpakking genormeerde zware metalen, namelijk cadmium (Cd), lood (Pb), kwik (Hg) en chroom (Cr), waarbij vooralsnog chroom *als totaal chroom* zal worden meegenomen en *niet als zeswaardig chroom*, omdat zeswaardig chroom analytisch-chemisch moeilijk te bepalen is. Behalve de vier genormeerde zware metalen

worden ook enkele andere voor het milieu relevante zware metalen, zoals koper (Cu), molybdeen (Mo) en antimoon (Sb), in dit onderzoek meegenomen.

1.2 Doelstelling van het onderzoek

De drie doelen van het onderzoek zijn:

- Het in kaart brengen van de aanwezigheid van zware metalen in verpakkingsmateriaal binnen de keten, vanaf de productie en import tot gebruik als verpakkingsmateriaal, teneinde verpakkingsmatrices met mogelijke aanwezigheid van zware metalen te kunnen prioriteren.
- Het ontwikkelen van een handhavingsstrategie, waarmee zo effectief mogelijk de prioritaire aangrijpingspunten voor handhaving kunnen worden geselecteerd.
- Het ontwikkelen van monsternemings- en analysemethoden die passen binnen deze strategie.

Met behulp van de ontwikkelde strategie zal de VROM-Inspectie de handhaving van normen voor zware metalen in verpakkingen gericht moeten kunnen uitvoeren.

1.3 Opzet van het onderzoek

Aanvankelijk was het onderzoek opgedeeld in drie fasen, namelijk:

Eerste fase: Een literatuuronderzoek gericht op het in kaart brengen van de verpakkingsketen (importeur en producent → tussenhandel → gebruiker → afvalstadium) en de soorten verpakkingsmaterialen waarin de genoemde zware metalen met name worden aangetroffen. De literatuurstudie zou ook moeten uitwijzen welke soorten verpakkingen het meest in aanmerking zouden komen voor handhaving op basis van een aantal op te stellen criteria, zoals de grootte en de aard van de emissies naar het milieu via het afvalstadium.

Tweede fase: Het ontwikkelen van een optimale en effectieve handhavingsstrategie. Criteria die hierbij een rol spelen zijn onder meer de handhaafbaarheid, de beïnvloedbaarheid, het milieurendement, de naleefbaarheid en de vraag of de aangetroffen concentraties handhaving noodzakelijk maken. Het onderzoek in deze fase moet antwoorden te geven op de vragen waar in de keten en op welke wijze (bijvoorbeeld communicatie, monsterneming en analyse, controle stoffenboekhouding) de handhaving op de meest effectieve wijze kan plaats vinden. Met andere woorden: hoe kan met de minste capaciteit en middelen een zo hoog mogelijk naleefgedrag worden gerealiseerd.

Derde fase: Deze fase is gericht op het inventariseren en, indien nodig, ontwikkelen van methodieken en meetmethoden (monsterneming en analyse) voor de handhaving van de Regeling. Als onderdeel van de methodiekontwikkeling zou een pilot controlebezoek kunnen worden gehouden, waar de (ontwikkelde) monsternemings- en analyseprotocollen in de praktijk beproefd kunnen worden.

Tijdens het onderzoek, namelijk na de afronding van de literatuurstudie, is de onderzoeksopzet enigszins gewijzigd. Hierbij speelde ook mee dat er inmiddels een meetinstrument beschikbaar was, namelijk een draagbare XRF¹ analyser, waarmee in het veld indicatieve metingen van gehalten aan zware metalen in allerlei materialen kunnen worden verricht.

De eerste fase is uitgevoerd volgens plan, maar de tweede en derde fase zijn samengevoegd tot één nieuwe fase (in het vervolg fase 2 genoemd).

De voornaamste reden om van de oorspronkelijke onderzoeksopzet af te wijken, was dat uit de literatuurstudie is gebleken dat kunststof verpakkingen veruit de meest kritische groep verpakkingen vormen voor wat betreft de gehalten aan cadmium, lood, kwik en chroom en de emissies van deze metalen naar het milieu na afdanken van de verpakking. Voor wat betreft het criterium *milieurendement* (één van de criteria voor effectieve handhaving) kwam deze groep dus als eerste in aanmerking voor nader onderzoek. Daarnaast was het gewenst te testen of de draagbare XRF analyser een nuttig hulpmiddel kon zijn om in het veld monsters te screenen en op basis daarvan verdachte monsters te selecteren (bevorderen van de *efficiëntie van de handhaving*, een ander belangrijk criterium in de handhavingsstrategie). Om deze redenen zijn de oorspronkelijke fasen 2 en 3 samengevoegd tot een oriënterend onderzoek, gericht op zowel het vaststellen van gehalten aan zware metalen in een kleine steekproef aan kunststof verpakkingen en verpakkingsmaterialen als het vergelijken en testen van analysemethoden. Ook de prestaties van de draagbare XRF analyser als screenend instrument konden op basis van deze testen worden beoordeeld.

In fase 2 is daartoe bij 24 bedrijven uit de keten een aantal verpakkingen gescreend met de draagbare XRF analyser. Die verpakkingen, waarin te hoge gehalten aan cadmium, lood, kwik en chroom werden gevonden, zijn meegenomen naar het laboratorium waar ze zijn geanalyseerd met twee laboratorium meetmethoden, namelijk geavanceerde XRF en ICP-MS².

1.4 Opdrachtverlening

Het onderzoek is uitgevoerd door het RIVM (laboratoria IEM³ en LAC⁴) in opdracht van de VROM-Inspectie Regio Oost. Door medewerkers van de 5 regionale VROM-Inspecties is ondersteuning geleverd bij de bedrijfsbezoeken, de monsterneming en de selectie van verpakkingen voor nadere analyse.

¹ Röntgenfluorescentie

² Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry

³ Inspectieonderzoek En Milieuongevallendienst

⁴ Laboratorium voor Anorganisch-Chemische Chemie

1.5 Indeling van het rapport

Dit rapport is als volgt opgebouwd.

De hoofdstukken 2 tot en met 8 hebben betrekking op fase 1 van het onderzoek: de literatuurstudie. Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de onderzoeksvragen en de gevolgde werkwijze. In hoofdstuk 3 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste bij de verpakkingsketen betrokken actoren, instanties en organisaties. Daarnaast zal een korte toelichting worden gegeven op de voor dit onderzoek meest relevante aspecten van het Convenant Verpakkingen II. In hoofdstuk 4 wordt vanuit verschillende invalshoeken een overzicht gegeven van soorten verpakkingen, hun toepassing en de stromen waarlangs ze in de keten hun weg vinden. In hoofdstuk 5 wordt aandacht besteed aan de hoeveelheden verpakkingsmateriaal die jaarlijks in Nederland in omloop worden gebracht, hergebruikt en in het afvalstadium belanden. In hoofdstuk 6 wordt de beschikbare informatie over de samenstelling van verpakkingen samengevat en besproken, waarbij de nadruk ligt op de vier genormeerde elementen en de elementen die vanuit andere wet- en regelgeving op milieugebied van belang zijn. Tenslotte zal in hoofdstuk 7 een schatting worden gemaakt van de milieubelasting in termen van hoeveelheden zware metalen uit verpakkingen, per soort verpakking en in totaal, die vrijkomen in het afvalstadium (storten en verbranden). In hoofdstuk 8 zullen de conclusies en aanbevelingen van de literatuurstudie worden gegeven.

De hoofdstukken 9 tot en met 14 hebben betrekking op fase 2: het oriënterend handhavingsonderzoek en het testen van analysemethoden. In hoofdstuk 9 worden de doelstellingen van het onderzoek toegelicht en wordt de globale opzet beschreven. Hoofdstuk 10 bevat een beschrijving van de monsterneming bij de geselecteerde bedrijven. In hoofdstuk 11 worden de monstervoorbewerking en methoden van de laboratorium analyse beschreven. In hoofdstuk 12 worden de resultaten van de analyses besproken. Daarbij ligt het accent vooral op de genormeerde zware metalen en de toetsing van de eisen uit de Regeling. Ook andere zware metalen, in het bijzonder koper, molybdeen en antimoon, komen aan bod. Hoofdstuk 13 is gericht op het vergelijken van de analyseresultaten vanuit meetmethodisch oogpunt met als doel te bepalen welke analysemethode het meest geschikt is voor de handhaving. Tevens is nagegaan of de draagbare XRF analyser geschikt is om in het veld monsters te screenen en op basis daarvan verdachte monsters te selecteren. Tenslotte zullen in hoofdstuk 14 de conclusies en aanbevelingen van fase 2 worden gegeven.

2. Inleiding en uitvoering fase 1: literatuurstudie

De eerste fase van dit onderzoek is gericht op het in kaart brengen van de aanwezigheid van zware metalen in verpakkingsmateriaal binnen de keten. Om de vragen die in deze fase aan de orde zijn te kunnen beantwoorden is een uitvoerige literatuurstudie verricht, waarbij de nadruk lag op de volgende aspecten:

- Hoe ziet de verpakkingsketen er uit? Welke actoren spelen een rol in deze keten?
- Welke soorten verpakkingen worden er gebruikt?
- Hoeveel verpakkingsmateriaal wordt er jaarlijks in Nederland netto in omloop gebracht, hoeveel wordt er hergebruikt en hoeveel komt er vrij in het afvalstadium? In welke soorten afval komen met name verpakkingsmaterialen voor?
- Welke elementen komen er voor in de verschillende soorten verpakkingsmaterialen en in welke mate? In welke vorm en om welke redenen worden bepaalde elementen aan verpakkingsmaterialen toegevoegd? Bij deze vragen richt het onderzoek zich vooral op de vier genormeerde elementen cadmium, lood, kwik en chroom en de elementen koper, molybdeen en antimoon, waarvoor op grond van andere wet- en regelgeving op milieugebied belangstelling bestaat.

Voor de literatuurstudie zijn de volgende bronnen geraadpleegd:

- de RIVM bibliotheek,
- bestanden met internationale, wetenschappelijke tijdschriften en rapporten op het gebied van milieu,
- een lijst met publicaties over zware metalen in verpakkingen afkomstig van het Nederlands Verpakkingscentrum (NVC),
- een lijst met publicaties over zware metalen in verpakkingen afkomstig van de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO); door dit instituut is een vergelijkbaar onderzoek naar zware metalen in verpakkingen uitgevoerd, waarvan de resultaten in deze literatuurstudie zijn verwerkt.

Daarnaast is op circa 20 Internet sites van verschillende betrokken organisaties, zoals het NVC en de Stichting Kringloop Blik (SKB), gezocht naar relevante informatie. Tenslotte is mondeling informatie verkregen van enkele onderzoekers en vertegenwoordigers van betrokken organisaties.

De geraadpleegde informatie is ten dele van recente datum, maar omvat ook publicaties uit de jaren '80 en het begin van de jaren '90, toen relatief veel onderzoek is verricht naar verpakkingen en verpakkingsafval. Aangezien de verpakkingsmarkt voortdurend in beweging is (toename van gebruik van kunststoffen in plaats van blik en glas, uitbreiding van het aanbod aan producten welke gepaard gaat met een verschuiving naar kleinere verpakkingen, wijzigingen in de samenstelling van verpakkingen, toename van mogelijkheden voor materiaalhergebruik), kan een deel van de gebruikte informatie vermoedelijk afwijken van de huidige stand van zaken. In grote lijnen heeft dit geen gevolgen voor de conclusies en aanbevelingen uit dit literatuuronderzoek.

3. De verpakkingsketen en betrokken actoren

In de Regeling wordt de verpakkingsketen gedefinieerd als *degenen die in het kader van de uitoefening van hun beroep of bedrijf betrokken zijn bij of een aandeel hebben in het in Nederland aan een ander ter beschikking stellen van een verpakking of verpakte stoffen, preparaten of andere producten of de afname daarvan:*

- *door levering van grondstoffen voor verpakkingen,*
- *door productie of import van verpakkingen,*
- *als producent of importeur*
- *als afnemer van verpakte stoffen, preparaten of andere producten of*
- *door verwerking van verpakkingen.*

Praktisch gezien houdt dat in dat nagenoeg de hele samenleving op één of andere wijze met de verpakkingsketen heeft te maken. Immers, bijna elk product wordt verpakt op de markt gebracht door een fabrikant, handelaar of detaillist en in ieder huishouden worden verpakte producten gebruikt (afgenomen).

Vanuit de invalshoek van de verpakkingsstromen heeft de verpakkingsketen een nogal complexe structuur. Redenen hiervoor zijn de uiteenlopende toepassingen van verpakkingen, het groot aantal soorten verpakkingen en het groot aantal actoren dat bij de verpakkingsketen betrokken is. Naast afnemers van verpakte producten (dit kunnen huishoudens zijn, maar ook bedrijven) zijn dat bijvoorbeeld overheidsinstellingen (afvalinzameling en facilitering daarvan), bedrijven die verpakkingen produceren en importeren, bedrijven die verpakkingen toepassen (verpakkers en vullers⁵, distributiebedrijven, groot- en kleinhandel) en bedrijven die zich bezig houden met inzameling, scheiding, hergebruik en recycling van (verpakkings)afval. In totaal gaat het om een zeer groot aantal, uiteenlopende soorten bedrijven, aangezien verpakkingen in vrijwel elke bedrijfstak worden toegepast. Een andere complicerende factor is dat veelal meerdere soorten verpakkingsmateriaal worden gebruikt om een product te verpakken, bijvoorbeeld een glazen flesje bier, voorzien van een metalen kroonkurk en een papieren etiket. Bovendien wordt voor het vervoer van een product vaak ook weer een verpakking (in het voorbeeld een kunststof krat) gebruikt.

3.1 Betrokken actoren en organisaties

In de verpakkingsketen spelen de volgende actoren een rol:

- producenten en importeurs van verpakkingsmaterialen, d.w.z. grondstoffen of (half)fabrikaten die toegepast worden voor de vervaardiging van verpakkingsmiddelen,
- producenten en importeurs van verpakkingen en verpakkingsmiddelen,

⁵ Het grootste deel hiervan zijn bedrijven die producten op de markt brengen, die ze zelf van een verpakking voorzien (bijvoorbeeld producenten van voedingsmiddelen).

- producenten en importeurs van verpakte producten; het gaat daarbij om producenten en importeurs die in Nederland als eerste een stof, preparaat of product in een verpakking aan een ander ter beschikking stelt,
- industriële gebruikers (inclusief KWD⁶ sector, agrarische sector, de bouw en transportbedrijven),
- particuliere gebruikers (huishoudens),
- overheden (regelgeving, afvalinzameling, faciliteren afvalinzameling en hergebruik),
- afvalinzamelingsbedrijven,
- afvalverwerkers,
- recycle bedrijven.

In de huidige Regeling worden aan de bedrijven uit de tweede en derde groep bepaalde verplichtingen en verantwoordelijkheden opgelegd, zoals dat voor verpakkingen 65% wordt teruggewonnen en 45% als materiaal wordt hergebruikt (op gewichtsbasis)⁷. Voor de bepalingen ten aanzien van de zware metalen in verpakkingen is degene verantwoordelijk die producten in een verpakking aan een ander beschikking stelt (zie artikel 13). De eerste en tweede groep (producenten en importeurs van verpakkingsmaterialen en verpakkingen) vallen hiermee formeel niet onder de eisen van de zware metalen, maar is vanuit het perspectief van effectieve handhaving wel een interessante groep. Redenen hiervoor zijn:

- Deze groep bedrijven is primair verantwoordelijk voor de kwaliteitseisen van de verpakkingen.
- Bij deze bedrijven is enigszins representatief te bemonsteren. Als verpakkingsmaterialen eenmaal hun toepassing hebben gevonden en dus gedistribueerd zijn over een groot aantal bedrijven verspreid over het hele land, is representatieve bemonstering nagenoeg onmogelijk.

Om vast te stellen in welke verpakkingsmaterialen veel zware metalen voorkomen is het zinvol monsters te nemen van verpakkingsmaterialen die door de bedrijven uit de eerste groep op de Nederlandse markt worden gezet, bij voorkeur op het moment dat deze materialen naar de verwerkers (de producenten van verpakkingen) worden getransporteerd. Daarmee wordt overigens geen zicht verkregen op materialen, verpakkingen, verpakkingsmiddelen en verpakte producten die vanuit het buitenland worden geïmporteerd. Uit de informatie die voor dit literatuuronderzoek is geraadpleegd is niet af te leiden hoe groot het aandeel is van de bedrijven uit de eerste groep op de uiteindelijke hoeveelheid op de Nederlandse markt gebrachte verpakkingen⁸.

⁶ Kantoor, Winkel en Diensten.

⁷ Omdat het voor vele individuele bedrijven praktisch gezien niet haalbaar is aan deze voorwaarden te voldoen, is in de Regeling de mogelijkheid opgenomen dat bedrijven kunnen aansluiten bij een Convenant tussen de Minister van VROM en één of meer personen in de verpakkingsketen. Deze mogelijkheid heeft geresulteerd in het Convenant Verpakkingen II, dat elders in deze rapportage wordt besproken.

⁸ Betrouwbare cijfers hierover ontbreken. Voor zover gegevens beschikbaar zijn, liggen de cijfers uiteen. Duidelijk is wel dat het aandeel geïmporteerde verpakkingen en verpakkingsmaterialen in de tientallen procenten ligt.

Naast de hiervoor genoemde actoren spelen de volgende instanties, belangenbehartigers en branche-organisaties een belangrijke rol in de verpakingsketen:

- SVM-PACT: Deze stichting, opgericht in 1997 door VNO-NCW, MKB Nederland en de Stichting Verpakking en Milieu (SVM)⁹, behartigt de belangen namens het bedrijfsleven voor vraagstukken op het gebied van verpakkingen en milieu en is aanspreekpunt voor de Minister van VROM. Ook is ze namens het bedrijfsleven uitvoeringsorganisatie voor het Convenant Verpakkingen II, dat in de volgende paragraaf wordt toegelicht. Dit houdt onder andere in dat SVM-PACT verantwoordelijk is voor het verstrekken van gegevens omtrent de totale hoeveelheid jaarlijks op de Nederlandse markt gebrachte verpakkingen en de hoeveelheid verpakingsafval die jaarlijks als materiaal wordt hergebruikt. Hiertoe verzamelt SVM-PACT jaarlijks gegevens van bedrijven of van clusters (branche-organisaties) van bedrijven, aan welke daartoe gestandaardiseerde rapportage- en monitoringformulieren worden verstrekt.
- Monitoringsinstituut Convenant Verpakkingen: Dit Monitoringsinstituut draagt sinds 1998 zorg voor de uitvoering van metingen en de aggregatie van de cijfers van de hoeveelheden op de Nederlandse markt gebrachte verpakkingen (*de zogenaamde marktmeting*) en de hoeveelheid hergebruikt verpakingsafval (*de zogenaamde materiaalhergebruiksmeting*). Ook stelt het Monitoringsinstituut samen met een door de Minister aangewezen bureau de jaarlijkse rapportage aan de Commissie Verpakkingen op.
- RIVM: Dit instituut is door de Minister van VROM aangewezen als bureau om samen met het Monitoringsinstituut de jaarlijkse rapportage aan de Commissie Verpakkingen op te stellen. Tevens draagt het RIVM zorg voor de meting van de hoeveelheden gemengd en gescheiden verpakingsafval uit huishoudens (*de zogenaamde afvalmeting*) en de beoordeling van de door het Monitoringsinstituut aangeleverde gegevens. Vóór 1998 werd de hele monitoring van het verpakingsafval en hergebruik daarvan (de marktmeting werd toen nog niet uitgevoerd) uitgevoerd onder verantwoordelijkheid van het RIVM.
- Commissie Verpakkingen: Deze commissie, bestaande uit vertegenwoordigers van het bedrijfsleven, overheid en instanties zoals de Stichting Milieubewustzijn, is belast met de toetsing van de naleving van het Convenant Verpakkingen II en de toetsing van de jaarlijkse verslagen van de Minister van VROM (namens de overheid) en de uitvoeringsorganisatie van het bedrijfsleven. Bij deze toetsing wordt vooral nagegaan of de uitvoering van het Convenant verloopt volgens de gemaakte afspraken en of de doelstellingen van het Convenant worden bereikt.
- Nederlands Verpakkingencentrum (NVC): Dit is een vereniging van een groot aantal bedrijven in de verpakingsbranche. Het NVC verenigingsbureau is het informatiecentrum en het opleidingsinstituut van en voor de bedrijven die belang stellen in de verpakingsfunctie.

⁹ Deze stichting werd in 1971 opgericht om de belangen van bedrijven in de verpakingsbranche te behartigen voor zaken betreffende 'verpakking en milieu'. In 1997 is de stichting opgegaan in SVM-PACT.

- Vereniging Milieubeheer Kunststofverpakkingen (VMK): Deze vereniging is een branche-organisatie die de belangen behartigt van bedrijven uit de kunststofverpakkingssector, zoals grondstofleveranciers, producenten, handelaars, inzamelaars en herverwerkers van kunststofverpakkingen. De VMK is de specialist op het terrein van 'kunststofverpakkingen en milieu' en vertegenwoordigt de kunststofverpakkingssector in contacten met overheden en milieu- en consumentenorganisaties.
- Stichting Kringloop Blik (SKB), Metaal Recycling Federatie, Stichting Kringloop Glas (SKG), Stichting Promotie Glasbak, Stichting Kringloop Hout (SKH), Stichting Kringloop Papier Recycling Nederland (PRN), Vereniging van Kunststof Recyclers (VKR): Dit zijn stichtingen en verenigingen die hergebruik en recycling van metalen, glas, hout, papier en kunststoffen willen bevorderen. De SKB heeft bijvoorbeeld als doel voor het jaar 2001 80% van alle metalen verpakkingen als materiaal her te gebruiken. De SKB, SKG, SKH, PRN en VKR zijn verantwoordelijk voor het monitoren van de hoeveelheden hergebruikte verpakkingen. Jaarlijks verstrekken zij de gegevens aan het Monitoringinstituut. In hoofdstuk 5 zal hier nog nader op worden ingegaan.
- World Packaging Organisation (WPO): Dit is een wereldwijde branche organisatie voor de verpakkingsindustrie.
- Diverse organisaties en verenigingen van bepaalde productbranches waarin verpakkingen worden gebruikt, zoals bijvoorbeeld de Vereniging der Nederlandse Groenten- en Fruitverwerkende Industrie (VIGEF), de Nederlandse Frisdranken Industrie (NFI) en de Nederlandse Vereniging van Zeepfabrikanten (NVZ). Deze zijn in het algemeen als clusters aangesloten bij SVM-PACT.
- Hoofdbedrijfschap Detailhandel (HBD): Het HBD is een samenwerkingsverband van werkgevers- en werknemersorganisaties in de detailhandel met als belangrijkste taak het behartigen van de belangen van de gehele bedrijfstak. Het HBD, waarbij alle winkels en ambulante handelaren in Nederland zijn aangesloten, komt op voor zowel het midden- en kleinbedrijf als het grootwinkelbedrijf en ondersteunt de sector met een breed scala van activiteiten, waaronder voorlichting op het gebied van het Convenant Verpakkingen II.

Tenslotte bestaan er nog diverse (internationale) branche-organisaties op het gebied van specifiek verpakkingen, maar ook op het gebied van papier, aluminium, kunststoffen en dergelijke. Voorbeelden hiervan zijn de Federatie Nederlandse Rubber- en Kunststofindustrie (NRK), een branche-organisatie die de belangen behartigt van de rubber- en kunststofindustrie in Nederland, en de Federatie Nederlandse Oudpapier Industrie (FNOI), een vereniging van ruim 130 oud papier ondernemingen (ongeveer 95% van de ondernemingen in de branche).

3.2 Het Convenant Verpakkingen II

Op 15 december 1997 is door de Minister van VROM en SVM-PACT het Convenant Verpakkingen II afgesloten. In dit Convenant zijn nadere afspraken gemaakt tussen de overheid en het bedrijfsleven omtrent de invulling van bepaalde verplichtingen en verantwoordelijkheden in de Regeling. Daarbij dient te worden opgemerkt dat een aantal wettelijke bepalingen, zoals de normen ten aanzien van de zware metalen **niet** in het convenant zijn opgenomen. Elke ondernemer, die verpakte producten aan een ander ter beschikking stelt is verantwoordelijk om vast te stellen of deze verpakking aan de zware metaaleisen voldoet.

Door middel van het Convenant wordt getracht een effectievere en efficiëntere uitvoering van de Regeling tot stand te brengen dan bereikt zou worden als iedere onderneming in de verpakkingsketen zou moeten voldoen aan de individuele verplichtingen zoals het realiseren van een bepaald percentage product- en materiaalhergebruik. Het Convenant en ook de bijbehorende deelconvenanten¹⁰ bevatten onder meer afspraken omtrent

- doelstellingen op het gebied van preventie, producthergebruik en materiaalhergebruik,
- wijze van monitoring van hoeveelheden op de markt gebrachte verpakkingen, hergebruikt verpakkingsmateriaal en verpakkingsafval,
- verslaglegging en toetsing daarvan door de Commissie Verpakkingen,
- samenstelling en taken van de Commissie Verpakkingen,
- bepaalde verplichtingen en taken van de overheid en het bedrijfsleven aangaande het Convenant.

Ten aanzien van preventie is als doelstelling geformuleerd dat de hoeveelheid nieuw op de Nederlandse markt te brengen verpakkingen in 2001 wordt verminderd met tenminste 10% van de hoeveelheid verpakkingen in 1986 (na correctie voor de ontwikkeling van het Bruto Binnenlands Product). Ten aanzien van hergebruik is als doelstelling geformuleerd dat 65% (voor papier of karton, glas, kunststof en metaal) dan wel 15% (voor hout) als materiaal wordt hergebruikt¹¹. Ten aanzien van de hoeveelheid restafval is als doelstelling geformuleerd dat in het jaar 2001 de totale hoeveelheid te verbranden en te storten verpakkingsafval van papier of karton, glas, kunststof en metaal maximaal 940 kton dient te bedragen, verminderd met de hoeveelheid van metaal uit verpakkingsafval, die na verbranding als materiaal wordt hergebruikt

In het Convenant en de deelconvenanten wordt nagenoeg geen aandacht besteed aan zware metalen in verpakkingsmaterialen. Alleen in het deelconvenant producenten/importeurs wordt aangegeven dat het gebruik van zware metalen zoveel

¹⁰ Door de groep producenten en importeurs als geheel en door de groepen bedrijven 'per type verpakkingsmateriaal' (papier/karton, glas, metaal, kunststof en hout) zijn deelconvenanten afgesloten waarin meer in detail afspraken zijn gemaakt over maatregelen voor preventie en producthergebruik en over de inzameling, scheiding, afname en hergebruik van deze materialen.

¹¹ Opmerking: in de Regeling is als verplichting opgenomen dat de producenten en importeurs 45% van de op de Nederlandse markt gebrachte verpakkingen als materiaal hergebruiken.

mogelijk beperkt moet worden tot tenminste het niveau, zoals voorgeschreven in de Regeling (dus tot 30 juni 2001 250 ppm en daarna 100 ppm voor het totaalgehalte aan cadmium, lood, kwik en zeswaardig chroom). Er zijn geen afspraken gemaakt over monitoring of op andere wijze registreren van het voorkomen van deze zware metalen in verpakkingsmaterialen (zie opmerking hiervoor).

4. Soorten verpakkingen en hun toepassingen

Een indeling in soorten verpakkingen kan vanuit verschillende invalshoeken worden gemaakt, onder meer op basis van de functie, materiaalsoort, levensduur en toepassing. De te kiezen invalshoek hangt samen met de te kiezen doelstelling van de indeling. Om een beeld te krijgen van de verpakkingstromen zijn indelingen op basis van functie, toepassing en levensduur het meest geschikt. Echter, om te kunnen vaststellen welke soorten verpakkingen de grootste milieubelasting teweeg brengen is een overzicht naar materiaalsoort (inclusief hoeveelheden en samenstelling; deze komen in de hoofdstukken 5 en 6 ter sprake) van groot belang. Voor het opstellen van een effectieve handhavingstrategie zullen gegevens uit deze mogelijke indelingen gecombineerd moeten worden. Daarom zullen de verschillende indelingen in de volgende paragrafen alle afzonderlijk worden besproken. Tevens zal een schematisch overzicht van de verpakkingstromen worden gegeven.

4.1 Functies en toepassingen

Qua functie kunnen verpakkingen in grote lijnen in twee hoofdgroepen worden ingedeeld, namelijk:

- Transportverpakkingen: Dit zijn verpakkingen die dienen als hulpmiddel bij het vervoer van goederen en de opslag van producten. Voorbeelden van dergelijke verpakkingen zijn pallets, dozen, kratten, piepschuim, folie, vaten en drums. De voornaamste functies van transportverpakkingen zijn bescherming tijdens transport, efficiënte bundeling en opslag en informatieverstrekking (bestemming, beheer).
- Productverpakkingen: Dit zijn verpakkingen die dienen als bewaar- en/of opslagmiddel voor producten, waarmee ook grondstoffen, halffabrikaten en tussenproducten worden bedoeld. Voorbeelden hiervan zijn zakken, flessen, potten, blikken, dozen, hoezen, bekers, emmers, trays, draagtassen en jerrycans. De voornaamste functies van productverpakkingen zijn bescherming van het product tegen beschadiging of bederf, soms bescherming van de gebruiker (veiligheid), kwaliteitsbehoud en informatieverstrekking (gebruik, samenstelling, houdbaarheid, veiligheid, 'identiteit', reclame).

In Duitsland wordt in de Verpackungsverordnung naast deze twee categorieën ook nog onderscheid gemaakt in zogenaamde *omverpakkingen*, materialen die een aantal productverpakkingen omhullen en die hun functie verliezen bij afgifte aan de eindgebruiker (Damman, 1993). Voorbeelden zijn geschenkverpakkingen om flessen, folies om meerdere repen chocola en verpakkingen om producten die in de winkel door consumenten zelf kunnen worden afgewogen en van een nieuwe, kleinere verpakking worden voorzien. Ook plastic draagtassen, door De Brucker *et al.* (2001) *service verpakkingen* genoemd, zouden tot de groep omverpakkingen gerekend kunnen worden. Het onderscheid wordt in de Verpackungsverordnung gemaakt, omdat er verschillende

regels en verplichtingen voor elk van de drie categorieën verpakkingen gelden. In Nederland is dat niet het geval. Soms is het onderscheid tussen de verschillende categorieën niet goed te maken. Audio- en video apparatuur bijvoorbeeld wordt verpakt in dozen (meestal voorzien van piepschuim), die als transport-, maar ook als productverpakking dienen. In het algemeen kennen transportverpakkingen een kleinere verscheidenheid aan soorten verpakkingen.

Volgens een onderzoek in Duitsland (NMC, 1992) bedroeg in 1992 het percentage transportverpakkingen 23% van de totale hoeveelheid verpakkingen. Het grootste deel hiervan bestond uit papier/karton (75%) en daarnaast hout (15%) en kunststof (5%). Het aandeel omverpakkingen is waarschijnlijk beperkt tot hooguit enkele procenten (exacte cijfers zijn niet gegeven). Over de Nederlandse situatie zijn ten aanzien van deze indeling geen cijfers voorhanden, maar verwacht wordt dat de percentages niet sterk van die van de Duitse markt zullen afwijken. Transportverpakkingen zullen met name via de inzameling van industrieel (inclusief de bouw en de agrarische sector) en KWD afval worden afgedankt, productverpakkingen via zowel het huishoudelijk als het industrieel en KWD afval.

4.2 Levensduur

Naast een onderscheid in functie kan ook de levensduur van een verpakking een criterium zijn voor een indeling. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in:

- Eenmalige verpakkingen: Dit zijn verpakkingen die slechts één maal worden gebruikt en vervolgens worden afgedankt. Voorbeelden hiervan zijn folies, statiegeldloze kunststof flessen, kunststof bekers, papieren zakken en blikken. De levensduur van deze verpakkingen is relatief kort. In de meeste gevallen varieert ze van enkele dagen tot minder dan een jaar, afhankelijk van de omloopsnelheid van het verpakte product.
- Meermalige verpakkingen: Dit zijn verpakkingen die meerdere malen worden gebruikt voordat ze worden afgedankt. Voorbeelden hiervan zijn pallets, kratten, glazen potten en flessen, PET flessen en jute zakken. In sommige gevallen is het noodzakelijk de verpakking na gebruik eerst te bewerken (schoonmaken, reconditioneren¹²) voordat ze opnieuw kan worden toegepast. In andere gevallen is een dergelijke bewerking niet nodig (bijvoorbeeld een kunststof krat voor het verpakken van bierflesjes). Met name verpakkingen van glas, hout en textiel (jute zakken) en sommige kunststof verpakkingen (o.a. kratten) worden meermalig gebruikt. De levensduur van deze verpakkingen is relatief lang. Ze kan variëren van minder dan een jaar tot meer dan 10 jaren.

Uiteindelijk zullen ook meermalig gebruikte verpakkingen, zodra ze niet meer bruikbaar zijn, in het materiaalhergebruiks- of afvalstadium terechtkomen. Dit wordt meegenomen

¹² Hiermee wordt bedoeld het uitdeuken, uitwassen of gritstralen en zo nodig repareren van stalen vaten die voor het verpakken van vaste en vloeibare producten (met name chemicaliën, verven, lijmen e.d.) worden gebruikt (TNO, 1995).

in de jaarlijkse materiaalhergebruiks- en afvalmetingen (zie hoofdstuk 5). Evenzo worden bij het vaststellen van de op de Nederlandse markt gebrachte verpakkingen meermalig gebruikte verpakkingen meegenomen op het moment dat ze voor de eerste maal op de markt worden gebracht. Dit heeft tot gevolg dat de hoeveelheid in omloop zijnde meermalig gebruikte verpakkingen van belang is om de massabalans van de jaarlijks op de markt gebrachte en de afgedankte verpakkingen sluitend te krijgen. Hier zal in hoofdstuk 5 nog op worden teruggekomen.

4.3 Schema

In Figuur 1 is een schematisch overzicht gegeven van de stromen waarlangs verpakkingen en het verpakkingsafval hun weg vinden. Hoewel het overzicht er complex uit ziet, is de werkelijke situatie nog ingewikkelder. De belangrijkste stromen zijn echter allemaal opgenomen.

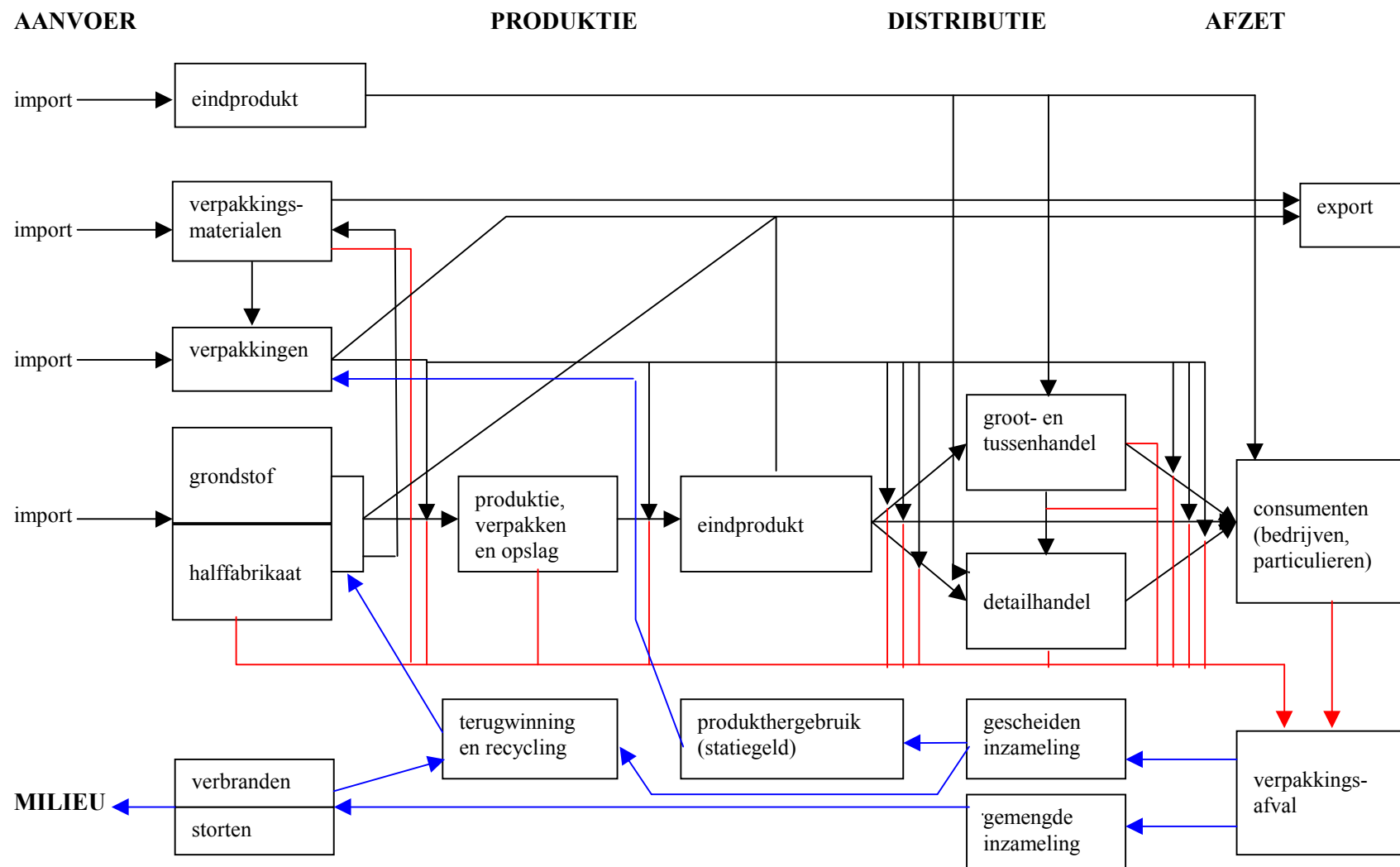
De stromen van producten en verpakkingen¹³ zijn met zwarte pijlen aangegeven, de stromen van het verpakkingsafval met rode pijlen en de stromen van de verwerking van het verpakkingsafval met blauwe pijlen. De pijlen die naar of van een blok wijzen hebben vooral betrekking op productverpakkingen of het afval daarvan, de pijlen die naar of van een andere pijl (een stroom) wijzen hebben vooral betrekking op transportverpakkingen of het afval daarvan.

In het overzicht kan globaal onderscheid worden gemaakt tussen:

Aanvoer: Grondstoffen, halffabrikaten en eindproducten worden, inclusief hun verpakking, aangevoerd uit het buitenland. Ook verpakkingsmaterialen en verpakkingen kunnen worden geïmporteerd uit het buitenland. In feite zijn dit ook halffabrikaten of producten, maar omdat het schema gericht is op de verpakkingsstromen, zijn ze apart vermeld. Naast productverpakkingen zullen ook transportverpakkingen via deze route het land in worden gevoerd.

Productie: Aangevoerde grondstoffen en halffabrikaten worden verwerkt tot halffabrikaten of eindproducten. In dit stadium kunnen verpakkingen vrijkomen en worden ook weer nieuwe verpakkingen gebruikt (zowel transport- als productverpakkingen). De producten kunnen ook verpakkingsmaterialen of verpakkingen zijn. Om het schema zo overzichtelijk mogelijk te houden zijn deze groepen niet ook nog onder de kop productie gezet, maar uitsluitend onder aanvoer.

¹³ Producenten en importeurs kunnen niet altijd los van elkaar worden gezien en zijn daarom met dezelfde kleur pijlen aangeduid.



Figuur 1. Schematisch overzicht van de verpakkingstromen

Distributie: De halffabrikaten en eindproducten (dus ook in Nederland geproduceerde verpakkingsmaterialen en verpakkingen) worden vervoerd naar afnemers in binnen- en buitenland. Hiervoor worden met name transportverpakkingen toegepast, die in dit stadium dan ook vrijkomen. Ook omverpakkingen kunnen hier in het afvalstadium terecht komen. Afnemers kunnen zijn: andere verwerkers, groot- en tussenhandelaren, distributiecentra, detailhandelaren of consumenten, waaronder zowel bedrijven als particulieren worden verstaan.

Afzet: Eindproducten worden via de detail-, tussen- en groothandel verkocht aan consumenten. Deze laatste zijn particulieren, bedrijven of instellingen die de eindproducten gebruiken, waarbij de productverpakkingen als afval worden afgedankt. Een deel van de eindproducten, maar ook halffabrikaten, verpakkingsmaterialen en verpakkingen wordt geëxporteerd en komt dus niet op de Nederlandse markt.

Afval: Het verpakkingsafval wordt voor een deel gemengd ingezameld. Een ander gedeelte wordt gescheiden afgevoerd of ingezameld.

Gemengde inzameling: Dit afval wordt na inzameling grotendeels naar verbrandingsovens of stortplaatsen afgevoerd. Een beperkt deel wordt in voorscheidingsinstallaties uit het afval gehaald voor materiaalhergebruik.

Gescheiden inzameling: Gebruikte verpakkingen worden gescheiden ingezameld door gespecialiseerde inzamelbedrijven dan wel door particulieren of bedrijven gescheiden afgevoerd (via de glasbak, papierbak en dergelijke, en via retoursystemen). Het afval uit glasbakken e.d. wordt eveneens door gespecialiseerde inzamelbedrijven opgehaald.

Producthergebruik: Geretourneerde verpakkingen volgen de weg terug naar de fabrikant die de verpakking, eventueel na reiniging en restauratie, weer opnieuw gebruikt voor hetzelfde doel.

Materiaalhergebruik: Gescheiden ingezameld afval wordt door gespecialiseerde recyclebedrijven gesorteerd en daarna be- en verwerkt tot nieuw materiaal. Ook vindt terugwinning van metaal (ijzer uit blik of staal) uit gemengd afval plaats, voornamelijk via scheidingsinstallaties van verbrandingsovens.

Milieu: Het afval dat wordt gestort of verbrand belandt, behoudens teruggewonnen materiaal, in het milieu. Hierop wordt in hoofdstuk 6 teruggekomen.

4.4 Materiaalsoorten

In de Regeling worden de volgende materialen onderscheiden:

<u>Kunststoffen:</u>	PET (polyetheentereftalaat), HDPE (polyetheen met hoge dichtheid), LDPE (polyetheen met lage dichtheid), PVC (polyvinylchloride), PP (polypropyleen) en PS (polystyreen).
<u>Papier en karton:</u>	Golfkarton, ander karton en papier.
<u>Metalen:</u>	Staal en aluminium.
<u>Houtsoorten:</u>	Hout en kurk.
<u>Textielsoorten:</u>	Katoen en jute.
<u>Glas:</u>	Kleurloos, geblazen glas, groen glas en bruin glas.
<u>Composieten:</u>	Hiermee worden combinaties van materialen bedoeld die niet met de hand gescheiden kunnen worden en waarbij geen enkele component meer dan een nog vast te stellen gewichtspercentage ¹⁴ vertegenwoordigt zoals gelamineerd karton dat voor het verpakken van dranken wordt gebruikt.

In het Convenant Verpakkingen II en de jaarlijkse rapporten van het Monitoringinstituut Verpakkingen en daarvoor het RIVM worden slechts 5 soorten materialen onderscheiden (namelijk papier/karton, glas, kunststof, metaal en hout) en wordt geen verder onderscheid in subcategorieën (zoals het soort kunststof) gemaakt. Ten aanzien van samengestelde verpakkingen is in het Convenant Verpakkingen II afgesproken dat *onlosmakelijk samengestelde materialen* (in de Regeling *composieten* genoemd) worden ondergebracht in één van de 5 soorten op basis van hun 'zwaarste deelmateriaal'.

Voorbeeld: Een papier-kunststof combinatie zoals bij drankenkartons wordt ondergebracht bij de soort papier/karton, indien het gewichtspercentage karton groter is dan het gewichtspercentage kunststof. Gemakkelijk scheidbare delen van samengestelde verpakkingen (bijvoorbeeld een glazen pot met een metalen schroefdeksel) worden door het ministerie van VROM wel als aparte verpakkingen gezien¹⁵ (Clement, 2001). Dit geldt zelfs voor bijvoorbeeld een hengsel dat aan een tas is geseald.

In de volgende paragrafen zal meer specifiek worden ingegaan op de toepassingen van de verschillende soorten verpakkingsmaterialen.

¹⁴ Volgens de Regeling zou dat minimum gewichtspercentage voor 31 december 1997 moeten worden vastgesteld. Voor zover bekend is dat niet gebeurd.

¹⁵ Het hierbij gebruikte criterium is dat de verschillende onderdelen relatief gemakkelijk van elkaar los zijn te maken. Dit beleidsstandpunt van het ministerie van VROM is verwoord in een memo, gedateerd 5 november 2001. In de Regeling zelf wordt geen uitspraak gedaan over scheidbare delen van samengestelde verpakkingen. In de EU richtlijn, waar de Regeling op is gebaseerd, wordt wel onderscheid gemaakt in verpakkingen en verpakkingscomponenten, maar van de laatste groep wordt geen duidelijke definitie gegeven.

4.4.1 Papier en karton

Papier wordt vooral gebruikt voor het vervaardigen van zakken en labels. Labels worden gebruikt om verpakkingen (potten, flessen, blikken e.d.) van informatie te voorzien¹⁶. Zakken kunnen globaal worden verdeeld in kleine zakken voor het verpakken van voornamelijk voedsel voor consumenten (brood, koekjes, suiker) en grote zakken die met name worden gebruikt voor het transporteerbaar maken van veelal korrelvormige en poedervormige stoffen, zoals mengvoeder, zetmeel, meel, cacao, soja, suiker, zaaizaden, chemische producten en halffabrikaten, cement en andere bouwmaterialen, ertsen en mineralen (voornamelijk industriële toepassing). Bij de laatste groep gaat het vaak om zakken die uit meerdere lagen papier bestaan of uit papier met een polyetheen coating. Ook zogenaamde bualtheen zakken (bestaande uit meerdere lagen, namelijk papier/PE/aluminium/PE) worden voor dit doel gebruikt.

Karton wordt gebruikt voor het vervaardigen van dozen en pakken. Er valt onderscheid te maken in golfkarton en massief karton. Massiefkarton wordt hoofdzakelijk toegepast als transport-, om- of productverpakking van consumentenproducten, waarvan voedingsmiddelen (bijvoorbeeld thee, deegwaren) de belangrijkste zijn, maar waartoe ook bijvoorbeeld wasmiddelen, tuinbouw- en bloemteeltproducten, gebruiksvoorwerpen (denk aan diskettes, pennen, schoenen) en medicijnen behoren. Daarnaast wordt massiefkarton gebruikt om dranken en zuivelproducten te verpakken. Dit karton is daartoe meestal van nog een ander materiaal voorzien, veelal kunststof (polyetheen) en in sommige gevallen aluminium of paraffine (zogenaamde laminaatverpakkingen). Golfkarton wordt vooral toegepast om grotere (groepen) producten in te verpakken, hetzij voor transport, hetzij als productverpakking, hetzij beide.

