

**Gecombineerde verwerking van zink- en
loodhoudende afvalstoffen in het oxysmeltproces
van Budelco**

Referentienummer 92-399
Dossiernummer 112322-24188
Datum december 1992
NP

Auteurs
ir. C.L. van Deelen
ir. J.I.A. Koene
ir. A.C. van Mameren

Met medewerking van
ing. R.K. Zijlstra

Trefwoorden
— jarosiet
— afvalstoffen (Zn- en Pb-houdend)
— oxysmeltproces
— Budelco

Bestemd voor
Ministerie van VROM
Directie Afvalstoffen
T.a.v. ing. J.H. Lith
Afdeling Verwijderingstechnologie

Samenvatting

In opdracht van het Ministerie van VROM, Directie Afvalstoffen, Afdeling Verwijderingstechnologie, is door de Afdeling Milieutechnologie van IMET-TNO, een studie verricht naar de technische mogelijkheden van gezamenlijke verwerking van jarosiet en andere metaalhoudende afvalstoffen in het oxysmeltproces. Achtergrond van de studie is dat, door gezamenlijke verwerking van afvalstoffen de economische haalbaarheid van verwerking van jarosiet mogelijk zou kunnen worden vergroot.

Het onderzoek bestond uit een aantal onderdelen. Allereerst is door TNO nagegaan welke afvalstoffen in principe in aanmerking komen voor gezamenlijke verwerking met jarosiet in het oxysmeltproces. Van de 32 potentieel geschikte afvalstoffen zijn gegevens verzameld over onder andere jaarproductie, historische lasten en chemische en fysische samenstelling.

Aan de hand van deze gegevens zijn de 32 afvalstoffen vervolgens door Budelco beoordeeld op inzetbaarheid in het oxysmeltproces, waarbij een indeling is gemaakt in 3 categorieën:

1. Aantrekkelijke afvalstoffen voor verwerking in het oxysmeltproces.
2. Mogelijk verwerkbare afvalstoffen in het oxysmeltproces.
3. Onaantrekkelijke afvalstoffen voor verwerking in het oxysmeltproces.

Uit de studie blijkt, dat 13 afvalstoffen zich in principe goed lenen voor verwerking in het oxysmeltproces (categorie 1).

De belangrijkste afvalstoffen uit deze categorie zijn: zinkrijk hoogovengasstof, secundair stof uit de staalfabrieken, elektro-ovenstof, koepelovenstof, slakken uit de zinkoxydeproductie, rayonslib en assen die vrijkomen bij de verbranding van chemisch afval. In totaal gaat het om een hoeveelheid van minimaal 60.000 t/jr, waarvan 33.000 t/jr chemisch afval, die met het oxysmeltproces verwerkt zou kunnen worden. Bij deze hoeveelheden is er van uitgegaan dat ook in de toekomst geen oxykalkslik zal worden geproduceerd. Daarnaast is er sprake van tenminste $20 \cdot 10^6$ ton aan historische lasten van afvalstoffen uit deze categorie.

In zijn algemeenheid kan verder worden geconcludeerd, dat verwerking van afvalstoffen in het oxysmeltproces te allen tijde ten koste zal gaan van de doorzet van jarosiet, maar dat de mate waarin dat gebeurt niet eenvoudig is te voorspellen en afhankelijk is van de samenstelling van de afvalstof. Daarnaast wordt geconcludeerd, dat het zwaveldioxidegehalte van de afgassen van de Flash Smelter zich dicht bij het vereiste minimum bevindt, waardoor de inzet van andere afvalstoffen niet zonder meer mogelijk is. Het toevoegen van (afval)zwavel zou eventueel overwogen kunnen worden.

Tenslotte wordt vastgesteld, dat de aanwezigheid van chloriden in afvalstoffen additionele voorzieningen en dus extra investeringen zouden vereisen. Het is nog niet duidelijk of de chloriden op adequate wijze zouden kunnen worden opgewerkt tot afzetbare producten.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	4
2	Uitvoering van het onderzoek	5
2.1	Inventarisatie van andere, mogelijk verwerkbare afvalstoffen	5
2.2	Toetsingscriteria	5
2.2.1	Algemene criteria	6
2.2.2	'Unit Operation' criteria	6
2.3	Toetsing van geschiktheid en categorie-indeling van de afvalstoffen	6
3	Discussie en conclusies	8
4	Verantwoording	9

Bijlagen

1. *Lijst van potentieel geschikte afvalstromen voor verwerking in het oxysmeltproces van Budelco*
2. *Geselecteerde afvalstromen*
3. *Commentaar van Budelco*
4. *Referenties*

1 Inleiding

Door het Ministerie van VROM, Directie Afvalstoffen, Afdeling Verwijderingstechnologie, is recentelijk het zogenaamde T-2000 programma opgezet, met als doelstelling perspectiefrijke technologische oplossingen te bieden voor het verwerken van prioritaire afvalstoffen. Eén van de onderdelen van dit T-2000 programma is toegespitst op de verwerking van afvalstoffen langs hydro- en pyrometallurgische weg. Het programma van dit onderdeel richt zich primair op de terugwinning en het hergebruik van metalen uit metaalhoudende afvalstoffen waarvoor op dit moment nog geen geschikte verwerkingsmethode voorhanden is.

Een prioritaire afvalstof, die momenteel sterk in de belangstelling staat is jarosiet, een bijproduct dat vrijkomt bij de elektrolytische zinkproductie. Eén van de weinige processen, waarmee jarosiet verwerkt kan worden, is het zogenaamde 'oxysmeltproces', een twee-traps pyrometallurgisch proces. Hierbij worden de relatief vluchtige componenten, zoals zink, lood en arseen door verdamping uit het jarosiet verwijderd. De uit het jarosiet verwijderde metalen, vooral zink en lood, kunnen in hoge mate worden opgewerkt tot hoogwaardige produkten. De slak uit het oxysmeltproces heeft een zodanige kwaliteit, dat deze naar verwachting als gebonden toepassing kan worden ingezet in bouwmaterialen, afhankelijk van toekomstige eisen, zoals gesteld in het Bouwstoffenbesluit in het kader van de Wet Bodembescherming.

De investeringskosten van het oxysmeltproces zijn echter zeer hoog en het proces is derhalve zeer duur in de exploitatie. Verwerking van andere zink- en loodhoudende afvalstoffen zou de kans op daadwerkelijke realisatie van het oxysmeltproces kunnen doen toenemen, vooral omdat hiermee mogelijk voor een deel tegemoet wordt gekomen aan de hoge kosten in geval van verwerking van alleen jarosiet.

Het doel van het onderzoek was te inventariseren welke afvalstoffen, anders dan jarosiet, geschikt zouden zijn voor gezamenlijke verwerking in het oxysmeltproces. Achtergrond hiervan is, dat hierdoor de economische haalbaarheid van verwerking van jarosiet mogelijk zou kunnen worden vergroot.

In het onderzoek is de nadruk vooral komen te liggen op het inventariseren van de mogelijkheden van de verwerking van andere metaalhoudende afvalstoffen in combinatie met jarosiet, waarbij de opwerking van vervluchtigde metalen tot hoog-waardige produkten gewaarborgd moet blijven. De inventarisatie heeft zich gericht op het aangeven van de **technische** mogelijkheden en belemmeringen van verwerking in het oxysmeltproces en niet op de economische, organisatorische en vergunningtechnische aspecten van de verwerking.

Afvalstoffen, die niet metaalhoudend zijn, maar om andere redenen in principe toegevoegd zouden kunnen worden aan het oxysmeltproces, zijn in dit onderzoek buiten beschouwing gebleven. Zo zijn afvalstoffen, die een functie als energiedrager hebben (zoals zuiveringsslib van rioolwaterzuiveringsinstallaties en afvalolie) of afvalstoffen, die als fluxmateriaal (zoals baggerspecie) toegevoegd zouden kunnen worden, niet geïnventariseerd.

2 Uitvoering van het onderzoek

Het onderzoek bestond uit de volgende onderdelen: allereerst is een inventarisatie uitgevoerd van in Nederland vrijkomende afvalstoffen, die geschikt zouden kunnen zijn voor verwerking in het oxysmeltproces van Budelco. De op de datasheets vermelde gegevens per afvalstof zijn vervolgens door Budelco beoordeeld aan de hand van criteria van algemene aard en criteria van procestechnische aard. Het commentaar van Budelco is integraal als **bijlage 3** in dit rapport opgenomen, met dien verstande dat, met instemming van Budelco, door TNO enkele wijzigingen cq. aanvullingen zijn aangebracht. Tenslotte zijn op basis van deze criteria de afvalstoffen in drie categoriën ingedeeld. Daarbij is per afvalstof aangegeven wat de consequenties van de verwerking van een bepaalde afvalstof zouden zijn.

2.1 Inventarisatie van andere, mogelijk verwerkbare afvalstoffen

De inventarisatie was gericht op metaalhoudende chemische zink- en/of loodbevattende afvalstoffen, waarvoor op dit moment nog geen geschikte verwerkingsmethoden beschikbaar zijn en die in relatief grote hoeveelheden elders in Nederland vrijkomen. Een 32-tal potentieel geschikte afvalstoffen in hoeveelheden van bij voorkeur meer dan 100 ton/jaar, zijn geïnventariseerd (zie **bijlage 1**).

Metaalhoudende afvalstoffen, die de metalen zink en lood niet, of slechts in geringe mate bevatten (als criterium kunnen de WCA-grenswaarden worden gehanteerd), zijn slechts in beperkte mate in beschouwing genomen.

Van de geselecteerde afvalstoffen werden de voornaamste gegevens, zoals de jaarproductie en de chemische en fysische samenstelling verzameld. Deze gegevens zijn noodzakelijk om de mogelijkheden van verwerking in het oxysmeltproces te kunnen beoordelen. De informatie werd verkregen uit bestaande literatuurbronnen, uit gegevensbestanden, waarover de Afdeling Milieutechnologie van TNO beschikt en via interviews met probleembezitters (zie opgave van referenties in **bijlage 4**). Van iedere afvalstof zijn de verzamelde gegevens verwerkt in datasheets (zie **bijlage 2**).

Naast een inventarisatie van de op dit moment vrijkomende hoeveelheden van de verschillende afvalstoffen is, voorzover bekend, aangegeven wat de trend in de productie van deze afvalstoffen in de toekomst is. Tevens zijn de historische lasten van de verschillende afvalstoffen, die eventueel ook voor verwerking in aanmerking komen, vermeld.

2.2 Toetsingscriteria

Voor de beoordeling van de geschiktheid van de afvalstoffen voor de pyrometallurgische verwerking in het oxysmeltproces, zijn door Budelco bepaalde criteria vastgesteld. Vanuit technisch oogpunt gezien moet de samenstelling van de verschillende afvalstoffen zodanig zijn, dat die geen verstorende werking

heeft op de behandeling van jarosiet in het oxysmeltproces.

Door Budelco werd aangegeven dat de criteria moeten worden onderverdeeld in algemene criteria (2.2.1) en technische, 'unit operation' criteria (2.2.2).

2.2.1 Algemene criteria

- De gemiddelde zwavelconcentratie van het uitgangsmateriaal moet hoog genoeg zijn voor de produktie van zwavelzuur. In het huidige ontwerp van het oxysmeltproces is het zwaveldioxidegehalte in het afgas al dicht bij de benodigde minimumconcentratie.
- De slakvormende materialen, aanwezig in de afvalstoffen, moeten zodanig vermengd worden met andere componenten, dat er een voor toepassing in bouwmaterialen, acceptabele slak wordt gevormd.
- De metalen, die aanwezig zijn in de afvalstoffen, moeten ofwel worden teruggewonnen, zoals bijvoorbeeld Zn, Pb, Hg, Cd, (Cu, Ni) S ofwel, wanneer die in de slak terechtkomen, daar in voldoende lage concentraties aanwezig zijn, zodat acceptatie van de slak geen probleem zal vormen.
- Een te hoge zinktoevoer kan de kwaliteit van de slak of de Fumer-capaciteit nadelig beïnvloeden.