Papieren en kartonnen verpakkingen worden vrijwel nooit als product hergebruikt. Wel vindt op grote schaal materiaalhergebruik plaats via de inzameling en recycling van oud papier en karton. Inzameling van gebruikte papieren en kartonnen verpakkingen van consumenten (en kleinere winkels) gebeurt via de oud-papier bak, terwijl in de KWD- en industriële sector papier en karton meestal door inzamelingsbedrijven worden opgehaald. Recycling van industriële papieren zakken die uit meerdere lagen bestaan is nog niet goed mogelijk. Dit geldt ook voor golfkarton dat is geïmpregneerd met paraffine of was om het vochtbestendig te maken. Drank- en zuivelkartonnen zijn wel recyclebaar, maar daartoe moeten ze apart worden ingezameld. In enkele gemeenten wordt hier op bescheiden schaal mee geëxperimenteerd. Ongeveer 3-5% van de totale hoeveelheid jaarlijks afgedankte kartonnen voor drank en zuivel (in totaal circa 20 kton) wordt gescheiden ingezameld en verwerkt tot nieuwe papier- en kartonproducten.

¹⁶ Omdat labels altijd een klein gewichtspercentage van de hele verpakking uitmaken, worden ze in de monitoring van de jaarlijks op de markt gebrachte en afgedankte verpakkingen niet onder de groep *papier en karton* meegerekend.

4.4.2 Hout en kurk

Houten verpakkingen worden hoofdzakelijk gebruikt voor het opslaan, verplaatsen en verladen van (groepen) producten. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van pallets. Deze vormen het grootste deel (op gewichtsbasis meer dan 90%) van de houten verpakkingen. Daarnaast wordt op bescheiden schaal gebruik gemaakt van houten kratten en kisten, die nagenoeg alleen in de groente- en fruitsector worden toegepast voor transport en uitstallen (markt) van voedselproducten en daarnaast voor een klein deel voor het verpakken van machine-onderdelen.

Pallets worden vooral voor transport- en opslagdoeleinden gebruikt, vaak in combinatie met bijvoorbeeld een krimpfolie om de opgeladen producten bijeen te houden. Er worden zowel eenmalig als meermalig gebruikte pallets toegepast. Voor de meermalig gebruikte pallets bestaan zogenaamde palletpools, gesloten en gecontroleerde kringloopsystemen van pallets. Met name bedrijven die met snel omlopende goederenstromen te maken hebben (bijvoorbeeld in de voedselsector) nemen aan dit soort pools mee. De pools worden beheerd door gespecialiseerde bedrijven (o.a. de CHEP, de Commonwealth Handling Equipment Pool), door één van de hoofdgebruikers, door distributeurs (zoals van Gend en Loos) of door branche-gebonden organisaties. De beheerder draagt zorg voor de kwaliteit van de in omloop zijnde pallets (reparatie en vervanging). Meermalige pallets hebben een omlooptijd van 3 tot 5 jaar. Daarna belanden ze, evenals de eenmalig gebruikte pallets, in het restafvalstadium (verbranden of storten) of worden ze na ontijzeren en malen verwerkt tot grondstof voor de spaanplaatindustrie. Schattingen over de hoeveelheden hergebruikt en afgedankt houtafval worden gegeven in hoofdstuk 4.

Kratten en kisten worden steeds minder toegepast. Voor het verpakken van groente en fruit wordt steeds meer overgeschakeld op kartonnen dozen. Houten kisten worden eenmalig of ten hoogste 2 of 3 maal gebruikt voordat ze worden afgedankt. Producthergebruik is dus beperkt. Wat er in de afvalfase gebeurt is niet geheel duidelijk (TNO, 1995). Vermoed wordt dat het grootste deel van de afgedankte kisten in het afvalstadium belandt.

Hout voor pallets, kratten en kisten werd vroeger geïmpregneerd met beschermingsmiddelen, waaronder pentachloorfenol. Sinds 1991 wordt deze stof niet meer toegepast vanwege de mogelijke dioxinevorming bij verbranding, maar worden alternatieve middelen gebruikt. Hiertoe behoren echter geen middelen waar zware metalen in voorkomen (zoals koper-chroom-arseen zouten).

Kurk wordt uitsluitend toegepast als afdichtingmateriaal voor met name wijnflessen. Het afgedankte kurk belandt in het restafval.

4.4.3 Glas

Glas wordt uitsluitend als productverpakking gebruikt en daarbij gaat het om relatief kleine verpakkingen (potten en flessen) van voedselproducten zoals groenten- en fruitconserven, broodbeleg (jam, pindakaas), alcoholische dranken, frisdranken, zuivel, koffiemelk en water. Daarnaast worden op kleinere schaal persoonlijke verzorgingsartikelen, schoonmaakmiddelen en chemicaliën in glas verpakt.

Van al het glas dat in Nederland wordt geproduceerd is ongeveer 65% bestemd voor verpakkingen. Het merendeel daarvan bestaat uit meermalig gebruikt glas; in 1992 was dat 70% (Danz en Steenhuisen, 1993). Over de levensduur van deze meermalige verpakkingen zijn geen specifieke gegevens beschikbaar. Schattingen geven aan dat meermalig glas voor drank en voedselproducten rond de 30 maal wordt hergebruikt als product voordat het glas in de afvalfase belandt. Omdat het producten betreft met een snelle omloop (enkele dagen tot enkele weken), zal de levensduur van meermalig glas gemiddeld genomen rond enkele maanden tot 2 jaar liggen.

Een groot deel van het afgedankte glas wordt ingezameld via de glasbak (consumenten) en bedrijfsinzamelsystemen. Deze inzamelbedrijven ontdoen het glas van verontreinigingen zoals papier, kunststof, aardewerk en metaal (circa 7,5% van het ingezamelde glas bestaat uit dergelijke verontreinigingen), waarna het glas wordt gesorteerd op kleur en vervolgens wordt gebroken. De scherven worden door de glasindustrie – in Nederland 2 bedrijven die zijn verenigd in de Branche-Vereniging Glas – gebruikt om nieuw glas van te produceren (materiaalhergebruik).

4.4.4 Metaal (ferro en non-ferro)

Bij metalen verpakkingen moet onderscheid worden gemaakt tussen ferro (90% van de op de markt gebrachte verpakkingen) en non-ferro (overige 10%). Met ferro wordt bedoeld stalen en blikken verpakkingen, met non-ferro aluminium verpakkingen.

Stalen vaten worden gebruikt voor het verpakken van vaste en vloeibare producten in hoeveelheden van meer dan 30 liter. De vaten variëren in omvang van 30 liter tot 250 liter. Ze worden gebruikt voor het verpakken van verven en harsen, olieproducten, chemicaliën maar ook producten uit de voedings- en genotmiddelenindustrie. Daarnaast worden ook wel vaten van 250-1500 liter (zogenaamde Intermediate Bulk Containers ofwel IBCs) gebruikt voor verpakking van gevaarlijke stoffen. Stalen vaten worden meestal meermalig gebruikt. Hiertoe worden ze na gebruik gereinigd en soms gereconditioneerd. Afgedankte vaten worden afgevoerd naar de schroothandel om als materiaal te worden hergebruikt. De gemiddelde levensduur is niet goed in te schatten, omdat er geen betrouwbare gegevens zijn omtrent de omloop van deze vaten. Er is een tendens naar het gebruik van meer kunststof vaten in plaats van stalen vaten.

Blikken verpakkingen hebben in de regel een inhoud van minder dan 30 liter¹⁷. Blik is gemaakt van plaatstaal dat is voorzien van een dun laagje tin tegen corrosie van het staal. Als het dranken of voedsel betreft, is het blik ook voorzien van een kunststof- of laklaag om geen ongewenste smaakeffecten door het staal te krijgen. Blikken bussen en spuitbussen worden zowel in de industriële en KWD sector als voor huishoudelijke producten gebruikt. In de industriële sector worden blikken gebruikt voor het verpakken en transporteren van vloeibare en viskeuze producten en nauwelijks voor vaste stoffen. Te denken valt aan verven, drukinkten, aerosolen en andere chemicaliën. Het grootste deel van de blikverpakkingen is echter bestemd voor huishoudelijke producten, met name dranken en voedsel (conserven, soepen), maar ook cosmetica, verven, aerosolen en andere chemicaliën voor huishoudelijk gebruik. Drankblikjes bestaan meestal uit een blikken romp met een aluminium afsluiting en een aluminium trekking. Ook het grootste deel van de op de markt gebrachte spuitbussen is gemaakt van blik (een beperkt deel is van aluminium gemaakt).

Daarnaast wordt staal gebruikt voor het maken van sluitingen (deksels). Hiertoe wordt het staal veelal voorzien van een kunststoflaag tegen smaakeffecten en soms van een lak (kleur).

Blik- en andere ferroverpakkingen zijn, behoudens stalen vaten, vrijwel altijd eenmalig in gebruik. Afgedankte ferroverpakkingen komen terecht in het huishoudelijk afval, bedrijfsafval en het klein chemisch afval (KCA). Bedrijfsafval en KCA worden voor een groot deel apart ingezameld. In sommige gemeenten en ook door sommige supermarkten worden eveneens drankblikjes apart ingezameld (blikvangers, containers). Verder worden ferroverpakkingen teruggewonnen door afvalscheiding vóór verbranding (rendement van >95%) of uit de resten na afvalverbranding (rendement van 80%). Het gescheiden metaal wordt als materiaal hergebruikt. Volgens Ansems en Nielen (1990) kunnen er wel problemen ontstaan met verontreiniging van vliegias met tin bij verbranding van blikken in een afvalverbrandingsinstallatie. Dit zou betekenen dat scheiden vóór verbranding de voorkeur verdient.

Aluminium wordt gebruikt voor ‘blikjes’, spuitbussen, deksels van potten, afsluitingen van kunststof bekers en bakjes (zuivelproducten, koffiemelk), afsluitingen van drankblikken, flesdoppen, coatings van kartonnen verpakkingen (laminaten), folie, tubes en diepvriesbakjes. In sommige van deze verpakkingen vormt aluminium niet het hoofdbestanddeel waardoor de verpakking onder één van de andere soorten valt. Evenals bij blik komt meermalig gebruik van aluminiumverpakkingen nagenoeg niet voor. De meeste van deze verpakkingen worden afgedankt via het huishoudelijk restafval. Op bescheiden schaal vindt aparte inzameling plaats, met name via het bedrijfsafval. Aluminiumverpakkingen (en andere verpakkingen waarin aluminium wordt toegepast) worden teruggewonnen ten behoeve van materiaalhergebruik door afvalscheiding vóór

¹⁷ De grens tussen stalen en blikken verpakkingen ligt ongeveer bij 30 liter.

verbranding (rendement van 80%) of uit de resten na afvalverbranding (rendement van 30%).

4.4.5 Kunststof

Kunststofverpakkingen worden voor uiteenlopende toepassingen gebruikt. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de meest gebruikte kunststoffen voor het maken van verpakkingen.

Vergeleken met gegevens uit het eind van de jaren '80 (TNO, 1988) is er een duidelijke afname te constateren van het gebruik van PVC en een toename van het gebruik van LLDPE, PP en PET.

Tabel 1. Overzicht van kunststoffen voor verpakkingen

Soort kunststof	Percentage gebruik t.o.v. het totaal
HDPE (hoge dichtheid polyetheen)	20%
LDPE (lage dichtheid polyetheen)	40%
LLDPE (lineaire lage dichtheid polyetheen)	8%
PP (polypropyleen)	20%
PS (polystyreen)	9%
PET (poletheentereftalaat)	1,5%
PVC (polyvinylchloride)	1%
overige ¹⁾	0,5%

¹⁾ Onder andere PC (polycarbonaat) en PUR (polyurethaan)

HDPE wordt toegepast in stijve dikwandige constructies zoals flessen, flacons, emmers, vaten, jerrycans, kratten en bakken en verder als folie voor afvalzakken en het verpakken van tapijten en instrumenten.

Vaten en jerrycans worden vooral gebruikt om vloeistoffen te verpakken voor de industriële en agrarische sector, zoals oplos-, reinigings- en bestrijdingsmiddelen en olieproducten. Afmetingen variëren van 5 tot 250 liter. De kleinere jerrycans en ook de deksels van vaten worden behalve van HDPE ook van PP gemaakt. Veel van deze verpakkingen worden na reconditionering (schoonmaken en zo nodig herstellen) via retoursystemen meermalig gebruikt. De gemiddelde levensduur is niet bekend, maar kan zeker voor grotere vaten enkele jaren bedragen. Afgedankte vaten en jerrycans worden soms als materiaal hergebruikt, mits ze niet te vervuild zijn. Kunststof vaten worden ook (eenmalig) gebruikt voor de verpakking van ziekenhuisafval en chemisch afval. Deze belanden met het afval in de verbrandingsoven.

Emmers, veelal gemaakt van HDPE met een PP deksel, worden gebruikt voor het verpakken van lijmen, verven, kitten en muurpleisters, zowel voor bedrijfsmatig gebruik (met name de bouw) als voor huishoudens (doe-het-zelf artikelen). Omdat de emmers

meestal niet of onvoldoende kunnen worden gereinigd vindt geen product- of materiaalhergebruik plaats.

Kratten, bakken en dozen worden vooral gebruikt in de detailhandel en horeca (opslag en distributie van flessen en brood) en in de agrarische sector (opslag en distributie van tuinbouwproducten). Naast HDPE worden deze verpakkingen ook van PP gemaakt, met name de in de tuinbouw toegepaste kratten en bakken. Kratten worden in hoge mate meermalig gebruikt; de levensduur kan meer dan 10 jaar bedragen. Ook wordt een aanzienlijk deel van de afgedankte kratten en bakken gerecycled. Het bierkrattenpark wordt op deze wijze zelfs volledig hergebruikt.

Flessen en flacons worden gebruikt voor het verpakken van kleinere hoeveelheden vloeibare producten, met name huishoudelijke artikelen (reinigingsmiddelen, cosmetica en farmaceutische producten). Het gebruik is meestal eenmalig en de afgedankte verpakkingen belanden grotendeels in het huishoudelijk restafval.

LDPE wordt gebruikt in folies zoals krimphoezen, krimp- en rekfolies, luchtkussenfolie, dunne schuimvellen in enveloppen, landbouwfolie, zakken en afdekhoezen voor zeer uiteenlopende toepassingen. Voor zeer dunne folies (zoals rekwikkelfolies of stretchfolies voor het bijeenhouden van palletladingen) wordt in toenemende mate LLDPE gebruikt. Overigens worden folies ook van HDPE en PP gemaakt, maar dan op kleinere schaal. Folies worden veelal toegepast als transportverpakking in de industriële sector, bijvoorbeeld om ladingen bijeen te houden. De toepassing is vrijwel altijd eenmalig. Afgedankte folies komen voor het grootste gedeelte in het KWD en industrieel afval terecht. Ten dele worden ze gescheiden ingezameld en als materiaal hergebruikt. Zakken die in de industriële sector worden toegepast (veelal om korrel- of poedervormige producten te verpakken, meestal in hoeveelheden van 25 of 50 kg), gemaakt van LDPE, HDPE of een combinatie van PE met een ander materiaal, worden vrijwel uitsluitend eenmalig gebruikt, waarna ze in het afvalstadium belanden. Ook zakken voor consumentenproducten belanden na eenmalig gebruik in het huishoudelijk restafval. Wel worden draagtassen ('de plastic tas') vaak meermalig gebruikt. De gemiddelde levensduur van deze tassen is niet bekend. Gescheiden inzameling en recycling van afgedankte kunststof zakken en tassen vindt op bescheiden schaal plaats. Dit geldt met name voor de KWD en de industriële sector en in mindere mate voor de door consumenten afgedankte zakken.

PP wordt toegepast in emmers, (kleinere) kratten of bakken, bekertjes (zuivelproducten) en opbergdozen en voor het vervaardigen van doppen en sluitingen van flessen, flacons, vaten en jerrycans. Ook omsnoeringsbanden, industriële kleefbanden en netten worden veelal van PP gemaakt. Andere toepassingen zijn hoogtransparante verpakkingen voor bloemen, planten en confectie en FIBCs, de Flexible Intermediate Bulk Containers. Dit zijn grote industriezakken voor transport van bulkgoederen in hoeveelheden van 500 tot 2000 kg. Ze worden gemaakt van PP weefsels en al dan niet voorzien van een PE binnenzak. De hijslussen zijn gemaakt van polyester. FIBCs van PP/PE worden meestal eenmalig gebruikt. Meermalig gebruikte FIBCs worden vervaardigd van polyester, gecoat

met PVC. Niet bekend is in hoeverre er gescheiden inzameling en materiaalhergebruik van dit soort zakken plaats vindt.

Omsnoeringsband en kleefband worden gebruikt om ladingen te bundelen of bijeen te houden of om verpakkingen te sluiten. Omsnoeringsbanden zijn gemaakt van staal, PP of polyester. Voor zware transporten worden stalen en in toenemende mate polyester banden gebruikt (polyester heeft namelijk een hoge treksterkte en een hoog elastisch vermogen), voor lichtere transporten PP banden. Kleefband wordt gemaakt van PP, maar ook geregenereerde cellulose of PVC worden daarvoor gebruikt. Het band wordt voorzien van een lijmlaag. Omsnoerings- en kleefband wordt altijd eenmalig toegepast en belandt na gebruik in de afvalfase.

PS wordt gebruikt voor het vervaardigen van bakjes, schaaltes en dozen voor het verpakken van onder andere vleeswaren, groente en ijs. Ook wegwerpservies (koffiebekertjes) dat in de horeca en bedrijven wordt gebruikt, is vaak van PS gemaakt. Verder wordt expanded PS (EPS ofwel piepschuim) gebruikt in trays voor potplanten en zaaigoed, in viskisten, als vulmiddel in de vorm van verpakkingschips en als bufferverpakking (o.a. hoekstukken ter bescherming tegen schokken) voor huishoudelijke en elektronische apparaten. In specifieke gevallen (kleine series producten met ingewikkelde of afwijkende vorm) wordt daarvoor ook PUR schuim toegepast, overigens op zeer kleine schaal.

De meeste van deze verpakkingsmaterialen worden eenmalig gebruikt en belanden na gebruik in de afvalfase. Gescheiden inzameling en materiaalhergebruik van EPS vindt echter in toenemende mate plaats. Volgens een inventarisatie van Stybenex Verpakkingen (1995) kan ongeveer 60% van het op de markt gebrachte EPS verpakkingsmateriaal worden hergebruikt (inschatting voor het jaar 2000, gemaakt in 1995).

PET is bekend van de PET flessen voor het verpakken van frisdranken en mineraalwater. Ook worden blisterverpakkingen en flacons voor schoonmaakmiddelen en vloeibare farmaceutische producten van PET gemaakt. PET flessen worden meermalig gebruikt (statiegeldregeling) en, na afdanken, apart ingezameld waarna de kunststof wordt gerecycled.

PVC wordt nog gebruikt in blisterverpakkingen, doordrukverpakkingen voor geneesmiddelen, folies voor versproducten, zelfklevend band en etiketten. Ook in transparante plastic verpakkingen voor gebruiksvoorwerpen komt soms nog PVC voor, zoals bleek tijdens een recent in opdracht van de VROM-Inspectie door RIVM uitgevoerd onderzoek naar cadmiumgehalten in EK premiums (voor het Europees Kampioenschap voetbal op de markt gebrachte voorwerpen zoals oranje zonnebrillen, vlaggetjes en opblaasballen), waarin van enkele verpakkingen werd aangetoond dat ze PVC-houdend waren (Mennen *et al.*, 2000). Ook in recente onderzoeken van de Consumentenbond (1996, 1998) werd aangetoond dat 20-40% van een steekproef aan verpakkingen voor voedselproducten (met name voor verse producten) PVC bevatte. Overigens is niet vermeld voor hoeveel procent (op gewichtsbasis) de verpakkingen uit PVC bestonden.

Volgens een onderzoek van TNO (Smit *et al.*, 1994) werd PVC in 1992 nog in diverse verpakkingen aangetroffen, o.a. (rek)folies, deksels en doppen van flessen en potten, kuipjes en bakjes, blisterverpakkingen en videohoezen.

Overige kunststoffen: Van PC worden meermalig gebruikte flessen voor zuivel gemaakt en, in zeer beperkte mate, verpakkingen van vloeistoffen (bijvoorbeeld grote waterflessen in bedrijven en kantoren). PC flessen hebben een lange levensduur omdat ze praktisch niet kunnen breken en minstens 30 maal kunnen worden hergevuld. Na afdanken wordt de kunststof vermalen en als hoogwaardig recyclebaar granulaat hergebruikt.

Naast bovengenoemde toepassingen worden ook combinaties van meerdere kunststoffen en combinaties van kunststoffen met andere materialen gebruikt. Voorbeelden zijn verpakkingen die bestaan uit een combinatie van polyetheen en ander materiaal, zoals de in paragraaf 3.4.1 genoemde bualtheen zakken of bijvoorbeeld papieren zakken die van een PE binnenlaag zijn voorzien (o.a. voor het verpakken van cement). Ook voor consumentenartikelen worden samengestelde verpakkingen toegepast, bijvoorbeeld:

- blisterverpakkingen, bestaande uit een kartonnen ondergrond en een daarop gelijmd, naar het product gevormd kunststof bovendeel,
- koffiepakken, bestaande uit een laminaat van drie lagen (een sterke laag van PET of polyacrylzuur, een dunne zuurstofdichte laag van opgedampt aluminium en een laag die meestal van PE wordt gemaakt), omwikkeld door een bedrukt papier dat voornamelijk als informatiedrager fungeert.

Deze samengestelde verpakkingen zijn in het algemeen niet geschikt voor product- en materiaalhergebruik. In het Convenant Verpakkingen II is door producenten toegezegd er naar te streven verpakkingen meer en meer uit één materiaal te vervaardigen om recycling beter mogelijk te maken. In hoeverre dit gebeurt, is niet bekend.

In het algemeen is er de laatste jaren een toename te constateren van gescheiden inzameling van kunststof verpakkingen afkomstig uit met name de industriële, maar bijvoorbeeld ook de agrarische sector. Ongeveer 40 bedrijven houden zich inmiddels met deze inzameling bezig. Daarnaast neemt ook de recycling van kunststoffen toe. Probleem is echter dat voor recycling de kunststoffen zo zuiver mogelijk moeten zijn, hetgeen lang niet altijd mogelijk is, ofwel doordat verpakkingen vervuild zijn ofwel doordat ze uit meerdere kunststoffen of uit kunststoffen gecombineerd met andere materialen bestaan. Bovendien blijft een deel van de kunststof verpakkingen (bijvoorbeeld kleefband, noppenfolie, flacons waarin chemicaliën verpakt zijn geweest) niet geschikt voor herverwerking.

4.4.6 Textiel

Juten zakken worden gebruikt voor transport en opslag van natuurlijke producten zoals aardappelen, graan, cacao, koffie en noten. Soms worden ze van een PE binnenzak

voorzien om het product te beschermen tegen vochtinvloeden of om verlies te voorkomen (poedervormige producten).

Het gebruik van juten zakken is in Nederland beperkt. Papieren en kunststof zakken hebben hun rol grotendeels overgenomen. In 1995 bedroeg de hoeveelheid nieuw gebruikte juten zakken nog geen 0,5% van de totale hoeveelheid verpakkingen.

Juten zakken lenen zich goed voor producthergebruik. Er zijn echter geen gegevens over de gemiddelde levensduur van dit soort zakken. Afgedankte juten zakken worden toegepast in de vulling van autostoelen en om ondertapijt¹⁸ van te maken.

¹⁸ Gebaseerd op informatie uit het begin van de jaren '90 (TNO, 1995). Niet bekend is of afgedankte juten zakken nu nog worden gebruikt in ondertapijten.

5. Hoeveelheden verpakkingen die omgaan in de keten

Tot en met 1997 werden door het RIVM gegevens verzameld om de jaarlijkse in Nederland vrijgekomen hoeveelheid verpakkingsafval en de samenstelling en verwerking van dit afval te bepalen (Hanemaayer en Joosten, 1996; Hanemaayer en Joosten, 1998; Joosten, 1998 ¹⁹). RIVM maakte daarbij gebruik van eigen gegevens van sorteerprouven van het huishoudelijk afval, van gegevens over verpakkingsafval uit de industrie en de KWD sector – welke middels enquêtes en gestratificeerde steekprouven werden verzameld door het bureau Motivaction (Hartman *et al.*, 1995; 1996; 1997) – en van gegevens over gescheiden inzameling afkomstig van branche-organisaties en gemeenten. Uit de gegevens werden jaarlijks de hoeveelheden en de herverwerkingspercentages van de diverse soorten verpakkingsafval berekend.

Sinds 1998 worden op grond van afspraken die gemaakt zijn in het Convenant Verpakkingen II de metingen en de aggregatie van de cijfers gezamenlijk uitgevoerd door het Monitoringsinstituut Convenant Verpakkingen en het RIVM (zie paragraaf 2.1). De cijfers worden verwerkt in een jaarlijkse rapportage (Monitoringinstituut Convenant Verpakkingen, 1999; 2000), die wordt beoordeeld door de Commissie Verpakkingen. Tevens worden de resultaten meegenomen in de jaarverslagen van de Commissie Verpakkingen.

Ook de opzet van de metingen is sinds 1998 gewijzigd. In hoofdzaak worden er drie metingen verricht, namelijk een meting van de hoeveelheden op de Nederlandse markt gebrachte verpakkingen (*de zogenaamde marktmeting*), een meting van de hoeveelheid hergebruikt verpakkingsafval (*de zogenaamde materiaalhergebruiksmeting*) en een meting van de hoeveelheden gemengd en gescheiden ingezameld verpakkingsafval in het huishoudelijk afval (*de zogenaamde afvalmeting*; verpakkingsafval in grof huishoudelijk afval wordt hier door middel van schattingen ook in meegenomen). Dit monitoring-systeem, dat uitvoerig is beschreven in het Convenant Verpakkingen II en de deelconvenanten, kent nog allerlei deelaspecten²⁰, maar daar wordt gelet op het doel van dit literatuuronderzoek hier verder niet in detail op ingegaan. In 1998 en 1999 werden de *marktmeting* en de *materiaalhergebruiksmeting* uitgevoerd door FFact Management Consultants (in opdracht van SVM-PACT) en de *afvalmeting* door RIVM.

In Tabel 2 zijn de resultaten van de metingen uit 1999 opgenomen. De gegevens over 1998 komen hier in grote lijnen mee overeen. In de tabel is een overzicht gegeven van de volgende zaken:

- de totale hoeveelheid op de markt gebrachte hoeveelheden verpakkingsmaterialen (bedrijven en huishoudens), volgend uit de *marktmeting*,

¹⁹ Gegevens van voor 1995 zijn niet in dit onderzoek gebruikt.

²⁰ Zo moet onder andere de hoeveelheid metalen uit verpakkingen die na verbranding worden teruggewonnen jaarlijks worden bepaald. Deze wordt meegenomen in de hoeveelheid hergebruikt verpakkingsafval.

- de totale hoeveelheden herverwerkte verpakkingsmaterialen (bedrijven en huishoudens), volgend uit de *materiaalhergebruiksmeting*,
- de totale hoeveelheid gestort of verbrand verpakkingsafval (bedrijven en huishoudens), berekend door de gegevens uit de *materiaalhergebruiksmeting* af te trekken van die uit de *marktmeting*,
- de hoeveelheid gemengd en gescheiden ingezameld verpakkingsafval uit huishoudens (inclusief het grof huishoudelijk afval), volgend uit de *afvalmeting*,
- de hoeveelheden herverwerkte verpakkingsmaterialen uit het huishoudelijk afval (inclusief het grof huishoudelijk afval); deze gegevens worden ook verzameld bij de *afvalmeting*,
- de hoeveelheid gestort of verbrand verpakkingsafval uit het huishoudelijk afval (inclusief het grof huishoudelijk afval), berekend als het verschil van het ingezameld en herverwerkt verpakkingsafval uit het huishoudelijk afval.

De totale hoeveelheid gestort of verbrand verpakkingsafval afkomstig uit bedrijven en huishoudens staat dus in de vierde kolom van Tabel 2. Volgens de belangrijkste doelstelling van het Convenant mag deze hoeveelheid maximaal 940 kton bedragen. Hout- en textielafval zijn daar niet bij inbegrepen. Uit de gegevens in de vierde kolom van Tabel 2 is te berekenen dat in 1999 de hoeveelheid gestort of verbrand verpakkingsafval, exclusief hout en textiel, 939 kton bedroeg. De doelstelling van het Convenant werd daarmee dus net gehaald.

Opgemerkt moet worden dat in deze berekeningen uitgegaan wordt van een gemiddelde levensduur van verpakkingen van minder dan een jaar. Er wordt dus geen rekening gehouden met een eventuele groei van de voorraad meermalig gebruikte verpakkingen. Naar verwachting is deze groei relatief gering ten opzichte van de totale hoeveelheid in omloop zijnde verpakkingen (Monitoringinstituut Convenant Verpakkingen, 1999). De berekening impliceert dat ook verpakkingen die in het zwerfvuil²¹ belanden tot de categorie storten en verbanden moeten worden gerekend. Deze hoeveelheid is echter zeer klein.

De resultaten uit de *afvalmeting* (vijfde tot en met zevende kolom in Tabel 2) hebben uitsluitend betrekking op het huishoudelijk afval. Deze resultaten worden niet gebruikt in de berekening van de totale hoeveelheid gestort en verband verpakkingsafval, maar geven wel inzicht in de bijdrage van huishoudens in de hoeveelheden afgedankte verpakkingen. Blijkens de gegevens in Tabel 2 is deze bijdrage groter dan die van de bedrijven, uitgezonderd het houtafval. Opvallend is verder dat de totale de hoeveelheid afgedankt verpakkingsglas (vierde kolom) lager uitvalt dan de hoeveelheid die via het huishoudelijk restafval wordt afgedankt (zevende kolom), hetgeen theoretisch niet mogelijk is. Deze discrepantie geeft aan dat de gebruikte methodiek haar beperkingen heeft en dat de hoeveelheden die bij de diverse metingen zijn vastgesteld indicatief zijn.

²¹ Dit geldt uitsluitend voor 'echt' zwerfvuil. Zwerfvuil dat door gemeentereinigingsdiensten wordt verzameld wordt wel in het monitoringsysteem meegenomen.

Bij de *marktmeting*, de een *materiaalhergebruiksmeting* en de *afvalmeting* wordt alleen onderscheid gemaakt naar zes typen verpakkingsmaterialen: papier/karton, glas, kunststof, metaal, hout en textiel. Er wordt niet gekeken naar bijvoorbeeld het gebruik van verschillende soorten kunststoffen als verpakkingsmateriaal. Voor de handhaving zou zulke informatie van belang kunnen zijn, omdat sommige soorten kunststof verpakkingsmaterialen meer metalen bevatten dan andere. In diverse andere onderzoeken is wel aandacht besteed aan deze aspecten (o.a. NMC, 1992; TNO, 1988; 1995; Stybenex Verpakkingen, 1995; Cornelissen en Beker, 1996; 1998; informatie van diverse websites). Voor zover bruikbaar²², zijn deze gegevens gecombineerd met de totaalcijfers uit het jaarverslag van het Monitoringinstituut over 1999, resulterend in een verfijndere detaillering van een aantal gegevens naar soorten verpakkingsmaterialen. Deze gegevens zijn in Tabel 2 cursief afgebeeld.

Ook worden in het monitoringsysteem geen gegevens verzameld over de hoeveelheden van verschillende typen verpakkingen die door specifieke bedrijfstakken worden gebruikt of die in bepaalde delen van de keten worden toegepast. Dergelijke gegevens kunnen wel van belang zijn voor het vaststellen van een effectieve handhavingsstrategie²³.

In 1998 is naast de genoemde metingen ter controle ook nog een meting verricht volgens de oude opzet. De resultaten daarvan zijn vergeleken met die volgens de nieuwe methode. Er bleken nogal wat verschillen te bestaan, die gedeeltelijk zijn terug te voeren op verschillen in aanpak. Zo werd in het oude systeem de hoeveelheid afval uit de bouw en de landbouw niet meegerekend behalve voor kunststof, waarvoor jaarlijks een vaste hoeveelheid van 54 kton werd gehanteerd²⁴ (Joosten, 1998). In 1995 bedroeg de hoeveelheid verpakkingsafval uit de bouw ongeveer 86 kton (Stichting Bouwresearch, 1995) en die uit de landbouw ongeveer 40 kton²⁵ (Cuperus en Straathof, 1994). In totaal nemen de bouw en de landbouw ongeveer 5% van de totale hoeveelheid verpakkingsafval voor hun rekening.

Ook zijn de hoeveelheden herverwerkte kunststof en houten verpakkingen volgens de nieuwe methode waarschijnlijk te laag als gevolg van het ontbreken van betrouwbare cijfers t.a.v. de opschaling.

²² Een deel van de geraadpleegde onderzoeken bevat verouderde cijfers, die niet altijd consistent zijn met recentere gegevens.

²³ Gedetailleerde informatie over de hoeveelheden verpakkingsafval per bedrijfstak (volgens de 4-cijferige SBI indeling) is wel aanwezig bij SVM-PACT of bij FFact Management Consultants, het bureau dat de markt- en de materiaalhergebruiksmeting in 1998 en 1999 heeft uitgevoerd.

²⁴ Dit is de geschatte hoeveelheid kunststof verpakkingsafval voor alle categorieën die niet in het monitoringprogramma werden meegenomen. Naast bouw- en landbouwafval vielen daar ook grofvuil en zwerfvuil onder.

²⁵ De tuinbouw is hier niet bij inbegrepen.

Tabel 2. Overzicht van hoeveelheden op de markt gebrachte (input), herverwerkte en afgedankte (via storten of verbranden) verpakkingen in 1999, uitgedrukt in kton per jaar

Soort verpakkings-materiaal	Totaal verpakkingsafval (bedrijven en huishoudens)			Verpakkingsafval huishoudens		
	Input ¹⁾	Herverwerkt ²⁾	Afgedankt ³⁾	'Input' ⁴⁾	Herverwerkt ²⁾	Afgedankt ³⁾
Ppapier/karton	1418	990	428	597	282	315
<i>Golfkarton</i>	810 ⁵⁾			232 ⁵⁾		
<i>Massiefkarton ind.</i>	410 ⁵⁾			183 ⁵⁾		
<i>Papieren zakken</i>	42 ⁵⁾			26 ⁵⁾		
<i>Laminaten en overig</i>	156 ⁵⁾			156 ⁵⁾		
Glas	436	397	39	430 ⁶⁾	312	118
Kunststof : totaal	510	86 ⁷⁾	424	282	2	280
<i>Kunststof: HDPE</i>	100 ⁸⁾					48 ⁹⁾
<i>Kunststof: (L)LDPE</i>	242 ⁸⁾					95 ⁹⁾
<i>Kunststof: PET</i>	8 ⁸⁾					7 ⁹⁾
<i>Kunststof: PP</i>	107 ⁸⁾					50 ⁹⁾
<i>Kunststof: PS</i>	48 ⁸⁾					41 ⁹⁾
<i>Kunststof: PVC</i>	5 ⁸⁾					22 ⁹⁾
<i>Kunststof: overig</i>	1 ⁸⁾					17 ⁹⁾
Metaal	210	162	48	118	83	35
<i>Stalen vaten</i>	22 ¹⁰⁾			-		
<i>Blikken en ov. ferro</i>	166 ¹⁰⁾			106 ¹⁰⁾		
<i>Aluminium</i>	22 ¹⁰⁾			12 ¹⁰⁾		
Hout	477 ¹¹⁾	113 ⁷⁾	364	6 ¹²⁾	- ¹²⁾	6 ¹²⁾
Textiel	10 ¹³⁾	4 ¹³⁾	6 ¹³⁾	-	-	-
Totaal	3061	1752	1309	1433	679	754

¹⁾ Hoeveelheid op de Nederlandse markt gebrachte verpakkingen, volgend uit de *marktmeting*.

²⁾ Hoeveelheid herverwerkt verpakkingsafval, volgend uit de *materiaalhergebruiksmeting* (voor wat betreft het afval uit bedrijven en huishoudens) dan wel uit de *afvalmeting* (voor wat betreft het huishoudelijk afval).

³⁾ Hoeveelheid gestorte of verbrande verpakkingen. De totale hoeveelheid afgedankt afval (uit bedrijven én huishoudens) wordt berekend door de waarden uit de *materiaalhergebruiksmeting* af te trekken van de waarden uit de *marktmeting*. De hoeveelheid afgedankt afval uit huishoudens wordt berekend uit de

gegevens van de *afvalmeting*.

- 4) Totale hoeveelheid gescheiden en gemengd ingezameld verpakkingsafval uit huishoudens. Deze hoeveelheid komt ongeveer overeen met de totale input aan verpakkingen via huishoudens (er van uitgaande dat de levensduur van de meeste verpakkingen kleiner is dan 1 jaar).
- 5) Gebaseerd op gegevens over papieren en kartonnen verpakkingen in de industriële sector (TNO, 1995) en in het huishoudelijk afval in 1997 (Beker en Cornelissen, 1999). Deze gegevens zijn zo goed als mogelijk op elkaar afgestemd en geëxtrapoleerd naar de totalen over 1999.
- 6) Een deel van het glasafval uit de KWD sector (schattingen lopen uiteen van 50 tot 80 kton) is hier bij inbegrepen.
- 7) Waarschijnlijk te laag ingeschatte hoeveelheid, volgens recent beschikbaar gestelde gegevens van de door RIVM verrichte *afvalmeting* over 1999 (Beker, *pers. mededeling*).
- 8) Berekend door extrapolatie van gegevens van de website van de VMK naar het totale inputcijfer voor kunststof afval over 1999.
- 9) SS Gebaseerd op gegevens over de samenstelling van het hele huishoudelijk restafval naar soorten kunststof (Beker en Cornelissen, 1999). Het aandeel kunststof verpakkingen daarin bedraagt ongeveer 75%. De verdeling van soorten kunststoffen in het aandeel kunststof verpakkingen wijkt vermoedelijk af van die over de totale hoeveelheid kunststof afval. Dit zou een verklaring kunnen zijn voor het feit dat er meer PVC en overig kunststof verpakkingsafval wordt afgedankt dan er op de markt wordt gebracht. Kunststof verpakkingsafval bevat dus vermoedelijk minder PVC dan ander kunststof afval. Voor PE geldt waarschijnlijk het omgekeerde. De data voor de verschillende soorten PE en PP zijn geschat op basis van de gegevens uit de kolom input. In Beker en Cornelissen (1999) wordt alleen de som van PE en PP gegeven.
- 10) Gebaseerd op gegevens over metalen verpakkingen in de industriële sector (TNO, 1995; SKB, 2000) en in het huishoudelijk afval in 1997 (Beker en Cornelissen, 1999). Deze gegevens zijn zo goed als mogelijk op elkaar afgestemd en geëxtrapoleerd naar de totalen over 1999.
- 11) Ongeveer 90% daarvan bestaat uit pallets, de rest voornamelijk uit kratten en kisten (TNO, 1995).
- 12) Gegevens afkomstig uit (Beker en Cornelissen, 1999). Het betreft voornamelijk kleinere houten kisten.
- 13) Gegevens uit het onderzoek van Motivaction over 1999 (*pers. mededeling*).

De verschillen in de totale hoeveelheden en de hoeveelheden herverwerkte verpakkingen tussen de nieuwe en oude methode varieerden van 0 tot 20%, afhankelijk van de soort verpakking (Monitoringinstituut Convenant Verpakkingen, 2000). Voor alle verpakkingsoorten bij elkaar bedroegen de verschillen ongeveer 10% (totale hoeveelheid) resp. 1% (herverwerkte hoeveelheid). Omdat de hoeveelheden verpakkingafval uit huishoudens bij de oude en de nieuwe meting op dezelfde wijze worden uitgevoerd, zouden de verschillen voornamelijk toegeschreven moeten worden aan de industrie en de KWD-sector (oude meting) versus de industrie, de KWD- sector en andere sectoren (nieuwe meting).

Voor het doel van deze literatuurstudie zijn de verschillen overigens niet van groot belang. Ze geven echter wel aan dat het moeilijk is de hoeveelheden verpakkingen die in Nederland jaarlijks omgaan en in het afval belanden exact te bepalen.

In hoofdstuk 7 zullen de cijfers uit het overzicht in Tabel 2 worden gecombineerd met de gegevens over gehalten aan zware metalen in verschillende soorten verpakkingen om een schatting te maken van de hoeveelheden zware metalen die jaarlijks vrijkomen in het milieu, via storten of verbranden.

6. Zware metalen gehalten in verpakkingen

6.1 Overzicht van beschikbare gegevens

De meeste onderzoeken naar de milieuaspecten van verpakkingen, die in de jaren '80 en het begin van de jaren '90 zijn uitgevoerd, hebben betrekking op onder meer preventie van afval door gewichtsvermindering van verpakkingen, energiegebruik, emissies naar de lucht bij productie en hergebruik, volume en gewicht van het vrijkomend afval van verpakkingsmaterialen (zie onder andere Rijdsdorp *et al.*, 1989, die levenscyclusanalyses hebben verricht van een groot aantal verpakkingen). Zware metalen waren in deze onderzoeken op een enkele uitzondering na niet aan de orde.

Wel zijn er buiten Nederland in de afgelopen jaren enkele onderzoeken verricht naar gehalten aan zware metalen in verpakkingen en verpakkingsmaterialen. De meeste van deze onderzoeken beperken zich tot een kleine tot zeer kleine steekproef van papieren, kartonnen of kunststof verpakkingen die voor een bepaald doel (bijvoorbeeld de verpakking van voedingsmiddelen) worden gebruikt.

Een deel van de genoemde onderzoeken heeft betrekking op het vaststellen van het uitlooggedrag van elementen uit het verpakkingsmateriaal, waarbij verontreiniging van het verpakte voedsel zou kunnen plaatsvinden, de zogenaamde migration studies (Alam *et al.*, 1988; Conti, 1997; Stilwell en Mustane, 1994). Bij deze onderzoeken is naast het uitlooggedrag ook het verpakkingsmateriaal zelf geanalyseerd.

Andere studies zijn uitsluitend gericht op de elementsamenstelling van verpakkingen en verpakkingsmaterialen, maar het betreft in deze studies vrijwel altijd één of enkele segmenten uit het hele scala aan soorten verpakkingen (Meijer *et al.*, 1989; Bode *et al.*, 1990; Brahms *et al.*, 1989; Brunnhofer *et al.*, 1999; Castle *et al.*, 1997; Consumentenbond, 1998; Fordham *et al.*, 1995; Garrido *et al.*, 1991; Griebenow *et al.*, 1985; Landsberger en Chichester, 1995; Thompson *et al.*, 1995; Weisel *et al.*, 1991).

Voor wat betreft glazen verpakkingen is in 1999 in opdracht van de Europese Commissie een uitgebreide inventarisatie verricht naar recycling van glas in alle EU landen, waarbij ook gegevens van gehalten aan zware metalen in glas zijn verzameld (EC, 1999).

Tenslotte zijn er enkele publicaties met kwalitatieve informatie over stoffen die aan verpakkingsmaterialen en grondstoffen daarvoor worden toegevoegd zoals stabilisatoren, beschermingsmiddelen en kleurstoffen (Ansems en Nielen, 1990; Bertrand en Wagner, 1997; Brahms *et al.*, 1989; Derra, 1996; Murphy, 1999).

De twee meest uitgebreide onderzoeken naar het vóórkomen van de vier genormeerde metalen in verpakkingen zijn, voor zover bekend, afkomstig uit Denemarken (Andreasen *et al.*, 1997; Kristensen, 1998; Kristensen, 1999) en België (De Brucker *et al.*, 2001). In deze onderzoeken is een zo breed mogelijke set aan verpakkingen uit de Deense resp. Belgische markt onderzocht op de gehalten aan cadmium, lood, kwik en chroom. De onderzoeken werd verricht in opdracht van de ministeries van milieu in beide landen met als doel na te gaan of de in deze landen op de markt gebrachte verpakkingen voldoen aan

de normen uit de EG richtlijn nr. 94/62/EG. Hoewel vergeleken met andere onderzoeken een brede groep van verschillende soorten verpakkingsmaterialen is getest en er extra monsters zijn genomen van ‘verdachte verpakkingen’ (d.w.z. verpakkingen waarvan werd verwacht dat ze een te hoog gehalte aan zware metalen zouden kunnen bevatten zoals kunststof kratten en, specifiek in het Belgische onderzoek, gedecoreerd glas²⁶ en gekleurde stalen vaten), geldt ook voor deze twee onderzoeken dat de steekproef qua omvang beperkt was.

In het Deense onderzoek zijn in totaal ongeveer 100 monsters van verpakkingen van met name huishoudelijke artikelen, gesplitst in circa 200 deelmonsters van verschillende soorten verpakkingsmaterialen (een groot deel van de verpakkingen bestond uit meerdere materialen, bijvoorbeeld een metalen blikje in een kartonnen doos) geanalyseerd. Behalve verpakkingen van huishoudelijke artikelen werd ook een aantal kunststof kratten, kunststof pallets en houten kratten geanalyseerd. In twee aanvullende onderzoeken zijn nog eens circa 100 glazen verpakkingen (voornamelijk wijnflessen, waarin in het eerste onderzoek hoge gehalten aan lood en chroom waren aangetroffen) en enkele metalen verpakkingen geanalyseerd.

In het Belgische onderzoek bestond de steekproef uit ongeveer 250 monsters, waaronder een aantal ‘industriële’ verpakkingen zoals stalen drums, kunststof vaten, houten en kunststof kratten, pallets en een glazen fles voor het verpakken van chemicaliën. De bevindingen en conclusies uit deze onderzoeken zullen in paragraaf 6.2 worden besproken.

Behalve van analyses van verpakkingen en verpakkingsmaterialen die op de markt gebracht worden, kan ook gebruik worden gemaakt van analyses die zijn verricht aan verpakkingen in het afvalstadium. Door RIVM zijn vanaf de jaren zeventig jaarlijks sorteerproeven uitgevoerd aan huishoudelijk afval (Cornelissen en Beker, 1996; 1998; 2001²⁷). Daarbij is een zodanige bemonstering middels steekproeven toegepast dat een representatief beeld van het huishoudelijk afval in Nederland werd verkregen. Bij deze proeven is het huishoudelijk afval gesorteerd op soort (papier/karton, GFT, glas, kunststof, ferro, non-ferro, textiel, brood, dierlijk afval, keramiek, tapijten/matten, leer/rubber, hout, klein chemisch afval en bijzonder afval). Daarnaast is binnen elke soort het aandeel verpakkingsafval middels sortering in kaart gebracht. Deze gegevens zijn gebruikt om de jaarlijks in Nederland vrijgekomen hoeveelheden verpakkingsafval te bepalen (zie hoofdstuk 5).

Daarnaast zijn in 1994 en 1995 analyses verricht van de chemische samenstelling van de verschillende soorten afval (Beker en Cornelissen, 1999). Ook in de periode 1986 t/m 1992 zijn dergelijke analyses verricht (Otte, 1994). De resultaten daarvan geven op een enkel geval na een consistent beeld te zien van de elementgehalten in verschillende soorten afval, behalve voor ferro en non-ferro afval, dat heterogener van samenstelling is.

²⁶ Volgens het rapport van dit onderzoek (De Brucker *et al.*, 2001) worden verpakkingen van gedecoreerd glas voornamelijk geproduceerd en op de markt gebracht in België, Frankrijk en Italië.

²⁷ Gegevens over 1998 en 1999 zijn nog niet in rapportvorm gepubliceerd, maar wel voor dit onderzoek ter beschikking gesteld (Beker, *pers. mededeling*). Gegevens van vóór 1995 zijn niet in dit onderzoek gebruikt.

Bij het eerder genoemde onderzoek van Brahms *et al.* (1989) werden naast analyses van enkele soorten verpakkingen ook analyses verricht van verpakkingsafval afkomstig uit huishoudelijk restafval in Duitsland. De resultaten daarvan kwamen grofweg overeen met die van de Nederlandse onderzoeken. Brahms *et al.* (1989) vonden voor enkele elementen iets hogere gehalten, maar dat kan verklaard worden uit het feit dat het onderzoek meer dan tien jaar geleden is uitgevoerd en sindsdien minder zware metalen in verpakkingen worden toegepast. Het onderzoek was overigens beperkt tot papieren, kartonnen en kunststof verpakkingen.

Door de monitoring gegevens van de hoeveelheden verpakkingsafval uit huishoudens te combineren met de analyseresultaten van de chemische samenstelling²⁸, kan een indruk worden gekregen van de gemiddelde gehalten aan zware metalen en andere elementen in de verschillende soorten verpakkingsafval uit huishoudens.

Hierbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat de analyses zijn verricht op het hele huishoudelijk afvalpakket per soort en niet op alleen het aandeel verpakkingen. Door de berekeningswijze wordt impliciet aangenomen, dat de gehalten aan metalen in enerzijds het totale huishoudelijk afval en anderzijds het verpakkingsafval in dat huishoudelijk afval even hoog zijn, hetgeen veelal niet het geval is. Voor sommige soorten (glas, kunststof, ferro en non-ferro) blijkt het huishoudelijk afval voor een aanzienlijk deel uit verpakkingsafval te bestaan, zodat op deze wijze een redelijk goede indicatie van de chemische samenstelling van het verpakkingsafval wordt verkregen. Voor andere soorten afval (papier/karton en hout) is het percentage verpakkingsafval beperkt en wordt slechts een grove indicatie verkregen. In de overige soorten afval (bijvoorbeeld dierlijk afval en keramiek) komt geen verpakkingsmateriaal voor.

Een andere kanttekening is dat er geen informatie is over de chemische samenstelling van verpakkingsafval uit de KDW en de industriële sector. De samenstelling naar soort van dit verpakkingsafval kan aanzienlijk verschillen van die uit huishoudens (zoals blijkt uit de hoofdstukken 4 en 5), zodat gegevens over de gehalten aan zware metalen in het huishoudelijk verpakkingsafval niet zomaar kunnen worden geëxtrapoleerd naar dat van de KDW- en industriële sector.

Nadeel van de benadering vanuit de afvalfase is dat uitsluitend de gemiddelde gehalten aan zware metalen in elke soort verpakkingsmateriaal worden berekend. Dit levert geen informatie over mogelijke hoge gehalten aan zware metalen in specifieke typen verpakkingsmaterialen binnen een soort, bijvoorbeeld polyetheen folies binnen de soort kunststof²⁹. Voor specifiek gerichte handhaving is deze informatie dus niet erg bruikbaar, maar om globaal vast te stellen van welke soorten verpakkingsmaterialen de grootste milieubelasting kan worden verwacht (bijvoorbeeld kunststof versus papieren verpakkingen) is de informatie wel geschikt.

²⁸ Hiervoor zijn alleen de gegevens van de samenstelling van 1994 en 1995 gebruikt, omdat deze het meest recent zijn.

²⁹ In het onderzoek van Brahms *et al.* (1989) zijn wel analyses verricht op specifieke typen verpakkingsmaterialen in het afvalstadium. De gegevens hiervan zijn op dezelfde wijze verwerkt als gegevens van de samenstelling van nieuwe verpakkingsmaterialen (zie paragraaf 5.2).

Voor de benadering vanuit de productfase geldt het omgekeerde. Informatie over de samenstelling van specifieke typen verpakkingsmaterialen is nuttig voor gerichte handhaving, maar geeft vanwege de enorme diversiteit aan specifieke typen verpakkingsmaterialen binnen een soort geen representatief beeld van de totale milieubelasting van die soort. Bovendien dateert een deel van deze informatie van voor de inwerkingtreding van de Regeling verpakkingen en het eerste Convenanten verpakkingen. Verwacht mag worden dat mede door in het Convenant I gemaakte afspraken het gebruik van zware metalen in verpakkingen daarna is afgenomen.

6.2 Verwerking van gegevens

De gegevens uit de in de vorige paragraaf vermelde onderzoeken zijn verwerkt in Tabel 3. Gegeven zijn de gemiddelde gehalten of de range³⁰ aan gehalten aan cadmium, lood, kwik, chroom (totaal), antimoon, molybdeen en koper voor de meest relevante soorten verpakkingsmaterialen, namelijk papier/karton, glas, kunststof, ferro, non-ferro en hout. Bij de groep kunststoffen, waarvan het grootste aantal analysegegevens is gevonden, is nog onderscheid gemaakt in PE (polyetheen), PET (polyetheentereftalaat), PP (polypropyleen), PS (polystyreen), PVC (polyvinylchloride) en overige kunststoffen. Voor wat betreft PE is vanwege gebrek aan voldoende gegevens geen onderscheid meer gemaakt in HDPE, LDPE en LLDPE.

Ook is per soort verpakkingsmateriaal het aantal geraadpleegde referenties met analysegegevens aangegeven, in de kolom getiteld 'aantal ref.'. Bij sommige materialen is een range aan aantallen referenties gegeven (bijvoorbeeld papier/karton: 2-6 referenties), omdat voor sommige elementen minder referenties met gegevens zijn gevonden dan voor andere; meestal heeft het laagste aantal betrekking op Mo en Sb en het hoogste op Cd en Pb.

In de tabel zijn behalve de analysegegevens uit de onderzoeken gericht op specifieke typen verpakkingsmaterialen ook de berekende gemiddelde gehalten uit de onderzoeken naar de chemische en fysische samenstelling van het huishoudelijk restafval in Nederland vermeld. In de kolom getiteld 'aantal ref.' is dit aangegeven met HH. Enkele rijen van deze gegevens zijn cursief weergegeven, waarmee wordt aangeduid dat voor deze soort het percentage verpakkingsafval ten opzichte van de totale hoeveelheid afval minder dan 60% bedraagt en de vermelde gemiddelde gehalten dus als zeer indicatief moeten worden beschouwd.

Voor de interpretatie is het van belang te weten dat in de onderzoeken verschillende analysemethoden zijn gebruikt, namelijk XRF¹ analyse, INAA³¹, ICP-MS² of AAS³². Ook zijn daarbij verschillende methoden toegepast voor de monstervoorbewerking. De

³⁰ Voor die materialen, waarvoor de gehalten die in verschillende verpakkingen zijn aangetroffen sterk uiteenlopen.

³¹ Instrumentele Neutronen Activerings Analyse

³² Atoom Absorptie Spectroscopie

INAA methode is de meest betrouwbare, maar heeft als nadeel dat er geen loodgehalten mee bepaald kunnen worden.

Bij de andere methoden kunnen uiteenlopende factoren tot meetfouten of andere onzekerheden leiden waardoor de gegevens uit de verschillende onderzoeken niet altijd exact (maar wel indicatief) vergelijkbaar zijn.

De grenswaarde in de Regeling heeft naast lood, cadmium en kwik betrekking op zeswaardig chroom en niet op andere vormen waarin chroom voorkomt. In de geraadpleegde onderzoeken is echter voornamelijk geanalyseerd op totaal chroom. Reden hiervoor is dat een analyse op uitsluitend zeswaardig chroom omslachtig en tijdrovend is en in sommige gevallen zelfs niet goed mogelijk. In de onderzoeken van Conti (1997), Brunnhofer *et al.* (1999) en De Brucker *et al.* (2001) is wel geanalyseerd op zeswaardig chroom. Verder is in het Deense onderzoek getracht op basis van observatie op bijvoorbeeld kleur een indruk te krijgen of een monster al dan niet zeswaardig chroom bevatte.

In de volgende paragrafen zal per soort verpakkingsmateriaal nader worden ingegaan op de gegevens in Tabel 3 en die uit de diverse onderzoeken. Ook zullen daarbij gegevens over andere voor het milieu relevante zware metalen en elementen (zoals zink, titanium, nikkel, enz.) worden besproken. Deze gegevens zijn vanwege hun beperkte aantal niet in tabelvorm weergegeven.

6.2.1 Papier en karton

In papieren en kartonnen verpakkingen komen nagenoeg geen zware metalen voor, in ieder geval niet in zodanige gehalten dat de normen uit de Regeling worden overschreden. In een enkel geval zijn verhoogde gehalten aan barium (tot 35 mg/kg), mangaan (tot 120 mg/kg), zink (tot 60 mg/kg) en titanium (tot 30.000 mg/kg) gevonden. Het hoge gehalte aan titanium werd aangetroffen in wit papier dat wordt gebruikt om vetten in te verpakken. Bekend is dat titaniumoxide in witte kleurstoffen wordt gebruikt. Brahms *et al.* (1989) vonden hoge gehalten aan koper (tot 93.000 mg/kg), zink (tot 30.000 mg/kg) en lood (tot 220 mg/kg) in cadeaupapier, verpakkingspapier voor cosmetica en etiketten voor flessen. De hoogste gehalten kwamen voor in goudkleurig papier of papier met goudopdruk. Het percentage goudgekleurd papier ten opzichte van de totale hoeveelheid papieren verpakkingen is echter zeer gering. Conti (1997) heeft enkele kartonnen verpakkingen geanalyseerd op zowel totaal als zeswaardig chroom en vond gehalten van $<0,1 - 0,5$ mg/kg voor totaal chroom en $<0,02 - 0,03$ mg/kg voor zeswaardig chroom. Het percentage zeswaardig op totaal chroom bedroeg gemiddeld circa 15% (indicatief, want in een groot aandeel monsters lagen de gehalten onder de detectielimiet).

Tabel 3. Overzicht van gehalten aan enkele zware metalen in diverse soorten verpakkingen

Soort verpakking- materiaal	aantal ref.	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Sb (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Cu (mg/kg)
Papier/karton	2 - 6	< 1	< 15 ¹⁾	< 1	< 10 ¹⁾	1	0,2	1 - 60 ¹⁾
	HH	< 0,1	12	0,1	16	< 1	1,5	40
Glas	5	< 7 ²⁾	1 - 650 ²⁾	< 7	1 - 1800	g.d.	g.d.	g.d.
	HH	0,2 ³⁾	370 ³⁾	0,1 ³⁾	530 ³⁾	10	23 ³⁾	26
Kunststof: PE	2 - 6	0,1 - 3800	1 - 1700	< 0,1	0,1 - 650	0,1 - 300 ⁴⁾	< 0,1	0,1 - 600
Kunststof: PET	1 - 5	1 - 5	0,3 - 5	1 - 5	0,2 - 3	115 - 230	< 1	0,2 - 10
Kunststof: PP	2 - 6	0,3 - 2500	0,1 - 1900	< 1	0,2 - 390	0,1 - 35	< 0,1	0,1 - 30
Kunststof: PS	2 - 5	0,3 - 600	0,1 - 20	< 0,1	0,1 - 670	0,1 - 0,5	< 0,1	0,1 - 50
Kunststof: PVC	1 - 4	0,2 - 10	0,2 - 300	< 1	0,2 - 70	0,1 - 0,7	< 0,1	0,1 - 45
Kunststof: overig	2 - 5	0,3 - 5	0,1 - 18.000	< 0,1	0,2 - 5000	0,1 - 0,5	< 0,1	0,1 - 100 ⁵⁾
Kunststof kratten	1 ⁶⁾	1 - 1700	1 - 4000	< 5	1 - 3000	g.d.	g.d.	g.d.
Kunststof: gemiddeld	HH	32	210 ³⁾	g.d. ⁷⁾	50	115	2,7	235 ³⁾
Ferro	3	< 6	1 - 1900 ^{8,9)}	< 6	10 - 4300 ⁹⁾	g.d.	g.d.	g.d.
	HH	< 1	< 1	< 1	250	4 ³⁾	7 ³⁾	35 ³⁾
Aluminium	2	< 8	5 - 120 ¹⁰⁾	< 8	5 - 370 ¹⁰⁾	g.d.	g.d.	g.d.
Non-ferro	HH	1 ³⁾	33 ³⁾	< 5	1300 ³⁾	1000 ³⁾	1,5 ³⁾	22800 ³⁾
Hout	2	< 8	1 - 10 ¹¹⁾	< 8	1 - 60 ¹¹⁾	g.d.	g.d.	g.d.
	HH	0,8	115	0,6	80	1	< 1	45

g.d. = geen data gevonden

¹⁾ Hoge gehalten aan koper (tot 93.000 mg/kg) en lood (tot 220 mg/kg) werden aangetroffen in cadeaupapier, verpakkingpapier voor cosmetica en etiketten voor flessen. De hoogste gehalten kwamen voor in goudkleurig papier of papier met goudopdruk. Het chroomgehalte in dit soort materiaal bedroeg ten hoogste 30 mg/kg.

²⁾ Kristensen (1998) vond in één glazen wijnfles 2400 mg/kg lood. In het onderzoek van De Brucker *et al.* (2001) zijn 10 monsters van gedecoreerde glazen verpakkingen geanalyseerd. Hierin werd gemiddeld 1400 mg/kg lood en 220 mg/kg cadmium aangetroffen. Het chroomgehalte week niet af van dat van ander glas en kwik werd niet aangetoond. Voor zover bekend, komen gedecoreerde glazen verpakkingen op de Nederlandse markt in veel mindere mate voor dan in

België.

- 3) Grote spreiding in analyseresultaten voor 1994 en 1995 dan wel relatief grote onzekerheid wegens geringe representativiteit.
- 4) Hoge gehalten Sb in 2 HDPE flessen voor frisdrank, 1 LDPE fles voor een verzorgingsmiddel en enkele verpakkingen van materialen uit de bouwbranche.
- 5) In goudkleurige verpakkingen (o.a. draagtassen en sluitingen) zijn zeer hoge gehalten aan koper (tot 19.500 mg/kg) gemeten.
- 6) In het onderzoek van Andreasen *et al.* (1997) zijn circa 25 kunststof kratten en pallets geanalyseerd. De hoogste gehalten aan Cd, Pb en Cr kwamen voor in oudere kratten en pallets (van voor 1990), maar ook in kratten die van 1991 t/m 1993 zijn geproduceerd zijn incidenteel hoge gehalten aan Cr en Pb (geen Cd) aangetroffen. De Brucker *et al.* (2001) analyseerden 23 kratten van verschillende kleur en vonden in ongeveer de helft daarvan verhoogde tot sterk verhoogde gehalten aan cadmium, lood en chroom. De productiedata van deze kratten zijn niet gegeven.
- 7) Uit de analyses van het huishoudelijk restafval over de periode 1986-1992 (Otte, 1994) bleek dat het kwikgehalte in kunststof afval <0,1 mg/kg bedroeg.
- 8) In een enkele blikken verpakkingen werden hoge loodgehalten aangetroffen in de randen als gevolg van gebruik van soldeer (zie hoofdtekst).
- 9) De Brucker *et al.* (2001) vonden in twee stalen drums (een geel- en een rood gekleurde) zeer hoge gehalten aan lood en chroom, in één geval zelfs 198000 mg/kg lood en 54000 mg/kg chroom. Deze hoge concentraties, die waarschijnlijk zijn toe te schrijven aan de verf op de drums, zijn niet in deze tabel verwerkt.
- 10) In het onderzoek van Andreasen *et al.* (1997) werd in geen van de onderzochte aluminium verpakkingen en onderdelen (enkele deksels van kunststof bekers voor zuivelproducten, de binnenzijde van een kartonnen pak, de afsluiting van een tube tandpasta en een folie in een doosje sigaretten) daarvan lood en chroom aangetoond boven de 15 resp. 10 mg/kg). De Brucker *et al.* (2001) echter vonden in 7 aluminium blikjes met vis en diervoer lood (25 – 120 mg/kg) en chroom (30 – 370 mg/kg). In het aluminium gedeelte van een pak koffie en twee aluminium afsluitingen van kunststof verpakkingen voor zuivelproducten werden geen lood en chroom aangetoond.
- 11) Lood en chroom zijn aangetoond in spijkers en krammen die in houten verpakkingen voorkomen. Het gehalte in de totale hoeveelheid verpakkingsmateriaal is echter beperkt.

In papier en karton in het huishoudelijk restafval zijn gemiddelde gehalten tot enkele tientallen mg/kg aan lood, chroom en koper en ook zink, mangaan, titanium en nikkel aangetoond (in het onderzoek van Beker en Cornelissen, 1999, is niet op barium geanalyseerd). Waarschijnlijk zijn deze afkomstig uit kleurstoffen, drukinkten, bestrijdingsmiddelen tegen schimmels³³ en mogelijk ook restanten nietjes, die met name voorkomen in drukwerk en kranten welke geen deel uitmaken van het verpakkingsafval. Verder bevatten papier en karton in het huishoudelijk restafval relatief veel aluminium (gemiddeld 1500 mg/kg), dat afkomstig is van laminaatverpakkingen die worden gebruikt voor onder andere dranken. Laminaatverpakkingen maken ongeveer 10% uit van de totale hoeveelheid papier en karton in het huishoudelijk restafval en een substantieel deel van die laminaatverpakkingen bevat aluminium. Mogelijk is ook een deel van de andere aangetoonde elementen afkomstig van deze laminaatverpakkingen.

In het artikel van Castle *et al.* (1997) wordt vermeld dat uit onderzoek in Scandinavië is gebleken dat hergebruikt papier soms meer verontreiniging bevat dan nieuw papier vanwege aanwezigheid van resten drukinkt, slimiciden, e.d. Volgens Derra (1996) is het echter wel mogelijk papier zodanig te recyclen dat de gehalten aan cadmium, lood, kwik en chroom onder de normwaarden uit de Regeling blijven.

Ten aanzien van papieren labels kan nog worden opgemerkt dat de inkten die worden gebruikt voor het bedrukken van deze labels zware metalen zouden kunnen bevatten³⁴. Omdat de labels echter een klein gewichtspercentage van de hele verpakking uitmaken, worden ze meegerekend bij het soort materiaal waaruit de verpakking bestaat waar het label op is aangebracht (zie paragraaf 4.2).

6.2.2 Hout

Ook in houten verpakkingen worden in het algemeen geen hoge gehalten aan zware metalen aangetroffen. In enkele gevallen zijn chroom (tot 270 mg/kg) en lood (tot 50 mg/kg) aangetoond in krammen en spijkers uithouten kratten en pallets (Andreasen *et al.*, 1997). In het betreffende onderzoek is niet aangegeven hoe groot de bijdrage daarvan is aan de totale houten verpakking. Het chroom in de krammen en spijkers zal waarschijnlijk metallisch en geen zeswaardig chroom zijn.

Het hoge loodgehalte in hout uit huishoudelijk restafval (dat maar voor 7 á 8% uit verpakkingshout bestaat) is mogelijk veroorzaakt door resten geverfd (sloop)hout die in het afvalstadium zijn beland. Het wordt niet waarschijnlijk geacht dat loodhoudende verfresten voorkomen in het aandeel verpakkingen in het houtafval.

Naast lood bevat het hout uit het huishoudelijk restafval ook relatief veel chroom en koper (gemiddeld 115 resp. 45 mg/kg), zink (gemiddeld 220 mg/kg) en mangaan (gemiddeld 90 mg/kg), die vermoedelijk afkomstig zijn van in of aan het hout

³³ Hoewel deze toevoegingen voornamelijk uit organisch-chemische stoffen bestaan, kunnen er soms ook zware metalen in voorkomen, echter meestal in relatief geringe hoeveelheden.

³⁴ In het Convenant Verpakkingen I zijn afspraken gemaakt over vervanging van inkten en kleurstoffen voor papieren labels die zware metalen bevatten door alternatieven die geen metalen bevatten. Volgens informatie van de SKB (*pers.mededeling*) zijn in Nederland drukinkten die zware metalen bevatten nagenoeg uitgebannen. Dit wordt bevestigd door andere onderzoeken (Maetis Consultancy BV, 1996; CEN, 2000).

voorkomende verontreinigingen zoals spijkers. Ook hiervoor geldt dat in verpakkingshout de gehalten aan deze metalen waarschijnlijk lager zijn (er zijn echter geen specifieke analysegegevens van gevonden).

Het grootste deel van het houtverpakkingsafval komt uit de industriële sector (pallets en kisten) en de analyses van het huishoudelijk restafval geven geen informatie over de samenstelling van dat hout. Volgens informatie van de SKH worden echter geen zware metalen (bijvoorbeeld koper-chroom-arseen zouten die als beschermingsmiddelen zouden kunnen worden gebruikt) toegepast in houten verpakkingen.

6.2.3 Glas

In glazen verpakkingen komen nagenoeg geen cadmium en kwik voor, maar vaak wel te hoge gehalten aan chroom en lood. Dit wordt bevestigd door de analyses van het glas in huishoudelijk restafval (dat voor 85-90% uit verpakkingsglas bestaat).

Alleen in enkele gedecoreerde glazen verpakkingen werd cadmium aangetoond in gehalten van 20 tot 1400 mg/kg (De Brucker *et al.*, 2001). Ook het loodgehalte in deze verpakkingen was vrijwel steeds te hoog (60 tot 8800 mg/kg). Het cadmium in gedecoreerd glas is afkomstig van rode en gele pigmenten zoals cadmiumselenide (EC, 1998). Lood is een essentiële component van het materiaal (bepaald soort glas), waarmee de versieringen (emaillering en brandschildering) worden gemaakt. Voor zover bekend, komen gedecoreerde glazen verpakkingen in Nederland slechts in geringe mate voor. Ze worden voornamelijk geproduceerd en op de markt gebracht in België, Frankrijk en Italië.

Hoge chroomgehalten werden voornamelijk aangetroffen in groengekleurde wijn- en bierflessen, zowel in het Deense als het Belgische onderzoek (gemiddeld circa 1000 mg/kg). Ook in bruine glazen verpakkingen werd soms chroom aangetoond, maar de gehalten (variërend van enkele tientallen tot maximaal 350 mg/kg) waren lager dan in de groengekleurde verpakkingen. In transparante glazen verpakkingen werd weinig tot geen chroom (tot maximaal 50 mg/kg) gevonden. Dit wordt bevestigd door de gegevens uit de inventarisatie naar de recycling van glas in de landen van de EU (EC, 1999).

De groene kleur van glas wordt verkregen door toevoeging van chroom(III)oxide (driewaardig chroom), vandaar dat in groen glas de hoogste chroomgehalten worden gevonden. Volgens onderzoek van de FEVE³⁵ blijft het chroom in glas na toepassing in driewaardige vorm aanwezig (EC, 1999; Kristensen, 1998). Echter, andere onderzoeken wijzen er op dat tijdens het productieproces een deel van het chroom in zeswaardige vorm wordt omgezet, maar de hoeveelheden zeswaardig chroom die daarbij ontstaan zijn gering, namelijk minder dan 10 mg/kg (EC, 1999; Andreassen *et al.*, 1997).

De Brucker *et al.* (2001) analyseerden een aantal transparante, bruine en groene glazen verpakkingen specifiek op zeswaardig chroom. Uit de resultaten bleek dat het percentage zeswaardig chroom ten opzichte van totaal chroom minder dan 1% bedroeg. Betwijfeld wordt echter of met de hierbij gebruikte ontsluitingsmethode alle zeswaardig chroom uit het glas wordt gehaald (zie paragrafen 6.2.4 en 6.2.5). Volgens Otte (1994) worden ook

³⁵ Fédération Européenne du Verre d'Emballage

chromiumverbindingen gebruikt om glas te ontkleuren. Niet vermeld is welke chromiumverbindingen dat zijn. Volgens Andreasen (*pers. mededeling*) kan een (overigens beperkt) deel van het chromium ook afkomstig zijn van verontreinigingen in het basismateriaal waaruit glas wordt vervaardigd.

Lood is in uiteenlopende gehalten (1 tot 650 mg/kg met één uitschieter van 2400 mg/kg) in diverse glazen verpakkingen aangetroffen. In de onderzoeken van Kristensen (1998; 1999) werd in de meeste van de geanalyseerde wijnflessen lood gedetecteerd boven de 100 mg/kg. Zoals al is vermeld, komen in gedecoreerde glazen verpakkingen hoge tot zeer hoge gehalten aan lood voor, tot 8800 mg/kg. Ook in andere glazen verpakkingen, zoals jampotten, en in de glasfractie van het huishoudelijk restafval is lood aangetroffen in gehalten die rond of boven de norm van de Regeling liggen. De Brucker *et al.* (2001) vonden in groene glazen verpakkingen gemiddeld ongeveer 100 mg/kg en in bruine en transparante glazen verpakkingen gemiddeld ongeveer 50 mg/kg. Uit de inventarisatie in de landen van de EU (EC, 1999) blijkt echter dat er geen relatie is te vinden tussen de kleur van het glas en het loodgehalte. Het gemiddelde loodgehalte in gerecycled glas blijkt per land te variëren van 40 tot 350 mg/kg³⁶, hetgeen grofweg overeenkomt met de gegevens uit de andere onderzoeken.

Lood wordt onder andere toegepast in kristalglas (Otte, 1994) en in beeldbuisglas, dat tot 10% lood kan bevatten (zie o.a. Kersten en Ram, 1997). Het lood is vermoedelijk via recycling van glasafval, waarbij in de loop der jaren afgedankt kristal- en beeldbuisglas en bijvoorbeeld ook gloeilampen en gewapend glas zijn gemengd met afgedankt verpakkingsglas, in glazen verpakkingen terechtgekomen. Dit wordt bevestigd door onderzoek dat in Engeland is verricht (website van de LACOTS, de Local Authorities Coordinating Body on Food and Trading Standards) en door Andreasen (*pers. mededeling*). Volgens de inventarisatie in de EU landen komen de hoogste concentraties lood in glas juist voor in die landen, waar het meeste glas wordt gerecycled (EC, 1999). In het verleden werden ook loden omhulsels gebruikt voor de afdichting van wijnflessen (Smart, 1990; Stilwell en Mustane, 1994). Het lood uit deze omhulsels zou in het glasverpakkingsafval beland kunnen zijn. Op grond van een EG verbod en afspraken die in het Convenant Verpakkingen I zijn gemaakt worden deze sinds 1993 echter niet meer toegepast. Bovendien worden dit soort verontreinigingen zo goed mogelijk uit het glas verwijderd voor het glas wordt gerecycled.

Vanwege de geconstateerde verhoogde gehalten aan lood en chromium in verpakkingsglas en het feit dat deze verhogingen ten dele veroorzaakt zijn en ook consequenties hebben voor het materiaalhergebruik, is een wijziging van de Regeling verpakkingen en verpakkingsafval in de maak. Deze wijziging houdt in dat bij de productie van glas (zowel nieuw als gerecycled) geen cadmium, lood, kwik en zeswaardig chromium mogen worden toegevoegd. Ook wordt aan producenten van verpakkingsglas een meet- en

³⁶ De betrouwbaarheid van het gemiddelde gehalte hangt af van het aantal monsters, dat is geanalyseerd. Dit aantal varieert van 6 tot meer dan 1000. Als alleen die landen worden meegenomen, waarvoor het gemiddelde gehalte is gebaseerd op minstens 50 analyses, ligt het gemiddelde gehalte per land tussen 72 en 215 mg/kg.

registratieverplichting opgelegd waarbij de concentraties aan deze metalen maandelijks moeten worden bepaald en gerapporteerd. Tenslotte worden producenten verplicht maatregelen te nemen om de concentraties van deze metalen in het verpakkingsglas te doen afnemen.

Volgens de analyses van het glas in het huishoudelijk restafval komen naast lood en chroom ook titanium en zink (circa 200 mg/kg), nikkel en mangaan (circa 150 mg/kg³⁷), arseen en koper (circa 30 mg/kg), molybdeen (circa 23 mg/kg), tin (circa 15 mg/kg) en antimoon (circa 10 mg/kg) in het glas voor. Er zijn geen resultaten van aparte analyses aan glasverpakkingen bekend (in het Deense en het Belgische onderzoek en in de inventarisatie onder EU landen zijn uitsluitend gegevens over lood, chroom, kwik en cadmium vermeld). Mogelijk zouden deze elementen via verontreinigingen bij de inzameling (Danz en Steenhuisen, 1993) in het gerecycled glas kunnen terechtkomen. Daarbij moet worden aangetekend dat de meeste 'losse' verontreinigingen zoals keramiek, porselein, doppen en deksels, etiketten en (loden) omhulsels bij het recycleproces grotendeels worden verwijderd. Sommige van de genoemde elementen kunnen ook als verontreiniging voorkomen in het basismateriaal waaruit glas wordt vervaardigd. Deze elementen blijven ingesloten in de glasmatrix en worden tijdens het recycleproces niet verwijderd.

6.2.4 Metaal (ferro en non-ferro)

Volgens het Deense en het Belgische onderzoek zijn de gehalten aan cadmium, lood en kwik in metalen ijzerhoudende verpakkingen (ferro) laag, uitgezonderd blikken die dichtgesoldeerd zijn en stalen drums die geel of rood geverfd zijn.

In dichtgesoldeerde blikken kan veel lood voorkomen in de randen (tot 65.000 mg/kg in de rand; op een heel blik bedroeg het loodgehalte maximaal 1900 mg/kg). Navraag bij de Deense onderzoekers leverde op dat de hoge loodgehaltes slechts in twee blikken zijn gevonden. Voor zover achterhaald kon worden, waren deze blikken waarschijnlijk voor 1990 geproduceerd (de monsters zijn in 1996 genomen in Deense supermarkten). Bij vervolgonderzoeken (niet gepubliceerd) werden door de onderzoekers geen gesoldeerde blikken aangetroffen. In het Belgische onderzoek werd in één (van de 38) geanalyseerde blikken ruim 400 mg/kg lood aangetroffen in de rand van het (gesoldeerde) blik. Het betreffende blik was afkomstig uit Marokko en bevatte vis. Volgens de SKB (*pers. mededeling*) worden in de landen binnen de EU en waarschijnlijk ook de USA geen met lood gesoldeerde blikken meer geproduceerd en op de markt gebracht, maar wordt het niet geheel uitgesloten dat met lood gesoldeerde blikken in andere landen nog wel worden geproduceerd³⁸. De bevindingen in het Belgische onderzoek bevestigen dit. De analyses van het huishoudelijk restafval tonen echter aan dat in de bulk aan afgedankte blikken verpakkingen vrijwel geen lood aanwezig is.

³⁷ In de analyses over 1986-1992 (Otte, 1994) werd slechts 18 mg/kg nikkel aangetoond.

³⁸ Informatie over eventuele import van blikken uit niet-westerse landen is mogelijkterwijs te verkrijgen bij de VIGEF.

Wel bevatten metalen verpakkingen chroom (gemiddeld circa 300 mg/kg, afgeleid uit gegevens van het Deense en het Belgische onderzoek), maar dat zal voornamelijk metallisch en geen zeswaardig chroom zijn (toepassing van chroom in staal). Dit wordt bevestigd door analysegegevens van De Brucker *et al.* (2001) die een aantal metalen verpakkingen specifiek analyseerden op zeswaardig chroom. Uit de resultaten bleek dat het percentage zeswaardig chroom ten opzichte van totaal chroom minder dan 0,1% bedroeg. Hoewel betwijfeld wordt of met de door hen gebruikte ontsluitingsmethode alle zeswaardig chroom uit het metaal wordt gehaald, is het aannemelijk dat het grootste deel van het chroom in deze verpakkingen niet zeswaardig is.

Naast chroom zijn in het ferro afval van het huishoudelijk restafval ook tin (1700 mg/kg; afkomstig van het vertinnen van ijzer bij de blikfabricage), titanium (circa 1000 mg/kg), aluminium (circa 5000 mg/kg), mangaan (circa 1000 mg/kg), zink (circa 500 mg/kg), nikkel (circa 200 mg/kg), kobalt (circa 30 mg/kg), koper (circa 40 mg/kg) en arseen (circa 30 mg/kg) aangetoond. De meeste van deze elementen zijn waarschijnlijk afkomstig uit verontreinigingen van en toevoegingen aan het ijzer in het blik of van verontreinigingen in de rest van het ferro afval, dat nogal heterogeen van samenstelling is. Volgens informatie van de Stichting Kringloop Blik (SKB, 2000) wordt bij de blikproductie ongeveer 3 g tin per kg blik gebruikt. Het in het huishoudelijk restafval aangetroffen gehalte komt hier goed mee overeen, in aanmerking genomen dat het aandeel ferro in huishoudelijk restafval voor 65-70% uit verpakkingsmateriaal bestaat. Volgens Ansems en Nielen (1990) wordt naast tin in toenemende mate gebruik gemaakt van chroomlagen om het verpakte product (voedsel of drank) tegen het staal te beschermen. Voor deze, overigens uiterst dunne, lagen worden zowel metallisch chroom als chroom(VI)oxide gebruikt. Gegevens over de gebruikte hoeveelheden chroomverbindingen zijn niet bekend.

De Brucker *et al.* (2001) analyseerden ook een tiental stalen drums, die worden gebruikt voor de verpakking van onder andere oliën en andere vloeistoffen. In twee van de drums – één geel en één rood gekleurde – werden zeer hoge gehalten aan lood en chroom aangetroffen (zie Tabel 3), zeer waarschijnlijk afkomstig van loodchromaathoudende kleurstoffen³⁹ in de gebruikte verf waarmee de drums zijn gecoat.

Van beide drums is ook het gehalte zeswaardig chroom bepaald. In één van de twee drums werd 650 mg/kg zeswaardig chroom gevonden ten opzichte van een totaal chroom gehalte van 54.300 mg/kg, in de andere drum bedroeg het gehalte zeswaardig chroom ongeveer 4 mg/kg ten opzichte van een totaal chroom gehalte van 160 mg/kg. Het percentage zeswaardig chroom ten opzichte van totaal chroom bedroeg in beide drums slechts enkele procenten. Aangezien het chroom zeer waarschijnlijk afkomstig is van loodchromaathoudende kleurstoffen, zou verwacht worden dat het voor nagenoeg 100%

³⁹ Dit kunnen onder meer zijn chroomgeel (mengsel van loodchromaat en loodsulfaat), chroomoranje en chroomrood (mengsels van loodchromaat met loodoxide en loodhydroxide). Sommige groene kleurstoffen worden gemaakt van chroomgeel in combinatie met Berlijns blauw (Brunnhöfer *et al.*, 1999). Het chroom in loodchromaat (PbCrO_4) is zeswaardig. De verhouding tussen het chroom- en het loodgehalte in deze kleurstoffen bedraagt op grond van de chemische samenstelling ongeveer 1 op 4 á 5 (op gewichtsbasis).

zeswaardig is³⁹. Omdat het gemeten percentage zeswaardig chroom zo laag is, wordt sterk betwijfeld of met de gebruikte ontsluitingsmethode, een zogenaamde alkalische ontsluiting, het zeswaardig chroom volledig uit het materiaal is gedestruëerd. Door De Brucker *et al.* (2001) wordt aangegeven dat met deze methode uitsluitend het gehalte 'alkalisch oplosbaar' zeswaardig chroom kan worden bepaald. In hoeverre dit overeenkomt met het totaal gehalte zeswaardig chroom, is niet bekend. De analyseresultaten van de andere, niet geel of rood gekleurde stalen drums kwamen grofweg overeen met die van de waarden die in blikken worden aangetroffen, ook voor wat betreft het percentage zeswaardig chroom.

In het Deense onderzoek werd in 5 aluminium verpakkingen (enkele deksels van kunststof bekertjes voor zuivelproducten, de binnenzijde van een kartonnen pak, de afsluiting van een tube tandpasta en een folie in een doosje sigaretten) vrijwel geen cadmium, lood, kwik en chroom gevonden; de detectielimieten in dit onderzoek lagen rond de 10 mg/kg. De Brucker *et al.* (2001) echter vonden in 7 aluminium blikjes en deksels daarvan lood (25 – 120 mg/kg) en chroom (30 – 370 mg/kg). Cadmium en kwik werden in deze monsters niet aangetroffen. In het aluminium folie van een pak koffie en twee aluminium afsluitingen van kunststof verpakkingen voor zuivelproducten werden geen cadmium, lood, kwik en chroom aangetoond.

Evenals bij ferro verpakkingen zal het chroom in aluminium verpakkingen waarschijnlijk geen zeswaardig chroom zijn, het chroom in kleurstoffen daargelaten. Door De Brucker *et al.* (2001) werd één aluminium verpakking specifiek geanalyseerd op zeswaardig chroom. Het percentage zeswaardig chroom ten opzichte van totaal chroom bleek minder dan 0,1% te bedragen. Ondanks de eerder gemelde twijfel over de ontsluitingsmethode, kan ook hier worden geconcludeerd dat aluminium verpakkingen vrijwel geen zeswaardig chroom bevatten.

In het non-ferro aandeel in huishoudelijk restafval, dat voor 40 tot 60% bestaat uit verpakkingsmateriaal en daarnaast uit diverse non-ferro metalen, werd een licht verhoogd gehalte aan lood aangetroffen⁴⁰ en verder chroom, koper en zink (circa 25000 mg/kg), mangaan en titanium (circa 2000 mg/kg), antimoon (circa 1000 mg/kg), arseen, nikkel, tin, vanadium en kobalt (20-50 mg/kg). Hierbij moet worden opgemerkt dat voor de meeste elementen de gehalten in de analyses van 1994, 1995 en de periode van 1986-1992 steeds aanzienlijk verschilden. Naar alle waarschijnlijkheid zijn de hoge gehalten zijn toe te schrijven aan ander aluminium en non-ferro afval (en verontreinigingen daarin) en niet aan de aluminium verpakkingen. Dit wordt bevestigd door het feit dat bij verder uitsorteren van het non-ferro afval bleek dat dit 14,6% koperafval (leidingen e.d.) en 1,2% loodafval bevatte (Otte, 1994).

⁴⁰ Alleen in 1995; in 1994 is niet op lood geanalyseerd.

6.2.5 Kunststof

In kunststof verpakkingen kunnen naast cadmium, lood en chroom en ook antimoon, koper, zink, titanium, aluminium, barium, seleen, nikkel en kobalt voorkomen. Kwik wordt nagenoeg niet in kunststof verpakkingen aangetroffen⁴¹.

Het voorkomen van de genoemde zware metalen in kunststof verpakkingen wordt gekenmerkt door het incidentele karakter, d.w.z. vaak zijn de gehalten laag, maar soms kunnen ze hoog tot zeer hoog zijn. Dit blijkt ook uit de uiteenlopende waarden aan gehalten die in Tabel 3 bij de diverse soorten kunststof verpakkingen zijn gegeven. Resultaat hiervan is dat in het kunststof afval in het huishoudelijk restafval, dat voor 70-80% uit verpakkingen bestaat, de gemiddelde gehalten aan deze metalen hoog zijn ten opzichte van die in bijvoorbeeld papierafval. Naast de in Tabel 3 vermelde elementen gaat het om titanium (4300 mg/kg), zink (350 mg/kg), aluminium (800 mg/kg), nikkel (30 mg/kg) en tin (20 mg/kg). Op barium en seleen is het huishoudelijk restafval niet geanalyseerd.

Uit de diverse onderzoeken komt naar voren dat antimoon vrijwel altijd voorkomt in PET, in gehalten van 100-250 mg/kg. Ook kobalt is enkele malen aangetoond in PET (tot 50 mg/kg). Daarnaast is in PE (zowel LDPE als HDPE), PS en PP verpakkingsmateriaal soms antimoon aangetroffen.

Cadmium komt in verschillende soorten kunststoffen in uiteenlopende gehalten voor. In onderzoeken naar kunststof verpakkingen en voorwerpen (o.a. speelgoed en gereedschappen) werd geen correlatie gevonden tussen het cadmiumgehalte en het soort kunststof en de kleur. In alle soorten kunststoffen en vrijwel alle kleuren kwamen lage en hoge gehalten voor (Meijer *et al.*, 1989; Bode *et al.*, 1990).

Brahms *et al.* (1989) vonden in sommige gele, oranje, rode en groene PE, PP en PS sluitingen (doppen, deksels e.d.) en PE flessen soms hoge gehalten aan cadmium (tot 3800 mg/kg). In gekleurde draagtassen en PVC flessen werd door hen geen cadmium aangetoond.

In het Deense onderzoek werden vooral hoge cadmiumgehalten aangetroffen in kratten die vóór 1990 waren geproduceerd maar die nog steeds werden gebruikt (meermalige verpakkingen met een lange levensduur). In later geproduceerde kratten werd geen cadmium aangetoond. Ook De Brucker *et al.* (2001) troffen hoge cadmiumgehalten aan (tot bijna 4000 mg/kg) in een aantal kunststof kratten van verschillende kleur, maar de leeftijd van deze kratten is niet in het rapport vermeld. In de Regeling is, tot het jaar 2009, een uitzondering gemaakt voor onder andere cadmiumhoudende kunststof kratten en kunststof pallets, die in een gesloten en gecontroleerd distributie- en hergebruikstelsel circuleren. Door TNO is onderzoek verricht naar methoden om cadmium uit kunststof bierkratten terug te winnen (Van der Steen en van Oeveren, 1994).

⁴¹ Meijer *et al.* (1989) vonden hoge kwikgehalten (tot 740 mg/kg) in enkele roodgekleurde kunststof materialen, maar voor zover uit het rapport valt af te leiden zaten daar geen verpakkingen bij.

In het in paragraaf 3.4.5 genoemde onderzoek naar cadmiumgehalten in EK premiums werden in enkele transparante verpakkingen cadmiumgehalten tot 1500 mg/kg aangetoond (Mennen *et al.*, 2000). Al deze verpakkingen bevatten ook PVC.

Voor lood en chroom geldt ongeveer hetzelfde als voor cadmium, d.w.z. in de meeste kunststof verpakkingen zijn ze niet aantoonbaar, maar in sommige verpakkingen komen hoge tot zeer hoge gehalten voor. Deze zijn niet gecorreleerd aan een bepaald type kunststof.

Hoge chroomgehalten zijn met name aangetroffen in groengekleurde verpakkingen, meestal als gevolg van gebruik van chroom(III)oxide als kleurstof, maar soms ook doordat een combinatie van chroomgeel en Berlijns blauw is toegepast. In het eerste geval is het chroom driewaardig, in het tweede zeswaardig.

Kunststof kratten en pallets bevatten soms chroom, lood of beide. De gehalten zijn meestal niet extreem hoog (tot 200 mg/kg).

Daarnaast zijn in sommige geel-, oranje- of roodgekleurde kunststof verpakkingen hoge gehalten aan lood en chroom aangetroffen, in een nagenoeg constante verhouding van 1 op 4 à 5 op gewichtsbasis (chroom ten opzichte van lood). In deze verpakkingen zijn loodchromaathoudende kleurstoffen³⁹ toegepast. Brahms *et al.* (1989) vonden hoge gehalten (tot 3500 mg/kg chroom en 14.000 mg/kg lood) in gele, oranje, rode en groene draagtassen en in enkele PE en PVC fles; in de flessen waren de gehalten overigens niet hoger dan enkele honderden mg/kg. Ook in het Belgische onderzoek zijn in enkele gele draagtassen en in rood-goud gekleurde folie, gebruikt voor het verpakken van onder andere chips⁴², tot 3800 mg/kg chroom en 16.700 mg/kg lood gevonden.

Bij een onderzoek naar zware metalen in kunststof netten, die worden gebruikt voor het verpakken van aardappelen, fruit en groenten, werden in 10% van de gevallen (30 van de circa 300 monsters) hoge concentraties lood en zeswaardig chroom aangetroffen in met name oranje, maar ook enkele gele en rode netten (Brunnhöfer *et al.*, 1999). De concentraties liepen uiteen van ongeveer 300 tot 22.000 mg/kg (som van zeswaardig chroom en lood; de verhouding tussen deze metalen bedroeg ongeveer 1 op 4 à 5). In het onderzoek is specifiek op zeswaardig chroom geanalyseerd; totaal chroom gehalten zijn niet gegeven, maar waarschijnlijk is in deze verpakkingen het gehalte totaal chroom gelijk aan dat van zeswaardig chroom. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de EG. De geanalyseerde monsters waren afkomstig uit Oostenrijk, België, Ierland, Italië, Portugal en Spanje. Met name in de uit Ierland afkomstige monsters werd een hoog percentage overschrijdingen geconstateerd (25% van de gevallen), terwijl in Italië en Spanje weinig overschrijdingen voorkwamen. Niet bekend is of de bemonsterde verpakkingen ook in diezelfde landen zijn geproduceerd en in hoeverre dit soort netten vóórkomen op de Nederlandse markt.

Ook in het onderzoek van de Brucker *et al.* (2001) werd in drie van de vier onderzochte netten (twee gele, één oranje en één rode) veel chroom en lood aangetroffen, in dezelfde verhouding als bij andere geel-, oranje- en roodgekleurde verpakkingen. Uit een

⁴² Deze folie bestaat waarschijnlijk uit een kunststof drager met een aluminium laag erop.

specifieke analyse op zeswaardig chroom bleek het percentage zeswaardig ten opzichte van totaal chroom slechts 2 tot 6% te bedragen. Zoals al was geconstateerd uit de resultaten van hun analyses van enkele gekleurde stalen drums en glazen verpakkingen, wordt getwijfeld aan de geschiktheid van de gebruikte ontsluitingsmethode. Niet duidelijk is waarom Brunnhofer *et al.* (1999) in kunststof netten wel vrijwel alle chroom als zeswaardig terugvonden en de Brucker *et al.* (2001) niet. Opvallend is dat in het Belgische onderzoek in de in rood-goud gekleurde folie wel veel zeswaardig chroom (35% van het totaal chroom) werd gevonden.