2.2.2 'Unit Operation' criteria

Flash Smelting Furnace (SFS) Process	Fumer
- droog, vrij stromend poeder - mag gechlloreerde koolwaterstoffen bevatten - endotherme afvalstoffen vervangen jarosiet slakken	- brokvormige produkten - mogen geen gechlloreerde koolwaterstoffen bevatten - endotherme afvalstoffen bepalen de temperatuur

2.3 Toetsing van geschiktheid en categorie-indeling van de afvalstoffen

Deze toetsing is uitgevoerd door Budelco. Daarbij is een indeling gemaakt in drie categorieën.

1. Afvalstoffen, die goed behandelbaar zijn en een gering effect hebben op de verwerking van de hoeveelheid te verwerken jarosiet.
2. Afvalstoffen, die goed behandelbaar zijn, maar een aanzienlijk effect hebben op de hoeveelheid te verwerken jarosiet en/of waarvoor additionele voorzieningen nodig zijn.
3. Afvalstoffen, die niet geschikt zijn voor verwerking in de oxysmelter en die beter op een andere manier verwerkt kunnen worden.

Categorie 1: aantrekkelijke afvalstoffen voor verwerking in de oxysmelter:

1. Oxykalkslik
2. Zinkrijk hoogovensgasstof
3. Secundair stof staalfabrieken
4. Elektro-ovenstof
5. Koepelovenstof
6. Slakken van zinkoxydeproductie
7. Rayonslib
12. Pigmentslib
13. Assen bij verbranding van chemisch afval
24. Zinkhoudend stof
25. Houtloogslib
28. Kelderassen (reeds in beschouwing genomen)
32. Petroleumcokes.

Categorie 2: mogelijk verwerkbare afvalstoffen in de oxysmelter

10. Slibben uit galvanische industrie
14. Slakken bij verbranding van chemisch afval
15. Assen bij verbranding van huishoudelijk afval
16. Rookgasreinigingsresiduen
29. Afgewerkt beitszuur van thermische verzinkerijen
31. Autobanden.

Categorie 3: onaantrekkelijke afvalstoffen voor verwerking in de oxysmelter:

8. Drossen en assen van thermische verzinkerijen
9. Slakken en assen van messinggieterijen
11. Drossen en filterstof, vrijkomend bij de fabricage van accu's
17. Primaire (eenmalige) batterijen
18. Secundaire (herlaadbare) nikkel-cadmium batterijen
19. Drinkwaterbereidingsslib
20. Emailleslib
21. Letteras
22. Filterstof primaire aluminiumproductie
23. Loodhoudend stof
26. Verf en verfafval
27. Shredderstof
30. Loodaccu's.

3 Discussie en conclusies

In de studie zijn 32 afvalstoffen geïnventariseerd, die mogelijk geschikt zijn voor gezamenlijke verwerking met jarosiet in het oxysmeltproces. Uit de door Budelco uitgevoerde beoordeling op daadwerkelijke inzetbaarheid van deze afvalstoffen in het oxysmeltproces blijkt, dat een groot aantal van de 32 afvalstoffen in principe verwerkt kan worden in het oxysmeltproces voor de verwerking van jarosiet. Van de 32 afvalstoffen worden er door Budelco 13 gekenmerkt als aantrekkelijke afvalstoffen, 6 als mogelijk verwerkbare afvalstoffen en 13 als onaantrekkelijke afvalstoffen. In de laatste categorie (ongeschikte) afvalstoffen worden vooral materialen aangetroffen met een hoog lood- en zinkgehalte. Het oxysmeltproces is hiervoor niet geschikt; deze afvalstoffen worden echter reeds vergaand verwerkt in bestaande recyclingprocessen, gericht op de terugwinning van lood en zink. De categorie ongeschikte afvalstoffen bevat daarnaast afvalstoffen, die fluoriden bevatten, danwel afvalstoffen met organische componenten, die als zogenaamde precursors kunnen leiden tot de vorming van dioxines.

De categorie mogelijk geschikte afvalstoffen bevat materialen, waarvan het niet zeker is, dat deze in het oxysmeltproces verwerkt zouden kunnen worden. De belangrijkste reden voor de onzekerheid is de aanwezigheid van chloriden, waarvoor waarschijnlijk extra voorzieningen nodig zouden zijn in het oxysmeltproces. Daarnaast vormt de aanwezigheid van chroom in afvalstoffen een probleem, aangezien de slak uit het oxysmeltproces zich al rond de maximaal toelaatbare waarde van het Concept-Bouwstoffenbesluit voor uitloogbaarheid bevindt.

De 13 afvalstoffen, die aantrekkelijk zijn voor verwerking in het oxysmeltproces, worden in een hoeveelheid van minimaal 60.000 t/jr in Nederland geproduceerd, waarvan 33.000 t/jr chemisch afval. Hierbij is er tevens van uitgegaan, dat ook in de toekomst geen oxykalkslik zal worden geproduceerd. Daarnaast is er sprake van tenminste $2 \cdot 10^6$ ton aan historische lasten van afvalstoffen uit deze categorie. Voorts zijn er 6 afvalstoffen, die mogelijk verwerkbaar zijn in het oxysmeltproces. In totaal gaat het hier om een geproduceerde hoeveelheid van ca. 120.000 ton/jaar en een onbekende hoeveelheid historische lasten.

Uit nader overleg met Budelco over de indeling van de afvalstoffen zijn verder de volgende conclusies naar voren gekomen:

1. Verwerking van afvalstoffen in het oxysmeltproces zal te allen tijde ten koste gaan van de doorzet van jarosiet. De mate waarin dit gebeurt, is niet eenvoudig te voorspellen en is afhankelijk van de samenstelling van de desbetreffende afvalstof.
2. Het zwaveldioxidegehalte van de afgassen van de Flash Smelter bevindt zich, in geval van verwerking van jarosiet, dicht bij het vereiste minimum. Inzet van andere afvalstoffen, die zonder uitzondering geen of nagenoeg geen zwavel bevatten, is derhalve niet zonder meer mogelijk. Overwogen kan worden (afval)zwavel toe te voegen in geval van gecombineerde verwerking met jarosiet.
3. De aanwezigheid van chloriden in afvalstoffen vereist additionele technische voorzieningen en **dus** extra investeringen. Los daarvan is het in dit stadium niet duidelijk of de chloriden op adequate wijze kunnen worden opgewerkt tot een afzetbaar produkt (bijvoorbeeld pek).

4 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever
Ministerie van VROM
Directie Afvalstoffen
T.a.v. ing. J.H. Lith
Afdeling Verwijderingstechnologie

Namen en functies van de medewerkers

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

Ondertekening



ir. C.L. van Deelen
onderzoekleider

Goedgekeurd door



Dr. ir. J.A. Don
afdelingshoofd

Gecombineerde verwerking van zink- en loodhoudende afvalstoffen in het oxysmeltproces van Budelco

**Bijlage 1 Lijst van potentieel geschikte afvalstromen voor
verwerking in het oxysmeltproces van Budelco**

Bijlage 1

Lijst van potentieel geschikte afvalstromen voor verwerking in het oxysmeltproces van Budelco.

- 1 Oxykalkslik (ijzerhoudende reststof bij de staalproductie)
- 2 Zinkrijk hoogovengasstof
- 3 Secundair stof staalfabrieken
- 4 Elektro-ovenstof
- 5 Koepelovenstof
- 6 Slakken van zinkoxydeproductie
- 7 Rayonslib
- 8 Drossen en assen van thermische verzinkerijen
- 9 Slakken en assen van messinggieterijen
- 10 Slibben uit galvanische industrie
- 11 Drossen en filterstof vrijkomend bij de fabricage van accu's
- 12 Pigmentslib
- 13 Assen bij verbranding van chemisch afval
- 14 Slakken bij verbranding van chemisch afval
- 15 Assen bij verbranding van huishoudelijk afval
- 16 Rookgasreinigingsresiduen
- 17 Primaire (éénmalige) batterijen
- 18 Secundaire (herlaadbare) nikkel-cadmium-batterijen
- 19 Drinkwaterbereidingsslib
- 20 Emailleslib
- 21 Letteras
- 22 Filterstof primaire aluminiumproductie
- 23 Loodhoudend stof
- 24 Zinkhoudend stof
- 25 Houtloogslib
- 26 Verf en verfafval
- 27 Shredderstof
- 28 Kelderassen
- 29 Afgewerkt beitszuur van thermische verzinkerijen
- 30 Loodaccu's
- 31 Autobanden
- 32 Petroleumcokes

Bijlage 2 Geselecteerde afvalstromen

Bijlage 2:

Geselecteerde afvalstromen.

1. DATASHEET AFVALSTROOM

Referentie

AFVALSTROOM

Oxykalkslik (ijzerhoudende reststof bij de staalproductie)

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 120.000 (zie ook onder huidige
verwijderingsroute en bijzonderheden)
Historische last (ton): ca. 1,15 miljoen

[14]

HERKOMST:

Omschrijving: Hoogovens IJmuiden, oxystaalfabrieken
Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Globale samenstelling historisch oxykalkslik en actueel
oxykalkslik (100 % droge stof) in % resp. mg/kg.

[14]

	Historisch oxykalkslik %	Actueel oxykalkslik %
ijzer (totaal)	40 - 60	40 - 60
calciumoxide	15 - 25	15 - 25
zink	0,5 - 2,0	0,1 - 0,3(1)
	mg/kg	mg/kg
lood	3.000 - 5.000	200 - 1.000
cadmium	(?)(2)	2 - 12

Oxykalkslik bevat behalve bovengenoemde stoffen onder meer Si, Mn, Mg, Al (in de vorm van oxyden) en C. IJzer komt voornamelijk voor in de vorm van oxyden. Zink (en wellicht ook cadmium) is gebonden in een ferritisch rooster.

- (1) Het gemiddelde zinkgehalte van actueel slik is minder dan 0,15 %.
- (2) De schaarse analyses van Cd dateren van begin jaren '80 en worden door Hoogovens niet voldoende betrouwbaar geacht.

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Oxykalkslik met een droge stofgehalte van ca. 85 %.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Wordt sinds 1987 volledig intern hergebruikt bij de productie van ruwijzer (via de sinterfabriek).

BIJZONDERHEDEN:

Als gevolg van het toenemend zinkgehalte in schrot kan de huidige praktijk van volledige herinzet van oxykalkslik in de ruwijzerproductie mogelijk niet zonder meer gehandhaafd worden. Herinzet in de ruwijzer- of staalproductie of nuttige toepassing elders van het "historische" oxykalkslik wordt momenteel onderzocht bij Hoogovens.

[14]

AFVALSTROOM

Zinkrijk hoogovengasstof

HOEVEELHEID:

Produktie (ton/jaar): ca. 10.000

[19]

Historische last (ton): 70.000

[24]

HERKOMST:

Omschrijving: Hoogovens IJmuiden

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.)

[6, 19]

Stof	Concentratie
Zn	2 - 8
Pb	0,5 - 1,5
C	25 - 35
Fe	18 - 35
Al ₂ O ₃	3 - 5
SiO ₂	1 - 2
CaO	3 - 5
MgO	1 - 2
MnO	0,3 - 0,5

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

De deeltjesgrootteverdeling (in %) van de fijne fractie van het hoogovengasstof is hieronder weergegeven.

[6, 19]

Het watergehalte daarin bedraagt ca. 35 % na filtratie.

Deeltjesgrootteverdeling

(situatie 1987)

Grootte	Fractie
> 60 µm	2,1
30 - 60 µm	2,9
20 - 30 µm	2,8
9 - 20 µm	9,8
6 - 9 µm	7,2
< 6 µm	75,2

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Het hoogovengasstof wordt behandeld in een slurry-hydrocyclonage-installatie. De grove fractie (=ca. 70 % van de totale hoeveelheid) die hierbij ontstaat bevat lage concentraties zink en lood. Deze fractie wordt hergebruikt in de sinterfabriek.

De fijne fractie (zinkrijk hoogovengasstof) wordt voorlopig op eigen terrein opgeslagen.