Het zij nog vermeld dat in beide onderzoeken in geen van de netten cadmium en kwik werden aangetoond.

Het relatief hoge loodgehalte in het aandeel kunststof in het huishoudelijk restafval is mogelijkwerwijs voor een groot deel afkomstig van PVC afval anders dan verpakkingsmateriaal. Loodverbindingen worden namelijk veelvuldig toegepast in PVC producten zoals afvoerbuizen, maar PVC wordt qua hoeveelheid relatief weinig in verpakkingsmateriaal toegepast (slechts 1% van de op de markt gebrachte kunststof verpakkingen bestaat uit PVC⁴³, terwijl 8% van het kunststofafval in het huishoudelijk restafval uit PVC bestaat).

In een Amerikaans onderzoek werden hoge hoeveelheden lood aangetroffen in gekleurde en bedrukte delen van plastic zakken waarin brood werd verpakt (Weisel *et al.*, 1991). Gehalten zijn niet te berekenen aangezien in het artikel de massa's van de zakken niet zijn vermeld.

Titanium komt met name voor in witgekleurde verpakkingen (gebruik van titaniumoxide als kleurstof), in gehalten tot 10.000 mg/kg. Zink wordt vrij consistent aangetroffen in PS verpakkingen (tot 1600 mg/kg) en soms in andere kunststoffen, o.a. in materiaal dat voor diepvrieszakken- en flessen wordt gebruikt. Ook barium komt in dit soort materialen voor (in gehalten tot 4000 mg/kg). Brahms *et al.* (1989) vonden in enkele kunststof draagtassen en sluitingen zinkgehalten tot 1200 mg/kg. In een goudgekleurde draagtas werd zelfs 8800 mg/kg zink en 19.500 mg/kg koper aangetroffen. Daarnaast komt koper geregeld voor in kunststof verpakkingen, in gehalten tot 500 mg/kg. Door Brahms *et al.* (1989) werd veel aluminium gevonden in PE draagtassen (50 tot 500 mg/kg; in zilvergekleurde draagtassen tot 13.000 mg/kg). Meijer *et al.* (1989) troffen in enkele kunststof producten, waaronder mogelijk ook verpakkingen, hoge gehalten aan seleen aan (tot 1600 mg/kg). In al deze producten was het cadmiumgehalte eveneens hoog. Waarschijnlijk bevatten de producten Cd-Se verbindingen, die als kleurstof worden

⁴³ Deze gegevens zijn afkomstig van de website van de VMK. Ze zijn niet helemaal consistent met de resultaten van onderzoeken van de Consumentenbond (1996, 1998) waarin werd aangetoond dat 20-40% van een steekproef aan verpakkingen PVC bevatte. Bij deze onderzoeken is echter niet vermeld in welke mate de verpakkingen uit PVC bestonden. Volgens Smit *et al.* (1994) werd in het begin van de jaren '90 jaarlijks ongeveer 15 kton PVC verpakkingsmateriaal (ofwel ca 3% van de totale hoeveelheid kunststof verpakkingen) op de Nederlandse markt gebracht. Daarbij werd wel aangegeven dat er een dalende tendens was in het gebruik van PVC. In de periode 1987-1992 liep het aandeel PVC verpakkingen in het huishoudelijk afval terug van 14% naar 2,9%.

gebruikt. Verder zijn tin (500 mg/kg), nikkel (50 mg/kg), vanadium (20 mg/kg) en mangaan (gehalte onbekend) een enkele maal aangetroffen.

6.2.6 Overige materialen en samengestelde verpakkingen

Naast de in de vorige paragrafen behandelde soorten verpakkingsmaterialen wordt ook textiel (bijvoorbeeld jute zakken) en kurk (afsluiting van flessen) als verpakkingsmateriaal gebruikt. Uit de schaarse hoeveelheid gegevens kan worden afgeleid dat in deze materialen nagenoeg geen hoge concentraties zware metalen voorkomen. Bovendien vormen deze soorten verpakkingsmaterialen slechts een zeer gering percentage van de totale hoeveelheid.

Samengestelde verpakkingen vallen onder één van de al besproken soorten, op basis van het materiaal met het grootste gewichtspercentage. Over samengestelde verpakkingen valt nog op te merken dat als deze uit scheidbare delen bestaan (bijvoorbeeld een glazen pot met ijzeren deksel of een kunststof bakje met een aluminium afdichting) de verschillende delen in de geraadpleegde onderzoeken meestal apart zijn geanalyseerd. De analyseresultaten van die verschillende delen zijn dus al in de voorafgaande paragrafen verwerkt. Ook gegevens van *onlosmakelijk samengestelde materialen* (dat zijn er overigens weinig) zijn in de vorige paragrafen opgenomen, maar dan steeds bij het materiaal met het grootste gewichtspercentage.

6.3 Toepassingen van zware metalen in verpakkingen

In de vorige paragrafen zijn toepassingen van zware metalen in verpakkingsmaterialen al enkele malen aan de orde gekomen. In deze paragraaf wordt een samenvatting gegeven. Grofweg kan onderscheid worden gemaakt in toepassingen *in* het materiaal (bijvoorbeeld stabilisatoren, beschermingsmiddelen tegen onder andere micro-organismen en UV licht, brandvertragers en kleurstoffen om het materiaal te kleuren) en toepassingen *op* het materiaal (bijvoorbeeld kleurstoffen en pigmenten in inkt om verpakkingen van informatie te voorzien).

Tot de eerste groep (toepassingen in het materiaal) behoren:

- tin en chroom in metalen verpakkingen (blik),
- lood in gesoldeerde blikken,
- kleurstoffen in kunststoffen en glas: deze kunnen lood, cadmium, chroom (zowel drie- als zeswaardig), titanium, antimoon, seleen, aluminium, koper, zink, kobalt, barium en kwik bevatten,
- stoffen die het materiaal de vereiste eigenschappen geven, zoals loodverbindingen in geëmailleerd glas,
- warmtestabilisatoren in kunststoffen: hiervoor worden lood-, tin-, barium-, cadmium- en zinkverbindingen gebruikt,

- biostabilisatoren (beschermingsmiddelen tegen micro-organismen): hiervoor worden organotin-, organokoper- en organozinkverbindingen en ook antimoon- en arseenhoudende verbindingen gebruikt,
- beschermingsmiddelen tegen UV straling: deze kunnen nikkel en zink bevatten,
- brandvertragers, o.a. zinkboraat, antimoon - en aluminiumverbindingen,
- antistatica in kunststoffen: met name gebromeerde verbindingen (geen metalen),
- ‘lubricants’ (soort smeermiddelen) in kunststoffen, o.a. zinkstearaat,
- stoffen die tijdens het productieproces in het materiaal terecht komen zoals resten van metaalverbindingen die als katalysator worden gebruikt (onder andere antimoon bij de productie van PET en chroom, titanium en kobalt bij de productie van PP en PE); titanium- en zirkonium-katalysatoren worden ook toegepast bij de productie van metallocenen en kunststoffen (PP, PS of PE) met een regelmatige structuur.⁴⁴

Deze stoffen zullen meestal tijdens het productieproces aan het verpakkingsmateriaal worden toegevoegd. Wel blijkt uit onderzoek van Thompson *et al.* (1995) dat in onbewerkte kunststoffen lagere gehalten zware metalen voorkomen dan in voor verpakking bestemde kunststoffen. Blijkbaar worden sommige toevoegingen specifiek gebruikt om er verpakkingskunststof van te maken.

Tot de tweede groep (toepassingen op het materiaal) behoren:

- kleurstoffen en pigmenten die worden gebruikt om verpakkingen van informatie te voorzien, via directe opdruk of via een label: deze kunnen chroom, (zowel drie- als zeswaardig), lood, titanium, cadmium, antimoon, seleen, aluminium, koper, zink, kobalt, barium en kwik bevatten.

Bij een onderzoek naar zware metalen in circa 1000 monsters van kleurstoffen en pigmenten die in voedselverpakkingsmaterialen worden gebruikt werden in enkele gevallen hoge tot zeer hoge gehalten aan lood, cadmium en arseen aangetroffen (Garrido *et al.*, 1991). In het Convenant Verpakkingen I is afgesproken dat in Nederland vanaf halverwege de jaren '90 in papieren en kartonnen verpakkingen geen inkten en kleurstoffen meer worden gebruikt waar zware metalen in voorkomen. Volgens informatie van de SKB (*pers. mededeling*) is dat inderdaad het geval. Dit wordt bevestigd door andere onderzoeken (Maetis Consultancy BV, 1996; CEN, 2000).

⁴⁴ Voor zover bekend worden deze metallocenen nu nog op kleine schaal worden toegepast, maar zal dit in de nabije toekomst toenemen.

7. Emissies van zware metalen uit verpakkingen naar het milieu

7.1 Berekening van de emissies

Bij de handhaving zou prioriteit kunnen worden gegeven aan die soorten verpakkingen waarvan de hoogste emissies zware metalen in het milieu zijn te verwachten, zodat de meeste milieuwinst valt te behalen. Daartoe zijn per type verpakkingsmateriaal (kunststof, glas, etc.) gegevens nodig van de emissies aan zware metalen die jaarlijks uit gestorte en verbrande verpakkingen in het milieu komen. Deze emissies kunnen worden berekend door voor elk type verpakkingsmateriaal de hoeveelheid afgedankte verpakkingen per jaar – zoals vermeld in Tabel 2 – te vermenigvuldigen met het gemiddelde gehalte van elk metaal in die afgedankte verpakkingen.

Er zijn echter geen representatieve gegevens van deze gemiddelde gehalten. Om toch een schatting te maken van de emissies is er voor gekozen gebruik te maken van de metaalgehalten in het huishoudelijk afval, gegeven in Tabel 3. Deze gehalten zijn gebaseerd op analyses aan voldoende grote steekproeven en geven zodoende een redelijk representatief beeld van de samenstelling van het huishoudelijk afval. Bovendien blijkt uit de gegevens in Tabel 3 dat voor een aantal typen verpakkingsmaterialen de metaalgehalten in het huishoudelijk afval redelijk overeenkomen met de analysegegevens uit de onderzoeken aan kleine partijen verpakkingen.

De emissies zijn daarom berekend door voor elk type verpakkingsmateriaal de hoeveelheid afgedankte verpakkingen per jaar te vermenigvuldigen met het gemiddelde gehalte van elk metaal in het huishoudelijk afval. De berekende emissies zijn vermeld in Tabel 4. Naast de vier genormeerde metalen (lood, cadmium, kwik en chroom) en de drie andere metalen die in de onderzoeksopzet expliciet zijn genoemd (antimoon, molybdeen en koper) zijn in deze tabel ook enkele andere voor het milieubeleid relevante elementen vermeld. Gegeven zijn de geschatte jaarlijkse emissies aan metalen per type verpakkingsmateriaal, voor alle verpakkingen samen en, ter vergelijking, voor het hele afval in Nederland.

Ook is in de tabel voor elk type verpakking een ‘dekkingsgraad’ vermeld. Dit is een *fictieve parameter* die aangeeft in hoeverre de metaalgehalten in het huishoudelijk afval als representatief kunnen worden beschouwd voor de metaalgehalten in het totale afgedankte verpakkingsafval. Om een te geven hoe de ‘dekkingsgraad’ is berekend nemen we als voorbeeld het materiaal ‘papier en karton’. Ongeveer 30% van de totale hoeveelheid papier en karton in huishoudelijk afval is verpakkingsafval. Verder is 74% van de totale hoeveelheid afgedankt verpakkingspapier en -karton afkomstig uit het huishoudelijk afval. De ‘dekkingsgraad’ is berekend door vermenigvuldiging van deze fracties, hetgeen in het geval van papier en karton een waarde van ongeveer 22% oplevert.

Hoe hoger de ‘dekkingsgraad’, des te representatiever de berekende emissies in Tabel 4. Voor glas is de ‘dekkingsgraad’ hoog en zullen de cijfers in Tabel 4 een redelijk goed beeld van werkelijke emissies uit het verpakkingsafval geven. Voor hout is de ‘dekkingsgraad’ zeer laag en geven de cijfers waarschijnlijk een minder goed beeld. Voor de overige soorten ligt de ‘dekkingsgraad’ hier tussen.

Opgemerkt moet worden dat bij de berekeningen is uitgegaan van de hoeveelheid glas die volgens de verschilmethode (*marktmeting* minus *materiaalhergebruiksmeting*) is berekend. In hoofdstuk 5 is aangegeven dat volgens de *afvalmeting* er mogelijk meer (tot ongeveer twee maal zoveel) glas in het afvalstadium belandt. De emissies uit glazen verpakkingen zouden daardoor dus tot een factor 2 onderschat kunnen zijn. Bij de berekeningen van emissies uit metalen verpakkingen is de hoeveelheid die wordt teruggewonnen na verbranding wel meegeteld. Reden hiervan is dat de meeste elementen (behalve ijzer en andere magnetische metalen) die bij deze verbranding vrijkomen niet uit de verbrandingsresten worden teruggewonnen.

Verder zijn de emissies die cursief zijn weergegeven gebaseerd op analyseresultaten met een relatief grote onzekerheid.

Kortom, de meeste berekende emissiegegevens in Tabel 4 geven slechts een grove indicatie van de werkelijke totale emissies naar het milieu. Niettemin valt er uit het overzicht het een en ander af te leiden.

7.2 Verspreiding in het milieu

De wijze waarop de metalen in het milieu komen afhangt van de route die het verpakkingsafval volgt na te zijn afgedankt. Het grootste deel van het verpakkingsafval wordt verbrand (in 1999 was dat ongeveer 70%; Monitoringinstituut Convenant Verpakkingen, 2000) en het overige deel wordt gestort. In de toekomst zal het aandeel gestort afval verder afnemen. Bij verbranding in AVI's zal een deel van de elementen in het verpakkingsafval in de asresten achterblijven (deze asresten worden, mits ze niet te verontreinigd zijn, veelal ingezet als materiaal, bijvoorbeeld als bouwstof) en wordt een groot deel van de bij de verbranding vrijgekomen stofdeeltjes (vliegias), waaraan een deel van de elementen zijn gebonden, met behulp van filters afgevangen. De rest belandt in de atmosfeer. Het percentage dat in de asresten en vliegias achterblijft en dat in de atmosfeer belandt verschilt per element en hangt ook van de verbrandingscondities. Bij stortplaatsen en op locaties waar asresten uit een AVI als bouwstof worden ingezet kunnen elementen in het verpakkingsafval via uitloging in het milieu (bodem en grondwater) terecht komen. Bij deze processen (verbranding, uitloging) kan zeswaardig chroom worden omgezet in driewaardig chroom. Ook de omgekeerde reactie komt voor, maar minder vaak. Dit betekent dat, als al bekend zou zijn hoeveel zeswaardig chroom in afgedankte verpakkingen voorkomt, de hoeveelheid zeswaardig chroom dat daardoor in het milieu belandt daar nog aanzienlijk van kan verschillen.

In dit onderzoek zijn deze routes waarlangs en de vorm waarin de elementen in de diverse milieucompartimenten komen niet nader gekwantificeerd. Er wordt slechts een overzicht van totale emissies naar het milieu gegeven.

7.3 Bespreking resultaten

Van alle soorten verpakkingen vallen de kunststof verpakkingen het meest op wat betreft de emissies aan milieurelevante elementen. Dit geldt in hoge mate voor cadmium, antimoon en titanium (voor deze elementen bedraagt de bijdrage uit kunststof verpakkingsafval 80-95% van het totaal) en daarnaast ook voor lood (al is de berekende hoeveelheid daarvan waarschijnlijk te hoog; zie voetnoot 1 in Tabel 4), chroom, koper, kobalt, molybdeen, nikkel en zink.

De emissies aan lood en chroom worden behalve door kunststof ook in sterke mate bepaald door glazen en, alleen voor chroom, metalen verpakkingen. Volgens de tabel horen ook houten verpakkingen in dit rijtje thuis, maar zoals al is uitgelegd in paragraaf 6.2.2 zijn deze emissies waarschijnlijk veel te hoog geschat. Als wordt uitgegaan van de gemiddelde gegevens uit het Deense en het Belgische onderzoek (Andreasen *et al.*, 1997; De Brucker *et al.*, 2001), worden de emissies op jaarbasis ten hoogste circa 1000 kg lood en 2500 kg chroom. Naar verwachting zal het meeste chroom in het afval metallisch of driewaardig chroom zijn en slechts voor een beperkt deel uit zeswaardig chroom bestaan. Er zijn echter geen gegevens waarmee dit aandeel gekwantificeerd kan worden.

Voor alle soorten verpakkingen geldt dat de emissies aan kwik gering zijn.

Van de niet in de Regeling genormeerde elementen vallen met name titanium en antimoon (kunststof verpakkingen), tin (metalen verpakkingen), koper en zink (kunststof en metalen verpakkingen) op, al moet van koper en zink in metalen verpakkingen worden opgemerkt dat het waarschijnlijk te hoge schattingen betreft.

Kunststof verpakkingen leveren dus gemiddeld genomen de hoogste bijdrage aan emissies van milieurelevante elementen, gevolgd door metalen verpakkingen (met de kanttekening dat de geschatte emissies voor de meeste elementen waarschijnlijk te hoog zijn), glazen verpakkingen en tenslotte houten en papieren verpakkingen.

Tabel 4. Schatting van de emissies naar het milieu (in kg per jaar) aan zware metalen uit afgedankte verpakkingen per soort en in totaal

element	papier/ karton	glas	kunst- stof	ferro	non- ferro	hout	totaal verpakkingen	totaal afval NL
dekkingsgraad	22%	84%	51%	49%	35%	<1%		
Cd	< 40	8	14.000	100	10	250	14.000	90.000
Pb	4500 ¹⁾	14.000	89.000 ¹⁾	100	350	41.000 ¹⁾	149.000 ¹⁾	1.500.000 ²⁾
Hg	< 40	< 3	< 200 ³⁾	< 100	< 60	200	< 600	40.000
Cr	6000 ¹⁾	20.000	21.000	24.000	15.000 ¹⁾	28.000 ¹⁾	115.000	1.670.000
Sb	< 350	400	48.000	400	11.000	400	61.000	700.000 ²⁾
Mo	550	900	1100	700	20	< 350	3500	14.000 ⁴⁾
Cu	15.000	1000	100.000	3400	250.000 ¹⁾	16.000 ¹⁾	390.000 ¹⁾	4.600.000
As	< 1800	1400	< 2000	3000	800	< 1800	< 9000	400.000
Co	650	200	3600	4000	200	900	9800	50.000 ²⁾
Ni	6500	6000	13.000	17.000	600	7000	50.000	1.100.000
Sn	500	550	7500	160.000	750	400	170.000	325.000
Ti	4000	9000	1.800.000	105.000	22.500	4500	1.950.000	5.000.000 ²⁾
V	< 350	60	< 400	300	400	< 350	< 1500	15.000 ²⁾
Zn	30.000	8000	150.000	54.000	290.000 ¹⁾	80.000 ¹⁾	600.000 ¹⁾	15.000.000

¹⁾ Schatting waarschijnlijk te hoog, omdat het gehalte van het betreffende element in het totale huishoudelijk afval groter is dan in het verpakkingsaandeel in dat afval (zie ook de toelichtingen in de paragrafen 6.2.1 t/m 6.2.5).

²⁾ Zeer indicatieve schatting op basis van gegevens over de chemische samenstelling van huishoudelijk afval, geëxtrapoleerd naar de totale hoeveelheid afval.

³⁾ Voor Hg zijn er geen analyses van het huishoudelijk restafval beschikbaar. De berekening is gebaseerd op een gemiddeld gehalte van <0,5 mg/kg, afgeleid uit de waarden voor verschillende kunststoffen in Tabel 3.

⁴⁾ Hoeveelheid molybdeen die jaarlijks in het te verbranden afval belandt. Over molybdeenhoudend afval naar stortplaatsen zijn geen gegevens bekend.

8. Conclusies en aanbevelingen uit de literatuurstudie

8.1 Conclusies

De belangrijkste conclusies uit dit literatuuronderzoek zijn:

- Van alle soorten verpakkingsmaterialen vormen de kunststof verpakkingen de meest relevante groep ten aanzien van het vóórkomen van de genormeerde zware metalen en andere milieurelevante elementen (koper, antimoon, zink, titanium, aluminium, barium, seleen, nikkel en kobalt). Dit geldt voor zowel de gehalten in de verpakkingen als de totale potentiële emissies naar het milieu via het afvalstadium. Karakteristiek is dat de gehalten in verpakkingen vaak laag zijn, maar soms hoog tot zeer hoog, ruim boven de toegestane waarde. Dit geldt voor lood, chroom en cadmium. Alleen kwik blijkt van de genormeerde metalen nagenoeg niet in kunststof verpakkingen voor te komen.
- Het wordt waarschijnlijk geacht dat met name gele, oranje en rode verpakkingen waarin veel lood en chroom wordt aangetroffen, loodchromaathoudende kleurstoffen (geel, oranje, rood en groen) bevatten, waarvan het chroom zeswaardig is. Specifieke analyses op zeswaardig chroom geven hier, vanwege de problemen met de ontsluiting van zeswaardig chroom uit verpakkingen, geen uitsluitsel over. Echter, in verpakkingen met de genoemde kleuren wordt nagenoeg altijd een vaste verhouding aan chroom ten opzichte van lood (ongeveer 1 op 4 à 5) gevonden, hetgeen op loodchromaathoudende kleurstoffen wijst. Het zij vermeld dat ook driewaardig chroom kan voorkomen, onder meer in groene kunststof verpakkingen.
- Het vóórkomen van verhoogde gehalten metalen in kunststof verpakkingen hangt niet structureel samen met een bepaald type of een bepaalde kleur verpakking. Kortom, er zijn geen aanwijzingen dat structureel sprake is van overschrijding van zware metalen in een bepaalde kunststofsoort. Wel blijken hoge concentraties lood en chroom relatief meer voor te komen in gele, rode en oranje verpakkingen, maar ook in verpakkingen van andere kleuren wordt soms lood, chroom of cadmium aangetroffen. Enkele verpakkingen springen er wat betreft zware metalen uit, namelijk draagtassen, netten, aluminium-gecoate folies, pallets en kratten. Voor de laatste groep zijn in de Regeling speciale afspraken gemaakt.
- In papieren en houten verpakkingen komen vrijwel geen hoge gehalten aan zware metalen voor. Ook zijn voor deze categorieën de totale potentiële emissies naar het milieu via het afvalstadium gering.
- Glazen verpakkingen bevatten veelal te hoge gehalten aan lood en chroom. De gehalten aan lood liggen gemiddeld op een niveau van ongeveer 100 mg/kg. Deze hoge gehalten zijn waarschijnlijk een gevolg van de jarenlange recycling van glasafval, waarbij afgedankt kristal- en beeldbuisglas (dat veel lood bevat) is gemengd met afgedankt verpakkingsglas. Chroom komt met name voor in groene glazen verpakkingen, in gehalten van gemiddeld ongeveer 1000 mg/kg. In bruin en

transparant glas zijn de gehalten lager (<10 - 350 mg/kg). Zeswaardig chroom komt in glas waarschijnlijk niet of nauwelijks voor. Omdat de metalen in het glas zijn ingesloten en afgedankt glas voor ongeveer 90% wordt gerecycled, zijn de totale potentiële emissies naar het milieu via het afvalstadium beperkt (min of meer gesloten systeem). In de Regeling verpakkingen en verpakkingsafval is daarom een aparte bepaling opgenomen, waarin onder meer verplichtingen zijn geformuleerd voor de bedrijven uit de verpakkingketen ten aanzien van terugdringing van deze metalen in het verpakkingsglas en regelmatige metingen van de gehalten.

- Gedecoreerde glazen verpakkingen blijken soms veel cadmium en lood te bevatten. Voor zover bekend, komen gedecoreerde glazen verpakkingen in Nederland slechts in geringe mate voor. Ze worden voornamelijk geproduceerd en op de markt gebracht in België, Frankrijk en Italië.
- In het algemeen bevatten metalen verpakkingen waarschijnlijk geen hoge gehalten aan zware metalen, uitgezonderd chroom en tin in blik, waarvan gehalten van gemiddeld 250 mg/kg (chroom) en 1700 mg/kg (tin) voorkomen. Het betreft hier in het algemeen metallisch en geen zeswaardig chroom. Een probleem is dat de hoeveelheid informatie over met name aluminium (non-ferro) verpakkingen zeer beperkt is en dat de samenstelling van zowel het ferro als het non-ferro afval sterk wordt beïnvloed door ander metaalafval. In het verleden werd lood toegepast in gesoldeerde blikken. Voor zover blijkt uit de verzamelde informatie, komen dit soort blikken in Nederland waarschijnlijk niet of nauwelijks meer voor, maar daar kan geen volledige zekerheid over worden gegeven. Wel blijkt het loodgehalte in huishoudelijk afval zeer gering te zijn.
- In een onderzoek in België zijn in enkele stalen drums voor het verpakken van vloeistoffen en oliën hoge tot zeer hoge gehalten aan lood en chroom gevonden, aanwezig in de verf waarmee de drums zijn gecoat. Het wordt niet uitgesloten dat dit soort drums ook in Nederland worden toegepast.

8.2 Aanbevelingen voor vervolgonderzoek

- Aanbevolen wordt om bij vervolgonderzoek de hoogste prioriteit te leggen bij kunststof verpakkingen. Omdat er geen aanwijzingen zijn dat structureel sprake is van overschrijding van zware metalen in een bepaalde kunststofsoort (uitgezonderd antimoon in PET flessen, maar antimoon is niet één van de genormeerde metalen), zal een brede steekproef van diverse soorten kunststof verpakkingen moeten worden genomen. Kratten kunnen bij de steekproef achterwege worden gelaten, omdat hiervoor een uitzondering in de Regeling is opgenomen (hoewel ze vanuit het perspectief van ketenonderzoek mogelijk wel interessant zijn). Daarentegen is het aan te bevelen om in de steekproef een aantal gele, rode en oranje verpakkingen en een aantal netzakken en draagtassen op te nemen, aangezien er een aanzienlijke kans bestaat daarin lood en chroom aan te treffen.

- Ook metalen verpakkingen komen in aanmerking voor nader onderzoek. Hoewel uit de literatuurstudie blijkt dat metalen verpakkingen in de meeste gevallen voldoen aan de norm uit de Regeling, is het vanwege de geringe hoeveelheid informatie, waarop deze conclusie is gebaseerd, gewenst meer analysegegevens te verzamelen. Daarbij zal de aandacht onder meer moeten uitgaan naar gekleurde stalen drums (loodchromaathoudende kleurstoffen) en gesoldeerde blikken (lood in de randen). Wat de laatste groep betreft, kan in eerste instantie worden volstaan met het inventariseren van de hoeveelheid blikken die uit niet-westerse landen wordt geïmporteerd, bijvoorbeeld via SVM-PACT en daarbij aangesloten clusters.
- Voor zover uit deze studie valt op te maken worden in Nederland in bedrukte verpakkingen of labels geen inktten meer gebruikt die zware metalen bevatten. Dit wordt echter niet met analysegegevens onderbouwd. Ook is niet bekend of dergelijke inktten via geïmporteerde verpakte producten op de Nederlandse markt komen. Overwogen kan worden hier nader onderzoek naar te doen.
- Voor glazen verpakkingen wordt in de Regeling een aparte bepaling opgenomen, waarin onder andere aan de glasproducenten meet- en registratieverplichtingen worden opgelegd jaarlijks ten aanzien van de gehalten aan lood en chroom. Deze gehalten mogen de komende jaren niet toenemen en moeten op den duur zelfs afnemen. Dit zou gecontroleerd kunnen worden door de jaarlijkse rapportages van de analyses door te nemen.
- Ten aanzien van de monsternamestrategie is de eerste schakel in de verpakkingsketen, dus bedrijven die verpakkingsmaterialen en verpakkingen op de Nederlandse markt brengen, de meest interessante groep om effectief gegevens te verzamelen over gehalten aan zware metalen. Bij de bedrijven in deze groep kunnen verpakkingen en verpakkingsmaterialen namelijk nog enigszins representatief bemonsterd worden, aangezien de groep qua omvang redelijk afgebakend is. Als verpakkingen eenmaal hun toepassing hebben gevonden en dus gedistribueerd zijn over een groot aantal bedrijven verspreid over het hele land, is representatieve bemonstering niet goed mogelijk. Uit deze literatuurstudie valt niet op te maken hoe groot de groep producenten van verpakkingsmaterialen en verpakkingen is. Hiervan zullen eerst meer gegevens verzameld moeten worden, bijvoorbeeld via SVM-PACT en de daarbij aangesloten bedrijvenclusters, branche-organisaties zoals de VMK en de Gouden Gids. Een nadeel van deze strategie is dat geïmporteerde verpakkingen niet worden meegenomen. Hoewel betrouwbare cijfers hierover ontbreken, is uit de beschikbare gegevens wel op te maken dat het aandeel geïmporteerde verpakte producten in de tientallen procenten bedraagt. Een ander nadeel is dat de producenten van verpakkingsmaterialen en verpakkingen in de meeste gevallen formeel niet onder de eisen van de zware metalen vallen, zodat juridisch gezien bij deze bedrijven niet kan worden gehandhaafd. Daarom wordt aanbevolen om niet alleen bij producenten, maar ook bij de tussenhandel, groothandel en detailhandel monsters te nemen.

9. Inleiding fase 2: Oriënterend handhavingsonderzoek en testen analysemethoden

Naar aanleiding van de resultaten van de literatuurstudie besloten een oriënterend onderzoek te verrichten naar zware metalen in kunststof verpakkingen. Het onderzoek is oriënterend in de zin dat bij een *beperkt* aantal bedrijven uit de verpakkingketen een aantal monsters van kunststof verpakkingen, verpakkingsmaterialen en verpakte producten zijn genomen, die geanalyseerd zijn op zware metalen. De steekproef aan monsters is klein in verhouding tot de totale hoeveelheid kunststof verpakkingen die jaarlijks op de Nederlandse markt worden gebracht.

De doelstellingen van het oriënterend onderzoek zijn:

1. Het verkrijgen van inzicht in de gehalten aan zware metalen in kunststof verpakkingen en verpakkingsmaterialen, ter verificatie van de resultaten van de literatuurstudie.
2. Het testen van de bruikbaarheid van de draagbare XRF analyser voor het screenen van monsters in het veld en het op basis daarvan selecteren van ‘verdachte’ monsters voor nadere analyse.
3. Het testen van twee analysemethoden op hun geschiktheid voor toepassing bij handhaving van de Regeling. Aspecten die daarbij van belang zijn, zijn de betrouwbaarheid, de nauwkeurigheid en de detectielimiet van de methoden. Ook efficiëntie en kosten zijn van belang, als blijkt dat voor de handhaving grote aantallen monsters moeten worden geanalyseerd.
4. Het verkrijgen van inzicht in de gehalten aan zware metalen in de verschillende onderdelen van samengestelde verpakkingen in relatie tot de gehalten in de verpakking als geheel.

Ad 1. Uit de literatuurstudie is gebleken dat kunststof verpakkingen het meest kritisch zijn ten aanzien van het vóórkomen van de genormeerde zware metalen en andere milieurelevante elementen. Dit geldt voor zowel de gehalten in de verpakkingen als de totale potentiële emissies naar het milieu via het afvalstadium. Op grond hiervan is er voor gekozen om in dit oriënterend onderzoek uitsluitend op kunststof verpakkingen en verpakkingsmaterialen te richten. Hoewel in dit onderzoek slechts een beperkte steekproef aan verpakkingen kan worden genomen, wordt verwacht dat de resultaten voldoende inzicht geven in de samenstelling van kunststof verpakkingen, zeker in combinatie met de uitkomsten van de literatuurstudie.

Bij de selectie van verpakkingen wordt rekening gehouden met het gegeven uit de literatuurstudie, dat met name in bepaalde gekleurde verpakkingen (geel, rood en oranje) en bepaalde type verpakkingen (netten, draagtassen en folies) hoge gehalten aan zware metalen kunnen voorkomen. Kratten worden niet onderzocht, omdat daarvoor in de Regeling een uitzondering is gemaakt.

Ad 2. De draagbare XRF analyser wordt gebruikt om bij de te bezoeken bedrijven in zo kort mogelijke tijd zo veel mogelijk verpakkingen en verpakkingsmaterialen te screenen op zware metalen, in het bijzonder lood, cadmium, chroom en kwik. De analyser is in principe geschikt om al deze elementen te meten, maar de meetwaarden zijn indicatief. Bovendien verschillen de betrouwbaarheid en detectielimiet per element en hangen deze ook af van de matrix en vorm van het monster. Voordeel van het instrument is dat het te meten monster intact kan blijven.

Bij het onderzoek wordt de volgende strategie gehanteerd. Monsters waarin geen van de vier genormeerde zware metalen worden aangetroffen, worden als onverdacht beschouwd en hoeven niet nader te worden geanalyseerd in het lab, uitgezonderd een klein aantal dat wordt geanalyseerd ter controle op vals-negatieve uitslagen van de draagbare XRF analyser. Monsters waarin (te) hoge gehalten van de vier genormeerde zware metalen worden gevonden, worden nader geanalyseerd. Dit geldt ook voor monsters, waarvan op grond van de meting met de draagbare XRF analyser twijfel bestaat over de gehalten. Tenslotte worden ook verpakkingen voor nadere analyse geselecteerd als ze hoge gehalten aan één of meer andere milieurelevante elementen bevatten.

Door vergelijking van de meetwaarden van de draagbare XRF analyser met die van het op het laboratorium toegepaste analysemethoden kan worden vastgesteld of de monsters terecht als verdacht of onverdacht zijn aangemerkt.

Ad 3. Er bestaat een Nederlandse Praktijk Richtlijn (de NPR-CR 13695-1EN), gebaseerd op een rapport van de CEN⁴⁵ (CEN, 2000), waarin onder andere de stand van zaken is weergegeven van analysemethoden voor het bepalen van gehalten aan zware metalen in verpakkingen. Het rapport bevat enkele algemene richtlijnen en een overzicht van toegepaste analysemethoden. Er wordt echter niet één vaste analysemethode voorgeschreven. Elk lidstaat van de EU heeft de vrijheid een geschikte methode te kiezen, mits die uiteraard in staat is om met een voldoende lage detectielimiet (d.w.z. ruim onder de norm) en voldoende nauwkeurigheid de gehalten aan cadmium, lood, chroom en kwik te bepalen.

Op grond van de kennis en ervaring van het RIVM zijn voor dit onderzoek twee methoden geselecteerd, namelijk XRF en ICP-MS. Met beide methoden kan in één run een breed scala aan elementen, waaronder de vier genormeerde zware metalen, worden gemeten. De detectielimieten zijn voldoende laag om de eisen uit de Regeling te kunnen toetsen. Ook de nauwkeurigheid van deze methoden is voldoende, mits de instrumenten op de juiste wijze gekalibreerd zijn. Een ander voordeel is dat beide methoden gangbare analysetechnieken zijn, die door een groot aantal instituten en laboratoria worden toegepast. Nadeel van de ICP-MS analyse is dat de monstervoorbewerking (destructie in sterk zuur) nogal tijdrovend is.

Een andere geschikte techniek is INAA³¹. Deze methode wordt gezien als een absolute

⁴⁵ Comité Européen de Normalisation, een in Brussel gevestigde organisatie die verantwoordelijk is voor Europese standaardisering

referentiemethode, waarmee van een groot aantal elementen nauwkeurig en tot op laag niveau gehalten kunnen worden gemeten. De methode kent voor wat betreft handhaving van de Regeling echter twee belangrijke nadelen. Ten eerste kan met INAA geen lood worden bepaald. Daarnaast zijn er in Nederland slechts twee instituten die de techniek in huis hebben.

In dit onderzoek zal INAA worden gebruikt om een beperkt aantal monsters te analyseren waarvan op grond van de XRF en ICP-MS analyse onduidelijkheid bestaat over de gehalten van een aantal elementen.

Ad 4. In de Regeling wordt wat betreft de eisen aan de gehalten aan cadmium, lood, kwik en chroom geen uitspraak gedaan over samengestelde verpakkingen, d.w.z. het is niet duidelijk of deze eisen betrekking hebben op de verpakking als geheel of op elk apart deel ervan (zie artikel 13 uit de Regeling). Het zou dus kunnen voorkomen dat een verpakking uit meerdere onderdelen van verschillende materialen bestaat, waarvan één onderdeel te hoog gehalte aan zware metalen bevat, terwijl de verpakking als geheel (door ‘verdunding’ met ander materiaal) wel aan de norm voldoet. Bij de handhaving dient daar rekening mee te worden gehouden. In de EU richtlijn, waar de Regeling op is gebaseerd, wordt wel onderscheid gemaakt in verpakkingen en verpakkingscomponenten, maar van de laatste groep wordt geen duidelijke definitie gegeven.

Gedurende dit onderzoek is door het ministerie van VROM een beleidsstandpunt vastgesteld ten aanzien van samengestelde verpakkingen. Dit standpunt luidt dat als de verschillende onderdelen relatief gemakkelijk van elkaar los zijn te maken (zoals bij een glazen pot met een metalen schroefdeksel), zij als aparte verpakkingen moeten worden gezien die elk aan de normen voor lood, cadmium, chroom en kwik moeten voldoen (zie ook paragraaf 4.4). Als onderdelen echter onlosmakelijk zijn verbonden (bijvoorbeeld een papier-kunststof combinatie zoals bij drankenkartons), gelden de eisen voor de verpakking als geheel.

Om nader inzicht te krijgen in samengestelde verpakkingen is in dit onderzoek in een aantal onderdelen van samengestelde verpakkingen de gehalten aan zware metalen per onderdeel worden bepaald.

10. Monsterneming en screening analyses

10.1 Selectie bedrijven

Voor het oriënterend handhavingsonderzoek zijn in totaal 24 bedrijven geselecteerd, verspreid over het hele land. De bedrijven zijn geselecteerd uit verschillende schakels in de verpakkingketen, namelijk:

- Producenten van verpakkingen en verpakkingsmaterialen;
- Tussenhandel van verpakkingen;
- Groothandel van verpakkingen en verpakte producten;
- Detailhandel van verpakte producten, zowel een aantal winkels als een aantal distributiecentra (centrale magazijnen) van grootwinkelbedrijven.

Uiteraard zijn met name bedrijven uitgekozen, waarvan bekend was dat er een groot aantal kunststof verpakkingen en verpakkingsmaterialen aanwezig waren.

In Bijlage 1 is in een overzicht gegeven van de omschrijving van de bezochte bedrijven.

10.2 Monsterneming en selectie verdachte verpakkingen

Bij elk van de bezochte bedrijven is geïnventariseerd welke verschillende typen kunststof verpakkingen, verpakkingsmaterialen en verpakte producten in het bedrijf aanwezig waren. Vervolgens is een selectie gemaakt van een aantal monsters die ter plaatse met behulp van de draagbare XRF analyser zijn doorgemeten (in Bijlage 2 is een beschrijving van het instrument gegeven). Bij de keuze van de te screenen monsters is uiteraard rekening gehouden met de bevindingen uit de literatuurstudie.

Alle verpakkingen zijn non-destructief, dus zonder verdere voorbereiding van het monster, geanalyseerd. Wel is getracht zo veel mogelijk te voldoen aan de voorwaarden voor een optimale nauwkeurigheid, namelijk een zo homogeen mogelijk monster, een vlak oppervlak en een voldoende laagdikte (zie Bijlage 2). Om aan de laatste eis te voldoen werd bijvoorbeeld een dunne folie enkele malen dubbel gevouwen, waarna de analyser op de gevouwen folie werd geplaatst. Het was echter niet altijd mogelijk aan alle eisen te voldoen. Het vouwen van bijvoorbeeld voorgeperste blisterverpakkingen zoals van tandenborstels bleek niet eenvoudig. Daarbij komt nog dat dit soort verpakkingen zelden vlak zijn. Een ander probleem werd ondervonden bij het analyseren van open materiaal zoals netzakken, omdat het venster van de analyser niet optimaal gevuld wordt. Verder was het bij verpakkingen, die meerdere kleuren of een opdruk bevatten, lastig om een goed beeld te krijgen van de gemiddelde samenstelling, aangezien de gehalten aan zware metalen per gekleurd deel aanzienlijk kunnen verschillen. In dit soort gevallen is de screening meestal uitgevoerd op de verschillende gekleurde delen. De moeilijkst te meten verpakkingen waren die met ronde oppervlakken die niet zacht genoeg zijn om hen plat te drukken. Hierbij kunnen sterk afwijkende meetwaarden ontstaan. Bij de bespreking van de resultaten zal worden aangegeven bij welke monsters niet aan de eisen voor optimale

meting kon worden voldaan.

In totaal zijn bij de 24 bedrijven 357 monsters doorgemeten met de draagbare XRF analyser. Van de 357 monsters zijn 86 monsters geselecteerd en meegenomen voor nadere analyse. In de niet-geselecteerde monsters zijn met de draagbare XRF analyser geen cadmium, lood, chroom en kwik aangetoond.

Niet alle 86 geselecteerde monsters bleken. Ongeveer een derde deel van de 86 geselecteerde monsters bleken geen te hoge gehalten cadmium, lood, chroom of kwik te bevatten. Deze monsters zijn toch geselecteerd ofwel om een aantal controlemetingen op eventuele vals-negatieve uitslagen van de draagbare XRF analyser te kunnen verrichten ofwel omdat bij de meting andere interessante elementen in het monster waren aangetroffen, met name koper, antimoon of molybdeen. In het bedrijvenoverzicht (Bijlage 1) is aangegeven hoeveel monsters per bedrijf zijn gescreend en hoeveel er zijn geselecteerd voor aanvullende analyses in het lab.

Twee van de 86 monsters waren geen hele verpakkingen (de andere 84 wel), maar stukken van een bigbag die een zodanige omvang had dat zij om praktische redenen niet in haar geheel kon worden voorbewerkt ten behoeve van de analyses in het laboratorium. De bigbag was grotendeels wit van kleur, maar was aan de randen voorzien van een groene en een rood/zwarte baan. De meegenomen stukken waren uit deze randen geknipt en waren deels wit, deels groen respectievelijk rood/zwart. In het witte gedeelte werden geen zware metalen aangetoond, maar de gekleurde banen bleken veel lood en chroom te bevatten.

Eén van de 86 geselecteerde monsters is uiteindelijk niet verder geanalyseerd. Dit monster was een stuk verpakking van kleverig product (soort asfalt). Bij de monstervoorbewerking bleek het niet mogelijk de verpakking voldoende van het product te scheiden om een betrouwbare analyse te kunnen uitvoeren.

Uiteindelijk bleven er 85 monsters over voor verdere analyses.

10.3 Splitsing scheidbare verpakkingen in deelmonsters

Een aantal van de geselecteerde monsters bleek uit meerdere, te splitsen onderdelen te bestaan. Hieronder wordt verstaan, dat de delen relatief gemakkelijk uit elkaar zijn te halen. In overleg met de opdrachtgever is besloten de verschillende onderdelen van deze scheidbare verpakkingen elk apart te analyseren.

Van de 85 monsters bestonden er 22 uit meerdere (twee of drie) te scheiden delen, in het vervolg deelmonsters genoemd. Daarnaast zijn 4 monsters in meerdere (twee of drie) delen gesplitst, die niet scheidbaar waren in de zin van het beleidsstandpunt van het ministerie van VROM, maar waarvan het toch gewenst was de afzonderlijke delen apart te analyseren vanwege verschil in vorm of kleur. Het ging om twee puntzakken met een transparant en een gekleurd deel, een zak met een transparant, een gekleurd en een wit gedeelte en een zak met een donker- en een lichtblauw deel. Het totaal aantal te analyseren

deelmonsters kwam daarmee op 114.

Enkele deelmonsters bestonden uit een ander materiaal dan kunststof. Hoewel het onderzoek is gericht op kunststof verpakkingen, zijn deze deelmonsters van ander materiaal toch geanalyseerd, zij het uitsluitend met XRF analyse (laboratorium methode, niet de draagbare analyser). Voor een ICP-MS analyse op metalen en glazen deelmonsters zou namelijk een andere destructiemethode moeten worden toegepast, die gelet op het geringe aantal monsters te veel tijd zou vergen. Alleen papieren en kartonnen deelmonsters zijn wel met ICP-MS geanalyseerd. Voor deze deelmonsters kon dezelfde destructiemethode worden gebruikt als voor de kunststof monsters.

In Tabel 5 is een overzicht van de aantallen deelmonsters naar materiaalsoort gegeven. Van een aantal kunststof monsters kon op grond van informatie op de verpakking worden vastgesteld uit welk soort kunststof het monsters bestond. Daarnaast is met XRF analyse (laboratorium methode) in een aantal monsters een hoog chloorgehalte gevonden, hetgeen duidt op de aanwezigheid van PVC. Deze verpakkingen zijn zeer waarschijnlijk ofwel volledig van PVC gemaakt of van een combinatie van PVC met een andere kunststof. De informatie over de soort kunststof is in Tabel 5 verwerkt.

Tabel 5. Overzicht van aantallen deelmonsters naar materiaalsoort

Materiaal	Aantal deelmonsters	Materiaal	Aantal deelmonsters
Kunststof, onbekend	65	Kunststof, totaal	97
Kunststof, PE	12	Kunststof met aluminium ²⁾	1
Kunststof, PVC ¹⁾	11	Metaal	2
Kunststof, PET	2	Glas	5
Kunststof, PP	5	Papier/karton	9
Kunststof, PS	2		

¹⁾ Op grond van de XRF analyse zeer waarschijnlijk PVC-houdend of volledig uit PVC bestaand.

²⁾ Folie bestaande uit een kunststof met een aluminium coating. Het gewichtspercentage kunststof en aluminium kon niet worden vastgesteld.

11. Uitvoering analyses

11.1 Monstervoorbewerking voor de laboratorium analyses

Van de aangeboden 115 monsters zijn er 114 vermalen met behulp een snijmolen. Het monster wat niet vermalen is bestaat uit een metalen dekseltje van een jampot.

De monsters zijn cryogeen vermalen middels een universele snijmolen Pulverisette 19 van de firma Fritsch, voorzien van een wolframcarbide maalgarnituur. De keuze van dit maalgarnituur, bestaande uit een rotor van V-vormige messen en vaste contramessen, is gemaakt omdat op deze wijze van vermalen er geen contaminatie op kan treden van de te analyseren elementen. De monsters zijn cryogeen vermalen omdat ze dan hard en bros zijn en zodoende makkelijker te vermalen zijn zonder dat ze versmelten in de molen.

De snijmolen is voorzien van een ringzeef met een maaswijdte van 2 mm, zodat de vermalen deeltjes maximaal 2 mm groot zijn, veelal zijn de verkregen deeltjes kleiner. Ringzeven met een kleinere maaswijdte leveren snel problemen op omdat de mazen verstopt raken en het monster tijdens het malen gaat versmelten.

11.2 Analyses met de laboratorium XRF analyser (XEPOS)

Om middels XRF kwantitatieve uitspraken van gehalten in monsters te doen, moet een monster aan enkele voorwaarden voldoen: het moet homogeen zijn, een vlak oppervlak en een voldoende laagdikte hebben. De te onderzoeken verpakkingsmonsters voldoen vaak niet aan deze criteria. Om een zekere homogeniteit te creëren zijn de monsters vermalen. Ook worden op deze wijze eventuele onregelmatige vormen van de monsters weggewerkt. De tot deeltjes vermalen monsters zijn voor analyse in speciale cupjes ingewogen. Er is getracht steeds zoveel mogelijk monster in te wegen en dit zo compact mogelijk in de cupjes te stapelen om een voldoende laagdikte te verkrijgen.

De monsters zijn met de XRF-XEPOS van de firma Spectrogemeten met een semi-kwantitatief programma 'Turboquant', Tqk2760. Met behulp van het dit programma is het mogelijk om een elementscan uit te voeren van monsters met verschillende matrices. Het meetprogramma bevat een tiental standaarden van verschillende matrices. Door gebruik te maken van wiskundige berekeningen en fundamentele parameters (factoren voor de matrix effecten die berekend zijn op basis van gemeten intensiteiten en de samenstelling van de standaard) kan bij een gemeten intensiteit van een monster de concentratie berekend worden. Door de grote variatie in de gemeten matrices is het mogelijk dat het Turboquant programma een systematische afwijking geeft voor een aantal elementen. De oorzaak hiervan ligt in de aanwezige standaarden die niet goed overeenkomen met de monsters.

De monsters zijn gemeten m.b.v. drie verschillende targets, resp. molybdeen (Mn t/m Zr), aluminiumoxide (Nb t/m Ba) en HOPG (highly orientated pyrolytic graphite, Na t/m Cr). De meettijd van het gebruikte analyseprogramma 'Tqk-2760' bedraagt per individueel

monster 15 minuten (5 minuten per target). Het berekende gehalte aan elementen wordt uitgedrukt in mg/kg.

11.3 Destructie en analyse met ICP-MS

De ontsluiting van de monsters is uitgevoerd met Berghof destructievaten. Deze vaten bestaan uit een teflon binnenvat met deksel en een stalen buitenmantel (drukvat). Van elk kunststof monster (de andere deelmonsters zijn niet met ICP-MS geanalyseerd) is een deel tot op 4 decimalen nauwkeurig ingewogen ($\pm 0,2$ g) in een teflon vat. Hieraan is 3 ml water (Milli-Q kwaliteit) en 3 ml geconcentreerd salpeterzuur (65% HNO_3 supra pur) toegevoegd. De binnenvaten zijn in de stalen buitenmantels geplaatst en afgesloten. De drukvaten zijn gedurende een nacht in een stoof geplaatst bij 180°C . De destruatens zijn met Milli-Q water overgespoeld in kunststof buizen en aangevuld tot 50 ml. Vervolgens zijn de monsters verdund met Milli-Q water en gemeten met de HP4500plus ICP-MS met de 56-elementen methode. Voor de kwaliteitscriteria en bereiding van de oplossingen en praktische uitvoering wordt verwezen naar het 'Huisvoorschrift 56 elementen methode'.

11.4 Aanvullende analyses met INAA

Omdat de resultaten van de analyses met enerzijds XRF (XEPOS) en anderzijds ICP-MS voor een aantal elementen soms aanzienlijk verschilden (hier zal in hoofdstuk 13 op worden teruggekomen), is besloten een aantal monsters naar het Interfacultair Reactor Instituut (IRI) van de Technische Universiteit te Delft te sturen om deze te analyseren met INAA. Dit is een betrouwbare referentie-methode waarmee voor een groot aantal elementen gehalten in diverse matrices kunnen worden bepaald.

In verband met de kosten kon slechts een beperkt aantal monsters worden geselecteerd en kon op een beperkt aantal elementen worden geanalyseerd. De keuze van de monsters is vooral gebaseerd op de resultaten voor chroom, aangezien voor dit element de grootste verschillen werden gevonden tussen beide methoden. Bij de selectie is ook rekening gehouden met verschillen in meetwaarden voor andere elementen, i.h.b. antimoon omdat voor dit element de toegepaste destructiemethode voor ICP-MS minder geschikt is.

In totaal zijn 14 monsters geselecteerd, welke zijn geanalyseerd op chloor, titanium, chroom, koper, zink, molybdeen en antimoon. De geselecteerde monsters betroffen twee glazen verpakkingen, een kunststof hoes van een picknickdeken en een aantal draagtassen, netzakken en kunstdarmen. De glazen verpakkingen werden geselecteerd, omdat deze uitsluitend met de XEPOS zijn geanalyseerd en er aanvankelijk geen vergelijking mogelijk was met een andere methode. De andere monsters (alle van kunststof) werden met name gekozen vanwege hun hoge chroomgehalten.

12. Resultaten en discussie

12.1 De genormeerde metalen

In Bijlage 3 zijn vermeld de gehalten aan cadmium, lood, kwik en chroom in elk deelmonster, gemeten met de drie toegepaste methoden. De resultaten van de analyses met INAA zijn niet in deze bijlage opgenomen, maar apart vermeld in Bijlage 6. De INAA resultaten zullen in hoofdstuk 13 worden besproken.

In Bijlage 3 is per deelmonster ook aangegeven wat voor voorwerp het is, welke kleur het heeft en uit welk materiaal het bestaat. Verder is vermeld of met de XRF analyse (XEPOS) in het monster een hoog gehalte aan chloor is gevonden, hetgeen in de kolom getiteld “Cl” is aangegeven met “ja”. Eén van de chloorhoudende monsters is ook met INAA geanalyseerd. Deze analyse bevestigde de aanwezigheid van veel chloor⁴⁶. Een hoog gehalte aan chloor duidt op de aanwezigheid van PVC (zie ook Tabel 5). Uit het gemeten gehalte kan niet worden afgeleid of een monster volledig dan wel gedeeltelijk uit PVC bestaat, maar wel dat het zeer waarschijnlijk PVC-houdend is.

In de laatste kolom van Bijlage 3 zijn met behulp van trefwoorden de redenen aangegeven waarom een meting met de Niton niet optimaal kon worden uitgevoerd, voornamelijk bij monsters, waar verschillen werden gevonden tussen de meetresultaten van de Niton en die van de laboratorium analyses.

Van zes monsters waren deze verschillen zo groot dat besloten is hen, nadat de laboratorium analyses waren verricht, opnieuw te meten met de Niton. Deze metingen zijn in Bijlage 3 cursief weergegeven (*‘tweede meting met Niton’*). In vier gevallen leverde dit een aanzienlijke verbetering op. In paragraaf 13.3 zal hier op worden teruggekomen.

Meetwaarden groter dan 100 mg/kg zijn in Bijlage 3 vetgedrukt weergegeven. Dit heeft met name tot doel aan te geven in welke monsters verhoogde gehalten aan cadmium, lood, kwik en/of chroom worden aangetroffen, zonder dat er toetsing van de norm plaatsvindt. De waarde van 100 mg/kg is min of meer arbitrair. Het vetgedrukt weergegeven biedt echter de mogelijkheid om in de tabel snel te kunnen zien in welke monsters relatief veel cadmium, lood, kwik en/of chroom voorkomt.

In Bijlage 4 zijn in verband met de toetsing van de norm uit de Regeling per deelmonster enerzijds de som van de gehalten aan cadmium, lood, kwik en chroom en anderzijds de som van de gehalten aan cadmium, lood en kwik gegeven. In het eerste geval wordt er bij de sommatie impliciet van uitgegaan dat al het chroom zeswaardig is (de eis in de Regeling heeft alleen betrekking op de som van cadmium, lood, kwik en zeswaardig chroom). In het tweede geval wordt er bij de sommatie impliciet van uitgegaan dat al het chroom driewaardig of metallisch is. Voor de meeste monsters zal de werkelijke som aan cadmium, lood, kwik en zeswaardig chroom tussen deze twee somwaarden in liggen.

⁴⁶ In de andere met INAA geanalyseerde monsters werd zowel met XRF als met INAA (nagenoeg) geen chloor aangetroffen.

Ook in Bijlage 4 zijn somwaarden groter dan 100 mg/kg vetgedrukt weergegeven, in dit geval om aan te geven of de norm uit de Regeling wordt overschreden. Daarbij wordt vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen deelmonsters van niet-scheidbare delen van verpakkingen, deelmonsters van scheidbare delen van verpakkingen en hele verpakkingen. De toetsing per verpakking of scheidbaar verpakkingsonderdeel zal in paragraaf 12.1.4 worden besproken.

Door alle somwaarden groter dan 100 mg/kg vetgedrukt weer te geven wordt geen rekening gehouden met onzekerheden in de analyseresultaten. Als de meetonzekerheid van een methode bijvoorbeeld 20% bedraagt en de somwaarde volgens die methode 110 mg/kg is, kan niet worden gesteld dat de norm wordt overschreden. Omdat deze onzekerheden per element, per analysemethode en per type matrix verschillend kunnen zijn, is er in het overzicht in Bijlage 4 vooralsnog geen rekening mee gehouden. Bij de bespreking van de toetsing, in paragraaf 12.1.4, zal dat wel gebeuren.

Naast toevallige meetfouten kunnen ook systematische fouten problemen geven bij de interpretatie van de resultaten. De XEPOS geeft voor chroom bijvoorbeeld systematisch ongeveer 2 maal te hoge waarden, zoals blijkt uit de vergelijking met zowel de ICP-MS als de INAA resultaten (zie paragraaf 13.1 en Bijlage 6). In paragraaf 11.2 is uitgelegd dat zulke systematische afwijkingen een gevolg kunnen zijn van matrix-effecten. Ook is gebleken dat bij sommige monsters een aantal elementen tijdens de destructie voorafgaand aan de ICP-MS analyse niet of onvoldoende in oplossing wordt gebracht, waardoor te lage gehalten worden gevonden. Voor de Niton geldt dat de nauwkeurigheid ook afhangt van de vorm, de dikte en de homogeniteit van het monster. In de regel is dit instrument minder nauwkeurig dan de beide andere methoden. Ook is de detectielimiet van de Niton vaak aan de hoge kant, met name voor chroom. In een aantal gevallen ligt de detectielimiet zelfs boven de te toetsen grenswaarde, hetgeen toetsing in feite niet mogelijk maakt. Voor de feitelijke toetsing kunnen de met de Niton gemeten waarden dan ook niet gebruikt worden. Om toch een snelle indruk te krijgen van de bruikbaarheid van de Niton als screening instrument zijn in Bijlage 4 de overschrijdingen van de norm volgens de Niton ook vetgedrukt weergegeven.

In de discussie in de volgende paragrafen zal met al deze meetfouten en onzekerheden rekening worden gehouden.

12.1.1 Cadmium

In 4 van de 114 deelmonsters is cadmium aangetoond in gehalten die ruim boven de 100 mg/kg liggen. Alle andere deelmonsters bevatten geen cadmium. De monsters waarin cadmium is gevonden zijn alle van PVC of PVC-houdende kunststof. Drie van deze monsters zijn transparant (een hoes, een etui en een zak) en één is bruin (een band). De band en de kunststof hoes zijn beide onderdelen van één scheidbare verpakking, namelijk een verpakkingshoes van een picknickdeken.

Ten aanzien van de overschrijding geven alle drie de analysemethoden hetzelfde beeld. In absolute zin verschillen de gemeten gehalten enigszins, maar deze verschillen zijn niet zodanig dat daardoor twijfel over de overschrijding van de grenswaarde ontstaat.

Er van uitgaande dat, op grond van de screening met de Niton, de niet naar het laboratorium meegenomen monsters geen cadmium bevatten kan worden berekend dat op het totaal aantal onderzochte verpakkingen (357 stuks) een kleine 1% een te hoog gehalte aan cadmium heeft⁴⁷.

12.1.2 Kwik

Met de laboratorium analysemethoden is in geen van de deelmonsters kwik aangetoond boven de 12 mg/kg (XEPOS) resp. 1 mg/kg (ICP-MS). De waarde van 12 mg/kg werd gemeten in een metalen deksel en is vermoedelijk het gevolg van de aanwezigheid van zwavel, dat een storing kan geven op de plaats in het röntgenfluorescentiespectrum waar kwik wordt gevonden. Het kwikgehalte in deze deksel is dus vermoedelijk veel lager dan 12 mg/kg. Geconcludeerd kan worden dat de deelmonsters (nagenoeg) geen kwik bevatten.

De Niton heeft in 10 deelmonsters wel kwik aangetoond, in gehalten van 5 tot 180 mg/kg. Als we de drie metingen met waarden van 20 mg/kg of minder buiten beschouwing laten (bij de meeste metingen lag de detectielimiet van de Niton namelijk rond dit niveau), geeft de Niton dus in 7 gevallen een vals-positief signaal. Dit blijken ofwel metalen monsters (twee deksels) ofwel monsters met een hoog gehalte aan lood en chroom te zijn. Wat het laatste betreft is het vals-positief signaal voor kwik waarschijnlijk een gevolg van de aanwezigheid van veel lood (kleine overlap van pieken in het spectrum). Het vals-positief signaal in de metalen deksels is vermoedelijk een artefact, waarvoor echter geen verklaring is gevonden. In hoofdstuk 13 wordt hier dieper op ingegaan.

In de niet naar het laboratorium meegenomen verpakkingen werd met de Niton geen kwik aangetoond. Er van uitgaande dat de Niton geen vals-negatieve waarden heeft gemeten, kan worden geconcludeerd dat in geen van de onderzochte verpakkingen (357 stuks) kwik is aangetroffen, overeenkomstig de resultaten van de literatuurstudie.

12.1.3 Lood en chroom

Omdat deze twee elementen vaak samen worden aangetroffen, worden ze in deze paragraaf samen besproken.

Allereerst dient te worden vermeld dat de met de XEPOS gemeten chroomgehalten als gevolg van een systematische fout ongeveer een factor 2 te hoog zijn, hetgeen blijkt uit vergelijking met zowel de ICP-MS als de INAA resultaten. Deze afwijking wordt nader toegelicht in paragraaf 13.1. De in Bijlage 3 vermelde chroomgehalten gemeten met de XEPOS moeten dus door ongeveer 2 worden gedeeld.

De vergelijking met de INAA resultaten wijst ook uit dat van drie monsters (alle zogenaamde casing-verpakkingen; dit zijn kunststof darmen die worden gebruikt bij de

⁴⁷ Deze berekening is gebaseerd op het aantal gescreende verpakkingen, dus niet op het aantal deelmonsters. Van de niet naar het lab meegenomen verpakkingen is namelijk niet vastgesteld uit hoeveel scheidbare delen ze bestaan.

verpakking van worst en kaas) de met ICP-MS gemeten waarden veel te laag zijn, omdat het chroom tijdens de destructie niet of onvolledig in oplossing is gebracht. In deze destruataten werd een neerslag aangetroffen, dat na filtratie en analyse met XRF chroom bleek te bevatten. Met de XEPOS werd in deze casing-verpakkingen wel chroom gevonden, zij het in gehalten die een factor 2 tot 3 hoger waren dan met INAA.

Verder geeft de Niton in enkele gevallen flinke afwijkingen van de andere methoden.

Soms is om verschillende redenen, die in Bijlage 3 zijn toegelicht, met de Niton lood of chroom aangetoond, terwijl uit de analyses met de XEPOS en de ICP-MS dat de desbetreffende monsters geen lood of chroom bevatten. Bij de verdere bespreking wordt daarom zo veel mogelijk van de XEPOS en ICP-MS resultaten uitgegaan.

Indien rekening wordt gehouden met de factor 2 overschatting door de XEPOS, kan worden geconcludeerd dat in 23 van de 114 deelmonsters de gehalten aan lood en chroom beide boven de 100 mg/kg liggen. Deze deelmonsters betreffen:

- 4 glazen potten. Deze zijn uitsluitend met de XEPOS geanalyseerd. Weliswaar zijn de chroomgehalten overschat met ongeveer een factor 2, maar zelfs na correctie hiervoor ligt het gehalte rond of ruim boven de 100 mg/kg. Bovendien liggen de loodgehalten in deze glazen verpakkingen tussen de 120 en 185 mg/kg.
- 1 papieren sticker. Het betreft een glimmende, veelkleurige papieren sticker van een netzak, waarin met alle methoden veel lood (circa 3000 mg/kg) en chroom (circa 650-1000 mg/kg) zijn gemeten.
- 18 kunststof monsters van allerlei aard (zakken, tassen, folies, netjes). De gehalten lopen uiteen van 650 tot 26.000 mg/kg voor lood en van 120 tot 5000 mg/kg voor chroom (uitgaande van de ICP-MS gegevens). Op één chroombepaling met de Niton na worden deze hoge gehalten met alle analysemethoden gevonden. De meeste van deze monsters zijn geel, rood, oranje of groen, maar ook in een bruine PVC-houdende band werd veel lood en chroom gevonden. In een paar gevallen gaat het om monsters met een meerkleurige opdruk. Van de meeste monsters is het type kunststof waaruit ze bestaan niet bekend; in enkele gevallen gaat het om polyetheen en in één geval om PVC-houdend materiaal (de bruine band, waar ook te veel cadmium in was gevonden). Opvallend is dat alle drie de geanalyseerde netzakken (twee oranje en één rode) en vier van de twaalf geanalyseerde draagtassen (een gele, een oranje, een groene en een groen/witte) tot deze 18 monsters behoren. Dat geldt ook voor de twee deelmonsters (gekleurde banen) van de witte bigbag (zie paragraaf 10.2). Als echter wordt gecorrigeerd voor het gegeven dat in de rest van de bigbag geen lood en chroom is aangetoond, blijken de gehalten aan lood en chroom in de hele bigbag onder de 100 mg/kg te liggen.

In de papieren sticker en de 18 kunststof monsters bleek, uitgaande van de ICP-MS resultaten, de verhouding tussen de gehalten aan lood en chroom te variëren van 4,4 tot 6,6 met een gemiddelde van $5,2 \pm 0,7$. Dit wijst er op dat deze monsters loodchromaathoudende kleurstoffen bevatten en dat het chroom in deze monsters dus *zeswaardig* is.

Ook in vier andere kunststof monsters (een groene draagtas, twee witte zakken met gekleurde opdruk en een blauwe draagtas met gekleurde opdruk; het betreft hier diverse,

uiteenlopende kleuren) werd ongeveer dezelfde verhouding tussen lood en chroom gevonden, maar in deze monsters ligt het chroomgehalte volgens de ICP-MS en ook volgens de XEPOS na correctie voor de factor 2 onder of rond de 100 mg/kg. De Niton had in deze gevallen een te hoge detectielimiet of gaf een te hoge waarde vanwege de inhomogeniteit van het monster. Het gehalte aan lood in deze monsters ligt wel boven de 100 mg/kg, namelijk tussen 130 en 440 mg/kg (gegevens van de XEPOS en de ICP-MS; de Niton gaf soms afwijkingen). Ook in deze monsters is het chroom waarschijnlijk *zeswaardig*.

In totaal blijken zes van de twaalf geanalyseerde draagtassen en de drie geanalyseerde netzakken loodchromaathoudende kleurstoffen bevatten, waarbij het totale gehalte aan lood en chroom varieert tussen 200 en 22.000 mg/kg. Bij een eerder uitgevoerd onderzoek naar zware metalen in vier draagtassen (Mennen *et al.*, 2001), uitgevoerd voor de VROM-Inspectie Zuidwest, zijn ook zeer hoge gehalten aan lood en chroom aangetroffen, variërend van 9400 tot 26.000 mg/kg (som van lood en chroom; de verhouding tussen de gehalten aan lood bedroeg ongeveer 4,5 tot 5). De draagtassen waren oranje gekleurd met hier en daar een blauwe opdruk. Zowel in de oranje als de bedrukte delen werden de hoge gehalten aangetroffen.

In 5 andere deelmonsters is lood aangetroffen in gehalten rond of boven de 100 mg/kg. Het chroomgehalte in deze monsters is lager dan 30 mg/kg, zowel volgens de ICP-MS als volgens de XEPOS na correctie; de Niton gaf soms een afwijking of een te hoge detectielimiet. Van deze 5 monsters is er één een twijfelgeval, namelijk een roze LDPE zak met opdruk, waarvoor de ICP-MS voor lood een waarde van 102 mg/kg geeft, de XEPOS 86 mg/kg en de Niton 133 mg/kg bij de screening in het veld en 100 mg/kg bij de nameting. In de overige vier monsters varieert het loodgehalte van 150 tot 500 mg/kg (volgens de XEPOS en de ICP-MS). Deze monsters zijn een blauwe en een transparante kunststof (beide PVC of PVC-houdend) etui en twee bruingrijze kunststof strippen. De transparante kunststof etui bevat ook te veel cadmium. Bekend is dat PVC lood kan bevatten, omdat loodverbindingen worden toegevoegd als stabilisator.

Tenslotte is in 7 deelmonsters chroom aangetoond boven de 100 mg/kg, terwijl het loodgehalte in deze monsters lager was dan 100 mg/kg.

Drie van deze monsters (een glazen pot en twee metalen deksels) zijn uitsluitend met XRF geanalyseerd. De met de XEPOS gemeten waarden liggen tussen 270 en 410 mg/kg, zodat met enige voorzichtigheid kan worden geconcludeerd dat ook na correctie voor de overschatting de gehalten vermoedelijk boven de 100 mg/kg liggen. De twee metalen deksels zijn ook met de Niton geanalyseerd, maar deze metingen zijn sterk verstoord door de aanwezigheid van ijzer, waaruit de deksels voornamelijk bestaan. Hierdoor zijn de meetwaarden zeer onbetrouwbaar. Het chroom in de twee deksels is zeer waarschijnlijk metallisch, terwijl het chroom in de glazen pot (en ook in de 4 eerder genoemde glazen potten, waarvan het loodgehalte boven de 100 mg/kg lag), vermoedelijk grotendeels driewaardig is.

Eén monster (een zwart kunststof schaalpje) is een twijfelgeval, d.w.z. met de XEPOS is

(zonder correctie) 280 mg/kg chroom gevonden, terwijl de ICP-MS analyse 85 mg/kg geeft (de Niton geeft <555 mg/kg; de detectielimiet is dus te hoog om het resultaat te vergelijken met die van de laboratorium analyses).

In de andere drie monsters, de eerder genoemde casing-verpakkingen, is met de XEPOS veel chroom aangetoond (250 tot 3600 mg/kg), terwijl met de ICP-MS en de Niton geen of weinig chroom werd aangetoond. De INAA resultaten bevestigen de aanwezigheid van hoge gehalten aan chroom, zij het dat volgens deze methode de gehalten tussen de 90 en 1100 mg/kg liggen. Zoals al is vermeld, werd het chroom tijdens de destructie voorafgaand aan de ICP-MS analyse niet of onvolledig in oplossing gebracht, waardoor bij de analyse geen chroom werd gevonden. Waarom met de Niton in deze monsters geen of relatief weinig chroom is gemeten, is niet duidelijk.

Van het zwart kunststof schaalpje en de casing-verpakkingen kon niet worden vastgesteld of het chroom al dan niet zeswaardig is.

Er van uitgaande dat, op grond van de screening met de Niton, de niet naar het laboratorium meegenomen monsters geen lood en chroom bevatten, kan worden berekend dat op het totaal aantal onderzochte verpakkingen (357 stuks) zeker 6,5% een te hoog gehalte aan lood en/of chroom bevat⁴⁷. De glazen potten zijn hierbij niet meegeteld (vanwege de aparte bepaling voor glas in de Regeling). Dat geldt ook voor de twee metalen deksels (zeer waarschijnlijk geen zeswaardig chroom), de twee deelmonsters van de bigbag (in de hele bigbag liggen de gehalten aan lood en chroom onder de 100 mg/kg), de roze LDPE zak met opdruk en het zwart kunststof schaalpje (beide twijfelgevallen) en de drie casing-verpakkingen (onzekerheid over de valentie van het chroom). Als de twijfelgevallen en de casing-verpakkingen wel worden meegeteld, komt het percentage op ongeveer 8%.

12.1.4 Som genormeerde metalen en toetsing van de eis uit de Regeling

In deze paragraaf wordt getoetst in hoeverre de gescreende en bemonsterde verpakkingen voldoen aan de eisen voor zware metalen uit de Regeling. Deze toetsing wordt gebaseerd op de in Bijlage 4 gegeven somwaarden. Daarbij moeten de volgende kanttekeningen worden gemaakt:

- In eerste instantie wordt uitgegaan van de ICP-MS gegevens, omdat die het meest betrouwbaar zijn. Echter, voor de casing-verpakkingen wordt uitgegaan van de waarden die met de XEPOS en met INAA zijn bepaald, omdat het chroom in deze monsters bij de destructie voor de ICP-MS analyse niet of onvolledig in oplossing is gebracht.
- Bij de toetsing moet rekening worden gehouden met meetonzekerheden. Voor de resultaten verkregen met ICP-MS geldt dat indien de somwaarde boven de 150 mg/kg ligt met een grote mate van betrouwbaarheid kan worden gesteld dat het monster niet aan de eis uit de Regeling voldoet. Voor de XEPOS en de Niton is het lastiger een hiermee vergelijkbare 'grenswaarde' vast te stellen vanwege de systematische afwijking voor chroom en de invloed van de matrix op de nauwkeurigheid.

- De eis uit de Regeling heeft betrekking op hele verpakkingen of scheidbare delen van verpakkingen. Vier van de bemonsterde verpakkingen zijn gesplitst in niet-scheidbare delen (zie paragraaf 10.3), die elk apart zijn geanalyseerd. Uit de analyses blijkt dat bij twee van deze verpakkingen in geen van de gescheiden delen cadmium, kwik, lood of chroom is aangetroffen. In de twee andere (de puntzakken met een transparant deel en een geel/rood resp. groen deel) werd veel lood en chroom aangetoond in de gekleurde delen. Aangezien deze gekleurde delen op massabasis zeker 20% van de totale verpakking vormen, kan worden berekend dat beide puntzakken niet voldoen aan de eis. Ook de gemeten gehalten in de monsters uit de witte bigbag (zie paragraaf 10.2) moeten worden omgerekend naar gemiddelde waarden over de hele bigbag. Hieruit blijkt dat de som van de gehalten aan lood en chroom naar schatting tussen de 60 en 90 mg/kg ligt, waarmee de bigbag wel voldoet aan de eis.
- De 5 glazen potten voldoen, gelet op de aparte bepaling in de Regeling voor glas, aan de eisen.
- De 2 metalen deksels voldoen zeer waarschijnlijk aan de eis uit de Regeling, aangezien het chroom in deze deksel vermoedelijk niet zeswaardig is.

Dit alles in acht nemend, kan worden geconcludeerd dat op een totaal van 108 verpakkingen of scheidbare delen van verpakkingen⁴⁸ er zeker 27 niet voldoen aan de eis voor zware metalen uit de Regeling. Dit wordt door beide laboratorium analysemethoden bevestigd. Daarnaast zijn er twee twijfelgevallen, waarvoor de som aan cadmium, kwik, lood en (zeswaardig) chroom rond de 100 mg/kg ligt. Dit betreft de roze LDPE zak met opdruk en het zwarte kunststof schaalpje. Vanwege de meetonzekerheden van de methoden en omdat de waardigheid van het chroom in deze monsters niet bekend is, kan niet met voldoende betrouwbaarheid worden vastgesteld of ze voldoen aan de eis voor zware metalen uit de Regeling. Tenslotte behoorden ook drie casing-verpakkingen waarin relatief hoge gehalten aan chroom zijn gevonden (volgens de INAA resultaten 90 tot 1100 mg/kg) tot de twijfelgevallen, omdat niet bekend is in hoeverre het chroom in deze monsters zeswaardig is.

Voor de meeste van deze monsters gaf ook de Niton een somgehalte boven de 100 mg/kg aan, maar in twee gevallen werd met dit instrument minder dan 100 mg/kg gevonden of was de detectielimiet voor chroom te hoog om een uitspraak te kunnen doen. Ook werd, meestal om verklaarbare redenen (zie Bijlage 3), in zes monsters met de Niton een somgehalte boven de 100 mg/kg aangetoond, terwijl dat niet werd bevestigd door de laboratorium analysemethoden. Hier zal in paragraaf 13.3 dieper op worden ingegaan.

Voor wat betreft de samengestelde verpakkingen kan worden geconcludeerd dat in sommige verpakkingen die bestaan uit niet-scheidbare delen het gemiddelde gehalte aan zware metalen in de hele verpakking kan worden gedomineerd door een hoog gehalte in één van de delen. De puntzakken met een transparant deel en een geel/rood resp. groen

⁴⁸ Van de 114 deelmonsters zijn er 11 niet-scheidbare delen van in totaal 5 verpakkingen. De overige 103 deelmonsters zijn hele verpakkingen of scheidbare delen daarvan.

deel zijn hier voorbeelden van. Bij de big bag was dat echter niet het geval. Bij metingen ten behoeve van handhaving van de Regeling zullen dit soort verpakkingen zo goed mogelijk moeten worden gehomogeniseerd om het gemiddelde gehalte aan zware metalen te bepalen. Een alternatieve methode is het gewicht en de samenstelling van elk van de afzonderlijke delen te bepalen en hieruit het gemiddelde gehalte over de hele verpakking te berekenen.

Scheidbare delen van verpakkingen moeten op grond van het beleidsstandpunt van het ministerie van VROM elk afzonderlijk worden geanalyseerd en getoetst. Dit geldt ook voor de screening in het veld. In dit onderzoek is tijdens de screening niet specifiek rekening gehouden met scheidbare verpakkingen, omdat de vraag hiernaar (de vierde doelstelling uit hoofdstuk 9) pas na de screening en bemonstering aan de orde is gekomen. In de toekomst zullen bij handhaving van de Regeling scheidbare delen van verpakkingen wel elk afzonderlijk gescreend moeten worden.

Wat betreft materiaalsoort blijken de 27 verpakkingen of scheidbare delen van verpakkingen die zeker niet aan de eis voldoen te bestaan uit papier (1 monster), PVC of PVC-houdende kunststof (5 monsters), PE (3 monsters) en een niet nader bekende kunststof (18 monsters).

De 27 monsters blijken de volgende kleuren te hebben: rood (4 monsters), oranje (4 monsters), groen (3 monsters), geel (2 monsters), geel/rood (1 monster), groen/wit (1 monster), bruin (3 monsters), blauw (2 monsters, waarvan één met opdruk), wit met opdruk (2 monsters), transparant (4 monsters, waarvan één met opdruk) en meerkleurig (1 monster).

Tenslotte kunnen de monsters ook worden ingedeeld in type verpakking, namelijk zakken (8 monsters), draagtassen (6 monsters), netzakken (3 monsters), etuis (2 monsters), bindstrips (2 monsters), een deksel (1 monster), een hoes (1 monster), een draagband (1 monster), een folie (1 monster), een plaat (1 monster) en een papieren sticker (1 monster).

Deze resultaten komen in grote lijnen overeen met die uit de literatuurstudie, d.w.z. in diverse kunststof verpakkingen komen verhoogde gehalten cadmium, lood en/of chroom voor, maar dit hangt niet structureel samen met een bepaald type of een bepaalde kleur verpakking. Wel blijken hoge concentraties lood en chroom relatief meer voor te komen in gele, rode, oranje en groene verpakkingen, maar soms ook in verpakkingen met andere kleuren. Enkele verpakkingen springen er wat betreft zware metalen uit, namelijk draagtassen, netten en zakken. Opvallend is dat in dit oriënterend onderzoek vooral veel lood en chroom is aangetroffen en relatief weinig cadmium. Uit de literatuurstudie is echter gebleken dat cadmium met name voorkomt in oudere kratten en pallets, die in dit onderzoek niet zijn meegenomen. Verder blijkt ook uit dit onderzoek dat sommige PVC of PVC-houdende verpakkingen cadmium bevatten.

Er van uitgaande dat, op grond van de screening met de Niton, de niet naar het laboratorium meegenomen monsters geen cadmium, kwik, lood en chroom bevatten kan

worden berekend dat op het totaal aantal onderzochte verpakkingen (357 stuks) zeker 7% niet voldoet aan de eis uit de Regeling⁴⁷. De glazen potten, de twee metalen deksels, de twee deelmonsters van de bigbag, de twee twijfelgevallen (roze tas en zwart schaaltje) en de casing-verpakkingen zijn hierbij niet meegenomen. Als de twee twijfelgevallen en de casing-verpakkingen wel worden meegeteld, komt het percentage op ongeveer 8,5%.

12.2 Koper, antimoon en molybdeen

In Bijlage 5 zijn voor elk deelmonster de met de drie methoden gemeten gehalten aan koper, antimoon en molybdeen vermeld. Daarbij zijn, evenals in Bijlage 3, meetwaarden groter dan 100 mg/kg vetgedrukt weergegeven om globaal aan te geven in welke monsters verhoogde gehalten aan koper, molybdeen en antimoon zijn aangetroffen.

Allereerst dient te worden opgemerkt dat de met de XEPOS gemeten gehalten voor elk element systematisch afwijken van de met ICP-MS en INAA gemeten waarden. De reden hiervoor is gegeven bij de beschrijving van de methode in paragraaf 11.2. In paragraaf 13.2 wordt nader op de methodische aspecten ingegaan.

Ten behoeve van de bespreking van de resultaten – in de zin van het vóórkomen van deze elementen in verpakkingen – zijn de met de XEPOS gemeten gehalten gecorrigeerd voor de systematische afwijkingen; de waarden voor koper zijn door ongeveer 1,5 gedeeld en die voor molybdeen en antimoon met resp. 2 en 2,5 vermenigvuldigd.

De toegepaste destructiemethode voor de ICP-MS analyse is minder geschikt voor antimoon; daarom zijn in Bijlage 5 geen ICP-MS resultaten voor antimoon gegeven.

De Niton geeft in enkele gevallen afwijkingen van de beide andere methoden, soms om verklaarbare en soms om onduidelijke redenen. In de nu volgende bespreking wordt daarom zo veel mogelijk van de gecorrigeerde XEPOS en de ICP-MS resultaten uitgegaan.

12.2.1 Koper

In 3 monsters, namelijk twee goudbruin gekleurde kunststof deksels van resp. PP en PS en één goudkleurige kunststof draagtas met opdruk, zijn zeer hoge gehalten aan koper aangetroffen (van 6500 tot 16.000 mg/kg) koper aangetroffen. In 3 andere monsters, een blauwe zak, een blauw/witte folie en een blauwe PE draagtas met opdruk, werd 800 tot 900 mg/kg koper gevonden. In 13 andere kunststof monsters (twee PP, één PE, één kunststof met aluminium coating en de rest onbekend) werd met de ICP-MS tussen de 100 en 500 mg/kg koper gevonden. Daarnaast bleken nog eens 7 monsters (6 kunststof monsters en één bedrukte kartonnen verpakking) rond de 100 mg/kg te bevatten (een aantal daarvan is niet met ICP-MS zijn geanalyseerd; de XEPOS gaf na correctie waarden van rond de 100 mg/kg). Deze monsters betreffen vooral blauwe, groene en veelkleurige verpakkingen of verpakkingen met blauwe of groene opdruk.

Verder is met de XEPOS in de twee metalen deksels koper gevonden in gehalten van, na correctie, rond de 100 resp. 700 mg/kg.

Koper blijkt dus regelmatig voor te komen in kunststof verpakkingen, waarbij zeer hoge gehalten vooral voorkomen in goudachtig gekleurde verpakkingen. Daarnaast komen gehalten tussen 100 en 1000 mg/kg voor in met name blauw- en groengekleurde verpakkingen en verpakkingsonderdelen. In de glazen en kartonnen monsters werd op één uitzondering na geen koper gevonden boven de 50 mg/kg. De resultaten komen in grote lijnen overeen met die uit de literatuurstudie, zij het dat daarin geen specifieke aanwijzingen waren gevonden dat koper veelal in blauw- en groengekleurde verpakkingen voorkomt.

Aangenomen dat, op grond van de screening met de Niton, de niet naar het laboratorium meegenomen monsters geen koper bevatten, kan worden berekend dat op het totaal aantal onderzochte verpakkingen (357 stuks) ongeveer 5% meer dan 100 mg/kg en daarnaast ongeveer 2% rond de 100 mg/kg koper bevat⁴⁷.

12.2.2 Molybdeen

In 3 monsters, namelijk een oranje PE tas met opdruk, een rode zak en een rode netzak (soort kunststof niet bekend) werden gehalten van 500 tot 900 mg/kg molybdeen gevonden. In 4 andere kunststof monsters (een oranje PE folie, een bruine band, een rood deksel en een geel/rood deel van een puntzak) werden gehalten van tussen de 100 en 200 mg/kg molybdeen aangetroffen. De papieren sticker op één van netzakken bleek 140 mg/kg molybdeen te bevatten en de chipszak (kunststof met aluminium coating) een kleine 100 mg/kg. In nog een 5 andere deelmonsters (vaak met een rode of oranje kleur) werd molybdeen aangetoond in gehalten tussen 30 en 100 mg/kg. In één van deze 5 monsters (een oranje netzak) werd met INAA 130 mg/kg molybdeen aangetroffen.

Molybdeen komt dus af en toe voor in kunststof verpakkingen, met name als die rood of oranje gekleurd zijn. In de glazen, metalen en kartonnen monsters werd op één uitzondering na geen molybdeen aangetoond boven de 20 mg/kg. Deze resultaten vormen een bruikbare aanvulling op die van de literatuurstudie, aangezien daarbij zeer weinig gegevens over molybdeen in verpakkingen zijn gevonden. Uit de analyses van het kunststofafval in het huishoudelijk restafval is gebleken dat het gemiddelde gehalte aan molybdeen 2,7 mg/kg bedraagt. Aangezien dit kunststofafval voor meer dan 75% uit verpakkingsafval bestaat, kan daaruit worden afgeleid dat in de meeste verpakkingen geen molybdeen voorkomt en dat de verpakkingen die wel molybdeen bevatten een beperkte bijdrage aan het totaal leveren.

Aangenomen dat, op grond van de screening met de Niton, de niet naar het laboratorium meegenomen monsters geen molybdeen bevatten, kan worden berekend dat op het totaal aantal onderzochte verpakkingen (357 stuks) 1,7% meer dan 100 mg/kg en daarnaast 1,4% tussen de 30 en 100 mg/kg molybdeen bevat⁴⁷.

12.2.3 Antimoon

Twee PET blister verpakkingen (een transparante en een groene) bleken na correctie circa 250 mg/kg antimoon te bevatten. In één andere transparante blisterverpakking (soort kunststof niet bekend) werd eveneens circa 250 mg/kg gevonden. Verder werden in 2 netzakken (een oranje met opdruk en een rode), 2 kunststof deksels (een oranje en een rode) en in 3 andere kunststof monsters (een rode zak en een gele en een oranje tas, beide met opdruk) gehalten tussen de naar schatting 200 en 700 mg/kg aangetroffen. In 6 andere monsters (diverse kleuren; soort kunststof onbekend) werd antimoon aangetoond in gehalten tussen ongeveer 50 en 200 mg/kg. Tenslotte werden in drie van de vier casing-verpakkingen zeer hoge gehalten aan antimoon gevonden, variërend van 1400 tot 6200 mg/kg (gebaseerd op de INAA resultaten). In de overige monsters werd niet of nauwelijks antimoon gevonden.

Antimoon blijkt dus geregeld voor te komen in kunststof verpakkingen, met name als die rood of oranje gekleurd zijn, maar ook in sommige transparante verpakkingen. De resultaten bevestigen de bevinding uit de literatuurstudie dat antimoon vrijwel altijd voorkomt in PET, in gehalten van 100-250 mg/kg. In beide PET monsters werd ongeveer 250 mg/kg gevonden. In de glazen, metalen en kartonnen monsters werd vrijwel geen antimoon aangetoond.

Uit de analyses van het kunststofafval in het huishoudelijk restafval is gebleken dat het gemiddelde gehalte aan antimoon ongeveer 100 mg/kg bedraagt. Dat is hoger dan op grond van de analyses in dit onderzoek verwacht zou worden, waarbij moet worden opgemerkt dat de steekproef in dit onderzoek zeer gering van omvang is. Bekend is dat in bepaalde kunststof producten (geen verpakkingen) zeer hoge concentraties antimoon, toegepast als brandvertrager, kunnen voorkomen. Deze producten leveren, als ze worden afgedankt, een aanzienlijke bijdrage aan het antimoongehalte in het kunststofafval. Hierdoor valt over de gemiddelde bijdrage van antimoon in het kunststof verpakkingsafval geen uitspraak te doen.

Aangenomen dat, op grond van de screening met de Niton, de niet naar het laboratorium meegenomen monsters geen antimoon bevatten, kan worden berekend dat op het totaal aantal onderzochte verpakkingen (357 stuks) 3,4% meer dan 200 mg/kg en daarnaast nog eens 1,7% tussen 50 en 200 mg/kg antimoon bevat⁴⁷.

12.3 Overige elementen

Van de overige milieurelevante elementen die in de verpakkingen zijn aangetroffen worden in dit rapport alleen de belangrijkste resultaten weergegeven. Hiervoor wordt uitsluitend gebruik gemaakt van de resultaten van de metingen met de XEPOS, omdat deze techniek het breedste bereik aan elementen beslaat. In de vorige paragrafen is gebleken dat de resultaten van de XEPOS analyses vaak gecorrigeerd moeten worden. Voor titanium en zink is een indicatieve correctie uitgevoerd, gebaseerd op de INAA

analyses. De correctie is indicatief, omdat het aantal metingen met INAA waarbij voldoende hoge waarden zijn gevonden, gering is. Voor de andere elementen kon geen correctie worden uitgevoerd en daarom zullen de gegevens voornamelijk in ordes van grootte worden uitgedrukt.

Titanium werd in 42 van de 114 deelmonsters aangetroffen in gehalten van 2000 tot 30.000 mg/kg. Zoals ook bleek uit de literatuurstudie, worden hoge gehalten aan titanium vooral aangetroffen in witte verpakkingen, al dan niet met opdruk. Bekend is dat titaniumoxide veelvuldig wordt toegepast om de witte kleur te krijgen. Echter, ook in een aantal gekleurde deelmonsters werd titanium gevonden. Niet uitgesloten wordt dat deze monsters bestaan uit een wit basisproduct waaraan een kleurstof is toegevoegd. Qua type verpakking blijkt titanium vooral voor te komen in draagtassen en hengsels daarvan, folies, zakken en deksels van potten of flessen. Daarnaast is in een enkel geval titanium aangetroffen in een pot, een buisje, een beker en in de papieren sticker van een netzak. Ook de twee metalen deksels bleken titanium te bevatten (10.000-30.000 mg/kg). Opvallend hoge gehalten, van circa 20.000 tot meer dan 30.000 mg/kg, kwamen voor in alle vier de casing-verpakkingen. In de glazen en kartonnen verpakkingen werd geen of weinig titanium gevonden. Het veelvuldig voorkomen van titanium in kunststof verpakkingen komt overeen met de chemische samenstelling van kunststofafval in het huishoudelijk restafval (Beker en Cornelissen, 1999). Daarin werd een gemiddeld gehalte van 4300 mg/kg gevonden.

De drie monsters waarin veel koper werd aangetroffen (twee goudbruin gekleurde deksels van resp. PP en PS kunststof en één goudkleurige kunststof draagtas met opdruk) blijken ook hoge gehalten aan zink te bevatten, namelijk ongeveer 1000-5000 mg/kg. Ook dit stemt overeen met de resultaten van de literatuurstudie. Daaruit bleek dat zink vrijwel altijd voorkomt in PS verpakkingen. In dit onderzoek kon van slechts twee deelmonsters worden vastgesteld dat ze uit PS bestonden. Eén daarvan is het zojuist genoemde goudbruin gekleurde deksel (met circa 1000 mg/kg zink), de ander is een zwarte plaat. In de laatste werd minder dan 100 mg/kg zink gevonden. Veel zink werd aangetroffen in enkele draagtassen en in twee zakjes voor het verpakken kaas en vlees. De gehalten varieerden van 5000 tot 12.000 mg/kg. Daarnaast werd in 15 monsters (met name draagtassen en zakken, maar ook enkele andere) tussen de 100 en 600 mg/kg zink gevonden. Een aantal van deze monsters bevatte PVC. In de glazen, metalen en kartonnen verpakkingen werd geen of weinig zink gevonden. Het gemiddelde gehalte aan zink in kunststofafval in het huishoudelijk restafval bedroeg 350 mg/kg (Beker en Cornelissen, 1999), hetgeen in grote lijnen overeenkomt met de hier gevonden waarden.

In ongeveer 30 van de 114 deelmonsters werd barium aangetoond. Hiertoe behoren alle glazen verpakkingen (5 stuks), 5 PVC-houdende verpakkingen (gekleurd en transparant), een aantal draagtassen, zakken en folies en een enkele pot of deksel. Vooral witte, gele, oranje en rode monsters bleken nogal eens barium te bevatten. Gehalten lagen in de orde van honderd tot enkele duizenden mg/kg. Opvallend was het hoge bariumgehalte in twee

bruin/grijze bindstrips. De XEPOS gaf waarden van resp. 8000 en 113.000 mg/kg. Ook uit de literatuurstudie bleek dat barium geregeld voorkomt in kunststof verpakkingen. In het onderzoek naar de chemische samenstelling van het huishoudelijk restafval is niet op barium geanalyseerd, zodat daar geen vergelijking mee gemaakt kan worden.

Tin werd aangetroffen in beide metalen deksels (enkele duizenden mg/kg) en in alle glazen potten (enkele tientallen mg/kg). Daarnaast bleken 5 van de PVC-houdende verpakkingen (drie transparante blisters, een transparante etui en een zwart deel van een etui) tin te bevatten in gehalten van enkele honderden tot enkele duizenden mg/kg.

Strontium werd aangetoond in alle glazen en de meeste kartonnen verpakkingen, in gehalten van enkele tientallen tot meer dan honderd mg/kg. Daarnaast zijn concentraties van enkele tientallen tot enkele honderden mg/kg aangetoond in een aantal draagtassen (diverse kleuren), een rode kunststof fles en twee zakjes voor het verpakken kaas en vlees. Zeer hoge gehalten (meer dan duizend mg/kg) werden gevonden in de twee bruin/grijze bindstrips die ook veel barium bleken te bevatten.