BIJZONDERHEDEN:

Voor de fijne fractie, die 90 % van de totale hoeveelheid zink in het hoogovengasstof bevat, worden 2 behandelingsmethoden overwogen, nl:

- hoge druk uitloging (waarbij het Fe-residu weer in de staalproduktie wordt verwerkt) en
- thermisch proces.

AFVALSTROOM

Secundair stof staalfabrieken

HOEVEELHEID:

Produktie (ton/jaar): 1300

Historische last (ton): onbekend

[11]

HERKOMST:

Omschrijving: Hoogovens IJmuiden

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

Zn	2	-	13
Pb	0,2	-	1
Fe	40		

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN:HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:BIJZONDERHEDEN:

AFVALSTROOM

Elektro-ovenstof

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 2.500

[3, 20]

Historische last (ton): hoeveelheid van beperkte omvang opgeslagen op eigen terrein

HERKOMST:

Omschrijving: Nedstaal, Alblasserdam

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

Gemiddelde waarde van 4 monsters over de periode 1986-1987.

De tussen haakjes aangegeven ranges zijn volgens [1].

[20]

Fe	ca. 25
Zn	ca. 14 (10 - 25)
Ca	ca. 8
Pb	3,5 (1 - 4)
Na	2,5
Si	1,5
Cl	1,3
K	1,1
Cd	0,017 (0,02 - 0,05)
Mn	3,0
Mg	1,5
Al	0,3
SO ₄	3,6
Cr	(0,06 - 0,6)
Ni	(0,01 - 0,1)
Mo	(0,01 - 0,1)

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:Poedervormig, droog stof; korrelgrootte 3.000 - 6.000 μm ,
stortgewicht ca. 1,2 kg/dm³.

[20]

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Het stof wordt afgescheiden in een doekfilterinstallatie en na tussenopslag in een silo, thans afgevoerd naar de VBM-deponie. In 1991 bouw van een pelletiseerfabriek voor dit stof op eigen terrein om verwerking in het Waelz-proces mogelijk te maken.

[20]

BIJZONDERHEDEN:

AFVALSTROOM

Koepelovenstof

HOEVEELHEID:

Produktie (ton/jaar): ca. 2.500 (in 1990)

[3, 9, 22]

Historische last (ton): onbekend

HERKOMST:

Omschrijving: IJzergieterijen met koepelovens

Aantal ontdoeners: 6

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling van ijzergieterij-stof (in % d.s.):

[25]

Stof	Concentratie (%)	
Zn	3	- 30
Pb	0,5	- 6,5
As	0,007	- 0,018
Cd	0,0012	- 0,05
Sb	0,0019	- 0,05
PAK's	0,001	- 0,6

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Fijn materiaal (deeltjesgrootte onbekend). Neiging tot klontvorming bij veroudering (na enige weken).

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Afvoer naar C2-deponie.

BIJZONDERHEDEN:

Er wordt overwogen het zinkgehalte te verhogen door recirculatie van koepelovenstof in het proces, waardoor terugwinning van zink en lood mogelijk wordt (bv in Waelz-proces).

AFVALSTROOM

Slakken van zinkoxydeproductie

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 1.500

[21]

Historische last (m3): ca. 6.000

HERKOMST:

Omschrijving: Zinkwit, Eijsden

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

[21]

ZnO	27	-	53
Pb	0,005	-	0,01
Cu	0,1	-	0,25
Cd	< 0,001		
Al ₂ O ₃	12	-	20
Fe ₂ O ₃	6	-	12
Mn ₃ O ₄	0,3	-	0,6
TiO ₂	0,6	-	0,8
SiO ₂	14	-	21
CaO + MgO	5	-	9
Na ₂ O + K ₂ O	1	-	2
SO ₃	2	-	4
C	1	-	7

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Deeltjesgrootteverdeling 0,9 - 30 cm.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Slakken worden op eigen terrein opgeslagen (afgedekt).

BIJZONDERHEDEN:

De slakkenproductie zal in de toekomst stijgen naar 2.000 ton/jr.

[21]

AFVALSTROOM

Rayonslib

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 6.000

[10]

Historische last (ton): 90.000, opgeslagen op eigen terrein

HERKOMST:

Omschrijving: AKZO, Ede

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.) van een slibmonster, dd. 10 mei 1989. De optredende range van metaalconcentraties in dit type slib zijn tussen haakjes vermeld (ontleend aan [6]).

[10]

Ca	28,6
Zn	7,5 (4 - 9)
Mg	0,62 (0,62 - 0,83)
Na	0,34
Fe	0,25 (0,22 - 0,26)
Al	0,26
K	0,028
Mn	0,04 (0,037 - 0,042)
Pb	0,014 (0,011 - 0,014)
Cu	0,005 (0,0018 - 0,0166)
Co	< 0,001
Cd	0,0008 (0,0007 - 0,003)
Cr	0,002 (0,0012 - 0,0026)
As	0,0002
Hg	0,00006 (0,00002 - 0,0004)
Ag	< 0,002
Sb	0,00002
Ni	0,001
S	2
SO ₄	4
CO ₃	41
Si	0,45
OH	0,6

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Het slib heeft een vochtgehalte van ca. 40 %, terwijl het organische deel ca. 15 % bedraagt.

[6]

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Deponie op eigen terrein.

BIJZONDERHEDEN:

De permeabiliteit van het slib is zeer gering, waardoor de toepassing van in-situ-uitloging zeer moeilijk is.
In de toekomst kan het zink-gehalte in het slib mogelijk beneden 2 % worden gebracht door interne procesgeïntegreerde maatregelen.

[10]

AFVALSTROOM

Drossen en assen van thermische verzinkerijen

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): drossen: 2500; assen: 3400 [6]

Historische last (ton): onbekend (waarschijnlijk niet aanwezig
aangezien drossen en assen worden verkocht
aan Zn-producenten)

HERKOMST:

Omschrijving: afkomstig van thermische verzinkerijen

Aantal ontdoeners: ca. 25

-CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

[6]

Afvalstroom:	Zn (%)	Pb (%)
drossen	94 - 97	0,14
assen	80 - 90	?

-FYSISCHE EIGENSCHAPPEN:

-HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Beide afvalstromen worden verkocht aan zinkproducenten.

-BIJZONDERHEDEN:

AFVALSTROOM

Slakken en assen van messinggieterijen

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): in totaal: assen: 485; slakken: 1300, [6]
afkomstig van 2 messinggieterijen

Historische last (ton): waarschijnlijk niet, aangezien slakken en
filterstof teruggevoerd kunnen worden naar
de primaire messingproducenten.

HERKOMST:

Omschrijving: Bedrijven Boliden en Outokumpu

Aantal ontdoeners: 2

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (gemiddeld, in % d.s.) van:

	% Zn	% Pb
slakken	30	70
assen	tot 60	enige procenten

(Geen nadere informatie beschikbaar over de chemische
samenstelling van beide residuen.)

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Slakken en assen (= ZnO met kleine hoeveelheden Cu) naar primaire
zinkproducenten.

De opbrengst daarvan dekt de afvoerkosten van het afval.

BIJZONDERHEDEN:

AFVALSTROOM

Slibben uit galvanische industrie

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 10.000 (mengslib, situatie 1989) [5]
Historische last (ton): totale omvang van hoeveelheid op C2-deponie van AVR is niet bekend

HERKOMST:

Omschrijving: slib afkomstig van de fysisch-chemische behandeling van spoelwater en afgewerkte procesbaden
Aantal ontdoeners: oppervlaktebehandelingsindustrie (galvano)

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.)

[1, 5, 28]

Zn	tot 6
Fe	6 - 10
Cr(III)	tot 6
Cu	tot 4
Ni	tot 3

Opmerkingen:

1. Cl kan aanwezig zijn als gevolg van de CN-ontgiftiging.
2. Ca is aanwezig als gevolg van de kalkdosering bij de zuivering.
3. "Procesvreemde" metalen, zoals Ga, Ge, As, Sb, Se, Hg komen in het algemeen niet of slechts in concentraties van enkele mg/kg d.s. voor.
4. Het slib kan Cd-verbindingen boven de WCA-grens van 50 mg/kg d.s. bevatten.

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

dun tot steekvast slib; watergehalte 70-95%.

[1]

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

90 % storten (C2-deponie van AVR) en 10 % hergebruik.

[28]

BIJZONDERHEDEN:

Van de hierboven genoemde 10 kiloton als gevolg van de behandeling van galvanische baden ontstaat ca. 7 kiloton van dit slib bij de behandeling van ontvettingsbaden en beitsbaden. Tot aan de eeuwwisseling mag niet worden verwacht dat hier een substantiële reductie zal worden gerealiseerd. De overige 3 kiloton ontstaat bij de behandeling van metaalhoudende baden. Na het effectief worden van het Noordzee Actie Plan en het Rijn Actie Plan (officieel in 1997) zal door middel van interne maatregelen (electrolyse op spaarbaden etc.) tot aan het jaar 2000 een reductie van ca. 50 % (1,5 kiloton) worden gerealiseerd, hetgeen de hoeveelheid galvanoslib op 8,5 kiloton zou brengen. Inclusief een geschatte autonome groei van 10 % voor de bedrijfstak van de galvanische industrie bedraagt de hoeveelheid galvanoslib 9,3 kiloton in 2000.

AFVALSTROOM

Drossen en filterstof vrijkomend bij de fabricage van accu's

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): onbekend

Historische last (ton): geen

HERKOMST:

Omschrijving: Accufabriek Centurion, Venlo

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.) van:

[6]

	% Pb	% Zn
drossen:	96 (50 % Pb en 50 % PbO)	?

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN:HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Drossen en filterstof (geringe hoeveelheid) worden verkocht aan de secundaire loodindustrie.

BIJZONDERHEDEN:

Geen ontwikkelingen verwacht in de afvalverwerking, aangezien al het afval wordt afgezet.

AFVALSTROOM

Pigmentslib

HOEVEELHEID:

Produktie (ton/jaar): 1.200 (in 1990)

[12]

Historische last (ton): onbekend

HERKOMST:

Omschrijving: slib afkomstig van de waterzuivering bij
produktie en verwerking van anorganische
kleurstoffen, drukinkten, verven, lakken,
vernissen en coatings

[1]

Aantal ontdoeners: verfindustrie; pigmentindustrie

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Relevante componenten:

[1]

In het slib kunnen diverse metaalverbindingen boven WCA-grens
voorkomen, bijv. bij de produktie van Cr(VI)-pigmenten en
Pb-verbindingen.

	gew. % d.s.	
Cr(VI)	tot 4	boven WCA grens
Pb	tot 10	" " "

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

vorm: pasteus; vast.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Afvoer naar C2-deponie van AVR.

BIJZONDERHEDEN:

AFVALSTROOM

Assen bij verbranding van chemisch afval

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): ca. 800 (in 1990)

[12]

Historische last (ton): omvang van hoeveelheid op C2-deponie
onbekend, maar bedraagt waarschijnlijk
enige duizenden tonnen

HERKOMST:

Omschrijving: AVR Chemie C.V.

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

[1, 22]

Pb	1,2	-	7,5
Zn	0,5	-	6,5
As	0,01	-	0,05
Cr	0,26	-	0,32
Cd	0,05		
Ni	0,1	-	2,5
Cu	0,25		
Sb	0,2	-	0,5
Fe	0		
Mo	0,05	-	3,0
Hg	0,0005	-	0,005
Cl	1,3	-	28,0

De samenstelling van de hoofdcomponenten is onbekend, doch de afvalstof bevat nagenoeg zeker veel Fe, Al, Si, Ca e.d.

N.B. De samenstelling van de assen varieert, afhankelijk van de aard van het verbrande chemische afval.

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Vliegias en slakken worden gemengd gestort op de C2-deponie van de AVR.

BIJZONDERHEDEN:

Hoeveelheid zal toenemen door uitbreiding van de verbrandingscapaciteit. Uitgaande van een hergebruikpercentage van 80 % van de geschatte hoeveelheid vliegias van de verbranding van alle afvalstoffen (excl. zuiveringsslib) van 130 kton in het jaar 2000, zou dit bij realisatie van dit percentage leiden tot een te storten hoeveelheid van 26 kton in het jaar 2000.