Tenslotte is in een klein aantal monsters nikkel, kobalt en/of mangaan aangetroffen, overeenkomstig de resultaten van de literatuurstudie. Enkele duizenden mg/kg nikkel werd gevonden in een zwart kunststof schaalpje, dat ook relatief veel chroom (en ijzer) bevatte, en in twee van de vier casing-verpakkingen, namelijk de gele en de crèmekleurige, en een paar honderd mg/kg werd aangetoond in een oranje kunststof deksel. Verder bevatten alle glazen potten enkele tientallen mg/kg nikkel. Kobalt en mangaan zijn aangetoond in de twee metalen deksels (resp. enkele honderden tot meer dan duizend mg/kg). Daarnaast bleek het zwarte kunststof schaalpje en één van de twee PET verpakkingen (een groen bakje) enkele tientallen mg/kg kobalt te bevatten. Tenslotte werd veel (een paar honderd tot een paar duizend mg/kg) mangaan gevonden in de twee eerder genoemde bruin/grijze bindstrips en daarnaast honderd tot enkele honderden mg/kg in de glazen poteen en een aantal draagtassen.

13. Vergelijking meetmethoden

13.1 De genormeerde metalen

In deze paragraaf zullen de resultaten van de verschillende analysemethoden voor de vier genormeerde metalen worden vergeleken. In paragraaf 13.2 volgt een vergelijking van de analyseresultaten voor de andere elementen. Tenslotte zullen in de paragrafen 13.3. en 13.4 de geschiktheid van de Niton als screening instrument en de geschiktheid van de twee laboratorium methoden als analysemethode voor de handhaving onder de loop worden genomen.

In Bijlage 7, Figuren B7.1 t/m B7.3, zijn voor de elementen cadmium, chroom en lood de meetwaarden van de beide XRF analyses uitgezet tegen die van ICP-MS analyse.

Aanvullend zijn in Figuur B7.4 de resultaten van de chroom analyses met de XEPOS en de ICP-MS uitgezet tegen de met INAA gemeten waarden. Om deze figuur overzichtelijk te houden zijn de gegevens van de Niton hier niet in opgenomen; uit Figuur B7.2 blijkt dat deze in de regel goed overeenkomen met die van de ICP-MS analyse. In de figuren zijn meetwaarden beneden de detectielimiet steeds op 0 gesteld. Voor kwik zijn geen grafieken gemaakt, omdat in geen van de deelmonsters kwik is aangetoond.

Op elke set meetwaarden, behalve voor die van kwik, is een regressieberekening uitgevoerd. De resultaten daarvan zijn vermeld in Tabel 6.

Tabel 6. Overzicht van de resultaten van regressieberekeningen ter vergelijking van de analysemethoden

Element	Methode 1 (X)	Methode 2 (Y)	Correlatie-coëfficiënt	Helling	Intercept
Cadmium	ICP-MS	XEPOS	0,999	$0,88 \pm 0,02$	$0,2 \pm 0,5$
Cadmium	ICP-MS	Niton	0,94	$0,46 \pm 0,04$	$1,4 \pm 3,0$
Chroom	ICP-MS	XEPOS	0,97	$2,3 \pm 0,15$	70 ± 120
Chroom	ICP-MS	Niton	0,98	$0,92 \pm 0,04$	-5 ± 35
Chroom	NAA	ICP-MS	0,996	$0,93 \pm 0,07$	110 ± 170
Chroom	NAA	XEPOS	0,91	$2,0 \pm 0,6$	760 ± 1160
Lood	ICP-MS	XEPOS	0,997	$1,01 \pm 0,02$	-10 ± 80
Lood	ICP-MS	Niton	0,95	$1,04 \pm 0,08$	-50 ± 400

In de Figuren B7.2 en B7.4 is een aantal punten met rood aangegeven. Dit betreft afwijkende waarden, die in de regressieberekeningen niet zijn meegenomen. Drie van deze afwijkende waarden hebben betrekking op de casing-verpakkingen, waarvan achteraf is gebleken dat het chroom tijdens de destructie voor de ICP-MS analyse niet in oplossing kon worden gebracht (zie paragraaf 12.1.3). De ICP-MS analyse gaf daardoor waarden rond 0, terwijl met zowel de XEPOS als met INAA tot enkele duizenden mg/kg aan chroom werd gevonden. Daarom zijn deze waarden niet in de regressieberekeningen niet zijn meegenomen. Met de Niton werd in deze casing-verpakkingen overigens veel lagere gehalten aan chroom gevonden. De oorzaak daarvan is niet duidelijk.

Twee andere afwijkende waarden hebben betrekking op de metingen met de Niton. In één van de twee bruin/grijze kunststof bindstrips werd met de Niton veel chroom gevonden en met de beide laboratorium methoden niet. Het omgekeerde geldt voor de bruine band van een hoes voor een picknickdeken. Opvallend is dat in deze monsters het met de Niton gemeten gehalte aan lood en, alleen in de band, cadmium wel overeenkomt met die van de beide laboratorium methoden.

De resultaten uit de Figuren B7.1 t/m B7.4 en Tabel 6 worden hieronder per element besproken.

Cadmium

De meetresultaten van de XEPOS en de ICP-MS voor cadmium komen goed overeen. De helling van de regressielijn voor cadmium bedraagt 0,88 en het intercept verschilt niet significant van 0, hetgeen betekent dat de XEPOS systematisch 12% te lage waarden voor cadmium geeft. Het zij opgemerkt dat de regressielijn grotendeels wordt bepaald door een beperkt aantal meetpunten; in slechts 4 van de deelmonsters werd meer dan 20 mg/kg cadmium gevonden.

In de twee monsters met de hoogste cadmiumgehalten gaf de Niton aanzienlijk lagere waarden dan de beide andere methoden. De reden hiervoor is vermoedelijk de geringe laagdikte van de monsters, beide dunne transparante verpakkingen. Bij één van deze twee werd met de Niton ook een lager gehalte aan lood gemeten. In het enige andere monster met een te hoog gehalte aan cadmium, een bruine band van een hoes, speelde dit probleem niet en werd dan ook geen significant verschil tussen de drie methoden gevonden. Ook in diverse andere onderzoeken is gebleken dat de Niton niet systematisch te lage waarden voor cadmium geeft. Wel zijn er af en toe afwijkingen, maar die blijken soms in te hoge en soms in te lage gehalten te resulteren. De lage helling in Tabel 6 wordt grotendeels bepaald door de twee monsters met hoge cadmiumgehalten. Hier is dan ook vermoedelijk sprake van toeval. Verder blijkt uit de resultaten dat de Niton goed onderscheidend heeft gewerkt bij de selectie van monsters, d.w.z. alle monsters waarin met de Niton meer dan 100 mg/kg cadmium werd gevonden bleken bij de laboratorium analyses ook meer dan 100 mg/kg te bevatten. Ook heeft de screening met de Niton geen vals-negatieve waarden opgeleverd. Wel was voor sommige monsters de detectielimiet te hoog, d.w.z. groter dan 100 mg/kg (zie Bijlage 3), hetgeen selectie bemoeilijkt.

Lood en chroom

De helling en het intercept van de regressielijn voor lood (XEPOS versus ICP-MS) verschillen niet significant van 1 resp. 0, hetgeen betekent beide methoden over het geheel genomen dezelfde resultaten geven. Uit Figuur B7.3 blijkt dat ook de spreiding van de meetpunten rondom de één-op-één lijn klein is.

Voor chroom worden aanzienlijk grotere verschillen gevonden tussen enerzijds de XEPOS en anderzijds ICP-MS en INAA. De laatste twee methoden geven, uitgezonderd de casing-verpakkingen, onderling geen significant verschil en de correlatie tussen de meetwaarden is goed, zeker als in aanmerking wordt genomen dat het aantal meetpunten veel kleiner is dan bij de vergelijking tussen de XEPOS en ICP-MS. De XEPOS blijkt ongeveer 2 maal te hoge waarden te geven, als gevolg van een systematische afwijking die gerelateerd is aan het gebruikte rekenprogramma om het signaal van het instrument te 'vertalen' in een gehalte. Dit probleem kan worden verholpen door een specifiek rekenprogramma voor verpakingsmonsters te ontwikkelen, met behulp van monsters verpakkingen met bekende gehalten aan chroom.

Verder is de spreiding rond de regressielijn voor chroom relatief groot, hetgeen wordt gekenmerkt door de relatief lage correlatiecoëfficiënt en de grote fout in het intercept. Dit geldt voor de vergelijking met zowel ICP-MS als met INAA. De oorzaak van de spreiding moet vooral worden gevonden in verschillen tussen de structuur van de monsters (grootte en vorm van de korrels, hoeveelheid lucht tussen de korrels).

In de meeste monsters blijken de met de Niton gemeten waarden voor chroom en lood redelijk goed overeen te komen met die van de ICP-MS (helling ongeveer 1, intercept niet significant afwijkend van 0), zij het dat zeker voor lood de spreiding relatief groot is.

Verder zijn er bij een aantal monsters aanzienlijke afwijkingen geconstateerd, namelijk:

- de eerder genoemde bruin/grijze kunststof bindstrip en bruine band van een hoes voor een picknickdeken (chromiumgehalte niet goed gemeten met de Niton),
- een rood/groene metalen deksel van een jampot (de Niton gaf een veel hogere waarde voor chroom en een iets hogere waarde voor lood dan de XEPOS),
- een rode metalen deksel, een gele dop van een spuitbus en een transparante blister verpakking (de Niton gaf een relatief veel hogere waarde voor lood dan de andere methoden),
- een wit zakje met opdruk en een blauwe tas met opdruk (de Niton gaf een relatief veel lagere waarde voor lood dan de andere methoden),
- in een aantal monsters die op 3 september 2001 zijn gescreend werd met de Niton steeds lood gevonden; achteraf bleek dit lood afkomstig te zijn van de verflaag van de tafel waarop de metingen hadden plaatsgevonden (zie ook Bijlage 3; deze monsters zijn niet in Figuur B7.3 opgenomen); sindsdien is een dikke metaalvrije plaat meegenomen om screenende metingen uit te voeren; zonder de tafel als ondergrond werd met de Niton in deze monsters geen of weinig lood gevonden.

In de meeste gevallen waren de afwijkingen c.q. de spreiding te verklaren doordat de monsters niet ideaal waren om een optimale meting met de Niton te verrichten, bijvoorbeeld door inhomogeniteiten, het ontbreken van een vlak oppervlak of een onvoldoende dikke laag.

Kwik

Met de XEPOS en de ICP-MS is consistent (nagenoeg) geen kwik gevonden, maar op grond van dit onderzoek kan niet worden vastgesteld of de methoden bij hogere gehalten aan kwik ook goede overeenkomst geven.

Met de Niton werd in 7 deelmonsters kwik aangetoond, in gehalten van 20 tot 180 mg/kg, terwijl met de andere methoden in deze monsters geen kwik werd gevonden (vals-positieve meting van de Niton). De monsters blijken ofwel metalen monsters (de twee deksels) ofwel monsters met een hoog gehalte aan lood en chroom te zijn. In een aantal andere monsters waarin veel lood en chroom voorkomt, geeft de Niton een relatief hoge detectielimiet voor kwik (zie Bijlage 3). In deze monsters is het vals-positief signaal dan wel de hoge detectielimiet voor kwik waarschijnlijk een gevolg van de aanwezigheid van veel lood, waarvan de piek in het röntgenfluorescentiespectrum een kleine overlap heeft met die voor kwik. Doordat de Niton bij de berekening van de gehalten op basis van het gemeten spectrum gebruik maakt van een vast programma met standaard parameters, is hier niet voor te corrigeren. Bij de XEPOS, eveneens een XRF techniek, kan dat wel. Het vals-positief signaal in de metalen deksels is vermoedelijk een artefact, waarvoor echter geen verklaring is gevonden.

Het zij opgemerkt dat een vals-positief signaal voor kwik als gevolg van de aanwezigheid van veel lood bij metingen ten behoeve van handhaving van de Regeling geen probleem geeft, omdat een te hoog gehalte aan lood automatisch inhoudt dat niet wordt voldaan aan de eis voor zware metalen.

13.2 Overige elementen

Hoewel dit onderzoek primair is gericht op de vier genormeerde metalen in de Regeling, worden in deze paragraaf ook de meetresultaten van enkele andere milieurelevante elementen besproken. Het belangrijkste doel hiervan is een beeld te krijgen van de betrouwbaarheid van de met de XEPOS gemeten gehalten aan elementen. Deze data zijn in hoofdstuk 12 immers gebruikt bij de inventarisatie van het voorkomen van bepaalde elementen in kunststof verpakkingen.

De meetgegevens die zijn gebruikt voor de vergelijking van de methoden staan in de Bijlagen 5 en 6. Het gaat om gehalten van de elementen koper, molybdeen, antimoon, chloor, titanium en zink (chroom is al besproken in paragraaf 13.1). Deze elementen zijn gemeten met de XEPOS en met INAA, zij het dat het aantal met INAA geanalyseerde monsters beperkt is tot 14. Verder is aan aantal van deze elementen bepaald met de Niton en/of met ICP-MS. Voor titanium en antimoon werd de destructie voorafgaand aan de ICP-MS analyse niet geschikt geacht. Met name van titanium bleek inderdaad een deel niet in oplossing te worden gebracht. Dit werd aangetoond door van een aantal destruat en het neerslag af te filtreren en het filtraat te screenen met de XEPOS, net zoals dat is gedaan voor de casing-verpakkingen waaruit het chroom niet kon worden gedestruueerd. De ICP-MS meetwaarden voor titanium en antimoon worden daarom niet gebruikt bij

deze methodevergelijking. Het element chloor kan met ICP-MS niet nauwkeurig worden gemeten. Met de Niton kunnen de elementen chloor en titanium niet worden gemeten.

In Bijlage 7, Figuren B7.5 t/m B7.9, zijn de met de verschillende methoden gemeten gehalten aan koper, molybdeen, antimoon, zink en titanium uitgezet. Daarbij is zoveel mogelijk uitgegaan van de ICP-MS als referentiemethode, behalve voor de elementen waarvan geen ICP-MS data beschikbaar zijn. Voor titanium is INAA als referentiemethode gebruikt en voor antimoon de XEPOS (deze keuze is gebaseerd op het grotere aantal monsters dat met de XEPOS is gemeten). De meetwaarden voor chloor zijn niet in een figuur weergegeven, omdat de gehalten in 13 van de 14 monsters zeer laag zijn en één monster zeer hoog.

De resultaten uit de Figuren B7.5 t/m B7.9 en de tabellen in Bijlagen 5 en 6 worden hieronder per element besproken.

Koper

Met de XEPOS worden gemiddeld ongeveer 1,5 maal hogere waarden aan koper gemeten dan met de ICP-MS analyse. De Niton waarden liggen meestal tussen die van de beide andere methoden in, zij het dat de Niton er in een enkel geval ver naast zit, onder meer bij een goudbruine deksel waarin met de Niton geen koper werd gevonden en de beide andere methoden waarden van 8500 resp. 6500 mg/kg gaven. Op deze uitzonderingen na is de correlatie tussen de drie methoden goed te noemen. De monsters die met INAA zijn geanalyseerd bevatten geen tot weinig koper en daarom kan voor dit element geen goede vergelijking worden gemaakt tussen INAA en de andere methoden.

Molybdeen

Voor molybdeen blijkt de XEPOS ongeveer 2 maal lagere waarden te meten dan de ICP-MS; de correlatie tussen deze twee methoden is goed. De Niton daarentegen heeft de neiging het gehalte aan molybdeen te overschatten, met name bij lage concentraties. In een aantal monsters waarin met de andere methoden geen molybdeen werd aangetoond, gaf de Niton een waarde van enkele tientallen mg/kg. Mogelijk betreft dit een artefact van het instrument. Ook in het monster met het hoogste gehalte aan molybdeen (een oranje PE draagtas) gaf de Niton bijna twee maal zo veel aan als de ICP-MS. In één monster gaf de Niton geen molybdeen en de andere methoden wel. De INAA en ICP-MS waarden vertonen onderling een goede correlatie; gemiddeld genomen liggen de INAA data 20% hoger.

Antimoon

De met de XEPOS gemeten antimoongehalten wijken systematisch af van de INAA waarden. Het verschil bedraagt ongeveer een factor 2,5, waarbij de XEPOS de laagste waarden geeft. In de drie monsters met de hoogste antimoongehalten, drie van de vier casing-verpakkingen, geeft de Niton een veel lagere waarde dan de XEPOS en INAA. Dat was ook het geval bij chroom. De reden hiervoor is onduidelijk. De casing-verpakkingen

bestaan uit een dun materiaal, maar bij de screening met de Niton is dit materiaal enige malen dubbelgevouwen om toch voldoende laagdikte te verkrijgen. In de andere monsters werden met de Niton consequent hogere waarden gevonden dan met XEPOS. Uit Figuur B7.7 blijkt dat de Niton waarden rondom de lijn gevormd door de INAA waarden liggen; de spreiding is echter vrij groot.

Zink

Voor zink blijkt de XEPOS weer systematisch te hoge waarden te geven. De afwijking ten opzichte van de ICP-MS waarden bedraagt gemiddeld bijna een factor 2. De INAA waarden komen redelijk goed overeen met die van de ICP-MS, maar de concentraties zink in de voor INAA geselecteerde monsters zijn aan de lage kant, zodat de overeenkomst in Figuur B7.8 niet goed is waar te nemen. Voor de meeste deelmonsters komen de Niton waarden gemiddeld genomen ook redelijk goed overeen met de ICP-MS gegevens, maar in enkele gevallen zijn de verschillen groot. Die verschillen blijken niet gecorreleerd te zijn met bijvoorbeeld een bepaald type kunststof of kleur.

Titanium

Ook de met de XEPOS gemeten titaniumgehalten blijken systematisch af te wijken van de INAA waarden, waarbij de XEPOS in dit geval de hoogste waarden geeft. Het verschil bedraagt ongeveer een factor 3 tot 4. De spreiding is, vergeleken met de resultaten voor andere elementen, aan de hoge kant.

Chloor

Slechts één van de 14 monsters die met INAA zijn geanalyseerd bevat veel chloor, namelijk ruim 25% op gewichtsbasis. De XEPOS waarde voor dit monster was ruim 1,5 maal zo laag (17%). In de andere monsters is met beide methoden consequent relatief weinig chloor aangetroffen (minder dan 0,3%). In dit concentratiegebied is de nauwkeurigheid van beide methoden beperkt, hetgeen de relatief hoge spreiding tussen de met XEPOS en INAA gemeten waarden verklaart.

13.3 Beoordeling van de Niton als screening methode

In paragraaf 12.1.4 is geconcludeerd dat voor de meeste monsters die volgens de andere methoden niet aan de eisen uit de Regeling voldeden, ook de Niton een somgehalte boven de 100 mg/kg aangaf. Echter, in een aantal gevallen week de uitslag van de Niton voor wat betreft de somwaarde af van die van de beide laboratorium analysemethoden.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de overeenkomsten en verschillen tussen de Niton enerzijds en de laboratorium analysemethoden anderzijds:

- In 24 van de 29 deelmonsters⁴⁹ die volgens de metingen met de XEPOS en met ICP-

⁴⁹ Bedoeld worden de 27 verpakkingen of scheidbare delen van verpakkingen die niet voldoen aan de eis uit de Regeling (zie paragraaf 12.1.4) en de twee delen van de bigbag, die elk afzonderlijk ook hoge gehalten aan lood en chroom bevatten.

MS te hoge gehalten aan de vier genormeerde zware metalen bevatten, werden met de Niton ook te hoge gehalten gevonden. Drie van deze 29 deelmonsters zijn niet met de Niton geanalyseerd. In de overige 2 deelmonsters (een wit zakje met opdruk voor de verpakking van vleeswaren en een blauwe draagtas met goudkleurige opdruk) werd met de Niton een somwaarde van ongeveer 80 resp. 70 mg/kg gevonden, waar de ICP-MS op resp. 420 en 180 mg/kg kwam.

- In de twee twijfelgevallen, namelijk de roze LDPE zak met opdruk en het zwarte kunststof schaalpje, waarin met de XEPOS en de ICP-MS somwaarden rondom de 100 mg/kg werden gevonden, gaf de Niton in één geval ook een somwaarde van rond de 100 mg/kg terwijl in het andere geval was de detectielimiet voor chroom hoger was dan 100 mg/kg. Beide resultaten waren bij de screening in het veld aanleiding om het monster mee te nemen voor nadere analyse.
- In de drie casing-verpakkingen waarin chroomgehalten zijn gevonden van ongeveer 100 tot 1100 mg/kg (op basis van de INAA analyses), werd met de Niton ofwel een veel lager gehalte gevonden ofwel was de detectielimiet voor chroom te hoog. Ook voor deze monsters geldt dat de resultaten bij de screening in het veld voldoende aanleiding gaven om de monsters mee te nemen voor nadere analyse.
- In 6 deelmonsters werd met de Niton onterecht een somwaarde gevonden van meer dan 100 mg/kg. In 4 van deze 6 gevallen was de oorzaak daarvan de aanwezigheid van lood in de verflaag van de tafel waarop de metingen hadden plaatsgevonden (zie Bijlage 3). Zonder deze tafel als ondergrond bleek de Niton in deze monsters geen of weinig lood te vinden. Sindsdien is een dikke metaalvrije plaat meegenomen om screenende metingen uit te voeren, zodat ondergrondeffecten werden weggenomen. In één ander geval (een gele kunststof dop van een spuitbus) werd om onduidelijke redenen veel lood gemeten met de Niton, terwijl de laboratorium analyses een gehalte van minder dan 1 mg/kg gaven. Ook bij de later opnieuw verrichte meting met de Niton werd een te hoog gehalte aan lood gevonden. Tenslotte werd in een transparante PVC-houdende blisterverpakking met de Niton ruim 100 mg/kg lood gevonden en met de laboratorium methoden minder dan 5 mg/kg. Mogelijk is bij de screening een deel van het product (de tandenborstel) meegeanalyseerd.
- Bij een groot aantal monsters bleek de detectielimiet van de Niton voor chroom hoger te zijn dan 100 mg/kg. Tijdens de screening in het veld wordt dit niet altijd waargenomen, aangezien elementen waarvan het gehalte beneden de detectielimiet ligt meestal niet op het display van het instrument verschijnen. Dit betekent dat er een kans bestaat dat in monsters met een chroomgehalte van ongeveer 100 mg/kg of iets daarboven met de Niton onterecht geen chroom wordt aangetoond (vals-negatief signaal). De praktijk wijst echter uit dat in de meeste monsters waar chroom in voorkomt de Niton een signaal geeft, tot een ondergrens van ongeveer 150 mg/kg, en dat aan de andere kant de meeste monsters waarvoor de Niton geen signaal voor chroom geeft (ook al wordt daarbij door het instrument een hoge detectielimiet aangegeven) daadwerkelijk weinig of geen chroom bevatten.
- In paragraaf 13.1 is aangegeven dat in een aantal monsters met de Niton een vals-positief signaal voor kwik werd gevonden. Deze monsters blijken, voor zover het

kunststof verpakkingen betreft, consequent veel lood en chroom te bevatten. Bij controle ten behoeve van handhaving van de Regeling verpakkingen en verpakkingssafval vormt dit vals-positief signaal voor kwik geen probleem, omdat deze monsters vanwege hun hoge lood- en chroomgehalte toch al niet voldoen aan de norm voor zware metalen en dus meegenomen worden voor nadere analyse in het lab.

- Voor het screenen van metalen verpakkingen en verpakkingsmaterialen lijkt de Niton minder geschikt. Hoewel in dit onderzoek slechts twee metalen deksels zijn gescreend en er op grond daarvan dus geen harde conclusies kunnen worden getrokken, zijn de resultaten voor bijvoorbeeld kwik (sterk vals-positief signaal) en chroom (grote afwijking) ongunstig.

Samengevat kan worden gesteld dat bij gebruik van de Niton voor het screenen van verpakkingen een kleine kans bestaat op vals-negatieve uitslagen, d.w.z. de Niton meet een gehalte van minder dan 100 mg/kg (als somwaarde), terwijl het monster meer dan 100 mg/kg bevat. In dit onderzoek is dat twee maal voorgekomen, namelijk bij het witte zakje met opdruk voor de verpakking van vleeswaren en de blauwe draagtas met goudkleurige opdruk. Het zij vermeld dat deze monsters tijdens de screening toch geselecteerd zijn op grond van de met de Niton gemeten somwaarden (resp. 80 en 70 mg/kg), omdat de waarden maar net onder de 100 mg/kg lagen. Dergelijke twijfelgevallen worden als mogelijk verdacht beschouwd en daarom toch meegenomen voor nadere analyse.

Ook is er soms sprake van een vals-positieve uitslag, zodat een monster 'onterecht' wordt meegenomen voor nadere analyse. Wat dit betreft zou er een probleem kunnen ontstaan als veel monsters een vals-positieve uitslag zouden geven, omdat er dan onnodig veel laboratorium analyses zouden moeten worden verricht. In de praktijk blijkt het aantal vals-positieve uitslagen echter gering te zijn.

De risico's op vals-negatieve en vals-positieve uitslagen zijn dus acceptabel indien deze worden afgezet tegen de efficiëntiewinst waarmee dankzij de screening verdachte monsters in het veld worden geselecteerd. Per slot van rekening hoefde dankzij de metingen met de Niton circa 75% van de gescreende monsters niet op het laboratorium te worden geanalyseerd.

Uit het voorafgaande kan de conclusie worden getrokken dat de Niton in principe een geschikt instrument is om in het veld kunststof verpakkingen en verpakkingsmaterialen te screenen op de in de Regeling genormeerde metalen.

Het probleem met de verflaag in de tafel die als ondergrond is gebruikt leert dat het van groot belang is de screening zo storingsvrij mogelijk uit te voeren. Dat geldt ook voor de screening van dunne verpakkingen, waarbij het verpakte product de meting kan beïnvloeden. Een voorbeeld hiervan is de transparante blisterverpakking van een scartstekker. In het veld werd veel lood en koper aangetoond, omdat het venster van de Niton was gericht op een deel van de verpakking waaronder zich de stekker bevond. Bij een later in het laboratorium uitgevoerde meting met de Niton (zie Bijlage 3) is het venster gezet op een ander deel van de verpakking, waarbij een invloed van de stekker zo goed

mogelijk werd vermeden. Daarbij werden geen lood en koper aangetroffen. De ervaringen met dit soort problemen zullen in de toekomst worden gebruikt om metingen met de Niton optimaal uit te voeren. Zo wordt voortaan bij het screenen van 'dunne' monsters een metaalvrije kunststof plaat gebruikt als ondergrond.

13.4 Beoordeling van XRF en ICP-MS als standaard methode voor handhaving van de Regeling

Eén van de doelstellingen van dit onderzoek is een geschikte methode te vinden die gebruikt kan worden ter ondersteuning van de handhaving van de Regeling. Aspecten die daarbij van belang zijn, zijn de betrouwbaarheid, nauwkeurigheid en een voldoende lage detectielimiet, maar ook de efficiëntie en kosten. In deze paragraaf zullen de voor- en nadelen van de twee methoden die in dit onderzoek zijn gebruikt tegen elkaar worden afgezet.

De voordelen van ICP-MS zijn, voor de meeste elementen waaronder in ieder geval de vier in de Regeling genormeerde zware metalen, een grote betrouwbaarheid en nauwkeurigheid en een lage tot zeer lage detectielimiet. Ook kan in één analyserun een groot aantal elementen tegelijk worden bepaald. Nadeel is dat de methode nogal arbeidsintensief is (monstervoorbewerking en uitvoering van de destructie) en dus hoge kosten met zich meebrengt. Verder is in dit onderzoek gebleken dat bij sommige monsters tijdens de destructie niet alle metalen in oplossing worden gebracht. Bovendien is de hier toegepaste destructie niet geschikt voor antimoon en titanium. Bekend is dat bij andere destructiemethoden andere elementen problemen kunnen geven.

De voordelen van de XEPOS zijn de relatief snelle uitvoering van de meting (de monstervoorbewerking kost meer tijd, maar die is bij een ICP-MS analyse ook nodig) en een voldoende lage detectielimiet voor de meeste elementen, in ieder geval de vier genormeerde uit de Regeling. Ook kan een breed scala aan elementen worden gemeten, inclusief alle milieurelevante zware metalen. Een nadeel van dit instrument is dat de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van een meting afhangt van de structuur van het monster. Verder is gebleken dat de XEPOS voor de meeste elementen systematische afwijkingen geeft ten opzichte van andere methoden. De reden hiervoor is dat in dit onderzoek gebruik is gemaakt van een rekenprogramma van het instrument dat is gebaseerd op een kalibratie met bodemonsters. Het is echter mogelijk een ander rekenprogramma te ontwikkelen, gebaseerd op standaarden (in dit geval kunststof monsters) met bekende gehalten aan zware metalen. Het was niet mogelijk om voor dit onderzoek zulke standaarden te verkrijgen. Indien de XEPOS in de toekomst zal worden gebruikt voor handhaving van de Regeling, kan een dergelijk rekenprogramma ontwikkeld worden. Ook kan worden gestreefd naar een optimale, meer uniforme vorm, waarin de monsters aan het instrument worden aangeboden. In het onderzoek van De Brucker *et al.* (2001) werd bijvoorbeeld van elk monster een dichtgepakte pallet gemaakt. Naar verwachting zullen na optimalisering van de methode de systematische afwijkingen

niet meer optreden of in ieder geval sterk worden verminderd. Dit vergt echter wel enige investering in verdere ontwikkeling van de methode.

Behalve de XEPOS zouden ook andere lab XRF instrumenten kunnen worden gebruikt voor handhaving van de Regeling. Er bestaan verscheidene soorten laboratorium XRF instrumenten, geavanceerder dan de XEPOS, waarmee betrouwbaarder, nauwkeuriger en met een lagere detectielimiet kan worden gemeten. Dit soort instrumenten zijn onder meer gebruikt in de onderzoeken van Andreasen *et al.* (1997) en De Brucker *et al.* (2001).

Kortom, XRF is in algemene zin een uitstekende techniek voor het uitvoeren van analyses voor handhaving van de Regeling verpakkingen en ook van andere wet- en regelgeving op milieugebied. Recent onderzoek bij het RIVM heeft uitgewezen dat, indien er van een kunststof monster een homogeen plaatje geperst kan worden, het gehalte aan cadmium kwantitatief kan worden bepaald middels de XEPOS volgens de voorwaarden gesteld in het Cadmiumbesluit 2000.

Het vaststellen van elementgehalten in niet-homogene kunststof verpakkingsmaterialen blijft een probleem. Deels kan dit worden opgelost door een representatief deel van dergelijke monsters te vernalen en hieruit een submonster te nemen voor analyse.

Een ander aspect dat van belang is voor handhaving van de Regeling is de gewenste nauwkeurigheid waaraan een bepaling van de gehalten aan de 4 zware metalen moet voldoen om 'juridisch' vast te stellen of de norm is overschreden. Kortom, er zou moeten worden vastgesteld wat de aantoonbaarheidsgrens en nauwkeurigheid per element moeten zijn om tot een reële uitspraak te kunnen komen of de som van de gehalten van de vier genormeerde elementen in een verpakking is overschreden. In de huidige Regeling zijn daarvoor geen eisen opgenomen.

14. Conclusies en aanbevelingen oriënterend handhavingsonderzoek

14.1 Conclusies

De belangrijkste conclusies uit fase 2 van deze studie zijn:

- In grote lijnen komen de resultaten van dit onderzoek qua samenstelling van kunststof verpakkingen en verpakkingsmaterialen overeen met die van de literatuurstudie, d.w.z. kwik wordt (nagenoeg) niet in kunststof verpakkingen aangetroffen en cadmium, lood en chroom komen in diverse kunststof verpakkingen in verhoogde gehalten voor. Hoge tot zeer hoge concentraties lood en chroom komen relatief meer voor in gele, rode, oranje en groene verpakkingen, maar soms ook in verpakkingen met andere kleuren. In de meeste verpakkingen wordt een nagenoeg vaste verhouding tussen chroom en lood gevonden van 1 op 4 á 5 op gewichtsbasis, hetgeen wijst op gebruik van loodchromaathoudende kleurstoffen (en dus zeswaardig chroom).
- Enkele verpakkingen springen er wat betreft de overschrijding van de norm voor zware metalen uit, namelijk draagtassen, netten en zakken, wederom conform de resultaten van de literatuurstudie. Opvallend is dat in dit oriënterend onderzoek vooral veel lood en chroom is aangetroffen en relatief weinig cadmium. Uit de literatuurstudie is echter gebleken dat cadmium met name voorkomt in oudere kratten en pallets, die in dit onderzoek niet zijn meegenomen. Verder blijkt ook uit dit onderzoek dat sommige PVC of PVC-houdende verpakkingen te veel cadmium bevatten. De verhoogde gehalten aan cadmium, lood en chroom zijn echter niet specifiek gecorreleerd aan een bepaald type kunststof.
- Ook voor andere elementen komen de resultaten in grote lijnen overeen met die van de literatuurstudie. Koper, zink, barium en titanium blijken dus regelmatig tot zelfs veel voor te komen in kunststof verpakkingen. Zeer hoge gehalten koper en zink zijn aangetroffen in goudachtig gekleurde verpakkingen. Daarnaast komt koper voor in met name blauw- en groengekleurde verpakkingen en verpakkingsonderdelen. Titanium wordt vooral aangetroffen in witte verpakkingen. Barium en zink komen in diverse soorten verpakkingen voor; draagtassen en zakken springen daarbij het meest in het oog. Ook antimoon blijkt geregeld voor te komen in kunststof verpakkingen, met name als die rood of oranje gekleurd zijn, maar ook in sommige transparante verpakkingen. De resultaten van dit onderzoek bevestigen de bevinding uit de literatuurstudie dat PET verpakkingen vrijwel altijd antimoon bevatten. Molybdeen blijkt af en toe voor te komen in kunststof verpakkingen, met name als die rood of oranje gekleurd zijn. Tin werd in een aantal PVC-houdende verpakkingen (meestal transparante) gevonden. Tenslotte zijn in dit onderzoek in een klein aantal kunststof verpakkingen de elementen strontium, nikkel, mangaan en kobalt aangetoond.
- Van de in dit onderzoek geanalyseerde verpakkingen of scheidbare delen van verpakkingen, in totaal 108, voldoen 27 verpakkingen niet aan de eis voor zware

metalen uit de Regeling. Daarnaast zijn er twee twijfelgevallen, waarvoor de som aan cadmium, kwik, lood en (zeswaardig) chroom rond de 100 mg/kg ligt en waarvan niet met voldoende betrouwbaarheid kan worden vastgesteld of ze aan de eis voldoen. Tenslotte zijn er nog drie twijfelgevallen, namelijk verpakkingen waarin te veel chroom is gevonden maar waarvan niet bekend is in hoeverre dit chroom zeswaardig is. Op het totaal aantal gescreende verpakkingen (357 stuks) voldoet minimaal 7% niet aan de eis uit de Regeling. Als de twijfelgevallen worden meegeteld, komt het percentage op ongeveer 8,5%..

- In sommige verpakkingen die bestaan uit niet-scheidbare delen blijkt het gemiddelde gehalte aan zware metalen in de hele verpakking te worden gedomineerd door een hoog gehalte in één van de delen. Bij metingen ten behoeve van handhaving van de Regeling zullen dit soort verpakkingen zo goed mogelijk moeten worden gehomogeniseerd om het gemiddelde gehalte aan zware metalen te bepalen. Een alternatieve methode is het gewicht en de samenstelling van elk van de afzonderlijke delen te bepalen en hieruit het gemiddelde gehalte over de hele verpakking te berekenen. Scheidbare delen van verpakkingen moeten op grond van het beleidsstandpunt van het ministerie van VROM elk afzonderlijk worden geanalyseerd en getoetst. Dit geldt ook voor de screening in het veld.
- Een klein deel van de monsters die in dit onderzoek zijn geanalyseerd bestond uit de materialen glas, papier en karton en metaal (ijzer). Voor wat betreft de glazen en papieren/kartonnen verpakkingen bevestigden de analyseresultaten in grote lijnen die van de literatuurstudie.
- De Niton is in principe geschikt als screening instrument voor de selectie van verdachte kunststof verpakkingen en verpakkingsmaterialen in het veld. Weliswaar is in dit onderzoek gebleken dat er in een klein aantal gevallen sprake is van een vals-negatieve of vals-positieve uitslag, maar het risico hierop is acceptabel indien dit wordt afgezet tegen de efficiëntiewinst waarmee dankzij de screening verdachte monsters in het veld worden geselecteerd. Dankzij de screening hoefde namelijk circa 75% van de gescreende monsters niet op het laboratorium te worden geanalyseerd. Wel moet men bij het gebruik van de Niton attent zijn op mogelijk storende invloeden van bijvoorbeeld een ondergrond of het product dat zich in de verpakking bevindt.
- XRF is een geschikte methode voor handhaving van de Regeling. De techniek is efficiënt, beslaat een breed scala aan elementen (waaronder de vier genormeerde zware metalen) en de detectielimiet en nauwkeurigheid zijn voldoende, mits de te analyseren monsters op de juiste wijze worden voorbereid (homogeniseren, fijnmalen en compact maken) en mits een adequaat rekenprogramma wordt gebruikt, gebaseerd op standaarden (in dit geval kunststof monsters) met bekende gehalten aan zware metalen.
- Ook ICP-MS kan worden ingezet als analysetechniek inzake de Regeling Verpakkingen. Deze methode voldoet eveneens aan de eisen voor detectiegrenzen en nauwkeurigheid en beslaat ook een breed scala aan elementen, waaronder de vier genormeerde zware metalen. Nadelen zijn dat de monstervoorbewerking (ontsluiting) bewerkelijk en daardoor kostbaar is en dat bij onvolledige destructie elementen (ook

de genormeerde zware metalen) in het residue aanwezig kunnen zijn, waardoor een te laag gehalte wordt gemeten. Indien bij ontsluiting een residue ontstaat, kan dit worden onderzocht met bv. XRF, maar dat kost weer tijd.

- Instrumentele Neutronen Activerings Analyse kan dienen als referentiemethode voor analyses inzake de Regeling Verpakkingen. Ook voor deze techniek moeten monsters goed gehomogeniseerd worden aangeboden aan het instrument. Nadelen zijn dat lood niet kan worden bepaald en dat de wachttijden voor analyses relatief lang zijn (in Nederland bestaan er maar twee INAA instrumenten).

14.2 Aanbevelingen

- Aanbevolen wordt om bij de handhaving van de Regeling de prioriteit te leggen bij die soorten verpakkingen, die volgens dit onderzoek niet aan de eis voor zware metalen voldoen. Dat zijn met name zakken, draagtassen en netjes. Daarnaast zullen ook steekproefsgewijs andere kunststof verpakkingen onderzocht moeten worden. Qua kleur verdienen vooral rode, oranje, gele en groene verpakkingen of delen van verpakkingen nadere aandacht.
- De in dit onderzoek gehanteerde strategie, waarbij gebruik wordt gemaakt van de Niton als screening instrument om verdachte monsters in het veld te selecteren, kan ook bij vervolgonderzoek ten behoeve van handhaving van de Regeling worden gebruikt.
- Indien de XEPOS van het RIVM ingezet moet worden voor kwantitatieve analyse van de vier genormeerde elementen in verpakkingsmateriaal, dienen de monster-voorbewerking en de analysemethode (rekenprogramma) te worden geoptimaliseerd. Naar verwachting zullen de gehalten aan lood, kwik, chroom en cadmium in kunststof verpakkingen dan met voldoende nauwkeurigheid en betrouwbaarheid bepaald kunnen worden. Voor m.n. golflengte-dispersieve XRF-apparatuur is wellicht een commercieel verkrijgbaar (semi) kwantitatief meetprogramma zoals Uniquant toereikend voor bovengenoemd doel.
- Het is wenselijk dat wordt vastgesteld wat de aantoonbaarheidsgrens en nauwkeurigheid per element moeten zijn om tot een reële en 'juridisch' houdbare uitspraak te kunnen komen of de som van de gehalten van de 4 genormeerde elementen in een verpakking is overschreden.

Referenties

- Alam M.S., Srivastava S.P. and Seth P.K. (1988) Factors influencing the leaching of heavy metals from plastic materials used in the packaging of food and biomedical devices. *Indian J. Environ. Health*, 30, 131-141.
- Andreasen H., Bernth N., Kristensen I. and Jensen P.H. (1997) Survey of the Content of Heavy Metal in Packagings on the Danish Market. Environmental project no. 349, Ministry of Environment and Energy, Danish Environmental Protection Agency, Denmark.
- Ansems A.M.M. (1991a) Strategiedocument deelproject ferro verpakking. TNO Milieu en Energie rapport 90-404. TNO, Apeldoorn.
- Ansems A.M.M. (1991b) Strategiedocument deelproject aluminium verpakking. TNO Milieu en Energie rapport 90-414. TNO, Apeldoorn.
- Ansems A. en Nielen R. (1990) Analysedocument blikverpakkingen (ferro). TNO-MT rapport 90-412. TNO, Apeldoorn.
- Beker D. en Cornelissen A.A.J. (1999) Chemische analyse van huishoudelijk afval. Resultaten 1994 en 1995. RIVM rapport 776221002, RIVM, Bilthoven.
- Bertrand C.M. and Wagner J.P. (1997) Evaluation of toxic emissions and residues from the controlled combustion of selected foamed plastics. *Polym.-Plast. Technol. Eng.*, 36, 67-88.
- Bode P., de Bruin M., Aalbers Th.G. and Meyer P.J. (1990) Plastics from household waste as a source of heavy metal pollution. An inventory study using INAA as the analytical technique. *Biol. Trace Elem. Res.*, 26-27, 377-383.
- Brahms E., Eder G. en Greiner B. (1989) Papier – Kunststoff – Verpackungen, Eine Mengen- und Schadstoffbetrachtung. Berichte 1/89. Umwelts Bundes Amt, Berlin, Duitsland.
- Brunnhöfer K., Beck B. en Sedy H. (1999) Schwermetalle in Lebensmittelverpackungen. Bericht für die Kommission der Europäischen Gemeinschaften. Project 1999/10487. Verein für Konsumenteninformation, Wien, Oostenrijk.
- Buijze A. (1996) Onderzoek naar de samenstelling van kantoor-, winkel- en dienstenafval uit de binnenstad van Breda. RIVM rapport 776201023, RIVM, Bilthoven.
- Buijze A. en Otte P.F. (1994a) Onderzoek naar het aandeel verpakkingen in gescheiden ingezameld papier en karton uit Nederlandse huishoudens. RIVM rapport 776201013, RIVM, Bilthoven.
- Buijze A. en Otte P.F. (1994b) Onderzoek naar de samenstelling van gescheiden ingezameld glas uit de glasbak. RIVM rapport 776201015, RIVM, Bilthoven.
- Castle L., Offen C.P., Baxter M.J. and Gilbert J. (1997) Migration studies from paper and board food packaging materials. 1. Compositional analysis. *Food Addit. Contam.*, 14, 35-44.
- CEN (2000) Packaging-requirements for measuring and verifying the four heavy metals and other dangerous substances present in packaging and release into the environment

- Part 1. requirements for measuring and verifying the four heavy metals present in packaging. Report no. CR13695-1. Comité Européen de Normalisation, Brussel, België.
- Commissie Verpakkingen (1999) Jaarverslag 1998. Commissie Verpakkingen, Utrecht.
- Commissie Verpakkingen (2000) Jaarverslag 1999. Commissie Verpakkingen, Utrecht.
- Consumentenbond (1996) Met lelijke badeendjes loopt het niet goed af: Zware metalen in kunststof. Consumentengids, 10, nr.10, 640-643.
- Consumentenbond (1998) Weer veel voedsel in jasje van PVC. Consumentengids, 12, nr.12, 62-64.
- Conti M.E. (1997) The content of heavy metals in food packaging paper boards: an atomic absorption spectroscopy investigation. Food Research International, 30, 343-348.
- Cornelissen A.A.J. en Beker D. (1996) Fysisch onderzoek naar de samenstelling van het Nederlandse huishoudelijk afval. Resultaten 1995. RIVM rapport 776221001, RIVM, Bilthoven.
- Cornelissen A.A.J. en Beker D. (1998) Onderzoek naar de fysische samenstelling van het Nederlandse huishoudelijk afval. Resultaten 1996. RIVM rapport 776221003, RIVM, Bilthoven.
- Cornelissen A.A.J. en Beker D. (2000) Onderzoek naar de fysische samenstelling van het Nederlandse huishoudelijk afval. Resultaten 1997. RIVM rapport 776221004, RIVM, Bilthoven.
- Cuperus A.J. en Straathof H. (1994) Afvalstromen in de veehouderij; 2 onderzoeksverslagen. Informatie en Kennis Centrum Veehouderij IKC, Ede.
- Dael K.van, Nagelhout D., Geurts O.P., Miedema H.J. en Vorrink J. (1997) Afvalverwerking in Nederland; gegevens 1997. RIVM rapport 776204002. RIVM, Bilthoven.
- Damman J. (1993) Oriënteer je goed op de Duitse verpakkingsverordening. VMT, 9, 24-26.
- Danz M.A. en Steenhuizen F.W. (1993) De verwijdering van eenmalig glas in Amsterdam. Consultancy and Research for Environmental Management (CREM), Amsterdam.
- De Brucker N., Theunis J., Timmermans V., Tirez K., van Holderbeke M. en Vanhoof C. (2001) Heavy metals in packaging on the Belgian market. Report no. 2001/MIM/R/110. VITO, Mol, België.
- Derra R. (1996) Karton aus recyclierten Fasern für Lebensmittelverpackungen. Wochenblatt für Papierfab., 5, 195-197.
- EC (1998) Decorated glass, several European companies involved in the decorated glass industry. European Packaging Directive 94/62. Brussel, België.
- EC (1999) Heavy metals and recycling of glass. PROYMASA. European Commission DG XI-E3. Brussel, België.
- Fordham P.J., Gramshaw J.W., Crews H.M. and Castle L. (1995) Element residues in food contact plastics and their migration into food simulants, measured by inductively-coupled plasma-mass spectrometry. Food Addit. Contam, 12, 651-669.
- Garrido N.S., Pregnotatto P.N., Murata L.T.F., Da Silva M.R., Nunes M.C.D., Antunes

- J.L.P. and Tiglea P. (1991) Evaluation of arsenic, lead and cadmium levels in pigments and colors used in food packages, for the period 1982-1989. Rev. Inst. Adolfo Lutz, 51, 63-68.
- Griebenow W., Werthmann B. and Schwarz B. (1985) Über die Cadmiumgehalte von papieren zur Lebensmittelverpackung und im Haushaltsbereich. Papier, 39, 105-109.
- Hanemaayer A.H. en Joosten J.M. (1996) Analyse verpakkingsafval in 1995 ter monitoring van het Convenant Verpakkingen. RIVM rapport 776205003. RIVM, Bilthoven.
- Hanemaayer A.H. en Joosten J.M. (1998) Analyse verpakkingsafval in 1996 ter monitoring van het Convenant Verpakkingen. RIVM rapport 771801001. RIVM, Bilthoven.
- Hartman H., de Rooij K. en Toth J.C. (1995) Verpakkingsafval uit de industrie en de KWD-sector. Meting 1994. Motivaction bureau voor onderzoek en strategieontwikkeling, Amsterdam.
- Hartman H., de Rooij K. en Toth J.C. (1996) Verpakkingsafval uit de industrie en de KWD-sector. Meting 1995. Motivaction bureau voor onderzoek en strategieontwikkeling, Amsterdam.
- Hartman H., de Rooij K. en Toth J.C. (1997) Verpakkingsafval uit de industrie en de KWD-sector. Meting 1996. Motivaction bureau voor onderzoek en strategieontwikkeling, Amsterdam.
- Joosten J.M. (1998) Analyse verpakkingsafval in 1997 ter monitoring van het Convenant Verpakkingen I. RIVM rapport 771801002. RIVM, Bilthoven.
- Kristensen I. (1998) Heavy Metals in Packagings, Check Analyses – 1998. Working Report no. 3 2000, Danish Environmental Protection Agency, Denmark.
- Kristensen I. (1999) Heavy Metals in Packagings, Check Analyses – 1999. Working Report no. 8 2000, Danish Environmental Protection Agency, Denmark.
- Landsberger S. and Chichester D.L. (1995) Characterisation of household plastics for heavy metals using Neutron Activation Analysis. J. Radioanal. Nucl. Chem., 192, 289-297.
- Maetis Consultancy BV (1996) Zware metalen in drukinkten. Eindrapport van een onderzoek, uitgevoerd in opdracht van het ministerie van VROM, Den Haag.
- Meijer P.J., Aalbers Th.G. en Masereeuw P. Herhalings- en vervolgonderzoek naar cadmium, kwik, chroom en andere metalen in kunststof producten. RIVM rapport 738713002, RIVM, Bilthoven.
- Mennen M.G., van de Beek A.C.W., Ritsema R. en Fortezza F. (2000) Rapportage cadmium bepalingen in EK premiums. Briefrapport RIVM/IEM 304/00. RIVM, Bilthoven.
- Mennen M.G., van de Beek A.C.W. en van Dijk J. (2001) Rapportage gehalte aan zware metalen in 4 draagtassen. Briefrapport RIVM/IEM 359/01. RIVM, Bilthoven.
- Monitoringinstituut Convenant Verpakkingen (1999) Monitoring Convenant Verpakkingen Ie. Resultaten 1998. Monitoringinstituut Convenant Verpakkingen en RIVM, Bilthoven.
- Monitoringinstituut Convenant Verpakkingen (2000) Monitoring Convenant

- Verpakkingen II. Resultaten 1999. Monitoringinstituut Convenant Verpakkingen en RIVM, Bilthoven.
- Murphy J. (1999) Additives and the environment: what legislation affects you. *Plast. Addit. Compd.*, 1, 24-30.
- NMC (1992) Verpakking van afval tot grondstof. Congres over de praktijk van het verpakkingconvenant. Stichting Nationaal Milieucentrum, NMC, Amsterdam.
- NOVEM (1997) Het ontwikkelen van een milieuvriendelijker vacuümverpakking voor consumptiegoederen. Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen, Rapport nr. NOH 9702. Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu, Utrecht. RIVM, Bilthoven. Sara Lee/D.E., Utrecht
- Otte P.F. (1994) Analyse van metalen en calorische waarde in componenten uit huishoudelijk afval, 1988-1992. RIVM rapport 776201012. RIVM, Bilthoven.
- Otte P.F. (1995) Onderzoek naar het aandeel verpakkingen in gescheiden ingezameld papier en karton uit Nederlandse huishoudens 1994. RIVM rapport 776201020. RIVM, Bilthoven.
- Rijsdorp I., Guinee J. en Huppes G. (1989) Milieueffecten van huishoudelijke verpakkingen. Deel 1: Hoofdrapport. Deel 2: Bijlagen. CML mededelingen 59. Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden.
- RIVM (1996) Groothandels Afval Preventie (GAP) Project. Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen, Rapport nr. NOH 9617. RIVM, Bilthoven. Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu, Utrecht.
- Ros J.P.M. en Slooff W. (eds.) (1988) Integrated criteria document cadmium. RIVM rapport 758476004. RIVM, Bilthoven.
- SKB (2000) Blikdossier, feiten en cijfers over de kringloop van blik. Stichting Kringloop Blik, Zoetermeer.
- Slooff W., Bont P.F.H., Hesse J.M. en Annema J.A. (1993) Exploratory report Tin and tin compounds. RIVM rapport 710401027. RIVM, Bilthoven.
- Slooff W., Bont P.F.H., Hesse J.M. en Loos B. (1992) Exploratory report Antimony and Antimony compounds. RIVM rapport 710401020. RIVM, Bilthoven.
- Slooff W., Bont P.F.H., Janus J.A. en Loos B. (eds.) (1992) Exploratory report nickel and nickel compounds. RIVM rapport 710401017. RIVM, Bilthoven.
- Slooff W., van Beelen P., Annema J.A. en Janus J.A. (eds.) (1994) Basisdocument kwik. RIVM rapport 710401023.
- Slooff W., Cleven R.F.M.J., Janus J.A. en Ros J.P.M. (eds) (1989) Integrated criteria document copper. RIVM rapport 758474009. RIVM, Bilthoven.
- Slooff W., Cleven R.F.M.J., Janus J.A. en van der Poel P. (eds.) (1989) Basisdocument chroom. RIVM rapport 758701001. RIVM, Bilthoven.
- Slooff W., Haring B.J.A., Hesse J.M., Janus J.A. en Thomas R (eds) (1990) Basisdocument Arseen. RIVM rapport 758701002. RIVM, Bilthoven.
- Smart G.A., Pickford C.J. and Sherlock J.C. (1990) Lead in alcoholic beverages: A second survey. *Food Addit. Contam.*, 7, 93-100.
- Smit C.N., Hafkenscheid Th.L. en de Groot J.L.B. (1994) Milieuaspecten van PVC in verpakkingen. TNO KRI-rapport 2445a/u94. TNO, Delft.

- Stichting Bouwresearch (1995) Preventie verpakkingsafval in de bouw. Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen, Rapport nr NOH 9537. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, Bilthoven; Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu, Utrecht; Stichting Bouwresearch, Rotterdam.
- Stillwell D.E. and Mustane C.L. (1994) Lead content in grapefruit juice and its uptake upon storage in open containers. J. Sci. Food Agric., 66, 405-410.
- Stybenex verpakkingen (1995) Brancheproject hergebruik EPS, deel I en II. Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen, Rapport nr NOH 9533. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, Bilthoven; Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu, Utrecht; Stybenex Verpakkingen, Zaltbommel.
- Thompson D., Parry S.J. and Benzing R. (1995) Neutron Activation Analysis for the determination of contaminants in food contact materials. J. Radioanal. Nucl. Chem., 195, 209-217.
- TNO (1988) Kunststofverpakkingen bij de productie en de distributie van industriële grondstoffen en halffabrikaten. Rapport nr. 88.1072, IVV TNO, Delft.
- TNO (1995) Onderzoek naar diverse niet-kunststof verpakkingsafvalstromen die vrijkomen bij de productie en distributie van industriële producten. Nationaal Onderzoekprogramma Hergebruik van Afvalstoffen, Rapport nr NOH 9513. TNO verpakking, Delft; Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiene, Bilthoven; Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu, Utrecht.
- Weisel C., Demak M., Marcus S. and Goldstein B.D. (1991) Soft plastic bread packaging: lead content and reuse by families. Am. J. Public Health, 81, 756-758.

Dankwoord

Dik Beker en Huib Verhagen, beiden werkzaam bij het Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies van het RIVM, worden bedankt voor het leveren van de nodige informatie voor de literatuurstudie.

Mevr. Veerle Timmermans, mevr. Mirja van Holderbeke, mevr. Chris Vanhoof en dhr. Kristof Tirez van de VITO worden bedankt voor de samenwerking, de gastvrije ontvangst en rondleiding bij VITO en het ter beschikking stellen van hun rapportage. Ook hebben zij enkele zeer nuttige referenties geleverd.

Bijlage 1. Overzicht van de bezochte bedrijven

Soort bedrijf	Soort product	Aantal gescreende monsters	Aantal geselecteerde monsters	Regio
Distributiecentrum verpakte producten	Levensmiddelen	33	9	Oost
Distributiecentrum verpakte producten	Huishoudelijk	30	11	Oost
Distributiecentrum verpakte producten	Verzorgend	29	3	Oost
Producent verpakkingsmaterialen	Folie	11	3	Zuidwest
Tussenhandel folie en producent van verpakkingen	Divers	10	2	Zuidwest
Producent verpakkingen	Plantenhandel	2	2	Zuidwest
Tussenhandel verpakkingen	Plantenhandel	11	3	Zuidwest
Producent verpakkingen		10	2	Zuidwest
Groothandel verpakkingen	Agrarisch	9	5	Noord
Producent verpakkingen	Tabak, levensmiddelen	6	3	Noord
Producent verpakkingen	Tabak	8	1	Noord
Tussenhandel verpakkingen	Divers	7	1	Noord
Producent verpakkingen	Divers	4	1	Noord
Producent verpakkingen	Divers	15	7	Noordwest
Groothandel verpakte producten	Bouwmaterialen	15	4	Noordwest
Groothandel verpakte producten	Huishoudelijk	23	3	Noordwest
Detailhandel verpakte producten	Fotografie	18	1	Noordwest
Detailhandel verpakte producten	Medicijnen	9	2	Noordwest
Producent verpakkingen	Levensmiddelen	38	5	Oost
Tussenhandel verpakkingen	Detailhandel	20	9	Oost
Distributiecentrum verpakte producten	Huishoudelijk	13	3	Zuid
Detailhandel verpakte producten	Huishoudelijk	13	3	Zuid
Detailhandel verpakte producten	Postorder	10	1	Zuid
Detailhandel verpakte producten	Doe het zelf	13	2	Zuid
Totaal		357	86	

Bijlage 2. Beschrijving van de draagbare XRF analyser (Niton)

De draagbare XRF analyser is een instrument waarmee indicatieve gehalten van een breed scala aan elementen in verschillende matrices kunnen worden bepaald.

De gebruikte analyser is van het merk Niton, type 723Q. Het instrument bestaat uit een metalen behuizing met daarin twee radioactieve bronnen, een venster met sluiters, een detector, een logger, een voeding en de nodige elektronica. Met behulp van een geleidewieltje kan steeds één van de twee radioactieve bronnen voor het venster worden geplaatst, waardoor als de sluiters geopend radioactieve straling naar buiten treedt en een monster wordt bestraald. De detector is hiermee automatisch ingeschakeld. Bij het instrument horen een aantal hulpmiddelen zoals cupjes, een aantal houders om het instrument in te plaatsen voor het uitvoeren van metingen en referentiemonsters om een kalibratie uit te voeren.

Met de analyser kunnen verschillende typen monsters worden geanalyseerd, onder meer filters, grond, bodem, slib, vliegass, kunststoffen, schroot, shredderafval, hout en papier. Om een meting uit te voeren wordt een monster, al dan niet gemalen en gehomogeniseerd, in een cupje gedaan. Dit cupje wordt in de houder geplaatst. Daarna wordt de analyser in de houder gezet en de sluiters geopend om een meting uit te voeren. Bij de meting wordt eerst één van de twee radioactieve bronnen ingeschakeld. Na één tot enkele minuten kan de meting worden beëindigd, waarna de tweede bron wordt ingeschakeld en nogmaals een meting van één tot enkele minuten wordt verricht. Op deze wijze wordt het gehalte gemeten van een aantal elementen, namelijk die welke in het periodiek systeem liggen tussen chroom (Cr, at.nr. 24) en uranium (U, at.nr. 92). Hieronder vallen ook de vier zware metalen uit de Regeling⁵⁰. Meetwaarden kunnen worden afgelezen op het display, maar worden ook in een logger opgeslagen die achteraf kan worden uitgelezen. Bij de verwerking van het signaal van de detector maakt het instrument gebruik van een vast rekenprogramma met zogenaamde standaard functionele parameters. Hierdoor kan de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de gemeten waarden per matrix verschillen. Daarom moeten de met dit instrument gemeten waarden als indicatief worden beschouwd.

Het is ook mogelijk de analyser direct op een monster te plaatsen en een meting te verrichten, dus zonder het monster in een cupje te doen. Dit is met name handig om 'grote' monsters, bijvoorbeeld een kunststof fles, te analyseren zonder het monster kapot te hoeven maken (non-destructieve meting). Een directe meting werkt sneller, omdat hiervoor geen monstervoorbewerking nodig is, maar heeft als nadeel dat ze meestal minder nauwkeurig is. Een optimale nauwkeurigheid wordt bereikt als het monster homogeen is, een vlak oppervlak heeft en voldoende dik is, aangezien het instrument een

⁵⁰ Opgemerkt moet worden dat hier sprake is van een analyse op het totaal gehalte per element, zonder onderscheid naar in welke vormen of chemische verbindingen het element voorkomt.

doordringdiepte heeft van enkele millimeters tot ongeveer een centimeter, afhankelijk van de matrix⁵¹. De meeste monsters voldoen echter niet aan al deze eisen.

In dit onderzoek zijn alle monsters direct doorgemeten, omdat de analyser juist werd gebruikt om 'verdachte' verpakkingen te selecteren en 'niet-verdachte' verpakkingen heel te laten. Daarbij komt dat 'verdachte' verpakkingen aanvullend zouden worden geanalyseerd in het laboratorium, zodat de nauwkeurigheid van de screening met de draagbare analyser niet optimaal hoefde te zijn.



Figuur B2.1. De Niton 723Q draagbare XRF analyser

⁵¹ De doordringdiepte door een monster bestaande uit een dicht opeengepakt materiaal (kunststof of metaal) is geringer dan door een monster waarin bijvoorbeeld lucht voorkomt, zoals grond.

Bijlage 3. Gemeten gehalten aan cadmium, kwik, chroom en lood in de bemonsterde verpakkingen

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cd			Hg			Cr			Pb			Cl	Opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP290801.01	pot oploskoffie	deksel	bruin/goudkleurig	kunststof-PS	4	<40	<0,1	1	<17	<0,3	12	<225	8	59	43	36	nee	
VP290801.01		pot	transparant	glas	<4,4			<2,4			259			128			nee	
VP290801.02	fles curry	deksel	rood	kunststof	<2,5	<47	<0,1	1	13	<0,3	<4,5	<134	<2,5	6	<11	5	nee	niet vlak
VP290801.02		fles	rood	kunststof	3			<0,6			8			1			nee	
VP290801.03	pot mayonaise	deksel	groen	kunststof-PP	<2,9	<67	0	0	<12	<0,3	21	<15	8	5	<15	3	nee	
VP290801.03		pot	transparant	glas	<4,5			<2,4			270			69			nee	
VP290801.04	kruidenpot	deksel	blauw	kunststof-PP	<3,1	<58	0	0	<17	<0,3	7	<240	<2,5	3	<24	3	nee	
VP290801.04		pot	transparant	glas	<4,2			<2,4			425			185			nee	
VP290801.05	jampot	deksel	groen/rood	metaal	<19	<85		<12	93		414	12397		48	202		nee	ijzer
VP290801.05		pot	transparant	glas	<4,4			<2,2			168			128			nee	
VP290801.06	milkshake	beker	wit met opdruk	kunststof-PP	3	<84	<0,1	1	<16	<0,3	9	<255	<2,5	18	50	16	nee	inhomogeen
VP290801.07	snoepzak	zak	meerkleurig	kunststof	<9,2	<180	<0,1	<1,3	<32	<0,3	25	<525	5	20	58	18	nee	inhomogeen
VP290801.08	chipszak	zak	meerkleurig	kunststof met aluminium	<12	<88	<0,1	<1,2	<15	<0,3	10	<195	6	14	20	16	nee	inhomogeen
VP290801.09	pot kofficream	deksel	bruin/goudkleurig	kunststof-PP	<3,1	<92	<0,1	<0,7	<24	<0,3	13	<435	3	3	<30	2	nee	inhomogeen
VP290801.09		pot	bruin	glas	<3,9			<2,4			572			119			nee	
VP030902.01	hoes picknickdecken	band	bruin	kunststof	185	206	225	<5,1	<52	<0,3	1595	<195	1853	6421	4960	8975	ja	laagdikte
VP030902.01		hoes	transparant	kunststof	338		382	1		1	<13		<2,5	8		2	ja	
VP030902.02	plastic zak	zak	rood	kunststof	<5,9	<54	0	<5,0	116	<0,3	5282	1600	1977	10460	10400	10528	nee	
VP030902.03	verp. zonnenscherm	karton	meerkleurig	bedrukt karton	<5,5			<1,6			28			6			nee	
VP030902.03		zak	transparant	kunststof	269	169	320	3	<15	<0,3	<14	<255	<2,5	67	57	69	ja	Pb-verf
VP030902.04	verp. slinger	zak	transparant	kunststof	<5,8	<58		1	<10		22	<128		2	136		nee	Pb-verf
VP030902.04		strook	meerkleurig	kunststof	<6,1		<0,1	<1,3		<0,3	16		4	11		11	nee	
VP030902.04		strook	wit	kunststof	<4,6		<0,1	<1,5		<0,3	20		<2,5	11		2	nee	

Bijlage 3: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cd			Hg			Cr			Pb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP030902.05	verp. hoedroogmolen	zak	transparant	kunststof	<4,4	<65	<0,1	1	<11	<0,3	11	<119	<2,5	1	183	1	nee	Pb-verf
VP030902.05		hengsel	wit	kunststof-PP	7			1			<5,5			1			nee	
VP030902.06	hengsel tas Blokker	hengsel	oranje	kunststof-LDPE	6	<61	<0,1	1	<10	<0,3	12	<124	<2,5	2	151	<0,5	nee	Pb-verf
VP030902.07	verp. schorten	zak	transparant	kunststof	<5,1	<84	<0,1	1	<13	<0,3	7	<165	<2,5	1	102	<0,5	nee	Pb-verf
VP030902.08	verp. wildschaar	deeletui	blauw	kunststof	<4,4		0	<1,9		<0,3	31		28	138		159	ja	
VP030902.08		deeletui	transparant	kunststof	<3,3	<72	<0,1	<1,7	<16	<0,3	<14	<210	<2,5	23	72	26	ja	Pb-verf
VP030902.08		deeletui	zwart	kunststof	<7,0			<1,8			14			34			ja	
VP030902.09	verp. douchegordijn	hengsel	wit	kunststof	2	<74		<0,9	<11		<6,5	<137		1	62		nee	Pb-verf
VP030902.09		karton	meerkleurig	bedrukt karton	<4,4			<2,2			<14			3			nee	
VP030902.09		zak	transparant	kunststof	<3,2		<0,1	1		<0,3	<5,1		<2,5	1		<0,5	nee	
VP030902,10	verp. straalbreker	karton	meerkleurig	bedrukt karton	<5,4			<1,3			<11			3			nee	
VP030902,10		blister	transparant	kunststof	<3,7	<78	0	1	<13	<0,3	4	<165	<2,5	3	87	9	nee	Pb-verf
VP030902,11	verp. aansteker	karton	meerkleurig	bedrukt karton	<5,3			<1,8			21			9			nee	
VP030902,11		blister	transparant	kunststof	<5,6	<65	8	<1,9	<13	<0,3	<15	<180	<2,5	6	97	2	ja	Pb-verf
VP040903.01	verp. Omnivat vitaminen	deksel	oranje	kunststof	<2,9	<59	0	<0,7	<14	<0,3	<5,0	<180	<2,5	1	<15	2	nee	
VP040903.01		buisje	meerkleurig	kunststof	<2,3			0			7			1			nee	
VP040903.02	verp. knoflooktabletten	deksel	wit met opdruk	kunststof	5	<59	0	<0,7	<18	<0,3	<5,3	<270	<2,5	1	39	1	nee	
VP040903.02		potje	groen met opdruk	kunststof-HDPE	4			<0,7			9			1			nee	
VP040903.03	verp. tandenborstel	karton	meerkleurig	bedrukt karton	<5,0			<1,6			20			9			nee	
VP040903.03		blister	transparant	kunststof	<4,9	<57	10	2	<13	<0,3	20	<195	<2,5	4	112	1	ja	niet vlak
VP120904.01	folie op rollen	folie	oranje	kunststof-PE	<5,9	<39	<0,1	<3,0	28	<0,3	1884	149	473	2310	2579	2338	nee	
	<i>tweede meting met Niton</i>								<24			319			2960			
VP120904.02	folie op rollen	folie	rood	kunststof-PE	<5,0	<70	1	<0,9	5	<0,3	8	<135	<2,5	1	<13	3	nee	
VP120904.03	folie op rollen	folie	blauw	kunststof-PE	5	<52	<0,1	1	<12,5	<0,3	<5,1	<129	<2,5	0	<13	<0,5	nee	
VP120905.01	dunne plaat, polyvelour	plaat	rood	kunststof	<2,8	<40	<0,1	3	<23	<0,3	499	161	329	1579	2160	1648	nee	laagdikte

Bijlage 3: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cd			Hg			Cr			Pb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP120905.02	dunne plaat, polystyreen	plaat	zwart	kunststof-PS	2	<45	<0,1	<0,6	<10	<0,3	15	<126	<2,5	1	<14	2	nee	laagdikte
VP120906.01	plantenbakjes	bliester	groen	kunststof-PET	<2,7	<40	<0,1	1	<7	<0,3	<5,5	<92	<2,5	2	<9	1	nee	
VP120906.02	plantenbakjes	bliester	transparant	kunststof-PET	<2,3	<34	<0,1	0	<6	<0,3	<5,0	<82	<2,5	1	<7	<0,5	nee	
VP170907.01	tas Intratuin	tas	groen	kunststof	<4,8	<67	<0,1	<1,1	<14	<0,3	143	155	34	133	512	153	nee	inhomogeen
VP170907.02	papier	papier	wit	papier	<7,6	<64	<0,1	<1,3	<10	<0,3	<11	<142	<2,5	3	<14	<0,5	nee	
VP170907.03	verp. bloemen	zak	donkerblauw	kunststof	<9,2	<97	<0,1	<1,6	<13	<0,3	<13	<225	<2,5	3	45	1	nee	inhomogeen
VP170907.03		zak	lichtblauw	kunststof	<5,6	<97		<1,2	<13		9	<225		2	45		nee	inhomogeen
VP170908.01	folie	folie	transparant	kunststof	<6,6	<43	<0,1	1	<8	<0,3	<7,8	<85	<2,5	2	<9	<0,5	nee	
VP170908.02	folie	folie	meerkleurig	kunststof	<6,3	<38	<0,1	1	<6	<0,3	8	<98	<2,5	1	24	<0,5	nee	inhomogeen
VP190914.01	tas	tas	goudkl. met opdruk	kunststof-LDPE	<5,7	<44	<0,1	<1,4	<14	<0,3	23	<195	<2,5	1	<11	<0,5	nee	inhomogeen
VP190914.02	tas	tas	transp. met opdruk	kunststof	<9,2	<35	<0,1	1	<6	<0,3	16	<86	<2,5	2	<8	<0,5	nee	inhomogeen
VP190914.03	tas BBA	tas	wit met opdruk	kunststof-LDPE	<4,4	<42	<0,1	1	<8	<0,3	<8,4	<116	<2,5	2	13	<0,5	nee	inhomogeen
VP190914.04	tas DA	tas	wit met opdruk	kunststof	<11	<50	<0,1	<2,8	<11	<0,3	<43	<147	<2,5	4	13	2	nee	inhomogeen
VP190914.05	tas groenteman	tas	wit met opdruk	kunststof	<8,3	<50	<0,1	<1,9	<11	<0,3	<29	<147	<2,5	4	13	2	nee	inhomogeen
VP190914.06	tas LIDOR	tas	geel met opdruk	kunststof	<8,6	<54	0	<8,3	<150	1	5476	2120	2249	13080	17690	10765	nee	inhomogeen
VP190914.07	tas Miries	tas	oranje met opdruk	kunststof-LDPE	<6,2	<47	<0,1	<6,9	<132	0	7904	3578	3498	18800	28288	18632	nee	inhomogeen
VP190915.02	verp. Devres vloertegels	zak	geel	kunststof	4	<44	<0,1	3	<72	<0,3	410	3309	182	1205	9094	1255	nee	inhoud
tweede meting met Niton									<24			<165			1410			
VP190915.03	folie van isolatiemateriaal	folie	blauw met opdruk	kunststof	<4,3	<92	<0,1	1	<19	<0,3	<8,4	<285	<2,5	4	<20	5	nee	inhomogeen
VP190915.04	folie huisstijl	folie	transp. met opdruk	kunststof	4	<150	<0,1	0	<23	<0,3	<6,1	<300	<2,5	2	<29	1	nee	inhomogeen
VP200909.01	deel bigbag FIBC (oud)	bigbag	wit met groene opdruk	kunststof	<6,2	<44	0	<1,7	<14	<0,3	430	228	117	658	753	636	nee	inhomogeen
VP200909.02	netzak Agrico	netzak	oranje met opdruk	kunststof	<6,6	<49	<0,1	<5,1	110	<0,3	6818	1829	1935	8888	8909	8801	nee	open structuur

Bijlage 3: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cd			Hg			Cr			Pb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP200909.03	netzak uien + sticker	sticker	meerkleurig	papier ***	<4,0	<48	<0,1	<3,1	<53	<0,3	1649	1080	656	3732	3109	2993	nee	inhomogeen
VP200909.03		netzak	rood	kunststof	<5,2		<0,1	6		<0,3	8097		2486	13170		12770	nee	open structuur
VP200909.04	deel bigbag FIBC(nieuw)	bigbag	wit met rood/zwarte opd.	kunststof	<6,7	<73	<0,1	<2,3	<35	<0,3	920	425	236	1377	1340	1180	nee	inhomogeen
VP200909.05	netzak + koord (blauw)	netzak	oranje	kunststof	<7,1	<68	<0,1	<3,8	89	<0,3	4027	1300	992	4321	5818	4278	nee	open structuur
VP210910.01	folie Craven	folie	meerkleurig	kunststof	<4,1	<59	0	1	<11	<0,3	14	<195	3	4	39	7	nee	inhomogeen
VP210910.02	folie van Nelle	folie	meerkleurig	kunststof	<3,5	<46	<0,1	1	<8	<0,3	<7,2	<126	<2,5	2	17	2	nee	inhomogeen
VP210910.03	folie	folie	blauw/wit	kunststof	3	<66	<0,1	1	<9	<0,3	8	<165	<2,5	2	57	1	nee	inhomogeen
VP210911.01	wikkel Tawa	folie	meerkleurig	kunststof	<6,7	<150	<0,1	<1,8	<34	<0,3	11	<510	4	5	<42	4	nee	inhomogeen
VP200912.01	tas	tas	wit	kunststof	<8,4	<40	<0,1	<1,9	<7	<0,3	<30	<128	<2,5	2	44	1	nee	
VP210913.01	klem voor palletband	klem	zwart	kunststof	<2,5	<91	<0,1	1	20	<0,3	13	<165	<2,5	2	<14	1	nee	niet vlak
VP260916.01	zak wasknijpers met metalen ring	zak	transp. met opdruk	kunststof	<5,5	<37	<0,1	<3,6	<23	<0,3	3139	778	875	4825	2229	5017	nee	laagdikte
VP260916.02	zak beertje	zak	transp. met opdruk	kunststof	<5,2	<93	<0,1	0	<12	<0,3	7	<135	4	8	<13	15	nee	inhomogeen
VP260916.03	zak balonnen	zak	transp. met opdruk	kunststof	<6,3	<106	<0,1	<1,4	<20	<0,3	22	<315	3	17	47	15	nee	inhomogeen
VP260917.02	verpakking stiften	etui	transparant	kunststof	539	236	604	2	<21	<0,3	<15	<240	<2,5	410	330	450	ja	laagdikte
VP260917.02		karton	meerkleurig	karton	<7,7		1	2		<0,3	17		3	9		6	nee	
VP270918.01	mondspoelopl. Senty	dop	wit	kunststof	6	<93	<0,1	1	<16	<0,3	<4,5	<240	<2,5	1	52	<0,5	nee	niet vlak
VP270918.01		flesje	transparant	kunststof	<2,7	<89	2	<0,7	<10	<0,3	<6,2	<138	<2,5	2	<15	3	nee	inhomogeen
VP270918.02	medicijnpotje + opdruk	deksel	wit met opdruk	kunststof	2	<83	<0,1	1	<10	<0,3	<5,1	<210	<2,5	1	22	<0,5	nee	inhomogeen
VP270918.02		potje	wit	kunststof-LDPE	4		<0,1	<0,8		<0,3	13		<2,5	1		<0,5	nee	
VP250919.01	SMO casing, gold 1620	casing	goudkleurig	kunststof	<11	<34	<0,1	2	<6	<0,3	3640	232	5	5	<8	2	nee	
VP250919.02	GP casing yellow 2111	casing	geel	kunststof	<9,2	<35	<0,1	<1,6	<7	<0,3	1902	<126	9	6	19	3	nee	

Bijlage 3: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cd			Hg			Cr			Pb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP250919.04	TS casing white 72	casing	wit	kunststof	<7,6	<35	<0,1	2	<8	<0,3	13	<142	<2,5	2	32	0	nee	
VP250919.05	TS casing cream 30	casing	roomkleurig	kunststof	<8,9	<26	<0,1	2	<8	<0,3	253	<122	<2,5	9	21	6	nee	
VP250919.06	ML tube/bags green 25	casing	groen	kunststof	<4,7	<38	<0,1	<1,4	<8	1	<11	<118	<2,5	2	<11	<0,5	ja	
VP250920.01	Sushi schaalpje	schaalpje	zwart met gouden opdruk	kunststof	<3,2	<47	<0,1	1	<13	0	<5,5	<180	<2,5	1	96	<0,5	nee	inhomogeen
VP250920.02	comp. tray, code 449080	schaalpje	zwart	kunststof	<2,6	<56	<0,1	1	<21	<0,3	282	<555	85	1	<30	<0,5	nee	
VP250920.03	puntzak	gekl. deel	geel/rood	kunststof	<5,9	<64	<0,1	<8,1	<8	<0,3	10280	4998	5015	26320	26189	25830	nee	inhomogeen
VP250920.03		transp. deel	transparant	kunststof	<5,4		<0,1	1		<0,3	50		21	56		89	nee	
VP250920.04	puntzak	gekl. deel	groen	kunststof	<5,7	<70	0	<7,4	<50	<0,3	8079	2749	3889	23510	17792	23252	nee	inhomogeen
VP250920.04		transp. deel	transparant	kunststof	<5,4		<0,1	1		<0,3	14		10	19		36	nee	
VP250920.05	verp. vleeswaren	zak	wit met opdruk	kunststof	<7,9	<40	<0,1	<2,4	<10	<0,3	190	<150	88	518	79	422	nee	inhomogeen
VP250920.06	verp. kaas	zak	wit met opdruk	kunststof	<6,7		<0,1	<2,2	<22	<0,3	316	<270	93	459	395	436	nee	inhomogeen
VP250920.07	tas (blauw+gouden lelies)	tas	blauw met opdruk	kunststof-LDPE	<4,6	34	<0,1	<1,1	<10	<0,3	126	<124	40	163	37	180	nee	inhomogeen
VP250920.08	tas (groen+witte banen)	tas	groen/wit	kunststof	<6,3	<45	<0,1	<3,4	<21	<0,3	1867	274	562	3746	1410	3694	nee	inhomogeen
VP250920.09	tas	tas	groen	kunststof	<4,8	<36	<0,1	<3,1	<22	<0,3	2525	352	935	3860	1060	4082	nee	
VP021021.01	verp. + plakstrip	zak	roze met opdruk	kunststof-LDPE	<3,9	18	<0,1	<0,8	<4	<0,3	60	511	22	86	133	102	nee	inhomogeen
tweede meting met Niton									<10			<104			100			
VP021022.01	bindstrip	strip	bruin/grijs	kunststof	<6,1	<113	2	<2,8	<19	<0,3	25	<195	24	149	132	153	nee	
VP021022.02	bindstrip	strip	bruin/grijs	kunststof	<17	<113	0	<5,3	<19	<0,3	<130	849	10	214	184	316	nee	
tweede meting met Niton									<33			1460			248			
VP021022.03	wikkel, geweven struct.	wikkel	grijs	kunststof	<6,2		0	<2,1		<0,3	18		5	24		20	nee	
VP051023.01	blister	blister	transparant	kunststof	<5,6	<78	10	<1,9	<19	1	<14	<300	<2,5	3	<22	<0,5	ja	

Bijlage 3: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cd			Hg			Cr			Pb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP051023.02	verp. scartstekker	bliester	transparant	kunststof	4	<165	0	<0,6	38	<0,3	<4,8	<420	<2,5	<0,6	208	<0,5	nee	niet vlak/inhoud
<i>tweede meting met Niton</i>									<11			<149			16			
VP051023.02		karton	meerkleurig	bedrukt karton	<5,0			2			34			10			nee	
VP051023.03	deksel	deksel	rood met opdruk	metaal	<23	<165		12	180		304	<194		38	918		nee	ijzer
VP051024.01	dop spuitbus	dop	geel	kunststof	2	<120	<0,1	1	<30	<0,3	<6,7	<345	<2,5	1	378	<0,5	nee	
<i>tweede meting met Niton</i>						<145			<29			<345			426			
VP051024.02	pot Wipes	deksel	rood	kunststof	4	<40	<0,1	6	<63	<0,3	1143	466	672	2955	1580	3398	nee	laagdikte
VP051024.02		pot	meerkleurig	kunststof-PE	<3,9		0	<1,0		1	<7,9		<2,5	1		<0,5	nee	

Toelichting op de opmerkingen in de Bijlagen 3 tot en met 5 betreffende de screening met de Niton

ijzer	Meting sterk beïnvloed door ijzer.
inhomogeen	Monster niet homogeen (meerdere kleuren).
inhoud	Waarschijnlijk is een deel van het product meegeanalyseerd (d.w.z. de straling van de Niton drong door de verpakking heen).
laagdikte	Te dunne laag; hierdoor is een deel van de (blanco) ondergrond meegemeten, waardoor een 'verdundingseffect' ontstaat.
niet vlak	Monster had geen vlak oppervlak. Hierdoor is de meting niet optimaal.
open structuur	Monster had een open structuur (netzak). Hierdoor is de meting niet optimaal.
Pb-verf	Te dunne laag; hierdoor is een deel van de ondergrond (in dit geval een tafel met, naar achteraf bleek, loodhoudende verf) meegemeten, waardoor een te hoog gehalte aan lood is gemeten.

Bijlage 4. Totale gehalten aan genormeerde zware metalen in de bemonsterde verpakkingen

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Som Cd, Hg, Cr, Pb			Som Cd, Hg, Pb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP290801.01	pot oploskoffie	deksel	bruin/goudkleurig	kunststof-PS	75	43	43	64	43	36	nee	
VP290801.01		pot	transparant	glas	387			128			nee	
VP290801.02	fles curry	deksel	rood	kunststof	6	13	5	6	13	5	nee	niet vlak
VP290801.02		fles	rood	kunststof	12			4			nee	
VP290801.03	pot mayonaise	deksel	groen	kunststof-PP	26	0	12	5	0	3	nee	
VP290801.03		pot	transparant	glas	339			69			nee	
VP290801.04	kruidenpot	deksel	blauw	kunststof-PP	10	0	3	4	0	3	nee	
VP290801.04		pot	transparant	glas	610			185			nee	
VP290801.05	jampot	deksel	groen/rood	metaal	462	12692		48	295		nee	ijzer
VP290801.05		pot	transparant	glas	296			128			nee	
VP290801.06	milkshake	beker	wit met opdruk	kunststof-PP	31	50	16	22	50	16	nee	inhomogeen
VP290801.07	snoepzak	zak	meerkleurig	kunststof	44	58	23	20	58	18	nee	inhomogeen
VP290801.08	chipszak	zak	meerkleurig	kunststof met aluminium	24	20	22	14	20	16	nee	inhomogeen
VP290801.09	pot kofficreammer	deksel	bruin/goudkleurig	kunststof-PP	15	0	5	3	0	2	nee	inhomogeen
VP290801.09		pot	bruin	glas	691			119			nee	
VP030902.01	hoes picknickdeken	band	bruin	kunststof	8201	5166	11053	6606	5166	9200	ja	laagdikte
VP030902.01		hoes	transparant	kunststof	347		384	347		384	ja	
VP030902.02	plastic zak	zak	rood	kunststof	15742	12116	12505	10460	10516	10528	nee	
VP030902.03	verp. zonnenscherm	karton	meerkleurig	bedrukt karton	34			6			nee	
VP030902.03		zak	transparant	kunststof	340	226	389	340	226	389	ja	Pb-verf
VP030902.04	verp. slinger	zak	transparant	kunststof	25	136		3	136		nee	Pb-verf
VP030902.04		strook	meerkleurig	kunststof	28		15	11		11	nee	
VP030902.04		strook	wit	kunststof	31		2	11		2	nee	
VP030902.05	verp. hoesdroogmolen	zak	transparant	kunststof	12	183	1	2	183	1	nee	Pb-verf
VP030902.05		hengsel	wit	kunststof-PP	9			9			nee	

Bijlage 4: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Som Cd, Hg, Cr, Pb			Som Cd, Hg, Pb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP030902.06	hengsel tas Blokker	hengsel	oranje	kunststof-LDPE	19	151	0	8	151	0	nee	Pb-verf
VP030902.07	verp. schorten	zak	transparant	kunststof	10	102	0	2	102	0	nee	Pb-verf
VP030902.08	verp. wildschaar	deleetui	blauw	kunststof	169		187	138		159	ja	
VP030902.08		deleetui	transparant	kunststof	23	72	26	23	72	26	ja	Pb-verf
VP030902.08		deleetui	zwart	kunststof	48			34			ja	
VP030902.09	verp. douchegordijn	hengsel	wit	kunststof	3	62		3	62		nee	Pb-verf
VP030902.09		karton	meerkleurig	bedrukt karton	3			3			nee	
VP030902.09		zak	transparant	kunststof	2		0	2		0	nee	
VP030902.10	verp. straalbreker	karton	meerkleurig	bedrukt karton	3			3			nee	
VP030902.10		blister	transparant	kunststof	8	87	9	4	87	9	nee	Pb-verf
VP030902.11	verp. aansteker	karton	meerkleurig	bedrukt karton	29			9			nee	
VP030902.11		blister	transparant	kunststof	6	97	11	6	97	11	ja	Pb-verf
VP040903.01	verp. Omnivat vitaminen	deksel	oranje	kunststof	1	0	2	1	0	2	nee	
VP040903.01		buisje	meerkleurig	kunststof	8			1			nee	
VP040903.02	verp. knoflooktabletten	deksel	wit met opdruk	kunststof	6	39	1	6	39	1	nee	
VP040903.02		potje	groen met opdruk	kunststof-HDPE	13			4			nee	
VP040903.03	verp. tandenborstel	karton	meerkleurig	bedrukt karton	29			9			nee	
VP040903.03		blister	transparant	kunststof	25	112	11	5	112	11	ja	niet vlak
VP120904.01	folie op rollen	folie	oranje	kunststof-PE	4194	2756	2811	2310	2607	2338	nee	
<i>tweede meting met Niton</i>						3279			2960			
VP120904.02	folie op rollen	folie	rood	kunststof-PE	10	5	3	1	5	3	nee	
VP120904.03	folie op rollen	folie	blauw	kunststof-PE	6	0	0	6	0	0	nee	
VP120905.01	dunne plaat, polyvelour	plaat	rood	kunststof	2081	2321	1978	1582	2160	1648	nee	laagdikte
VP120905.02	dunne plaat, polystyreen	plaat	zwart	kunststof-PS	18	0	2	3	0	2	nee	laagdikte
VP120906.01	plantenbakjes	blister	groen	kunststof-PET	3	0	1	3	0	1	nee	
VP120906.02	plantenbakjes	blister	transparant	kunststof-PET	1	0	0	1	0	0	nee	
VP170907.01	tas Intratuin	tas	groen	kunststof	275	667	186	133	512	153	nee	inhomogeen
VP170907.02	papier	papier	wit	papier	3	0	0	3	0	0	nee	

Bijlage 4: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Som Cd, Hg, Cr, Pb			Som Cd, Hg, Pb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP170907.03	verp. bloemen	zak	donkerblauw	kunststof	3	45	1	3	45	1	nee	inhomogeen
VP170907.03		zak	lichtblauw	kunststof	11	45		2	45		nee	inhomogeen
VP170908.01	folie	folie	transparant	kunststof	3	0	0	3	0	0	nee	
VP170908.02	folie	folie	meerkleurig	kunststof	10	24	0	3	24	0	nee	inhomogeen
VP190914.01	tas	tas	goudkl. met opdruk	kunststof-LDPE	24	0	0	1	0	0	nee	inhomogeen
VP190914.02	tas	tas	transp. met opdruk	kunststof	20	0	0	4	0	0	nee	inhomogeen
VP190914.03	tas BBA	tas	wit met opdruk	kunststof-LDPE	3	13	0	3	13	0	nee	inhomogeen
VP190914.04	tas DA	tas	wit met opdruk	kunststof	4	13	2	4	13	2	nee	inhomogeen
VP190914.05	tas groenteman	tas	wit met opdruk	kunststof	4	13	2	4	13	2	nee	inhomogeen
VP190914.06	tas LIDOR	tas	geel met opdruk	kunststof	18556	19810	13015	13080	17690	10766	nee	inhomogeen
VP190914.07	tas Miries	tas	oranje met opdruk	kunststof-LDPE	26704	31866	22130	18800	28288	18632	nee	inhomogeen
VP190915.02	verp. Devres vloertegels	zak	geel	kunststof	1622	12403	1436	1213	9094	1255	nee	inhoud
<i>tweede meting met Niton</i>						1410			1410			
VP190915.03	folie van isolatiemateriaal	folie	blauw met opdruk	kunststof	5	0	5	5	0	5	nee	inhomogeen
VP190915.04	folie huisstijl	folie	transp. met opdruk	kunststof	5	0	1	5	0	1	nee	inhomogeen
VP200909.01	deel bigbag FIBC (oud)	bigbag	wit met groene opdruk	kunststof	1088	982	753	658	753	636	nee	inhomogeen
VP200909.02	netzak Agrico	netzak	oranje met opdruk	kunststof	15706	10848	10736	8888	9019	8801	nee	open structuur
VP200909.03	netzak uien + sticker	sticker	meerkleurig	papier ***	5381	4189	3649	3732	3109	2993	nee	inhomogeen
VP200909.03		netzak	rood	kunststof	21273		15256	13176		12770	nee	open structuur
VP200909.04	deel bigbag FIBC(nieuw)	bigbag	wit met rood/zwarte opd.	kunststof	2297	1765	1416	1377	1340	1180	nee	inhomogeen
VP200909.05	netzak + koord (blauw)	netzak	oranje	kunststof	8348	7207	5270	4321	5907	4278	nee	open structuur
VP210910.01	folie Craven	folie	meerkleurig	kunststof	19	39	11	5	39	8	nee	inhomogeen
VP210910.02	folie van Nelle	folie	meerkleurig	kunststof	2	17	2	2	17	2	nee	inhomogeen
VP210910.03	folie	folie	blauw/wit	kunststof	15	57	1	6	57	1	nee	inhomogeen
VP210911.01	wikkel Tawa	folie	meerkleurig	kunststof	16	0	8	5	0	4	nee	inhomogeen
VP200912.01	tas	tas	wit	kunststof	2	44	1	2	44	1	nee	
VP210913.01	klem voor palletband	klem	zwart	kunststof	16	20	1	2	20	1	nee	niet vlak
VP260916.01	zak wasknijpers met metalen ring	zak	transp. met opdruk	kunststof	7964	3007	5892	4825	2229	5017	nee	laagdikte

Bijlage 4: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Som Cd, Hg, Cr, Pb			Som Cd, Hg, Pb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP260916.02	zak beertje	zak	transp. met opdruk	kunststof	16	0	19	9	0	15	nee	inhomogeen
VP260916.03	zak balonnen	zak	transp. met opdruk	kunststof	39	47	18	17	47	15	nee	inhomogeen
VP260917.02	verpakking stiften	etui	transparant	kunststof	950	566	1054	950	566	1054	ja	laagdikte
VP260917.02		karton	meerkleurig	karton	27		11	11		8	nee	
VP270918.01	mondspoelopl. Sentyt	dop	wit	kunststof	7	52	0	7	52	0	nee	niet vlak
VP270918.01		flesje	transparant	kunststof	2	0	5	2	0	5	nee	inhomogeen
VP270918.02	medicijnpotje + opdruk	deksel	wit met opdruk	kunststof	4	22	0	4	22	0	nee	inhomogeen
VP270918.02		potje	wit	kunststof-LDPE	17		0	5		0	nee	
VP250919.01	SMO casing, gold 1620	casing	goudkleurig	kunststof	3647	232	7	7	0	2	nee	
VP250919.02	GP casing yellow 2111	casing	geel	kunststof	1908	19	12	6	19	3	nee	
VP250919.04	TS casing white 72	casing	wit	kunststof	17	32	0	3	32	0	nee	
VP250919.05	TS casing cream 30	casing	roomkleurig	kunststof	264	21	6	11	21	6	nee	
VP250919.06	ML tube/bags green 25	casing	groen	kunststof	2	0	1	2	0	1	ja	
VP250920.01	Sushi schaalte	schaalte	zwart met gouden opdruk	kunststof	2		0	2		0	nee	inhomogeen
VP250920.02	comp. tray, code 449080	schaalte	zwart	kunststof	283	0	85	1	0	0	nee	
VP250920.03	puntzak	gekl. deel	geel/rood	kunststof	36600	31187	30845	26320	26189	25830	nee	inhomogeen
VP250920.03		transp. deel	transparant	kunststof	107		110	57		89	nee	
VP250920.04	puntzak	gekl. deel	groen	kunststof	31589	20541	27142	23510	17792	23252	nee	inhomogeen
VP250920.04		transp. deel	transparant	kunststof	34		46	20		36	nee	
VP250920.05	verp. vleeswaren	zak	wit met opdruk	kunststof	708	79	510	518	79	422	nee	inhomogeen
VP250920.06	verp. kaas	zak	wit met opdruk	kunststof	775	395	529	459	395	436	nee	inhomogeen
VP250920.07	tas (blauw+gouden lelies)	tas	blauw met opdruk	kunststof-LDPE	289	71	221	163	71	180	nee	inhomogeen
VP250920.08	tas (groen+witte banen)	tas	groen/wit	kunststof	5613	1684	4256	3746	1410	3694	nee	inhomogeen
VP250920.09	tas	tas	groen	kunststof	6385	1412	5017	3860	1060	4082	nee	
VP021021.01	verp. + plakstrip	zak	roze met opdruk	kunststof-LDPE	146	662	124	86	151	102	nee	inhomogeen
<i>tweede meting met Niton</i>						100			100			

Bijlage 4: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Som Cd, Hg, Cr, Pb			Som Cd, Hg, Pb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP021022.01	bindstrip	strip	bruin/grijs	kunststof	174	132	179	149	132	155	nee	
VP021022.02	bindstrip	strip	bruin/grijs	kunststof	214	1033	327	214	184	317	nee	
<i>tweede meting met Niton</i>						1708			248			
VP021022.03	wikkel, geweven struct.	wikkel	grijs	kunststof	42		25	24		20	nee	
VP051023.01	bliester	bliester	transparant	kunststof	3		11	3		11	ja	
VP051023.02	verp. scartstekker	bliester	transparant	kunststof	4	246	0	4	246	0	nee	niet vlak/inhoud
<i>tweede meting met Niton</i>						16			16			
VP051023.02		karton	meerkleurig	bedrukt karton	46			12			nee	
VP051023.03	deksel	deksel	rood met opdruk	metaal	354	1098		50	1098		nee	ijzer
VP051024.01	dop spuitbus	dop	geel	kunststof	4	378	0	4	378	0	nee	
<i>tweede meting met Niton</i>						426			426			
VP051024.02	pot Wipes	deksel	rood	kunststof	4108	2046	4070	2965	1580	3398	nee	laagdikte
VP051024.02		pot	meerkleurig	kunststof-PE	1		1	1		1	nee	

Toelichting op de opmerkingen: zie eind Bijlage 3.