[2]

AFVALSTROOM

Slakken bij verbranding van chemisch afval

HOEVEELHEID:

Produktie (ton/jaar): 19.600 (in 1990)

[12]

Historische last (ton): omvang van hoeveelheid op C3-deponie van
VBM onbekend, maar bedraagt waarschijnlijk
enige tienduizenden tonnen

HERKOMST:

Omschrijving: AVR Chemie C.V.

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

[1, 22]

As	0,0005	-	0,004
Cr	0,05	-	0,15
Cd	0,0002	-	0,035
Sb	0,0003	-	0,04
Mo	0,01	-	0,5
Hg	0,0001	-	0,006
Cl	0,4	-	1,5

De samenstelling van de hoofdcomponenten is onbekend, doch de afvalstof bevat nagenoeg zeker veel Fe, Al, Si, Ca e.d.

N.B. Er is enige variatie in de samenstelling, afhankelijk van de aard van het verbrande chemische afval. Voorts kunnen in de slak andere zware metalen beneden WCA-grens voorkomen.

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN:HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Slakken worden, gemengd met het vlieggas, gestort op de C3-deponie van VBM.

BIJZONDERHEDEN:

Door uitbreiding van de verbrandingscapaciteit bij AVR zal de produktie van slakken na 1992 ca. 27.000 ton/jr bedragen. De prognose voor 1995 en 2000 luidt: een produktie van ca. 30.000 ton slakken per jaar.

[2]

AFVALSTROOM

Assen bij verbranding van huishoudelijk afval

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 51.000 (situatie 1987)

[6, 15]

Historische last (ton): totale omvang van gestorte hoeveelheid in Nederland, onder IBC-condities, is onbekend.

HERKOMST:

Omschrijving: Afvalverbrandingsinstallaties (AVI's)

Aantal ontdoeners: 12

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

[6]

Pb	0,3	-	1,4
Zn	0,7	-	3,0
As	0,004	-	0,03
Cr	0,014	-	0,045
Cd	0,028	-	0,080
Ni	0,005	-	0,084
Cu	0,08	-	0,21
Fe	1,4	-	5,0
Mg	1,8	-	2,9
Al	5	-	11
Hg	0,0005	-	0,0009
Ba	0,039	-	0,59
Ca	3	-	13
Na	1,6	-	6,9
K	2,65		
P	1,0		
SO ₄	3	-	7
Cl	1	-	5
Si	17	-	21
Org. C	0,8	-	2,2

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Fijnkorrelig materiaal met een lichtgrijze tot grijszwarte kleur.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Ca. 65 % gestort onder IBC-condities en ca. 35 % hergebruikt als vulmiddel in asfalt.

[15]

BIJZONDERHEDEN:

De prognose voor het aanbod van AVI-vliegassen luidt:

[2]

85.000 ton in 1994 en

130.000 ton in 2000.

Uitgaande van een hergebruikpercentage van 80 % in 2000 zou in dat jaar nog 26.000 ton op de C2-deponie van AVR moeten worden gestort.

Toepasbaarheid in de bouwmaterialenindustrie is overigens onzeker tegen de achtergrond van het aankomende Bouwstoffenbesluit.

AFVALSTROOM

Rookgasreinigingsresiduen

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): totaal ca. 2.500 (filterkoek op natte stofbasis, afkomstig van AVI's te Nijmegen, Duiven en Dordrecht; situatie '89-'90) [15]

Historische last (ton): omvang van opgeslagen hoeveelheden op eigen terrein, resp. op C2-deponie is niet bekend

HERKOMST:

Omschrijving: filterkoek is afkomstig van de 3 bovengenoemde AVI's die reeds zijn voorzien van een natte rookgasreiniging. Het betreft filterkoek, hoofdzakelijk afkomstig van de opwerking van de zure waswaters

Aantal ontdoeners: 3

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

Pb	0,4
Zn	0,7
As	0,002
Cr	0,02
Cd	0,02
Ni	0,06
Cu	0,1
Hg	0,3

Het resterende deel bestaat voornamelijk uit Ca-zouten (Cl, SO₄, CO₃ en OH).

N.B. Er is enige variatie in de samenstelling, afhankelijk van de huisvuilsamenstelling en de wijze van rookgasreiniging.

[6, 22]

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Rookgasreinigingsslib, afkomstig van AVI's:
Nijmegen (190 ton/jr gem. over '88 en '89) bevat ca. 80 % d.s.
Duiven (1.200 ton/jr) bevat 40 - 50 % d.s.
Dordrecht (1.000 ton/jr in '90) % d.s. niet bekend.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Deponie op eigen terrein, onder IBC-condities (AVI-Nijmegen), respectievelijk afvoer naar C2-deponie van AVR.

BIJZONDERHEDEN:

Overeenkomstig de richtlijn Verbranding 1989 zullen alle AVI's na 1993 voorzien moeten worden van geavanceerde rookgasreinigingsinstallaties.

Volgens prognose zal aan verbrandingscapaciteit opgesteld staan:
In 1995: 3,4 Mton, die 26.700 ton rookgasreinigingsresidu (rgr) zal opleveren en in 2000: 5,3 Mton, die zal opleveren: 38.200 ton rgr bij toepassing van een natte wasser met waterlozing (na reiniging) òf: 63.500 ton rgr bij toepassing van een natte wasser zonder waterlozing (water indamping).

[2]

AFVALSTROOM

Primaire (éénmalige) batterijen

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 1989: ca. 3.900 (= totaal ca. 100 miljoen stuks, zijnde ca. 98 % van het totale aanbod aan batterij-afval) [16]

Historische last (ton): totale omvang op C2-deponie van AVR is onbekend

HERKOMST:

Omschrijving: ca. 60 % via huishoudelijk-, kantoor-, winkel-, diensten- en bedrijfsafval en ca. 40% via gescheiden inzameling (situatie 1990)

Aantal ontdoeners: particulieren, winkels, bedrijven, etc. In Nederland is slechts één bedrijf, dat bepaalde zinkbruinsteen- en zinklucht-batterijen (voor weg- en scheepvaartbebakening) produceert. Alle overige batterijen worden geïmporteerd.

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Gehalte (%) van enkele metalen in primaire batterijen (situatie 1989): [16]

	(1)	Pb	Cd	Zn	MnO ₂	Ag	Hg	Fe
Cylindrisch/staaf								
-zinkbruinsteen (3)	60	0,002	0-0,02	17	30		0-0,01	15-20
-alkaline	39	0,01	0-0,01	15	20		0,025-0,15	(2) 30
Knoopcellen	1							
-kwikoxide				10			30	20-40
-alkaline				10			0,5-1	
-zilveroxide				10		30	1	35-40
-zink-lucht				30	1		1	45-60

(1) = geschatte gewichtsperscentage in de totale hoeveelheden afval aan primaire batterijen.

(2) = vanaf 1992 < 0,025 %.

(3) = ZnCl₂/NH₄Cl : 5 gew %.

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Batterij-afval bestaat uit een mengsel van diverse batterijen, variërend in vorm en grootte en hoofdzakelijk bestaande uit: [16]

- batterijen in staaf- en blokform (zinkbruinsteen-, alkaline- en lithiumbatterijen voor professionele toepassing, alsmede gesloten Ni-Cd accu's) en
- knoopcelbatterijtjes (alkaline-, kwikoxyde-, zilveroxyde-, Zn-lucht- en lithiumbatterijen, alsmede gesloten Ni-Cd-batterijen) en daarnaast allerlei samengestelde vormen, zoals de platte batterij, de staafbatterij uit gestapelde knoopcellen, de blokbatterij, etc.

Tevens komen voor, grote Zn-luchtbatterijen, toegepast voor scheepvaart- en wegenbebakening.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Sedert 1990 (in afwachting van verdere verwerking) opslag van afvalbatterijen in C2-deponie van AVR. In 1990 werd bij de AVR ca. 1.730 ton in opslag genomen. [16]

AFVALSTROOM

Primaire (éénmalige) batterijen

BIJZONDERHEDEN:

Er zijn momenteel een aantal processen in ontwikkeling, gericht op een milieuhygiënische verantwoorde verwerking van afvalbatterijen, waarbij stoffen als Hg (afnemend), Ag, Cu, Zn, Ni, Cd, Mn, etc kunnen worden teruggewonnen. [16]

Naast 2 bestaande Japanse processen (beide thermische route, doch met verschillende produktfracties) en een Zwitsers proces (pyrolysestap + elektrochemische terugwinning), is TNO in samenwerking met LETO Recycling B.V. doende met de ontwikkeling van een hydro-metallurgisch proces voor terugwinning van nikkel en cadmium uit oplaadbare batterijen.

Nieuwe, in ontwikkeling zijnde batterijen (onder meer met een grotere capaciteit en nog minder Hg bevattend) zijn bijvoorbeeld de oplaadbare Ni-hydride- en Li-batterij. Deze batterijen zijn in de naaste toekomst nog niet op de markt. In de (herlaadbare) Ni-Cd batterijen-sector is een sterke toename in de afzet te constateren.

AFVALSTROOM

Secundaire (herlaadbare) nikkel-cadmium-batterijen

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): situatie 1989: in de totale hoeveelheid van [16]
4.000 ton/jr batterij-afval bevindt zich:
40 - 80 ton Ni-Cd batterijen (=ca. 1 à 2 miljoen stuks).

Historische last (ton): de totale omvang van de hoeveelheid op de
C2-deponie van de AVR is niet bekend, maar
is waarschijnlijk gering

HERKOMST:

Omschrijving: ca. 60 % via huishoudelijk-, kantoor-,
winkel- en bedrijfsafval en ca. 40 % via
gescheiden inzameling

Aantal ontdoeners: particulieren, winkels, diensten, bedrijven

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Gehalte (gew %) van enkele metalen in secundaire batterijen
(situatie 1989):

	(1)	Ni	Cd	Fe	(2)	(3)
- nikkel-cadmium (gesloten knoopcel)	94	20	15	4	30	30

[16, 27]

(1) = geschatte gewichtsperscentage in de totale hoeveelheid afval
aan secundaire batterijen.

(2) = KOH (als 30 % loog).

(3) = Staal, kunststof, grafiet.

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Vorm: als open of gesloten cellen (batterijen, accu's).

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

In afwachting van verdere verwerking, tijdelijke opslag op
C2-deponie van AVR sedert medio 1990.

BIJZONDERHEDEN:

Prognose van hoeveelheden nikkel en cadmium in losse batteijen in
2000:

[16]

Batterij	Percentage		Aantal (miljoen)		Hoeveelheid (ton)			
	% Ni	% Cd	1989	2000	1989		2000	
					Ni	Cd	Ni	Cd
Ni-Cd (cilindrisch/ platte typen)	20	15	8	15	76,8	57,6	144	108
Ni-Cd (knoopcel)	20	15	2	3	3,2	2,4	4,8	3,6
Totaal			10	18	80,0	60,0	148,8	111,6

Opmerkingen:

1. Wanneer geen substitutie van Ni-Cd batterijen door Ni-hydride-
en Li-batterijen zou plaatsvinden, dan zou het aantal Ni-Cd
batterijen in het jaar 2000 ca. 25 miljoen stuks bedragen,

AFVALSTROOM

Secundaire (herlaadbare) nikkel-cadmium-batterijen

overeenkomend met 240 ton Ni en 180 ton Cd.

2. Apparatuur-gebonden batterijen (zowel vaste als los ingebouwde), alsmede "packs" zijn in deze prognose niet opgenomen.

AFVALSTROOM

Drinkwaterbereidingsslib

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 11.000 (op droge stofbasis, WCA-slib in 1990) [12]

Historische last (ton): totale omvang opgeslagen hoeveelheden WCA-slib op eigen bedrijfsterreinen bedraagt ca. 340.000 m³

HERKOMST:

Omschrijving: Afvalstof van drinkwaterproductiebedrijven
Aantal ontdoeners: drinkwaterproductiebedrijven

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

[1, 29]

Bij bereiding uit oppervlaktewater (A) (gehalten boven 0,005 % liggen boven de WCA-grens):

Fe	0,2	- 45	Mn	0,03	- 1,7
Ca	1,1	- 7	Al	0,2	- 14
Ba	0,03	- 0,2	Zn	0,006	- 0,1
Cu	0,01	- 0,03	Co	0,0001	- 0,008
Cr	0,0008	- 0,03	Pb	0,0002	- 0,03
V	0,001	- 0,02	Ni	0,004	- 0,008
As	0,0001	- 0,02			

Daarnaast bevat het slib: Cd, W, Sb, Hg, Se, Te, PCB's, PAK's, pesticiden en organochloorverbindingen, echter in concentraties beneden de WCA-grens.

Bij bereiding uit grondwater (B):

Fe	1,2	- 56	Mn	0,02	- 55
Ca	0,9	- 25	Al	0,3	- 9
Ba	0,02	- 0,6	Zn	0,0001	- 0,4
Cu	0,0002	- 0,4	Co	0,00003	- 0,2
Cr	0,0001	- 0,05	Pb	0,0001	- 0,03
V	0,002	- 0,03	Ni	< 0,0001	- 0,05
As	0,0001	- 0,3			

Daarnaast bevat het slib : Cd, Sb, Hg, Se en Te in concentraties beneden de WCA-grens.

De hoofdbestanddelen van de slibben (A en B) zijn: Fe, Mn, Ca, Al, Mg en daarnaast klei, zand, poederkool en filtermateriaal. Gemiddeld droge stofgehalte is 35 % [2].

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Bij bereiding van drinkwater uit:

A: oppervlaktewater : gelachtig slib en

B: grondwater : dun tot steekvast slib.

[1]

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Momenteel wordt drinkwaterbereidingsslib op eigen terrein opgeslagen, omdat te weinig stortplaatsen over een WCA-ontheffing beschikken.

[12]

BIJZONDERHEDEN:

AFVALSTROOM

Drinkwaterbereidingsslib

Ca. 45 % van het slib valt op grond van concentraties aan zware metalen onder WCA.

Er is een lichte, jaarlijkse, stijging van het slib-aanbod voorzien. De geschatte hoeveelheid WCA-slib voor 1995 bedraagt ca. 12 kton droge stof per jaar, die volgens de prognose stijgt tot ca. 12,5 kton droge stof per jaar in het jaar 2000.

[2, 12]

AFVALSTROOM

Emailleslib

HOEVEELHEID:

Produktie (ton/jaar): 400 (in 1990)

[12]

Historische last (ton): de totale omvang van de hoeveelheid op de C2-deponie van AVR is onbekend

HERKOMST:

Omschrijving: Produktie bij een 3-tal bedrijven in Nederland. Door maatregelen in één bedrijf (waar 75 à 80 % van de totale hoeveelheid slib vrijkwam) wordt daar geen chemisch afval meer geproduceerd. Bij de andere bedrijven is dit niet het geval.

[2]

Aantal ontdoeners: 2

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

[1]

Afhankelijk van de gebruikte kleurpigmenten (in totaal 2 - 3 gew. % d.s.) zijn Sb, Cd-, Ni- en F-verbindingen aanwezig boven de WCA-grens:

	gew. % d.s.
Sb	tot 0,4
Cd	tot 0,5
Ni	tot 0,8
F	tot 2,1

Co-, Cu-, Pb-, Mo-, Ba- en Zn-verbindingen zijn beneden de WCA-grens aanwezig.

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

dik vloeibare, tot steekvaste massa (vochtgehalte > 60 gew. %), doch ook als glasachtig poeder.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Afvoer naar C2-deponie van AVR.

BIJZONDERHEDEN:

Bij de twee hierboven aangegeven bedrijven blijft de huidige situatie bestaan, aangezien de toepassing van vooral Cd essentieel is voor de produktie. De totale hoeveelheid emailleslib in 1995 en 2000 wordt geschat op 25 % van de huidige hoeveelheid:

[2]

	1995	2000
produktie emailleslib	100 ton/jaar	100 ton/jaar

AFVALSTROOM

Letteras

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 50

[22]

Historische last (ton): totale omvang van hoeveelheid op C2-deponie
van AVR niet bekendHERKOMST:Omschrijving: Afvalstof ontstaat bij het gieten van
zetletters in drukkerijen met behulp van
regelzet- en gietmachinesAantal ontdoeners: grafische industrie, drukkerijen,
uitgeverijenCHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in gew. % d.s.):

[1]

	volgens [22]	volgens [1]
Pb	25,0	tot 50
Sn	7,5	tot 15
As	0,1	tot 0,2
Sb	5,0	tot 10
Oxiden en hydroxiden		tot 35

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

vast, korrelig materiaal.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:Vanaf 1991 afvoer naar verwerkers in Frankrijk (Metaleurop) en
België.

[23]

BIJZONDERHEDEN:

AFVALSTROOM

Filterstof primaire aluminiumproductie

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 1.500

Historische last (ton): onbekend

[3]

HERKOMST:Omschrijving: Filterstof afkomstig van de primaire
aluminiumproductie via elektrolyse

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Relevante componenten (concentraties liggen boven WCA-grens):

% d.s.

PAK's tot 0,02

F-verbindingen 1 - 5

[1]

Het filterstof bestaat onder andere uit Na- en Al-fluoride,
koolstof en aluinaarde. Cd-, Pb-, Cu- en Zn-verbindingen zijn in
concentraties beneden WCA-grens aanwezig.

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Vorm: vast; poeder.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Afvoer naar C2-deponie van AVR.

BIJZONDERHEDEN:

AFVALSTROOM

Loodhoudend stof

HOEVEELHEID:

Produktie (ton/jaar): 94

Historische last (ton): onbekend

[4]

HERKOMST:

Omschrijving: Stof met metallisch Pb afkomstig van de
non-ferro-metaal-produktie en -verwerking

Aantal ontdoeners: non-ferro-metaalindustrie, gieterijen,
smelterijen, accufabrieken

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Relevante componenten:

gew. % d.s.

Sb-verbindingen ca. 1

Pb/Pb-verbindingen ca. 70

Sn-verbindingen ca. 1

[1]

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN:

Vorm: vast; poedervormig.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:Vanaf 1991 afvoer naar verwerkers in Frankrijk (Metaleurop) en
België.

[23]

BIJZONDERHEDEN:

AFVALSTROOM

Zinkhoudend stof

HOEVEELHEID:

Produktie (ton/jaar): 292

Historische last (ton): onbekend

[4]

HERKOMST:Omschrijving: Residu van de produktie, verwerking en
toepassing van zink(stof)Aantal ontdoeners: verfstoffenbedrijven, metallurgische
industrie, metaalproduktenindustrieCHEMISCHE SAMENSTELLING:

Relevante componenten:

	gew. % d.s.
Cd	ca. 0,01
Zn-verbindingen	2 - 4
Zn	96 - 98

[1]

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN:

Vorm: fijn, poederachtig materiaal.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Afvoer naar C2-deponie van AVR.

Opslag: brandveilig, droog, gesloten verpakking, gescheiden van
zuren en basen.

[1]

BIJZONDERHEDEN:

De hoeveelheid Zn-houdend stof heeft alleen betrekking op die afvalstoffen met een zodanig laag Zn-gehalte, dat Zn-terugwinning niet in aanmerking komt. De samenstelling van deze afvalstof wijkt sterk af van de hierboven gegeven samenstelling; vooral het zinkgehalte zal veel lager zijn.

AFVALSTROOM
HoutloogslibHOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 300 (33 % droge stof)
Historische last (ton): onbekend

[22]

HERKOMST:

Omschrijving: Restant van het logen van behandeld en
onbehandeld hout
Aantal ontdoeners: hout- en meubelindustrie; groothandel in
antiquiteiten; detailhandel in antiek

[1]

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Relevante componenten (concentraties liggen boven WCA-grens):

[1]

	gew. % d.s.
Sb-verbindingen	tot 0,015
Cd-verbindingen	tot 0,009
Pb-verbindingen	2 - 3
Zn-verbindingen	7 - 14

As-, Hg-, Cu- en Ni-verbindingen kunnen beneden WCA-grens aanwezig zijn.

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN:

vorm: dunne tot dikke vloeistof of slibafval.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Afvoer naar C2-deponie van AVR.

BIJZONDERHEDEN:

AFVALSTROOM

Verf en verfafval

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 18.530 (ingezameld in 1990)

[33]

Historische last (ton): niet bekend

HERKOMST:Omschrijving: restant van de toepassing van verven,
lakken en coatingsAantal ontdoeners: verf-, lak- en vernisindustrie,
huishoudens, bedrijven, bouwnijverheidCHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

Sb	0,005	Hg	< 0,0002
Cd	< 0,0002	Pb	0,9
Cu	0,04	PCB's	< 0,0002
Cr(VI)	0,2		

[1, 28]

N.B. Het restant kan Cr(III)- en Zn-verbindingen beneden de
WCA-grens bevatten.FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Vloeibaar tot pasteus.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:Verwijdering als bedrijfsafval / huishoudelijk afval. Via het
KCA-inzamelcircuit wordt een deel ingezameld.

[28]

Huidige verwerkingswijze: ca. 80 % storten, ca. 16 % verbranden
(AVR) ca. 4 % compost, ca. 2 % chemisch afval depot.BIJZONDERHEDEN:Verfafval komt op zeer veel plaatsen vrij in kleine hoeveelheden,
grotendeels in "lege" blikken en als onbruikbare verf.[2, 12,
28, 34]In 1990 werd ingezameld via KCA-inzamelcircuit aan verf- en
inktverpakkingen: 19 kton (potentieel aanbod: 36 kton).Hoeveel procent van het verf- en inktafval uit
verpakkingsmateriaal bestaat, is niet uit de meldingsgegevens af
te leiden. De grens tussen lege verfverpakkingen en verpakkingen
met verfresten is evenmin aan te geven.Gebruikte verpakkingen van verf- en inktafval worden hetzij
opgeslagen bij de tijdelijke opslag van ATM in Vlissingen, soms
direct verbrand in roosterovens of in een draaitrommeloven en in
bepaalde gevallen na uitvoer gestort. Een aantal KCA-inzamelaars
past om logistieke redenen (volumevermindering) verkleinig door
middel van shredderen toe. In 1990 werd nog 11,3 kton verfafval in
het buitenland gestort. Ca. 10 kton werd opgeslagen in de
tijdelijke opslagplaats en 9 kton werd verbrand. De precieze
samenstelling van deze stroom en de verhouding verpakkingen en
overig verf- en inktafval is onbekend.Leto Recycling B.V. te Almelo verwerkt momenteel per jaar 10.000
ton verfafval (inclusief verpakkingen) door middel van een
cryogeen verwerkingsproces. Het proces leidt tot de volgende
afvalfracties:

- vloeibare verfrestanten die na afscheiding van vaste deeltjes en opmenging met oplosmiddel tot de juiste viscositeit, bij de AVR wordt gebruikt als hulpbrandstof;
- een vaste fractie uit de vóór-shredderinstallatie, die na een

AFVALSTROOM

Verf en verfafval

cryogene behandeling met vloeibare stikstof in een hamermolen verder wordt verkleind en waarbij een scheiding plaatsvindt in verf-, metaal- en kunststofdeeltjes. Na magnetisch afscheiden van de ijzerdeeltjes vindt door middel van een zeefinstallatie scheiding plaats van de verf- en kunststofdeeltjes. De fractie ijzerdeeltjes wordt als schroot verder verwerkt, terwijl de verfdeeltjesfractie, vermengd met houtzaagsel, bij de AVR wordt verbrand.

De fractie kunststofdeeltjes wordt eveneens bij de AVR verbrand.

Voor deze fractie zoekt men echter naar recycle-mogelijkheden.

De prognose van het potentiële aanbod van verf- en

inktverpakkingen luidt: 1995 : 34 kton en 2000 : 32 kton.

Uitgaande van een inzamelrendement van 75 % in 1995 en 90 % in

2000 bij huishoudens en 90 % bij bedrijven in deze peiljaren,

bedraagt het geschatte aanbod aan verf- en inktverpakkingen in:

1995 : 31 kton en in 2000 : 29 kton.

AFVALSTROOM
Shredderstof

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 140.000 (in 1988)

Historische last (ton): totale omvang van hoeveelheid op
(IBC-)stortplaatsen is niet bekend

[17]

HERKOMST:

Omschrijving: de afvalstroom komt vrij bij de verwerking
van autowrakken en overig schroot in een
shredderinstallatie

Aantal ontdoeners: 10

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Macrosamenstelling van shredder-afval als gemiddelde van 3
monsters genomen in 1990 (in gew. %):

ferrometalen	19	glas	6
non-ferrometalen	2	rubber	3
		kunststoffen	6
		papier	5
		hout	2
		vezels	5
		stof, onherkenbaar	52
		(w.o. kunststoffen, rubber, glas)	

[17]

Gehalte aan verontreinigingen in shredderafval (in % d.s.):

As	0,0004 - 0,0039	Sb	0,0006 - 0,021
Ftalaten	0,46 - 1,05	Zn	0,46 - 4,5
Cr(totaal)	0,0375 - 0,08	PAK's	0,001 - 0,015
Cr(VI)	< 0,0001	PCB's	0 - 0,01
Olie-achtigen	0,325 - 0,65	Cd	0,0023 - 0,03
Ni	0,021 - 0,09	Cu	0,32 - 1,2
		Pb	0,094 - 0,9

N.B. In de rechter kolom overschrijden de bovengrenzen de
concentratiegrenzen van de WCA.

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Afvoer naar (IBC-) stortplaatsen.

BIJZONDERHEDEN:

Als gevolg van verwachte verdere toename van het wagenpark in Nederland zal het aanbod van autowrakken eveneens stijgen. De hoeveelheid te verwerken shredderafval zal daarbij in hoge mate worden bepaald door de ontwikkeling op het gebied van selectief slopen, vooral met betrekking tot glas, rubber en kunststoffen. Ook de toepassing van niet-recyclebare kunststoffen speelt hierbij een rol.

De taakstelling ten aanzien van preventie en hergebruik met betrekking tot shredderafval houdt in, dat van 100 % storten thans moet worden gewerkt naar 10 % nuttige toepassing en 90 % verbranden in het jaar 2000.

AFVALSTROOM
KelderassenHOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): geen

Historische last (ton): ca. 750.000 op bedrijfsterrein van Budelco [26]

HERKOMST:

Omschrijving: kelderassen die vrijkwamen bij de vroegere [8]
zinkproductie volgens een thermisch proces,
zijn in de periode van 1892-1972 toegepast
als ophoog- en verhardingsmateriaal, zowel
op het eigen bedrijfsterrein als op de
wegen in de regio.

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Kelderassen bevatten naast hoge concentraties Cd en Zn, ook andere [8]
zware metalen en andere elementen. Behalve de hoofdelementen: Zn,
Pb, Fe, Si, Cl, Ca en C (als element en als carbonaat) komen
tevens voor de nevenelementen: Cu, Na, K, As, Cd, Ge, In, Sb, F en
S (als sulfide en als sulfaat).

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Van het Budelco-terrein is 70 van de 200 ha. opgehoogd met [8]
kelderassen. Daarnaast is ca. 832 km aan zandwegen in de
Nederlandse Kempen verhard met kelderassen uit de Belgische en
Nederlandse non-ferro industrie. Door uitloging en lekkage vanuit
vroegere processen en van het jarosietbekken 1 heeft een ernstige
verontreiniging van de bodem en het grondwater met vooral Cd, Zn
en sulfaat tot op diepten van zeker 50 m plaatsgevonden.

BIJZONDERHEDEN:

Door Budelco is inmiddels een geohydrologisch beheerssysteem voor
beheersing van de bodem- en grondwaterverontreiniging ontwikkeld
en geïnstalleerd, inclusief een speciaal daartoe ontwikkelde
biologische waterzuiveringsinstallatie.
Deze voorzieningen zullen in 1992 in bedrijf worden genomen.

AFVALSTROOM

Afgewerkt beitszuur van thermische verzinkerijen

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 8.400

[13]

Historische last (ton): geen

HERKOMST:

Omschrijving: Afkomstig van thermische verzinkerijen

Aantal ontdoeners: ca. 25

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling (in % d.s.):

[13]

Fe	5	- 14
Zn	7	- 20
Pb	0,05	- 0,2
Mn	0,03	- 0,05
Ni	0,01	- 0,02
Cr	0,0025	- 0,01
Cu	0,001	- 0,01
Cd	0,001	- 0,004
Cl	3	- 30
HCl	1	- 8

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Afgewerkt beitszuur wordt als vloeistof afgevoerd.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Verwerking in Duitsland en België. Een deel ondergaat een ONO-behandeling in Nederland, waarbij het resterende slib wordt gestort op de C2-deponie van AVR.

BIJZONDERHEDEN:

TNO is momenteel doende met de ontwikkeling van een solvent extractie-proces voor de terugwinning van zink uit afgewerkte beitsbaden. De perspectieven van dit proces lijken gunstig.

AFVALSTROOM

Loodaccu's

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): ca. 22.000 (ca. 1,5 miljoen stuks, in 1990) [2,23]

Historische last (ton): geen

HERKOMST:

Omschrijving: afgedankte accu's van personenwagens, vrachtauto's, bestelauto's

Aantal ontdoeners: van autogarages, autosloperijen, particulieren naar gespecialiseerde bedrijven, die accu's verzamelen, en afvoeren naar verdere verwerkers

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Relevante componenten:

[1]

Een accu van 16,5 kg (gemiddeld) bevat 5 kg acculood, bestaande uit:

	gew. % d.s.
Pb	94 - 98
Sb	1,8 - 3,5
As	0,1 - 0,2
Cu	ca. 0,02
8 kg loodverbindingen (oxisulfaten)	
2 kg accuzuur (15 - 35 %)	
omkasting: 2,5 kg bakeliet of 1,5 kg polypropyleen	

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Vorm: vast voorwerp.

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Vanaf 1992 afvoer naar verwerker in Frankrijk (Metaleurop).

[23]

BIJZONDERHEDEN:

Aangenomen wordt dat de levensduur van accu's ongewijzigd blijft en niet afhankelijk is van het autoverbruik. In dat geval kan het aantal afgedankte accu's evenredig worden verondersteld met de grootte van het Nederlandse wagenpark in de peiljaren 1995 en 2000. Naar verwachting bedraagt dit wagenpark 7,1 miljoen personen-, bestel- en vrachtauto's in 2000 tegen 5 miljoen in 1985. Interpolerend betekent dit waarden van 5,7 miljoen in 1990 en 6,4 miljoen in 1995. Uitgaande van een aanbod van 22 kiloton aan accu's in 1990 betekent dit een aanbod van 25 kiloton in 1995 en 27,5 kiloton in 2000.

[2]

AFVALSTROOM

Autobanden

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): 65.000 in 1989 (personenwagenbanden: [30]
28.000; bedrijfswagenbanden: 25.500;
overige banden: 12.000)

Historische last (ton): totale omvang is niet bekend

HERKOMST:

Omschrijving: schrotbanden, afkomstig van banden- en
autoslopersbranche

Aantal ontdoeners: zeer vele (garages, bandenservice,
autoslopers, shredderbedrijven)

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

De samenstelling van autobanden is moeilijk te geven. [6, 30]
Vrachtwagenbanden worden in het algemeen van natuurrubber (NR)
gemaakt, personenwagenbanden in het algemeen van kunstrubber (SBR
= Styreen Butadien Rubber). De samenstelling van dit kunstrubber
kan wisselend zijn. Uit de beschikbare informatie is wel een
doorsnee-analyse bekend van een Duitse personenwagenband. Ter
vergelijking zijn analyseresultaten van personenwagenbanden uit de
VS gegeven. Hierbij moet worden opgemerkt dat de analyseresultaten
uit de VS betrekking hebben op het rubber.

Chemische samenstelling personenwagenbanden (in gew. %)

	BRD	VS
C	70,0 - 83,0	83,2
H	5,0 - 7,5	7,1
S	1,2 - 1,9	1,2
Cl	0,1 - 0,8	
O	5,0	2,5
N	1,5	0,3
ZnO	1,2 - 2,7*	
Fe	5,0 - 15,0	
Reststoffen	5,0	5,7

* = Bij een Zn-gehalte van 1,6 gew.% en een totale afvalstroom aan
autobanden van 65.000 ton/jaar, bedraagt de totale jaarlijkse
Zn-vracht ca. 1.000 ton.

Bij de verbranding van autobanden bedraagt de hoeveelheid vlieg-
gas bij verbranding in een roosteroven ca. 4,5 %, de hoeveelheid
slakken ca. 13 - 18 %. De slakken bestaan voornamelijk uit Fe,
terwijl het vlieg- gas hoofdzakelijk uit ZnO bestaat. De
karakteristieke samenstelling van de afvalstromen bij de
verbranding van autobanden is als volgt:

	Zn (gew. %)	Pb (gew. %)	Factor *
vlieg- gas	41 - 67 (als oxide)	0,20 (als oxide)	0,045
slakken	?	?	0,13 - 0,18

* = hoeveelheid afval per ton verbrande banden

Literatuurreferentie [6] geeft de volgende chemische samenstelling
van het vlieg- gas:

Component	Concentratie (gew. %)
Zn als zinkoxide	51,48
Pb als loodoxide	0,22
Fe als Fe ₂ O ₃	6,33
Cr als Cr ₂ O ₃	0,03
Cu als CuO	0,55
Ni als NiO	0,03

AFVALSTROOM

Autobanden

As als As ₂ O ₃	0,02
Al als Al ₂ O ₃	0,76
Mg als MgO	0,50
Na als Na ₂ O	< 0,01
K als K ₂ O	0,01
Mn als MnO ₂	0,35
Sn als SnO	0,03
Si als SiO ₂	6,85
Cd als CdO	0,05
C als C	32,20

FYSISCH EIGENSCHAPPEN:

Het stortgewicht van personenautobanden is ongeveer 0,2 ton per m³.

[6, 30]

Bij de verbranding van autobanden is de energie-inhoud van belang. Deze wordt geschat op 63 kJ per band of wel 33,6 MJ per kg (ter vergelijking: de calorische waarde van steenkool bedraagt 25 - 29 MJ per kg).

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Verwijderingsstructuur van vrijkomende autobanden in 1986:

[30]

- Hergebruik (ca. 15.000 ton per jaar) door:

- bruikbare karkassen van vrachtwagen- en busbanden voorzien van nieuwe loop- en zijvlakken (gebeurt nauwelijks bij personenwagenbanden);
- vermalen van vooral vrachtwagenbanden tot granulaat, dat o.m. wordt toegepast in diverse rubberprodukten en in de wegenbouw (proefproject). Een deel van het granulaat wordt verwerkt tot regeneraat, dat voornamelijk wordt toegepast als secundaire grondstof in nieuwe autobanden (max. 2 à 4 gew. % per band).

- Storten (ca. 15.000 ton).

- Verbranden (ca. 35.000 ton, hoofdzakelijk personenwagenbanden) in de cementindustrie in het buitenland, vooral in Duitse cementovens. Dit is echter een aflopende afzetmogelijkheid, hetgeen zal leiden tot een ophoping van schrotbanden in Nederland.

In het algemeen kan gesteld worden dat de problematiek van de vrachtwagenbanden van vrij geringe betekenis is, enerzijds door de loopvlakvernieuwing en anderzijds door het vrijwel volledige hergebruik van vrijkomende banden. De discussie spitst zich vooral toe op de problematiek van de vrijkomende personenautobanden. Door het afnemen van de buitenlandse afzetmarkt, zal een nieuw afzetkanaal 'gevonden' moeten worden.

BIJZONDERHEDEN:

De taakstelling ten aanzien van preventie en hergebruik en verwerking in het jaar 2000 houdt een toename in van hergebruik en nuttige toepassing tot 50 % van de afvalstroom in het jaar 2000. Dit kan bereikt worden door meer loopvlakvernieuwing en recycling in de vorm van granulaat en regeneraat.

[30]

Storten moet zoveel mogelijk voorkomen worden, ook omdat het een zeer volumineuze afvalstroom betreft, die hinderlijk is in de stortplaats.

De resterende 50 % zou verbrand moeten worden met energiebenutting, waarbij verbranding in AVI's niet acceptabel is.

AFVALSTROOM

Autobanden

Als mogelijke maatregel is de realisatie van een centrale verwerkings- of verbrandingsfaciliteit aangegeven.

Een globale prognose van de hoeveelheid vrijkomende autobanden in Nederland ziet er als volgt uit (in 1.000 ton).

	1986	2000	
		SVV II 1)	NMP 2)
Personenwagenbanden	27	50	44
Bedrijfswagenbanden	26	38	36
Overige banden	12	17	17
Totaal	65	105	100

1) Tweede Structuurschema Verkeer & Vervoer

2) Nationaal Milieubeleidsplan

Indien de automobiliteit zich ontwikkelt volgens het SVV II zal er in 2000 circa 105.000 ton afvalautobanden zijn: een toename van circa 60%. Bij een verdere beperking van de toename van het autoverkeer volgens het NMP-scenario kan de bandenberg worden geschat op circa 100.000 ton: een toename van circa 50 %. Het aandeel personenautobanden wordt geschat op 45.000 - 50.000 ton.

AFVALSTROOM

Petroleumcokes

HOEVEELHEID:

Productie (ton/jaar): ca. 40.000 (bed-cokes: ca. 27.000; fine-cokes: ca. 12.400; chunk-cokes: ca. 130) [31]

Historische last (ton): onbekend (waarschijnlijk niet, aangezien het materiaal elders als brandstof wordt ingezet)

HERKOMST:

Omschrijving: afvalstroom afkomstig van het flexicokerproces van Esso Nederland BV.

Aantal ontdoeners: 1

CHEMISCHE SAMENSTELLING:

Chemische samenstelling in gewicht %

	Chunk Cokes	Bed. Cokes	Coke Fines
Koolstof	92,1	92,4	90,7
Waterstof	1,4	1,4	1,4
Zwavel	3,3	3,3	3,4
Stikstof	0,8	0,8	1,0
Nikkel	0,2	0,2	0,2
Vanadium	0,3	0,3	0,6
Totaal as (incl Ni, V)	1,1	1,1	1,7

[32]

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN:

	Chunk Cokes	Bed Cokes	Coke Fines
Deeltjes			
dichtheid kg/dm ³	1,4 - 1,5	1,3 - 1,5	1,6 - 1,8
Bulk			0,4 met
dichtheid kg/dm ³			80 % truck-
vrij gestort	0,7 - 0,9	0,7 - 0,9	belading
			mogelijk
Verdicht	0,8 - 0,9	0,8 - 0,9	0,7
Vocht gew %	0,7	0,7	1,0
Vluchtig 950 °C			
(vochtvrij) gew %	7	2	11
Stookwaarde (LHV)			
KJ/kg	31400-33100	31800-33100	31400-33100
Korrelgrootte	-	25% < 100 µ	2% < 2 µ
verdeling		75% < 150 µ	6% < 5 µ
		95% < 300 µ	30% < 10 µ
			90% < 30 µ

[32]

HUIDIGE VERWIJDERINGSROUTE:

Afvoer naar ENCI Nederland B.V. te Maastricht (voor toepassing als hoogcalorische brandstof in de cementklinker-oven).

BIJZONDERHEDEN:

Bed-cokes en chunk-cokes bevatten vanadium, met jaar-gemiddelde-

AFVALSTROOM

Petroleumcokes

gehalte van 0,37 gew.% (met een standaarddeviatie van 0,07%), dat wil zeggen beneden de WCA-concentratie-grenswaarden voor V van 0,5 gew.%.

Voor fine-cokes geldt, dat ofschoon deze fractie op basis van het V-gehalte door het Besluit chemische afvalstoffen aangewezen is als chemische afvalstof, door VROM een niet-van-toepassing-verklaring tot 1 januari 1995 is afgegeven. Reden hiervoor is, dat tijdens het verbrandingsproces (bij ENCI) het vanadium op een zodanige wijze in de klinkers wordt gebonden dat mogelijke uitloging daarvan tot een aanvaardbaar minimum is teruggebracht.

Bijlage 3 Commentaar van Budelco

Summary

A list of possible waste materials to be processed in the Jarosite Smelter has been generated by TNO Milieu en Energie. Based on the chemical and physical data presented in their report, these materials have been compared against the requirements for the Jarosite Smelter. Based on this comparison, the materials listed have been divided into three groups:

- Desirable Waste Materials, which could be treated with a minor effect on zinc plant residue throughput and/or for which no additional facilities would be required.
- Possible Waste Materials, which could be treated with a major effect on zinc plant residue throughput and/or for which additional facilities would be required.
- Undesirable materials, which could be better treated elsewhere.

Desirable Waste Materials:

1. Oxykalkslik (if high Zn fraction separated)
2. Zinkrijk hoogovengasstof
3. Secundair stof staalfabrieken
4. Elektro-ovenstof
5. Koepelovenstof
6. Slakken van zinkoxydeproductie
7. Rayonslib
12. Pigmentslib
13. Assen bij verbranding van chemisch afval
24. Zinkhoudend stof
25. Houtloogslib
28. Kelderassen
32. Petroleumcokes.

Possible Waste Materials:

10. Slibben uit galvanische industrie
14. Slakken bij verbranding van chemisch afval
15. Assen bij verbranding van huishoudelijk afval
16. Rookgasreinigingsresiduen
29. Afgewerkt beitszuur van thermische verzinkerijen
31. Autobanden.

Undesirable materials:

8. Drossen en assen van thermische verzinkerijen
9. Slakken en assen van messinggieterijen
11. Drossen en filterstof, vrijkomend bij de fabricage van accu's
17. Primaire (eenmalige) batterijen
18. Secundaire (herlaadbare) nikkel-cadmium batterijen
19. Drinkwaterbereidingsslib
20. Emailleslib
21. Letteras
22. Filterstof primaire aluminiumproductie
23. Loodhoudend stof
26. Verf en verfafval
27. Shredderstof
30. Loodaccu's.

1 Introduction

A list of 32 potential feed materials (wastes) for the proposed Jarosite Smelter has been generated by TNO Milieu en Energie.

This note outlines the criteria for treating material in the Jarosite Smelter (both FSF and Fumer) and then considers the potential feed materials in this light. Thereafter, an attempt is made to give a provisional ranking for the desirability of co-treating each of the wastes specified.

2 Criteria for inclusion of materials to the Smelter

The Smelter proposed at Budel is primarily a Jarosite Smelter which may have excess capacity to destroy other waste materials simultaneously. Jarosite contains a high proportion of sulphur, which will be converted to sulphur dioxide and thence to sulphuric acid in a contact acid plant. A prime criterion for sulphuric acid production by this method is the maintenance of the sulphur dioxide content of the inlet gas above a specified minimum level. In the current design, the sulphur dioxide content of the FSF offgas is close to the minimum required. Hence, the capacity for introducing a large additional waste volume with low sulphur content is limited.

In the event that jarosite ceased to be treated in the Smelter, a wide range of alternative waste materials could be treated. In this case, the composition of slag and offgas and the need for gas cleaning facilities (including sulphuric acid plant) would have to be re-addressed based on the average composition of the wastes available. The combination of FSF and Fumer furnace in the multi-purpose Smelter gives rise to a very wide potential flexibility in this instance. The scope to include specific wastes under this scenario would depend on the average composition of other waste to be processed and hence cannot be addressed here.

Criteria for smelting wastes in the Jarosite Smelter can be divided into general criteria (independent of whether the waste is introduced into the FSF or Fumer) and 'unit operation' criteria which dictate where in the process a waste could be introduced.

2.1 General criteria

The average sulphur level of feeds to the Smelter must be high enough to allow the production of sulphuric acid.

The slag forming materials present in the waste need to be such that they can be blended with other components to give an acceptable slag composition.

The metal values contained need to be either recovered (e.g. Zn, Pb, Hg, Cd, (Cu, Ni) S) or, if retained in slag, sufficiently low that they do not compromise the slag acceptability.

Excessively high zinc inputs might give slag quality problems or fumer capacity problems.

2.2 Unit operation criteria

FSF	Fumer
- dry, free flowing powder - may contain chlorinated HCs - endothermic wastes displace jarosite slag	- lumpy aggregates - may not contain chlorinated HCs - endothermic wastes control temperature

3 Discussion of wastes listed

Consideration is given to suitability of introducing each material into the process.

In general, it can be stated that many of the listed materials can be treated in a plant similar to a Jarosite Smelter.

The planned Jarosite Smelter at Budel has a limited capacity and further a limited degree of potential upscaling. For these reasons, incorporation of suitable waste materials into the planned Smelter may be at the expense of zinc plant wastes for which the Jarosite Smelter was designed. The balance between incorporation of third party wastes and extension of the time necessary to clear Budelco site wastes is not a technical question but a political/economic question.

Gecombineerde verwerking van zink- en loodhoudende afvalstoffen in het oxysmeltproces van Budelco

It is assumed for the purposes of this document that a process will be developed to recover chlorides from furnace dusts in a way that offers an acceptable disposal method. If this is an expensive treatment step, it may be necessary to restrict the total amount of chloride in waste that can be treated in the process.

Brief comments are given on the 32 wastes listed by TNO concerning their acceptability for a Flash Smelting Furnace Process, their desirability in the planned Budelco Jarosite Smelter and the extent to which they would limit the processing of zinc plant wastes.

1. Oxykalkslik

In principle, this material could be treated in the FSF after drying in the Jarosite Drier. No significant process problems would be expected. Jarosite would be displaced from the circuit.

The high quantity involved (120,000 t/a) exceeds the capacity of the Jarosite Smelter. However, batch generation of this material could be considered to generate a proportion of low Zn material for internal recycle at Hoogovens and a proportion of high Zn material for smelting in the Jarosite Smelter.

Note that the iron content of the waste would **not** be recovered in the material in the Jarosite Smelter, but it would result in a construction material.

Commentaar van het ministerie van VROM:

Oxykalkslik wordt op dit moment structureel (voor 100%) hergebruikt bij Hoogovens. Dit betekent, dat slechts historische lasten voorhanden zijn voor gezamenlijke verwerking met jarosiet in de oxysmelter.

De visie van VROM is, dat de volgorde van voorkeur voor de verwerking dient te zijn:

- a. IJzerhoudende afvalstoffen binnen Hoogovens zelf verwerken,*
- b. IJzerhoudende afvalstoffen zodanig te verwerken, dat het ijzer hergebruikt wordt en*
- c. Afvalstoffen bij Budelco verwerken.*

2. Zinkrijk hoogovengasstof

This material could be processed by co-drying in the Biomass Drier followed by introduction to the FSF. The carbon present would act as a source of fuel. No problems should be expected for fluxing.

The current production and part of the historic material could be accommodated in the plant at the expense of some biomass and jarosite.

3. Secundair stof staalfabrieken

Based on the limited data available, this material is probably OK for the FSF.

Capacity looks OK, but some jarosite throughput would be lost.

4. Elektro-ovenstof

Probably OK in the FSF, assuming an acceptable Cl-washing and disposal route is developed.

Capacity looks OK, but some jarosite throughput would be lost.

5. **Koepelovenstof**
Assuming the balance of the composition is iron oxide, this would be OK in the FSF, possibly after drying. Probably displacing jarosite throughput. In the case chlorides are present, see remark under 4. above.
6. **Slakken van zinkoxydeproductie**
OK for use in Fumer. Would displace some zinc ash addition.
7. **Rayonslib**
OK. Dry with biomass and use in FSF. The organic fraction in this material displaces some biomass.
8. **Drossen en assen van thermische verzinkertijen**
Could be processed in the Smelter, but better used elsewhere in the existing zinc plant.
9. **Slakken en assen van messinggieterijen**
The slags comprise 30% Zn and 70% Pb. Slags and ashes could be processed in the Smelter. Probably better alternative uses in existing zinc plants.
10. **Slibben uit galvanische industrie**
Possible feed material. Dry in Jarosite Drier and smelt in FSF. Chloride may provide problems if chloride removal step difficult to develop. The average content of Cr would be required to estimate the effect on final slag leachability. Ni and Cu would be recovered as a saleable matter in the FSF. Some reduction in jarosite throughput.
11. **Drossen en filterstof, vrijkomend bij de fabricage van accu's**
Could be processed in the Smelter, but much better treated in the secondary lead industry. (In the Jarosite Smelter, the lead would report to the lead/silver residue at a lower concentration and would then be sent to the secondary lead industry.)
12. **Pigmentslib**
Probably OK. Dry in Jarosite Drier and smelt in FSF. The Cr content would need checking for effect on final slag.
13. **Assen bij verbranding van chemisch afval**
Probably OK for use in FSF. Some high Cl material may be problematic.
14. **Slakken bij verbranding van chemisch afval**
If the chemical waste burning process has been properly carried out, this slag should have been (s)melted at ca. 1400 - 1500 °C. In this case, the leachability may already make the slag suitable for re-use. If not, the AVR needs to consider its waste burning process. If necessary, the slag could be processed further in the Fumer. The low Zn content makes it fairly unattractive.

15. Assen bij verbranding van huishoudelijk afval

OK. The volume would be too great to be absorbed in the planned Smelter FSF. If the ashes already satisfy the BB (Bouwstoffenbesluit) legislation, there would be no point in further processing in the Jarosite Smelter. The sum of the analysed components is less than 40%!.

16. Rookgasreinigingsresiduen

OK, if chloride content not too high. Dry in Jarosite Drier and feed to FSF.

17. Primaire (éénmalige) batterijen

Probably not OK. Cl and Mn contents would require checking. Value contained e.g. Ag would not be recovered. Potential for dioxines etc. is such that treatment in the FSF would be required. Therefore, material would need grinding/shredding and drying prior to use, which would be very costly to achieve.

18. Secundaire (herlaadbare) nikkel-cadmium batterijen

Probably not OK. FSF treatment would be required, implying that grinding and drying would be required as for 17.

19. Drinkwaterbereidingsslib

OK. Would require drying with biomass. More information required about the chemical composition.

20. Emailleslib

OK. Dry with jarosite for FSF.

21. Letteras

Better to send to Metaleurop (or HMIB if it still existed!). If processed in Jarosite Smelter, no credit for contained metals.

22. Filterstof primaire aluminiumproductie

No. Contains fluorides, which cause problems.

23. Loodhoudend stof

Better to send to Metaleurop (or HMIB if it still existed!). If processed in Jarosite Smelter, no credit for contained metals.

24. Zinkhoudend stof

Depending on other components if Zn level lower, probably OK. Dry and add to FSF.

25. Houtloogslib

OK. Treat in Biomass Drier and FSF.

26. Verf en verfafval

Probably not, due to complexity of shredding and drying operation required to feed to FSF. Presence of steel containers unattractive for fumer. If third party shredded, dried/incinerated and separated a clean metal fraction for steel recovery, the Jarosite Smelter could accommodate the resultant slag/powder.

27. Shredderstof

If the ferrometals could be separated for steel recovery, possible OK.
Grinding would be required to ensure in FSF.
Use in Fumer precluded by presence of PCBs.

28. Kelderassen

Already included in Fumer to maximum practical level.
Throughput would be reduced if other materials displace it.

29. Afgewerkt beitszuur van thermische verzinkeringen

OK if chloride not too high for chloride removal step. Would replace jarosite.

30. Loodaccu's

Probably not. Ca. 7,000 t/a lead would be added to the lead/silver residue for sale to a secondary lead Smelter at lower grade. Better to send it straight to Metaleurop.

If a lead battery breaker were available in NL, the lead and lead sulphate fractions could be sold to Metaleurop and the casings could be processed as fuel in the Fumer if dioxines are not a problem.

31. Autobanden

Motor tyres could in principle be used as a fuel replacement in the oxysmelt process.

An important consideration would be the rate at which the rubber would be combusted in the Flash Furnace. The tyres would need to be shredded to a particle size at which they would combust completely in less than 2 seconds and this could be difficult to achieve (Assumption - < 100 microns).

A second consideration is that rubber-based products are not the only product of tyre shredding. Especially in commercial vehicle tyres, there is also steel banding material present. The effect of introducing steel into the Flash Furnace has not been tested, but it is anticipated that this will lead to control problems in maintaining slag quality.

For these reasons, it is not anticipated that motor tyres can be used in the Flash Furnace. If use could be achieved, the tyres would have to be finally shredded and magnetically separated to discard a steel fraction for conventional steel reprocessing.

If the combustion characteristics are suitable, a coarse fraction (ca. 1-2 cm) could probably be used as a substitute for zinc ashes in the Fumer. However, this application could not accommodate the extrapolated 100,000 t/a in 2000. The maximum use would be 4-5,000 t/a.

Overall, this material can be described as a possible material for use in the Fumer, but at a lower rate than the expected generation rate.

32. **Petroleumcokes**

The 'Fine cokes' fraction of this material could be used without pre-treatment in the Flash Furnace as a high grade fuel substitute. This would be at the expense of sewage sludge in the currently proposed process.

The 'Bed cokes' could probably be used similarly, although some screening/crushing may be necessary if the > 300 micron fraction (ca. 10%) is too coarse.

The 'Chunk cokes' does not have a particle size attached. Assuming it to be about 1 cm, this could be used successfully as reductant in the Fumer at the expense of some zinc ashes. If the particle size is smaller, it would probably be appropriate to grind this material to a finer size and use it in the Flash Furnace.

The contained nickel and vanadium would report to the final slag. It is not envisaged that the resultant slag would have increased leaching properties.

Overall, this material would be desirable in the Jarosite Smelting Process.

4 **Ranking/conclusions**

Based on the above analysis, the materials listed have been divided into three groups:

- Desirable Waste Materials, which could be treated with a minor effect on zinc plant residue throughput.
- Possible Waste Materials, which could be treated with a major effect on zinc plant residue throughput and/or for which additional facilities would be required.
- Undesirable materials, which could be better treated elsewhere.

4.1 **Desirable Waste Materials**

1. Oxykalkslik (if high Zn fraction separated)
2. Zinkrijk hoogovengasstof
3. Secundair stof staalfabrieken
4. Elektro-ovenstof
5. Koepelovenstof
6. Slakken van zinkoxydeproductie
7. Rayonslib
12. Pigmentslib
13. Assen bij verbranding van chemisch afval
24. Zinkhoudend stof
25. Houtloogslib
28. Kelderassen (already included)
32. Petroleumcokes.

4.2 Possible Waste Materials

- 10. Slibben uit galvanische industrie
- 14. Slakken bij verbranding van chemisch afval
- 15. Assen bij verbranding van huishoudelijk afval
- 16. Rookgasreinigingsresiduen
- 29. Afgewerkt beitszuur van thermische verzinkerijen
- 31. Autobanden.

4.3 Undesirable materials (but still possible)

- 8. Drossen en assen van thermische verzinkerijen
- 9. Slakken en assen van messinggieterijen
- 11. Drossen en filterstof, vrijkomend bij de fabricage van accu's
- 17. Primaire (eenmalige) batterijen
- 18. Secundaire (herlaadbare) nikkel-cadmium batterijen
- 19. Drinkwaterbereidingsslib
- 20. Emailleslib
- 21. Letteras
- 22. Filterstof primaire aluminiumproductie
- 23. Loodhoudend stof
- 26. Verf en verfafval
- 27. Shredderstof
- 30. Loodaccu's.

Bijlage 4 Referenties

Bijlage 4.

Referenties:

- [1] Chemische afvalstoffengids, Staatsuitgeverij (1987).
- [2] Trendstudie Chemisch Afval 1990-2000, Concept-rapport SCMO-TNO, 21 juli 1992.
- [3] Voortgangsverslag Hydro- en Pyrometallurgische Verwerking van Metaalhoudende Afvalstoffen, CIVI Consultancy, 7 juli 1992. TNO/IMET.
- [4] Hergebruik van afvalstromen met zware metalen, Verwerkingstechnieken voor belangrijke stromen chemisch afval met zware metalen die hergebruik mogelijk maken, DHV Milieu & Infrastructuur B.V., 22 maart 1991.
- [5] Afzet- en hergebruiksmogelijkheden van zink(mono)slib, TNO-rapport, december 1991.
- [6] Applicability of the EMPF proces for treatment of zinc-and/or lead containing wastes. TNO-report, oktober 1991.
- [7] Toepasbaarheid van jarosietlakken afkomstig van het oxy-smeltproces, TNO-rapport, oktober 1991.
- [8] Milieu-Effect Rapport Budelco B.V., Jarosietverwerking, Tauw Infra Consult B.V., juni 1991.
- [9] Jaarcijfers Chemisch Gevaarlijk Afval 1990, Min. van VROM/DGM, Dir. Afvalstoffen, juni 1992.
- [10] Verwerking van rayonslib - Een inventarisatie van de mogelijkheden in Europa, TNO-rapport, januari 1992.
- [11] C.L. van Deelen e.a., Afval als erts: een technologische uitdaging, PT Energiebeheer & Afvalbeheer, no. 4, december 1989.
- [12] Basisdocument chemisch afval 1988-1990, Min. van VROM/DGM, december 1991.
- [13] Informatiedocumenten Afvalstoffen- Beitsbaden van thermische verzinkerijen, RIVM/LAE, april 1992.
- [14] Informatiedocumenten Afvalstoffen - Informatiedocument Oxykalkslik, RIVM, februari 1991.
- [15] Informatiedocumenten Afvalstoffen - Informatiedocument Slak en Vliegas van AVI's, RIVM, november 1991.
- [16] Informatiedocumenten Afvalstoffen - Informatiedocument batterijen, RIVM, februari 1991.
- [17] Informatiedocumenten Afvalstoffen - Informatiedocument Autowrakken en Shredderafval, RIVM, januari 1991.

- [18] J. Koot, Onderzoek naar zware metalen in slib, afkomstig van de Firma Globon te Hoensbroek, HTS Afstudeerscriptie, december 1991.
- [19] Conference on Recycling Lead and Zinc, p. 411-420, Rome, June 11-13, 1991.
- [20] Persoonlijke communicatie met NEDSTAAL- B.V., dd december 1987.
- [21] Persoonlijke communicatie met Zinkwit Nederland B.V., mei 1990.
- [22] Interne gegevens TNO.
- [23] Persoonlijke communicatie met Billiton en FMM, Hr G.J. Dorland.
- [24] Persoonlijke communicatie met Hoogovens, Hr. W. Cat.
- [25] Persoonlijke communicatie met Globe, Hr. H. Gilissen Weert.
- [26] Mededelingen van PW Noord-Brabant, Hr. H. de Kruijf.
- [27] W. J. Th. van Gemert, B.H. Kolster, Onderzoek naar verwerking van gebruikte batterijen, Publicatie Min. van VROM (1986).
- [28] D. Nagelhout, H. F. L. Kaltenbrunner, Selectie Prioritaire Afvalstoffen - een eerste benadering, RIVM, december 1986.
- [29] R.F. van Nieuwehuyze, H.D.M. Sombekke, E. van de Baan, Ontwikkeling produktie drinkwaterslib en filtermateriaal 1990 - 2020, KIWA-rapport (1992)
- [30] Informatiedocumenten Afvalstoffen - Autobanden, RIVM, februari 1990.
- [31] Informatie van Ministerie van VROM, Directie Afvalstoffen, dd 26 oktober 1992.
- [32] Persoonlijke communicatie met Esso Nederland B.V., Hr. J.J.Verhoog.
- [33] Meerjarenplan verwijdering Chemisch afval 1990 - 2000, Uitgave NVCA (1992).
- [34] Persoonlijke communicatie met Leto Recycling B.V., Hr. Steinvoot.