Bijlage 5. Gemeten gehalten aan koper, molybdeen en antimoon in de bemonsterde verpakkingen

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cu			Mo			Sb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP290801.01	pot oploskoffie	deksel	bruin/goudkleurig	kunststof-PS	14430	8448	10902	<13	<18	<1,0	6	<44		Nee	
VP290801.01		pot	transparant	glas	15			<24			7			Nee	
VP290801.02	fles curry	deksel	rood	kunststof	3	<58	<1,3	<10	<14	<1,0	14	<55		nee	niet vlak
VP290801.02		fles	rood	kunststof	0			<11			12			nee	
VP290801.03	pot mayonaise	deksel	groen	kunststof-PP	374	420	251	<11	22	<1,0	15	<73		nee	
VP290801.03		pot	transparant	glas	17			<27			<5,1			nee	
VP290801.04	kruidenpot	deksel	blauw	kunststof-PP	238	536	159	<12	<19	<1,0	13	<95		nee	
VP290801.04		pot	transparant	glas	22			<23			8			nee	
VP290801.05	jampot	deksel	groen/rood	metaal	1057	<885		<120	<79		<13	<90		nee	ijzer
VP290801.05		pot	transparant	glas	15			<25			<4,7			nee	
VP290801.06	milkshake	beker	wit met opdruk	kunststof-PP	57	<111	15	<13	90	<1,0	6	<74		nee	inhomogeen
VP290801.07	snoepzak	zak	meerkleurig	kunststof	46	<210	32	<36	58	<1,0	27	<165		nee	inhomogeen
VP290801.08	chipszak	zak	meerkleurig	kunststof met aluminium	286	100	164	57	37	95	<12	<118		nee	inhomogeen
VP290801.09	pot kofficream	deksel	bruin/goudkleurig	kunststof-PP	8555	<142	6509	<12	<26	<1,0	12	<88		nee	inhomogeen
VP290801.09		pot	bruin	glas	34			<22			12			nee	
VP030902.01	hoes picknickdecken	band	bruin	kunststof	11	<79	1,6	67	<18	198	<9,6	<64		ja	laagdikte
VP030902.01		hoes	transparant	kunststof	3		<1,3	<22		2,3	<5,7			ja	
VP030902.02	plastic zak	zak	rood	kunststof	<2,9	<68	6,4	311	674	513	174	<91		nee	
VP030902.03	verp. zonnenscherm	karton	meerkleurig	bedrukt karton	28			<23			<5,3			nee	
VP030902.03		zak	transparant	kunststof	<2,2	<75	<1,3	<25	<17	6,5	<5,4	<90		ja	Pb-verf
VP030902.04	verp. slinger	zak	transparant	kunststof	8	<49		<19	24		13	<53		nee	Pb-verf
VP030902.04		strook	meerkleurig	kunststof	155		48	<25		<1,0	14			nee	
VP030902.04		strook	wit	kunststof	93		1,8	<19		<1,0	6			nee	
VP030902.05	verp. hoedroogmolen	zak	transparant	kunststof	0	<51	<1,3	<16	14	<1,0	17	<73		nee	Pb-verf
VP030902.05		hengsel	wit	kunststof-PP	1			<11			12			nee	

Bijlage 5: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cu			Mo			Sb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP030902.06	hengsel tas Blokker	hengsel	oranje	kunststof-LDPE	1	<53	<1,3	<15	13	<1,0	20	<55		nee	Pb-verf
VP030902.07	verp. schorten	zak	transparant	kunststof	1	57	<1,3	<19	<11	<1,0	<5,5	<88		nee	Pb-verf
VP030902.08	verp. wildschaar	deleetui	blauw	kunststof	178		182	<23		<1,0	<4,3			ja	
VP030902.08		deleetui	transparant	kunststof	<2,3	<132	<1,3	<20	<26	<1,0	8	<79		ja	Pb-verf
VP030902.08		deleetui	zwart	kunststof	2			<29			64			ja	
VP030902.09	verp. douchegordijn	hengsel	wit	kunststof	<1,0	60		<11	<12		15	<69		nee	Pb-verf
VP030902.09		karton	meerkleurig	bedrukt karton	45			<24			<6,0			nee	
VP030902.09		zak	transparant	kunststof	1		3,2	<13		<1,0	15			nee	
VP030902.10	verp. straalbreker	karton	meerkleurig	bedrukt karton	35			<21			7			nee	
VP030902.10		bliester	transparant	kunststof	6	67	1,9	<14	<15	<1,0	12	<79		nee	Pb-verf
VP030902.11	verp. aansteker	karton	meerkleurig	bedrukt karton	49			<20			<5,0			nee	
VP030902.11		bliester	transparant	kunststof	5	<17	1	<22	<69	<1,0	<5,2	<71		ja	Pb-verf
VP040903.01	verp. Omnivat vitaminen	deksel	oranje	kunststof	3	<89	<1,3	<13	<17	<1,0	297	408		nee	
VP040903.01		buisje	meerkleurig	kunststof	3			<13			12			nee	
VP040903.02	verp. knoflooktabletten	deksel	wit met opdruk	kunststof	3	<118	1,4	<16	31	<1,0	29	<147		nee	
VP040903.02		potje	groen met opdruk	kunststof-HDPE	120			<12			9			nee	
VP040903.03	verp. tandenborstel	karton	meerkleurig	bedrukt karton	137			<24			9			nee	
VP040903.03		bliester	transparant	kunststof	8	<73	<1,3	<24	<20	<1,0	<4,1	<69		ja	niet vlak
VP120904.01	folie op rollen	folie	oranje	kunststof-PE	<2,2	69	<1,3	71	201	128	63	102		nee	
tweede meting met Niton						55			199						
VP120904.02	folie op rollen	folie	rood	kunststof-PE	2	71	<1,3	<17	<14	5,3	16	<91		nee	
VP120904.03	folie op rollen	folie	blauw	kunststof-PE	235	297	132	<11	<15	<1,0	9	<54		nee	
VP120905.01	dunne plaat, polyvelour	plaat	rood	kunststof	2	<54	<1,3	52	164	68	44	104		nee	laagdikte
VP120905.02	dunne plaat, polystyreen	plaat	zwart	kunststof-PS	1	<62	<1,3	<9,0	43	2,5	19	<45		nee	laagdikte
VP120906.01	plantenbakjes	bliester	groen	kunststof-PET	6	<36	3,1	<12	17	<1,0	122	371		nee	
VP120906.02	plantenbakjes	bliester	transparant	kunststof-PET	<0,7	39	<1,3	<8,5	27	<1,0	107	362		nee	
VP170907.01	tas Intratuin	tas	groen	kunststof	38	170	17	<18	<10	<1,0	13	<57		nee	inhomogeen

Bijlage 5: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cu			Mo			Sb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP170907.02	papier	papier	wit	papier	15	<58	6,5	<35	<13	<1,0	17	<122		nee	
VP170907.03	verp. bloemen	zak	donkerblauw	kunststof	2036	1809	808	47	223	67	7	<56		nee	inhomogeen
VP170907.03		zak	lichtblauw	kunststof	298	1809		<16	223		5	<56		nee	inhomogeen
VP170908.01	folie	folie	transparant	kunststof	3	63	1,7	<26	<9	2,1	<7,7	<51		nee	
VP170908.02	folie	folie	meerkleurig	kunststof	179	<55	91	<23	35	<1,0	<5,2	<37		nee	inhomogeen
VP190914.01	tas	tas	goudkl. met opdruk	kunststof-LDPE	32610	25395	15903	<22	<11	2,1	8	<52		nee	inhomogeen
VP190914.02	tas	tas	transp. met opdruk	kunststof	129	<47	90	<31	20	<1,0	<7,7	<46		nee	inhomogeen
VP190914.03	tas BBA	tas	wit met opdruk	kunststof-LDPE	2	60	3,0	<16	37	<1,0	4	<39		nee	inhomogeen
VP190914.04	tas DA	tas	wit met opdruk	kunststof	<6,6	<114	25	<39	15	19	<13	<69		nee	inhomogeen
VP190914.05	tas groenteman	tas	wit met opdruk	kunststof	<4,5	<114	22	<30	15	<1,0	<8,0	<69		nee	inhomogeen
VP190914.06	tas LIDOR	tas	geel met opdruk	kunststof	31	<195	15	<35	71	23	115	672		nee	inhomogeen
VP190914.07	tas Miries	tas	oranje met opdruk	kunststof-LDPE	78	<150	43	529	1690	920	252	658		nee	inhomogeen
VP190915.02	verp. Devres vloertegels	zak	geel	kunststof	<1,2	<130	<1,3	<12	<52	33	28	<132		nee	inhoud
<i>tweede meting met Niton</i>						90			<12						
VP190915.03	folie van isolatiemateriaal	folie	blauw met opdruk	kunststof	369	560	166	<18	<19	8,3	11	<91		nee	inhomogeen
VP190915.04	folie huisstijl	folie	transp. met opdruk	kunststof	133	<132	77	<13	<28	3,7	13	<100		nee	inhomogeen
VP200909.01	deel bigbag FIBC (oud)	bigbag	wit met groene opdruk	kunststof	20	<49	8,5	<22	<11	1,5	11	<51		nee	inhomogeen
VP200909.02	netzak Agrico	netzak	oranje met opdruk	kunststof	4	239	1,9	45	206	96	162	290		nee	open structuur
VP200909.03	netzak uien + sticker	sticker	meerkleurig	papier ***	30	<129	16	100	164	143	34	<52		nee	inhomogeen
VP200909.03		netzak	rood	kunststof	<3,6		<1,3	252		564	73			nee	open structuur
VP200909.04	deel bigbag FIBC(nieuw)	bigbag	wit met rood/zwarte opd.	kunststof	5		1,7	<28		76	29	<65		nee	inhomogeen
VP200909.05	netzak + koord (blauw)	netzak	oranje	kunststof	13	<83	5,1	<28	37	26	<5,6	<122		nee	open structuur

Bijlage 5: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cu			Mo			Sb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP210910.01	folie Craven	folie	meerkleurig	kunststof	308	179	163	<17	50	4,6	6	<63		nee	inhomogeen
VP210910.02	folie van Nelle	folie	meerkleurig	kunststof	262	158	144	<16	50	2,2	19	<57		nee	inhomogeen
VP210910.03	folie	folie	blauw/wit	kunststof	1387	1150	877	<15	77	1,4	12	<67		nee	inhomogeen
VP210911.01	wikkel Tawa	folie	meerkleurig	kunststof	157	155	92	<24	<16	7,3	<7,3	<195		nee	inhomogeen
VP200912.01	tas	tas	wit	kunststof	<4,7	<50	1,8	<31	21	<1,0	<8,2	<47		nee	
VP210913.01	klem voor palletband	klem	zwart	kunststof	6	111	2,5	<11	<13	<1,0	14	<79		nee	niet vlak
VP260916.01	zak wasknijpers met metalen ring	zak	transp. met opdruk	kunststof	1006	592	472	<20	<10	16	15	<37		nee	laagdikte
VP260916.02	zak beertje	zak	transp. met opdruk	kunststof	125	124	63	<18	25	2,3	12	<41		nee	inhomogeen
VP260916.03	zak balonnen	zak	transp. met opdruk	kunststof	106	<120	29	<24	<24	1,4	<5,5	<165		nee	inhomogeen
VP260917.02	verpakking stiften	etui	transparant	kunststof	<2,2	<97	<1,3	<25	<22	<1,0	<6,9	<83		ja	laagdikte
VP260917.02		karton	meerkleurig	karton	8		3,5	<30		<1,0	<10			nee	
VP270918.01	mondspoelopl. Senty	dop	wit	kunststof	3	<60	<1,3	<13	<15	<1,0	12	<106		nee	niet vlak
VP270918.01		flesje	transparant	kunststof	4	<66	2,4	<10	65	<1,0	100	<105		nee	inhomogeen
VP270918.02	medicijnpotje + opdruk	deksel	wit met opdruk	kunststof	1	<113	<1,3	<11	35	<1,0	8	<131		nee	inhomogeen
VP270918.02		potje	wit	kunststof-LDPE	1		<1,3	<12		<1,0	8			nee	
VP250919.01	SMO casing, gold 1620	casing	goudkleurig	kunststof	6	<34	<1,3	<32	19	<1,0	1025	283		nee	
VP250919.02	GP casing yellow 2111	casing	geel	kunststof	9	<52	<1,3	<27	32	<1,0	2496	560		nee	
VP250919.04	TS casing white 72	casing	wit	kunststof	<2,2	<50	<1,3	<26	58	<1,0	<5,6	<38		nee	
VP250919.05	TS casing cream 30	casing	roomkleurig	kunststof	3	<54	<1,3	<30	37	<1,0	564	311		nee	
VP250919.06	ML tube/bags green 25	casing	groen	kunststof	58	238	34	<21	<11	<1,0	5	<41		ja	
VP250920.01	Sushi schaalte	schaalte	zwart met gouden opdruk	kunststof	158	<73	84	<12	<15	<1,0	7	<56		nee	inhomogeen
VP250920.02	comp. tray, code 449080	schaalte	zwart	kunststof	5	<225	1,7	<13	<31	<1,0	8	<64		nee	
VP250920.03	puntzak	gekl. deel	geel/rood	kunststof	<3,9	<225	<1,3	61	183	127	15	<66		nee	inhomogeen
VP250920.03		transp. deel	transparant	kunststof	2		<1,3	<20		5,3	<5,0			nee	

Bijlage 5: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cu			Mo			Sb			Cl	opmerkingen
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	XRF XEPOS	
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg		
VP250920.04	puntzak	gekl. deel	groen	kunststof	320	124	231	<21	<17	2,6	<5,7	<82		nee	inhomogeen
VP250920.04		transp. deel	transparant	kunststof	2		<1,3	<19		<1,0	14			nee	
VP250920.05	verp. vleeswaren	zak	wit met opdruk	kunststof	<4,6	<90	10	<26	40	<1,0	<8,5	<42		nee	inhomogeen
VP250920.06	verp. kaas	zak	wit met opdruk	kunststof	<3,9	<180	4,7	<25	42	<1,0	<7,8			nee	inhomogeen
VP250920.07	tas (blauw+gouden lelies)	tas	blauw met opdruk	kunststof-LDPE	2041	602	964	<14	16	<1,0	16	<32		nee	inhomogeen
VP250920.08	tas (groen+witte banen)	tas	groen/wit	kunststof	223	92	103	<27	<12	<1,0	9	<56		nee	inhomogeen
VP250920.09	tas	tas	groen	kunststof	142	<60	57	<17	<13	<1,0	66	<41		nee	
VP021021.01	verp. + plakstrip	zak	roze met opdruk	kunststof-LDPE	<1,0	55	<1,3	<14	16	3,0	13	<18		nee	inhomogeen
<i>tweede meting met Niton</i>						70			<11						
VP021022.01	bindstrip	strip	bruin/grijs	kunststof	86	<130	61	<28	27	2,0	<6,1	<58		nee	
VP021022.02	bindstrip	strip	bruin/grijs	kunststof	155	217	203	<86	59	<1,0	<14	<120		nee	
<i>tweede meting met Niton</i>						<180			<60						
VP021022.03	wikkel, geweven struct.	wikkel	grijs	kunststof	19		7,3	<25		<1,0	9			nee	
VP051023.01	bliester	bliester	transparant	kunststof	<2,4	<55	<1,3	<26	50	<1,0	<4,7	<85		ja	
VP051023.02	verp. scartstekker	bliester	transparant	kunststof	<0,7	625	<1,3	<9,9	29	<1,0	112	<210		nee	niet vlak/inhoud
<i>tweede meting met Niton</i>						<55			<14						
VP051023.02		karton	meerkleurig	bedrukt karton	88			<22			6			nee	
VP051023.03	deksel	deksel	rood met opdruk	metaal	122	<1800		<130	265		<16	<165		nee	ijzer
VP051024.01	dop spuitbus	dop	geel	kunststof	<0,9	<150	<1,3	<9,6	<26	10	13	<120		nee	
<i>tweede meting met Niton</i>						55			<39						
VP051024.02	pot Wipes	deksel	rood	kunststof	<1,1	47	<1,3	98	103	170	104	<64		nee	laagdikte
VP051024.02		pot	meerkleurig	kunststof-PE	2		3,6	<14		<1,0	13			nee	

Toelichting op de opmerkingen: zie eind Bijlage 3.

Bijlage 6. Gemeten gehalten aan chloor, titanium, chroom, koper, zink, molybdeen en antimoon in enkele deelmonsters

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cr				Cu			
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	INAA	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	INAA
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
VP290801.04	kruidenpot	pot	transparant	glas	425			30	22			<94
VP290801.09	pot koffiëcreamer	pot	bruin	glas	572			315	34			<110
VP030902.01	hoes picknickdeken	band	bruin	kunststof	1595	<195	1853	1680	11	<79	1,6	<130
VP030902.02	plastic zak	zak	rood	kunststof	5282	1600	1977	2020	<3	<68	6,4	<82
VP030902.04	verp. slinger	strook	wit	kunststof	20		<2,5	<11	93		1,8	<10
VP190914.06	tas LIDOR	tas	geel met opdruk	kunststof	5476	2120	2249	2360	31	<195	15	16
VP200909.02	netzak Agrico	netzak	oranje met opdruk	kunststof	6818	1829	1935	1920	4	239	1,9	<5,6
VP200909.03	netzak uien + sticker	netzak	rood	kunststof	8097		2486	2600	<3,6		<1,3	6
VP200909.05	netzak + koord (blauw)	netzak	oranje	kunststof	4027	1300	992	1050	13	<83	5,1	<27
VP250919.01	SMO casing, gold 1620	casing	goudkleurig	kunststof	3640	232	5	1080	6	<34	<1,3	<43
VP250919.02	GP casing yellow 2111	casing	geel	kunststof	1902	<126	9	868	9	<52	<1,3	<5,9
VP250919.05	TS casing cream 30	casing	roomkleurig	kunststof	253	<122	<2,5	87	3	<54	<1,3	60
VP250920.03	puntzak	gekl. deel	geel/rood	kunststof	10280	4998	5015	5660	<3,9	<225	<1,3	<7,7
VP250920.09	tas	tas	groen	kunststof	2525	352	935	889	142	<60	57	92

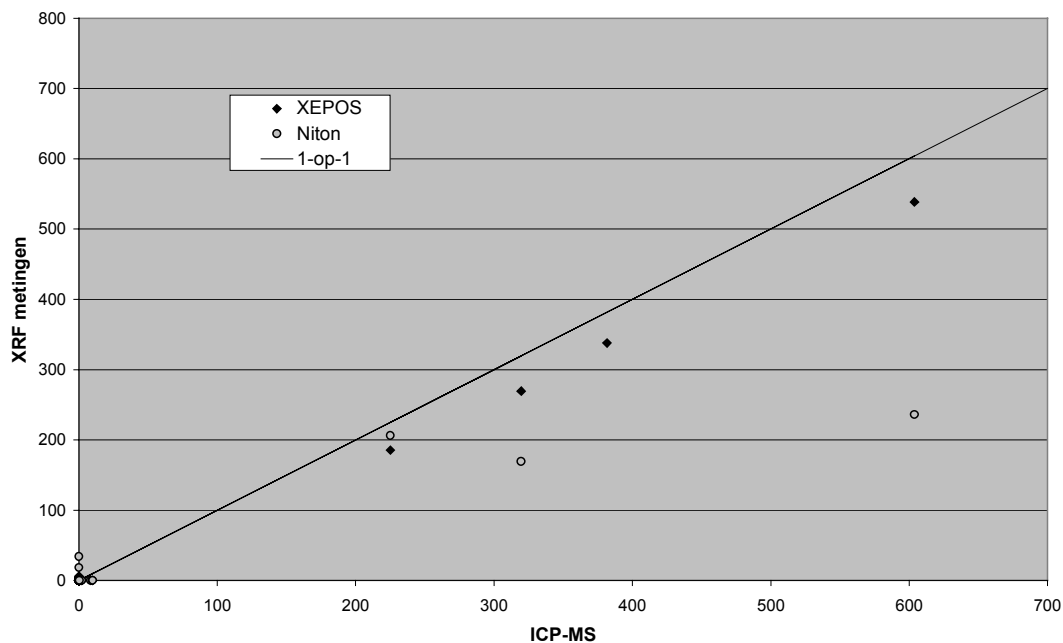
Bijlage 6: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Mo				Sb			
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	INAA	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	INAA
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
VP290801.04	kruidenpot	pot	transparant	glas	<23			<21	8			9
VP290801.09	pot kofficream	pot	bruin	glas	<22			<25	12			11
VP030902.01	hoes picknickdeken	band	bruin	kunststof	67	<18	198	181	<10	<64		9
VP030902.02	plastic zak	zak	rood	kunststof	311	674	513	633	174	<91		395
VP030902.04	verp. slinger	strook	wit	kunststof	<19		<1,0	<0,4	6			2
VP190914.06	tas LIDOR	tas	geel met opdruk	kunststof	<35	71	23	39	115	672		329
VP200909.02	netzak Agrico	netzak	oranje met opdruk	kunststof	45	206	96	130	162	290		405
VP200909.03	netzak uien + sticker	netzak	rood	kunststof	252		564	684	73			17
VP200909.05	netzak + koord (blauw)	netzak	oranje	kunststof	<28	37	26	24,6	<6	<122		236
VP250919.01	SMO casing, gold 1620	casing	goudkleurig	kunststof	<32	19	<1,0	<54	1025	283		2810
VP250919.02	GP casing yellow 2111	casing	geel	kunststof	<27	32	<1,0	<74	2496	560		6250
VP250919.05	TS casing cream 30	casing	roomkleurig	kunststof	<30	37	<1,0	<35	564	311		1430
VP250920.03	puntzak	gekl. deel	geel/rood	kunststof	61	183	127	173	15	<66		3
VP250920.09	tas	tas	groen	kunststof	<17	<13	<1,0	<1,8	66	<41		127

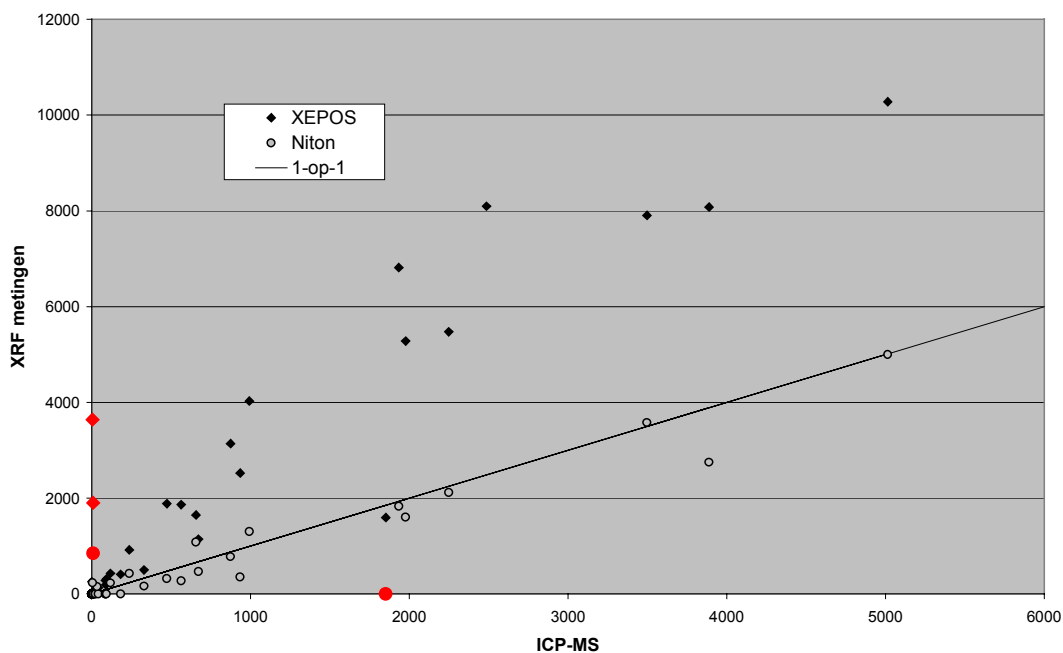
Bijlage 6: vervolg

Monstercode	Omschrijving artikel	Omschrijving deelmonster			Cl				Ti				Zn			
					XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	INAA	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	INAA	XRF XEPOS	XRF Niton	ICP-MS	INAA
		voorwerp	kleur	materiaal	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
VP290801.04	kruidenpot	pot	transparant	glas	262			281	321			370	50			<350
VP290801.09	pot kofficream	pot	bruin	glas	212			189	166			<430	109			<410
VP030902.01	hoes picknickdeken	band	bruin	kunststof	170500			266000	2370			1	349	<50		395
VP030902.02	plastic zak	zak	rood	kunststof	81			2130	2879			613	52	192		45
VP030902.04	verp. slinger	strook	wit	kunststof	2471			50	63850			14900	14			5
VP190914.06	tas LIDOR	tas	geel met opdruk	kunststof	81			110	12500			4190	34	<165		<2
VP200909.02	netzak Agrico	netzak	oranje met opdruk	kunststof	<7			59	491			134	66	530		35
VP200909.03	netzak uien + sticker	netzak	rood	kunststof	<7			46	58			9	6	288		<13
VP200909.05	netzak + koord (blauw)	netzak	oranje	kunststof	58			30	3693			626	52	<330		30
VP250919.01	SMO casing, gold 1620	casing	goudkleurig	kunststof	237			<38	70850			14800	7	<20		<240
VP250919.02	GP casing yellow 2111	casing	geel	kunststof	106			<37	95880			36700	19	<25		<310
VP250919.05	TS casing cream 30	casing	roomkleurig	kunststof	364			85	104300			23000	22	<25		<170
VP250920.03	puntzak	gekl. deel	geel/rood	kunststof	<6			67	311			43	3	343		<8,2
VP250920.09	tas	tas	groen	kunststof	1992			789	12630			3530	20	<145		14,4

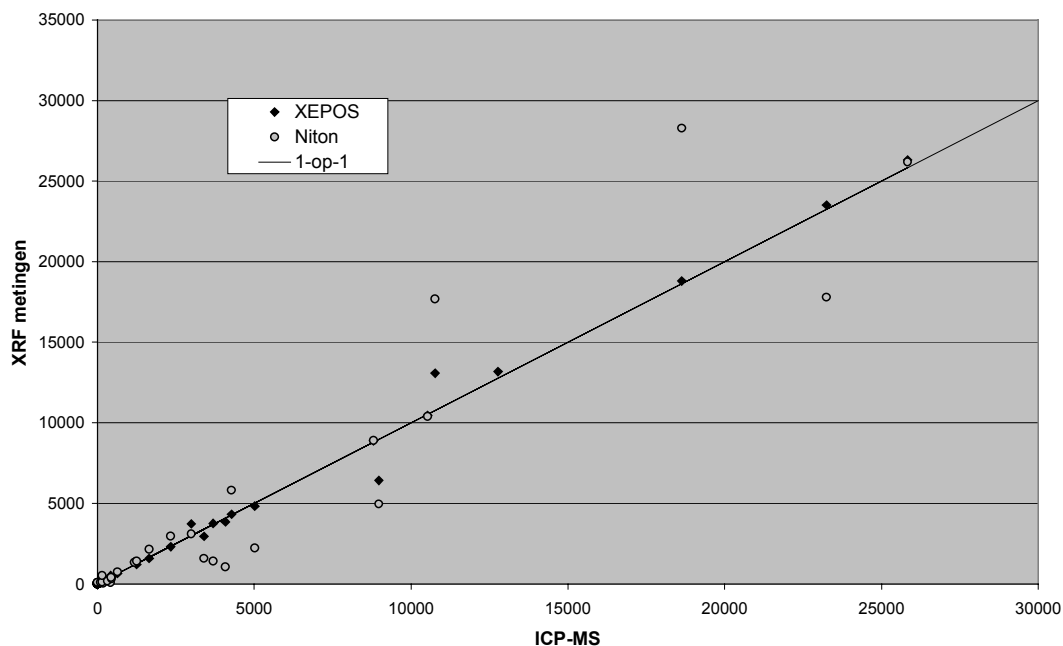
Bijlage 7. Figuren t.b.v. de vergelijking van de analysemethoden



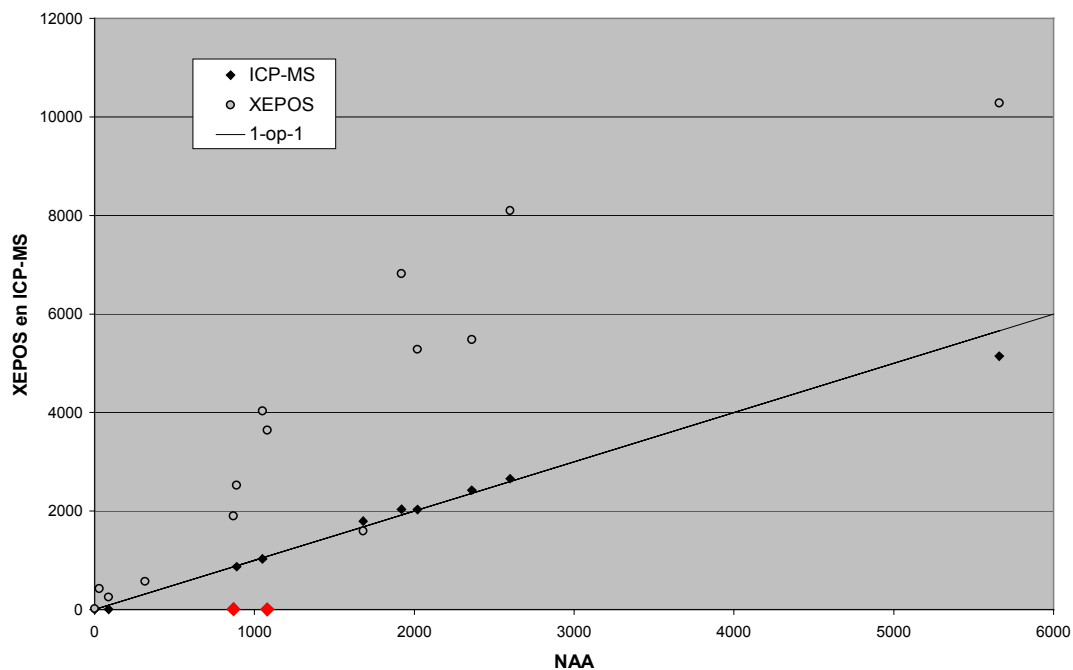
Figuur B7.1. Analyseresultaten voor cadmium (in mg/kg), gemeten met de XRF methoden en de ICP-MS analyse.



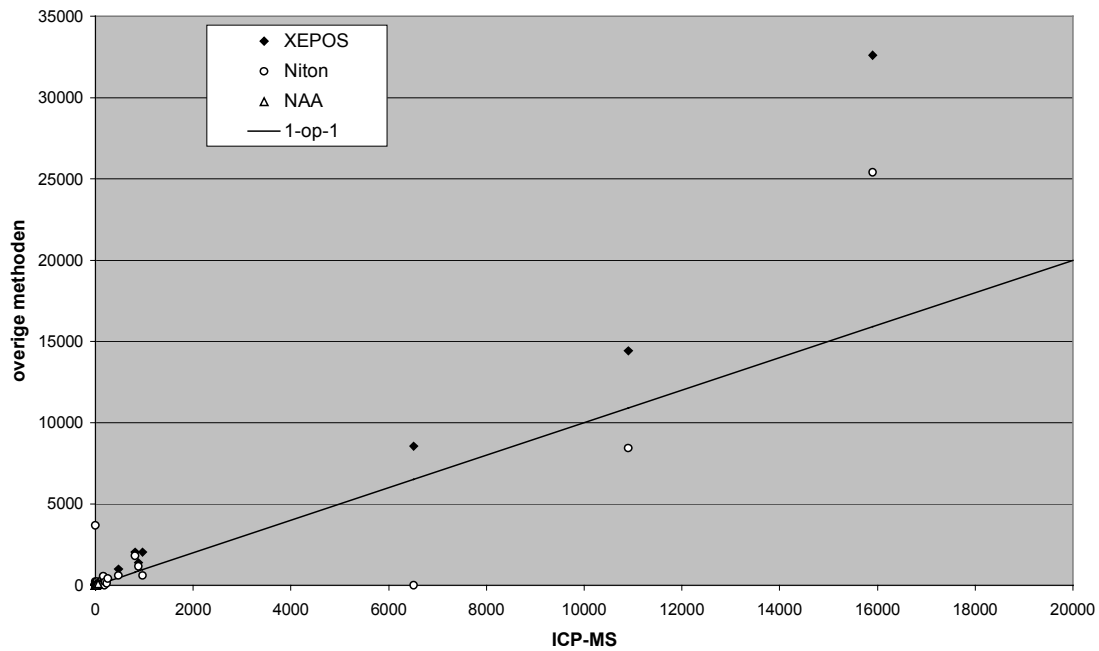
Figuur B7.2. Analyseresultaten voor chroom (in mg/kg), gemeten met de XRF methoden en de ICP-MS analyse.



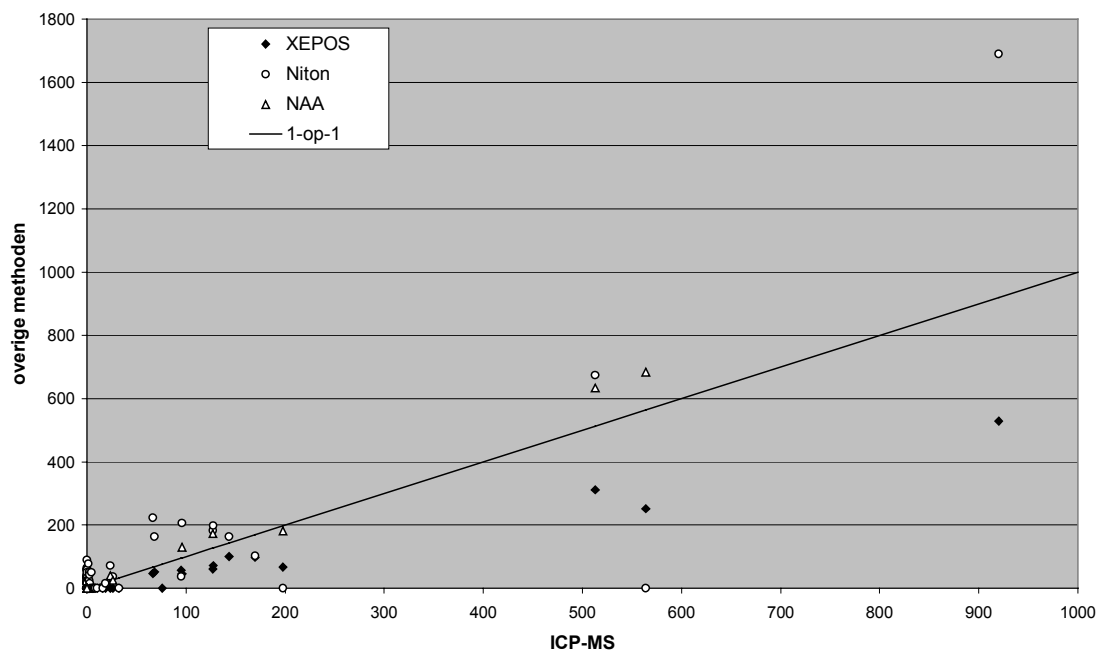
Figuur B7.3. Analyseresultaten voor lood (in mg/kg), gemeten met de XRF methoden en de ICP-MS analyse.



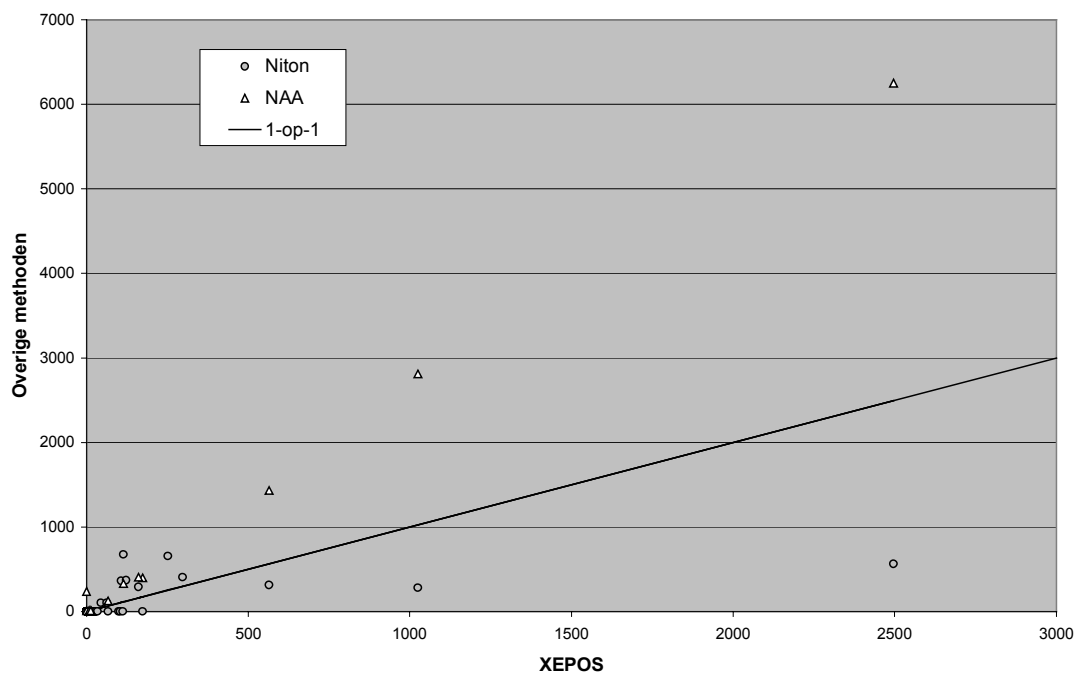
Figuur B7.4. Analyseresultaten voor chroom (in mg/kg), gemeten met de XEPOS en de ICP-MS analyse uitgezet tegen de resultaten van de INAA analyse.



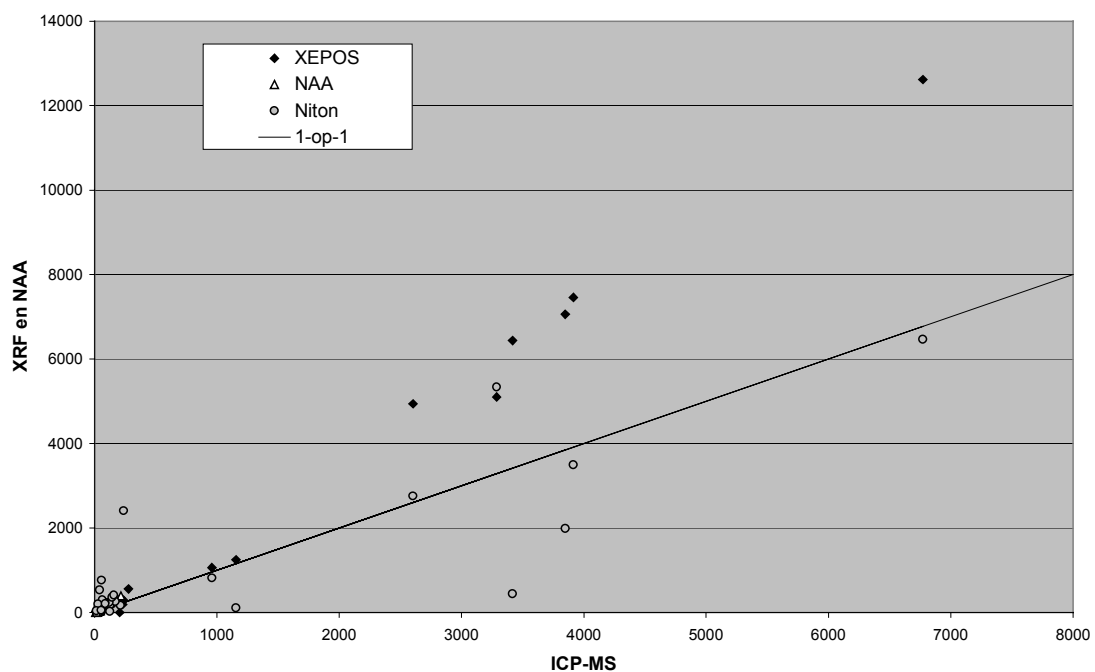
Figuur B7.5. Analyseresultaten voor koper (in mg/kg), gemeten met de XEPOS, de Niton en met INAA uitgezet tegen de resultaten van de ICP-MS analyse.



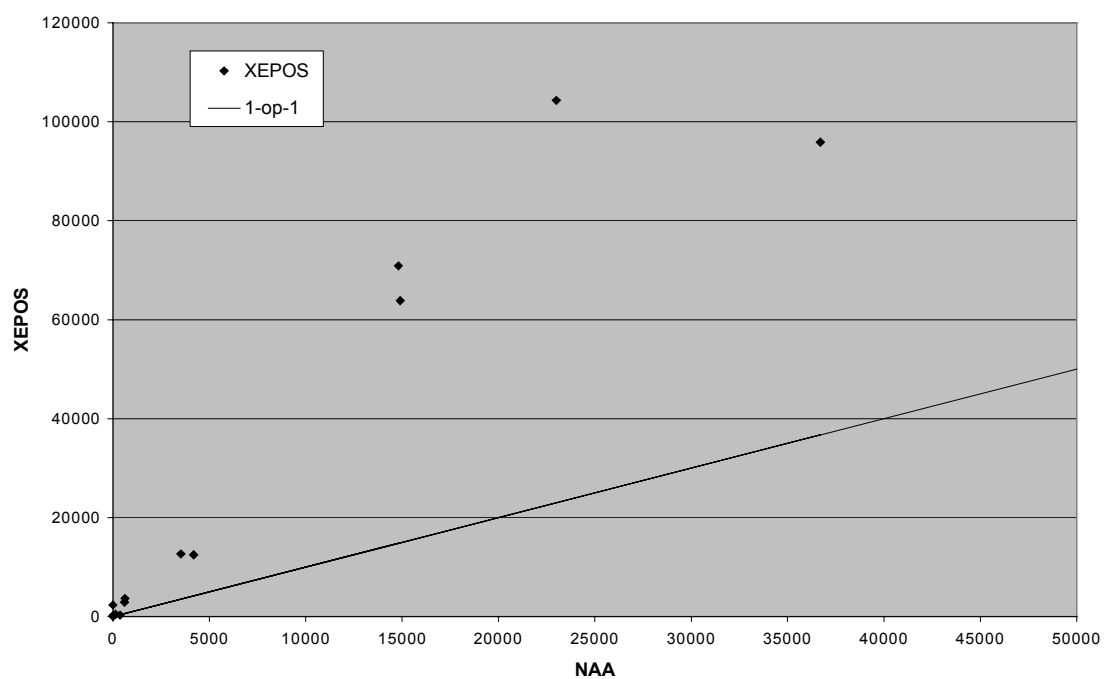
Figuur B7.6. Analyseresultaten voor molybdeen (in mg/kg), gemeten met de XEPOS, de Niton en de INAA analyse uitgezet tegen de resultaten van de ICP-MS analyse.



Figuur B7.7. Analyseresultaten voor antimoon (in mg/kg), gemeten met de Niton en met INAA uitgezet tegen de resultaten van de XEPOS.



Figuur B7.8. Analyseresultaten voor zink (in mg/kg), gemeten met de XEPOS, de Niton en de INAA analyse uitgezet tegen de resultaten van de ICP-MS analyse.



Figuur B7.9. Analyseresultaten voor titanium (in mg/kg), gemeten met de XEPOS uitgezet tegen de resultaten van de INAA analyse.

Verzendlijst

1. H.A.M.A. de Vries, Regionaal Inspecteur VROM-Inspectie Regio Oost
2. P. Bareman, VROM-Inspectie Regio Oost
- 3-17. VROM-Inspectie Regio Oost
18. J.P. Smit, VROM-Inspectie Regio Noord
19. H. Vergoossen, VROM-Inspectie Regio Zuid
20. J. van Mierlo, VROM-Inspectie Regio Noordwest
21. F. Wetsteijn, VROM-Inspectie Regio Noordwest
22. K. van Hees, VROM-Inspectie Regio Zuidwest
23. P. Visser, VROM-Inspectie Regio Zuidwest
24. C.J.M. van den Bogaard, VROM-Inspectie Accountmanagement
25. V. Timmermans, VITO, Mol, België
26. M. van Holderbeke, VITO, Mol, België
27. C. Vanhoof, VITO, Mol, België
28. K. Tirez, VITO, Mol, België
29. H.A.P.M. Pont, directeur RIVM
30. G. de Mik, directeur sector MEV
31. J.J.G. Kliest
32. H.J. van de Wiel
33. M.H. Broekman
34. N.J.C. van Belle
35. S. van Dijk
36. T. Knol-de Vos
37. R. Ritsema
38. J.A. Hoekstra
39. H. Verhagen
40. P.J. Meijer
41. D. Beker
42. E. Schols
- 43-48. Auteurs
- 49-58. SBC/Voorlichting
59. Bibliotheek RIVM
60. Bureau Rapporten Registratie
- 61-70. Bureau Rapportenbeheer
71. Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie