

RIJKSINSTITUUT VOOR
VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE
BILTHOVEN

Rapport nr. 601014010

**Stofstroomanalyse van zes zware metalen -
Gevolgen van autonome ontwikkelingen en
maatregelen**

J.A. Annema, E.M. Paardekooper, H. Booij,
L.F.C.M. van Oers, E. van der Voet, P.A.A.
Mulder

april 1995

Dit onderzoek werd verricht in samenwerking met het Centrum voor Milieukunde Leiden in opdracht en ten laste van het Ministerie van VROM, directie Stoffen, Veiligheid en Straling, in het kader van project nr. 601014.

This investigation has been performed in order of the Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment, division Chemicals, External Safety and Radiation, within the framework of project 601014.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven
tel 030-749111, fax 030-742971

VERZENDLIJST

- 1-20 Directie Stoffen, Veiligheid, Straling, Directoraat-Generaal Milieubeheer
- 21 Directeur-Generaal Milieubeheer, H.A.P.M. Pont
- 22 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Dr. ir. B.C.J. Zoeteman
- 23 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Mr. G.J.R. Wolters
- 24 Plv. Directeur-Generaal Milieubeheer, Drs. P.E. de Jongh
- 25 drs. C.J. Mannien, DGM
- 26 Ir. H.O. Hooghoudt, DGM
- 27 Ir. M. Bovenkerk, DGM
- 28 dr. A.G.J. Sedee, DGM
- 29 drs. F.O. Dorgelo, DGM
- 30 mevr. Ir. J.G. Robberse, DGM
- 31 drs. H. Zoetemeijer, DGM
- 32 drs. J.M. Kok, DGM
- 33 Mevr. Ir. I. Burger, DGM
- 34 Hoofddirectie van de Rijkswaterstaat
- 35 Depot van Nederlandse publikaties en Nederlandse bibliografie
- 36-37 Bibliotheek CML
- 38 J. Schoot Uiterkamp, RIZA
- 39 drs. S. van Gool, Natuur en Milieu
- 40 Dr. G. Rouweler, Philips Lighting B.V.
- 41 Directie Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
- 42 Hoofd Bureau Voorlichting en Public Relations, RIVM
- 43 Ir. N.D. van Egmond, RIVM
- 44 drs. L.H.M. Kohsiek, RIVM
- 45 drs. J.P.M. Ros, RIVM
- 46 dr. G.W.M. Bodar
- 47 Ir. A.H.M. Bresser, RIVM
- 48 drs. O.J. van Gerwen, RIVM
- 49 ing. P.J. Meijer, RIVM
- 50 Bureau Projecten- en Rapportenregistratie, RIVM
- 51 - 52 Bibliotheek RIVM
- 53-94 Reserve exemplaren
- 95-100 Auteurs

INHOUDSOPGAVE

VERZENDLIJST	ii
INHOUDSOPGAVE	iii
ABSTRACT	1
SAMENVATTING	2
1. INLEIDING	5
1.1 DOEL	5
1.2 METHODE VAN STOFSTROOMANALYSE	5
1.3 ONZEKERHEID	7
2. MILIEUKWALITEIT EN VOORRAADBEHEER	8
2.1 INLEIDING	8
2.2 MILIEUKWALITEIT	9
2.2.1 Probleemschets	9
2.2.2 Hoe wordt het probleem milieukwaliteit in dit stofstroomdocument geanalyseerd?	9
2.3 VOORRAADBEHEER	10
2.3.1 Probleemschets	10
2.3.2 Hoe wordt het probleem voorraadbeheer in dit stofstroomdocument geanalyseerd?	13
3. KOPER	19
3.1 DE KOPERKETEN	19
3.1.1 Beschrijving van de keten	19
3.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen	20
3.1.3 De koperketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer	23
3.2 KOPERGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST	25
3.2.1 RWZI-slib	25
3.2.2 Bodem	27
3.2.3 Oppervlaktewater	29
3.2.4 Reststoffen van afvalverbrandinginstallaties (avi's)	30
3.2.5 Groente-, fruit- en tuinafval	31
3.3 MAATREGELLEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'- STROMEN	31
3.3.1 Keuze van maatregelen	31
3.3.2 Doorwerking van maatregelen op de gehele keten	33
3.3.3 Doorwerking van maatregelen op 'probleem'stromen	33
3.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer	37
3.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES	41

4. ZINK	44
4.1 DE ZINKKETEN	44
4.1.1 Beschrijving van de keten	44
4.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen	46
4.1.3 De zinkketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer	48
4.2 ZINKGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST ..	49
4.2.1 RWZI-slib	49
4.2.2 Oppervlaktewater/sediment	50
4.2.3 Landbouwbodem/grondwater	52
4.2.4 Bodem (niet landbouw)	54
4.2.5 Groente-, fruit- en tuinafval	55
4.3 MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'- STROMEN	55
4.3.1 Keuze van maatregelen	55
4.3.2 Doorwerking op de totale keten	58
4.3.3 Doorwerking van maatregelen op 'probleem'stromen	60
4.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer	63
4.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES	68
5. LOOD	70
5.1 DE LOODKETEN	70
5.1.1 Beschrijving van de keten	70
5.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen.	72
5.1.3 De loodketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer	74
5.2 LOODGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST	76
5.2.1 RWZI-slib	76
5.2.2 Oppervlaktewater/sediment	78
5.2.3 Bodem	79
5.2.4 Drinkwater	80
5.2.5 Groente-, fruit- en tuinafval	80
5.3 MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'- STROMEN	81
5.3.1 Keuze van maatregelen	81
5.3.2 Doorwerking van maatregelen op de gehele keten	83
5.3.3 Doorwerking van maatregelen op 'probleem'stromen	83
5.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer	87
5.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES	91

6. CHROOM	93
6.1 DE CHROOMKETEN	93
6.1.1 Beschrijving van de keten	93
6.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen.	95
6.1.3 De chroomketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer	97
6.2 CHROOMGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST	98
6.2.1 Lucht	98
6.2.2 Oppervlaktewater en sediment	98
6.2.3 Grondwater	100
6.3 MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'- STROMEN	100
6.3.1 Keuze van maatregelen	100
6.3.2 Doorwerking op de totale keten	102
6.3.3 Doorwerking van maatregelen op 'probleem'stromen	104
6.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer	105
6.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES	109
7. CADMIUM	110
7.1 DE CADMIUMKETEN	110
7.1.1 Beschrijving van de keten	110
7.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen.	113
7.1.3 De cadmiumketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer	116
7.2 CADMIUMGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST	117
7.2.1 Agrarische bodem	117
7.2.2 Grondwater	119
7.2.3 Oppervlaktewater en sediment	119
7.2.4 Groente-, fruit- en tuinafval	121
7.2.5 RWZI-slib	121
7.3 MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'- STROMEN	124
7.3.1 Keuze van maatregelen	124
7.3.2 Doorwerking op de totale keten	125
7.3.3 Doorwerking van maatregelen op 'probleem'stromen	128
7.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer	130
7.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES	135
8. KWIK	138
8.1 DE KWIKKETEN	138
8.1.1 Beschrijving van de keten	138

8.1.2	Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen.	139
8.1.3	De kwikketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer	143
8.2	KWIKGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST	143
8.2.1	Agrarische bodem	143
8.2.2	Niet-agrarische bodem	145
8.2.3	Oppervlaktewater en sediment	146
8.2.4	RWZI-slib	148
8.3	MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'-STROMEN	150
8.3.1	Keuze van maatregelen	150
8.3.2	Doorwerking op de totale keten	152
8.3.3	Doorwerking van maatregelen op de 'probleem'stromen	155
8.3.4	Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer	157
8.4	SAMENVATTING EN CONCLUSIES	162
	LITERATUUR	164
	BIJLAGE 1 De herkomst van zware metalen in GFT-compost	167
	BIJLAGE 2 De stromen van de zware metalen door economie en milieu in 1990. .	170
BIJLAGE 2.1	De koperstroom door de Nederlandse economie in 1990	171
BIJLAGE 2.2	De koperstroom door het Nederlandse milieu in 1990	172
BIJLAGE 2.3	De zinkstroom door de Nederlandse economie in 1990	173
BIJLAGE 2.4	De zinkstroom door het Nederlandse milieu in 1990	174
BIJLAGE 2.5	De loodstroom door de Nederlandse economie in 1990	175
BIJLAGE 2.6	De loodstroom door het Nederlandse milieu in 1990	176
BIJLAGE 2.7	De chroomstroom door de Nederlandse economie in 1990	177
BIJLAGE 2.8	De chroomstroom door het Nederlandse milieu in 1990	178
BIJLAGE 2.9	De cadmiumstroom door de Nederlandse economie in 1990 ...	179
BIJLAGE 2.10	De cadmiumstroom door het Nederlandse milieu in 1990	180
BIJLAGE 2.11	De kwikstroom door de Nederlandse economie in 1990	181
BIJLAGE 2.12	De kwikstroom door het Nederlandse milieu in 1990	182
	BIJLAGE 3 De SFINX-files met stofstromen voor het basisjaar 1990	183
BIJLAGE 3.1	Koper	183
BIJLAGE 3.2	Zink	197
BIJLAGE 3.3	Lood	214
BIJLAGE 3.4	Chroom	227
BIJLAGE 3.5	Cadmium	241
BIJLAGE 3.6	Kwik	256

Abstract

In this study the substance flows of six heavy metals through economy and environment has been described for the year 1990. The considered metals are: copper, lead, zinc, chromium, cadmium and mercury. With scenario calculations, the effect of current environmental policy measures and additional measures on the substance flows in 2010 is determined. This investigation was performed in order of the Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment because concerning the objectives the environmental norms of the selected heavy metals are exceeded in different environmental compartments and products (like sewage sludge or incineration ashes). The study shows that current environmental policy leads to considerable reductions; however not sufficient to reach the desired environmental quality. Therefore, the report gives a summary of additional policy measures, which are effective according to scenario calculations. Another objective of the investigation was to determine the effectivity of the environmental policy concerning the theme of squandering: the proper management of stocks of heavy metals.

SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft de stofstromen door economie en milieu van zes zware metalen: koper, zink, lood, chroom, cadmium en kwik in 1990. Met behulp van scenarioberekeningen is het effect van het milieubeleid met mogelijke aanvullende maatregelen op de stofstromen in 2010 geschat.

De studie is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van VROM, afdeling Stoffen, omdat de gestelde milieukwaliteitsnormen voor de geselecteerde zware metalen in een aantal milieucompartimenten en restprodukten wordt overschreden.

Het doel van de studie is het vaststellen van de herkomst van overschrijdingen van de gewenste milieukwaliteit en het aangeven van de effectiviteit van het milieubeleid met mogelijke aanvullende beleidsmaatregelen.

De metalen worden in dit rapport afzonderlijk behandeld. In een aanvullend rapport van het Centrum voor Milieukunde Leiden worden de metalen integraal behandeld, zodat een beeld wordt verkregen van de mogelijkheden voor een integraal zware metalenbeleid.

Bij koper leidt het milieubeleid in een aantal milieucompartimenten c.q. restprodukten niet tot de gewenste reducties. Effectieve aanvullende maatregelen zijn:

oppervlaktewater & rioolwaterzuiveringsslib

- substitutie of coaten van koperen waterleidingen;
- substitutie van koperbevattende anti-fouling bij de scheepvaart;

Landbouwbodem & GFT-compost

- het reduceren van koperhoudende veevoeradditieven;
- minder toepassen van dierlijke mest (bovenop de reeds verwachte reducties);

AVI-bodemas

- betere scheiding van koper bij de afvalverwerkingsbedrijven;
- vervangen van moeilijk te recyclen koperhoudende consumentenprodukten.

Ook bij zink blijven milieutekorten bestaan. Effectieve aanvullende maatregelen zijn:

Oppervlaktewater, rioolwaterzuiveringsslib, niet-agrarische bodem, grondwater en GFT-compost.

- substitutie of coaten van zinken en verzinkte bouwmaterialen. De kosten zijn afhankelijk van de snelheid van invoering (invoering bij nieuwbouwwijken geeft in tegenstelling tot actieve vervanging nauwelijks meerkosten);

Grondwater

- het aanscherpen van het verzuringsbeleid (waardoor de uitspoelingsnelheid van bodem naar grondwater afneemt).

Bij lood leidt het milieubeleid in een aantal milieucompartimenten c.q. restprodukten niet tot de gewenste reducties. Effectieve aanvullende maatregelen zijn:

Rioolwaterzuiveringsslib & oppervlaktewater

- substitutie of coaten van bladlood. De kosten zijn afhankelijk van de snelheid van invoering (invoering bij nieuwbouwwijken geeft in tegenstelling tot actieve vervanging nauwelijks meerkosten);
- vervangen van vislood;

Bodem

- verbod op het gebruik van lood bij kleiduvenschieten.

Bij chroom worden de milieukwaliteitsnormen gemiddeld alleen bij lucht en oppervlaktewater overschreden. Autonoom lijken de probleemstromen tot het gewenste niveau te worden gereduceerd.

Bij cadmium leidt het milieubeleid in een aantal milieucompartimenten c.q. restprodukten niet tot de gewenste reducties. Effectieve aanvullende maatregelen zijn:

Landbouwbodem & GFT-compost

- minder toepassen van dierlijke mest en kunstmest (bovenop de reeds verwachte reducties);

Rioolwaterzuiverings-slib

- Bij rioolwaterzuiverings-slib is de herkomst van cadmium onduidelijk, waardoor geen van de aanvullende maatregelen overtuigend effectief lijken te zijn;

AVI-vliegas

- recycling van oude cadmiumhoudende kunststofvoorraden (binnen een gecontroleerd circuit) in plaats van verbranden;
- een betere inzameling van nikkel-cadmiumbatterijen;
- grootschalige vervanging van nikkel-cadmiumbatterijen door cadmiumvrije batterijen, zoals oplaadbare nikkel-hydridebatterijen of lithium-mangaandioxidebatterijen;
- een betere handhaving van het Cadmiumbesluit (bijv. een goede controle op het cadmiumgehalte in geïmporteerde kunststoffen).

Bij kwik blijven autonoom milieutekortingen bestaan. De milieukwaliteitsnorm voor RWZI-slib lijkt met het huidige milieubeleid gehaald te kunnen worden door de invoering van amalgaamafscheiders bij tandartsenpraktijken. Effectieve aanvullende maatregelen zijn:

Landbouwbodem & oppervlaktewater

- het verder terugdringen van atmosferische emissies door industrie;
- een 'kwikbesluit' dat niet-essentiële kwiktoepassingen aan banden legt.

In het algemeen wordt opgemerkt dat de maatregelen gericht op het terugdringen van de zware metalentoevoer naar rioolwaterzuiverings-slib mogelijk minder prioriteit hebben. Dit omdat rioolwaterzuiverings-slib toch al niet meer toegepast gaat worden op landbouwgronden, daar de samenstelling van het slib van onvoldoende kwaliteit is (onder andere door te hoge zware metaalconcentraties).

Een nevendoelstelling van de studie is het bepalen van de effectiviteit van het beleid voor wat betreft voorraadbeheer. Momenteel is er beleidsmatig geen doelstelling, zodat toetsing van de effectiviteit aan een concrete doelstelling niet mogelijk is. Om toch uitspraken te kunnen doen

is een indicator ontwikkeld waarmee het verliespercentage uit de keten is berekend, ten gevolge van het bewust toepassen van een zwaar metaal in Nederland. De verliezen in 1990 variëren tussen de 15% (bij lood) en 40% (bij cadmium) per jaar. Dit verschil kan worden verklaard door de goede inzamelstructuren voor afgedankt lood, terwijl cadmiumhoudende produkten, met name kunststoffen, veelal gestort of verbrand werden. Lood wordt namelijk vaak als metaal toegepast, terwijl cadmium meer in cadmiumverbindingen voorkomt.

Vervolgens is de mate van verspilling in 2010 bij verschillende scenario's bepaald. De verliezen blijken autonoom af te nemen, door betere inzamelstructuren en emissiebeperkende maatregelen. Bij cadmium is deze trend onzeker, omdat een verschuiving van cadmiumhoudende kunststoffen naar batterijen plaatsvindt, waardoor de totale toepassing van cadmium zou kunnen stijgen (batterijen vallen niet onder het Cadmiumbesluit). Alleen bij een goede inzamelstructuur gecombineerd met een schone verwerkingsmethode van afgedankte batterijen blijven de verliezen beperkt.

Bij kwik moet in de toekomst rekening worden gehouden met een kwikoverschot. Kwik wordt wereldwijd (vanwege milieu-argumenten) minder toegepast, terwijl de hoeveelheid secundair kwik toeneemt door een nieuwe kwikverwerkende fabriek, gespecialiseerd in afval met lage kwikgehalten. Bovendien blijft de winning van kwik als bijproduct bij de aardgaswinning in Nederland gelijk. De bestemming van het kwik (isolatie, export of een groeiende Nederlandse markt) bepaalt of en in hoeverre dit tot (uitgestelde) milieubelasting leidt.

Voor meer informatie wordt verwezen naar de samenvattingen, ter afsluiting van de hoofdstukken over de afzonderlijke zware metalen.

1. INLEIDING

1.1 DOEL

In dit document worden stofstromen beschreven van zes zware metalen: koper, zink, lood, chroom, cadmium en kwik. De studie is ter voorbereiding van het beleidsstandpunt zware metalen.

De studie is uitgevoerd omdat de door het Ministerie VROM gestelde normen en toelatingseisen voor de geselecteerde zware metalen in een aantal milieucompartimenten en produkten worden overschreden. In deze studie wordt de stofstroom - van economie naar milieu- geanalyseerd die tot deze overschrijdingen leidt.

Het doel van de studie is het vaststellen van de herkomst van overschrijdingen van gewenste milieukwaliteit en het aangeven van de effectiviteit van mogelijke beleidsmaatregelen. Er moeten vragen worden beantwoord zoals: leidt een beleidsmaatregel tot een zodanig lage instroom van lood naar de rioolwaterzuiverings-installaties (rwzi's), zodat het loodgehalte in het rwzi-slib lager wordt dan de gewenste milieukwaliteit?

De studie richt zich bij het doorrekenen van mogelijke beleidsmaatregelen op die delen van een stofstroom (bijvoorbeeld: de stroom naar oppervlaktewater of de stroom naar GFT-compost) waar overschrijdingen van de gewenste kwaliteit zijn geconstateerd. Aangezien in deze stofstroomstudie de stofstroom in zijn totaliteit in kaart wordt gebracht, kan bij een potentiële beheersmaatregel worden aangegeven in welke mate verschuiving van het probleem naar een ander deel van de keten (een ander compartiment of produkt) optreedt.

Naast deze vrij praktische doelstelling van de stofstroomstudie is door de opdrachtgever ook gevraagd onderzoek te doen naar voorraadbeheer van zware metalen. Voor voorraadbeheer is op dit moment beleidsmatig geen doelstelling, zodat toetsing van de effectiviteit van maatregelen aan een concrete doelstelling niet mogelijk is. In het beleidsthema 'verspilling' wordt aan dit beleidsthema gewerkt.

In deze studie zal in meer theoretische zin ingegaan worden op de eventuele noodzaak voor voorraadbeheer en wat voorraadbeheer vervolgens beleidsmatig zou kunnen inhouden. Er is hierbij uitgegaan van de notie dat het beleid in algemene zin streeft naar 100% gesloten stofketens.

1.2 METHODE VAN STOFSTROOMANALYSE

Er is in deze studie gewerkt met het door het Centrum Milieukunde Leiden (CML) ontwikkelde computermodel SFINX (Substance Flow InterNodal eXchange) dat een raamwerk biedt voor het opzetten van stofstroomanalyses. In SFINX worden economische sectoren en milieucompartimenten verbonden via een stofstroom, in dit geval een zware metaal-stroom.

Als systeemgrens is Nederland als totaal gekozen. Met SFINX wordt voor een bepaald jaar de situatie doorgerekend, waarvoor geldt:

$$IN = UIT, \text{ ofwel:}$$

$$\text{import} + \text{grensoverschrijdende instroom} = \text{export} + \text{grensoverschrijdende uitstroom} + \text{accumulatie}$$

import:	de hoeveelheid zwaar metaal (in ton) die in 1990 Nederland binnenkomt: in de vorm van ruw metaal, halffabrikaten en in allerlei produkten
grens. instroom:	instroom van zwaar metaal via lucht en oppervlaktewater
grens. uitstroom:	uitstroom van zwaar metaal via lucht en oppervlaktewater
accumulatie:	de hoeveelheid zwaar metaal (in ton) die in 1990 ophoopt in milieucompartimenten en in produkten wordt respectievelijk accumulatie in het milieu en economische accumulatie genoemd. Een voorbeeld van accumulatie in het milieu is: in 1990 stroomde 660 ton chroom Nederland binnen via Rijn en Maas, 220 ton stroomde Nederland uit, 160 ton werd opgebaggerd en op de bodem gestort en Nederlandse bronnen emitterden 50 ton naar het oppervlaktewater, zodat in het Nederlandse oppervlaktewater en sediment over 1990 uiteindelijk 330 ton chroom accumuleert. Voor nadere toelichting op het begrip <i>economische</i> accumulatie wordt verwezen naar §2.3.2.
export:	de hoeveelheid zwaar metaal (in ton) die in 1990 Nederland verlaat: in de vorm van ruw metaal, halffabrikaten en in allerlei produkten, afvalstoffen en schroot

SFINX is voor diverse doeleinden geschikt, die allemaal in deze studie zijn ingebracht:

- SFINX kan opgezet worden als 'boekhoudsysteem' en brengt zo ordening aan in verzamelde gegevens over het specifieke peiljaar (1990);
- met SFINX als model is de herkomst van specifieke probleemstromen vastgesteld op drie niveaus;
- met SFINX als model is een vergelijking uitgevoerd van de doorwerking van verschillende maatregelpakketten (scenario's) op de metaalstromen.

Voor het tweede en derde doel is het nodig, de ingevoerde vaste gegevens zoveel mogelijk te vervangen door formules die de onderlinge relaties van de stromen weergeven (bijvoorbeeld emissiefactoren in plaats van emissiecijfers). Zo wordt SFINX niet als boekhoudsysteem, maar als lineair model gebruikt. Voor verder informatie over SFINX wordt verwezen naar de handleiding SFINX 1.06 (van Oers et al., 1994).

1.3 ONZEKERHEID

Om een stofstroom te ontwerpen is een groot aantal gegevens nodig. In bijlage 2 worden voor elk getal in de diverse stofstromen een referentie c.q. verantwoording gegeven.

Voor het milieudeel zijn de gegevens zoveel mogelijk gelijk aan die gegevens die worden gebruikt om het Reken en Informatiesysteem Milieu (RIM+) van het RIVM te vullen. Het economiedeel (im- en export- en gebruiksgegevens) zijn veelal afkomstig van het CBS.

De geschetste stofstromen voor de basisjaren zijn allermindst voor 100% zeker. Er zijn drie belangrijke oorzaken van de onzekerheid:

- aan im-, export, emissie- en afvalgegevens zitten inherent onzekerheden;
- alle benodigde data waren niet voor één jaar beschikbaar, zodat allerlei bijstellingen

hebben plaatsgevonden. De veranderingen in het gebruik en in de technologie zijn echter niet zo snel dat hierdoor een grote fout wordt geïntroduceerd. De meest recente data zijn gebruikt;

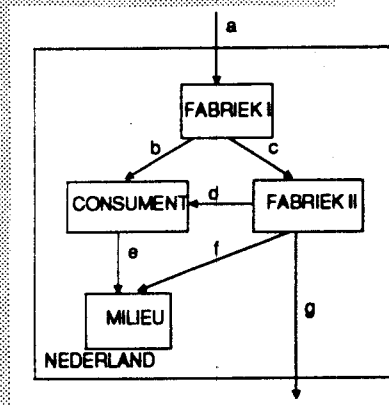
- er zijn modelberekeningen gemaakt, of er is gebruik gemaakt van modelberekeningen van anderen, (bijvoorbeeld voor instroom vanuit buitenlandse rivieren, uit- en afspoeling van bodem, depositie), met elk een zekere foutenmarge.

De onzekerheid in het uiteindelijke resultaat is niet in een percentage aan te geven. Onzekerheden in deelstromen die van invloed zijn op een beleidsaanbeveling, worden in de tekst bij de stofstromen apart weergegeven. Overigens is het wel zo dat SFINX onderzoekers dwingt alle cijfers met elkaar in verband te brengen, waardoor het uiteindelijke resultaat, ondanks alle onzekerheden, redelijk robuust is.

DE WERKWIJZE VAN SFINX

Met SFINX (geschreven in Prolog en draaiend onder DOS) wordt een stofstroom in knopen gehakt, die onderling zijn verbonden (zie figuur). In de figuur worden vier knopen onderscheiden: fabriek I en II, consument en milieu. Elke knoop kent een in- en output en eventueel een accumulatiepost. In de figuur worden de knopen verbonden via a (ton/jaar) naar uiteindelijk export (g) en accumulatie in milieu (e en f). Wanneer bijvoorbeeld de stromen b en d groter zijn dan e, accumuleert het verschil bij de 'knoop' consumenten.

Met SFINX kan voor stofstromen (die in werkelijkheid veel ingewikkelder zijn dan de figuur), geautomatiseerd worden bijgehouden hoeveel er waar accumuleert, er wordt geëxporteerd, enzovoort. Ook kan, wanneer de stofstroom eenmaal is geschetst, er aan allerlei deelstromen worden gesleuteld (input beperken, emissiereducerende maatregelen nemen en dergelijke), waarna opnieuw voor de stofstroom in zijn geheel kan worden vastgesteld hoeveel er waar accumuleert. De feitelijke berekening van de omvang van de gespecificeerde stofstromen wordt uitbesteed aan een wiskundig programma, 'Mathematica'. De communicatie tussen SFINX en Mathematica wordt door SFINX gerealiseerd.



2. MILIEUKWALITEIT EN VOORRAADBEHEER

2.1 INLEIDING

De stofstromen van zware metalen zijn opgesteld om twee vragen te beantwoorden:

- I. evaluatie milieukwaliteit
leiden voorgenomen beleid en extra maatregelen tot het terugdringen van overschrijdingen van de milieukwaliteit, zonder dat een 'oplossing' een nieuw probleem in de keten creëert?;
- II. evaluatie voorraadbeheer
leiden voorgenomen beleid en extra maatregelen tot het terugdringen van de input van primair metaal (metaal uit ertsten) in de keten ten gunste van het gebruik van secundair metaal (metaal uit schroot/afval)?

Voor beantwoording van beide vragen wordt uiteraard dezelfde stofstroom gebruikt, maar er is voor gekozen per vraag de stofstroom anders te interpreteren. Hoe dit is gebeurd en de redenen hiertoe zullen met name in de volgende twee paragrafen (§2.2 en §2.3) worden behandeld. Om de lezer echter al enigszins op het goede spoor te zetten, zal nu kort de verschillende analysewijzen per vraagstelling worden aangegeven.

- I. Overschrijding van de milieukwaliteit wordt veroorzaakt door de uiteindelijke stromen van metalen naar het milieu (emissies, depositie en dergelijke). In de SFINX-stofstroom worden deze stromen aangegeven. In de analyse zal op deze deelstromen worden ingezoomd. Er worden dus geen extra databewerkingen op de SFINX-stofstroom uitgevoerd.
- II. De input van primair metaal in de keten is nodig om te compenseren voor de verliezen (afgedankt of geëmitteerd materiaal moet worden vervangen) én om de extra metaalbehoeften (het metaalgebruik per mens neemt jaar tot jaar toe maar ook het aantal mensen) te dekken. Wanneer er geen verlies optreedt en er geen groei in het gebruik plaatsvindt, is er in theorie geen input van primair metaal nodig: alles wat wordt afgedankt, kan als secundair materiaal terug de keten in. Een maatschappij waar geen fysieke groei meer inzit, is als het ware economisch in evenwicht.
De input van primair materiaal in een keten kan dus worden teruggebracht door het verlies te beperken of door minimaal te streven naar nul-groei van het metalengebruik (minder of helemaal niet meer gebruiken, helpt uiteraard ook). De vraag of deze nulgroei-optie haalbaar en wenselijk is, valt buiten het zicht van dit rapport. Wij willen ons richten op het terugdringen van de primaire metaalinput door te evalueren of het huidige milieubeleid en extra maatregelen het totale verlies uit de keten beperken. Hiertoe wordt de SFINX-stofstroom (die geldt voor één jaar) gemanipuleerd zodat de 'werkelijke' jaarlijkse primaire input in een stofstroom wordt berekend.

2.2 MILIEUKWALITEIT

2.2.1 Probleemschets

In het Nationaal MilieubeleidsPlan 2 (VROM, 1993) worden concrete doelstellingen aangegeven voor wat betreft het terugdringen van risico's, veroorzaakt door te hoge concentraties van stoffen in het milieu. De doelstellingen houden in het niet meer overschrijden van het maximaal toelaatbaar risico (MTR) als gevolg van het milieubelastingsniveau in 2000 en het streven naar het niet meer overschrijden van het verwaarloosbaar risico (VR) als gevolg van het milieubelastingsniveau in 2010.

Het probleem is dat op dit moment voor zware metalen overschrijdingen van allerlei normen in diverse milieucompartimenten en restprodukten worden aangetroffen. Het gaat bij normen niet alleen om MTR- en VR-waarden. In overleg met de opdrachtgever hebben we voor een pragmatische probleemdefiniëring gekozen. Uit recente documenten zijn meetwaarden gekozen, die zijn getoetst aan de door de *opdrachtgever* aangegeven milieukwaliteitseisen. Er wordt hierbij van uitgegaan dat deze eisen in 2010 moeten worden gehaald in geheel Nederland

2.2.2 Hoe wordt het probleem milieukwaliteit in dit stroomdocument geanalyseerd?

De metaalstromen naar de compartimenten, dan wel restprodukten (zoals AVI-reststoffen of GFT-compost), waar in feite ontoelaatbare ophoping van de metalen plaatsvindt, worden met de SFINX-stofstroom onderzocht. Het probleem wordt vervolgens in vijf stappen geanalyseerd:

1. de totale belasting (stroom) van een zwaar metaal naar een compartiment of restprodukt wordt gedetailleerd weergegeven. De herkomst wordt vastgesteld per doelgroep en per uiteindelijke oorzaak;
2. er worden reductiepercentages (doelstellingen) afgeleid voor de belasting van een zwaar metaal per compartiment of reststof. Bij de reststoffen RWZI-slib en AVI-bodemas geschiedt dit op basis van waargenomen overschrijdingen van milieukwaliteitscriteria. Bijvoorbeeld: de huidige totale belasting van koper naar RWZI-slib leidt tot een overschrijding van de gewenste concentratie voor schoon slib met een factor 4. Daarom is een reductie van de totale belasting naar slib van 75% nodig. Deze benadering gaat alleen op als de normoverschrijding in het basisjaar een direct gevolg is van de metaaltoevoer in hetzelfde jaar. Bij water/sediment, bodem en GFT-compost (dat van de bodem afkomstig is) is de normoverschrijding veelal het gevolg van jarenlange accumulatie van zware metalen ten gevolge van historische activiteiten. De concentratie neemt hierbij niet lineair af met een afnemende zware metalentoevoer. Bij deze compartimenten is uitgegaan van beleidsdoelstellingen uit NMP-2 en de strategienota 'Zware Metalen'. Het afleiden van de benodigde reductiepercentage van de belasting is in dit document dus ruwweg gebeurd. In een ander project, dat nog niet is afgerond, wordt gepoogd op een meer systematische

wijze benodigde emissiereductiepercentages per doelgroep af te leiden op basis van milieukwaliteitsdoelstellingen.

3. de opdrachtgever selecteert een aantal beleidsmaatregelen dat is bedoeld om de stroom naar de probleemcompartimenten of -restprodukten te reduceren;
4. de metaalstroom wordt opnieuw vastgesteld onder invloed van de autonome ontwikkeling en onder invloed van de autonome ontwikkeling plús de geselecteerde maatregelen;
5. geëvalueerd wordt in hoeverre de autonome ontwikkeling met of zonder de aanvullende maatregelen leidt tot de gewenste reductie. Indien bekend worden hierbij ook de kosten van de aanvullende maatregelen meegenomen.

Punt 4 in deze opsomming wordt iets verder toegelicht. Het model is eerst gevuld met gegevens over de huidige situatie (basisjaar). Nadat met SFINX voor het basisjaar (1990) de situatie is bepaald, wordt voor het jaar 2010 opnieuw de situatie uitgerekend op basis van een tweetal ontwikkelingen:

1. de autonome ontwikkeling. De ontwikkeling die zich voordoet als gevolg van het economische scenario 'European Renaissance' en het huidige beleid. Voor een beschrijving van het economisch scenario wordt verwezen naar de Nationale Milieuverkenning 3, 1993-2015 (RIVM et al., 1993). Ook de inschatting van de effectiviteit van het huidige beleid is gelijk aan de inschatting in de derde milieuverkenning;
2. de autonome ontwikkeling plus aanvullende maatregelen. De aanvullende maatregelen zijn gekozen zodat juist de probleemstromen worden 'opgelost'. De aanvullende maatregelen zijn in nauw overleg met de opdrachtgever tot stand gekomen.

Deze scenarioberekeningen (zowel het autonome scenario als de aanvulling met maatregelen) evalueren de effectiviteit van beleid met een aantal veronderstellingen:

- het economische scenario (inclusief de effecten van bestaand beleid);
- het inschatten van het effect van nieuwe maatregelen, bijvoorbeeld van coating op de corrosiesnelheid van zink of lood;

De resultaten van de scenarioberekeningen moeten dan ook niet als voorspellingen worden gezien, maar als waarschijnlijke resultaten, gegeven bepaalde economische en technologische aannames.

2.3 VOORRAADBEHEER

2.3.1 Probleemschets

De zware metalen worden uit verschillende ertsen gewonnen. Dit wordt primaire winning genoemd. De totale hoeveelheid van een metaal in de aardkorst zou de 'voorraad' kunnen worden genoemd. Er bestaat de gedachte dat bij doorgaande primaire winning, de voorraden van metalen snel opraken.

Het grote probleem bij deze redenering is dat de grootte van de 'voorraad' niet bekend is (Annema et al., 1993). Dit maakt het voor het beleid erg moeilijk om op basis van het argument 'snelle uitputting' met voldoende overtuigingskracht de maatschappij ervan te doordringen dat primaire winning moet worden afgebouwd. Deze paragraaf laat zien waarom waarom het vanuit milieu-oogpunt toch belangrijk is om de primaire winning te beperken.

De reden dat soms wordt gedacht dat de zware metaalvoorraden snel aan het opraken zijn, is een verkeerde interpretatie van het begrip reserve. In de literatuur worden reserves van metalen gepubliceerd. Hiermee worden de economische reserves bedoeld: de onder huidige omstandigheden technisch en economisch winbare hoeveelheden. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de reserves van de in dit rapport beschouwde zware metalen in de periode 1975-1990. Opvallend zijn de schommelingen die optreden in de geschatte reserves. In 1985 zijn met name bij chroom en koper verschuivingen opgetreden; niet omdat in die periode plotseling veel van deze metalen zijn gedolven, maar omdat voordien als economisch winbare ertsen opnieuw werden geclassificeerd en na 1985 als subeconomisch worden beschouwd (Weisser et al., 1987).

Tabel 2.1 Reserve en primaire produktie van koper, chroom, lood, zink, cadmium en kwik (in miljoen ton) (Weisser et al., 1987, USBM, 1991)

	Reserve				Wereldproduktie
	1975	1980	1985	1990	1990
Koper	408	494	340	321	8,4
Chroom	507	1000	317	419	7
Lood	150	127	97	70	3,4
Zink	135	162	170	144	7,3
Cadmium	>0,5 ^{a)}	>0,5 ^{a)}	>0,5 ^{a)}	0,54	0,02
Kwik	>0,1 ^{a)}	>0,1 ^{a)}	>0,1 ^{a)}	0,13	0,003

^{a)} niet precies bekend

Wanneer reserve-schattingen worden gedeeld door de wereldproduktie (primaire produktie: dat wil zeggen uit ertsen), ontstaan zogenaamde reserve-produktie-ratio's (R/P-ratio's). Uit tabel 2.1 volgen R/P-ratio's van 40 jaar (koper), 60 jaar (chroom), 20 jaar (lood en zink), 30 jaar (cadmium) en 40 jaar (kwik).

Toch is het niet waarschijnlijk dat er over 20-60 jaar ernstige schaarste van deze grondstoffen optreedt. R/P-ratio's kunnen namelijk niet worden gehanteerd als indicator voor schaarste, omdat er zowel in de vraag naar als in aanbod van mineralen dynamiek zit. Bij toenemende schaarste zijn hogere prijzen voor mineralen te verwachten die een prikkel vormen tot verdere exploratie van de aarde. Dit zorgt ervoor dat subeconomische ertsvoorraden economisch aantrekkelijk worden, en dat verder gezocht wordt naar alternatieven en/of tot stimulering van hergebruik en besparing.

De zorg voor uitputting lijkt dus niet het sterkste argument voor voorraadbeheer. Er zijn

echter twee andere argumenten te noemen die wel het belang aangeven van secundaire productie (metaalwinning uit schroot c.q. afval) ten koste van primaire winning (Annema et al., 1993):

- winning uit secundaire bronnen is uit oogpunt van energie-input in het algemeen gunstiger dan primaire productie. Voor primair koper is een energie-inzet nodig van 90-180 GJ/ton (afhankelijk van erts-kwaliteit en productie-proces) (Chapman et al., 1983 en NOH, 1992), terwijl voor secundair koper dit op ongeveer 10-40 GJ/ton ligt (afhankelijk van kwaliteit van het schroot) (Chapman et al., 1983).
- het is waarschijnlijk dat op langere termijn armere of moeilijker bereikbare ertslagen moeten worden geëxploiteerd, waardoor bij winning meer afval, meer ruimte (met name bij dagbouw) en (mogelijk) meer energie nodig is. De energie-input hoeft niet automatisch toe te nemen met afnemende ertskwaliteit, aangezien schaalvergroting en technologie-verbetering deze trend tegengaan;

De grotere afwenteling op andere (voor een deel schaarse) voorraden, zoals energie-dragers en ruimte, maken stimulering van secundaire productie vanuit milieu-oogpunt aantrekkelijk.

Is de aanbodzijde onzeker, ook wat betreft de ontwikkelingen aan de vraagzijde zijn er grote onzekerheden. De totale vraag naar lood, chroom, kwik en cadmium is wereldwijd de afgelopen drie jaren afgenomen, de vraag naar koper en zink was slechts marginaal groeiend (Metals and Mineral Annual Review- 1993). Als algemene verklaring wordt de wereldwijde economische recessie genoemd. Koper en cadmium zijn met name afhankelijk van de elektrische apparaten- en electronica-industrie, lood van de auto-industrie (accu's) en chroom van de staalindustrie. Met name deze drie sectoren hebben het de afgelopen jaren moeilijk gehad. De vraag naar zink was wereldwijd het meest stabiel; in Europa nam de vraag wel af, waarschijnlijk gekoppeld aan een verminderde bouwnijverheid. Alleen voor kwik spelen milieu-overwegingen een rol in de verminderde vraag: kwik wordt wereldwijd als een problematisch metaal gezien, resulterend in toenemende regelgeving op het gebied van gebruik en verwijdering. Op het eerste gezicht lijken milieu-overwegingen ook bij cadmium tot een verminderde vraag te leiden. De invoering van het Cadmiumbesluit in 1990 verbiedt immers de niet-essentiële toepassingen, zoals het gebruik van cadmium als pigment, als stabilisator of als oppervlaktelaag. Wereldwijd wordt echter toch een toenemende vraag naar cadmium verwacht omdat de groeiende batterijenmarkt (bestaande uit onder andere oplaadbare nikkel-cadmium batterijen) het cadmiumgebruik kan gaan domineren (dit hangt af van de mate waarin cadmiumvrije oplaadbare batterijen gebruikt gaan worden). Daarbij is het Cadmiumbesluit een Nederlands initiatief dat nog niet wereldwijd opgevolgd lijkt te worden. In het algemeen wordt, behalve voor kwik, een structureel herstel van de vraag naar de non-ferro-metalen verwacht, gekoppeld aan de te verwachten algemene opleving van de wereldeconomie (Metals and Mineral Annual Review- 1993 en USBM, 1991). Belangrijke nieuwe toepassingsgebieden voor deze metalen worden niet verwacht. De traditionele toepassingsgebieden zullen naar verwachting voor de groei zorgen, terwijl, afhankelijk van het soort metaal, bepaalde toepassingsgebieden concurrentie zullen krijgen van andere materialen. Meer details over de vraagzijde, zullen in de hoofdstukken over de metalen worden gegeven.

2.3.2 Hoe wordt het probleem voorraadbeheer in dit stofstroomdocument geanalyseerd?

Voor voorraadbeheer heeft het beleid nog geen doelstellingen geformuleerd. Wij gaan er voorlopig vanuit dat het beleid streeft naar 100% gesloten ketens oftewel naar maximale secundaire produktie. In dergelijke ketens komen geen lekken voor en blijft de milieukwaliteit gewaarborgd. Een 100% gesloten keten bestaat alleen in theorie, nooit in de praktijk.

De mate van verlies uit de huidige keten en uit de toekomstige ketens als gevolg van de autonome ontwikkeling en aanvullende maatregelen wordt eerst per deelketen geanalyseerd. Ketenonderdelen zijn: winning, fabricage van produkten, gebruik, en afvalverwerking. We beperken ons hierbij tot verlies van een zwaar metaal als gevolg van intentioneel gebruik. Met voorraadbeheer willen we namelijk aangeven hoeveel van het bewust uit de aardkorst gewonnen zwaar metaal wordt verspild en hoe dit te voorkomen.

Voor niet-intentionele winning, produktie en gebruik geldt een geheel ander verhaal. Een voorbeeld van een niet-intentionele stroom is cadmium in fosfaaterts: verwerking van fosfaaterts om het fosfaat te winnen levert onder andere cadmiumverontreiniging naar oppervlaktewater en bodem op.

In een niet-intentionele stroom is de relatie tussen instroom en gebruik, ofwel aanbod en vraag, afwezig of verstoord en werken maatregelen niet automatisch door in de keten. Hiervoor moet aanvullend beleid ontwikkeld worden, dat van stof tot stof zal verschillen. Het voorkomen van niet-intentionele toepassingen is bepaald geen zeldzaamheid; van alle niet-afbreekbare stoffen (elementen) zijn er aanzienlijke niet-intentionele stromen. Vooral de landbouw is een belangrijke sektor op dit gebied.

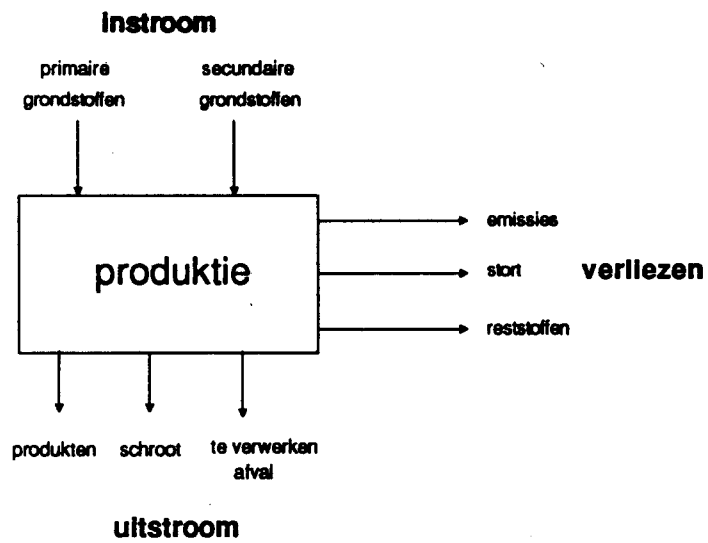
Per ketenonderdeel wordt een lekpercentage vastgesteld. Het percentage kan middels totale verliezen/totale input berekend worden. Als verliezen worden beschouwd:

- emissies;
- stort van finaal afval;
- reststoffen, waarin het metaal als verontreiniging zit, onafhankelijk van verder gebruik van deze reststoffen. De zware metalen in RWZI-slib, GFT-compost en AVI-reststoffen worden in dit rapport dus als voorraadverlies beschouwd.

Als algemene schema's voor de deelsystemen kunnen onderstaande figuren dienst doen. De berekening vindt plaats voor het basisjaar (1990) en voor het jaar 2010 (autonoom) en het jaar 2010 (met aanvullende maatregelen)

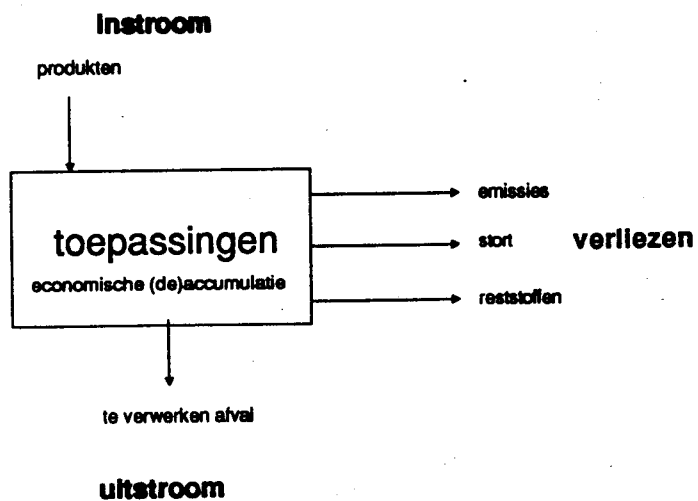
Deelsysteem Produktie

Bij het deelsysteem produktie behoren alle activiteiten en sectoren, die van ertsen of grondstoffen gebruiksprodukten maken. Het kan zinvol zijn, om hier de intentionele en niet-intentionele toepassingen te scheiden. Altijd moet per stof bekeken worden, welke relevant zijn.



Figuur 2.1 Schema van deelsysteem Productie

Deelsysteem Toepassingen

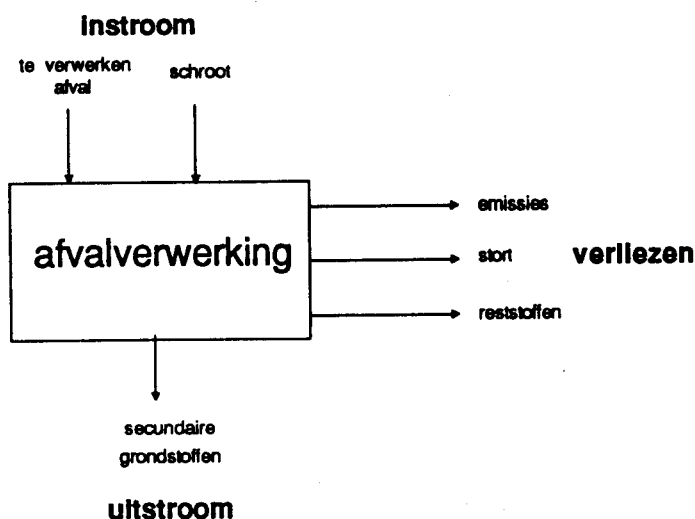


Figuur 2.2 Schema van deelsysteem Toepassingen

Een belangrijke groep in het deelsysteem Toepassingen zijn de gebruikers, huishoudens of consumenten. Ook toepassingen in de bouw, in vervoerssystemen of zelfs in bedrijven (deelsysteem productie) horen hierbij. Afval dat nog verwerkt moet worden wordt niet beschouwd als lek, omdat het mogelijk is dat hieruit in het deelsysteem Afvalverwerking nog secundaire grondstoffen worden geproduceerd. Een probleem bij dit deelsysteem is het optreden van economische accumulatie. In de deelketenanalyse wordt dit niet als verlies beschouwd. In de toekomst zal uit deze accumulatiepost uiteraard wel verlies optreden. In de indicator (zie hieronder) proberen we hier rekening mee te houden.

Deelsysteem Afvalverwerking

Binnen dit deelsysteem horen schrootrecycling, afvalverbranding, rioolwaterzuivering, compostering en stort (zie figuur 2.3). De instroom bestaat uit te verwerken schroot en afval, de uitstroom uit secundaire grondstoffen, zoals secundair lood dat weer opnieuw in het productieproces ingezet wordt. De verliezen bestaan net als bij de overige deelsystemen uit afval, emissies en reststoffen. Het verschil tussen secundaire grondstoffen en reststoffen is dat de zware metalen in de secundaire grondstoffen functioneel zijn, terwijl de metalen in de reststoffen als verontreiniging zitten, onafhankelijk van verder gebruik van deze reststoffen.



Figuur 2.3 Schema van deelsysteem afvalverwerking

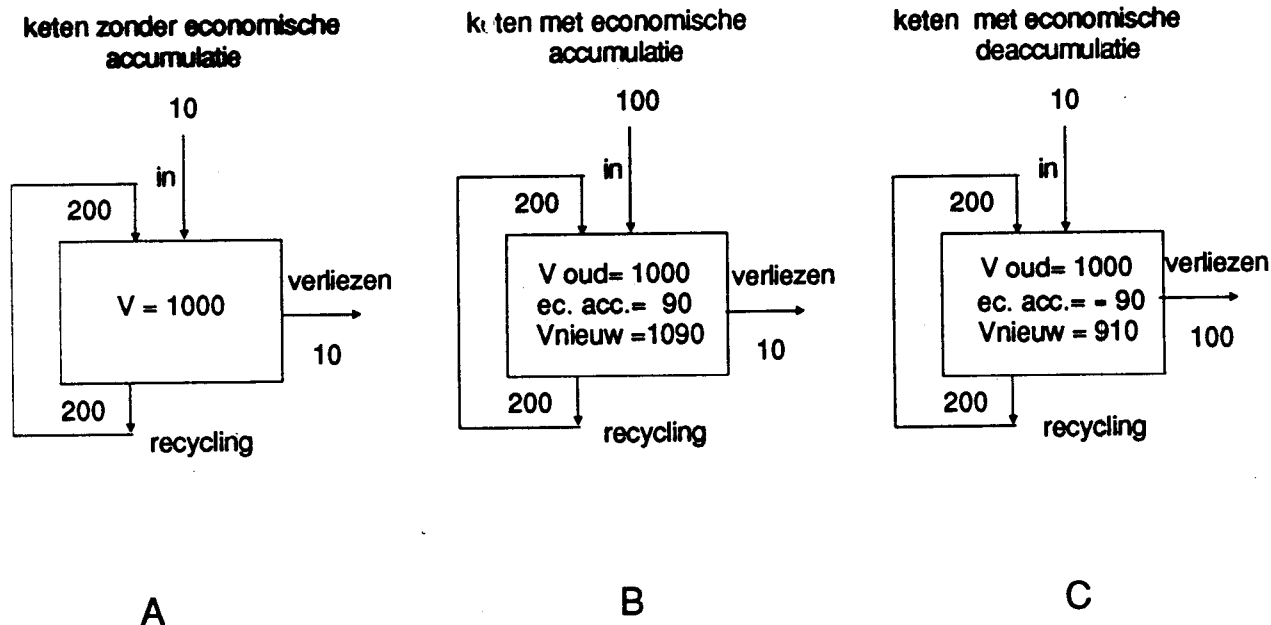
Indicator

In het deelsysteem toepassingen zit een post 'accumulatie'. Eerst wordt dit begrip toegelicht (inclusief deaccumulatie).

Er doen zich drie mogelijkheden voor. Ten eerste een keten zonder economische accumulatie (zie figuur 2.4A). Hierbij is sprake van een constante voorraadgrootte. De instroom is dan gelijk aan de uitstroom. Een voorbeeld is een situatie waarbij de jaarlijkse instroom aan nieuwe of gerecyclede koperen (water)leidingen gelijk is aan de uitstroom, bestaande uit afgedankte (te recyclen) waterleidingen en emissies door corrosie.

Ten tweede een keten met economische accumulatie. Hierbij neemt de voorraadgrootte *toe* (zie figuur 2.4B). De instroom is dan gelijk aan de uitstroom plus de economische accumulatie. Een voorbeeld is een situatie waarbij de jaarlijkse instroom aan nieuwe of gerecyclede koperen waterleidingen enerzijds gebruikt wordt voor nieuwbouwwijken en anderzijds voor het aanvullen van afgedankte (te recyclen) waterleidingen en emissies door corrosie.

Ten slotte een keten met economische *de*accumulatie. Hierbij neemt de voorraadgrootte *af*. De instroom is dan gelijk aan de uitstroom en de economische *de*accumulatie. De *de*accumulatie heeft een negatieve waarde (zie figuur 2.4C), waardoor de instroom minder is dan de uitstroom. Een voorbeeld is een situatie waarbij koperen waterleidingen worden vervangen door leidingen van een ander metaal. Hierdoor is de jaarlijkse instroom aan nieuwe of gerecyclede koperen waterleidingen minder dan de uitstroom, bestaande uit afgedankte koperen waterleidingen.

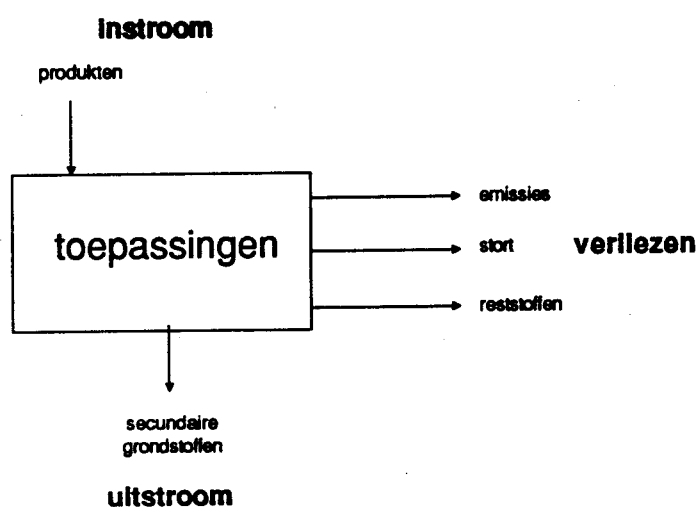


Figuur 2.4 De in- en outputstromen in een keten, met de daarbij optredende (de)accumulatie (V =Voorraad; $ec. acc.$ =economische accumulatie)

In de post economische accumulatie kan een zwaar metaal in toepassingen accumuleren, die in de toekomst tot verliezen leiden. In de deelketenanalyse zoals die hierboven is gepresenteerd wordt dit niet zichtbaar. We willen daarom een 'theoretische' deelketen Toepassing presenteren (zie figuur 2.5). Hierin is de post economische accumulatie als volgt verrekend:

- er wordt gekeken in welke produkten een zwaar metaal accumuleert in 1990, 2010 (autonoom) of in 2010 (met aanvullende maatregelen);
- afhankelijk van de verhouding tussen verlies en recycling per type produkt in het desbetreffende jaar wordt de economische accumulatie toegerekend naar 'verlies' of naar 'recycling'. Als bijvoorbeeld de economische accumulatie van koper in 1990 voor 200 ton uit koperen waterleidingen bestaat, en deze waterleidingen gaan in de toekomst voor 75% gerecycled worden, dan is het theoretische verlies in 1990 50 ton koper. Deze benadering vraagt dus om een schatting van het percentage hergebruik per type 'geaccumuleerd' produkt op grond van de technologische en organisatorische ontwikkelingen op het gebied van recycling.

Een ander verschil tussen de in figuur 2.5 gepresenteerde 'theoretische' deelketen Toepassing en de in figuur 2.2 weergegeven deelketen Toepassing is dat de verliezen die na toepassing ontstaan bij het deelsysteem 'Afvalverwerking' worden toegekend aan het deelsysteem Toepassing. Het afval dat optreedt door het toepassen van produkten, die zware metalen bevatten, wordt dus niet meer doorgeschoven naar een andere deelketen.



Figuur 2.5 De indicator; schema van het 'theoretische' deelsysteem Toepassingen, waarbij de afvalverwerking en de economische accumulatie zijn verrekend.

Door de rekenmethode kan men een indruk krijgen van het 'absolute verlies' van de input van een zwaar metaal in de deelketen Toepassingen van een bepaald jaar. Dit 'absolute verlies' bestaat uit verliezen bij het deelsysteem Toepassing (zoals corrosie), verliezen bij het deelsysteem Afvalverwerking (zoals stort of AVI-reststoffen) ten gevolge van Nederlandse toepassingen, en toekomstige verliezen van economische geaccumuleerde produkten. Het 'absolute verlies' zal theoretisch altijd door primair metaal moeten worden opgevangen. We beschouwen het percentage 'verlies' ten opzichte van de totale toepassingen als een indicator voor voorraadbeheer.

Redenen voor de keuze van deze indicator zijn:

- * waarschijnlijk is de meeste winst vanuit oogpunt van voorraadbeheer te behalen bij het deelsysteem Toepassing (met verrekening van het deelsysteem Afvalverwerking), omdat het milieubeleid zich van oudsher heeft gericht op het terugdringen van de verliezen bij de produktie;
- * de indicator geeft een beeld van de mate van verspilling ten gevolge van het bewust toepassen van zware metalen *in Nederland*. Het beleid kan hier door een gericht produktenbeleid op inspelen;
- * de verliezen die optreden bij de deelketens 'Winning' en 'Produktie' zijn veelal verwaarloosbaar ten opzichte van de verliezen bij de 'theoretische' deelketen Toepassing (zie figuur 2.5).

3. KOPER

3.1 DE KOPERKETEN

3.1.1 Beschrijving van de keten

In bijlage 2.1 en 2.2 worden overzichten gegeven van de koperstromen door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu. De stromen gelden ruwweg voor het jaar 1990. In bijlage 3.1 is de SFINX-file met de gedetailleerde koperbalans opgenomen. Tevens wordt per stroom een literatuurreferentie gegeven.

De koperstromen door economie en milieu worden in figuur 3.1 op een abstract niveau samengevat. De figuur scheidt de stromen in een economie- en een milieudeel met daartussen een zekere interactie.

In 1990 werd 186.200 ton koper geïmporteerd. Dit is meer dan 99% van de totale hoeveelheid koper die Nederland in 1990 binnenkwam. Hiervan is naar schatting 183.000 ton koper aanwezig in geraffineerd koper, walsdraad, schroot, in halffabrikaten en in gerede produkten. Ongeveer 3500 ton (2% van de totale koperimport) is niet-intentioneel koper: koper als verontreiniging in steenkool, olie, enkele metaalertsen, fosfaaterts en in agrarische produkten.

Op basis van de in- en output-analyse is een accumulatie in de Nederlandse economie berekend van 24900 ton. De economische accumulatie vindt met name plaats in allerlei elektrotechnische toepassingen, apparaten en machines.

Voor de interactie-stappen tussen economie en milieu is een tweetal arbitraire keuzen gemaakt:

- De totale koperstroom naar landbouw wordt in figuur 3.1 als 'emissie' beschouwd, ondanks het feit dat landbouw een economisch proces is. Een deel van deze koperstroom wordt vervolgens door koperopname van vee en gewassen teruggevoerd naar de economie (circa 200 ton). Dit wordt in figuur 3.1 met de stroom 'onttrekking' weergegeven. De resulterende accumulatie op de landbouwbodem is 740 ton.
- Afvalverbrandingsinstallaties (avi's) zijn als onderdeel van het milieu beschouwd. Naar schatting wordt jaarlijks circa 2600 ton koperschroot bij avi's ingezameld die na verwerking weer in de economie terecht komt. AVI-slakken en -vliegias worden gestort of toegepast in de bouw en in de wegenbouw. Hierin zit ruwweg 2100 ton koper. Deze koperstroom wordt in dit rapport opgevat als verlies naar het milieu.

Hiermee wordt *geen* uitspraak gedaan over de milieuschadelijkheid van het toepassen van de reststoffen in de (wegen)bouw. De schadelijkheid voor het milieu hangt namelijk af van het uitlooggedrag van de reststoffen. Hiervoor zijn normen vastgesteld, die in §3.1.2 worden vergeleken met het gemiddelde uitlooggedrag van koper in AVI-reststoffen. Deze vergelijking bepaalt in hoeverre het toepassen van koperhoudende reststof in de (wegen)bouw voor wat betreft het kopergehalte wenselijk is (aangezien koper niet het enige probleemmetaal is, dient bij toepassing uiteraard ook aan andere metalen getoetst

te worden).

Na interactie tussen economie en milieu vindt een resulterende accumulatie in het Nederlandse milieu plaats. Deze accumulatie is ruim 15.500 ton. Hiervan komt 78% op stortplaatsen terecht en vindt 15% een toepassing in de bouw en wegenbouw.

3.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen

De accumulatie in het milieu-deel (zie figuur 3.1) - nu en in het verleden - leidt tot overschrijdingen van de gewenste milieukwaliteit. In tabel 3.1 wordt per compartiment c.q. reststroom of produkt een overzicht gegeven van de huidige koper-gehalten afgezet tegen de huidige kwaliteitscriteria.

Uit het overzicht blijkt dat voor koper op dit moment overschrijdingen van normen worden waargenomen in zuiveringsslib (met name bij de rwzi's), AVI-slak, bodem, oppervlaktewater/waterbodem en GFT-compost. De koperstromen naar deze compartimenten c.q. produkten worden gezien als probleemstromen.

Overschrijding van de bodemnormen vindt vooral plaats op de landbouwbodem, daar vindt ook met name accumulatie van koper plaats.

Voor GFT-compost is de meest strenge eis uit BOOM (Besluit Overige Organische Meststoffen) geselecteerd (van 25 mg.kg⁻¹); dit is compost dat onbeperkt mag worden toegepast. Er is in BOOM ook een eis voor 'compost': 60 mg.kg⁻¹. Van dit soort compost mag maximaal 6 ton.ha⁻¹ worden aangewend.

Tabel 3.1 Overzicht van de meest recente kopergehaltenes in relatie tot de normen. De normen zijn afkomstig van de opdrachtgever, het Ministerie van VROM (Zoetemeijer, 1994). Voor overige milieukwaliteitsnormen wordt verwezen naar het rapport 'Aandachtstoffen in het Nederlandse milieubeleid' (Janus, 1994).

Compartiment/ produkt	norm	Waargenomen gehalte	Jaar/ Bron	Opmerking
Lucht	MIC(Gr) ^a : 1µg.m ⁻³	0,01-0,025 µg.m ⁻³	Slooff, 1987	oude gegevens (uit '82-'83); waarschijnlijk geen overschrijding
Opp.water (totaal)	grensw.: 3 µg.l ⁻¹ ; streefw.: 3 µg.l ⁻¹	70-80% van de waarnemingen boven de grenswaarde (in 1991)	Coppoolse, 1993	veelvuldige overschrijding; nauwelijks verschil waarneembaar rijkswateren en regionale wateren
Sediment	interventiewaarde: 190 mg.kg ⁻¹ grensw.:36 mg.kg ⁻¹ streefw.:36 mg.kg ⁻¹	circa 50% van de meetlokaties boven de grenswaarde (in 1991)	Coppoolse, 1993	nauwelijks verschil waarneembaar rijkswateren en regionale wateren
Bodem	interventiewaarde ^b : 190 mg.kg ⁻¹ Streefw ^b :36mg.kg ⁻¹	14,3% van de waarnemingen boven streefwaarde (in 1991)	RIVM, 1992c	opvallende overschrijding combinatie veengrond en bouwland
Grondwater	interventiewaarde: 75µg.l ⁻¹ streefw.:15µg.l ⁻¹	2,2% van de waarnemingen boven B-waarde (in 1991)	RIVM 1992c	
Drinkwater	3 mg.l ⁻¹ (na 16 uur stilstand) ^c	nauwelijks overschrijding (in 1991)	KIWA	
Zuiveringslib - communaal - industrieel	75 mg.kg ⁻¹ 75 mg.kg ⁻¹	Gemid. (in 1990): 375 mg.kg ⁻¹ 86 mg.kg ⁻¹	Baas, 1993	strukturele overschrijding
AVI-bodemass	U ₂ (N ₂): 3,5 mg.kg ⁻¹ d.s. U ₁ (N ₁): 0,72mg.kg ⁻¹ d.s.	gem. <i>uitloging</i> (in 1993): 4,15mg.kg ⁻¹ d.s. max.: 14,03mg.kg ⁻¹ d.s.	Aalbers, 1993	strukturele overschrijding
AVI-vliegas	BAGA ^d - grenswaarde: 5000 mg.kg ⁻¹	gem. in 1993: 915 mg.kg ⁻¹ d.s. max.:3218 mg.kg ⁻¹	implementatieplan AVI-reststoffen, 1994	geen overschrijding, voor aanwijzing als gevaarlijke afvalstof
GFT-compost	25 mg.kg ⁻¹ (zeer schone compost)	gemid. (in 1994): 33 mg.kg ⁻¹ max.:330 mg.kg ⁻¹	VROM, 1992 & mondelinge inform. VROM, 1995	strukturele overschrijding

- a) Maximale Immissie Concentratie
- b) bij een standaardbodem: 25% lutum, 10% organische stof
- c) geen milieunorm: boven de gestelde norm gelden esthetische bezwaren (groenige was, rare smaak)
- d) AVI-vliegas is in het kader van het Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen (BAGA) aangewezen als gevaarlijke afvalstof.

Reductiedoelstellingen

Om overschrijding van de milieukwaliteit in een probleemstroom in de toekomst te vermijden, is reductie van de stroom naar dat compartiment of (rest)product nodig. Hieronder worden reductiedoelstellingen voor de probleemstromen gegeven. Deze worden in dit document gebruikt om de autonome ontwikkelingen en aanvullende maatregelen te evalueren op hun effectiviteit. Voor de restproducten RWZI-slib en AVI-bodemas worden de gewenste reductiepercentages afgeleid op basis van de waargenomen overschrijdingen. Voor de milieucompartimenten en voor GFT-compost wordt, zoals uitgelegd in §2.2.2, gebruik gemaakt van beleidsdoelstellingen.

Bodem

Voor zware metalen in alle milieucompartimenten is in de "Strategienotitie Verspreiding" een reductiedoelstelling opgenomen voor *Nederlandse* bronnen van 80% in 2010 t.o.v. de belasting in het basisjaar 1985. In de periode 1985-1990 is de kopertoevoer naar de landbouwbodem afgenomen van 1030 naar 900 ton (Nationale Milieuverkenningen 3). Ten opzichte van het basisjaar 1990 is dus een reductie van 77% (afgerond 80%) nodig om de gewenste reductiedoelstelling voor bodem te bereiken. Dit percentage wordt in dit rapport als richtinggevend beschouwd voor Nederlandse bronnen. Internationaal zijn nog geen doelstellingen afgesproken voor het jaar 2010. Wel is in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan afgesproken dat de koperemissies naar water en lucht voor 2000 met 50% worden gereduceerd, ten opzichte van de belasting in 1985. Deze reductiedoelstelling van 50% wordt in dit document aangehouden voor het buitenland.

Oppervlaktewater/sediment

Net als bij bodem geldt voor oppervlaktewater een reductiedoelstelling van 80% voor Nederlandse bronnen ten opzichte van 1985 (Strategienotitie Verspreiding). Omdat de Nederlandse koperemissies naar oppervlaktewater/sediment in de periode 1985-1990 redelijk constant zijn gebleven is ook ten opzichte van het basisjaar 1990 een reductie van 80% nodig om het gewenste niveau te behalen. Dit percentage wordt in dit rapport als richtinggevend beschouwd. Voor het buitenland wordt net als bij bodem een reductiepercentage van 50% aangehouden, conform de afspraken in het kader van het Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan.

Rioolwaterzuiverings-slib

Op basis van de waargenomen overschrijdingen is voor rioolwaterzuiverings-slib een gewenste reductie van de koperbelasting (voor alle bronnen tezamen) van 80% nodig (1 - (norm/waargenomen gemiddeld)).

AVI-bodemas

De factoren die de uitloging van koper uit AVI-reststoffen bepalen zijn niet bekend. Wij gaan uit van de, zeer waarschijnlijk te simpele, benadering dat de uitloging van koper evenredig afneemt met het gehalte van koper. Dan is op basis van de waargenomen overschrijdingen

voor avi-slakken een gewenste reductie van de koperbelasting van 80% nodig (1 - (norm/waargenomen gemiddeld)). Bij een reductie van 15% wordt de U2 norm gehaald.

GFT-compost

Op basis van de waargenomen overschrijdingen is voor GFT-compost een gewenste reductie van de concentratie nodig van 25% (1 - (norm/waargenomen gemiddeld)).

In paragraaf 3.2 worden de probleemstromen verder uitgewerkt.

3.1.3 De koperketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer

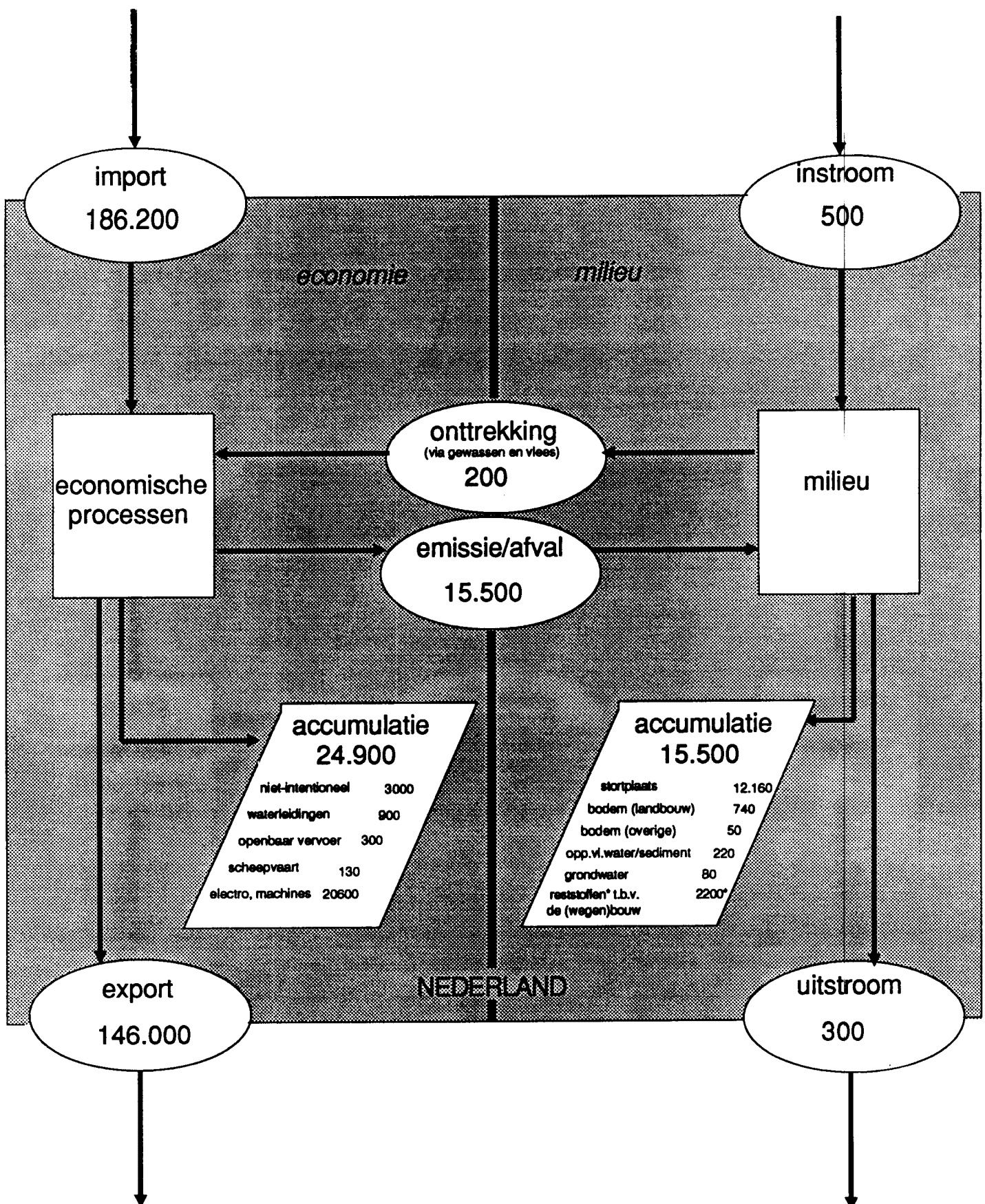
Zoals uit figuur 3.1 blijkt is Nederland voor de input van koper afhankelijk van het buitenland. Daarom wordt eerst een kort inzicht gegeven in de ontwikkelingen van vraag en aanbod naar koper op wereldschaal.

De koperproductie uit mijnen bedroeg in 1989 voor de gehele wereld circa 8,9 miljoen ton (USBM, 1991). De produktie van geraffineerd koper was 10,7 miljoen ton waarvan 8,4 miljoen ton uit primaire winning, 1,7 miljoen ton uit secundaire bronnen en 0,6 ton uit bronnen waarvan niet bekend is of ze primair dan wel secundair zijn. Produktie en consumptie van geraffineerd koper was in 1989 wereldwijd ongeveer in balans. In 1992 steeg de vraag naar koper met name in de VS en in Zuidoost- Azië, in Europa en Japan waren respectievelijk slechts een lichte groei (1%) en een scherpe daling (-12%) waar te nemen (Thompson, 1993). Wereldwijd was de groei slechts marginaal.

Het uitzicht voor de lange termijn is echter niet slecht (vanuit oogpunt van de koperindustrie), maar ook niet bijzonder goed (Metals and Mineral Annual Review, 1993). De vraag naar koperprodukten is vooral g:relateerd aan een hoge levensstandaard en het daarmee verbonden relatief vele gebruik van elektrische apparaten. Nagenoeg 75% van de koperconsumptie in de wereld is voor elektrische toepassingen. Uit figuur 3.1 blijkt dat ook in Nederland met name accumulatie in elektrische apparatuur plaatsvindt. Een concurrerend materiaal voor koper in dit toepassingsgebied valt voorlopig niet te voorzien. Alleen in de kleinere toepassingsgebieden is mogelijk concurrentie van andere materialen te verwachten, zoals van aluminium, staal, glasvezel en allerlei plastics (USBM, 1991).

Als gevolg van de te verwachten opleving van de wereldeconomie wordt een groei van het kopergebruik verwacht; in de scenario's in dit document is hier rekening mee gehouden.

In §3.3.4 wordt de koperketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer voor Nederland geanalyseerd.



Figuur 3.1 De koperstroom in Nederland in 1990 (in ton)

* De reststoffen zijn afkomstig van afvalverbrandingsinstallaties en electriciteitscentrales

3.2 KOPERGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST

3.2.1 RWZI-slib

Rioolwaterzuiveringsslib is één van de reststoffen waar koper vanuit het oogpunt van gewenste milieukwaliteit in te hoge mate in voorkomt.

In figuur 3.2 worden de koperstromen van en naar riolen-rioolwaterzuiveringsinstallaties weergegeven.

Vrijwel al het koper in RWZI-slib komt van Nederlandse bronnen. De bijdrage van het buitenland, ongeveer 0.6%, is het gevolg van atmosferische depositie.

Hieronder wordt de herkomst van de *Nederlandse* kopertoevoer naar rwzi-slib op drie niveaus vastgesteld:

<i>1. Directe oorzaken</i>	
corrosie van drinkwaterleidingen	50%
onbekend	25%
natuurlijk gehalte in drinkwater	10%
menselijke afvalproducten	5%
industriële lozingen	5%
openbaar vervoer	3%
lucht (depositie)	2%

	100%
<i>2. Doelgroepen</i>	
natuurlijk gehalte in drinkwater	10%
consumenten/huishoudens	40%
diensten (kantoren e.d.)	15%
onbekend	25%
overige	10%

	100%
<i>3. Oorspronkelijke herkomst</i>	
import koper, koperschroot en koperproducten	68%
import koperverbindingen (veevoeradditief)	4%
import agrarische producten	3%
onbekend	25%

	100%

Opvallend is de relatief grote bijdrage van de categorie 'onbekend'. Met het gehalte van koper in rwzi-slib en de hoeveelheid geproduceerd slib, kan de totale hoeveelheid koper in slib worden bepaald. Deze hoeveelheid is groter dan de hoeveelheid die vanuit de nu bekende koper-emissiebronnen naar RWZI's gaat; vandaar de relatief grote post 'onbekend'. Er is een aantal mogelijkheden om deze post in te vullen:

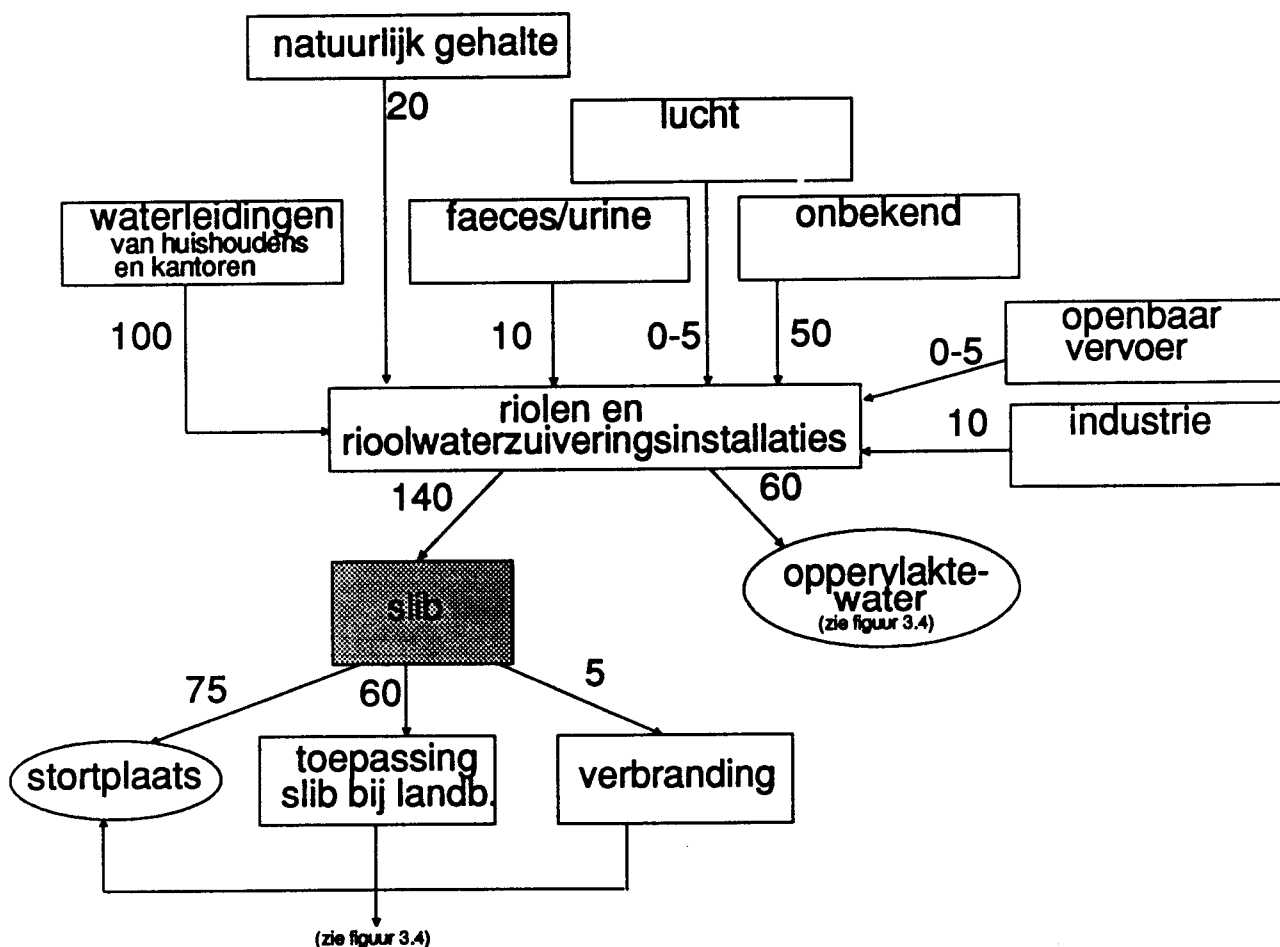
- de bijdrage van de nu bekende bronnen, met name corrosie van waterleidingen wordt te laag ingeschat. Een onzekerheidsanalyse van de berekening van de emissie door corrosie

van koperen drinkwaterleidingen laat zien dat de fout in de berekening ongeveer 50% is (Annema et al., 1994). De emissie ligt dus tussen de 60-180 ton. De range is zo breed dat de post 'onbekend' nagenoeg volledig te wijten zou kunnen zijn aan een te lage inschatting van de kopercorrosie;

- de onzekerheid in de slibvracht;
- er zijn onbekende koperbronnen.

Naar verwachting zijn de eerste twee verklaringen waarschijnlijker dan dat er werkelijk onbekende bronnen zijn. Duidelijk is dat meer kennis over deze post 'onbekend' interessant genoeg lijkt, om in de toekomst de hoeveelheid koper richting zuiveringsslib terug te dringen. Het drinkwater en de koperen waterleidingen dragen in belangrijke mate bij aan koper in rwzi-slib. Drinkwater bevat van nature koper; dit verklaart ongeveer 8% van het koper in het slib. Deze bron is beleidsmatig niet beïnvloedbaar. Corrosie van de koperen drinkwaterleidingen (inclusief heetwatertoestellen als geisers en boilers) draagt voor meer dan 50% bij aan het kopergehalte in slib. Deze bron is mogelijk wel beïnvloedbaar.

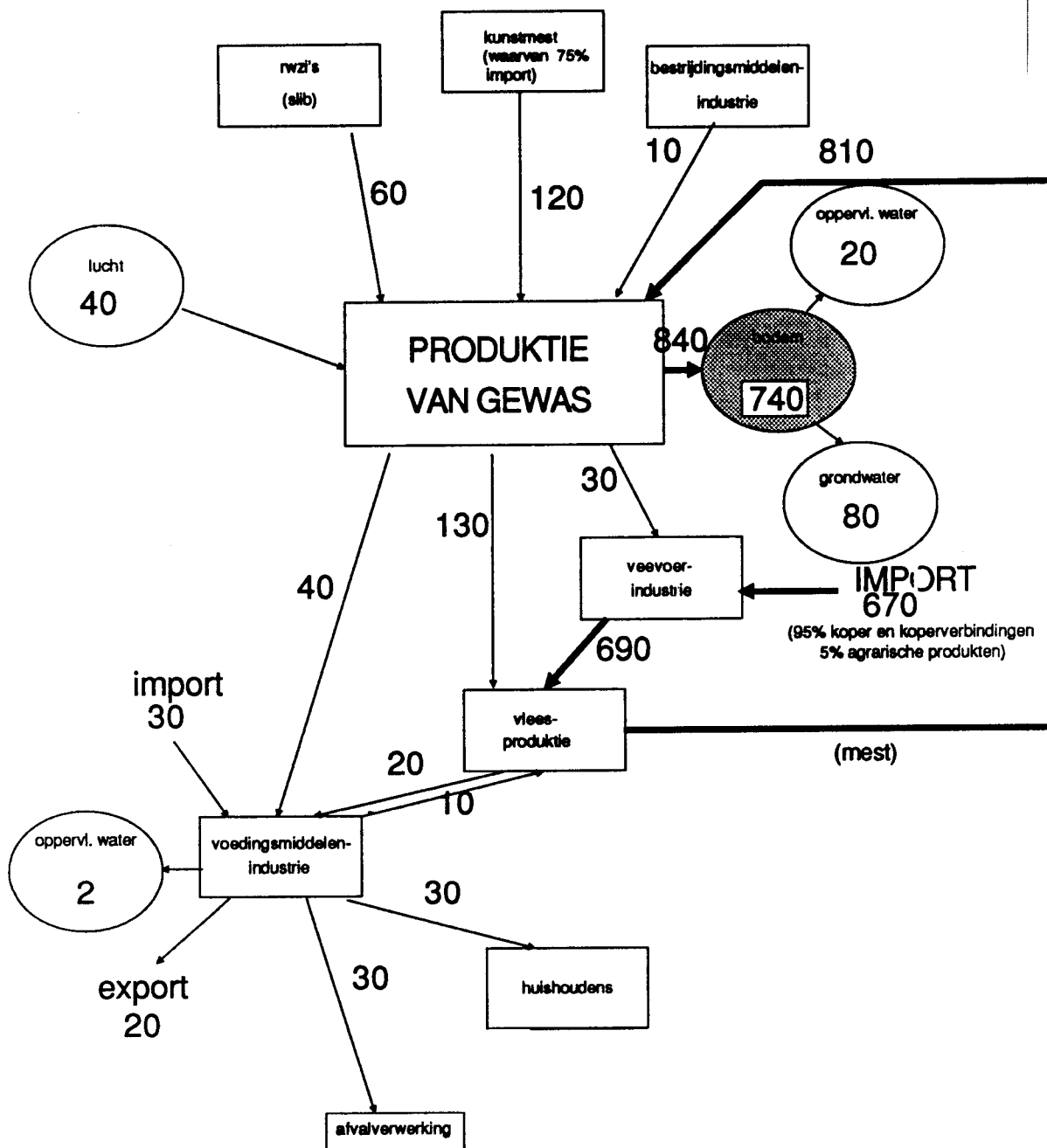
Via gebruik van koper in de landbouw (zie volgende paragraaf) komt er koper in voeding terecht (bovenop de van nature aanwezige hoeveelheid), dat via faeces en urine voor een deel in het rwzi-slib terecht komt.



Figuur 3.2 De koperstroom naar rioolwaterzuiveringsslib in 1990 (in ton)

3.2.2 Bodem

In 3.3 worden de koperstromen van en naar landbouwbodem (gearceerd) weergegeven. Bij de productie van gewassen wordt gewild en ongewild (depositie) koper ingezet, dat voor een belangrijk deel naar de bodem 'weglekt'.



Figuur 3.3 De koperstroom van en naar de agrarische bodem in 1990 (in ton)

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de totale koperbelasting van de landbouwbodem is:

Buitenland (t.g.v. atmosferische depositie)	4%
Nederland	96%

De herkomst van de *Nederlandse* kopertoevoer naar de landbouwbodem wordt op drie niveaus weergegeven:

<i>1. Directe oorzaken</i>	
kunstmest	12%
dierlijke mest	80%
zuiveringsslib	6%
bestrijdingsmiddelen	1%
atmosferische depositie	1%

	100%
<i>2. Doelgroepen</i>	
landbouw	93%
huishoudens	4%
industrie	2%
overige	1%

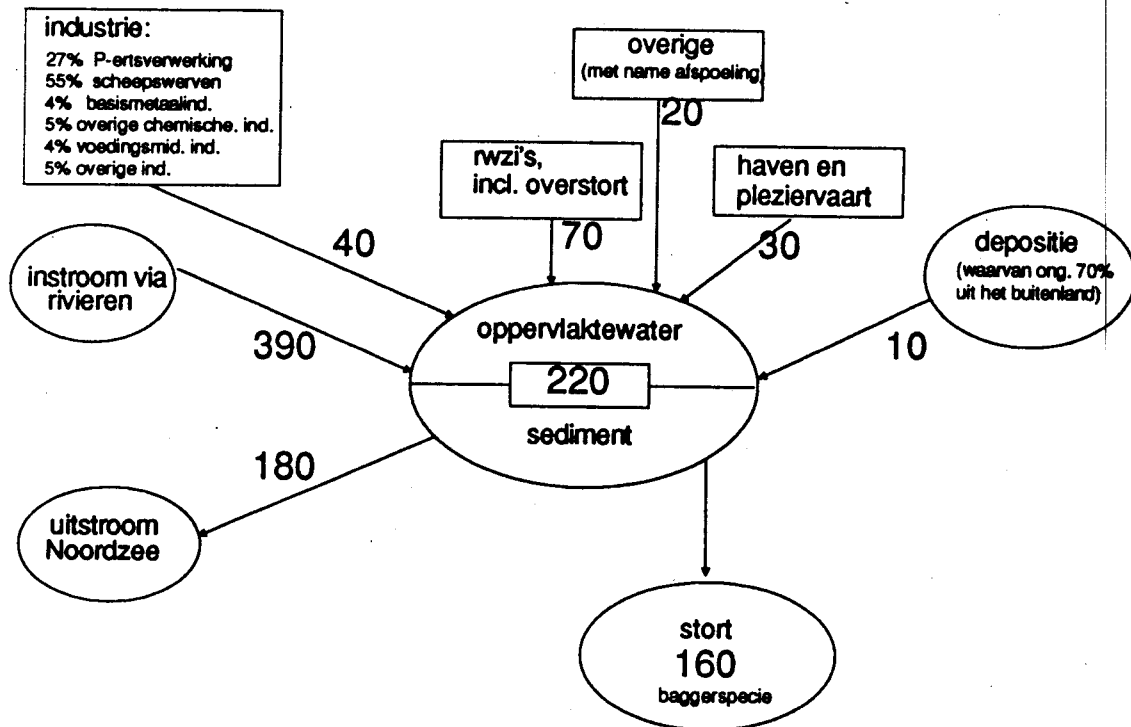
	100%
<i>3. Oorspronkelijke herkomst</i>	
import koper, koperschroot en koperprodukten	8%
import P-erts en koper-kunstmest	15%
import koperverbindingen (veevoeradditief)	69%
import koperverbindingen (bestrijdingsmiddelen)	2%
import agrarische produkten	6%

	100%

De belangrijkste directe oorzaak van bodembelasting is de toepassing van dierlijk mest. De relatief grote hoeveelheid koper in dierlijke mest is afkomstig van het veevoer, deels uit koperadditief en deels via gewassen zelf, die via het mechanisme van 'closed loop accumulatie' verhoogde gehalten aan koper bevatten. Uiteindelijk is meer dan tweederde van koper in de bodem afkomstig van de toepassing als veevoeradditief, 10% van koperkunstmest en nog eens 10% uit niet-intentioneel gebruikt koper (als verontreiniging in P-erts en geïmporteerde agrarische produkten).

3.2.3 Oppervlaktewater

In figuur 3.4 worden de koperstromen van en naar oppervlaktewater/sediment weergegeven.



Figuur 3.4 De koperstroom van en naar het oppervlaktewater en het sediment in 1990 (in ton)

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de koperbelasting van oppervlaktewater is:

Buitenland	71%
t.g.v. instroom via rivieren	70%
t.g.v. instroom via lucht	1%
Nederland	29%

De herkomst van de *Nederlandse* kopertoevoer naar oppervlaktewater kan op drie niveaus worden weergegeven:

<i>1. Directe oorzaken</i>	
lozingen bij de fosfaatertsverwerkende industrie	7%
koperbevattende antifoulings	32%
overige industrie	4%
rioolwaterzuiveringsinstallaties (inclusief overstort)	43%
afspoeling van oevers en landbouwgrond	8%
atmosferische depositie	2%
overige	4%

	100%
<i>2. Doelgroepen</i>	
industrie	11%
landbouw	5%
scheepswerven en scheepsvaart	32%
milieubedrijven (RWZI's)	44%
overige	8%

	100%
<i>3. Oorspronkelijke herkomst</i>	
import koper, koperschroot en koperprodukten	36%
import koperverbindingen	47%
import ertsen en fossiele brandstoffen	12%
import agrarische produkten	4%

	100%

Uit de herkomstanalyse blijkt dat de aanvoer van koper vanuit het buitenland overheersend is. Wanneer we ons beperken tot binnenlandse bronnen, dan zijn rwzi's en koperbevattende antifoulings belangrijke oorzaken van koperbelasting naar het oppervlaktewater/sediment. De rwzi's zijn een indirecte bron; in paragraaf 3.2.1 worden de uiteindelijke bronnen van RWZI's gegeven.

3.2.4 Reststoffen van afvalverbrandingsinstallaties (avi's)

Op basis van een analyse van het kopergehalte in avi-reststoffen en van het huishoudelijk afval is de koperstroom naar afvalverbrandingsinstallaties en stortplaatsen berekend. De onzekerheid in de getallen is groot.

De koperstroom naar avi-reststoffen en naar stortplaatsen zijn respectievelijk 2100 en 12.000 ton. Een herkomstanalyse laat zien dat het intentionele kopergebruik (import van koper en koperschroot en import van koper-produkten) voor nagenoeg 100% verantwoordelijk zijn voor deze stromen. Wat voor koperen produkten in deze afvalstromen terechtkomen is echter niet geheel duidelijk: waarschijnlijk zijn het met name electriciteitsdraad, hang- en sluitwerk, balpenstiften, schroeven, ritsluitingen, armaturen, beslag en andere kleine non-ferro-voorwerpen (Eggels, 1992).

3.2.5 Groente-, fruit- en tuinafval

Het is niet mogelijk gebleken om de herkomst van koper in GFT te bepalen. Vooruitlopend op nader onderzoek, is met enkele ruwe aannames, die in bijlage I worden onderbouwd, geschat dat voor de 1990 situatie (van ongeveer 2.8 ton koper in 120.000 ton GFT compost) ongeveer 0.6 - 1.1 ton van landbouwbodem (GF) komt en 1.7 - 2.2 ton van tuintjes (T). Deze waarde moet als indicatief worden beschouwd. In de volgende paragraaf wordt besproken in hoeverre reducties van de koperbelasting naar de agrarische en niet-agrarische bodem kunnen leiden tot een afname van het kopergehalte in GFT-compost.

3.3 MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'-STROMEN

3.3.1 Keuze van maatregelen

In deze paragraaf wordt een schets gegeven van de koperketen in het jaar 2010 als gevolg van de autonome ontwikkeling en na een selectie van (fictieve) maatregelen. De selectie van maatregelen is uitgevoerd door de opdrachtgever (DGM), die zich met name heeft gericht op mogelijke oplossingen voor de probleemstromen.

Autonome ontwikkeling

In paragraaf 1.2 is reeds aangegeven dat er wordt uitgegaan van het 'European Renaissance'-scenario en het huidige vastgestelde beleid zoals ook doorgerekend in de Milieuverkenningen 3.

De omvang van koperverwerkende en -gebruikende industrie neemt in dit scenario in het algemeen toe. Onder invloed van het Integrale Milieutaakstellingen-beleid, wordt uitgegaan van een afname van de emissiefactoren voor zowel water als lucht in de orde van 50%. Voor het thema verwijdering is een algemene reductie voor koper niet aan te geven. Belangrijk voor de koperketen is de autonome afname van het gebruik van dierlijk mest op de landbouwbodem, onder invloed van fosfaat-beleid, en van zuiveringsslib, onder invloed van het Besluit Overige Organische Meststoffen.

Ook belangrijk is dat er van wordt uitgegaan dat in 2010 geen stort van huishoudelijk afval meer plaatsvindt. De stroom naar afvalverbrandingsinstallaties en het gescheiden inzamelen van GFT-afval zal sterk toenemen. Dit laatste omdat de gescheiden inzameling van GFT in 1990, het basisjaar voor deze studie, pas net op gang kwam.

Verder wordt er vanuit gegaan dat in 2010 autonoom al het drinkwater dat daarvoor in aanmerking komt, wordt onthard (450 miljoen m³/jaar).

De instroom uit het buitenland halveert ten opzichte van 1985. Deze aanname is gebaseerd op afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan.

Maatregelen

In tabel 3.2 wordt een overzicht gegeven van de (fictieve) maatregelen die zijn doorgerekend.

Tabel 3.2 Overzicht van aanvullende (fictieve) maatregelen om de koperketen te verbeteren

Maatregel	Beschrijving	Effect waarmee is gerekend	Kosten (indicatief)
Ind-1-Cu	Er wordt vanuit gegaan dat emissiedoelstellingen in IMT's volledig worden gehaald en dat voor alle industrietakken IMT's worden afgesloten	80% emissiereductie t.o.v 1985	40-400 miljoen extra, dus bovenop de kosten die autonoom gemaakt zullen worden
Ind-2-Cu/ Con-3-Cu	Er komt een verbod op het gebruik van koperbevattende anti-fouling (zowel in industrie en bij consumenten)	100% emissiereductie	niet bekend
Lan-1-Cu	Er wordt autonoom in 2010 40% minder mest op landbouwbodem uitgereden. Hiermee wordt voldaan aan de fosfaatnormen. Deze maatregel gaat ervan uit dat met maximale inspanning nog een extra reductie van 10% plaatsvindt	10% minder mest	niet bekend
Lan-2-Cu	De maatregel behelst grootschalige introductie van biologische landbouw: - halvering mestgebruik; - halvering kopergehalte in veevoer	75% reductie van bodembelasting	niet bekend
Con-1-Cu	Vervangen van koperen drinkwater-leidingen bij nieuwbouw en renovatie door alternatieven	20% emissiereductie ten opzichte van corrosie in 1990	geen meerkosten ^{a)}
Con-1-Cu/ Mil-1-Cu	Vervangen van koperen drinkwater-leidingen bij nieuwbouw en renovatie in combinatie met extra zuivering bij rioolwaterzuiveringsinstallaties	50% extra zuivering	2 miljard (RIZA)
Con-2-Cu	Vervangen van koper in heetwater-toestellen (geisers en boilers)	30% minder koper opgesteld	1 miljard ^{b)}
Con-4-Cu	Door introductie sloopstraten van wit- en bruingoed, mogelijk statiegeld, ed. wordt koper bij afvalverwerking gescheiden ingezameld	50% herwinning	180 miljoen (Bureau B & G)
Con-5-Cu	Door vervangen van koper, waar mogelijk, worden minder koperen consumentenproducten toegepast	50% minder koper	geen meerkosten
Mil-1-Cu	Extra zuivering bij rioolwaterzuiveringsinstallaties	50% extra zuivering	2 miljard (RIZA)

^{a)} het versneld vervangen van koperen drinkwaterleidingen kost drie miljard in totaal bij vervanging binnen vijf jaar en twee miljard in totaal bij vervanging binnen tien jaar (TME, 1993)

^{b)} eigen schatting (gebaseerd op derde deel van de TME-berekening, zie noot a).

3.3.2 Doorwerking van maatregelen op de gehele keten

In figuur 3.5 wordt een overzicht gegeven van de gevolgen van de autonome ontwikkeling en het maximale maatregelen-pakket op de gehele keten.

Autonoom

Door de economische groei en de groei van de bevolking neemt de im- én export van koper toe. De accumulatie in de economie neemt ook toe, doordat er meer koperprodukten gebruikt worden. Deze toename wordt grotendeels gerealiseerd door extra recycling van koper. De netto-import van koper in 2010 blijft dan ook vrijwel hetzelfde als die in 1990 (ongeveer 40.000 ton koper per jaar).

De accumulatie in het milieu zal autonoom afnemen, met name omdat er een verschuiving van stort naar afvalverbranding plaatsvindt waardoor ook de scheiding van koperafval zal toenemen. De reststoffen, die bij de afvalverbranding vrijkomen zullen grotendeels worden toegepast in de bouw en wegenbouw. Daardoor neemt het aandeel van deze stroom (voornamelijk bestaande uit koperhoudende slakken en vliegassen) toe van 15 naar 90%.

Relatief gezien blijft de accumulatie op de agrarische bodem gelijk (5% zowel in 1990 als in 2010). Echter, absoluut gezien neemt de accumulatie op de bodem af: van ongeveer 740 ton naar 500 ton koper, als gevolg van reeds ingezet beleid dat de hoeveelheid mestgebruik terugdringt.

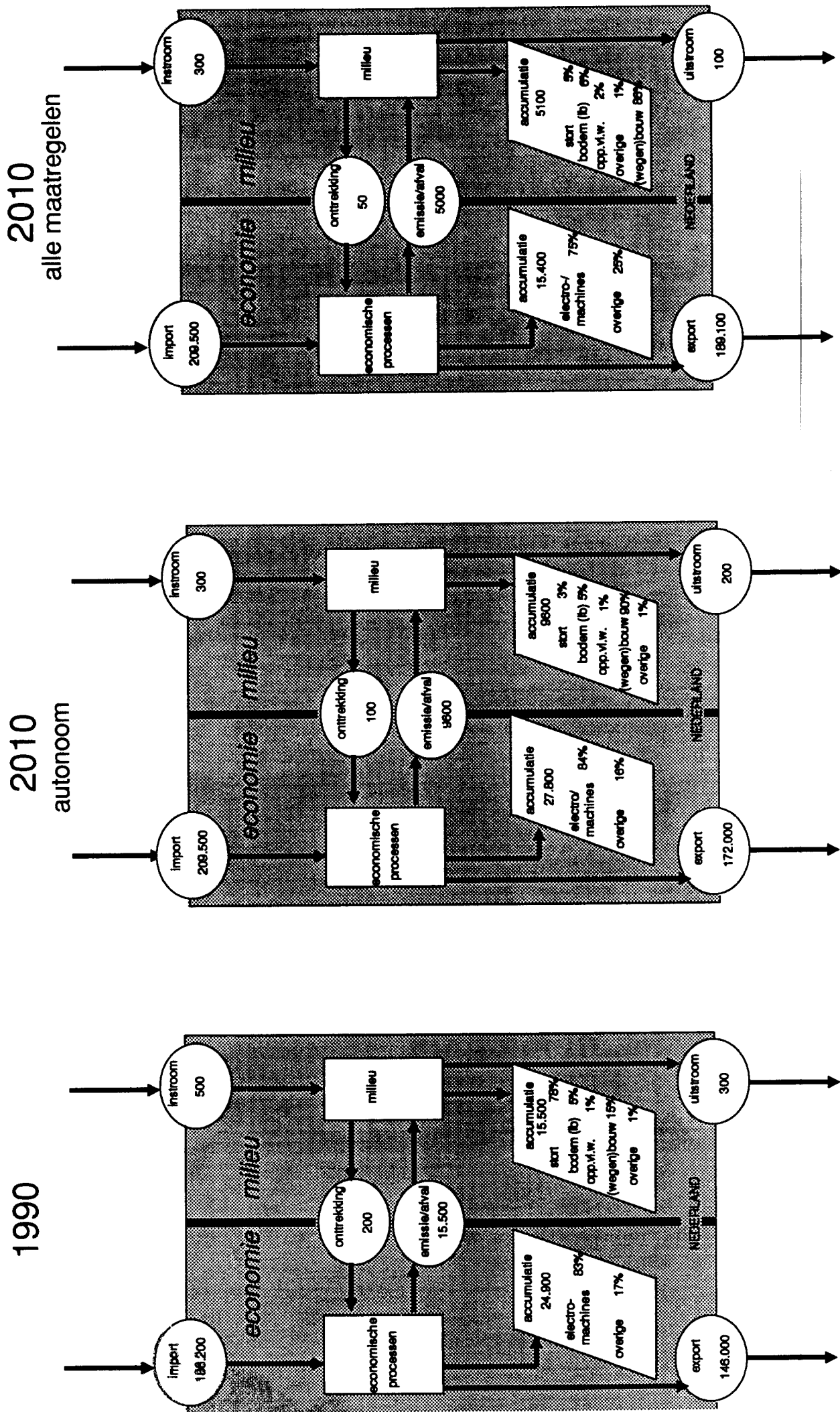
Maatregelen

Er is een pakket samengesteld waarin alle maatregelen die bedoeld zijn om de koperketen beter te beheersen, zijn meegenomen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de eventuele afwenteling op andere milieuproblemen niet is meegenomen. Opvallend is dat de export ten opzichte van de autonome ontwikkeling toeneemt. Dit komt omdat de maatregelen ingrijpen op het toepassingsniveau. De koperverwerking in de industrie blijft min of meer buiten schot, waardoor Nederland nog meer dan in de huidige situatie een doorvoerland voor koper wordt. De maatregel om de consumptie van koperen produkten terug te dringen met 50% blijkt met name tot verandering te leiden: de accumulatie in de economie en de afvalstroom neemt ten opzichte van de autonome ontwikkeling sterk af.

Door de maatregelen zal ten opzichte van het autonome scenario de accumulatie in het milieu verder afnemen tot 5100 ton. In hoeverre hiermee de problemen in de 'probleem'-stromen worden opgelost, wordt in detail in paragraaf 3.3.3 behandeld.

3.3.3 Doorwerking van maatregelen op 'probleem'stromen

De effectiviteit van de maatregelen op de probleemstromen wordt weergegeven in tabel 3.3. De getallen bij de maatregelen zijn inclusief autonome ontwikkelingen. Aan de tabel kan de effectiviteit van de maatregelen worden afgelezen door de maatregelen onderling te vergelijken. De 'gewenste' belasting (zie tabel 3.3) is het niveau dat wordt verkregen na verlaging van de belasting in 1990 met de in §3.1.2 afgeleide reductiedoelstellingen.



Figuur 3.5 De koperstromen in Nederland in 1990, en in 2010 volgens de autonome ontwikkelingen, en in 2010 als gevolg van de autonome ontwikkelingen met extra maatregelen (ton per jaar)

Tabel 3.3 Effectiviteit van maatregelen op de koperbelasting van compartimenten en reststoffen waar normoverschrijdingen plaatsvinden (belasting door buitenlandse en binnenlandse bronnen in tonnen koper per jaar).

	bodem landbouw	rwzi-slib	opp.vl.w./ sediment	avi-rest- stoffen	stort
1990	1040	140	560	2100	12000
autonoom 2010	610	140	340	8500	300
Ind-1-Cu	610	140	330	8500	300
Ind-2-Cu/ Con-3-Cu	610	140	290	8500	290
Lan-1-Cu	560	140	340	8500	300
Lan-2-Cu	380	140	340	8500	300
Con-1-Cu	610	120	340	8500	280
Con-1-Cu/ Mil-1-Cu	610	140	310	8500	300
Con-2-Cu	610	110	330	8500	260
Con-2-Cu/ Mil-1-Cu	610	130	310	8500	280
Con-4-Cu	610	140	340	4200	270
Con-5-Cu	610	140	340	4200	270
totaal (excl Con5)	370	120	240	4200	270
totaal (incl Con5)	370	130	240	2100	240
gewenst	210	30 ^{b)}	240	850 ^{c)}	minder

^{a)} totaal in milieucompartimenten (bodem, oppervlaktewater/sediment, grondwater, lucht) en stortplaats

^{b)} zoals aangegeven in §3.1.2 is een reductie van het kopergehalte van 80% noodzakelijk om aan de kwaliteitseis te voldoen. Aangezien de hoeveelheid RWZI-slib met ongeveer 10% toeneemt (Duvoort, 1991) zal de totale hoeveelheid koper met 78% moeten afnemen (ten opzichte van het 1990 niveau) om het gewenste kopergehalte in RWZI-slib te bereiken (78% reductie van 140 ton is 31 ton).

^{c)} zoals aangegeven in §3.1.2 is een reductie van het kopergehalte van 80% noodzakelijk om aan de kwaliteitseis te voldoen. Aangezien het te verbranden afval met ongeveer een factor 2 toeneemt zal de totale hoeveelheid koper met 60% moeten afnemen (ten opzichte van het 1990 niveau) om het gewenste kopergehalte in AVI-bodemas te bereiken.

Bodem landbouw

Uit tabel 3.3 blijkt dat de autonome ontwikkelingen tot een aanzienlijke reductie leiden, die echter niet voldoende is om de doelstelling te behalen. Ook de maatregelen of combinatie van maatregelen lijken niet toereikend om het gewenste niveau te halen. Hierbij dient, misschien

ten overvloede, opgemerkt te worden dat de hoogte van het gewenste niveau onzeker is. Ten opzichte van de autonome ontwikkeling is een maatregel om de kopertoevoeging te halveren redelijk effectief (Lan-2-Cu). De sociale en economische consequenties van een dergelijke maatregel zullen groot zijn. In het basisdocument koper wordt een toename van de produktiekosten per varken van vijf gulden geschat wanneer geen koperadditieven meer worden gebruikt (Slooff et al.,1987). Dit getal is zeer onzeker. Daarnaast zullen 1) omschakeling naar andere landbouwmethode, 2) het mogelijk andere voedergebruik en 3) de mogelijk extra milieumaatregelen die nodig zijn door verhoogde ammoniakemissie, met kosten gepaard gaan. Duidelijk is dat meer onderzoek noodzakelijk is, voordat een dergelijke maatregel kan worden uitgevoerd.

RWZI-slib

Uit tabel 3.3 kan worden geconcludeerd dat dit een van de belangrijkste probleemstromen lijkt te blijven.

De ontharding van drinkwater (autonome ontwikkeling) is weinig effectief op de totale koperstroom naar RWZI-slib, omdat de emissie-reductie wordt opgeheven door groei van het aantal woningen, kantoren en dergelijke. Het kopergehalte van het slib zal door de ontharding wel licht afnemen.

De maatregel om bij nieuwbouw koperen drinkwaterleidingen te vervangen is in 2010 redelijk effectief, maar zal, vanwege de lange levensduur van gebouwen, pas op een nog langere termijn (in 2050-2060) tot het gewenste niveau leiden. Het vervangen van koper in heetwater-toestellen is effectiever, omdat is ingeschat dat deze vervanging sneller kan worden uitgevoerd. Bovendien leidt blootstelling van koper aan heet water tot relatief hoge corrosiesnelheden. Een positief zij-effect van deze maatregelen is dat ook de belasting van oppervlaktewater/sediment verminderd (hoewel in slechts geringe mate).

De maatregel om de oppervlaktewater/sediment-belasting terug te dringen (extra zuivering bij rwzi's; zie de maatregelen gecombineerd met Mill-Cu) leidt tot een grotere koperstroom naar het rwzi-slib, en is zodoende een weinig effectieve maatregel.

Oppervlaktewater/sediment

Autonoom neemt de belasting sterk af, omdat is verondersteld dat buitenlandse bronnen met 50% reduceren, conform de afspraken in het kader van het Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan. Dit is onzeker. De binnenlandse emissies nemen autonoom met ongeveer 15% af.

Met alle aanvullende maatregelen bij industrie, scheepvaart (anti-fouling) en rioolwaterzuiveringsinstallaties lijkt het gewenste niveau, van 80% emissiereductie van binnenlandse bronnen (§3.1.2), bereikbaar. Een negatief zij-effect van de rwzi-maatregel is de toename van de koperstroom naar slib.

AVI-reststoffen

Door de verschuiving van storten naar afvalverbranding neemt autonoom de hoeveelheid koper naar avi-reststoffen toe (zie voetnoot c bij tabel 3.3). Het kopergehalte in de AVI-reststoffen hoeft hierdoor niet toe te nemen. Dit gehalte neemt echter wel toe omdat het

gebruik van koper in produkten naar verwachting groeit. Alleen wanneer er én meer koper in de afvalstroom wordt gescheiden (con-4-Cu) én koper in consumentengoederen voor een deel wordt vervangen (con-5-Cu), zal uiteindelijk de hoeveelheid in deze stroom teruggebracht zijn naar het niveau van 1990. Aangezien het te verbranden afval, zoals vermeld, ongeveer verdubbeld zal het kopergehalte met dit maatregelenpakket met ca. 50% afnemen. Zoals tabel 3.3 aangeeft is dit een ontwikkeling in de goede richting, maar nog niet voldoende om aan de kwaliteitseis te voldoen (het totaal aan maatregelen leidt tot 2100 ton koper in AVI-reststoffen, het gewenste niveau is ruwweg 850 ton koper).

GFT-afval

De hoeveelheid GFT-afval neemt vermoedelijk toe tot ongeveer 1600.000 ton per jaar. Dit is 5 à 6 keer meer dan in 1990 (zie bijlage 1).

Zoals in de vorige paragraaf aangegeven komt tussen de 20 tot 40% van het compost van agrarische bodem. Aangezien de koperbelasting van de landbouwbodem autonoom met 40% afneemt (zie tabel 3.3) zal het kopergehalte in GFT-compost op termijn ook afnemen. Historische accumulatie kan deze afname echter met vele jaren vertragen. Daarom is het met de huidige kennis (inclusief het feit dat de herkomst niet duidelijk is) niet mogelijk te voorspellen of, en zo ja op welke termijn het kopergehalte in GFT-compost zal afnemen.

3.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer

In hoofdstuk 2 is betoogd dat het uit oogpunt van voorraadbeheer zinvol lijkt om per deelsysteem een kort overzicht te geven van de verliezen voor de situatie 1990, 2010 autonoom en 2010 met maatregelen. Dit overzicht wordt afgesloten met een, ons inziens, geschikte indicator voor de verspilling van koper.

Bij de berekening van de ketenverliezen is uitgegaan van het volgende:

* er is alleen gekeken naar het intentionele gebruik van koper. Dit omdat we met voorraadbeheer willen aangeven hoeveel van het bewust uit de aardkorst gewonnen koper verspild wordt.

* als ketenverliezen worden beschouwd: 1) emissies, 2) stort en 3) reststoffen, waarin het metaal als verontreiniging zit, onafhankelijk van verder gebruik van deze reststoffen.

Het deelsysteem winning

In Nederland wordt geen koper gewonnen

Het deelsysteem produktie

Dit deelsysteem omvat alleen de intentionele toepassingen van koper: de koperproduktenindustrie, elektrotechnische industrie, pigmentindustrie, chemische industrie en bestrijdingsmiddelenindustrie. Instromen zijn: de import van bewerkt koper en de recyclingstroom vanuit de schrootverwerking, en de importen van koperverbindingen door de

diverse producenten van Cu-verbindingen bevattende produkten. De uitstromen: export en naar deelsysteem toepassingen. De verliezen zijn beperkt - de grootste (52 ton in 1990) is zelfs zeer dubieus: het betreft hier de "onbekende bron" voor rwzi's. Verder treden verliezen op (40 ton in 1990) bij het gebruik van anti-fouling verven. Tabel 3.4 geeft het totaalplaatje voor dit deelsysteem.

Tabel 3.4 De koperverliezen bij het deelsysteem productie

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van geïmporteerd koper en van secundair koper (uit het deelsysteem afvalverwerking)	149.900	177.200	171.300	100	100	100
uitstroom naar andere deelsystemen en export	149.700	177.000	171.200	99.9	99.9	99.9
verliezen	200	200	100	0.1	0.1	0.1

Het deelsysteem kan worden gekarakteriseerd als verregaand gesloten. Voor 2010 worden geen substantiële veranderingen verwacht.

Het deelsysteem toepassingen

Tabel 3.5 De koperverliezen bij het deelsysteem toepassing

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van koperhoudende produkten uit het deelsysteem Productie en via import	72.700	81.800	46.200	100	100	100
uitstroom naar deelsysteem afvalverwerking	49.800	56.100	33.400	68	68	72
economische accumulatie	22.100	25.100	12.500	31	31	27
verliezen	800	600	300	1	0,7	0,7

Ook in dit deelsysteem gaat het alleen om de intentionele toepassingen. Belangrijke toepassingen zijn: waterleidingen, bovenleidingen, veevoeradditief, elektronische apparatuur, gebruikers-produkten (knopen, ritsen, pennetjes, spijkertjes enz.), bouw (vermoedelijk vooral bedrading), en verf. Instromen vinden plaats vanuit het deelsysteem Productie, en in mindere mate via import van gerede produkten. Uitstromen zijn met name schroot en te verwerken afval (en komen in het hieronder beschreven deelsysteem Afvalverwerking aan de orde). Verliezen vinden plaats door het gebruik van veevoeradditief (ongeveer 640 ton), door corrosie en bijvoorbeeld door afkrabben van verf.

Accumulatie treedt op bij de bouw en bij huishoudens. Het betreft allerlei koperhoudende produkten. Dit koper zal in de toekomst alsnog bij het deelsysteem Afvalverwerking terecht komen.

De verliezen nemen autonoom af omdat het gebruik van koperhoudende veevoeradditieven afneemt. Het aanvullende maatregelenpakket zorgt voor een verdere afname.

Het deelsysteem lijkt op de in tabel 3.5 gepresenteerde wijze zeer gesloten. Men moet hierbij echter voor ogen houden dat een groot deel van de uitstroom in het deelsysteem Afvalverwerking uiteindelijk uit de keten weglekt, en dat er een accumulatie optreedt waaruit in de toekomst koper kan weglekken (zie *indicator*, volgende pagina).

Het deelsysteem afvalverwerking

Tabel 3.6 De koperverliezen bij het deelsysteem afvalverwerking

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van koperhoudend afval uit andere deelsystemen en via import van schroot	98.900	105.200	82.300	100	100	100
schroot ten behoeve van export en deelsysteem Productie	84.900	96.700	78.100	86	92	95
verliezen	14.000	8500	4200	14	8	5

In dit geval zijn schrootverwerking, afvalverbrandingsinstallaties en afvalstortplaatsen onderdeel van het deelsysteem afvalverwerking. Composteren is niet aan de orde, omdat de voedselvoorziening niet is meegenomen. Instroom is import en aangeboden afval en schroot uit de deelsystemen Productie en Toepassingen. Uitstroom is secundair koper. Verliezen zijn stort en koper in reststoffen, die nu gestort worden of toegepast in de wegenbouw.

Autonoom neemt de stroom naar het deelsysteem afvalverwerking toe door het toenemende

gebruik van koperhoudende produkten. De verliezen nemen af door een betere inzameling van recyclebaar schroot. Het aanvullende maatregelenpakket versterkt dit door de twee maatregelen die ook al bij het deelsysteem Toepassing zijn besproken.

Indicator voor de verspilling van koper

In het deelsysteem Toepassingen zit een post 'economische accumulatie' (zie tabel 3.5), die uiteindelijk tot verliezen zal leiden. De mate waarin hangt af van het recyclingspercentage van de in de economie aanwezige koperprodukten. In de deelketenanalyse zoals die hierboven is gepresenteerd wordt dit niet zichtbaar. We presenteren daarom in tabel 3.7 een 'theoretische' deelketen Toepassing. Hierin is economische accumulatie weggewerkt (door het schatten van een recyclingspercentage per type produkt) én wordt het afval dat na toepassing ontstaat niet naar een andere deelketen geschoven (voor een beschrijving van de methode, zie hoofdstuk 2).

De in tabel 3.7 weergegeven 'verliezen' beschouwen wij als een geschikte indicator voor voorraadbeheer. Deze 'verliezen' zijn vele malen groter dan de verliezen die optreden bij het deelsysteem Productie, en spelen zodoende een dominante rol bij de verspilling van koper.

Tabel 3.7 De koperverliezen bij het deelsysteem toepassing met verrekening van de afvalverwerking en de economische accumulatie

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van koperhoudende produkten uit het deelsysteem Productie en via import	72.700	81.800	46.200	100	100	100
uitstroom naar recycling van schroot	49.100	63.400	38.200	68	78	83
verliezen	23.600	18.400	8.000	32	22	17

De verliezen zijn in 1990 aanzienlijk. Autonoom neemt de koperstroom naar toepassingen toe. De verliezen nemen af door een betere inzameling van recyclebaar schroot.

Het aanvullende maatregelenpakket werkt gunstig uit voor voorraadbeheer, omdat de verliezen zowel absoluut als relatief fors afnemen. Dit is het gevolg van twee maatregelen (vervangen van koper waar mogelijk in consumentgoederen, en nog betere gescheiden inzameling bij afvalverbranding) die een positieve invloed hebben op hergebruik ten koste van stort en het ontstaan van reststoffen. Hierbij wordt aangetekend dat de doorgerekende maatregelen nog niet sterk uitgewerkt zijn. De analyse duidt erop dat dergelijke maatregelen vanuit oogpunt van voorraadbeheer positief zijn, maar voordat ze echt kunnen worden uitgevoerd is meer kennis over de koperen produkten nodig die voor vervanging in aanmerking komen. Mede

met het oog op het feit dat de vervangers vanuit milieuhygiënisch oogpunt en vanuit oogpunt van voorraadbeheer mogelijk slechter zijn.

3.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De koperstroom door de Nederlandse economie is nagenoeg volledig intentioneel. In de huidige economie accumuleert koper vooral in allerlei elektrotechnische toepassingen en in apparaten en machines. In het milieu accumuleert koper in 1990 voor 80% op stortplaatsen.

Het blijkt dat de in dit document doorgerekende scenario's voor de koperstroom als geheel tot meer gesloten ketens leidt:

- in het doorgerekende autonome scenario neemt ten opzichte van de huidige keten de economische accumulatie toe met ongeveer 12%, terwijl de accumulatie in het milieu met 40% afneemt. De accumulatie in het milieu bestaat in tegenstelling tot 1990 voor 90% uit reststoffen van afvalverbrandingsinstallaties, die toegepast worden in de (wegen)bouw. Wanneer dit gebruik echter als een vorm van economische accumulatie zou worden beschouwd, neemt in het doorgerekende autonome scenario ten opzichte van de huidige keten de economische accumulatie met 45% toe, terwijl de accumulatie in het milieu met 95% afneemt.
- in het doorgerekende scenario met extra maatregelen (bovenop de autonome ontwikkeling) neemt ten opzichte van de huidige keten de economische accumulatie met 40% af; de accumulatie in het milieu neemt met 70% af.

Hoewel het beeld in het algemeen gunstig is, blijkt dat de gehanteerde scenario's niet tot oplossing van de probleemstromen van koper leiden:

RWZI-slib

De corrosie van koperen drinkwaterleidingen draagt voor circa 50% bij aan de koperstroom naar deze probleemstroom, een onbekende bron (of bronnen) voor 26%. Het is mogelijk dat de corrosiebijdrage te laag wordt ingeschat.

Zowel de autonome als het maatregelenscenario leiden niet tot de gewenste reductie. Het beleid moet òf een te hoog kopergehalte in zuiveringsslib accepteren òf grootschalig (bij bestaande en nieuwbouw) drinkwaterleidingen gaan vervangen. De kosten van deze laatste optie belooft circa 5 miljard.

Oppervlaktewater/sediment

Het buitenland is voor 70% verantwoordelijk voor de koperbelasting van het oppervlaktewater, gevolgd door de Nederlandse rwzi's (11%), waar de corrosie van koperen drinkwaterleidingen als belangrijke oorzaak achter zit, en het Nederlandse gebruik van koperbevattende antifoulings (9%).

Het autonome scenario leidt tot een aanzienlijke reductie omdat is verondersteld dat bronnen in het buitenland zorgen voor een 50% reductie van de instroom, conform de afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan. Dit is een gewaagde aanname wanneer wordt

bedacht dat de Nederlandse bronnen naar verwachting autonoom slechts met 15% reduceren. Met aanvullende maatregelen bij industrie, scheepvaart (anti-fouling) en rioolwaterzuiveringsinstallaties lijkt het gewenste niveau, van 80% emissiereductie van binnenlandse bronnen bereikbaar. Het 'alleen maar' verbeteren van het rendement van rwzi's is voor koper niet erg effectief: de prijs is hoog, en er vindt een verschuiving van koper naar slib plaats terwijl de winst voor het oppervlaktewater beperkt is.

Landbouwbodem

Koperhoudende veevoeradditieven en kunstmest zijn de belangrijkste toevoerwegen van koper naar de landbouwbodem.

Het autonome scenario leidt reeds tot een vermindering van de landbouwbodembelasting (met ongeveer 40%). Het lijkt echter niet voldoende om tot de (in dit document gestelde) gewenste reductie te komen. Ook de gekozen maatregelen reiken niet ver genoeg, hoewel de maatregel om de kopertoevoeging aan veevoer ten opzichte van het huidige niveau te halveren, redelijk effectief is. De sociale en economische consequenties van een dergelijke maatregel zullen echter naar verwachting groot zijn.

AVI-bodemas

Koper is het enige metaal, van de in dit rapport beschreven zware metalen waarbij de uitlogingsnorm voor AVI-bodemas aanzienlijk overschreden wordt. Een ander metaal dat de uitlogingsnorm aanzienlijk overschrijdt is molybdeen.

Een groot scala aan kleine produkten in huishoudelijk afval dragen bij aan de kopertoevoer naar afvalverbrandingsinstallaties. In het autonome scenario neemt de hoeveelheid koperhoudende AVI-restoffen toe. Pas bij doorrekenen van vergaande maatregelen (meer afvalscheiding en produktvervangingen) bleek een daling van het kopergehalte met ongeveer 50% bereikbaar. Hierbij wordt aangetekend dat de maatregel 'produktvervanging' vaag is, omdat niet precies bekend is welke produkten verantwoordelijk zijn voor koper in het afval.

GFT-afval

Het kopergehalte in GFT-compost overschrijdt de kwaliteitseis voor 'zeer schoon compost' met ongeveer 30%. Op basis van ruwe aannames wordt verwacht dat een aanzienlijk deel van koper in GFT-compost afkomstig is van landbouwgrond. Aangezien de koperbelasting van de landbouwbodem autonoom met 40% afneemt is het mogelijk dat het kopergehalte in GFT-compost ook zal afnemen. Doordat de uiteindelijke herkomst van koper in GFT-compost niet bekend is (waardoor de invloed van historische accumulatie ook niet bekend is) kan niet aangegeven worden of, en zo ja, op welke termijn het kopergehalte in GFT-compost tot het gewenste niveau zal afnemen.

De doorgerekende scenario's zijn voor voorraadbeheer wel gunstig. Vanuit oogpunt van voorraadbeheer is een indicator ontwikkeld voor de Nederlandse koperstroom en de daarbij optredende verliezen. In 1990 is het verlies 32% van de hoeveelheid die wordt toegepast, in 2010 autonoom 22% en in 2010 met maatregelen 17%. Deze ontwikkeling treedt vooral op omdat autonoom is verondersteld dat in avi's een betere scheiding van het koper plaatsvindt. Het maatregelen-scenario werkt zeer gunstig uit voor voorraadbeheer; de 'verliezen' dalen fors. Een beleid dat leidt tot nog betere afvalscheiding en het vervangen van koper in ('kleine') consumentengoederen is daartoe nodig.

De conclusie luidt dat voor koper de doorgerekende scenario's in algemene zin leiden tot meer gesloten stofstromen. Specifieke deelstromen blijven in de scenario's echter een probleem -ook in de toekomst worden overschrijdingen van de milieukwaliteit verwacht-, die vragen om op maat toegesneden maatregelen die verder gaan dan de maatregelen die in dit document zijn doorgerekend.

Er zitten in de analyse van de koperstroom twee belangrijke onzekerheden die mogelijk van invloed zijn op beleid:

- de gewenste reductie van koper naar de bodem zou beter berekend moeten worden;
- de economische accumulatie - oftewel welke koperhoudende produkten komen nu en op termijn in het afval - is onvoldoende bekend om tot een goed produktenbeleid te komen.

Er wordt aanbevolen deze punten nader te onderzoeken.

4. ZINK

4.1 DE ZINKKETEN

4.1.1 Beschrijving van de keten

In bijlage 2.3 en 2.4 worden overzichten gegeven van de zinkstromen door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu. De stromen gelden ruwweg voor het jaar 1990. In bijlage 3.2 is de SFINX-file met de gedetailleerde zinkbalans opgenomen. Tevens wordt per stroom een literatuurreferentie gegeven.

Figuur 4.1 vat de zinkstroom op een abstract niveau samen. De keten is in deze figuur gescheiden in een economie- en een milieudeel met daartussen een zekere interactie.

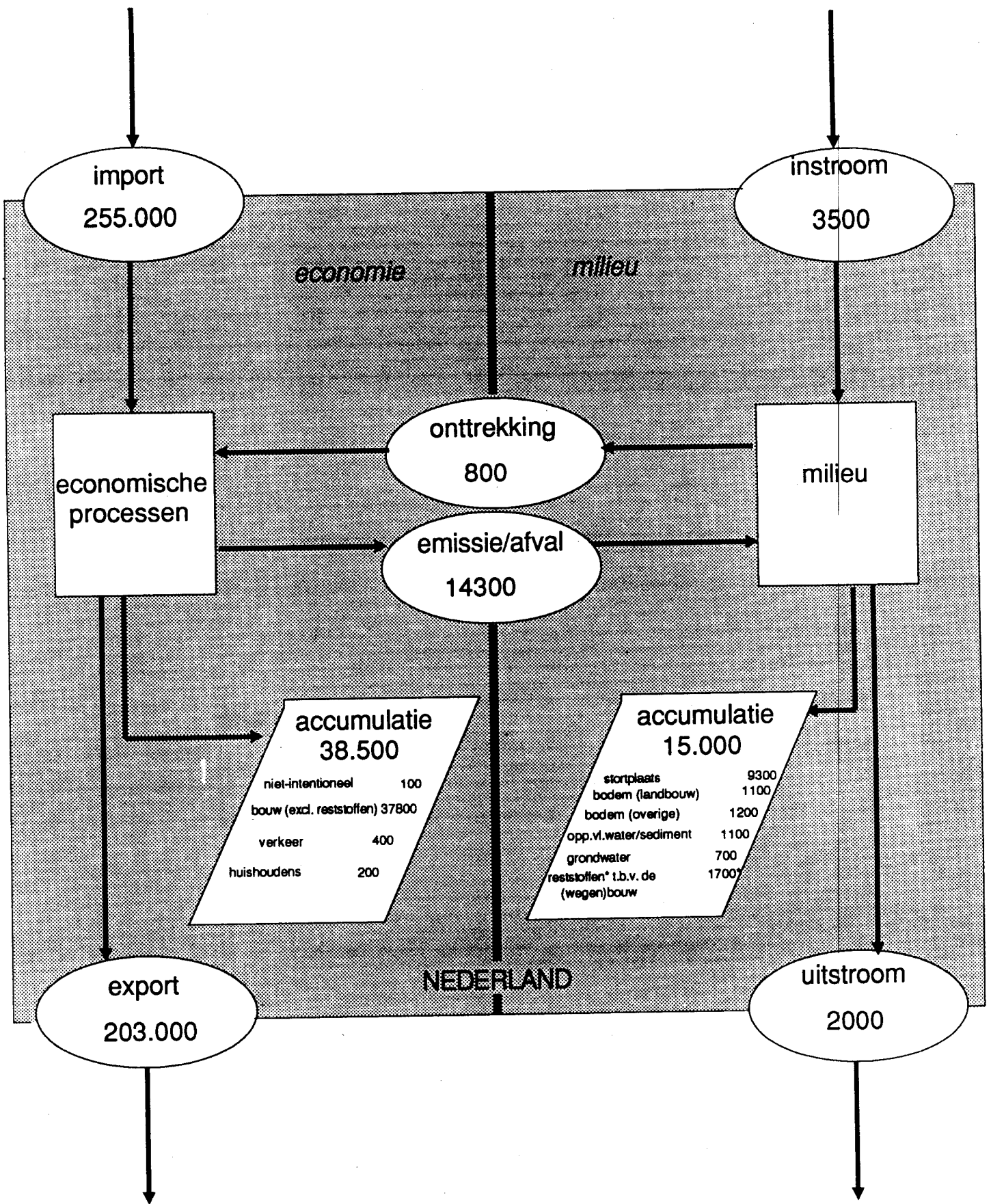
Ongeveer 99% van het zink komt Nederland binnen via de economie. Naar schatting 256.000 ton zink wordt geïmporteerd als ertsconcentraten (210.000 ton), allerlei halffabrikaten, schroot en in gereede produkten. Zink is de enige van de in dit document behandelde non-ferrometalen waarvoor in Nederland op grote schaal primaire productie plaatsvindt: ertsconcentraten worden omgezet in zuiver zink dat voor allerlei doeleinden kan worden ingezet.

Op basis van de in- en outputanalyse is een accumulatie in de Nederlandse economie uitgerekend van 38.500 ton, voornamelijk in de vorm van verzinkt staal en bladzink voor allerlei bouwtoepassingen.

Evenals bij koper is, voor de interactie tussen economie en milieu een tweetal keuzen gemaakt. Voor de motivatie van deze keuzen wordt verwezen naar §3.1.1 (koper):

- De totale zinkstroom naar landbouw wordt in figuur 4.1 als 'emissie' beschouwd. De zinkopname in vlees en gewassen (circa 800 ton) is via 'onttrekking' teruggevoerd naar de economie. De resulterende accumulatie op de landbouwbodem is ongeveer 1000 ton;
- afvalverbrandingsinstallaties (avi's) zijn als onderdeel van het milieu beschouwd. Naar schatting wordt jaarlijks ruwweg 90 ton zink en zinkschroot bij avi's ingezameld die na verwerking weer in de economie terecht komt. AVI-slakken en -vliegias worden gestort of toegepast in de bouw en in de wegenbouw. Deze zinkstroom van ruim 1400 ton wordt in dit rapport opgevat als verlies naar het milieu (de in figuur 4.1 weergegeven post 'reststoffen t.b.v. de (wegen)bouw' van 1700 ton zink bestaat uit reststoffen van afvalverbrandingsinstallaties en electriciteitscentrales).

Na interactie tussen economie en milieu vindt een resulterende accumulatie in het Nederlandse milieu plaats. Deze accumulatie is circa 15.000 ton (vergelijkbaar met koper), voor 62% op stortplaatsen, voor 14% op bodem en voor 12% in reststoffen, die toegepast worden in de bouw en wegenbouw.



Figuur 4.1 De zinkstroom in Nederland in 1990 (in ton)

* De reststoffen zijn afkomstig van afvalverbrandingsinstallaties en elektriciteitscentrales

4.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen

De accumulatie in het milieudeel (zie figuur 4.1) leidt tot overschrijdingen van gewenste milieukwaliteit. In tabel 4.1 wordt per compartiment c.q. reststroom of produkt een overzicht gegeven van de huidige zinkgehalten afgezet tegen de huidige kwaliteitscriteria.

Tabel 4.1 Overzicht van de meest recente zinkgehalten in relatie tot de normen. De normen zijn afkomstig van de opdrachtgever, het Ministerie van VROM (Zoetemeijer, 1994). Voor overige milieukwaliteitsnormen wordt verwezen naar het rapport 'Aandachtstoffen in het Nederlandse milieubeleid' (Janus, 1994).

Compartiment/ produkt	norm	waargenomen gehalte	Jaar/ Bron	Opmerking
Lucht	MIC(gr) ^a : 7µg.m ⁻³	0,13-0,21 µg.m ⁻³	RIVM 1993c	geen overschrijding
Oppervlakte- water (totaal)	Grensw.:30µg.l ⁻¹ streefw.:9µg.l ⁻¹	ca. 45% van de waarnemingen boven grenswaarde (in 1991)	Coppoolse, 1993	nauwelijks verschil waarneembaar rijkswateren en regionale wateren
Sediment	interventiewaarde: 720mg.kg ⁻¹ grensw.:480 mg.kg ⁻¹ streefw.:140 mg.kg ⁻¹	circa 25% van de regionale water- bodems en 45% van de rijkswaterbodems boven grenswaarde (in 1991)	Coppoolse, 1993	
Bodem	interventiewaarde ^b): 720mg.kg ⁻¹ streefw. ^b):140 mg.kg ⁻¹	geen overschrijding van de gemiddelde gehalten (in 1991)	RIVM 1992c	Lokaal kunnen sterk verhoogde concentraties voorkomen (Bas.doc.)
Grondwater	interventiewaarde: 800 µg.l ⁻¹ Streefw.: 65 µg.l ⁻¹	25% van de waarnemingen boven streefwaarde (in 1991)	CCRX, 1993	
Drinkwater			CCRX, 1993	vanwege de lage concentraties zijn sinds 1982 geen systematische metingen meer verricht
Zuiveringslib - communaal - industrieel	300 mg.kg ⁻¹ 300 mg.kg ⁻¹	Gemid. (in 1990): 907 mg.kg ⁻¹ 611 mg.kg ⁻¹	Baas, 1993	strukturele overschrijding
AVI-bodemas	U ₇ (N ₂):15 mg.kg ⁻¹ d.s. U ₁ (N ₁):3,5mg.kg ⁻¹ d.s.	gem. uitloging: 0,4 mg.kg ⁻¹ d.s. max:4,7 mg.kg ⁻¹ d.s.(in 1993)	Aalbers, 1993	incidentele overschrijding van U ₁ (N ₁)

AVI-vliegias	BAGA ^c -grenswaarde: 20.000mg.kg ⁻¹ d.s.	gem.(in 1993):13397 mg.kg ⁻¹ d.s.; range: 1731-29568mg.kg ⁻¹	implemen- tatieplan AVI- reststoffen (1994)	incidentele overschrijding
GFT-compost	75 mg.kg ⁻¹ (zeer schone compost)	gem.(in 1994): 160mg.kg ⁻¹ max.:1400mg.kg ⁻¹	VROM, 1992 & mondelinge informatie van VROM, 1995	strukturele overschrijding

- a) Maximale Immissie Concentratie
b) bij een standaardbodem: 25% lutum, 10% organische stof
c) AVI-vliegias is in het kader van het Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen (BAGA) aangewezen als gevaarlijke afvalstof.

Uit het overzicht blijkt dat voor zink op dit moment overschrijdingen van normen worden waargenomen in zuiveringsslib, in oppervlaktewater en waterbodems, grondwater en GFT-compost. De zinkstromen naar deze probleem-compartimenten en -restprodukten krijgen met name aandacht.

De lokale hoge gehalten zink in de bodem worden veroorzaakt door corrosie van verzinkte stalen objecten. In een korte paragraaf wordt hier aandacht aan besteed (paragraaf 4.2.4). Voor het ondiepe grondwater geldt dat bij zink geen relatie werd gevonden tussen de concentratie en het bodemtype of het bodemgebruik (MV2). Het is waarschijnlijk dat de overschrijdingen in het ondiepe grondwater ook een gevolg is van verzuring van de bodem, waardoor zink dat van nature in de bodem aanwezig is uitspoelt. Dit maakt het leggen van een relatie tussen te hoge zinkgehalten en de gewenste reductie van de bodembelasting moeilijk.

Reductiedoelstellingen

Om overschrijding van de milieukwaliteit in een probleemstroom in de toekomst te vermijden, is reductie van de stroom naar dat compartiment of (rest)produkt nodig. Hieronder worden reductiedoelstellingen voor de probleemstromen gegeven. Deze worden in dit document gebruikt om de autonome ontwikkelingen en aanvullende maatregelen te evalueren op hun effectiviteit. Voor RWZI-slib wordt het gewenste reductiepercentage afgeleid op basis van de waargenomen overschrijdingen. Voor de milieucompartimenten en voor GFT-compost wordt, zoals uitgelegd in §2.2.2, gebruik gemaakt van beleidsdoelstellingen.

Grondwater & landbouwbodem

Voor grondwater is waarschijnlijk met name een reductie nodig van verzurende depositie. Dit valt buiten het onderwerp van dit document. Het is echter niet uit te sluiten dat door landbouwactiviteiten overschrijdingen plaatsvinden. Daarom wordt voor deze activiteit toch een reductiepercentage genoemd.

In het algemeen geldt voor zware metalen in alle milieucompartimenten een reductiedoelstelling voor *Nederlandse* bronnen van 80% in 2010 t.o.v. de belasting in 1985 (VROM 1994a). Omdat de zinktoevoer naar de landbouwbodem in de periode 1985-1990 niet is veranderd (Nationale Milieuverkenningen 3) is de reductiedoelstelling ten opzichte van 1990, het basisjaar voor deze studie, ook 80%. Dit reductiepercentage wordt in deze studie als richtinggevend beschouwd voor Nederlandse bronnen. Internationaal zijn nog geen

doelstellingen afgesproken voor het jaar 2010. Wel is in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan afgesproken dat de zinkemissies naar water en lucht voor 2000 met 50% worden gereduceerd, ten opzichte van de belasting in 1985. Deze reductiedoelstelling van 50% wordt in dit document aangehouden voor het buitenland.

Oppervlaktewater & sediment

Net als bij bodem geldt voor oppervlaktewater een reductiedoelstelling van 80% voor Nederlandse bronnen ten opzichte van 1985 (Strategienotitie Verspreiding). Omdat de Nederlandse zinkemissies naar oppervlaktewater/sediment in de periode 1985-1990 redelijk constant zijn gebleven is ook ten opzichte van het basisjaar 1990 een reductie van 80% nodig om het gewenste niveau te behalen. Dit percentage wordt in dit rapport als richtinggevend beschouwd. Voor het buitenland wordt net als bij bodem een reductiepercentage van 50% aangehouden, conform de afspraken in het kader van het Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan.

Rioolwaterzuiveringsslib

Op basis van de waargenomen overschrijdingen is voor rioolwaterzuiveringsslib (communaal) een gewenste reductie (voor alle bronnen tezamen) van 70% nodig.

GFT-compost

Op basis van de waargenomen overschrijdingen is voor GFT-compost een gewenste reductie van de concentratie nodig van 55% om de norm van 'zeer schoon compost' te bereiken (1 - (norm/waargenomen gemiddelde)).

In paragraaf 4.2 worden de probleemstromen verder uitgewerkt.

4.1.3 De zinkketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer

In deze paragraaf wordt een kort overzicht gegeven in de ontwikkeling van vraag en aanbod van zink op wereldschaal.

De zinkproduktie uit mijnen bedroeg in 1989 voor de gehele wereld circa 7 miljoen ton (USBM, 1991). De produktie van geraffineerd zink was 7,2 miljoen ton waarvan 4,8 miljoen ton uit primaire winning, 0,3 miljoen ton uit secundaire winning en 2 miljoen ton uit bronnen waarvan niet bekend is of ze primair dan wel secundair zijn (waarschijnlijk echter vooral primair). Produktie en consumptie van geraffineerd zink was in 1989 ongeveer in balans.

De laatste jaren (1990 tot begin 1993) is er wereldwijd een redelijk stabiele vraag naar zink geweest, hoewel er (met name in Europa) een neiging bestond tot verminderde vraag. Dit is waarschijnlijk gekoppeld aan een algemene recessie (Thilthorpe, 1993).

Het uitzicht naar de vraag op de lange termijn is niet zeker. Enerzijds wordt een continue groeiende vraag verwacht als gevolg van de groei van de wereldbevolking en een algemene materiële groei. Anderzijds heeft zink in een groot aantal toepassingsgebieden concurrentie van andere materialen:

- kunststoffen, aluminium en magnesium zijn concurrerende materialen voor allerlei spuitgiettoepassingen;
- aluminium en kunststoffen zijn vervangers voor verzinkt staal;
- beschermlagen die totaal uit zink bestaan worden steeds meer vervangen door dunnere zinklagen, zinklegeringen of door op aluminium-gebaseerde zinklagen;

- aluminium legeringen, roestvast staal, gietijzer en kunststoffen vervangen messing in bouwmaterialen, loodgieterij en in decoratieve voorwerpen;
- zinkverbindingen kennen ook substituten zoals titaan- en zirconiumverbindingen in verf- en keramische toepassingen.

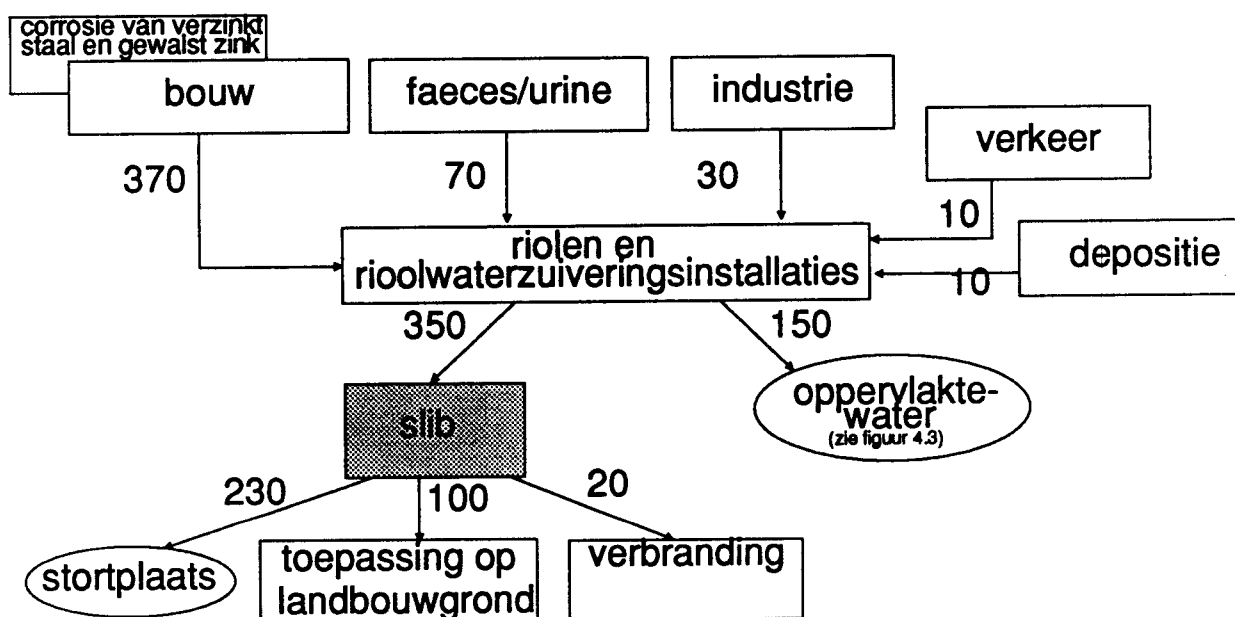
Hoe de toekomst van zink eruit ziet, is dus niet met zekerheid te zeggen. Voorlopig gaan we in dit document uit van een groei, met name omdat de prijs-prestatie verhouding van zink algemeen als gunstig wordt beoordeeld.

In §4.3.4 wordt de zinkketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer voor Nederland geanalyseerd.

4.2 ZINKGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST

4.2.1 RWZI-slib

Rioolwaterzuiverings-slib is één van de reststoffen waar zink vanuit oogpunt van milieukwaliteit in te hoge mate in voorkomt. In figuur 4.2 worden de zinkstromen naar rioolwaterzuiveringsinstallaties weergegeven.



Figuur 4.2 De zinkstroom naar rioolwaterzuiverings-slib in 1990 (in ton)

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de totale zinktoevoer naar RWZI's is:

Buitenland (t.g.v. atmosferische depositie, zie figuur 4.2)	3%
Nederland	97%

De herkomst van de *Nederlandse* zinkemissies naar RWZI's wordt op drie niveaus weergegeven:

<i>1. Directe oorzaken</i>	
corrosie van verzinkt staal, gewalst zink en messing	77%
menselijke afvalprodukten	15%
industrie	6%
verkeer	2%

	100%
<i>2. Doelgroepen</i>	
bouw	77%
consumenten/huishoudens	15%
industrie	6%
verkeer	2%

	100%
<i>3. Oorspronkelijke herkomst</i>	
import zinkerts	80%
import zinkklinkers	15%
import zinkhoudende produkten	5%
import agrarische produkten	1%

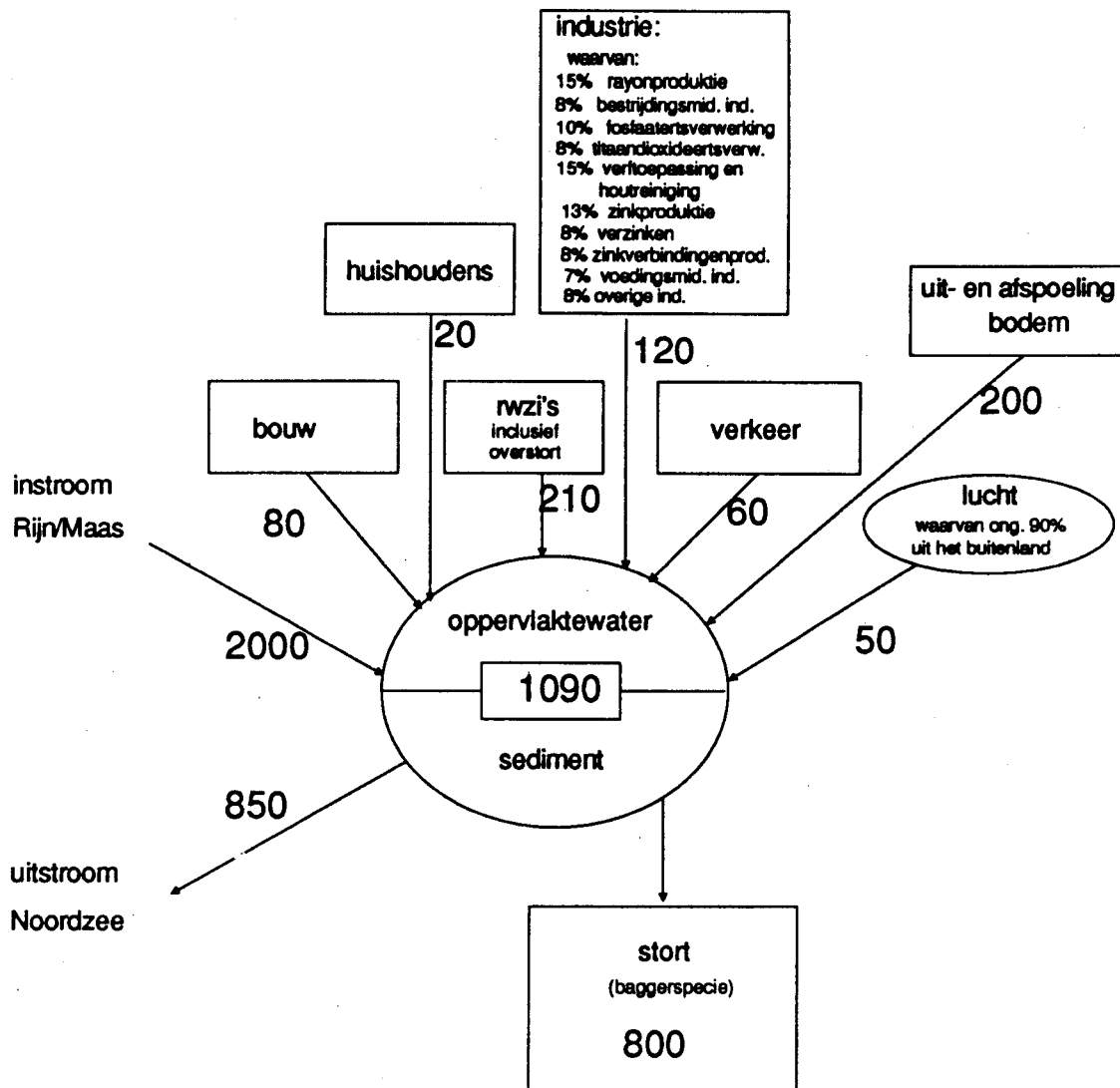
	100%

In tegenstelling tot koper is voor zink de balans tussen het gemeten gehalte zink in slib en het berekende gehalte redelijk in evenwicht. Er hoeven geen 'onbekende bronnen' te worden geïntroduceerd.

De corrosie van allerlei verzinkte en gewalste zinkprodukten (vangrails, dakgoten, dakbedekking en dergelijke) is verreweg de belangrijkste oorzaak van zink in slib. Deze bronnen zijn volledig naar de doelgroep 'bouw' toegerekend.

4.2.2 Oppervlaktewater/sediment

In figuur 4.3 worden de zinkstromen van en naar oppervlaktewater/sediment weergegeven.



Figuur 4.3 De zinkstroom van en naar het oppervlaktewater en het sediment in 1990 (in ton)

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de zinkbelasting van oppervlaktewater is:

Buitenland	73%
t.g.v. instroom via rivieren	71%
t.g.v. instroom via lucht	2%
Nederland	27%

De herkomst van de *Nederlandse* zinktoevoer naar oppervlaktewater kan op drie niveaus worden weergegeven:

<i>1. Directe oorzaken</i>	
industriële emissies	17%
rwzi's	22%
overstort	9%
corrosie (direct)	12%
afspoeling landbouwgrond	28%
verkeer	9%
huishoudelijke producten	3%

	100%
<i>2. Doelgroepen</i>	
industrie	19%
landbouw	11%
verkeer	9%
bouw (direct en indirect)	45%
huishoudens	3%
overige	13%

	100%
<i>3. Oorspronkelijke herkomst</i>	
import zinkerts	65%
import zinkklinkers	20%
import zinkverbindingen en zinkh. prod.	6%
import ijzer/schroot/kolen/ertsen	3%
import agrarische producten	6%

	100%

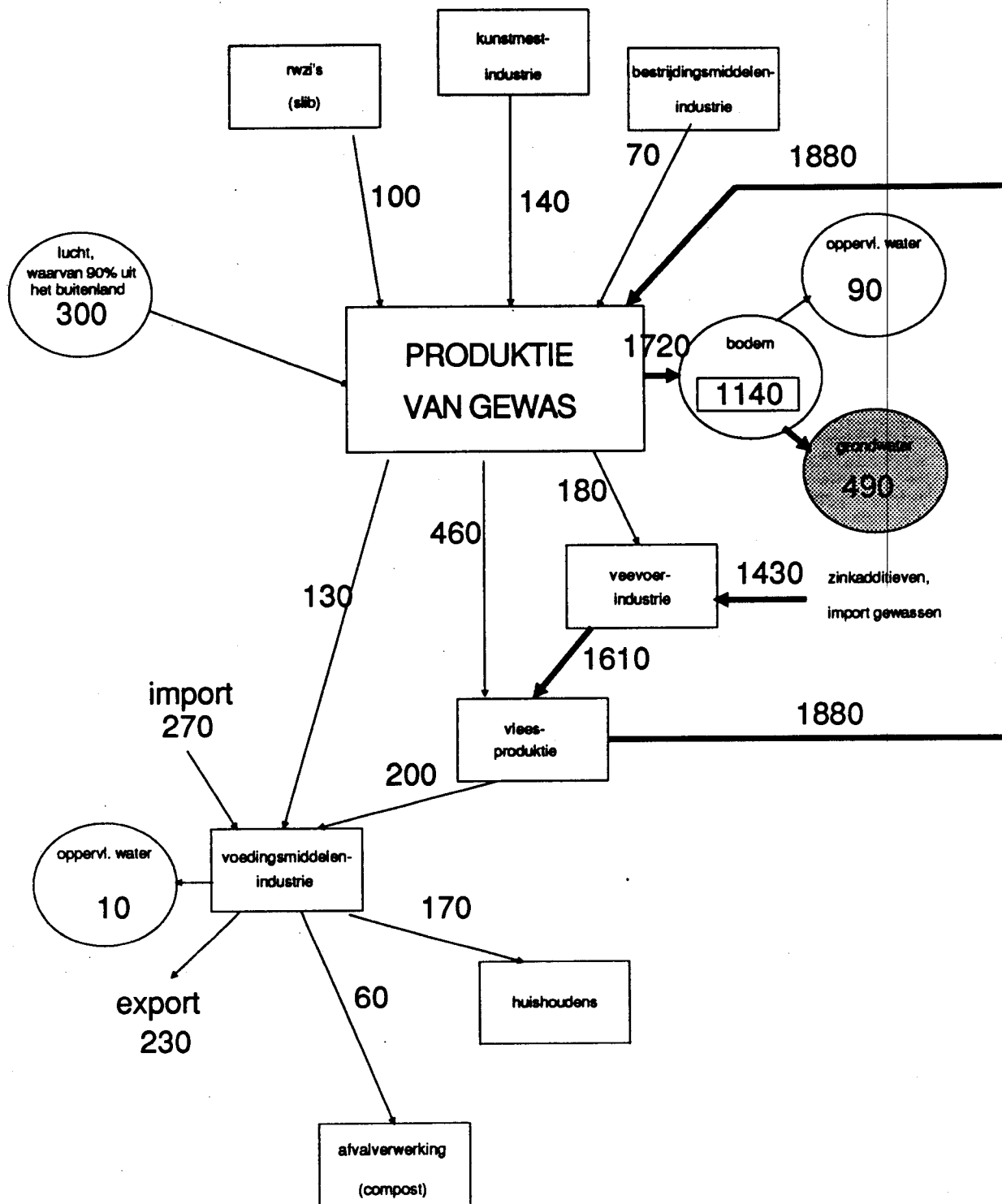
Uit de herkomstanalyse blijkt dat de aanvoer van zink uit het buitenland verreweg overheerst. Deze aanvoer gaat voornamelijk via de Rijn en de Maas. Wanneer we ons beperken tot binnenlandse bronnen, dan is corrosie van verzinkt staal en van zinken voorwerpen (direct en indirect, via rwzi's en via afspoeling van agrarische en niet-agrarische gronden) belangrijk. Ook de industrie levert een bijdrage aan de zinktoevoer naar water.

De binnenlandse emissies komen, in tegenstelling tot de aanvoer uit het buitenland, ook in allerlei kleinere rivieren en meren terecht, waardoor zij lokaal tot verhoogde concentraties kunnen leiden. Hierdoor is het terugdringen van de Nederlandse emissies belangrijk, ondanks de relatief geringe bijdrage ten opzichte van het buitenland.

4.2.3 Landbouwbodem/grondwater

We beperken ons tot grondwater onder landbouwgrond, omdat hiervoor de route van zinkbelasting mogelijk aanwijsbaar is. Na belasting van de bodem met zinkbevattend mest en dergelijke, zal een deel van het zink uitspoelen naar het ondiepe grondwater (zie figuur 4.4).

Voor bosgrond wordt ervan uitgegaan dat 'natuurlijk' aanwezig zink onder invloed van verzuring uitspoelt.



Figuur 4.4 De zinkstroom naar grondwater onder de agrarische bodem in 1990 (in ton)

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de zinktoevoer naar grondwater onder landbouwbodem is naar schatting:

Buitenland (t.g.v. atmosferische depositie)	13%
Nederland	87%

De herkomst van de Nederlandse zinktoevoer naar landbouwbodem wordt op drie niveaus weergegeven:

<i>1. Directe oorzaken</i>	
mest (veevoeradditieven, import gewassen)	84%
kunstmest	6%
zuiveringslib	5%
bestrijdingsmiddelen	3%
atmosferische depositie	2%

	100%
<i>2. Doelgroepen</i>	
landbouw	93%
milieubedrijven	5%
industrie	2%

	100%
<i>3. Oorspronkelijke herkomst</i>	
import zinkerts	11%
import zinkklinkers	37%
import zinkh. prod., ijzer, schroot en kolen	2%
import P-erts	12%
import agrarische producten	38%

	100%

Voor accumulatie in grondwater onder de agrarische bodem is dierlijke mest veruit de belangrijkste directe oorzaak. Deze is terug te voeren op import van zink (via veevoeradditief), import van fosfaaterts (via kunstmest en veevoeradditief) en import van agrarische producten.

4.2.4 Bodem (niet landbouw)

Van de totale input van zink naar de niet-agrarische bodem (ruim 1500 ton per jaar) draagt corrosie van verzinkt staal en bladzink (hekken, vangrails, verkeersmeubilair en dergelijke) bijna 75% bij. Rondom dergelijke bouwobjecten kunnen lokaal sterk verhoogde zinkconcentraties ontstaan. Er zal gekeken worden of maatregelen leiden tot een lagere zinkoutput naar de bodem via corrosie. De overige 25% van de zinkstroom naar de bodem bestaat met name uit atmosferische depositie (11%) en verkeer (8%). Zoals al aangegeven in figuur 4.4 is de depositie voor ruim 90% het gevolg van instroom uit het buitenland.

4.2.5 Groente-, fruit- en tuinafval

Het is niet mogelijk gebleken om de herkomst van zink in GFT te bepalen. Vooruitlopend op nader onderzoek, is met enkele ruwe aannames, die in bijlage I worden onderbouwd, geschat dat voor de 1990 situatie (van ongeveer 13 ton zink in 120.000 ton GFT compost) ongeveer 3 ton van landbouwbodem (GF) komt en 10 ton van tuintjes (T). Deze waarde moet als indicatief worden beschouwd. In de volgende paragraaf wordt besproken in hoeverre reducties van de zinkbelasting naar de agrarische en niet-agrarische bodem kunnen leiden tot een afname van het zinkgehalte in GFT-compost.

4.3 MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'-STROMEN

4.3.1 Keuze van maatregelen

In deze paragraaf wordt een schets gegeven van de zinkketen in het jaar 2010 als gevolg van de autonome ontwikkeling en na een selectie van (fictieve) maatregelen.

De selectie van maatregelen is uitgevoerd door de opdrachtgever (DGM), die zich met name heeft gericht op mogelijke oplossingen voor de probleemstromen.

Autonome ontwikkeling

In paragraaf 1.2 is reeds gezegd dat er wordt uitgegaan van het 'European Renaissance'-scenario en het huidige vastgestelde beleid zoals ook doorgerekend in de Milieuverkenningen 3.

De omvang van zinkverwerkende en -gebruikende industrie neemt in dit scenario in het algemeen toe, terwijl, onder invloed van het het Integrale Milieutaakstellingen-beleid, wordt uitgegaan van een afname van de emissiefactoren voor zowel water als lucht in de orde van 50%.

In het 'European Renaissance'-scenario wordt aangenomen dat in 2010 er geen primaire zinkproductie in Nederland meer plaatsvindt. Dit is uiteraard een nogal twijfelachtige veronderstelling. Voor de zinkketen lijkt dit op het eerste gezicht tot grote gevolgen te leiden, maar bij nader inzien valt dit mee:

- de import neemt sterk af, maar daarentegen ook de export. Voor accumulatie in de Nederlandse economie zijn er geen gevolgen;
- de emissies nemen af, maar de bijdrage van de primaire zinkproducent was beperkt, zodat geen spectaculaire veranderingen van de zink in- en output in de probleemstromen optreden;
- de accumulatie op de stort neemt aanzienlijk af omdat er geen jarosiet (afvalproduct bij de primaire zinkproductie) meer wordt geproduceerd. Het is mogelijk dat ook bij openblijven van de fabriek de jarosiet-stort verdwijnt: de primaire zinkproducent heeft in een convenant met de Staat der Nederlanden en de Provincie Noord-Brabant afgesproken om voor 1 april 1995 te onderzoeken of het technisch en economisch

haalbaar is schoon erts in te zetten bij de produktie van zink, zodanig dat bij die produktie geen jarosiet of een andere afvalstof ontstaat die niet kan worden verwerkt of hergebruikt.

Het sluiten van de zinkproducent is daarom in het scenario dat wij gebruiken, gehandhaafd; ook om consistent te blijven met de nationale milieuverkenning 3.

Belangrijk voor de zinkketen is de autonome afname van het gebruik van dierlijk mest op de landbouwbodem, onder invloed van fosfaat-beleid, en van zuiveringsslib, onder invloed van het Besluit Overige Organische Meststoffen. Er is bovendien verondersteld dat introductie van het enzym fytase in veevoer autonoom verder doorgaat. Fytase zorgt ervoor dat mineralen in het veevoer beter beschikbaar komen, waardoor de zinktoevoeging kan worden verlaagd (met 35%). Het gehalte in het dierlijke mest daalt hierdoor ook.

Belangrijk is dat er van wordt uitgegaan dat in 2010 geen stort van huishoudelijk afval meer plaatsvindt. De stroom naar afvalverbrandingsinstallaties en het gescheiden inzamelen van GFT-afval zal sterk toenemen.

Er is aangenomen dat door een afname van de SO₂-concentratie in de atmosfeer, als gevolg van het anti-verzuringbeleid, de corrosiesnelheid van zinken objecten afneemt. Bovendien is aangenomen dat door het Lozingenbesluit WVO Glastuinbouw de zinkemissie naar oppervlaktewater, ten gevolge van corrosie van zinken tuinbouwkassen afneemt (RWS, 1994). Ten slotte is ervan uitgegaan dat de instroom uit het buitenland halveert. Deze aanname is gebaseerd op afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan.

Maatregelen

In tabel 4.2 wordt een overzicht gegeven van de (fictieve) maatregelen die zijn doorgerekend.

Tabel 4.2 Overzicht van aanvullende (fictieve) maatregelen om de zinkketen te verbeteren

Maatregel	Beschrijving	Effect waarmee is gerekend	Kosten (indicatief)
Ind-1-Zn	Er wordt vanuit gegaan dat emissiedoelstellingen in IMT's volledig worden gehaald en dat voor alle industrietakken IMT's worden afgesloten.	80% emissiereductie t.o.v 1985	200-2000 miljoen extra, dus bovenop de kosten die autonoom gemaakt zullen worden
Lan-1-Zn	zie Lan-1-Cu. De maatregel gaat ervan uit dat met maximale inspanning nog een extra reductie van 10% plaatsvindt.	10% minder mest	niet bekend
Lan-2-Zn	Stopzetten van zinktoevoeging aan veevoer. Van zink wordt ongeveer evenveel toegevoegd als reeds van nature aanwezig in de grondstof.	zinkgehalte daalt tot 50% t.o.v huidige gehalte	niet bekend
Mil-1-Zn	Extra zuivering bij rioolwaterzuiveringsinstallaties	50% extra zuivering	2 miljard (RIZA)
Bou-1a-Zn	Coaten van bestaande verzinkt stalen skeletten	^{a)}	218 miljoen ^{b)}
Bou-1b-Zn	Coaten van nieuwe verzinkt stalen skeletten	^{a)}	13 miljoen ^{b)}
Bou-2a-Zn	Coaten van bestaande verzinkt stalen tuinbouwkassen	^{a)}	159 miljoen ^{b)}
Bou-2b-Zn	Coaten van nieuwe verzinkt stalen tuinbouwkassen	^{a)}	6 miljoen ^{b)}
Bou-3a-Zn	Coaten van bestaande verzinkt stalen vangrails	^{a)}	251 miljoen ^{b)}
Bou-3b-Zn	Coaten van nieuwe verzinkt stalen vangrails	^{a)}	3 miljoen ^{b)}
Bou-4a-Zn	Coaten van bestaande verzinkt stalen lantaarn- en verkeerspalen	^{a)}	232 miljoen ^{b)}
Bou-4b-Zn	Coaten van nieuwe verzinkt stalen lantaarn- en verkeerspalen	^{a)}	8 miljoen ^{b)}
Bou-5a-Zn	Coaten van bestaande verzinkt stalen spoorweg-constructies	^{a)}	56 miljoen ^{b)}
Bou-5b-Zn	Coaten van nieuwe verzinkt stalen spoorweg-constructies	^{a)}	5 miljoen ^{b)}
Bou-6a-Zn	Coaten van bestaande verzinkt stalen balkonhekken, grote deuren en hekwerken	^{a)}	164 miljoen ^{b)}
Bou-6b-Zn	Coaten van nieuwe verzinkt stalen balkonhekken, grote deuren en hekwerken	^{a)}	5 miljoen ^{b)}
Bou-7-Zn	Coaten van alle buiten opgestelde verzinkt stalen voorwerpen (combinatie van Bou-1a-Zn tot en met Bou-6a-Zn)	^{a)}	circa 1.1 miljard ^{b)}

Bou-8-Zn	Coaten van alle nieuw te bouwen verzinkt stalen voorwerpen (combinatie van Bou-1b-Zn tot en met Bou-6b-Zn)	a)	circa 40 miljoen ^{b)}
Bou-9-Zn	Vervangen gewalste zinken dakbedekking en dakgoten van bedrijven (alleen nieuwbouw en renovatie)	a)	geen meerkosten
Bou-10-Zn	Vervangen gewalste zinken dakbedekking en dakgoten van bedrijven (actieve vervanging)	a)	versneld vervangen binnen 10 jaar kost circa 1 miljard (TME)
Bou-11-Zn	Vervangen gewalste zinken dakbedekking en dakgoten van woningen (alleen nieuwbouw en renovatie)	a)	geen meerkosten
Bou-12-Zn	Vervangen gewalste zinken dakbedekking en dakgoten van woningen (actieve vervanging)	a)	versneld vervangen binnen 10 jaar kost circa 1,3 miljard (TME)
Bou-13-Zn	Alle bouw-maatregelen (Bou-7-Zn tot en met Bou-12-Zn)	a)	circa 3,5 miljard

a) er wordt vanuit gegaan dat door vervanging of door het aanbrengen van een coating de zinkcorrosiesnelheid, en daarmee dus ook de zinkemissie, daalt tot nul. De zinkemissie, die door een bepaald type object wordt veroorzaakt hangt af van het aantal m² blootgesteld zink. De ligging van het object bepaalt de verdeling van de zinkemissies over de verschillende milieucompartimenten (RIZA, 1994).

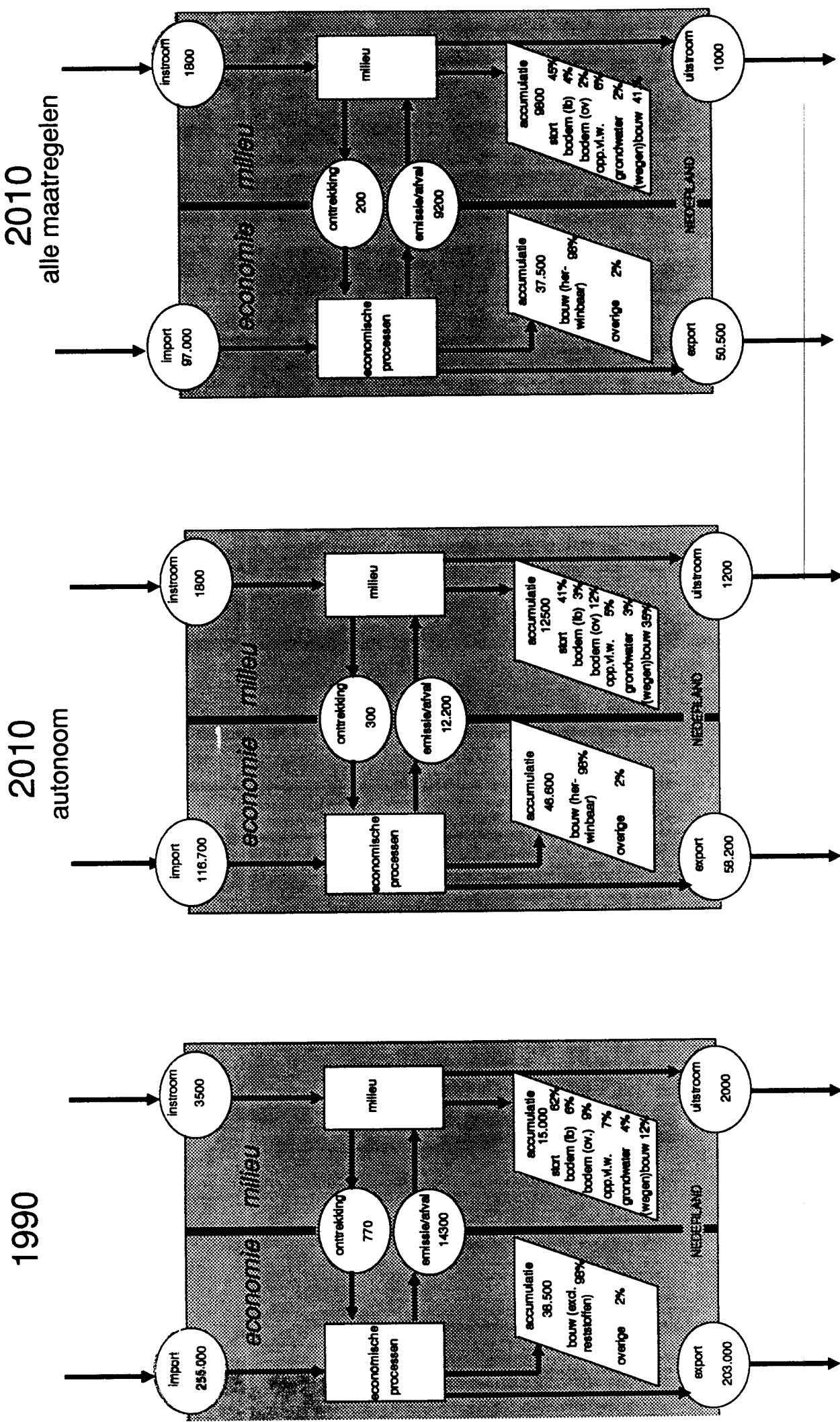
b) er is gerekend met extra kosten van zes gulden per m² voor nieuw te bouwen objecten (verven gebeurt industrieel) en met vijftig gulden per m² voor bestaande objecten (die op lokatie moeten worden gecoat).

4.3.2 Doorwerking op de totale keten

In figuur 4.5 wordt een overzicht gegeven van de gevolgen van de autonome ontwikkeling en het maximale maatregelen-pakket op de gehele keten.

Autonoom

Door het sluiten van de primaire zinkproducent neemt de im- en export van zink af. De accumulatie in de economie neemt toe omdat in het economische scenario het gebruik van zink toeneemt als gevolg onder andere van een veronderstelde groei van het bouwvolume. Zoals blijkt uit figuur 4.5 neemt de accumulatie in het milieu autonoom met 35% af: voor het merendeel een gevolg van het stoppen van de jarosietproductie (door sluiting van de productie-plant of eventueel door inzet van 'schoon' erts).



Figuur 4.5 De zinkstroom in de situatie 1990, in 2010 als gevolg van de autonome ontwikkeling, en in 2010 als gevolg van de autonome ontwikkeling met extra maatregelen (ton per jaar)

Maatregelen

Zoals vermeld is een pakket samengesteld waarin alle maatregelen bedoeld om de zinkketen beter te beheersen, zijn meegenomen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de eventuele afwenteling op andere milieuproblemen niet is meegenomen (zoals de milieubelasting veroorzaakt door alternatieve bouwmaterialen). Door het maatregelenpakket neemt zowel de accumulatie in de economie als de accumulatie in het milieu af ten opzichte van de autonome ontwikkeling. De belangrijkste oorzaak hiervan zijn de maatregelen gericht op vervanging van zink in allerlei bouwtoepassingen. In hoeverre hiermee de problemen in de 'probleem'-stromen worden opgelost, wordt in detail in paragraaf 4.3.3 behandeld.

4.3.3 Doorwerking van maatregelen op 'probleem'stromen

De effectiviteit van de maatregelen op de probleemstromen wordt weergegeven in tabel 4.3. De getallen bij de maatregelen zijn inclusief autonome ontwikkelingen. Aan de tabel kan de effectiviteit van de maatregelen worden afgelezen door de maatregelen onderling te vergelijken. De 'gewenste' belasting (zie tabel 4.3) is het niveau dat wordt verkregen na verlaging van de belasting in 1990 met de in §4.1.2 afgeleide reductiedoelstellingen.

Tabel 4.3 Effectiviteit van maatregelen op de zinkbelasting van compartimenten en reststoffen waar normoverschrijdingen plaatsvinden (belasting door buitenlandse en binnenlandse bronnen in tonnen zink per jaar).

	bodem landbouw/ grondwater	bodem niet- landbouw	rwzi- slib ^{b)}	opp.vl.w./ sediment	stort + avi- reststoffen
1990	2350	1520	350	2740	10700
autonoom 2010	1000	1770	420	1730	9230
Ind-1-Zn	560	1760	420	1680	9360
Lan-1-Zn	520	1770	420	1730	9220
Lan-2-Zn	450	1770	420	1730	9220
Mil-1-Zn	1000	1770	530	1620	9280
Bou-1a-Zn	1000	1640	400	1720	9230
Bou-1b-Zn	1000	1700	410	1730	9230
Bou-2a-Zn	1000	1680	420	1700	9230
Bou-2b-Zn	1000	1740	410	1730	9230
Bou-3a-Zn	1000	1650	340	1720	9230
Bou-3b-Zn	1000	1760	420	1730	9230
Bou-4a-Zn	1000	1710	400	1720	9230
Bou-4b-Zn	1000	1750	420	1730	9230
Bou-5a-Zn	1000	1760	420	1730	9230
Bou-5b-Zn	1000	1760	420	1730	9230
Bou-6a-Zn	1000	1700	420	1730	9230
Bou-6b-Zn	1000	1750	520	1730	9230
Bou-7-Zn	1000	1290	380	1670	9230
Bou-8-Zn	1000	1650	400	1720	9230
Bou-9-Zn	1000	1630	400	1720	9230
Bou-10-Zn	1000	1230	340	1700	9230
Bou-11-Zn	1000	1740	380	1710	9230
Bou-12-Zn	1000	1660	270	1670	9230
Bou-13-Zn	1000	310	10	1530	9230
totaal	750	300	120	1370	9220
gewenst	470	minder	120 ^{a)}	1150	minder

ⁿ⁾ zoals aangegeven in §4.1.2 is een reductie van het zinkgehalte van 70% noodzakelijk om aan de kwaliteitseis te voldoen. Aangezien de hoeveelheid RWZI-slib met ongeveer 10% toeneemt (Duvoort, 1991) zal de totale hoeveelheid zink met 67% moeten afnemen (ten opzichte van het 1990 niveau) om het gewenste zinkgehalte in RWZI-slib te bereiken (67% reductie van 350 is 115, afgerond 120 ton zink).

Bodem landbouw/grondwater

Uit tabel 4.3 blijkt dat het nu ingezette beleid (de autonome ontwikkeling) tot een aanzienlijke reductie van ongeveer 60% leidt, door vervanging van zinkadditieven in veevoer. Wanneer extra maatregelen worden genomen (een extra 10% reductie van het mestgebruik en het stopzetten van het gebruik van zinkadditieven aan veevoer) daalt de toevoer van zink naar de landbouwbodem met 25% ten opzichte van de autonome ontwikkeling. Met dit aanvullende maatregelenpakket wordt de doelstelling (een reductie van de zinkbelasting met 80%) bijna gehaald.

Zoals al opgemerkt is het onzeker of de hier berekende reductie ook daadwerkelijk leidt tot lagere zinkconcentraties in het ondiepe grondwater onder landbouwbodems.

Een analyse van de gewenste reductie kan pas met zekerheid worden gemaakt wanneer er meer bekend is over de relatie zinkgebruik-zinkconcentratie in het ondiepe grondwater. Het is mogelijk dat vooral verzuringsbeleid (dat op zich niets met de zinkbelasting heeft te maken) leidt tot oplossing van deze probleemstroom voor zink.

Niet-agrarische bodem

Zoals uit tabel 4.3 blijkt, is het mogelijk de emissie naar de niet-landbouwbodem aanzienlijk te reduceren. Wanneer alle maatregelen worden genomen die zijn gericht op het tegengaan van corrosie van verzinkt staal en van bladzink (Bou-13-Zn), is een reductie mogelijk ten opzichte van de autonome ontwikkeling van ruim 80%. De kosten zijn aanzienlijk: ongeveer 3,5 miljard bij een actieve vervanging van zink binnen 10 jaar.

Tabel 4.3 laat per type zinken bouwmetaal het effect zien van aanpak. Er wordt in alle gevallen een lagere emissie naar de bodem verwacht, zij het ten opzichte van de huidige situatie en de autonome ontwikkeling soms gering.

De maatregelen gericht tegen zinkcorrosie van bouwmaterialen heeft ook positieve effecten op andere probleemstromen zoals op rioolwaterzuiveringsslib en oppervlaktewater/sediment. Aangezien de zinkgehalten in de bodem zeer lokaal worden overschreden, is een algemeen gewenst reductiepercentage niet aan te geven. De reductie die het totale pakket aan maatregelen oplevert, lijkt het aantal lokaties waar overschrijdingen plaatsvindt in ieder geval aanzienlijk terug te dringen.

Rioolwaterzuiveringsslib

Wanneer zinkcorrosie nagenoeg wordt uitgebannen (alle maatregelen Bou-13-Zn), lijkt het gewenste niveau gehaald te worden (zie tabel 4.3). In alle andere gevallen blijft slib een probleemstroom. In de autonome ontwikkeling neemt het probleem ook toe, omdat ervan wordt uitgegaan dat het gebruik van verzinkt staal en gewalst zink zal toenemen.

De maatregel om een extra zuivering bij de rioolwaterzuiveringinstallaties te laten plaatsvinden leidt tot een grotere zinkstroom naar het RWZI-slib, terwijl de belasting van het

oppervlaktewater in geringe mate afneemt (zie oppervlaktewater/sediment). Voor zink dus geen effectieve maatregel.

Oppervlaktewater/sediment

Het autonome scenario leidt tot een aanzienlijke reductie omdat is verondersteld dat bronnen in het buitenland zorgen voor een 50% reductie van de instroom. Dit is een onzekere aanname. De belasting ten gevolge van Nederlandse bronnen blijft naar verwachting ongeveer hetzelfde, ondanks de beleidsinspanningen. Dit is het gevolg van de verwachte groei van de bouwactiviteiten. Corrosie van bouwmaterialen levert immers ongeveer de helft van de Nederlandse toevoer.

Voor het behalen van de reductiedoelstelling van 80% voor de Nederlandse bronnen is het noodzakelijk dat de corrosie van zinken bouwmaterialen vergaand wordt uitgebannen.

Het 'alleen maar' verbeteren van het rendement van rwzi's is voor zink, evenals voor koper, niet erg effectief: de prijs is hoog, de winst voor het oppervlakte water is beperkt, en er vindt een verschuiving van zink naar slib plaats.

GFT-afval

De hoeveelheid GFT-afval neemt vermoedelijk toe tot ongeveer 1.600.000 ton per jaar. Dit is 5 à 6 keer meer dan in 1990.

Zoals in §4.2.5 aangegeven komt ruwweg 3 ton zink (20% van de totale hoeveelheid zink in GFT-compost) van agrarische bodem. Het overgrote gedeelte komt dus van niet agrarische gronden, van tuintjes en dergelijke. Autonoom neemt de zinktoevoer van de niet-agrarische bodem met 17% toe door een toename van zinken bouwmaterialen. Daarom zal het zinkgehalte in GFT-compost autonoom naar verwachting licht toenemen.

Door de aanvullende maatregelen gericht tegen zinkcorrosie van bouwmaterialen neemt de zinktoevoer naar niet-agrarische gronden met 80% af. Naar verwachting leidt dit tot een afname van het zinkgehalte in compost. Historische accumulatie kunnen deze afname echter met vele jaren vertragen. Daarom is het met de huidige kennis (inclusief het feit dat de herkomst niet duidelijk is) moeilijk te voorspellen op welk termijn het zinkgehalte in GFT-compost zal afnemen.

4.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer

In hoofdstuk 2 is betoogd dat het uit oogpunt van voorraadbeheer zinvol lijkt om per deelsysteem een kort overzicht te geven van de verliezen voor de situatie 1990, 2010 autonoom en 2010 met maatregelen. Dit overzicht wordt afgesloten met een, ons inziens, geschikte indicator voor de verspilling van koper.

* er is alleen gekeken naar het intentionele gebruik van zink. Dit omdat we met voorraadbeheer willen aangeven hoeveel van het bewust uit de aardkorst gewonnen zink verspild wordt.

* als ketenverliezen worden beschouwd: 1) emissies, 2) stort en 3) reststoffen, waarin het metaal als verontreiniging zit, onafhankelijk van verder gebruik van deze reststoffen.

Het deelsysteem winning

Het betreft de winning van zink uit geïmporteerd zinkerts. Dit deelsysteem kan worden gekarakteriseerd als redelijk gesloten (slechts 2%). Het grootste verlies wordt gevormd door de stort van jarosiet.

Zoals aangegeven in §4.3.1 is in het rapport uitgegaan van het sluiten van de primaire zinkproducent, waardoor geen prognoses voor het deelsysteem in 2010 zijn gemaakt.

Tabel 4.4 De zinkverliezen bij het deelsysteem winning

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van geïmporteerd zinkerts	210.000	--	--	100	--	--
uitstroom van zink naar export en deelsysteem produktie	206.500	--	--	98	--	--
verliezen	3500	--	--	2	--	--

Het deelsysteem produktie

Het gaat om de legeringenproduktie, het verzinken, het walsen van zink voor toepassingen als dakgoten, en de toepassing van zinkverbindingen in pigmenten e.d.

Instromen zijn: de import van zink en zinkverbindingen en het secundaire zink van het deelsysteem Afvalverwerking. Uitstromen zijn: export en de deelsystemen toepassing en afvalverwerking.

Tabel 4.5 De zinkverliezen bij het deelsysteem produktie

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom via import en deelsysteem Winning	98.900	118.700	98.100	100	100	100
uitstroom van zinkhoudende produkten naar andere deelsystemen en export	89.000	106.700	89.500	90	90	91
verliezen	9900	12.000	8600	10	10	9

De verliezen doen zich met name voor bij het proces verzinken. Autonoom neemt de instroom en daardoor ook de verliezen licht toe. Relatief gezien blijven de verliezen gelijk. Door het aanvullende maatregelenpakket neemt de instroom af ten opzichte van de autonome ontwikkelingen. Dit is het gevolg van maatregelen om de corrosie van bouwmaterialen tegen te gaan. Aangenomen is dat hierdoor de hoeveelheid te verzinken bouwmaterialen afneemt.

Het deelsysteem toepassingen

Dit deelsysteem omvat de intentionele toepassingen van zink in de bouw, het verkeer, de landbouw (als veevoeradditief) en de huishoudens. Verreweg de grootste toepassing vindt plaats in de bouw. De verliezen ontstaan met name door corrosie van bouwmaterialen, maar ook door het gebruik van veevoeradditief. Dit bedraagt zo'n 6% in 1990. Autonoom nemen de verliezen licht af doordat het gebruik van veevoeradditieven afneemt. Met het aanvullende maatregelenpakket, gericht op het beperken van zinkcorrosie, nemen de verliezen af tot 1%.

Accumulatie treedt op bij de bouw. Het betreft allerlei zinkhoudende bouwmaterialen. Dit zink zal in de toekomst alsnog bij het deelsysteem Afvalverwerking terecht komen, alwaar het ten dele gerecycled (schroot), gestort of verbrand gaat worden.

Dit deelsysteem lijkt op de in tabel 4.6 gepresenteerde wijze nog redelijk gesloten. Men moet hierbij echter voor ogen houden dat een groot deel van de uitstroom in het deelsysteem Afvalverwerking uiteindelijk uit de keten weglekt, en dat er een accumulatie optreedt waaruit in de toekomst zink kan weglekken (zie *indicator*, volgende pagina).

Tabel 4.6 De zinkverliezen bij het deelsysteem toepassing

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van zinkhoudende produkten uit het deelsysteem productie en via import	68.300	81.000	63.800	100	100	100
uitstroom naar deelsysteem afvalverwerking	26.100	31.100	26.400	39	38	42
economische accumulatie	38.100	46.100	36.600	55	57	57
verliezen	4100	3800	800	6	5	1

Het deelsysteem afvalverwerking

Tabel 4.7 De zinkverliezen bij het deelsysteem afvalverwerking

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van zinkhoudend afval uit andere deelsystemen en via import van schroot	30.900	35.900	31.200	100	100	100
schroot ten behoeve van export en deelsysteem Productie	27.100	31.500	27.500	88	88	88
verliezen	3800	4400	3700	12	12	12

De instroom bestaat uit import van schroot en afval uit het deelsysteem Toepassingen en Productie. Uitstroom is schroot dat wordt geëxporteerd of hergebruikt in het deelsysteem Productie. De verliezen treden op door stort en afvalverbranding. In 1990 bestaan de verliezen voor grofweg de helft uit stort van zinkhoudend afval, en voor de andere helft uit reststoffen, met name AVI-slakken, die worden toegepast in de wegenbouw.

Autonoom neemt de stroom naar het deelsysteem afvalverwerking toe door het toenemende gebruik van zinkhoudende produkten. De relatieve verliezen blijven hetzelfde. Een verschil met 1990 is dat de verliezen vrijwel volledig bestaan uit reststoffen van de afvalverbranding, omdat er nauwelijks meer gestort wordt.

Het aanvullende maatregelenpakket vermindert de instroom naar het deelsysteem Afvalverwerking door een vermindering van het zinkgebruik in de bouw.

Indicator

In het deelsysteem Toepassingen zit een post 'economische accumulatie' (zie tabel 4.6), die uiteindelijk tot verliezen zal leiden. De mate waarin hangt af van het recyclingspercentage van de in de economie aanwezige zinkprodukten. In de deelketenanalyse zoals die hierboven is gepresenteerd wordt dit niet zichtbaar. We presenteren daarom in tabel 4.7 een 'theoretische' deelketen Toepassing. Hierin is economische accumulatie weggewerkt (door het schatten van een recyclingspercentage per type produkt) én wordt het afval dat na toepassing ontstaat niet naar een andere deelketen geschoven (voor een beschrijving van de methode, zie hoofdstuk 2).

De in tabel 4.7 weergegeven 'verliezen' beschouwen wij als een geschikte indicator voor voorraadbeheer. Deze 'verliezen' zijn vele malen groter dan de verliezen die optreden bij het deelsystemen Productie en Winning, en spelen zodoende een dominante rol bij de verspilling van zink.

Tabel 4.7 De zinkverliezen bij het deelsysteem toepassing met verrekening van de afvalverwerking en de economische accumulatie

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van zinkhoudende produkten uit het deelsysteem productie en via import	68.300	81.000	63.800	100	100	100
recycling van zink	57.800	69.500	56.700	85	86	89
verliezen	10.500	11.500	7100	15	14	11

Autonoom neemt de zinkstroom naar toepassingen toe (van 68.000 ton naar 81.000 ton). De relatieve verliezen nemen licht af door een verminderd gebruik van zinkhoudend veevoeradditief. Met het aanvullende maatregelenpakket neemt de stroom naar toepassingen sterk af ten gevolge van een vermindering van het zinkgebruik in de bouw. Aangezien ook de verliezen aanzienlijk afnemen (van 15% naar 11% door minder corrosie) werkt het aanvullende maatregelenpakket gunstig u't voor voorraadbeheer. Bij de maatregelen is aangenomen dat in 2010 een techniek beschikbaar is om van gecoat verzinkte staal het zink terug te winnen. Dit is uiteraard onzeker.

In het algemeen kan worden geconcludeerd dat er goede inzamelingsstructuren van zinkschroot bestaan. Indien de verliezen bij de bouw worden gereduceerd, dan wordt de zinkketen voor wat betreft voorraadbeheer redelijk gesloten. Hiermee wordt geen uitspraak over de milieukwaliteit gedaan. Uit oogpunt van milieukwaliteit kunnen beperkte verliezen namelijk nog steeds problemen opleveren.

4.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De zinkstroom door de Nederlandse economie is nagenoeg volledig intentioneel. In de huidige economie accumuleert zink vooral in allerlei bouwtoepassing (als messing, bladzink en als verzinkt staal). In het milieu accumuleert zink in 1990 voor 62% op stortplaatsen, voor 14% op bodem en voor 14% in reststoffen, die toegepast worden in de bouw en wegenbouw.

Het blijkt dat de in dit document doorgerekende scenario's voor de zinkstroom als geheel tot meer gesloten ketens leidt:

- in het doorgerekende autonome scenario neemt ten opzichte van de huidige keten de economische accumulatie met 21% toe, terwijl de accumulatie in het milieu met 10% afneemt;
- in het doorgerekende scenario met extra maatregelen (bovenop de autonome ontwikkeling) neemt ten opzichte van de huidige keten de economische accumulatie met 4% af; de accumulatie in het milieu neemt met 30% af.

Met name het maatregel-scenario leidt ook tot oplossing van de specifieke zink-probleemstromen:

RWZI-slib

De corrosie van bouwmaterialen dragen naar schatting voor ongeveer 80% bij aan de zinkstroom naar rwzi-slib. In het autonome scenario neemt deze zinkstroom toe, als gevolg van de verwachte toename van de bouwactiviteit. Uit het doorgerekende maatregelenscenario blijkt dat de zinkbelasting tot het gewenste niveau kan afnemen indien zink waar mogelijk wordt vervangen door een ander materiaal en alle verzinkte staaltoepassingen worden gecoat. De totale kosten bedragen bijna 3,5 miljard.

Oppervlaktewater/sediment

Het buitenland is voor ongeveer 70% verantwoordelijk voor de instroom van zink, gevolgd door corrosie van bouwmaterialen (ongeveer 15%).

Het autonome scenario leidt tot een aanzienlijke reductie omdat is verondersteld dat bronnen in het buitenland zorgen voor een 50% reductie van de instroom. Dit is een onzekere aanname. De belasting ten gevolge van Nederlandse bronnen blijft naar verwachting ongeveer hetzelfde, ondanks de beleidsinspanningen. Dit is het gevolg van de verwachte groei van de bouwactiviteiten. Corrosie van bouwmaterialen levert immers ongeveer de helft van de Nederlandse toevoer.

Voor het behalen van de reductiedoelstelling van 80% voor de Nederlandse bronnen is het noodzakelijk dat de corrosie van zinken bouwmaterialen vergaand wordt uitgebannen.

Het 'alleen maar' verbeteren van het rendement van rwzi's is voor zink, evenals voor koper, niet erg effectief: de prijs is hoog, de winst voor het oppervlakte water is beperkt, en er vindt een verschuiving van zink naar slib plaats.

Landbouwbodem/grondwater

Er is vanuit gegaan dat het gebruik van zinkadditieven in veevoer de belangrijkste bron van overschrijding zijn. In het autonome scenario wordt voor landbouwbodems reeds een aanzienlijke belastingreductie gehaald, door het verminderd toepassen van zinkadditieven in

veevoer. Voor grondwater is het mogelijk dat vooral het verzuringsbeleid leidt tot oplossing van deze probleemstroom, omdat zo de uitspoelingsnelheid van bodem naar grondwater afneemt.

Niet-landbouwbodem

Door corrosie van verzinkt stalen objecten treedt lokaal overschrijding van de milieukwaliteit op. Autonoom neemt het aantal lokaties met overschrijding toe. De maatregelen gericht tegen corrosie kunnen dit probleem aanzienlijk oplossen.

GFT-afval

Het zinkgehalte in GFT-compost overschrijdt de kwaliteitseis voor 'zeer schoon compost' gemiddeld met ca. 110%. Op basis van ruwe aannames wordt verwacht dat het overgrote deel van zink in GFT-compost afkomstig is van niet-agrarische gronden (de T-fractie; van tuintjes en dergelijke). Omdat de zinkbelasting van niet-agrarische bodem toeneemt, is het mogelijk dat het zinkgehalte in GFT-compost ook toeneemt.

Het aanvullende maatregelenpakket gericht tegen zinkcorrosie van bouwmaterialen zou kunnen leiden tot een afname van het zinkgehalte in compost. Doordat de uiteindelijke herkomst van zink in GFT-compost niet bekend is (waardoor de invloed van historische accumulatie ook niet bekend is) kan niet aangegeven worden of, en zo ja, op welke termijn het zinkgehalte in GFT-compost tot het gewenste niveau zal afnemen.

De doorgerekende scenario's zijn voor voorraadbeheer gunstig. Vanuit oogpunt van voorraadbeheer is een indicator ontwikkeld voor de Nederlandse zinkstroom en de daarbij optredende verliezen: in 1990 is het verlies 15% van de hoeveelheid dat wordt toegepast, in 2010 autonoom 14% en in 2010 met maatregelen 11%.

Het maatregelen-scenario levert relatief grote winst op als gevolg van de forse afname van zinkcorrosie, waardoor het verlies uit de keten wordt beperkt.

De conclusie luidt dat voor zink de doorgerekende scenario's in algemene zin leiden tot meer gesloten stofstromen. De problemen bij specifieke deelstromen kunnen worden opgelost mits de instroom van zink uit het buitenland (via rivieren) en de zinkcorrosie sterk worden gereduceerd.

5. LOOD

5.1 DE LOODKETEN

5.1.1 Beschrijving van de keten

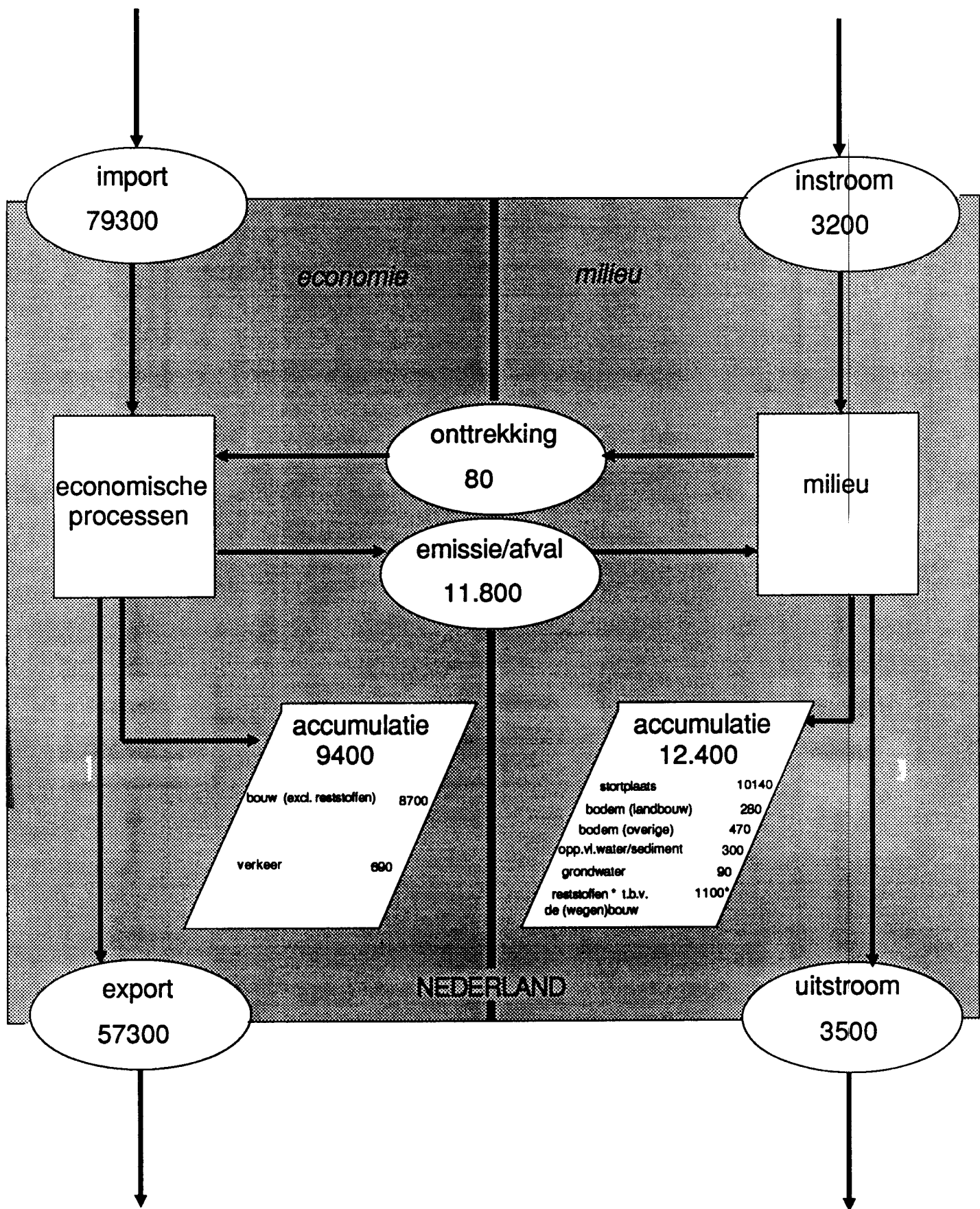
In bijlage 2.5 en 2.6 worden overzichten gegeven van de loodstromen door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu. De stromen gelden ruwweg voor het jaar 1990. In bijlage 3.3 is de SFINX-file met de gedetailleerde loodbalans opgenomen. Tevens wordt per stroom een literatuurreferentie gegeven.

Figuur 5.1 vat de loodstroom op een abstract niveau samen. De keten is in deze figuur gescheiden in een economie- en een milieudeel met daartussen een zekere interactie. Ongeveer 96% van het lood komt Nederland binnen via de economie. In tegenstelling tot koper en zink is hierbij een relatief grote niet-intentionele stroom: bijna 10% van de totale instroom via de economie is lood dat in zinkconcentraten voorkomt. Op basis van de in- en outputanalyse is een accumulatie in de Nederlandse economie uitgerekend van 9400 ton. De economische accumulatie vindt met name plaats in de bouw (in figuur 5.1 opgenomen als bouw, exclusief AVI-reststoffen): buizen, bladlood, keramiek (tegels), verf.

Voor de interactie-stappen tussen economie en milieu is een tweetal keuzen gemaakt. Voor de motivatie van deze keuzen wordt verwezen naar §3.1.1 (koper):

- er komt ongewild lood op landbouwgewassen terecht, voornamelijk als gevolg van depositie. Hoewel landbouw als een economisch proces is te beschouwen, is de totale loodstroom naar landbouw als 'emissie' beschouwd. De loodopname in vlees en gewassen (circa 80 ton) is via 'onttrekking' teruggevoerd naar de economie;
- afvalverbrandingsinstallaties (avi's) zijn als onderdeel van het milieu beschouwd. De AVI-slakken en -vlieggas (ongeveer 1300 ton lood) worden gestort of toegepast in de bouw en in de wegenbouw.

Na interactie tussen economie en milieu vindt een resulterende accumulatie in het Nederlandse milieu plaats van circa 12.400 ton, voor 80% op stortplaatsen. Van de 10.140 ton die wordt gestort is 60% afkomstig van een niet-intentionele loodstroom: bij verwerking van de zinkconcentraten werd namelijk in 1990 ruwweg 6000 ton lood gestort in de vorm van het afvalproduct jarosiet.



Figuur 5.1 De loodstroom in Nederland in 1990 (in ton)

* De reststoffen zijn afkomstig van afvalverbrandingsinstallaties en elektriciteitscentrales

5.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen.

De accumulatie in het milieu-deel (zie figuur 5.1) leidt tot overschrijdingen van gewenste milieukwaliteit. In tabel 5.1 wordt per compartiment c.q. reststroom of produkt een overzicht gegeven van de huidige loodgehalten afgezet tegen de huidige kwaliteitscriteria.

Tabel 5.1 Overzicht van de meest recente loodgehalten in relatie tot de normen. De normen zijn afkomstig van de opdrachtgever, het Ministerie van VROM (Zoetemeijer, 1994). Voor overige milieukwaliteitsnormen wordt verwezen naar het rapport 'Aandachtstoffen in het Nederlandse milieubeleid' (Janus, 1994).

Compartiment/ produkt	norm	Waargenomen gehalte	Jaar/ Bron	Opmerking
Lucht	grensw.:0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (jaargem.) grensw.:2,0 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (98p/24h)	jaargem (in 1992): 0,02-0,053 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (98p/24h): 0,76-1,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$	RIVM 1993c	incidentele overschrijding in verkeersdrukke straten
Oppervlakte- water (totaal)	Grensw.:25 $\mu\text{g.l}^{-1}$ streefw.:4 $\mu\text{g.l}^{-1}$	circa. 5% van de waarnemingen boven grenswaarde (in 1991)	Coppoolse, 1993	nauwelijks verschil waarneembaar rijkswateren en regionale wateren
Sediment	interventiewaarde: 530 mg.kg^{-1} Grensw:530 mg.kg^{-1} streefw:85 mg.kg^{-1}	circa 3% van de waterbodems boven grenswaarde (in 1991)	Coppoolse, 1993	
Bodem	interventiewaarde ^{b)} : 530 mg.kg^{-1} Streefw ^{a)} :85 mg.kg^{-1}	5,8% van de waarnemingen boven de streefwaarde; met name overschrijding op grasland (veen) en wegbermen (strooisel) (in 1991)	RIVM 1992c	opmerkelijk is dat in minerale bodem langs snelwegen geen verhoogde loodgehalten zijn waargenomen. Strooisellaag fungeert als filter
Grondwater	interventiewaarde: 75 $\mu\text{g.l}^{-1}$ Streefw.:15 $\mu\text{g.l}^{-1}$	geen overschrijdingen (in 1991)	CCRX, 1993	
Drinkwater	50 $\mu\text{g.l}^{-1}$	overschrijding in woningen met loden waterleidingen		
Zuiveringsslib -communaal -industriëel	100 mg.kg^{-1} 100 mg.kg^{-1}	gemid. (in 1990): 168 mg.kg^{-1} 23 mg.kg^{-1}	Baas, 1993	overschrijding bij communaal slib

AVI-bodemass	U ₂ (N ₂): 8,7 mg.kg ⁻¹ d.s. U ₁ (N ₁): 1,9 mg.kg ⁻¹ d.s.	gem. uitloging (in 1993): 0,62mg.kg ⁻¹ d.s. max.:9,2mg.kg ⁻¹ d.s.	Aalbers, 1993	incidentele overschrijding
AVI-vliegas	BAGA ^{b)} - grenswaarde: 5000 mg.kg ⁻¹	gem. (in 1993):3758mg.kg ⁻¹ max.:11414mg.kg ⁻¹	implementa- tieplan AVI- reststoffen 1995	regelmatige overschrijding
GFT-compost	65 mg.kg ⁻¹ (zeer schone compost)	gemid. (in 1994): 83mg.kg ⁻¹ max.: 680mg.kg ⁻¹	VROM, 1992 & mondelinge inform. VROM, 1995	structurele overschrijding

- a) bij een standaardbodem: 25% lutum, 10% organische stof
b) AVI-vliegas is in het kader van het Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen (BAGA) aangewezen als gevaarlijke afvalstof.

Uit het overzicht blijkt dat voor lood op dit moment overschrijdingen van normen worden waargenomen in oppervlaktewater en waterbodems (beide in geringe mate), in drinkwater, in sommige bodemtypen, in zuiveringsslib en in GFT-compost. Verder wordt de U₂-grenswaarde voor AVI-bodemass incidenteel overschreden; de BAGA-grenswaarde voor AVI-vliegas wordt regelmatig overschreden. De loodstromen naar deze compartimenten c.q. produkten worden gezien als probleemstromen.

Uit het milieudiagnoserapport (RIVM, 1992c) blijkt dat er geen significante verschillen te zien zijn tussen loodgehalten in cultuurgronden en bosgrond.

Voor GFT-compost is de meest strenge eis uit BOOM (Besluit Overige Organische Meststoffen) geselecteerd van 65 mg/kg; dit is compost dat onbepaald mag worden toegepast. Er is in BOOM ook een eis voor 'compost': 100 mg.kg⁻¹. Van dit soort compost mag maximaal 6 ton.ha⁻¹ worden aangewend.

Reductiedoelstellingen

Om overschrijding van de milieukwaliteit in een probleemstroom in de toekomst te vermijden, is reductie van de stroom naar dat compartiment of (rest)produkt nodig. Hieronder worden reductiedoelstellingen voor de probleemstromen gegeven. Deze worden in dit document gebruikt om de autonome ontwikkelingen en aanvullende maatregelen te evalueren op hun effectiviteit. Voor RWZI-slib wordt het gewenste reductiepercentage afgeleid op basis van de waargenomen overschrijdingen. Voor de milieucompartimenten en voor GFT-compost wordt, zoals uitgelegd in §2.2.2, gebruik gemaakt van beleidsdoelstellingen.

Bodem

In het algemeen geldt voor zware metalen in alle milieucompartimenten een reductiedoelstelling voor nederlandse bronnen van 80% in 2010 t.o.v. de belasting in 1985 (VROM 1994a). De bodembelasting met lood wordt voor een groot deel door depositie veroorzaakt. In de periode 1985-1990 zijn de binnenlandse loodemissies naar lucht met bijna 90% afgenomen door de invoering van loodvrije benzine (RIVM 1993a). Dit in combinatie

met het gegeven dat ook het buitenland overgaat op loodvrije benzine, maakt dat de totale bodembelasting met lood van 1985 tot 1990 gedaald is van ongeveer 2500 ton naar 900 ton. Ten opzichte van het basisjaar 1990 is dus een reductie van ongeveer 45%, afgerond 50%, nodig om het gewenste niveau (van 500 ton) te bereiken. Dit percentage wordt in dit rapport als richtinggevend beschouwd voor zowel Nederlandse als buitenlandse bronnen.

Oppervlaktewater

Net als bij bodem geldt voor oppervlaktewater een reductiedoelstelling van 80% voor Nederlandse bronnen, ten opzichte van de belasting in 1985. In de periode 1985-1990 is de Nederlandse loodtoevoer naar water gedaald van 450 naar 320 ton (Coppoolse, 1993), met name ten gevolge van de invoering van loodvrije benzine. Ten opzichte van het basisjaar 1990 is dus een reductie van ongeveer 70% nodig om het gewenste niveau (van 90 ton) te bereiken. Dit percentage wordt in dit rapport als richtinggevend beschouwd voor Nederlandse bronnen. Internationaal zijn nog geen doelstellingen afgesproken voor het jaar 2010. Wel is in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan afgesproken dat de loodemissies naar water en lucht voor 2000 met 70% worden gereduceerd, ten opzichte van de belasting in 1985. Daarom wordt (net als voor Nederlandse bronnen) een reductiedoelstelling van 70% aangehouden voor de buitenlandse instroom via water.

Rioolwaterzuiveringsslib

Op basis van de waargenomen overschrijdingen is voor rioolwaterzuiveringsslib een gewenste reductie van de loodbelasting (voor alle bronnen tezamen) van 40% nodig ($1 - (\text{norm/waargenomen gemiddelde})$);

Drinkwater

Voor drinkwater wordt geen reductiepercentage afgeleid. Er zal worden gekeken naar de ontwikkelingen van het gebruik van loden waterleidingen;

GFT-compost

Op basis van de waargenomen overschrijdingen is voor GFT-compost een gewenste reductie van de concentratie nodig van 20% ($1 - (\text{norm/waargenomen gemiddelde})$).

In paragraaf 5.2 worden de probleemstromen verder uitgewerkt.

5.1.3 De loodketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer

Zoals uit figuur 5.1 blijkt is Nederland voor de input van lood afhankelijk van het buitenland. Daarom wordt eerst een kort overzicht gegeven in de ontwikkelingen van aanbod en vraag naar lood op wereldschaal.

De loodproductie uit mijnen bedroeg in 1989 voor de gehele wereld circa 3,4 miljoen ton (USBM, 1991). De produktie van geraffineerd lood was 5,9 miljoen ton waarvan 3,25 miljoen ton uit primaire winning en 2,65 miljoen ton uit secundaire bronnen.

De vraag naar lood is de afgelopen jaren wereldwijd afgenomen (1990-1993) (Metals and Minerals Annual Review -1993). De vraag naar lood is wereldwijd namelijk vooral afhankelijk van de ontwikkelingen in de auto-industrie (accu's) en het is de auto-industrie in die periode niet voor de wind gegaan. De vraag naar lood op de langere termijn is onzeker:

- het gebruik van loodsoldeer, loodpigmenten, loodadditieven in benzine en loodcapsules neemt wereldwijd verder af. Dit geldt ook voor Nederland, behalve voor loodsoldeer waarvan het gebruik waarschijnlijk zal groeien;
- het gebruik van bladlood in de bouw groeit. Met name in Nederland en Engeland is dit het belangrijkste toepassingsgebied van lood;
- het gebruik van loodadditieven in PVC groeit waarschijnlijk, omdat lood met name wordt gebruikt in PVC-toepassingen met lange levensduren;
- een te verwachten opleving van de auto-industrie resulteert in een groei van het gebruik van loodaccu's. In hoeverre hierdoor de totale hoeveelheid lood dat wordt gebruikt, toeneemt, is onzeker: enerzijds is er een trend om minder lood per accu toe te passen, anderzijds is het mogelijk dat het aantal accu's per toepassing toeneemt. In dit document gaan we uit van een groei gerelateerd aan de verwachte groei van de verkeersintensiteit;
- het gebruik van lood in jachthagel neemt in Nederland door een verbod af;
- het gebruik van lood in kabelommanteling neemt af door toenemend gebruik van glasvezelkabels.

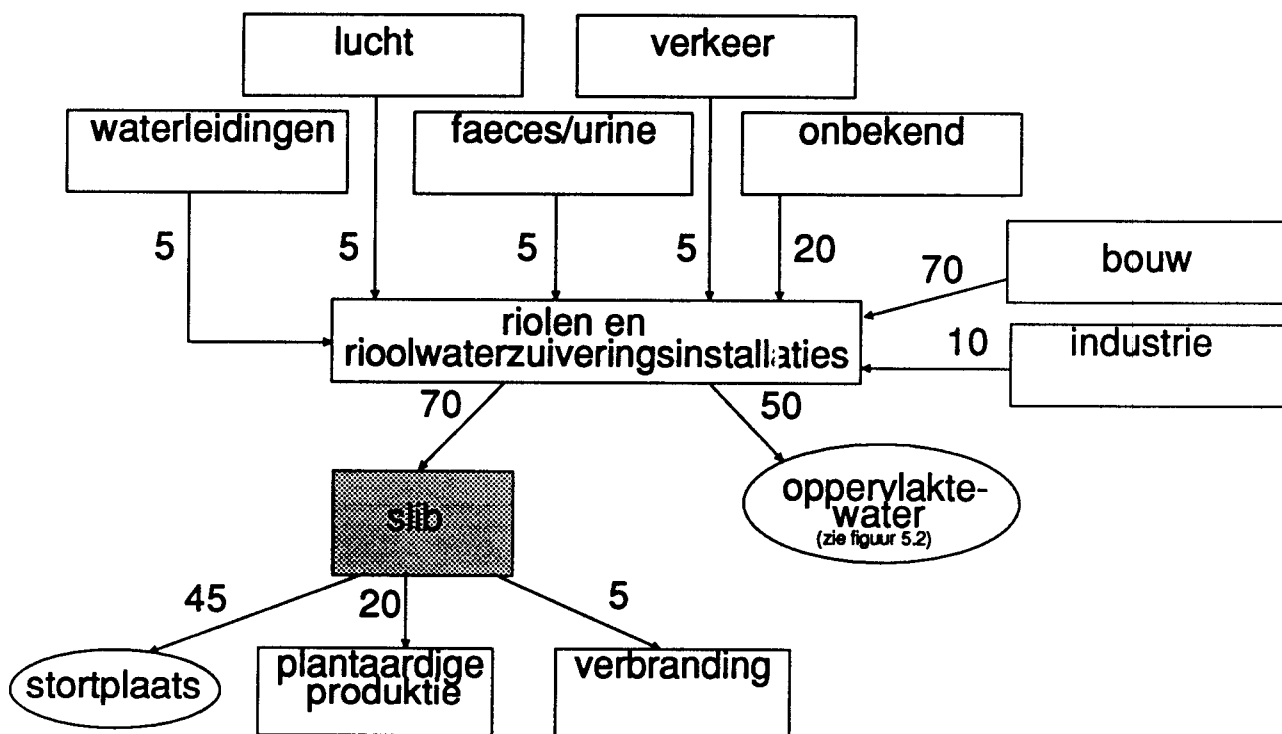
In de scenario's in dit document is er met deze verwachte ontwikkelingen rekening gehouden.

In §5.3.4 wordt de loodketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer voor Nederland geanalyseerd.

5.2 LOODGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST

5.2.1 RWZI-slib

Rioolwaterzuiveringsslib is één van de reststoffen waar lood vanuit oogpunt van milieukwaliteit in te hoge mate in voorkomt. In figuur 5.2 worden de loodstromen van en naar riolen en rioolwaterzuiveringsinstallaties weergegeven.



Figuur 5.2 De loodstroom naar rioolwaterzuiveringsslib in 1990 (in ton)

Vrijwel al het lood in RWZI-slib komt van Nederlandse bronnen; de bijdrage van het buitenland is verwaarloosbaar. Hieronder wordt de herkomst van de *Nederlandse* loodtoevoer naar rwzi-slib op drie niveaus vastgesteld:

1. Directe oorzaken	
corrosie van bladlood	58%
onbekend	17%
industriële lozingen	8%
loden waterleidingen	4%
faeces/urine	4%
loodhoudende benzine	4%
depositie	4%

	100%
2. Doelgroepen	
bouw	62%
onbekend	17%
industrie	10%
verkeer	5%
huishoudens	5%

	100%
3. Oorspronkelijke herkomst	
import secundair lood	40%
import lood	8%
import loodverbindingen	5%
import (blad)lood t.b.v. bouw	24%
import ijzer/zinkerts	9%
overige	14%

	100%

Evenals bij koper is er een relatief grote bijdrage van de categorie 'onbekend'. Er is een aantal mogelijkheden om deze post in te vullen:

- de bijdrage van depositie wordt onderschat;
- de bijdrage van corrosie van bladlood wordt onderschat. In de berekende emissie die als gevolg van corrosie optreedt, zit een onzekerheid van minstens 50%;
- er zijn onbekende loodbronnen.

Mogelijk zijn alle verklaringen voor een deel geldig. Duidelijk is dat meer kennis over de post 'onbekend' interessant genoeg lijkt om in de toekomst de hoeveelheid lood richting zuiveringsslib terug te dringen.

De belangrijkste bron van lood naar het slib is corrosie van bladlood. Bladlood wordt in de bouw vooral gebruikt in vochtwerende constructies. De overige bronnen zijn relatief klein.

5.2.2 Oppervlaktewater/sediment

In figuur 5.3 worden de loodstromen van en naar het oppervlaktewater/sediment weergegeven.

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de loodbelasting van oppervlaktewater is:

buitenland	57%	
t.g.v. instroom via rivieren		55%
t.g.v. instroom via lucht		2%
Nederland	43%	

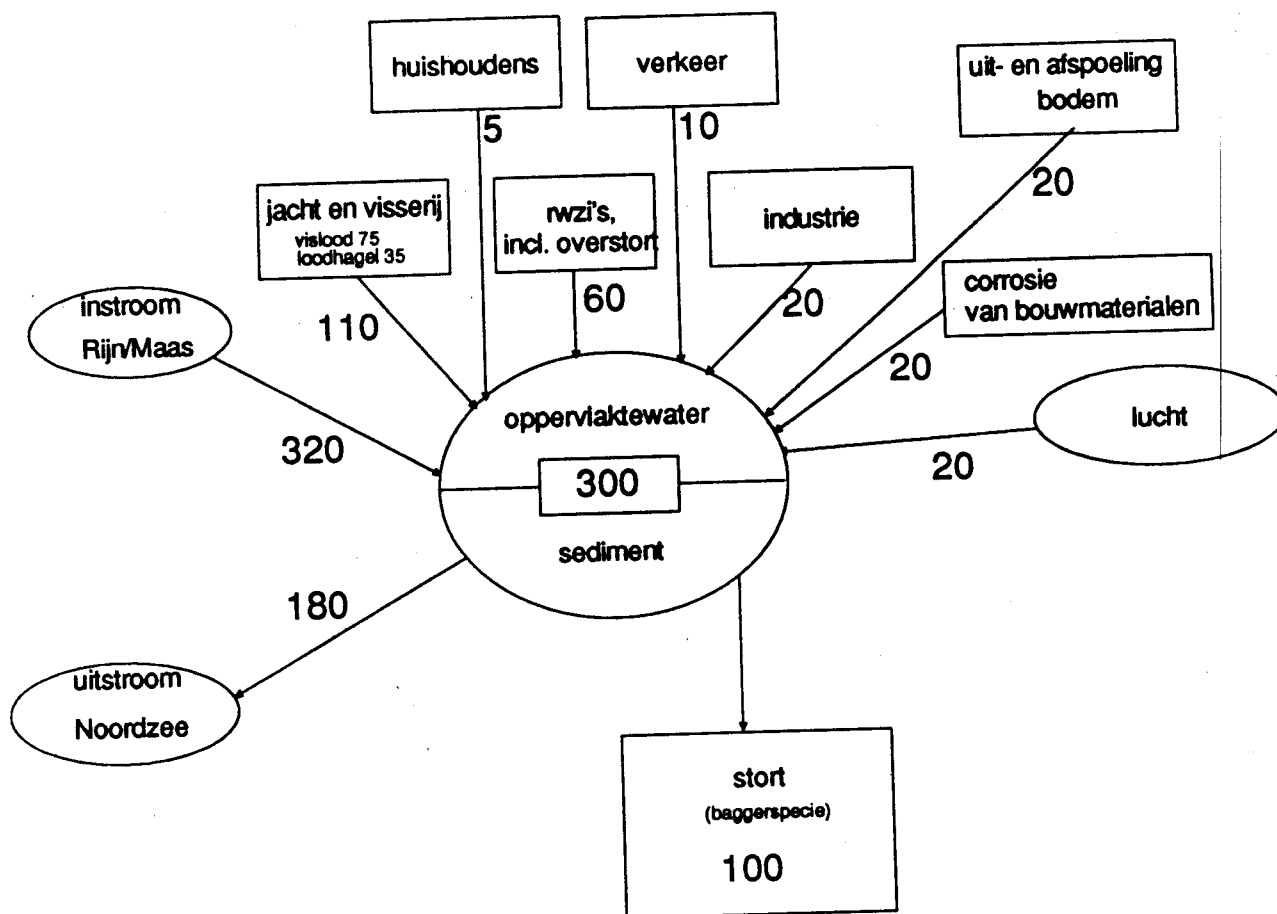
De herkomst van het *Nederlandse* lood wordt op verschillende niveaus weergegeven:

<i>1. Directe oorzaken</i>		
hengelsport en jacht	43%	
uit- en afspoeling bodem	8%	
corrosie bladlood	8%	
atmosferische depositie	4%	
rioolwaterzuiveringsinstallaties (incl. overstort)	24%	
industriële lozingen	8%	
verkeer (directe run-off)	4%	
huishoudens	1%	

	100%	
<i>2. Doelgroepen</i>		
recreatie/consumenten	43%	
verkeer en vervoer	8%	
milieubedrijven	24%	
industrie	8%	
landbouw	5%	
bouw	8%	
overige	4%	

	100%	
<i>3. Oorspronkelijke herkomst</i>		
import secundair lood	46%	
import lood	2%	
import loodverbindingen	12%	
import (blad)lood t.b.v. bouw	26%	
import ijzer/zinkerts	2%	
import fosfaaterts	8%	
overige (b.v. loodhoudende produkten)	4%	

	100%	



Figuur 5.3 De loodstroom van en naar het oppervlaktewater en het sediment in 1990 (in ton)

Uit de herkomstanalyse blijkt dat de aanvoer van lood vanuit het buitenland het belangrijkste is. Wanneer we ons beperken tot binnenlandse bronnen, zijn met name hengelsport (vislood) en jacht (loodhagel) belangrijke directe bronnen van lood naar water. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de in figuur 5.3 aangegeven 75 ton voor het gebruik van vislood in 1990 mogelijk wat hoog is ingeschat. Uit recent overleg tussen belangengroeperingen van vissers, fabrikanten en importeurs van vislood, LNV, RIZA en VROM bleek namelijk dat het loodverbruik in 1993 werd geschat op 28 ton. Het gebruik van loodadditieven als antiklopmiddelen in benzine ligt ten grondslag aan de verkeersemmissies.

5.2.3 Bodem

Overschrijding van loodgehalten in wegbermen heeft uiteraard een overduidelijke oorzaak: het gebruik van loodadditieven in benzine. Voor overschrijdingen op overige gronden ligt de situatie ingewikkelder. Zoals uit tabel 5.1

blijkt is recentelijk (1989) alleen een overschrijding geconstateerd op grasland op veen. Voor het overige wordt er weinig verschil gevonden tussen loodgehalten in landbouw- en bosgrond. Dit is waarschijnlijk te verklaren uit de herkomst van lood op landbouw- en niet-landbouwbodems: atmosferische depositie is, op jacht en schietsport na, verreweg de belangrijkste toevorroute (een bijdrage van 90% op landbouwbodem en een bijdrage van 99% op niet-landbouwbodem). Deze atmosferische depositie komt grotendeels uit het buitenland.

In hoeveelheden lood zijn jacht en schietsport (kleiduivenschieten) de belangrijkste oorzaken van lood naar bodem: circa 160 ton naar landbouwbodem en 360 ton naar niet-landbouwbodem. Lood wordt door deze bronnen verspreid in de vorm van brokjes metaal. Het is niet aannemelijk dat deze brokjes een belangrijke rol spelen in het bepalen van het loodgehalte in de bodem, hoewel door corrosie wel enige lekkage naar de bodem zal optreden. De loodbrokjes kunnen in hun geheel wel schade aan met name fauna veroorzaken. In de autonome ontwikkeling en bij maatregelen worden deze loodbronnen dan ook wel degelijk meegenomen.

5.2.4 Drinkwater

Tot de dertiger jaren van deze eeuw werden in woningen loden drinkwaterleidingen gebruikt. Op basis van Verweij (1992) en De Volkskrant (12 februari 1994) wordt het aantal woningen met loden leidingen geschat op 500.000 - 1.000.000, circa 10% van de woningen. In al deze woningen is het mogelijk dat overschrijding van de gewenste milieukwaliteit optreedt, omdat de leidingen enigszins corroderen.

Dit probleem is reeds lang onderkend.

5.2.5 Groente-, fruit- en tuinafval

Het is niet mogelijk gebleken om de herkomst van lood in GFT te bepalen. Vooruitlopend op nader onderzoek, is met enkele ruwe aannames, die in bijlage I worden onderbouwd, geschat dat voor de 1990 situatie (van ongeveer 7 ton lood in 120.000 ton GFT compost) ongeveer 1 ton van landbouwbodem (GF) komt en 6 ton van tuintjes (T). Deze waarde moet als indicatief worden beschouwd. In de volgende paragraaf wordt besproken in hoeverre reducties van de loodbelasting naar de agrarische en niet-agrarische bodem kunnen leiden tot een afname van het loodgehalte in GFT-compost.

5.3 MAATREGELLEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'-STROMEN

5.3.1 Keuze van maatregelen

In deze paragraaf wordt een schets gegeven van de loodketen in het jaar 2010 als gevolg van de autonome ontwikkeling en na een selectie van (fictieve) maatregelen.

De selectie van maatregelen is uitgevoerd door de opdrachtgever (DGM), die zich met name heeft gericht op mogelijke oplossingen voor de probleemstromen.

Autonome ontwikkeling

In paragraaf 1.2 is reeds aangegeven dat er wordt uitgegaan van het 'European Renaissance'-scenario en het huidige vastgestelde beleid zoals ook doorgerekend in de Milieuverkenningen 3.

De omvang van loodverwerkende en -gebruikende industrie neemt in dit scenario in het algemeen toe, terwijl, onder invloed van het het Integrale Milieutaakstellingen-beleid, wordt uitgegaan van een afname van de emissiefactoren voor zowel water als lucht in de orde van 50%. Voor het thema verwijdering is een algemene reductie voor lood niet aan te geven. Voor de loodketen is van belang te weten dat de secundaire loodverwerker Billiton in Nederland inmiddels is gesloten en dat de primaire zinkproducent op termijn sluit (of gaat voorkomen dat het afvalprodukt jarosiet wordt gestort, zie ook paragraaf 4.3.1.

Er is de autonome afname van het gebruik van dierlijk mest op de landbouwbodem, onder invloed van fosfaat-beleid, en van zuiveringsslib, onder invloed van het Besluit Overige Organische Meststoffen.

Ook belangrijk is dat er van wordt uitgegaan dat in 2010 geen stort van huishoudelijk afval meer plaatsvindt. De stroom naar afvalverbrandingsinstallaties en het gescheiden inzamelen van GFT-afval zal sterk toenemen.

Er wordt vanuit gegaan dat in 2010 autonoom al het drinkwater dat daarvoor in aanmerking komt, is onthard (450 miljoen m³). De loden waterleidingen zullen in 2010 nagenoeg zijn vervangen. Ook is er vanuit gegaan dat loodhagel in de jacht niet meer wordt toegepast.

De looduitstoot door verkeer wordt op termijn verwaarloosbaar (omdat alleen loodvrije benzine zal worden toegepast).

Ten slotte wordt er vanuit gegaan dat de buitenlandse instroom via lucht en water met 70% afneemt, ten opzichte van 1985. Deze aanname is gebaseerd op afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan. Aangezien de instroom via lucht door de invoering van loodvrije benzine sterk is gedaald wordt er van uitgegaan dat deze ten opzichte van 1990 met 50% zal dalen.

Maatregelen

In tabel 5.2 wordt een overzicht gegeven van de (fictieve) maatregelen die zijn doorgerekend.

Tabel 5.2 Overzicht van aanvullende (fictieve) maatregelen om de loodketen te verbeteren

Maatregel	Beschrijving	Effect waarmee is gerekend	Kosten (indicatief)
Ind-1-Pb	Er wordt vanuit gegaan dat emissie-doelstellingen in IMT's volledig worden gehaald en dat voor alle industrietakken IMT's worden afgesloten	80% emissie-reductie t.o.v 1985	80-800 miljoen extra, dus bovenop de kosten die autonoom gemaakt zullen worden
Lan-1-Pb	Er wordt autonoom in 2010 40% minder mest op landbouwbodem uitgereden. Hier-mee wordt voldaan aan de fosfaatnormen. Deze maatregel gaat ervan uit dat met maximale inspanning nog een extra reductie van 10% plaatsvindt	10% minder mest	niet bekend
Con-1-Pb	Verbod op loden wijncapsules	2% minder afval	geen meerkosten
Con-2-Pb	Verbod op vislood.	100% emissie-reductie	geen meerkosten
Con-3-Pb	Verbod op loodhagel in schietsport (kleiduivenschietsport). Staalhagel is een alternatief.	100% emissie-reductie	geen meerkosten
Con-4-Pb	Verbod op lood in keramiek. Er is niet bekend of er gelijkwaardige alternatieven zijn. Het gaat om het kijken naar het uiteindelijke milieu-effect	2% minder afval; 100% emissiereductie bij industrie	niet bekend
Con-5-Pb	Verbod op loodstabilisatoren en -pigmenten in kunststoffen. Het gaat om het kijken naar het uiteindelijke milieu-effect	2% minder afval; 100% emissiereductie bij industrie	niet bekend
Con-6-Pb	Verbod op loodpigmenten en -siccatieven in verf. Het gaat om het kijken naar het uiteindelijke milieu-effect	2% minder afval; 100% emissiereductie bij industrie	niet bekend
Con-7-Pb	Combinatie van Con-4-Pb tot en met Con-6-Pb		
Con-8-Pb	Verbod op loodsoldeer. Er is niet bekend of er gelijkwaardige alternatieven zijn. Het gaat om het kijken naar het uiteindelijke milieu-effect	2% minder afval	
Con-9-Pb	Combinatie van Con-7-Pb en Con-8-Pb		
Bou-1-Pb	Toepassen van gecoat bladlood bij nieuw-bouw en renovatie én het op lokatie coaten van bladlood	90% emissie-reductie	1,6 miljard ^{a)}
Mil-1-Pb	Extra zuivering bij rioolwaterzuiverings-installaties	50% extra zuivering	2 miljard (RIZA)

^{a)} aanname: loodrollen fabrieksmatig coaten kost 10 gulden per m²; op lokatie coaten kost 100 gulden.m²

5.3.2 Doorwerking van maatregelen op de gehele keten

In figuur 5.4 wordt een overzicht gegeven van de gevolgen van de autonome ontwikkeling en het maximale maatregelenpakket op de gehele keten.

Autonome ontwikkeling

Door de economische groei en de groei van de bevolking neemt de im- en export van lood toe. Export neemt in verhouding meer toe dan import, omdat de fabriek die accu's verwerkte inmiddels is gesloten, waardoor afgedankte accu's worden geëxporteerd. Ook de accumulatie in de economie neemt toe; enerzijds doordat meer loodhoudende producten worden gebruikt, anderzijds door een toename van de loodaccumulatie in bouwstoffen. De hoeveelheid loodbevattende avi-reststoffen neemt namelijk autonoom aanzienlijk toe als gevolg van beleid waardoor een verschuiving van stort naar afvalverbranding zal plaatsvinden. De reststoffen worden grotendeels in de (wegen)bouw toegepast.

De accumulatie in het milieu zal autonoom fors afnemen (met circa 60%): de belangrijkste oorzaak is de veronderstelling dat het afvalprodukt jarosiet dat nu ontstaat bij de primaire zinkproductie, zal verdwijnen door inzet van schoon zinkerts of door sluiting van de fabriek. Hierdoor wordt er jaarlijks circa 6000 ton minder lood op de bodem opgeslagen.

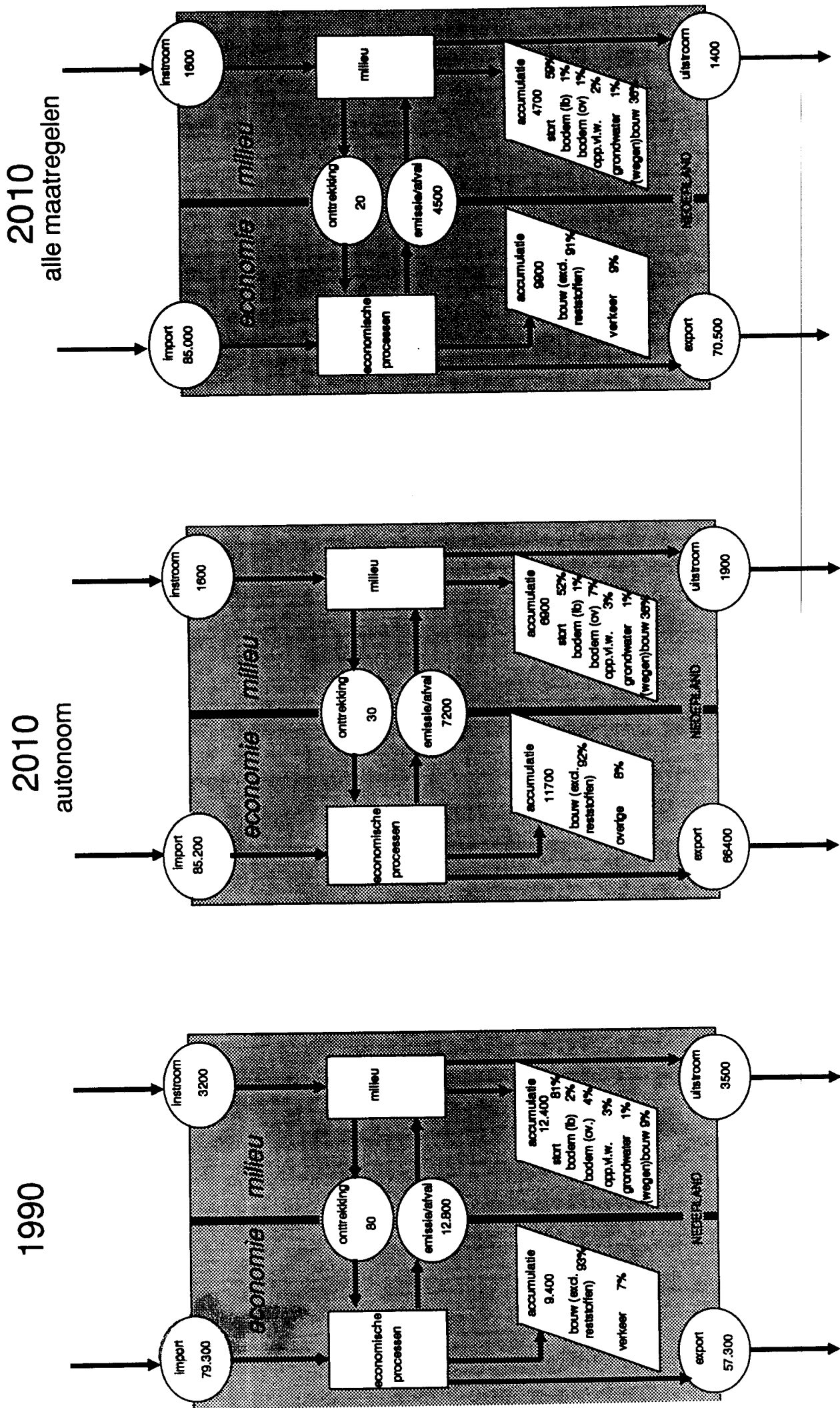
Maatregelen

Er is een pakket samengesteld waarin alle maatregelen die bedoeld zijn om de loodketen beter te beheersen, zijn meegenomen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de eventuele afwenteling op andere milieuproblemen niet is meegenomen. De meeste maatregelen grijpen in op de consumptie van lood, waardoor import en accumulatie in de economie van lood ten opzichte van de autonome ontwikkeling afneemt. Export groeit verder omdat enerzijds er een industriële groei is verondersteld die hun binnenlandse markt kleiner zien worden en anderzijds omdat accugebruik verder groeit resulterend in een grotere hoeveelheid afgedankte accu's.

Door de maatregelen zal de accumulatie in het milieu afnemen tot circa 3000 ton: een daling van 30% ten opzichte van het autonome scenario. In hoeverre hiermee de problemen in de 'probleem'-stromen worden opgelost, wordt in detail in paragraaf 5.3.3 behandeld.

5.3.3 Doorwerking van maatregelen op 'probleem'stromen

De effectiviteit van de maatregelen op de probleemstromen wordt weergegeven in tabel 5.3. De getallen bij de maatregelen zijn inclusief autonome ontwikkelingen. Aan de tabel kan de effectiviteit van de maatregelen worden afgelezen door de maatregelen onderling te vergelijken. De 'gewenste' belasting (zie tabel 5.3) is het niveau dat wordt verkregen na verlaging van de belasting in 1990 met de in §5.1.2 afgeleide reductiedoelstellingen.



Figuur 5.4 De Loodstromen in Nederland in 1990, en in 2010 volgens het autonome beleid, en het aanvullende maatregelenpakket (in ton)

Tabel 5.3 Effectiviteit van maatregelen op de loodbelasting van compartimenten en reststoffen waar normoverschrijdingen plaatsvinden (in tonnen lood).

	bodem landbouw (alle bronnen)	bodem niet landbouw (alle bronnen)	bodem landbouw (exclusief jacht en schietsport)	bodem niet landbouw (exclusief jacht en schietsport)	rwzi- slib ^{a)}	opp.vl. w./sedi ment	avi-rest- stoffen
1990	380	520	200	80	70	580	1300
autonoom 2010	130	440	90	50	80	260	4000
Ind-1-Pb	130	440	90	50	80	260	4000
Lan-1-Pb	130	440	90	50	80	260	4000
Con-1-Pb	130	440	90	50	80	260	3900
Con-2-Pb	130	440	90	50	80	180	4000
Con-3-Pb	90	50	90	50	80	260	4000
Con-4-Pb	130	440	90	50	80	260	4000
Con-5-Pb	130	440	90	50	80	260	3000
Con-6-Pb	130	440	90	50	80	260	4000
Con-7-Pb	130	440	90	50	80	260	3000
Con-8-Pb	130	440	90	50	80	260	4000
Con-9-Pb	130	440	90	50	80	260	2900
Bou-1-Pb	130	440	90	50	30	250	4000
Mil-1-Pb	130	440	90	50	90	250	4000
totaal	80	50	80	50	30	160	2700
gewenst	180	260	minder	minder	50 ^{a)}	170	minder

^{a)} zoals aangegeven in §5.1.2 is een reductie van het loodgehalte van 40% noodzakelijk om aan de kwaliteitseis te voldoen. Aangezien de hoeveelheid RWZI-slib met ongeveer 10% toeneemt (Duvoort, 1991) zal de totale hoeveelheid lood met 34% moeten afnemen (ten opzichte van het 1990 niveau) om het gewenste loodgehalte in RWZI-slib te bereiken (34% reductie van 70 is 46 ton, afgerond 50 ton).

^{b)} De autonome toename van de loodstroom naar AVI-reststoffen t.o.v. die in 1990 kan grotendeels verklaard worden door de verschuiving van storten naar verbranden. Daarnaast groeit de hoeveelheid huishoudelijk afval. De loodconcentratie in AVI-vliegas en -bodemas zal dus waarschijnlijk ongeveer hetzelfde blijven als in 1990.

Bodem

Er is in tabel 5.3 voor bodems onderscheid gemaakt tussen effecten van maatregelen wanneer alle bronnen van lood zijn meegenomen en effecten van maatregelen wanneer alle bronnen behalve jacht en schietsport zijn meegenomen. Wanneer jacht en schietsport niet wordt meegenomen, domineert depositie als toevoerroute. Uit de tabel blijkt dat autonoom (als gevolg van het verdwijnen van loodadditieven in benzine) al een aanzienlijke reductie van bodembelasting optreedt.

Wanneer alle bronnen worden meegenomen, blijkt de maatregel gericht op verbod van lood bij kleiduivenschietsen (con-3-Pb), *zeer* effectief. Het verbod van lood in jachthagel is in het autonome scenario meegenomen. De belasting van de agrarische bodem daalt hierdoor ruim onder het gewenste niveau.

In beide gevallen (alle bronnen en alle bronnen exclusief jacht en schietsport) zal het maximale maatregelenpakket leiden tot een situatie waarbij de loodtoevoer naar landbouwgrond domineert. Dit in tegenstelling tot de huidige situatie. Dit is een gevolg van het feit dat door het verdwijnen van loodgebruik in jacht en schietsport, depositie en dierlijke mest als belangrijke toevoerroutes overblijven.

Lood in mest is een gevolg van met name depositie op gewassen. Ook de loodgehalten in mest zullen dus naar verwachting afnemen, maar omdat het hier om een deels gesloten deelketen gaat (gewassen-->dieren-->mest-->gewassen), zal dit naar verwachting lang duren.

Oppervlaktewater/sediment

Autonoom neemt de accumulatie sterk af, omdat is verondersteld dat de buitenlandse instroom met 70% afneemt, conform de afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan. Dit is *of* zeker. De Nederlandse bronnen nemen autonoom met 40% af, omdat er inmiddels een verbod is op het gebruik van loodhagel in de jacht.

De aanvullende maatregel om visloodjes door alternatieven te vervangen (con-2-Pb) is zeer effectief. De maatregel om het rendement van zuiveringsinstallaties te verbeteren heeft weinig effect op het verminderen van de accumulatie van oppervlaktewater/sediment en een negatief zij-effect op het slib.

Rioolwaterzuiveringsslib

Uit tabel 5.3 blijkt dat als gevolg van het autonome scenario de loodaccumulatie in het slib toeneemt. Dit is een gevolg van de verwachte groei van het gebruik van bladlood in de bouw. Wanneer een maatregel wordt genomen om de corrosie van dit bladlood tegen te gaan (Bou-1-Pb), daalt de hoeveelheid lood tot het gewenste niveau. De kosten van de maatregel zijn aanzienlijk: naar schatting 1,6 miljard.

Drinkwater

Drinkwater is niet doorgerekend, omdat het beleid nu reeds is gericht op vervanging van deze leidingen. De vervanging vindt met name plaats door koper, terwijl koperen drinkwaterleidingen als een belangrijk probleem in de koperketen werden gezien.

GFT-compost

De hoeveelheid GFT-afval neemt vermoedelijk toe tot ongeveer 1.600.000 ton per jaar. Dit is 5 à 6 keer meer dan in 1990 (zie bijlage 1).

Zoals in §5.2.5 aangegeven komt naar schatting 6 ton lood, ongeveer 90% van de totale hoeveelheid lood in compost, van de niet-agrarische bodem. Dit komt voornamelijk door historische verontreinigingen in stedelijke gebieden ten gevolge van loodhoudende benzine. Verwacht wordt dat de overgang op loodvrije benzine resulteert in een lager loodgehalte in GFT-compost, zodat de norm voor 'zeer schoon compost' binnen het bereik ligt. Het is echter met de huidige kennis (inclusief het feit dat de herkomst niet duidelijk is) moeilijk te voorspellen op welk termijn het loodgehalte in GFT-compost zal afnemen.

5.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer

In hoofdstuk 2 is betoogd dat het uit oogpunt van voorraadbeheer zinvol lijkt om per deelsysteem een kort overzicht te geven van de verliezen voor de situatie 1990, 2010 autonoom en 2010 met maatregelen. Dit overzicht wordt afgesloten met een, ons inziens, geschikte indicator voor de verspilling van lood.

Bij de berekening van de ketenverliezen is uitgegaan van het volgende:

* er is alleen gekeken naar het intentionele gebruik van lood. Dit omdat we met voorraadbeheer willen aangeven hoeveel van het bewust uit de aardkorst gewonnen lood verspild wordt.

* als ketenverliezen worden beschouwd: 1) emissies, 2) stort en 3) reststoffen, waarin het metaal als verontreiniging zit, onafhankelijk van verder gebruik van deze reststoffen.

Het deelsysteem winning

In Nederland wordt geen lood gewonnen

Het deelsysteem productie

Tabel 5.4 De loodverliezen bij het deelsysteem productie

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van geïmporteerd lood en secundair lood (uit het deelsysteem Afvolverwerking)	38.200	43.700	42.600	100	100	100
uitstroom naar andere deelsystemen en export	38.100	43.600	42.500	99.8	99.8	99.8
verliezen	100	100	100	0.2	0.2	0.2

Evenals bij lood en zink, zijn de verliezen van lood uit het deelsysteem productie zowel relatief als absoluut gering. De 70 ton verliezen in 1990 betreft voor het grootste deel stort van loodhoudend afval.

Autonoom en met het aanvullende maatregelenpakket neemt de instroom en daardoor ook de verliezen licht toe. Relatief gezien blijven de verliezen gelijk zodat het deelsysteem even gesloten als in 1990 blijft.

Het deelsysteem toepassingen

De twee grootste toepassingen betreffen de bouw en het verkeer (accu's). Door goede inzamelingsstructuren zijn de verliezen relatief gering (1 à 2% van ruim 60.000 ton lood). De emissies naar lucht door loodhoudende benzine dalen sterk, maar zijn in 1990 nog aanzienlijk (ongeveer 280 ton). Kleinere toepassingen zijn jacht, schietsport en visserij. Hoewel qua omvang kleiner, zijn de ketenlekken hierin veel groter: grofweg 1000 ton. Van de instroom van lood in deze toepassingen mag 100% beschouwd worden als lek. Deze toepassingen zorgen ervoor, dat de ketenverliezen voor lood voor het grootste deel uit emissies bestaan en niet uit stort, zoals bij koper en zink het geval is.

Accumulatie treedt vooral op bij bouw en bij verkeer. Dit lood zal in de toekomst alsnog bij het deelsysteem Afvalverwerking terecht komen.

Autonoom neemt de stroom naar toepassingen licht toe. De verliezen nemen iets af (zie tabel 5.5). Het maatregelen-scenario is gunstiger omdat een aantal maatregelen (stopzetten van het gebruik van lood in een aantal consumentengoederen en jacht, schietsport en visserij) de verliezen terugdringen.

Tabel 5.5 De loodverliezen bij het deelsysteem toepassing

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van loodhoudende produkten uit het deelsysteem Toepassingen en via import	73.900	94.600	82.100	100	100	100
uitstroom naar deelsysteem afvalverwerking	62.700	81.500	71.800	85	86	87
economische accumulatie	9400	11.700	9900	12.6	12.4	12.5
verliezen	1800	1600	400	2.4	1.6	0.5

Het deelsysteem lijkt op de in tabel 5.5 gepresenteerde wijze zeer gesloten. Men moet hierbij echter voor ogen houden dat een groot deel van de uitstroom in het deelsysteem Afvalverwerking uiteindelijk uit de keten weglekt, en dat er een accumulatie optreedt waaruit in de toekomst lood kan weglekken (zie *indicator*, volgende pagina).

Het deelsysteem afvalverwerking

De instroom bestaat uit import van loodhoudend afval en afval uit het deelsysteem Toepassingen en Productie. Uitstroom is gerecycled lood dat wordt geëxporteerd of hergebruikt in het deelsysteem Productie. De verliezen ontstaan door stort en afvalverbranding.

Voor lood bestaat een uitgebreid recyclingsstelsel, vandaar de grote produktie van secundaire grondstoffen. Verliezen betreffen voornamelijk stort, en maar heel weinig emissies.

Dit deelsysteem kan dan ook als behoorlijk gesloten worden beschouwd.

Tabel 5.6 De loodverliezen bij het deelsysteem afvalverwerking

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van loodhoudend afval uit andere deelsystemen en via import van schroot	82.900	108.600	98.900	100	100	100
schroot ten behoeve van export en deelsysteem Productie	79.000	104.200	95.900	95	96	97
verliezen	3900	4400	3000	5	4	3

indicator voor de verspilling van lood

In het deelsysteem Toepassingen zit een post 'economische accumulatie' (zie tabel 5.5), die uiteindelijk tot verliezen zal leiden. De mate waarin hangt af van het recyclingspercentage van de in de economie aanwezige loodhoudende produkten. In de deelketenanalyse zoals die hierboven is gepresenteerd wordt dit niet zichtbaar. Daarom wordt in tabel 5.7 een 'theoretische' deelketen Toepassing gepresenteerd. Hierin is economische accumulatie weggewerkt (door het schatten van een recyclingspercentage per type produkt) én wordt het afval dat na toepassing ontstaat niet naar een andere deelketen geschoven (voor een beschrijving van de methode, zie hoofdstuk 2).

De in tabel 5.7 weergegeven 'verliezen' worden beschouwd als een geschikte indicator voor voorraadbeheer. Deze 'verliezen' zijn vele malen groter dan de verliezen die optreden bij het deelsysteem Productie, en spelen zodoende een dominante rol bij de verspilling van lood.

Tabel 5.7 De loodverliezen bij het deelsysteem toepassing met verrekening van de afvalverwerking en de economische accumulatie

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van loodhoudende produkten uit het deelsysteem Toepassingen en via import	73.900	94.700	82.200	100	100	100
recycling van lood	68.500	89.400	79.300	93	94	97
verliezen	5400	5300	2900	7	6	3

De loodketen is in vergelijking met andere metalen zeer gesloten. Mogelijk wordt dit veroorzaakt omdat in Nederland geen primaire winning plaatsvindt en omdat goede inzamelingsstructuren voor afgedankt lood bestaan, zoals voor accu's.

Het maatregelen-scenario werkt gunstig uit op voorraadbeheer, omdat het stopzetten van het gebruik van lood in een aantal consumentengoederen (bijvoorbeeld loden wijncapsules en lood in verf, keramiek en kunststoffen, zie tabel 5.2) een positieve invloed heeft op hergebruik ten koste van stort en emissies.

5.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De loodstroom door de Nederlandse economie is in tegenstelling tot de koper- en zinkstroom niet volledig intentioneel: bijna 10% van de totale instroom via de economie is lood dat in zinkconcentraten voorkomt. In de huidige economie accumuleert lood vooral in de bouw. In het milieu accumuleert lood in 1990 voor 90% op stortplaatsen. Hiervan is 60% afkomstig van de niet-intentionele loodstroom: bij verwerking van de zinkconcentraten wordt jaarlijks circa 6000 ton lood gestort.

Het blijkt dat de in dit document doorgerekende scenario's voor de loodstroom als geheel tot meer gesloten ketens leidt:

- in het doorgerekende autonome scenario neemt ten opzichte van de huidige keten de economische accumulatie met 24% toe, terwijl de accumulatie in het milieu met 45% afneemt. Een achterliggende oorzaak hiervan is de veronderstelde verdwijning van de zinkconcentraat-verwerking in Nederland.
- in het doorgerekende scenario met extra maatregelen (bovenop de autonome ontwikkeling) neemt ten opzichte van de huidige keten de economische accumulatie met 5% toe; de accumulatie in het milieu neemt met 60% af.

De aanvullende maatregelen lijken de probleemstromen voor lood op te lossen:

RWZI-slib

De corrosie van bladlood draagt voor circa 58% bij aan de loodstroom naar deze probleemstroom. Andere bronnen zijn industriële lozingen, loodhoudende benzine en loden waterleidingen.

In het autonome scenario neemt de loodstroom toe, als gevolg van de verwachte toename van de bouwactiviteit. Uit het doorgerekende maatregelenpakket blijkt dat wanneer bladlood grootschalig wordt gecoat, het gewenste reductieniveau haalbaar lijkt. De kosten van deze optie belooft circa 1,6 miljard.

Oppervlaktewater/sediment

Het buitenland is voor 57% verantwoordelijk voor de instroom van lood, gevolgd door hengelsport en jacht (18%) en RWZI's (10%).

Het autonome scenario leidt tot een aanzienlijke reductie omdat is verondersteld dat bronnen in het buitenland zorgen voor een 70% reductie van de instroom en omdat er inmiddels een verbod is op loodhagel in de jacht.

Indien in Nederland aanvullende maatregelen worden genomen gericht op het gebruik van visloodjes in de hengelsport, lijkt het gewenste reductieniveau van 70% voor de Nederlandse bronnen haalbaar. Het 'alleen maar' verbeteren van het rendement van rwzi's is voor lood, evenals voor koper en zink, niet erg effectief: de prijs is hoog, er vindt een verschuiving van koper naar slib plaats en de winst voor het oppervlaktewater is beperkt.

Bodem

Jacht en schietsport domineren de toevoer van lood naar bodem. Toch is het aannemelijk dat met name depositie de loodkwaliteit van de bodem bepaalt. In het autonome scenario daalt deze toevoer route aanzienlijk als gevolg van het beëindigen van het loodgebruik in benzine.

In combinatie met maatregelen, die emissie naar lucht verder doen afnemen, daalt de bodembelasting als gevolg van depositie tot het gewenste niveau.

Indien maatregelen worden genomen om lood in schietsport af te schaffen, daalt de loodtoevoer voor het totaal van alle bronnen naar bodem tot ver onder het gewenste niveau.

GFT-compost

Het loodgehalte in GFT-compost overschrijdt de kwaliteitseis voor 'zeer schoon compost' met ruim 25%. Op basis van ruwe aannames wordt verwacht dat het lood vooral komt van historische verontreinigingen in stedelijke gebieden, ten gevolge van loodhoudende benzine. Waarschijnlijk zal de overgang op loodvrije benzine dan ook resulteren in een lager loodgehalte in GFT-compost, zodat de norm voor 'zeer schoon compost' mogelijk binnen het bereik ligt. Doordat de uiteindelijke herkomst van lood in GFT-compost niet bekend is (waardoor de invloed van historische accumulatie ook niet bekend is) kan niet aangegeven worden of, en zo ja, op welke termijn het loodgehalte in GFT-compost tot het gewenste niveau zal afnemen.

Vanuit oogpunt van voorraadbeheer is de loodketen in feite al behoorlijk gesloten. Vanuit oogpunt van voorraadbeheer is een indicator ontwikkeld voor de Nederlandse loodstroom en de daarbij optredende verliezen. In 1990 is het verlies 7% van de hoeveelheid die wordt toegepast, in 2010 autonoom 6% en in 2010 met extra maatregelen 3%.

De conclusie luidt dat voor lood de doorgerekende scenario's in algemene zin leiden tot meer gesloten stofstromen. De problemen bij specifieke deelstromen kunnen worden opgelost mits met name instroom van lood uit het buitenland (via rivieren) en de loodcorrosie sterk worden gereduceerd.

6. CHROOM

6.1 DE CHROOMKETEN

6.1.1 Beschrijving van de keten

In bijlage 2.7 en 2.8 worden overzichten gegeven van de chroomstromen door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu. De stromen gelden ruwweg voor het jaar 1990. In bijlage 3.4 is de SFINX-file met de gedetailleerde chroombalans opgenomen. Tevens wordt per stroom een literatuurreferentie gegeven.

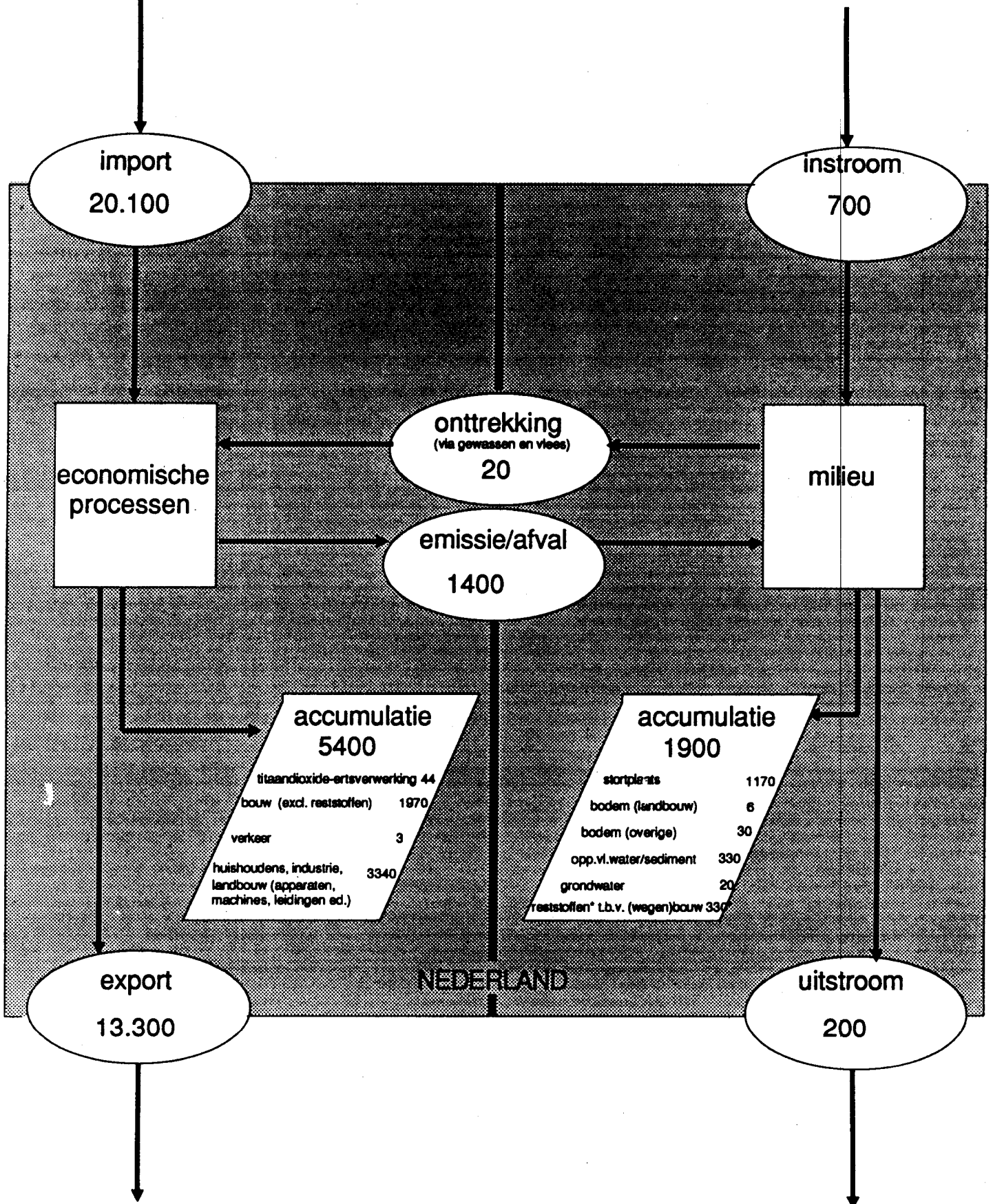
De chroomstromen door economie en milieu worden in figuur 6.1 op een abstract niveau samengevat. De figuur scheidt de stromen in een economie- en een milieudeel met daartussen een zekere interactie.

Uit figuur 6.1 blijkt dat ruim 20.000 ton chroom wordt geïmporteerd. Dit is ca. 96% van de totale hoeveelheid chroom, die Nederland binnenkomt. Hiervan wordt ongeveer 700 ton chroom niet-intentioneel toegepast (dit is 3,5% van de totale import). Het betreft chroom als 'verontreiniging' in kolen, olie, fosfaat-erts, titaandioxide-erts, ijzer- en zinkerts en veevoer. De overige 21.300 ton chroom wordt geïmporteerd in gerede produkten en voor intentionele toepassingen. Het overgrote deel (ongeveer 15000 ton) bestaat uit chroomhoudende legeringen of metaaloppervlakken of uit grondstoffen of halfprodukten voor de produktie van deze chroomhoudende metaalprodukten. Het resterende gedeelte is chroom voor de produktie en het gebruik van o.a. verduurzaamd hout, leer, magneetbanden, verf en chroomhoudende pigmenten.

Op basis van de in- en outputanalyse is een accumulatie in de Nederlandse economie berekend van 5400 ton, voornamelijk in de vorm van roestvaststaal en verchromd staal in de bouw, in huishoudens (meubilair, aanrechten, keukenapparatuur,ed), in landbouw (melkmachines, leidingen) en in de industrie (vooral voeding- en genotmiddelenindustrie).

Voor de interactie-stappen tussen economie en milieu is een tweetal keuzen gemaakt. Voor de motivatie van deze keuzen wordt verwezen naar §3.1.1 (koper):

- De totale chroomstroom naar landbouw wordt in figuur 6.1 als 'emissie' beschouwd. Een deel van deze stroom wordt vervolgens door chroomopname van vee en gewassen teruggevoerd naar de economie (circa 15 ton). Dit wordt in figuur 6.1 met de stroom 'onttrekking' weergegeven.
- Afvalverbrandingsinstallaties (avi's) zijn als onderdeel van het milieu beschouwd. Jaarlijks wordt ruwweg 60 ton chroom en chroomschroot bij avi's ingezameld die na verwerking weer in de economie terecht komt. AVI-slakken en -vliegias worden gestort of toegepast in de bouw en in de wegebouw. Deze chroomstroom van ongeveer 140 ton wordt in dit rapport opgevat als verlies naar het milieu.



Figuur 6.1 De chroomstroom in Nederland in 1990 (in ton)
 * De reststoffen zijn afkomstig van afvalverbrandingsinstallaties en electriciteitscentrales

Zoals in figuur 6.1 aangegeven vindt er een accumulatie in het Nederlandse milieu plaats van ongeveer 1890 ton: voor 17% in de (wegen)bouw, voor 63% op stortplaatsen en voor 17% in het oppervlaktewater/sediment.

6.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen.

De accumulatie in het milieu-deel (zie figuur 6.1) - zowel nu als in het verleden - leidt tot overschrijdingen van de gewenste milieukwaliteit. In tabel 6.1 wordt per compartiment c.q. reststroom of produkt een overzicht gegeven van de huidige chroomgehalten afgezet tegen de huidige kwaliteitscriteria.

Tabel 6.1 Overzicht van de meest recente chroomgehalten in relatie tot de normen. De normen zijn afkomstig van de opdrachtgever, het Ministerie van VROM (Zoetemeijer, 1994). Voor overige milieukwaliteitsnormen wordt verwezen naar het rapport 'Aandachtstoffen in het Nederlandse milieubeleid' (Janus, 1994).

Compartiment/ produkt	norm	Waargenomen gehalte	Bron/jaar	Opmerking
Lucht	MTR(Cr(VI)): 2,5 ng.m ⁻³ VR(Cr(VI)): 0,025ng.m ⁻³	Cr(VI) (in 1983): range 0,0003-0,8ng.m ⁻³ Cr(VI): lokaal 5-6,5 ng.m ⁻³	Slooff, 1989a VROM, 1993	Overschrijding van MTR in de nabijheid van Cr(VI) emitterende bronnen
Oppervlakte- water (totaal)	grensw.: 20,0 µg.l ⁻¹ streefw.: 5,0 µg.l ⁻¹	5% van de waarnemingen boven de grenswaarde (in 1991)	VROM, 1993	het chroomgehalte in de grensoverschrijdende rivieren ligt, met uitzondering van de Schelde, beneden de grenswaarde
Sediment	interventiewaarde: 380 mg.kg ⁻¹ grensw.:380 mg.kg ⁻¹ streefw.:100 mg.kg ⁻¹	minder dan 5% van de waarnemingen boven grenswaarde (in 1991).	VROM, 1993	
Bodem	interventiewaarde: 380 mg.kg ⁻¹ streefw. ^{ab} :100 mg.kg ⁻¹	ongeveer 2% van de bodems boven de streefwaarde (in 1991)	VROM, 1993	
Grondwater	interventiewaarde: 30 µg.l ⁻¹ streefw.: 1 µg.l ⁻¹	40-50% van de metingen overschrijding van de streefwaarde; de interventiewaarde wordt niet overschreden (in 1991)	VROM, 1993	waarschijnlijk een grootschalige overschrijding van de streefwaarde omdat deze waarde boven het natuurlijk achtergrondgehalte ligt

Zuiveringslib - communaal - industrieel	75 mg.kg ⁻¹ 75 mg.kg ⁻¹	gemid. (in 1990): 53 mg.kg ⁻¹ 34 mg.kg ⁻¹	Baas, 1993	geen overschrijding
AVI-bodemas	12 mg/kg d.s. U ₂ (N ₂) 1,3 mg/kg d.s. U ₁ (N ₁)	gem. <i>uitloging</i> (in 1993): 0,090 mg/kg d.s. max.:0,68 mg/kg d.s.	Aalbers, 1993	geen overschrijding
AVI-vliegas	BAGA ^{b)} -grenswaarde: 5000 mg.kg ⁻¹	gem. (in 1993): 584mg.kg ⁻¹ ; max.:1270mg.kg ⁻¹	Implementa- tieplan AVI- reststoffen, 1994	geen overschrijding
GFT-compost	50 mg.kg ⁻¹ (zeer schone compost)	gemid. (in 1994): 20 mg.kg ⁻¹ max.: 52 mg.kg ⁻¹	VROM 1992	geen overschrijding

- a) bij een standaardbodem: 25% lutum, 10% organische stof
b) AVI-vliegas is in het kader van het Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen (BAGA) aangewezen als gevaarlijke afvalstof.

Uit het overzicht blijkt dat voor chroom op dit moment overschrijdingen van normen worden waargenomen in lucht (onduidelijk in welke mate), in oppervlaktewater en waterbodems en in grondwater. De chroomstromen naar deze compartimenten c.q. producten kunnen worden gezien als probleemstromen.

Reductiedoelstellingen

Om overschrijding van de milieukwaliteit in een probleemstroom in de toekomst te vermijden, is reductie van de stroom naar dat compartiment of (rest)produkt nodig. Hieronder worden reductiedoelstellingen voor de probleemstromen gegeven. Deze worden in dit document gebruikt om de autonome ontwikkelingen en aanvullende maatregelen te evalueren op hun effectiviteit.

Lucht

chroom (VI) is inhalatoir carcinogeen. Om die reden is de norm in lucht relatief laag. Uit de emissieregistratie volgt dat er in Nederland twee industriële puntbronnen zijn die significante hoeveelheden Cr (VI) uitstoten. Indicatieve berekeningen (met het luchtverspreidingsmodel OPS) wijzen erop dat bij deze bronnen een emissiereductie van 50% nodig is om overschrijding van de gewenste luchtkwaliteitsnorm, een MTR van 2,5 ng.m⁻³, in de omgeving van de bronnen te voorkomen.

De VR-waarde voor Cr(VI) ligt mogelijk onder de natuurlijke achtergrondwaarde (Slooff et al., 1989a). Bovendien ontbreekt een goede meetmethode voor Cr(VI) in de lucht. Door deze onzekerheden wordt in dit document niet getoetst aan VR.

Oppervlaktewater/sediment

Voor zware metalen in oppervlaktewater is in de "Strategienotitie Verspreiding" een reductiedoelstelling voor *Nederlandse* bronnen opgenomen van 80% in 2010 t.o.v. de belasting in 1985. In de periode 1985-1990 zijn de binnenlandse emissies naar water gedaald van 150 naar 70 ton door maatregelen bij de industrie (Nationale Milieuverkenningen 3). Daarom is ten opzichte van 1990, het basisjaar voor deze studie, een reductie van 60% nodig om het gewenste niveau (van 30 ton) te behalen. Dit percentage wordt in dit rapport als richtinggevend beschouwd voor Nederlandse bronnen, hoewel het gezien het geringe aantal overschrijdingen (zie tabel 6.1) mogelijk wat overdreven is. Internationaal zijn nog geen doelstellingen afgesproken voor het jaar 2010. Wel is in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan afgesproken dat de chromemissies naar water en lucht voor 2000 met 50% worden gereduceerd, ten opzichte van de belasting in 1985. Deze reductiedoelstelling van 50% wordt in dit document aangehouden voor het buitenland.

Grondwater

De overschrijding van de streefwaarde in het grondwater is groot. Zoals aangegeven in tabel 6.1 zal dit voor een groot deel het gevolg zijn van een natuurlijke achtergrondconcentratie die hoger is dan de streefwaarde (CCRX, 1994). Ook uit onze berekeningen (zie figuur 6.1) blijkt dat de overschrijding nauwelijks te verklaren is vanuit antropogene oorzaken. Er vindt namelijk slechts een geringe accumulatie in het grondwater plaats als gevolg van de jaarlijkse toevoer naar bodem. Het afleiden van een gewenste reductie van de bodembelasting heeft daarom geen zin. Wel zal, voor alle zekerheid, gekeken worden in hoeverre de bodembelasting, en diens gevolge de grondwaterbelasting, afneemt.

In paragraaf 6.2 worden de probleemstromen verder uitgewerkt.

6.1.3 De chromketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer

Zoals uit figuur 6.1 blijkt is Nederland voor de input van chroom afhankelijk van het buitenland. Daarom wordt eerst een kort overzicht gegeven in de ontwikkelingen van aanbod en vraag naar chroom op wereldschaal.

De chroomproductie uit mijnen bedroeg in 1989 voor de gehele wereld circa 3,8 miljoen ton. Er is daarnaast een aanzienlijk gebruik van staalschroot dat chroom bevat. Dit kan als een vorm van secundair chroomgebruik worden gezien: over hoeveelheden is echter niets bekend. In *Metals and Minerals Annual Review* (1993) wordt de chroom-markt voor de jaren 1990, 1991 en 1992 omschreven als 'slecht, slechter en slechtst'. De oorzaak is de lagere vraag in twee belangrijke toepassingsgebieden:

- de productie van roestvaststaal (en andere staalsoorten met chroom) draait op lage toeren vanwege enerzijds de algehele slechte situatie in de staalindustrie en anderzijds het toenemend gebruik van staalschroot dat reeds chroom bevat;
- het gebruik van chroom in de metaalproductenindustrie (gieterijen en galvano) en de vuurvastmaterialen-industrie is slechter dan de algehele recessie zou aangeven.

De markt voor chroomchemicaliën is redelijk stabiel. Op termijn is er mogelijk concurrentie te verwachten van zirconium. Daarnaast wordt een lager gebruik verwacht van loodchromaten (zie ook paragraaf 5.1.3).

Er worden geen belangrijke (qua volume) nieuwe toepassingsgebieden van chroom verwacht (USBM)

Waarschijnlijk zal de staalmarkt zich in de toekomst enigszins herstellen. Er wordt daarom in dit document uitgegaan van een geringe groei van het chroomgebruik.

In §6.3.4 wordt de chroomketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer voor Nederland geanalyseerd.

6.2 CHROOMGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST

In de milieucompartimenten lucht, oppervlaktewater, sediment en grondwater worden de huidige normen voor chroom overschreden (zij het in relatief geringe mate). De chroomstromen met de doelgroepen die hiervoor verantwoordelijk zijn worden hieronder geanalyseerd.

6.2.1 Lucht

Uit de Emissieregistratie (van de Hoofdingspectie Milieuhygiëne) blijkt dat er twee bedrijven in Nederland zijn die significante hoeveelheden Cr (VI) uitstoten: een bedrijf dat chromateert en verchromt (onderdeel van de metaalproduktenindustrie), en een bedrijf die Cr(VI) houdende pigmenten bereidt. Uit informatie van de vergunningverlener blijkt dat bij de pigmentproducent inmiddels geen problemen meer te zijn verwachten. Bij oppervlaktebehandeling kan door middel van wassers een lagere uitstoot worden bereikt.

Voor het compartiment lucht is de relatie herkomst-overschrijding evident en het probleem lokaal. In deze algemene studie naar de chroomstroom in Nederland heeft het daarom geen zin dit compartiment verder te analyseren: er wordt hiermee voor beleidsmakers niets toegevoegd.

6.2.2 Oppervlaktewater en sediment

In figuur 6.2 worden de chroomstromen van en naar het oppervlaktewater/sediment weergegeven.

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de chroombelasting van oppervlaktewater is:

Buitenland (instroom via rivieren)	92%
Nederland	8%

De herkomst van de *Nederlandse* chroomtoevoer naar oppervlaktewater kan op drie niveaus worden weergegeven:

1. Directe oorzaken		
industrie direct, waarvan:	45%	
fosfaatertsverwerking		22%
titaandioxideproduktie		12%
overige industrie		11%
rioolwaterzuiveringsinstallaties	33%	
overstort	10%	
afspoeling	12%	

	100%	
2. Doelgroepen		
industrie	62%	
bouw (indirect)	15%	
huishoudens	5%	
landbouw	6%	
overige	12%	

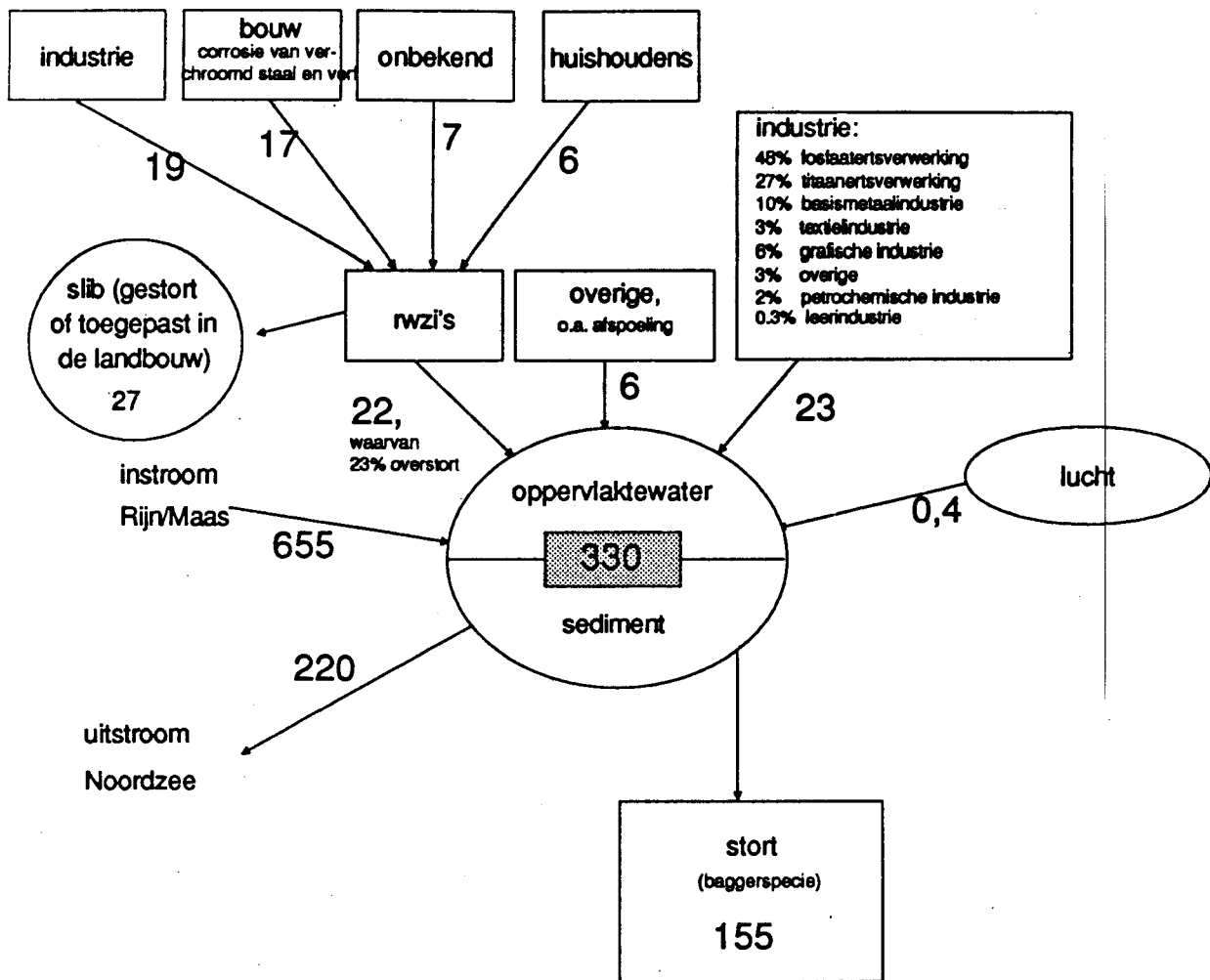
	100%	
3. Uiteindelijke herkomst		
import ijzer en chroomlegeringen	26%	
import P-erts	30%	
import titaanerts	14%	
overige	30%	

	100%	

Uit de herkomstanalyse blijkt dat de aanvoer van chroom vanuit het buitenland verreweg het belangrijkste is.

Wanneer we ons beperken tot binnenlandse bronnen is met name industrie (direct en indirect via de rwzi's en awzi's) belangrijk. Van de industriële lozers zijn in 1990 niet-intentionele chroom-'gebruikers' de belangrijkste oorzaken: chroom wordt geloosd bij ontsluiting van fosfaaterts en titaanerts. Bij de titaanertsverwerking is door overschakeling van het sulfaat-op het chlorideproces in 1990 de chroom(III)-emissie naar oppervlaktewater reeds vergaand verminderd (de reductie in 1991 is ongeveer 99% ten opzichte van de emissie van 59 ton chroom in 1985 (Coppoolse, 1993)).

Zowel bij de bouw als bij de industrie wordt de chroomemissie veroorzaakt door het gebruik van roestvaststaal, waaruit, hoewel in slechts zeer geringe mate per m² staal, chroom 'oplost'. Net zoals bij koper en lood is er een bijdrage van een categorie 'onbekend'. De bijdrage aan het totale probleem van deze bron is voor chroom verwaarloosbaar.



Figuur 6.2 De chroomstroom van en naar het oppervlaktewater en sediment in 1990 (in ton)

6.2.3 Grondwater

De kans dat de streefwaarde voor chroom in grondwater te streng is lijkt vele malen groter dan dat menselijke activiteiten leiden tot overschrijding van de streefwaarde. Een nieuwe meetmethode duidt erop dat het natuurlijke achtergrondgehalte op $3 \mu\text{g.l}^{-1}$ ligt in plaats van op $1 \mu\text{g.l}^{-1}$.

6.3 MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'-STROMEN

6.3.1 Keuze van maatregelen

In deze paragraaf wordt een schets gegeven van de chroomketen in het jaar 2010 als gevolg van de autonome ontwikkeling en na een selectie van (fictieve) maatregelen. Het geselecteerde

maatregelenpakket bevat alleen algemene maatregelen, die ook bij de andere metalen zijn doorgerekend. In samenspraak met de opdrachtgever is besloten om geen aanvullende maatregelen op te stellen omdat de problemen met chroom te overzien zijn (zie de vorige paragraaf). De algemene maatregelen zullen de probleemstromen naar verwachting al tot een acceptabel laag niveau terug brengen.

Autonome ontwikkeling

In paragraaf 1.2 is reeds aangegeven dat wordt uitgegaan van het 'European Renaissance'-scenario en het huidige vastgestelde beleid zoals ook doorgerekend in de Milieuverkenningen 3. De omvang van chroomverwerkende en -gebruikende industrie neemt in dit scenario in het algemeen licht toe, terwijl, onder invloed van het het Integrale Milieutaakstellingen-beleid, wordt uitgegaan van een afname van de emissiefactoren voor zowel water als lucht. Belangrijk is dat er van wordt uitgegaan dat in 2010 geen stort van huishoudelijk afval meer plaatsvindt. De stroom naar afvalverbrandingsinstallaties en het gescheiden inzamelen van GFT-afval zal sterk toenemen.

Ook belangrijk is de autonome afname van het gebruik van dierlijk mest op de landbouwbodem, onder invloed van fosfaat-beleid, en van zuiveringsslib, onder invloed van het Besluit Overige Organische Meststoffen.

De instroom uit het buitenland halveert. Deze aanname is gebaseerd op afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan.

Maatregelen

In tabel 6.2 wordt een overzicht gegeven van de (fictieve) maatregelen die zijn doorgerekend. Het betreft drie algemene maatregelen, die ook bij de andere metalen zijn geselecteerd.

Tabel 6.2 Overzicht van aanvullende (fictieve) maatregelen om de chroomketen te verbeteren

Maatregel	Beschrijving	Effect waarmee is gerekend	Kosten (indicatief)
Ind-1-Cr	Er wordt vanuit gegaan dat emissiedoelstellingen in IMT's volledig worden gehaald en dat voor alle industrietakken IMT's worden afgesloten	80% reductie van de emissiefactor t.o.v 1985	niet bekend
Lan-1-Cr	Er wordt autonoom in 2010 40% minder mest op landbouwbodem uitgereden. Hiermee wordt voldaan aan de fosfaatnormen. Deze maatregel gaat ervan uit dat met maximale inspanning nog een extra reductie van 10% plaatsvindt	10% minder mest t.o.v. de autonome reductie	niet bekend
Mil-1-Cr	Extra zuivering bij rioolwaterzuiveringsinstallaties	50% extra zuivering	2 miljard (RIZA)

6.3.2 Doorwerking op de totale keten

In figuur 6.3 wordt een overzicht gegeven van de gevolgen van de autonome ontwikkeling en het totale maatregelenpakket (de som van de drie maatregelen van tabel 3.2) op de gehele keten.

Autonoom

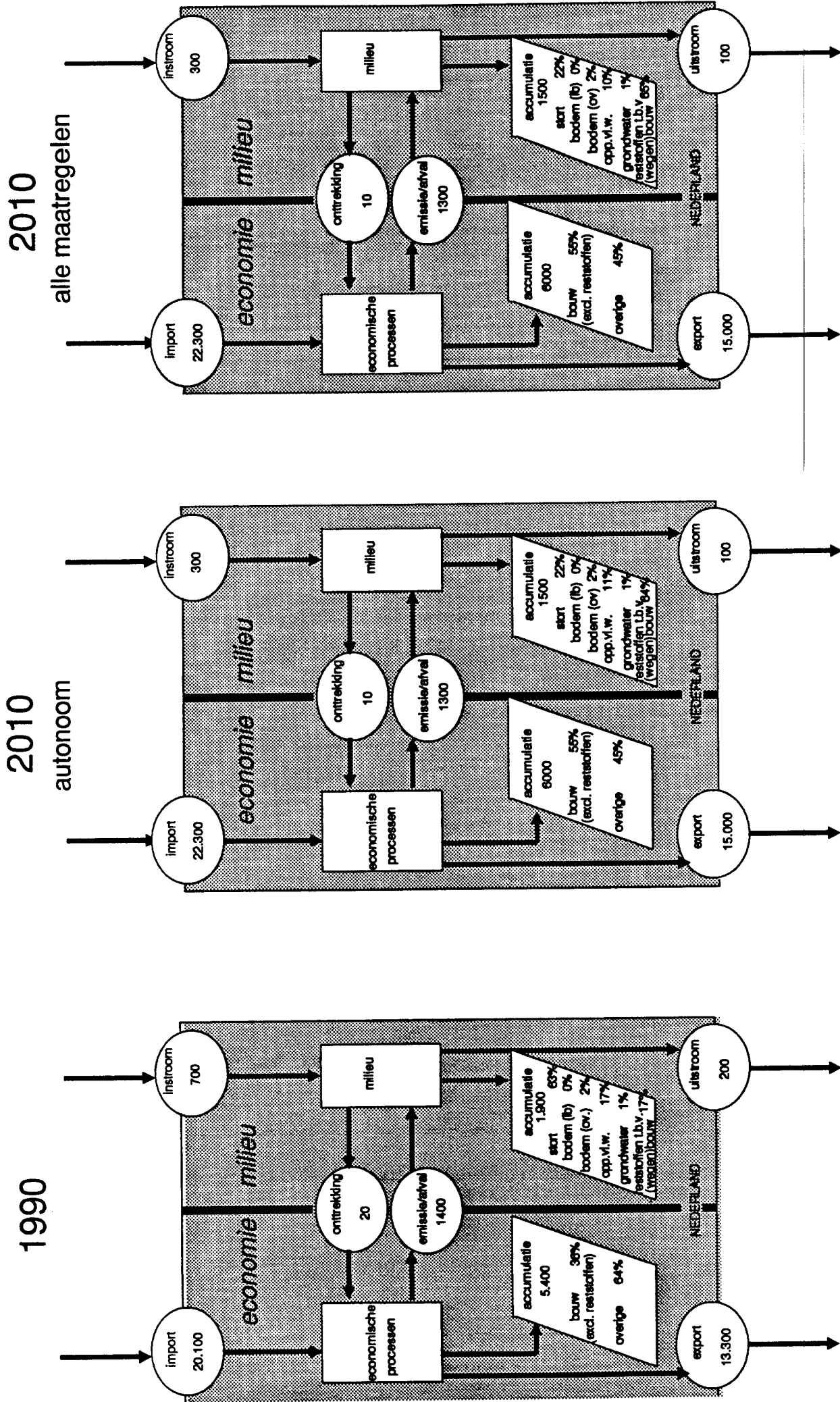
Door economische groei neemt de im- én export van chroom toe. Ook de accumulatie in de economie neemt met ca 10% toe van 5400 tot 6000 ton chroom in het jaar 2010, doordat er meer chroomproducten gebruikt gaan worden. Deze toename zal voor ongeveer 15% bestaan uit secundair chroom en voor 85% uit geïmporteerd chroom.

De accumulatie in het milieu zal autonoom licht afnemen door een betere inzameling van recyclebaar schroot. De AVI-reststoffen, bestaande uit chroomhoudende slakken en vliegassen, nemen sterk toe door een verschuiving van storten naar verbranden. Hierdoor neemt de toepassing van deze reststoffen in de bouw en wegenbouw toe met ongeveer 200% (660 ton chroom).

De accumulatie in de milieucompartimenten, oppervlaktewater, grondwater en bodem neemt af (zie tabel 6.3).

Maatregelen

Er is een pakket samengesteld waarin alle maatregelen zijn meegenomen die ook bij de andere metalen zijn doorgerekend. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de eventuele afwenteling op andere milieuproblemen niet is meegenomen. In de volgende paragraaf wordt behandeld in hoeverre de problemen in de 'probleem'-stromen autonoom dan wel met het aanvullende maatregelenpakket worden opgelost.



figuur 6.3 De chroomstromen in Nederland in 1990, en in 2010 volgens de autonome ontwikkelingen, en in 2010 als gevolg van de autonome ontwikkelingen met extra maatregelen (in ton per jaar)

6.3.3 Doorwerking van maatregelen op 'probleem'stromen

De effectiviteit van de maatregelen op de probleemstromen wordt weergegeven in tabel 6.3. De getallen bij de maatregelen zijn inclusief autonome ontwikkelingen. Aan de tabel kan de effectiviteit van de maatregelen worden afgelezen door de maatregelen onderling te vergelijken. De 'gewenste' belasting (zie tabel 6.3) is het niveau dat wordt verkregen na verlaging van de belasting in 1990 met de in §6.1.2 afgeleide reductiedoelstellingen.

Tabel 6.3 Effectiviteit van maatregelen op de chroombelasting van de probleemstroom naar oppervlaktewater (in tonnen chroom per jaar).

	oppervlakte- water/ sediment
1990	710
autonoom 2010	360
Ind-1-Cr	350
Lan-1-Cr	360
Mil-1-Cr	350
totaal	340
gewenst	350

Oppervlaktewater/sediment

Met de autonome ontwikkelingen lijkt de doelstelling van 60% reductie van de binnenlandse bronnen (zie §6.1.2) bijna te worden gehaald. Met het aanvullende maatregelenpakket neemt de belasting volledig af tot het gewenste niveau (zie tabel 6.3). Zoals hiervoor al aangegeven is bij de berekeningen verondersteld dat de instroom uit het buitenland met 50% reduceert, conform de afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan. Indien dit niet gebeurt zal het behalen van de doelstelling moeilijk worden omdat het buitenland voor ruim 90% bijdraagt aan de belasting van oppervlaktewater.

grondwater

Zoals in §6.1.2 aangegeven wordt de streefwaarde in grondwater waarschijnlijk grootschalig overschreden omdat de natuurlijke achtergrondconcentratie hoger is dan de vastgestelde streefwaarde. Antropogene emissies kunnen de overschrijding nauwelijks verklaren. Om toch een indruk te geven van de antropogene bijdrage wordt in tabel 6.3 de chroombelasting van het grondwater gegeven. Hieruit blijkt dat het autonome scenario tot een reductie van

ongeveer 20% leidt, door een verminderd gebruik van RWZI-slib en dierlijke mest op landbouwbodem. Het aanvullende maatregelenpakket heeft nauwelijks extra invloed.

6.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer

In hoofdstuk 2 is betoogd dat het ons uit oogpunt van voorraadbeheer zinvol lijkt om per deelsysteem een kort overzicht te geven van de verliezen voor de situatie 1990, 2010 autonoom en 2010 met maatregelen. Dit overzicht wordt afgesloten met een, ons inziens, geschikte indicator voor de verspilling van chroom.

Bij de berekening van de ketenverliezen is uitgegaan van het volgende:

* er is alleen gekeken naar het intentionele gebruik van chroom. Dit omdat we met voorraadbeheer willen aangeven hoeveel van het bewust uit de aardkorst gewonnen chroom verspild wordt.

* als ketenverliezen worden beschouwd: 1) emissies, 2) stort en 3) reststoffen, waarin het metaal als verontreiniging zit, onafhankelijk van verder gebruik van deze reststoffen.

Het deelsysteem winning

In Nederland wordt geen chroom gewonnen

Het deelsysteem productie

Tabel 6.4 De chroomverliezen bij het deelsysteem productie

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maat- regelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maat- regelen (in %)
instroom van geïmporteerd chroom en secundair chroom (uit het deelsysteem Afvalverwerking)	10.500	12.800	12.800	100	100	100
uitstroom naar andere deelsystemen en export	10.300	12.500	12.500	98	98	98
verliezen	300	300	300	2	2	2

Dit deelsysteem omvat alle industrieën, die chroom intentioneel toepassen, zoals bij de productie van verduurzaamd hout, leer, textiel, Chroom(VI)pigmenten, verf, magneten, metaal en steen.

Instromen zijn: de import van chroom en chroomverbindingen en het secundaire chroom van het deelsysteem afvalverwerking. Uitstromen zijn: export en de deelsystemen toepassingen.

Dit deelsysteem is behoorlijk gesloten. De grootste verliezen zijn te vinden bij de leerindustrie en de basismetaalindustrie. Autonoom neemt de instroom en daardoor ook de verliezen licht toe. Relatief gezien blijven de verliezen gelijk zodat dit deelsysteem even gesloten als in 1990 blijft.

Het aanvullende maatregelenpakket heeft geen extra invloed op de voorraad.

Het deelsysteem toepassingen

Tabel 6.5 De chroomverliezen bij het deelsysteem toepassing

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van chroomhoudende produkten uit het deelsysteem Productie en via import	11.000	12.400	12.400	100	100	100
uitstroom naar deelsysteem afvalverwerking	5600	6200	6200	51.0	49.5	49.5
economische accumulatie	5400	6200	6200	48.6	50.3	50.3
verliezen	40	30	30	0.4	0.2	0.2

Dit deelsysteem omvat de toepassingen in de bouw, het verkeer en de huishoudens. Instromen vinden plaats vanuit het deelsysteem Productie, en via de import van gereede produkten. De uitstroom bestaat uit te verwerken afval (en komt in het hieronder beschreven deelsysteem Afvalverwerking aan de orde). Verliezen vinden onder andere plaats door afvalwater dat naar de RWZI's gaat, door corrosie of emissie van b.v. verf of verchroomd staal.

Accumulatie treedt op bij de bouw en bij huishoudens. Het betreft allerlei chroomhoudende produkten. Dit chroom zal in de toekomst alsnog bij het deelsysteem Afvalverwerking terecht komen. Verwacht wordt dat ongeveer driekwart als schroot is her te gebruiken en een kwart verloren gaat (door stort of verbranding).

Autonoom neemt de stroom naar toepassingen licht toe. De verliezen nemen iets af (zie tabel 6.5). Het maatregelenpakket heeft geen extra invloed op de voorraad.

Het deelsysteem lijkt op de in tabel 6.5 gepresenteerde wijze zeer gesloten. Men moet hierbij echter voor ogen houden dat een groot deel van de uitstroom in het deelsysteem

Afvalverwerking uiteindelijk uit de keten weglekt, en dat er een accumulatie optreedt waaruit in de toekomst chroom kan weglekken (zie *indicator*, volgende pagina).

Het deelsysteem afvalverwerking

Tabel 6.6 De chroomverliezen bij het deelsysteem afvalverwerking

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van chroomhoudend afval uit andere deelsystemen en via import van schroot	9100	9600	9600	100	100	100
secundair chroom (m.n. schroot) naar export en deelsysteem Productie	8200	8800	8800	90	92	92
verliezen	900	800	800	10	8	8

De instroom naar het deelsysteem Afvalverwerking bestaat uit import van schroot en afval uit het deelsysteem Toepassingen en Productie. Uitstroom is schroot dat wordt geëxporteerd of hergebruikt in het deelsysteem Productie. De verliezen ontstaan door stort en afvalverbranding.

Autonoom neemt de stroom naar het deelsysteem Afvalverwerking licht toe door het toenemende gebruik van chroomhoudende producten. De verliezen nemen af door een betere inzameling van schroot. Het aanvullende maatregelenpakket heeft geen extra effect op de voorraad.

Indicator

In het deelsysteem Toepassingen zit een post 'economische accumulatie' (zie tabel 6.5), die uiteindelijk tot verliezen zal leiden. De mate waarin hangt af van het recyclingspercentage van de in de economie aanwezige chroomproducten. In de deelketenanalyse zoals die hierboven is gepresenteerd wordt dit niet zichtbaar. Daarom wordt in tabel 6.7 een 'theoretische' deelketen Toepassing gepresenteerd. Hierin is economische accumulatie weggewerkt vrachtauto (door het schatten van een recyclingspercentage per type produkt) én wordt het afval dat na toepassing ontstaat niet naar een andere deelketen geschoven (voor een beschrijving van de methode, zie hoofdstuk 2).

De in tabel 6.7 weergegeven 'verliezen' worden beschouwd als een geschikte indicator voor voorraadbeheer. Deze 'verliezen' zijn vele malen groter dan de verliezen die optreden bij het deelsysteem Productie, en spelen zodoende een dominante rol bij de verspilling van chroom.

Tabel 6.7 De chroomverliezen bij het deelsysteem toepassing met verrekening van de afvalverwerking en de economische accumulatie

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van chroomhoudende produkten uit het deelsysteem Productie en via import	11.000	12.400	12.400	100	100	100
secundair chroom (m.n. schroot) naar export en deelsysteem productie	8700	10.100	10.100	73	81	81
verliezen	2300	2300	2300	27	19	19

Het autonome scenario heeft een gunstige uitwerking op voorraadbeheer. Ondanks de toenemende toepassingen blijven de verliezen namelijk hetzelfde als in 1990. Dit is vooral een gevolg van een betere inzameling van recyclebaar schroot. Het aanvullende maatregelenpakket heeft geen extra effect op de voorraad.

6.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De chroomstroom door de Nederlandse economie is voor 96% intentioneel. In de huidige economie accumuleert chroom vooral in allerlei produkten van roestvaststaal en verchroomd staal. De accumulatie in het milieu vindt voor ruim 60% plaats op stortplaatsen, voor 17% in het sediment, en voor 17% in reststoffen van afvalverbrandingsinstallaties en electriciteitscentrales die in de (wegen)bouw worden toegepast.

Het blijkt dat de in dit dokument doorgerekende scenario's voor de chroomstroom als geheel tot meer gesloten ketens leidt:

- in het doorgerekende autonome scenario neemt de economische accumulatie met 11% toe, evenredig met de import. De accumulatie in het milieu neemt met 19% af. Hierbij zijn de in de (wegen)bouw toegepaste reststoffen in dit dokument opgevat als een verlies naar het milieu. Indien deze stoffen als economische accumulatie worden beschouwd neemt de accumulatie in het milieu zelfs met 71% af. Dit is het gevolg van een verschuiving van storten naar verbranden.
Overigens levert het toepassen van de reststoffen voor wat betreft chroom nauwelijks milieubelasting op omdat het uitlooggedrag van chroom ver beneden de norm blijft;
- het doorgerekende scenario met aanvullende maatregelen (bovenop de autonome ontwikkeling) komt vrijwel overeen met het autonome scenario.

In het algemeen geldt voor chroom dat er slechts twee milieuc compartimenten zijn waar lichte overschrijdingen van de kwaliteitsnormen plaatsvinden: oppervlaktewater/sediment en grondwater. Voor grondwater is de overschrijding van de streefwaarde bovendien erg onzeker, omdat de norm waarschijnlijk boven het natuurlijke achtergrondgehalte ligt.

Uit de doorgerekende scenario's blijkt ten slotte dat de overschrijdingen autonoom tot het gewenste niveau gereduceerd kunnen worden.

De doorgerekende scenario's zijn voor voorraadbeheer gunstig. Vanuit oogpunt van voorraadbeheer is een indicator ontwikkeld voor de Nederlandse chroomstroom en de daarbij optredende verliezen: in 1990 is het verlies 27% van de hoeveelheid die wordt toegepast, in 2010 autonoom 19%, en in 2010 met extra maatregelen 19%. De gunstige autonome ontwikkeling is vooral een gevolg van een betere inzameling van recyclebaar schroot. Overigens dient opgemerkt te worden dat de verliezen absoluut gezien niet lijken af te nemen omdat het chroomgebruik toeneemt.

7. CADMIUM

7.1 DE CADMIUMKETEN

7.1.1 Beschrijving van de keten

In bijlage 2.9 en 2.10 worden overzichten gegeven van de cadmiumstromen door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu. De stromen gelden ruwweg voor het jaar 1990 en de gegevens zijn afkomstig van "Cadmium in Nederland; 1990" (CBS, 1993). Indien hiervan is afgeweken dan wordt dit in bijlage 3.5 aangegeven. In de bijlage is tevens de SFINX-file met de gedetailleerde cadmiumbalans opgenomen.

De cadmiumstromen door economie en milieu worden in figuur 7.1 op een abstract niveau samengevat. De figuur scheidt de stromen in een economie- en een milieudeel met daartussen een zekere interactie.

Uit figuur 7.1 blijkt dat ongeveer 1000 ton cadmium wordt geïmporteerd. Dit is ca. 98% van de totale hoeveelheid cadmium die jaarlijks in Nederland binnenkomt. De niet-intentionele stroom is hierbij aanzienlijk: ca. 750 ton cadmium wordt geïmporteerd als 'verontreiniging' in materialen en produkten. Zo importeert de zinkertsverwerkende industrie zinkconcentraat dat 700 ton cadmium bevat. Overigens kan dit ook worden beschouwd als een intentionele stroom omdat cadmium (bijna 600 ton) als bijproduct bij deze zinkertswinning wordt gewonnen. Overige niet-intentionele toepassingen zijn: kolen, olie, ijzer- en fosfaaterts, fosforzuur, kunstmest en veevoer.

Op basis van het stofstroomoverzicht is een jaarlijkse accumulatie in de Nederlandse economie berekend van 58 ton cadmium. Opvallend is dat bij een aantal produkten deaccumulatie optreedt (zie fig. 7.3). Dit omdat het cadmiumgehalte in deze produkten is afgenomen. Zo is het cadmiumgehalte van het in Nederland geproduceerde zink sinds 1973 met een factor 1000 afgenomen. Aangezien oud, met cadmium verontreinigd zinkschroot wordt geëxporteerd verdwijnt het cadmiumrijke zink langzaam uit de Nederlandse economie.

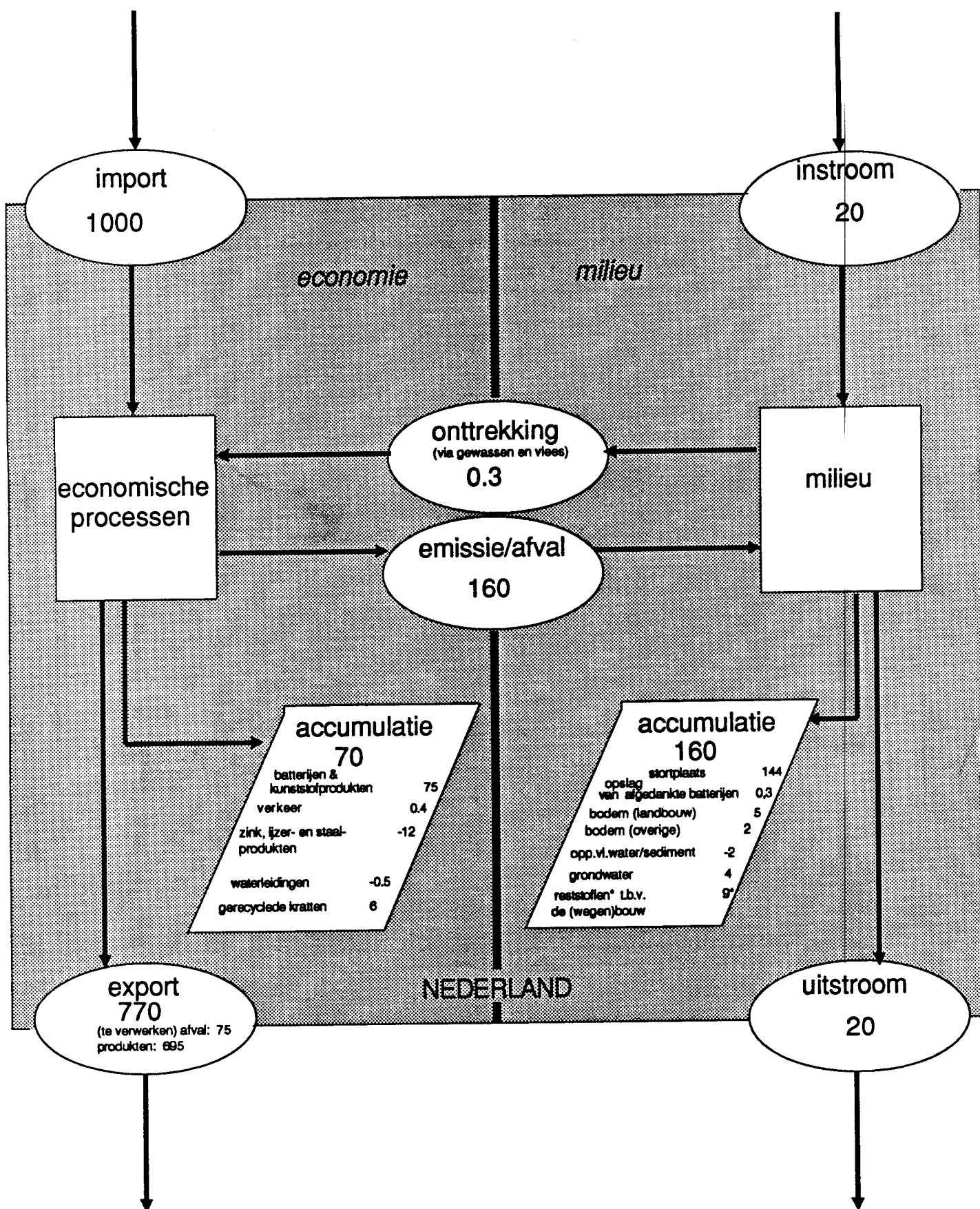
Accumulatie treedt vooral op bij kunststofprodukten waarin het cadmium als stabilisator of pigment is toegepast. Deze accumulatie wordt voor het jaar 1990 ruwweg geschat op 70 ton. Door het inwerking treden van het Cadmiumbesluit in 1990 neemt het gebruik van cadmiumhoudende produkten sterk af. In 1990 is deze afname nog nauwelijks zichtbaar. Ten eerste is het Cadmiumbesluit in 1990 net ingegaan waardoor veel bedrijven nog niet zijn overgegaan op cadmiumvrije toepassingen. Uit CBS-cijfers blijkt dat de netto-import van cadmiumhoudende pigmenten in 1990 67 ton was. Een groot deel van de hieruit geproduceerde producten wordt geëxporteerd. Er komen echter ook cadmiumhoudende produkten op de Nederlandse markt terecht. Ten tweede vindt er import van cadmiumhoudende produkten plaats. De controle op het cadmiumgehalte van produkten is lastig, o.a. omdat de analysemethode vrij kostbaar is (NFK, 1993). Ten derde is er sprake van

grote voorraden van cadmiumhoudende kunststoffen. Deze voorraden zijn voor een deel recyclebaar waardoor ze voor lange tijd in de economie kunnen blijven. De NFK schatte dat er de komende jaren 10.000 tot 15.000 ton cadmiumhoudend materiaal (met cadmiumgehalten van 100 tot 1500 mg/kg) op jaarbasis bij recyclers vrij zal komen (NFK, 1993). Dit is dus 1 tot 20 ton cadmium per jaar (in §7.3 wordt hierop verder ingegaan). Deze voorraden worden naar alle waarschijnlijkheid gerecycled tot duurzame produkten, die binnen een gecontroleerd circuit worden gehouden (zoals pallets of kratten waarop statiegeld wordt geheven). Hiermee wordt voorkomen dat de cadmiumhoudende voorraden diffuus in economie en milieu terecht komen (mogelijk wel in een later stadium).

Voor de interactie-stappen tussen economie en milieu is een viertal keuzen gemaakt:

- De opslag van afgedankte batterijen wordt als een afvalstroom beschouwd, omdat in 1990 nog geen geschikte herverwerkingsmethode voor handen is (momenteel worden ze in Frankrijk verwerkt). De fractie nikkel-cadmium batterijen van het totaal aan ingezamelde batterijen wordt in 1990 geschat op 0,1%. In 1990 zijn 1730 ton batterijen ingezameld, dus ca 2 ton nikkel-cadmium batterijen. Aangezien deze voor ongeveer 13% uit cadmium bestaan bestaat de stroom in 1990 uit ongeveer 0,3 ton cadmium.
- De export van cadmiumhoudende restprodukten wordt als onderdeel van de economie beschouwd. Het betreft afgedankte raam- en deurprofielen van kunststof (11 ton cadmium), accu's (32 ton cadmium), koper en kobaltkoek (30 ton cadmium) (CBS, 1993). De afvalstromen worden in het buitenland opgewerkt en soms na behandeling weer geïmporteerd.
- De totale cadmiumstroom naar landbouw wordt in figuur 7.1 als 'emissie' beschouwd, ondanks het feit dat landbouw een economisch proces is. Het cadmium komt namelijk ongewild op en in de gewassen terecht, voornamelijk als gevolg van het gebruik van fosfaatkunstmest, waarin cadmium als verontreiniging zit (zie §7.2.1). Een klein deel van deze cadmiumstroom wordt vervolgens door cadmiumopname van vee en gewassen teruggevoerd naar de economie (circa 0,3 ton). Dit wordt in figuur 7.1 met de stroom 'onttrekking' weergegeven.
- Afvalverbrandingsinstallaties zijn als onderdeel van het milieu beschouwd. Voor een motivatie van deze keuze zie §3.1.1. Jaarlijks komt circa 17 ton cadmium bij avi's terecht. De slakken en vliegassen, die na verbranding overblijven worden gestort of toegepast in de bouw en in de wegenbouw.

Zoals in figuur 7.1 aangegeven vindt er een accumulatie in het Nederlandse milieu plaats van ongeveer 172 ton: voor 82% op stortplaatsen, voor 7% opslag, voor 5% in de (wegen)bouw en voor 3% op landbouwgronden. Opvallend is de deaccumulatie in het oppervlaktewater en sediment. De verklaring hiervoor wordt in §7.2.2 gegeven.



Figuur 7.1 De cadmiumstroom in Nederland in 1990 (in ton)
 * De reststoffen zijn afkomstig van afvalverbrandingsinstallaties en elektriciteitscentrales

7.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen.

De accumulatie in het milieudeel - zowel nu als in het verleden - leidt tot overschrijdingen van de gewenste milieukwaliteit. In tabel 7.1 wordt per compartiment c.q. reststroom of produkt een overzicht gegeven van de huidige cadmiumgehalten afgezet tegen de huidige kwaliteitscriteria.

Tabel 7.1 Overzicht van de meest recente cadmiumgehalten in relatie tot de normen. De normen zijn afkomstig van de opdrachtgever, het Ministerie van VROM (Zoetemeijer, 1994). Voor overige milieukwaliteitsnormen wordt verwezen naar het rapport 'Aandachtstoffen in het Nederlandse milieubeleid' (Janus, 1994).

Compartiment/ produkt	norm	Waargenomen gehalte	Jaar/ Bron	Opmerking
Lucht	MIC(Gr) ^a :0,05µg.m ⁻³	0,00034-0,00071 µg.m ⁻³ (jaargem.) (in 1992)	RIVM, 1993c	geen overschrijding
Oppervlakte- water (totaal)	Grensw.:0,2 µg.l ⁻¹ streefw.:0,05µg.l ⁻¹	45% van de waarnemingen boven de grenswaarde (in 1991)	Coppoolse, 1993	
drinkwater				Vanwege de lage concentraties zijn sinds 1982 geen systematische metingen meer verricht (CCRX, 1992).
Sediment	interventiewaarde: 12 mg.kg ⁻¹ grensw.:2 mg.kg ⁻¹ streefw.:0,8 mg.kg ⁻¹	40-50% van de waarnemingen boven de grenswaarden (in 1991)	Coppoolse, 1993 RIVM,1992b	bij de rijkswateren wordt de grenswaarde beduidend meer overschreden dan bij regionale wateren
Bodem	interventiewaarde ^b): 12mg.kg-1 streefw. ^b):0,8mg.kg ⁻¹	9,7% van de waarnemingen boven de streefwaarde (in 1991)	RIVM, 1992b	met name in Limburg grote overschrijdingen; verder (in heel Nederland) overschrijdingen bij bouwland op zandgronden.
Grondwater	interventiewaarde: 6 µg.l ⁻¹ Streefw.: 0,4 µg.l ⁻¹	ca. 10% van de waarnemingen boven de streefwaarde (in 1991)	RIVM, 1992b	

Zuiveringslib - communaal - industrieel	1,25 mg.kg ⁻¹ 1,25 mg.kg ⁻¹	(in 1990) 2,0 mg.kg ⁻¹ 1,1 mg.kg ⁻¹	Baas, 1993	strukturele overschrijding bij communaal slib
uitloging van cadmium in AVI-bodemas	U1(N1)=0,03 mg.kg ⁻¹ d.s U2(N2)=0,07 mg.kg ⁻¹ d.s	gem. <i>uitloging</i> (in 1993): 0,004mg.kg ⁻¹ d.s max.:0,04mg.kg ⁻¹ d.s	Aalbers, 1993	geen overschrijding
AVI-vliegas	BAGA ^{e)} - grenswaarde: 50 mg.kg ⁻¹	gem. (in 1993): 138 mg.kg ⁻¹ max.:337 mg.kg ⁻¹	implementatie plan AVI- reststoffen 1995	strukturele overschrijding
GFT-compost	0,7 mg.kg ⁻¹ (zeer schone compost	gem. (in 1994): 0,74 mg.kg ⁻¹ max.: 1.6 mg.kg ⁻¹	VROM, 1992 & mondelinge inform. VROM, 1995	geringe overschrijding

- a) Maximale Immissie Concentratie
b) bij een standaardbodem: 25% lutum, 10% organische stof
c) AVI-vliegas is in het kader van het Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen (BAGA) aangewezen als gevaarlijke afvalstof.

Uit het overzicht blijkt dat voor cadmium op dit moment overschrijdingen van normen worden waargenomen in bodem, grondwater, oppervlaktewater en waterbodems, GFT-compost en in communaal RWZI-slib. De cadmiumstromen naar deze compartimenten c.q. producten worden gezien als probleemstromen.

Uit het overzicht blijkt dus dat cadmium in AVI-bodemas geen probleem vormt. De cadmiumconcentratie in AVI-vliegas overschrijdt de norm, de BAGA-grenswaarde, aanzienlijk. Ook de uitloging (gemiddeld 2,4 mg.kg⁻¹d.s.) is aanzienlijk meer dan de U1- en U2-normen van respectievelijk 0,03 mg.kg⁻¹d.s en 0,07 mg.kg⁻¹d.s (Aalbers, 1993). Aangezien het grootste gedeelte van de reststroom van AVI's uit AVI-bodemas bestaat (voor ong. 90%) wordt de overschrijding van de BAGA-grenswaarde van AVI-vliegas in dit rapport slechts zijdelings behandeld (in §7.3).

Reductiedoelstellingen

Om overschrijding van de milieukwaliteit in een probleemstroom in de toekomst te vermijden, is reductie van de stroom naar dat compartiment of (rest)produkt nodig. Hieronder worden reductiedoelstellingen voor de probleemstromen gegeven. Deze worden in dit document gebruikt om de autonome ontwikkelingen en aanvullende maatregelen te evalueren op hun effectiviteit. Voor RWZI-slib wordt het gewenste reductiepercentage afgeleid op basis van de waargenomen overschrijdingen. Voor de milieucompartimenten en voor GFT-compost wordt, zoals uitgelegd in §2.2.2, gebruik gemaakt van beleidsdoelstellingen.

Landbouwbodem

Voor zware metalen in alle milieucompartimenten is in de "Strategienotitie Verspreiding" een reductiedoelstelling opgenomen voor *Nederlandse* bronnen van 80% in 2010 t.o.v. de belasting in het basisjaar 1985. In de periode 1985-1990 is de cadmiumtoevoer naar de landbouwbodem afgenomen van 15 naar 11 ton ten gevolge van een vermindering van het cadmiumgehalte in kunstmest (RIVM, 1993a). Ten opzichte van het basisjaar 1990 is dus een reductie van 75% nodig om het gewenste niveau (van 3 ton cadmiumtoevoer naar landbouwbodem) te bereiken. Dit percentage wordt in dit rapport als richtinggevend beschouwd voor Nederlandse bronnen. Internationaal zijn nog geen doelstellingen afgesproken voor het jaar 2010. Wel is in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan afgesproken dat de cadmiumemissies naar water en lucht voor 2000 met 70% worden gereduceerd, ten opzichte van de belasting in 1985. Deze reductiedoelstelling van 70% wordt in dit document aangehouden voor het buitenland.

Oppervlaktewater

Net als bij bodem geldt voor oppervlaktewater een reductiedoelstelling voor Nederlandse bronnen van 80% ten opzichte van 1985. De binnenlandse emissies naar oppervlaktewater zijn in de periode 1985-1990 met 65% gedaald (van 18 naar 6 ton) (RIVM, 1993a). Om het gewenste niveau (van 3,6 ton) te bereiken is een reductie van de binnenlandse emissies nodig van 40% ten opzichte van het niveau in 1990. Dit percentage wordt voorlopig in dit rapport als richtinggevend beschouwd. Voor het buitenland wordt net als bij bodem uitgegaan van 70% reductie, ten opzichte van 1985, conform de afspraken in het kader van het Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan

GFT-compost

Op basis van de waargenomen overschrijdingen is voor GFT-compost een gewenste reductie van de concentratie nodig van ongeveer 10% (1 - (norm/waargenomen gemiddelde)).

Rioolwaterzuiveringsslib

Op basis van de waargenomen overschrijdingen is voor communaal rioolwaterzuiveringsslib een gewenste reductie van de cadmiumbelasting (voor alle bronnen tezamen) van 40% nodig (1 - (norm/waargenomen gemiddelde)).

AVI-vliegas

Op basis van de waargenomen overschrijdingen voor avi-vliegas is een gewenste reductie van de cadmiumbelasting van ruim 60% nodig om de BAGA-grenswaarde te bereiken (1 - (norm/waargenomen gemiddelde)).

In paragraaf 7.2 worden de probleemstromen verder uitgewerkt.

7.1.3 De cadmiumketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer

Cadmium is een bijproduct van de zinkfabricage. In Nederland is in 1990 590 ton cadmium geproduceerd bij de zinkertsverwerking.

Ook wereldwijd wordt cadmium hoofdzakelijk geproduceerd als bijproduct van de zinkwinning. Cadmium wordt in kleine hoeveelheden gewonnen uit vliegassen die worden gevormd bij lood- en kopersmelters (USBM, 1991).

De consumptie van cadmium nam in 1992 in landen met een markteconomie in totaal met 3% af (Metals and Minerals Annual Review, 1993). De verklaring wordt gezocht in economische factoren, niet in vervanging door andere toepassingen. Het gebruik van NiCd-batterijen (met 60% wereldwijd het belangrijkste toepassingsgebied) nam met name in Japan af, door een scherpe daling in de camcorder-verkopen en door concurrentie met andere typen oplaadbare batterijen, zoals nikkelhydride en lithiummangaandioxide batterijen. De toekomst van de markt voor draagbare herlaadbare batterijen is echter rooskleurig: deze markt is in 2000 naar verwachting met een factor 5 gegroeid ten opzichte van het huidige niveau. Een behoorlijke groei wordt ook verwacht, wanneer wordt bedacht dat NiCd-batterijen waarschijnlijk geschikt zijn als energiebron voor elektrische auto's, een potentieel sterk opkomend toepassingsgebied. Aangezien de batterijenmarkt het cadmiumgebruik sterk domineert, wordt wereldwijd een toenemend gebruik van cadmium verwacht (Metals and Minerals Annual Review, 1993), tenzij grootschalig wordt overgegaan op cadmiumvrije oplaadbare batterijen.

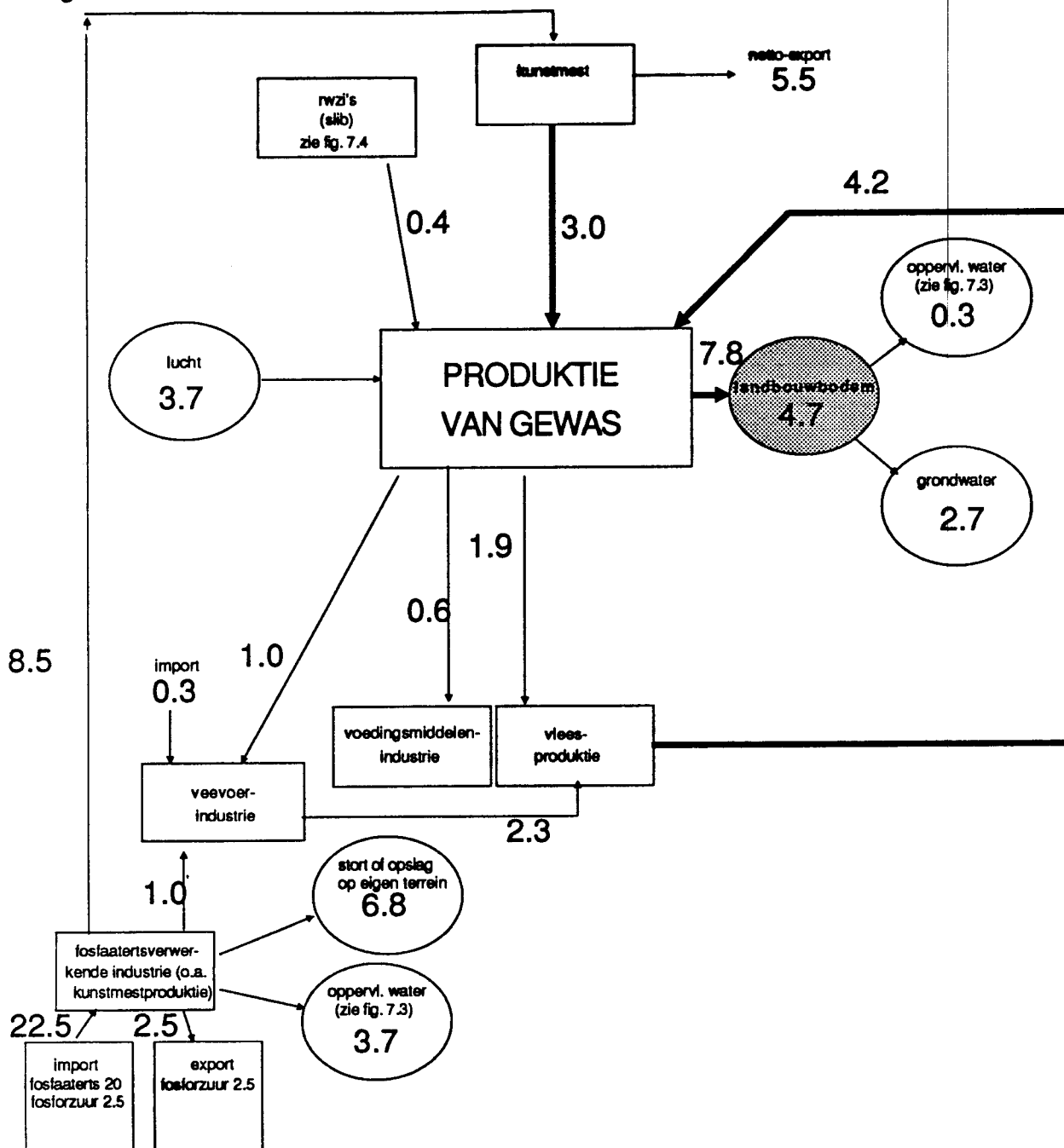
In §7.3.4 wordt de cadmiumketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer voor Nederland geanalyseerd.

7.2 CADMIUMGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST

Zoals in §7.1.2 aangegeven worden in een aantal milieuc compartimenten c.q. reststromen of produkten de normen voor cadmium overschreden. Hieronder volgt een analyse van de cadmiumstromen met de doelgroepen die hiervoor verantwoordelijk zijn.

7.2.1 Agrarische bodem

In figuur 7.2 worden de cadmiumstromen van en naar de landbouwbodem weergegeven.



Figuur 7.2 De cadmiumstroom van en naar de agrarische bodem in 1990 (in ton)

De belangrijkste directe oorzaak van bodembelasting is de toepassing van kunstmest en dierlijke mest. Het cadmium in dierlijke mest is afkomstig van het veevoer, deels uit de veevoerindustrie en deels via gewassen zelf, die ten gevolge van het mechanisme van 'closed loop accumulatie' verhoogde gehalten aan cadmium bevatten. Uiteindelijk is tweederde van cadmium in de landbouwbodem afkomstig van kunstmest en krachtvoer. In beide produkten is de achterliggende oorzaak de verontreiniging van fosfaaterts met cadmium (zie figuur 7.2).

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de cadmiumtoevoer naar landbouwbodem is naar schatting:

buitenland (t.g.v. atmosferische depositie)	14%
Nederland	86%

De herkomst van de *Nederlandse* cadmiumbelasting van de landbouwbodem wordt op drie niveaus weergegeven:

<i>1. Directe oorzaken</i>		
kunstmest		31%
dierlijke mest		43%
atmosferische depositie		23%
zuiveringsslib (RWZI)		3%

		100%
<i>2. Doelgroepen</i>		
landbouw		74%
industrie		15%
milieubedrijven		9%
AVI		6%
RWZI		3%
verkeer		1%
overige		1%

		100%
<i>3. Uiteindelijke herkomst</i>		
import fosfaaterts		42%
import kunstmest		12%
import van ijzererts		14%
import van fosfaatzuur		5%
import van olie		8%
import van cadmiumhoudende kunststoffen of pigmenten		9%
import van krachtvoedergrondstoffen		5%
overige		5%

		100%

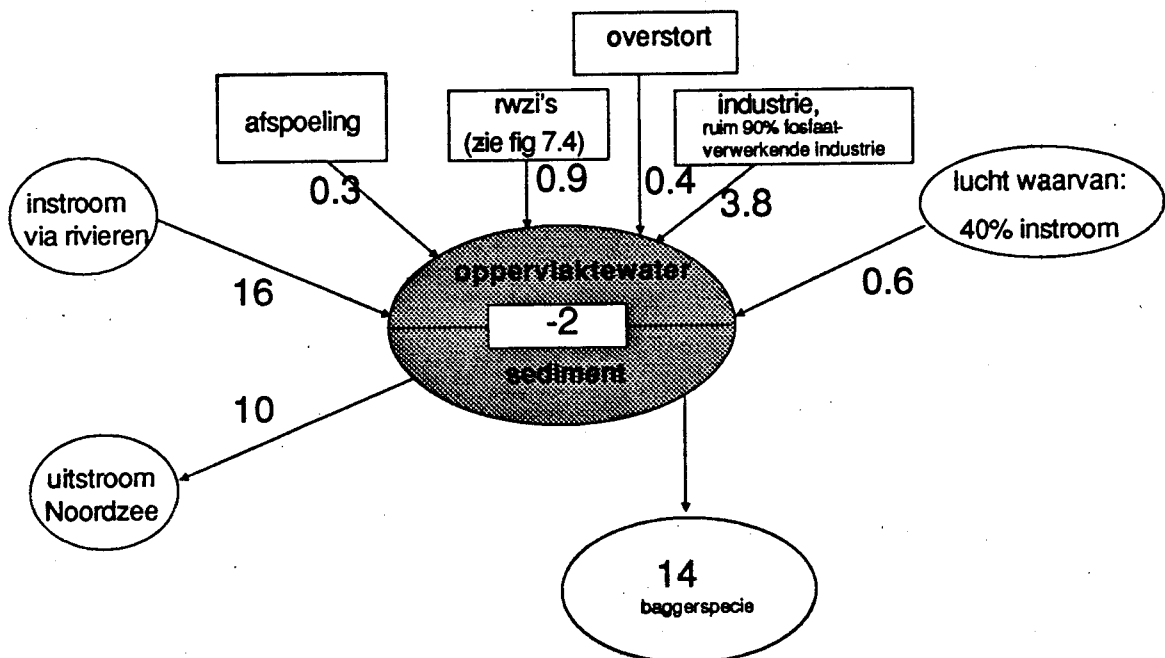
7.2.2 Grondwater

Uit figuur 7.2 blijkt dat de uitspoeling van agrarische gronden naar grondwater ruwweg 2,7 ton cadmium is. De uitspoeling van niet-agrarische gronden is ruwweg 1,1 ton, afkomstig van depositie, verkeer, GFT-compost en corrosie van zinken voorwerpen.

7.2.3 Oppervlaktewater en sediment

In figuur 7.3 worden de cadmiumstromen van en naar het oppervlaktewater/sediment weergegeven. Opvallend is dat er deaccumulatie in oppervlaktewater en sediment optreedt. Het sediment dat in 1990 werd gebaggerd bevatte namelijk door historische verontreinigingen een hoog cadmiumgehalte ten opzichte van het gehalte in het oppervlaktewater. De reden hiervoor is dat de cadmiumlozingen door de binnen- en buitenlandse industrie in de periode 1975-1990 enorm zijn gedaald: van 152 ton tot 22 ton cadmium per jaar. Hierdoor zijn de cadmiumconcentraties in het oppervlaktewater sterk afgenomen. De concentraties in het sediment vertonen daarentegen slechts een geringe afname, omdat cadmium in sediment een langere verblijftijd heeft. Uit recent onderzoek blijkt dat sediment een bron van cadmium naar het oppervlaktewater is (Bons, C.A. *et al.*, 1994).

Uiteindelijk neemt de cadmiumconcentratie in het sediment wel af. Enerzijds omdat schoner sediment wordt aangevoerd en mengt met de vervuilde waterbodem, en anderzijds omdat het meest vervuilde sediment wordt gebaggerd en opgeslagen (met name op de stortplaats Slufter).



Figuur 7.3 De cadmiumstroom van en naar het oppervlaktewater en sediment in 1990 (in ton)

De in figuur 7.3 aangegeven deaccumulatie geldt voor het Nederlandse oppervlaktewatersysteem als geheel.

Bij de zware metalen, die in de voorgaande hoofdstukken zijn behandeld, treedt bovengenoemd effect in mindere mate op, omdat de emissies in de periode 1975-1990 relatief minder zijn afgenomen dan bij cadmium. Bij die metalen is uitgegaan van een jaarbalans waarbij de metaaltoevoer naar oppervlaktewater voor 30% wordt gebaggerd, voor 30% uitstroomt naar de Noordzee en voor 40% in het sediment accumuleert. Indien deze benadering ook wordt gevolgd voor de cadmiumstroom dan is de accumulatie in het sediment 8,6 ton in plaats van -1,7 ton cadmium. Met andere woorden er is in 1990 als gevolg van *historische* belasting weggebaggerd.

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de cadmiumbelasting van oppervlaktewater is:

buitenland	75%	
t.g.v. instroom via rivieren		74%
t.g.v. instroom via lucht		1%
Nederland	25%	

De herkomst van de *Nederlandse* cadmiumtoevoer naar oppervlaktewater kan op drie niveaus worden weergegeven:

<i>1. Directe oorzaken</i>		
fosfaatertsverwerking	59%	
overige industriële processen	7%	
RWZI	15%	
atmosferische depositie	7%	
afspoeling	6%	
overstort	7%	

	100%	
<i>2. Doelgroepen</i>		
industrie	70%	
fosfaatertsverwerking		62%
m.n. ijzer- en staalindustrie		8%
milieubedrijven (RWZI en AVI)	24%	
landbouw	2%	
verkeer	3%	
overige	1%	

	100%	

3. Uiteindelijke herkomst	
import fosfaaterts	65%
corrosie van waterleidingen	4%
import fosfaatzuur	8%
import ijzererts	4%
voorraad in huishoudens	4%
onbekende bron naar RWZI's	4%
import overige (o.a. olie)	11%
	—
	100%

Uit de herkomstanalyse blijkt dat de aanvoer van cadmium vanuit het buitenland overheersend is. Wanneer we ons beperken tot binnenlandse bronnen, dan zijn de fosfaatertsverwerking en de RWZI's de belangrijkste oorzaken van cadmiumbelasting van het oppervlaktewater/sediment. De import van fosfaaterts is, net als bij de cadmiumbelasting van de landbouwbodem, de belangrijkste uiteindelijke oorzaak.

7.2.4 Groente-, fruit- en tuinafval

Het is niet mogelijk gebleken om de herkomst van cadmium in GFT te bepalen. Vooruitlopend op nader onderzoek, is met enkele ruwe aannames, die in bijlage I worden onderbouwd, geschat dat voor de 1990 situatie (van ongeveer 0.06 ton cadmium in 120.000 ton GFT compost) ongeveer 0.01 ton van landbouwbodem (GF) komt en 0.05 ton van tuintjes (T). Deze waarde moet als indicatief worden beschouwd. In de volgende paragraaf wordt besproken in hoeverre reducties van de cadmiumbelasting naar de agrarische en niet-agrarische bodem kunnen leiden tot een afname van het cadmiumgehalte in GFT-compost.

7.2.5 RWZI-slib

Rioolwaterzuiveringsslib is een reststof waar cadmium vanuit het oogpunt van gewenste milieukwaliteit in te hoge mate in voorkomt. In figuur 7.4 worden de cadmiumstromen van en naar riolen-rioolwaterzuiveringsinstallaties weergegeven.

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de totale cadmiumtoevoer naar RWZI's is:

buitenland (t.g.v. atmosferische depositie)	4%
Nederland	96%

De herkomst van de *Nederlandse* cadmiumemissies naar RWZI's wordt op drie niveaus weergegeven:

1. Directe oorzaken		
corrosie van drinkwaterleidingen	25%	
onbekend	22%	
huishoudens	19%	
faeces/urine		15%
produkten: o.a. cosmetica, reinigingsmiddelen, textiel- en vaatwasmiddelen		4%
industriële lozingen (m.n. bij de pigmentproductie en -verwerking)	8%	
verkeer (slijtage van autobanden & wegdek)	5%	
afvalverbrandingsinstallaties	15%	
lucht (depositie)	6%	

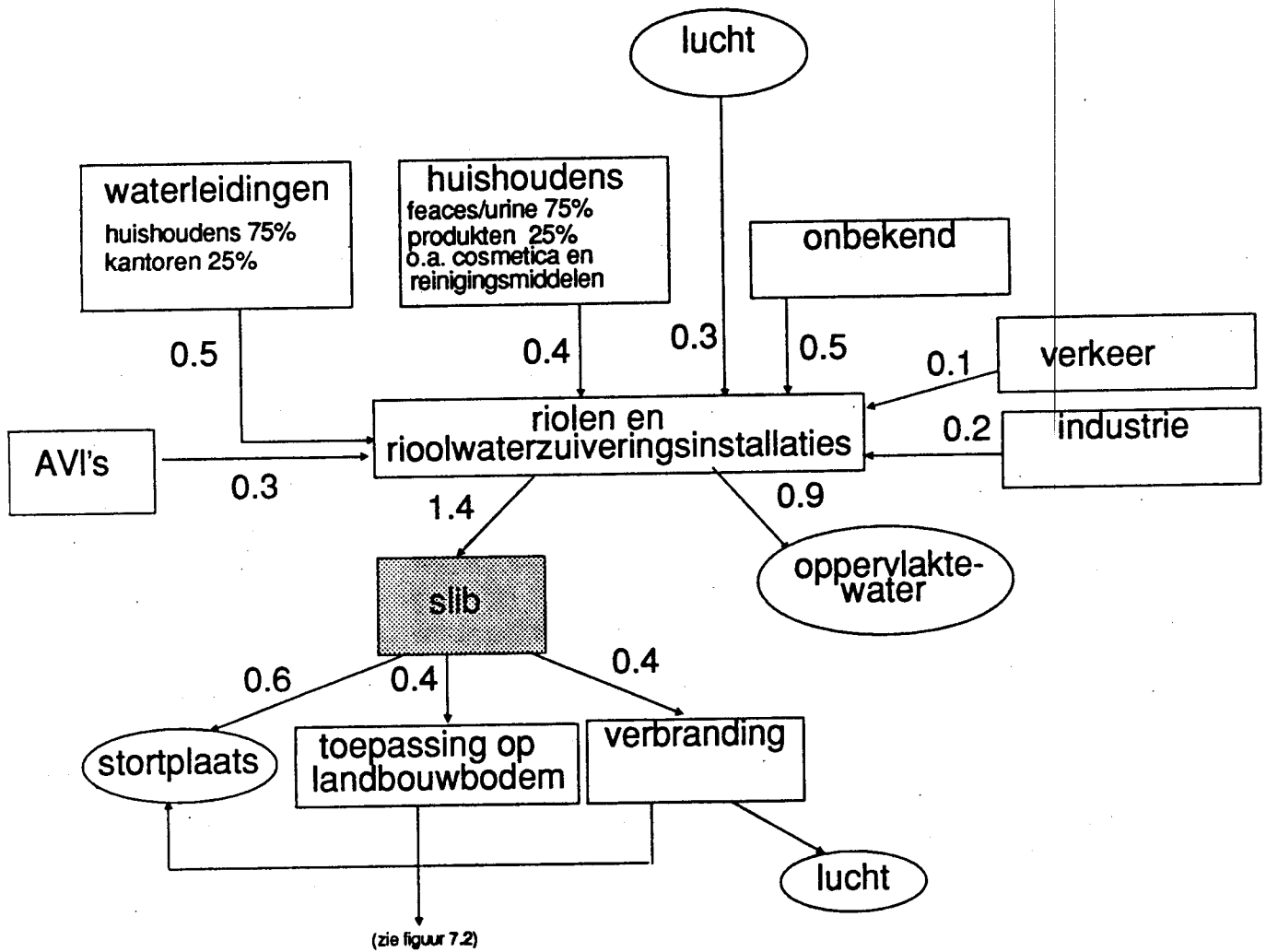
	100%	
2. Doelgroepen		
bouw (waterleidingen)	25%	
onbekende bron	22%	
huishoudens	19%	
AVI (afvalwater en emissie naar lucht)	18%	
industrie	11%	
afvalwater pigmentproductie		7%
emissie naar lucht (mn ijzer- en staal industrie)		4%
verkeer	5%	
buitenland	4%	

	100%	
3. Uiteindelijke oorzaken		
waterleidingen	25%	
onbekende bron	22%	
voorraad in huishoudens	18%	
import van pigmenten	7%	
import van voedingsmiddelen	6%	
import van Cd bevattende produkten naar huishoudens	5%	
instroom via lucht uit buitenland	5%	
import van auto's	5%	
import van ijzererts	3%	
import van olie	2%	
import van P erts	2%	
import van P-kunstmest	1%	
schroot uit ijzer en staalketen	1%	
overige	1%	

	100%	

De categorie 'onbekend' is samen met de corrosie van waterleidingen (inclusief heetwatertoestellen als geisers en boilers) de belangrijkste oorzaak voor het te hoge cadmiumgehalte in het zuiveringsslib. Net als bij koper geldt dat de categorie 'onbekend' zowel het gevolg kan zijn van onbekende bronnen als van onzekerheidsmarges in de overige

posten (zie §3.2.1). Duidelijk is dat meer kennis over deze post 'onbekend' interessant genoeg lijkt, om in de toekomst de hoeveelheid cadmium in zuiveringsslib terug te dringen.



Figuur 7.4 De cadmiumstroom naar rioolwaterzuiveringsslib in 1990 (in ton)

7.3 MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'-STROMEN

7.3.1 Keuze van maatregelen

In deze paragraaf wordt een schets gegeven van de cadmiumketen in het jaar 2010 als gevolg van de autonome ontwikkeling en na een selectie van (fictieve) maatregelen.

Autonome ontwikkeling

In paragraaf 1.2 is reeds aangegeven dat wordt uitgegaan van het 'European Renaissance'-scenario en het huidige vastgestelde beleid zoals ook doorgerekend in de Milieuverkenningen 3.

De omvang van de handel in en het verwerken van cadmiumhoudende produkten neemt in dit scenario af, ten gevolge van de beperkingen die het Cadmiumbesluit oplegt.

Een uitzondering op de afname aan cadmiumhoudende produkten vormt de handel in cadmiumhoudende accu's en batterijen, waar in dit scenario is uitgegaan van een groei van resp. 20 en 70%. Hierbij is aangenomen dat de cadmiumhoudende batterijen ten dele worden vervangen door batterijen zonder cadmium (het aandeel cadmiumvrije oplaadbare batterijen neemt namelijk toe). Daarnaast wordt er vanuit gegaan dat het inzamelingspercentage voor batterijen in 2010 95% is. In het Besluit Verwijdering Batterijen (januari 1995) is opgenomen dat het inzamelingspercentage minstens 90% moet worden.

In het 'European Renaissance'-scenario wordt aangenomen dat er in 2010 geen primaire zinkproductie in Nederland meer plaatsvindt. Dit is uiteraard een nogal twijfelachtige veronderstelling. Om echter consistent te blijven met de Nationale Milieuverkenningen 3 is in dit rapport uitgegaan van het sluiten van de zinkproducent (zie ook §4.3.1).

Ook belangrijk is de verwachting dat er in 2010 geen huishoudelijk afval meer gestort wordt. De stroom naar afvalverbrandingsinstallaties en het gescheiden inzamelen van GFT-afval zal hierdoor sterk toenemen. Dit heeft tot gevolg dat de reststoffen (slakken en vliegassen) ten behoeve van de bouw en wegebouw evenredig toenemen.

Verder wordt verwacht dat de voorraden van cadmiumhoudende kunststoffen worden gerecycled in 'duurzame produkten', die binnen een gecontroleerd circuit worden gehouden (NFK, 1993). Voorbeelden hiervan zijn pallets en kratten waarop statiegeld wordt geheven. Deze verwachting is vrij zeker; er kan echter ook worden besloten dat de voorraden verbrand moeten worden. In de volgende paragraaf wordt zowel voor verbranden als recyclen doorgerekend wat de cadmiumtoevoer naar AVI-reststoffen is.

De belasting van de landbouwgronden zal autonoom afnemen door een verminderd gebruik van kunstmest en dierlijke mest en het niet meer toepassen van zuiveringsslib op de landbouwbodem, onder invloed van resp. het fosfaatbeleid en het Besluit Overige Organische Meststoffen. Bovendien wordt bij de productie van kunstmest cadmiumarm fosfaaterts gebruikt waardoor kunstmest ongeveer 50 tot 60% minder cadmium bevat dan in 1990

(informatie van de cadmiummonitoring door de Nederlandse Kunstmest Federatie). Ten slotte wordt er vanuit gegaan dat de instroom uit het buitenland met 70% afneemt. Deze aanname is gebaseerd op afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan.

Maatregelen

In tabel 7.2 wordt een overzicht gegeven van de (fictieve) maatregelen die zijn doorgerekend.

Tabel 7.2 Overzicht van aanvullende (fictieve) maatregelen om de cadmiumketen te verbeteren

Maatregel	Beschrijving	Effect waarmee is gerekend	Kosten (indicatief)
Ind-1-Cd	Er wordt vanuit gegaan dat emissiedoelstellingen in IMT's volledig worden gehaald en dat voor alle industrietakken IMT's worden afgesloten	reductie van de emissiefactor met 80% t.o.v. 1985	40-400 miljoen extra, dus bovenop de kosten die autonoom gemaakt zullen worden
Lan-1-Cd	Er wordt autonoom in 2010 40% minder mest op landbouwbodem uitgereden. Hiermee wordt voldaan aan de fosfaatnormen. Deze maatregel gaat ervan uit dat met maximale inspanning nog een extra reductie van 10% plaatsvindt	10% minder mest t.o.v. de autonome reductie	niet bekend
Ind-2-Cd	Vervangen van NiCd batterijen door cadmiumvrije oplaadbare batterijen zoals nikkelhydride en lithiummangaandioxyde batterijen (100% substitutie)		
Mil-1-Cd	Extra zuivering bij rioolwaterzuiveringsinstallaties	50% extra zuivering	2 miljard (RIZA)

7.3.2 Doorwerking op de totale keten

In figuur 7.8 wordt een overzicht gegeven van de gevolgen van de autonome ontwikkeling en het maximale maatregelen-pakket op de gehele keten.

Autonoom

Uitgaande van de (onzekere) aanname dat de primaire zinkproductie wordt beëindigd, dan leidt dit voor de totale cadmiumketen tot het volgende:

- de totale import en export van cadmium neemt aanzienlijk af (in 1990 werd namelijk zinkconcentraat met 700 ton cadmium geïmporteerd; dit is ruim tweederde van de totale import van cadmium in 1990);

- de cadmiumhoudende reststoffen, koper- en kobaltkoek, worden niet meer geëxporteerd;
- de accumulatie van stort (op eigen terrein) neemt af met 83 ton cadmium omdat er geen jarosiet (afvalprodukt bij de primaire zinkproductie) meer wordt geproduceerd. In §4.3.1 wordt uiteengezet waarom mogelijk ook bij openblijven van de fabriek de stort van jarosiet verdwijnt;
- de emissies worden 0, maar de bijdrage van de primaire zinkproducent was al beperkt. Er treden dus geen spectaculaire veranderingen van cadmium naar de probleemstromen op.

De hoeveelheid afgedankte nikkel-cadmium batterijen neemt sterk toe, met name omdat deze in 1990 nog niet zo lang op de markt waren. De meeste bevonden zich zodoende nog in de economie (bij huishoudens). Het cadmium in de batterijen wordt in figuur 7.5 vermeld onder de naam 'export van afgedankte batterijen', omdat nikkel-cadmium batterijen momenteel in Frankrijk verwerkt worden.

De jaarlijkse accumulatie in het milieu neemt autonoom door bovenstaande ontwikkelingen en onder invloed van het Cadmiumbesluit met 75% af.

De accumulatie in de economie neemt met bijna 100% af, omdat het cadmiumgebruik in kunststoffen door toedoen van het Cadmiumbesluit sterk afneemt. Hierdoor zal *de* accumulatie optreden van oude cadmiumhoudende kunststofvoorraden. Deze *de* accumulatie verloopt traag: met ongeveer -0,5 ton cadmium per jaar (zie fig. 7.7). De reden hiervoor is dat ervan uitgegaan wordt dat oude kunststofvoorraden, die bij recyclers terecht komen, weer opnieuw (op gecontroleerde wijze) in de economie worden gebracht. Bij het extrusieproces zal ongeveer 5% van het cadmiumhoudend kunststof via emissies en afval naar het milieu gaan. Aangezien jaarlijks ongeveer 10 ton cadmium in kunststof wordt gerecycled, betekent dit dat ruwweg 0,5 ton cadmium per jaar uit de economie zal verdwijnen.

In §7.3.3 wordt behandeld wat de invloed is van de autonome ontwikkelingen op de problemen in de 'probleem'-stromen.

Maatregelen

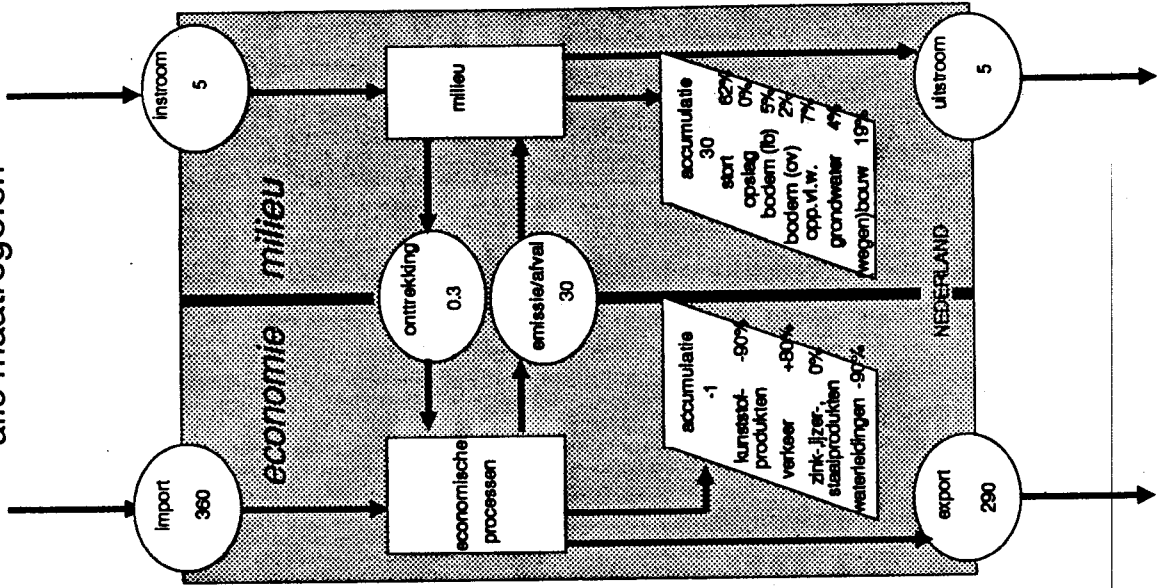
Zoals vermeld is een pakket samengesteld waarin verschillende extra maatregelen die bedoeld zijn om de cadmiumketen beter te beheersen, zijn meegenomen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat eventuele afwentelingen op andere milieuproblemen niet zijn meegenomen.

Door het maatregelenpakket neemt de export van cadmium in afgedankte batterijen af ten opzichte van de autonome ontwikkeling. De belangrijkste oorzaak hiervan is de totale vervanging van cadmiumhoudende batterijen door cadmiumvrije batterijen.

In hoeverre met het aanvullende maatregelenpakket de problemen in de 'probleem'-stromen worden opgelost, wordt in detail in paragraaf 7.3.3 behandeld.

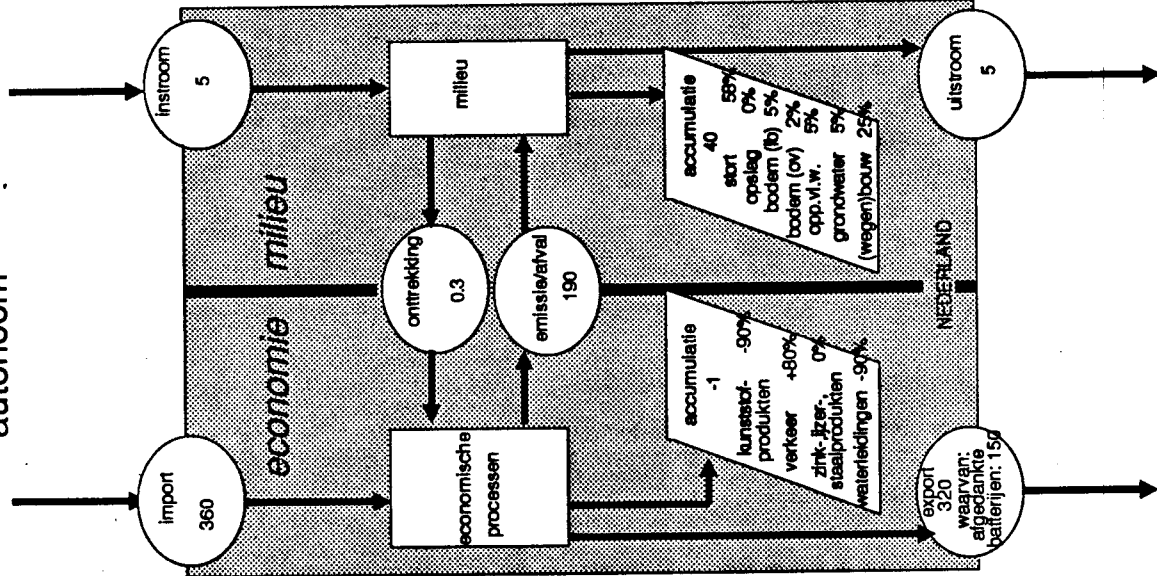
2010

alle maatregelen

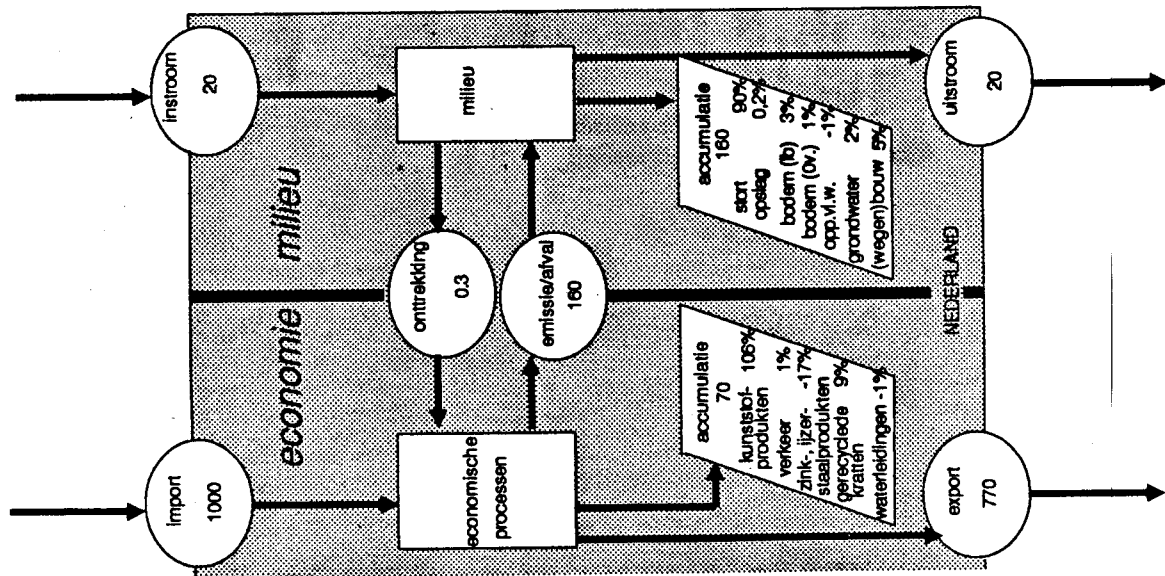


2010

autonoom



1990



Figuur 7.5 De cadmiumstromen in Nederland in 1990, in 2010 volgens de autonome ontwikkelingen, en in 2010 als gevolg van de autonome ontwikkelingen met aanvullende maatregelenpakket (in ton per jaar).

7.3.3 Doorwerking van maatregelen op 'probleem'stromen

Tabel 7.3 Effectiviteit van maatregelen op de cadmiumbelasting van compartimenten en reststoffen waar normoverschrijdingen plaatsvinden (in tonnen cadmium per jaar).

	landbouw- bodem	rwzi- slib ^{a)}	opp.vl.w./ sediment	AVI- reststoffen
1990	7,8	1,4	22,0	16
autonoom 2010	3,0	1,0	6,3	17
Ind-1-Cd	2,9	1,0	5,9	17
Lan-1-Cd	2,8	1,1	6,4	17
Ind-2-Cd	3,0	1,0	6,3	17
Mil-1-Cd	3,0	1,4	6,0	9
totaal	2,5	1,2	5,5	9
gewenst	2,0	0,9 ^{a)}	7,2	13

^{a)} zoals aangegeven in §7.1.2 is een reductie van het cadmiumgehalte van 40% noodzakelijk om aan de kwaliteitseis te voldoen. Aangezien de hoeveelheid RWZI-slib met ongeveer 10% toeneemt (Duvoort, 1991) zal de totale hoeveelheid cadmium met 34% moeten afnemen (ten opzichte van het 1990 niveau) om het gewenste cadmiumgehalte in RWZI-slib te bereiken (34% reductie van 1,4 ton is 0,9 ton).

^{b)} zoals aangegeven in §7.1.2 is een reductie van het cadmiumgehalte in vliegas van 60% noodzakelijk om aan de kwaliteitseis te voldoen. Aangezien het te verbranden afval met ongeveer een factor 2 toeneemt zal de totale hoeveelheid cadmium met 20% moeten afnemen (ten opzichte van het 1990 niveau) om het gewenste cadmiumgehalte in AVI-vliegas te bereiken.

De effectiviteit van de maatregelen op de probleemstromen wordt weergegeven in tabel 7.3. De getallen bij de maatregelen zijn inclusief autonome ontwikkelingen. Aan de tabel kan de effectiviteit van de maatregelen worden afgelezen door de maatregelen onderling te vergelijken. De 'gewenste' belasting (zie tabel 7.3) is het niveau dat wordt verkregen na verlaging van de belasting in 1990 met de in §7.1.2 afgeleide reductiedoelstellingen.

Bodem landbouw/grondwater

Uit tabel 7.3 blijkt dat de autonome ontwikkelingen tot een aanzienlijke reductie leiden. Vooral het verminderd gebruik van dierlijke mest en de toepassing van cadmiumarm kunstmest zijn effectieve maatregelen. Verder neemt de depositie af, met name omdat is verondersteld dat de buitenlandse bronnen conform de afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan 70% minder emitteren.

Deze reducties lijken niet voldoende om de reductiedoelstelling te behalen. Ook de aanvullende maatregelen lijken niet toereikend. Om de doelstelling te behalen zijn dus maatregelen nodig die verder gaan dan de maatregelen die in dit document zijn doorgerekend.

Overigens dient, misschien ten overvloede, opgemerkt te worden dat de hoogte van het gewenste niveau onzeker is.

oppervlaktewater/sediment

De cadmiumtoevoer neemt met het autonome scenario af tot het gewenste niveau. Hierbij is uitgegaan van een afname van de instroom uit het buitenland met 70%, conform de RAP/NAP-afspraken. Waarschijnlijk is dit een realistische aanname wanneer bedacht wordt dat de emissies van Nederlandse bronnen autonoom naar verwachting ook met ruim 70% afnemen. Vooral bij de fosfaatertsverwerkende industrie worden onder invloed van convenanten grote reducties verwacht.

De aanvullende maatregelen hebben een verdergaande reductie van 15% ten opzichte van de autonome ontwikkelingen tot gevolg.

GFT-afval

De hoeveelheid GFT-afval neemt toe tot ongeveer 1600.000 ton per jaar. Dit is 5 à 6 keer meer dan in 1990 (zie bijlage 1).

Autonoom neemt de cadmiumbelasting van de agrarische en niet-agrarische bodem sterk af. Aangezien het cadmiumgehalte in GFT-compost slechts met ca 6% hoeft af te nemen om aan de kwaliteitseis voor 'zeer schone compost' te voldoen, zal dit vermoedelijk autonoom gehaald worden.

Het is met de huidige kennis (inclusief het feit dat de herkomst niet duidelijk is) moeilijk te voorspellen op welk termijn de eis gehaald zal worden. Historische accumulatie kunnen de afname van het cadmiumgehalte in de bodem met vele jaren vertragen.

Rioolwaterzuiveringsslib

Uit tabel 7.3 lijkt dat het autonome beleid net niet voldoende is om de doelstelling te halen. Bij het bepalen van deze autonome ontwikkeling is aangenomen dat de cadmiumtoevoer vanuit verkeer, huishoudens en industrie aanzienlijk daalt, voldoende voor het behalen van de doelstelling. Doordat echter geen afname is verondersteld bij de corrosie van waterleidingen en bij de "onbekende bron", neemt de totale toevoer naar RWZI's niet voldoende af. Inzicht in het terugdringen van deze bronnen biedt de mogelijkheid om de doelstelling te bereiken.

De maatregel om de oppervlaktewaterbelasting terug te dringen (extra zuivering bij RWZI's; zie Mil-1-Cd) leidt tot een grotere cadmiumstroom naar het rwzi-slib en is zodoende een weinig effectieve, dure maatregel.

AVI-vliegas

In 1990 zijn cadmiumhoudende producten, met name kunststoffen, verantwoordelijk voor de cadmiumstroom naar AVI-reststoffen. Nikkel-cadmium batterijen zijn in 1990 nog niet zo lang op de markt en worden zodoende nauwelijks in het huishoudelijk afval gevonden.

Bij de berekeningen van de autonome ontwikkelingen is ervan uitgegaan dat in 2010 ongeveer 5% van de gebruikte batterijen bij het huishoudelijke afval terecht komt (bij een inzamelingspercentage van 95%). Dit komt ruwweg overeen met een toename van 8 ton

cadmium in batterijen naar AVI's. De totale cadmiumtoevoer naar AVI's neemt licht toe (naar schatting van 16 naar 17 ton cadmium). In combinatie met de verwachting dat in 2010 bijna 2 keer zo veel afval wordt verbrand, kan worden afgeleid dat de cadmiumconcentratie in AVI-vliegas met ongeveer 50% zal afnemen. Dit is het gevolg van een sterke reductie van cadmiumhoudende produkten (door het Cadmiumbesluit).

De maatregel waarbij nikkel-cadmiumhoudende batterijen worden vervangen door cadmiumvrije batterijen leidt tot een afname van de cadmiumconcentratie met ongeveer 70%, en is zodoende een zeer effectieve maatregel. Een verbetering van de inzameling van cadmiumhoudende batterijen tot 100% levert uiteraard hetzelfde resultaat.

Indien oude kunststofvoorraden niet worden gerecycled maar verbrand, dan zal de cadmiumtoevoer naar AVI's stijgen van 17 ton tot ongeveer 26 ton. In combinatie met de verwachting dat in 2010 bijna 2 keer zo veel afval wordt verbrand, kan worden afgeleid dat de cadmiumconcentratie in AVI-bodemas en -vliegas ongeveer hetzelfde zal zijn als in 1990. Aangezien de concentratiegrenswaarde voor AVI-vliegas sterk wordt overschreden is deze situatie niet wenselijk.

7.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer

In hoofdstuk 2 is betoogd dat het uit oogpunt van voorraadbeheer zinvol lijkt om per deelsysteem een kort overzicht te geven van de verliezen voor de situatie 1990, 2010 autonoom en 2010 met maatregelen. Dit overzicht wordt afgesloten met een, ons inziens, geschikte indicator voor de verspilling van cadmium.

Bij de berekening van de ketenverliezen is uitgegaan van het volgende:

* er is alleen gekeken naar het intentionele gebruik van cadmium. Dit omdat we met voorraadbeheer willen aangeven hoeveel van het bewust uit de aardkorst gewonnen cadmium verspild wordt.

* als ketenverliezen worden beschouwd: 1) emissies, 2) stort en 3) reststoffen, waarin het metaal als verontreiniging zit, onafhankelijk van verder gebruik van deze reststoffen.

Het deelsysteem winning

Tabel 7.4 De cadmiumverliezen bij het deelsysteem winning

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van geïmporteerd zinkerts	700	--	--	100	--	--
uitstroom van cadmium (export)	590	--	--	88	--	--
verliezen	110	--	--	12	--	--

Het betreft de winning van cadmium als bijproduct van de zinkwinning uit geïmporteerd zinkerts. Dit cadmium (590 ton) wordt volledig geëxporteerd. De hoeveelheid cadmium als trace in zink is verwaarloosbaar. De ketenverliezen bestaan uit de afvalprodukten jarosiet en koper- en kobaltkoek.

Zoals aangegeven in §4.3.1 is in dit rapport uitgegaan van het sluiten van de primaire zinkproducent, waardoor geen prognoses voor dit deelsysteem in 2010 zijn gemaakt. Aangezien de verliezen bij winning aanzienlijk zijn is het zinvol om de ontwikkelingen met betrekking tot schonere technologieën zowel nationaal als internationaal te volgen.

Het deelsysteem productie

Tabel 7.5 De cadmiumverliezen bij het deelsysteem productie

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom via import van cadmium(verbindingen)	50	50	50	100	100	100
uitstroom van cadmiumhoudende produkten naar deelsysteem Toepassing en export	49,6	40,8	40,9	99,2	99,6	99,8
verliezen	0,4	0,2	0,1	0,8	0,4	0,2

Dit deelsysteem omvat de productie van cadmiumhoudende kunststofprodukten, cadmeren en legeringen. Instromen zijn: de import van cadmium en cadmiumverbindingen, zoals het pigment cadmiumsulfide. Uitstromen zijn: export en het deelsysteem toepassingen.

De scenario's geven aan dat de in- en uitstroom in 2010 vrijwel constant blijft. Een groot verschil met de 1990 situatie is dat de uitstroom steeds meer uit export zal bestaan, omdat het cadmiumgebruik in Nederland afneemt.

Het deelsysteem kan worden gekarakteriseerd als verregaand gesloten. Verder geven de scenario's een lichte verbetering ten opzichte van 1990 te zien.

Het deelsysteem toepassingen

Dit deelsysteem omvat de toepassingen in de bouw, het verkeer en bij huishoudens. Instromen vinden plaats vanuit het deelsysteem Productie, en via de import van gereede produkten. De uitstroom bestaat uit te verwerken afval (en komt in het hieronder beschreven deelsysteem Afvalverwerking aan de orde). Verliezen vinden onder andere plaats door afvalwater dat naar de RWZI's gaat, door corrosie of door de stort van shredderafval of bouwmaterialen, zoals cadmiumhoudende raamkozijnen. De accumulatie in 1990 bestaat voornamelijk uit batterijen

en kunststofprodukten, die zich bij de huishoudens bevinden (zie ook figuur 7.1). Er is vanuit gegaan dat in 2010 geen accumulatie meer is omdat dan naar alle waarschijnlijkheid een evenwicht is bereikt in het gebruik van cadmiumhoudende batterijen.

Autonoom neemt de stroom naar toepassingen toe door het toenemende gebruik van batterijen. Het aanvullende (fictieve) maatregelenpakket remt deze ontwikkeling (middels een verbod op nikkel-cadmiumbatterijen). De verliezen nemen af in 2010 (zie tabel 7.6).

Tabel 7.6 De cadmiumverliezen bij het deelsysteem toepassing

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van cadmiumhoudende produkten uit het deelsysteem productie en via import	180	220	50	100	100	100
uitstroom naar deelsysteem afvalverwerking	90	217	47	50	99	94
economische accumulatie	70	0	0	39	0	0
verliezen	20	3	3	11	1	6

Het deelsysteem lijkt op de in tabel 7.6 gepresenteerde wijze redelijk gesloten. Men moet hierbij echter voor ogen houden dat een groot deel van de uitstroom in het deelsysteem Afvalverwerking uiteindelijk uit de keten weglekt, en dat er een accumulatie optreedt waaruit in de toekomst cadmium kan weglekken (zie *indicator*, volgende pagina).

Het deelsysteem afvalverwerking

In dit geval zijn recycling, afvalverbrandingsinstallaties en afvalstortplaatsen onderdeel van het deelsysteem afvalverwerking. Instroom is het afval uit het deelsysteem Toepassingen. Uitstroom is de export van afgedankte produkten zoals accu's en kunststofraamkozijnen en nikkel-cadmium batterijen, die in het buitenland gerecycled worden. Verliezen zijn stort en cadmium in reststoffen, die nu worden gestort of toegepast in de (wegen)bouw.

Autonoom neemt de stroom naar het deelsysteem afvalverwerking aanzienlijk toe door het toenemende gebruik van cadmiumhoudende batterijen. Hierdoor neemt de export van afgedankte batterijen ook toe (zie tabel 7.7 en figuur 7.5).

Zoals in tabel 7.7 aangegeven nemen de verliezen in het algemeen af, doordat het gebruik van cadmiumhoudende produkten, zoals kunststoffen, afneemt.

Met het aanvullende maatregelenpakket wordt de keten nog verder gesloten.

Tabel 7.7 De cadmiumverliezen bij het deelsysteem afvalverwerking

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van cadmiumhoudend afval uit het deelsysteem Toepassingen	90	210	50	100	100	100
export van op te werken cadmiumhoudend afval	40	190	40	44	90	80
opslag van m.n. afgedankte batterijen	10	0	0	11	0	0
verliezen	40	20	10	45	10	20

Indicator

Tabel 7.8 De cadmiumverliezen bij het deelsysteem toepassing met verrekening van afvalverwerking en economische accumulatie

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van cadmiumhoudende producten uit het deelsysteem productie of via import	180	220	50	100	100	100
export van op te werken cadmiumhoudend afval	50	200	40	27	91	80
opslag van m.n. batterijen	60	0	0	33	0	0
verliezen	70	20	10	39	9	20

In het deelsysteem Toepassingen zit een post 'economische accumulatie' (zie tabel 7.6), die uiteindelijk tot verliezen zal leiden. De mate waarin hangt af van het recyclingspercentage van

de in de economie aanwezige cadmiumprodukten. In de deelketenanalyse zoals die hierboven is gepresenteerd wordt dit niet zichtbaar. Daarom wordt in tabel 7.8 een 'theoretische' deelketen Toepassing gepresenteerd. Hierin is economische accumulatie weggewerkt (door het schatten van een recyclingspercentage per type produkt) én wordt het afval dat na toepassing ontstaat niet naar een andere deelketen geschoven (voor een beschrijving van de methode, zie hoofdstuk 2).

De in tabel 7.8 weergegeven 'verliezen' worden beschouwd als een geschikte indicator voor voorraadbeheer. Deze 'verliezen' zijn vele malen groter dan de verliezen die optreden bij het deelsysteem Produktie, en spelen zodoende een dominante rol bij de verspilling van cadmium.

In het algemeen kan worden geconcludeerd dat de toepassing van cadmium autonoom toeneemt, en dat een verschuiving van cadmiumhoudende kunststoffen naar batterijen optreedt. Bij een goede inzameling van afgedankte batterijen (in dit rapport is uitgegaan van 95%) zullen de verliezen zowel absoluut als relatief sterk afnemen (zie tabel 7.6; van 39% naar 9%). De batterijen worden in het buitenland verwerkt. Bij de berekeningen zijn de verliezen, die bij deze verwerking plaatsvinden, niet meegenomen.

7.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De cadmiumstroom door de Nederlandse economie is voor 75% niet-intentioneel, met name door cadmium als verontreiniging in zinkerts, maar ook in kolen, olie, ijzer- en fosfaaterts. Overigens kan het cadmium in zinkerts ook als een intentionele stroom worden beschouwd omdat het als bijproduct bij de zinkwinning wordt gewonnen.

In de economie accumuleert cadmium in 1990 vooral in allerlei kunststofprodukten. In het milieu accumuleert cadmium voor ruim 80% op stortplaatsen. Een geringere maar problematische accumulatie vindt plaats op landbouwgrond.

Het blijkt dat de in dit document doorgerekende scenario's voor de cadmiumstroom tot het volgende leiden:

- In het autonome scenario neemt de jaarlijkse accumulatie in de economie met bijna 100% af, met name onder invloed van het Cadmiumbesluit. Oude kunststofvoorraden zullen naar verwachting door recycling binnen de economie blijven. Hierdoor zal jaarlijks slechts een geringe deaccumulatie van cadmiumhoudend kunststof optreden ten gevolge van emissies en afval, die bij het recyclingsproces ontstaan. De accumulatie in het milieu neemt ten opzichte van de huidige accumulatie met 75% toe.
- in het scenario met extra maatregelen (bovenop de autonome ontwikkeling) neemt de accumulatie in het milieu met 85% af ten opzichte van de huidige accumulatie. Hierbij is gerekend met een maatregel die het batterijengebruik tot 0 reduceert. De accumulatie in de economie neemt net als bij het autonome scenario met bijna 100% af.

Hieronder wordt besproken in hoeverre de gehanteerde scenario's tot oplossing van de probleemstromen voor cadmium leiden:

landbouwbodem

Kunstmest en dierlijke mest zijn de belangrijkste toevoerwegen van cadmium naar de landbouwbodem. Bij beide produkten is de achterliggende oorzaak de verontreiniging van fosfaaterts met cadmium.

Het autonome scenario leidt tot een vermindering van de landbouwbodembelasting met ongeveer 60%, onder andere door de invoering van cadmiumarm fosfaaterts. Dit is echter niet voldoende om tot de (in dit dokument gestelde) gewenste reductie te komen. Ook het scenario met de extra maatregelen (bovenop het autonome scenario) reikt niet ver genoeg. Om de doelstelling te behalen zijn dus maatregelen nodig die verder gaan dan de maatregelen die in dit dokument zijn doorgerekend. Zo is het verder terugdringen van het dierlijk- en kunstmestgebruik naar verwachting een effectieve maatregel. Overigens dient, misschien ten overvloede, opgemerkt te worden dat de hoogte van het gewenste niveau onzeker is.

grondwater

De uitspoeling van cadmium naar grondwater is een direct gevolg van de cadmiumtoevoer naar de agrarische en niet-agrarische bodem. Ook hier geldt dat de vermindering van de cadmiumtoevoer niet voldoende lijkt om de gewenste reductie te bereiken.

GFT-compost

Het cadmiumgehalte in GFT-compost overschrijdt de kwaliteitseis voor 'zeer schoon compost' licht. Op basis van ruwe aannames wordt verwacht dat het cadmium zowel afkomstig is van agrarische als van niet-agrarische bodem. Aangezien de cadmiumbelasting van de bodem naar verwachting aanzienlijk afneemt, is het mogelijk dat het cadmiumgehalte in GFT-compost ook zal afnemen. Doordat de uiteindelijke herkomst van cadmium in GFT-compost niet bekend is (waardoor de invloed van historische accumulatie ook niet bekend is) kan niet aangegeven worden of, en zo ja, op welke termijn het cadmiumgehalte in GFT-compost tot het gewenste niveau zal afnemen.

oppervlaktewater/sediment

Het buitenland is voor bijna 75% verantwoordelijk voor de toevoer van cadmium naar het oppervlaktewater, gevolgd door de fosfaatertsverwerkende industrie en de RWZI's. Opvallend is dat er in 1990 deaccumulatie van cadmium plaatsvond. De reden hiervoor is dat er in 1990 sediment werd gebaggerd dat door historische verontreinigingen een hoog cadmiumgehalte bevatte. Verwacht wordt dat dit effect van tijdelijke aard is.

De cadmiumtoevoer neemt met het autonome scenario af tot het gewenste niveau. Hierbij is aangenomen dat de instroom uit het buitenland met 70% afneemt, conform de RAP/NAP-afspraken. Dit is een realistische aanname wanneer bedacht wordt dat de buitenlandse ontwikkelingen redelijk overeen komen met die in Nederland. De emissies van Nederlandse bronnen nemen naar verwachting namelijk autonoom met 70% af. Vooral bij de fosfaatertsverwerkende industrie worden onder invloed van convenanten grote reducties verwacht.

De aanvullende maatregelen hebben geen verdergaande reductie tot gevolg.

RWZI-slib

De autonome ontwikkelingen lijken net niet voldoende te zijn om de gewenste reductie te behalen. De aanvullende maatregel om de oppervlaktewaterbelasting terug te dringen door extra zuivering bij RWZI's leidt tot een grotere cadmiumstroom naar het rwzi-slib en is zodoende een weinig effectieve, dure maatregel.

AVI-vliegas

In 1990 zijn cadmiumhoudende produkten, met name kunststoffen, verantwoordelijk voor de hoge cadmiumconcentratie in vliegas. Autonoom vindt naar verwachting een lichte afname plaats van de cadmiumconcentratie ten gevolge van het Cadmiumbesluit. Door het toenemende gebruik van nikkel-cadmiumbatterijen zal de afname niet voldoende zijn, zelfs niet bij een geschatte inzamelingspercentage van 95%. Aanvullende maatregelen, zoals het vervangen van cadmiumhoudende batterijen, of het verhogen van het inzamelingspercentage in combinatie met een goede handhaving van het Cadmiumbesluit kunnen de gewenste reductie bewerkstelligen.

De conclusie luidt dat de doorgerekende scenario's tot oplossingen van de probleemstromen leiden. Ook autonoom lijkt het de goede kant op te gaan. Een uitzondering hierop vormt de overschrijding van de milieukwaliteit van de landbouwgrond en rwzi-slib. Hiervoor is een maatregelenpakket nodig dat verder gaat dan de maatregelen, die in dit document zijn doorgerekend.

De doorgerekende scenario's lijken voor voorraadbeheer gunstig te zijn. Vanuit oogpunt van voorraadbeheer is een indicator ontwikkeld voor de Nederlandse cadmiumstroom en de daarbij optredende verliezen: in 1990 is het verlies ongeveer 70 ton (38% van de hoeveelheid die wordt toegepast), in 2010 autonoom 20 ton (9% van de toepassingen) en in 2010 met maatregelen 10 ton (20% van de toepassingen). Hierbij is er vanuit gegaan dat cadmiumhoudende batterijen in het buitenland verwerkt worden; de verliezen die hierbij optreden zijn bij de berekeningen niet meegenomen.

In algemene zin leidt het doorgerekende autonome scenario voor cadmium tot een verschuiving van cadmiumhoudende kunststoffen naar cadmiumhoudende batterijen. Het inzamelingspercentage en de verliezen die bij de verwerking (in het buitenland) optreden zal moeten uitwijzen in hoeverre deze ontwikkeling het milieu belast.

Uit het doorgerekende scenario met extra maatregelen blijkt dat de vervanging van cadmiumhoudende batterijen door cadmiumvrije batterijen tot een sterke afname van de accumulatie in het milieu leidt. Aanvullend onderzoek naar de technische en economische haalbaarheid van deze maatregel is wenselijk.

Er zitten in de analyse van de cadmiumstroom twee belangrijke onzekerheden die mogelijk van invloed zijn op de resultaten:

- er is weinig zicht op de omvang van de voorraden van onder andere cadmiumhoudende kunststoffen;
- er is onvoldoende zicht op de naleving van het Cadmiumbesluit, met name de hoeveelheid cadmium, die door import en export van gerede producten, zoals kunststoffen, de Nederlandse economie binnenkomt. Zo wordt in 1990 naar schatting 30 ton aan cadmiumhoudende pigmenten geïmporteerd (CBS, 1993a). Het is onduidelijk in hoeverre de hieruit geproduceerde producten in de Nederlandse economie blijven dan wel geëxporteerd worden.

8. KWIK

8.1 DE KWIKKETEN

8.1.1 Beschrijving van de keten

In bijlage 2.11 en 2.12 worden overzichten gegeven van de kwikstromen door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu. De stromen gelden ruwweg voor het jaar 1990 en de gegevens zijn afkomstig van het "Basisdokument Kwik" (Slooff, 1994). Indien hiervan is afgeweken, dan wordt dit in bijlage 3.6 aangegeven. In de bijlage is tevens de SFINX-file met de gedetailleerde kwikbalans opgenomen.

De kwikstromen door economie en milieu worden in figuur 8.1 op een abstract niveau samengevat. De figuur scheidt de stromen in een economie- en een milieudeel. Tussen de beide delen vindt interactie plaats, enerzijds omdat gewassen kwik uit het milieu onttrekken (0,1 ton), en anderzijds omdat kwik ten gevolge van economische processen naar het milieu wordt geëmitteerd (41 ton).

Uit figuur 8.1 blijkt dat ongeveer 5 ton kwik Nederland binnenstroomt via rivieren en lucht. Circa 52 ton kwik wordt geïmporteerd of gewonnen. De niet-intentionele stroom is groot: 34 ton kwik wordt geïmporteerd of gewonnen als 'verontreiniging' in produkten. Zo wordt 20 ton kwik via kwikhoudend zinkerts geïmporteerd en komt 8 ton kwik via de aardgaswinning mee. Overige niet-intentionele toepassingen zijn: olie, kolen, ijzer- en fosfaaterts, fosforzuur, kunstmest en veevoer.

Op basis van de in- en outputanalyse is een accumulatie in de Nederlandse economie berekend van ongeveer 5 ton kwik. Bij batterijen treedt deaccumulatie op, omdat sinds 1985 75% minder kwikhoudende batterijen in omloop zijn gebracht. Bij een aantal andere produkten of processen is het kwikgebruik de afgelopen jaren tot 0 terug gebracht. Dit zijn: industriële katalysatoren, bestrijdingsmiddelen, verf, en pigmenten in o.a. kunststoffen (DHV, 1994).

Ruim 10% van de economische accumulatie van kwik treedt op in elektronica en meetapparatuur ten behoeve van ziekenhuizen en laboratoria. 30% accumuleert in meetinstrumenten (m.n. thermometers, barometers, manometers) en elektrotechnische componenten (m.n. schakelaars) bij huishoudens en industrieën. De resterende 60% is kwik dat bij de zinkproductie wordt opgewerkt (zie figuur 8.1). Het wordt tijdelijk opgeslagen en om de paar jaar verkocht aan bijv. de amalgaamindustrie.

Voor de interactie-stappen tussen economie en milieu is een viertal keuzen gemaakt:

- De export van kwikhoudend afval wordt als onderdeel van het milieu beschouwd, omdat het immers in het buitenlandse milieu terecht komt. Het betreft afval van de lampenindustrie en van de aardgaswinning, dat in de Duitse mijnen opgeslagen wordt;
- De totale kwikstroom naar landbouw wordt in figuur 8.1 als 'emissie' beschouwd,

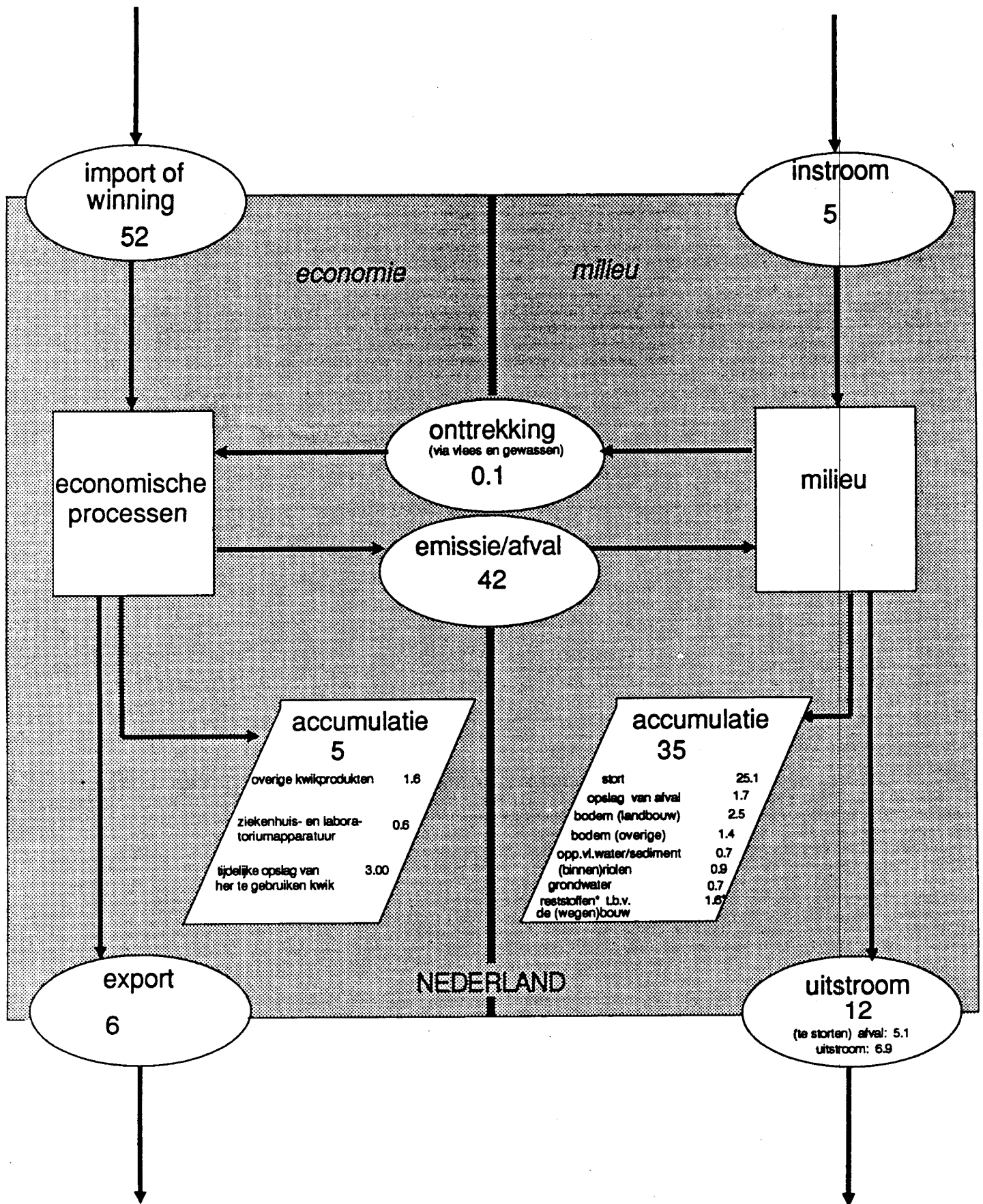
ondanks het feit dat landbouw een economisch proces is. Een klein deel van de kwikstroom wordt vervolgens door kwikopname van vee en gewassen teruggevoerd naar de economie (circa 0,1 ton). Dit wordt in figuur 8.1 met de stroom 'onttrekking' weergegeven.

- De opslag van afgedankte batterijen en lampen wordt als een stroom naar het milieu beschouwd, omdat er in 1990 nog geen geschikte herverwerkingsmethode voor handen is (momenteel worden de batterijen in Texas verwerkt).
- Afvalverbrandingsinstallaties zijn als onderdeel van het milieu beschouwd. Voor een motivatie van deze keuze, zie §3.1.1. In 1990 kwam circa 1,9 ton kwik bij AVI's terecht. Het overgrote gedeelte (ruwweg 1,5 ton) werd naar de lucht geëmitteerd. Momenteel zijn de emissies onder invloed van het Besluit luchtemissies afvalverbranding (Staatsblad 1993 36) aanzienlijk afgenomen. De reststoffen, die na verbranding overblijven worden gestort of toegepast in de bouw en in de wegenbouw.

Zoals in figuur 8.1 aangegeven vindt er een accumulatie in het Nederlandse milieu plaats van ongeveer 34 ton: voor 71% op stortplaatsen, voor 10% op de bodem, voor 5% in reststoffen ten behoeve van de (wegen)bouw en voor 5% in (binnen)riolen. De accumulatie in binnenriolen is het gevolg van het amalgaamverbruik bij tandartsen. De 'opslag van afval', figuur 8.1, betreft de opslag van afgedankte lampen en batterijen.

8.1.2 Reductiedoelstellingen en overschrijdingen van milieukwaliteitsnormen.

De accumulatie in het milieudeel - zowel nu als in het verleden - leidt tot overschrijdingen van de gewenste milieukwaliteit. In tabel 8.1 wordt per compartiment c.q. reststroom of produkt een overzicht gegeven van de huidige kwikgehalten afgezet tegen de huidige kwaliteitscriteria.



Figuur 8.1 De kwikstroom in Nederland in 1990 (in ton)

* De reststoffen zijn afkomstig van afvalverbrandingsinstallaties en elektriciteitscentrales

Tabel 8.1 Overzicht van de meest recente kwikgehaltenes in relatie tot de normen. De normen zijn afkomstig van de opdrachtgever, het Ministerie van VROM (Zoetermeijer, 1994). Voor overige milieukwaliteitsnormen wordt verwezen naar het rapport 'Aandachtstoffen in het Nederlandse milieubeleid' (Janus, 1994).

Compartiment/ produkt	norm	Waargenomen gehalte	Jaar/ Bron	Opmerking
Lucht	MIC(Gr) ^{a)} :0,07µg.m ⁻³	0,0014µg.m ⁻³		geen overschrijding
Oppervlakte- water (totaal)	Grensw.:0,03 µg.l ⁻¹ streefw.: 0,02µg.l ⁻¹	55% van de waarnemingen boven de grenswaarde in 1991	Coppoolse, 1993	
Sediment	interventiewaarde: 10mg.kg ⁻¹ grensw.:0,5mg.kg ⁻¹ streefw.:0,3mg.kg ⁻¹ d.s	40-50% van de waarnemingen boven de grenswaarde (in 1991)	Coppoolse, 1993	
Bodem	interventiewaarde ^{b)} : 10mg.kg ⁻¹ streefw. ^{b)} :0,3mg.kg ⁻¹	7,7% van de waarnemingen boven de streefwaarde (in 1991)	RIVM 1992c	met name overschrijdingen bij grasland op veengronden.
Grondwater	interventiewaarde: 0,3 µg.l ⁻¹ Streefw.:0,05 µg.l ⁻¹	gemid. (in 1991): 0,06 µg.l ⁻¹	RIVM 1992c	Lichte overschrijding van de streefwaarde
Zuiveringsslib - communaal - industrieel	0,75 mg.kg ⁻¹ 0,75 mg.kg ⁻¹	(in 1993) gem.:1,6 mg.kg ⁻¹ gem.:1,3 mg.kg ⁻¹	Baas, 1993	strukturele overschrijding
uitloging van kwik in AVI- bodemas	U1(N1): 0,02 mg.kg ⁻¹ ds U2 (N2): 0,08 mg.kg ⁻¹ d.s	gem. uitloging in 1993: 0,001 mg.kg ⁻¹ d.s (detectielimiet)	Aalbers, 1993	geen overschrijding
AVI-vliegias	BAGA ^{c)} -grenswaarde: 50 mg.kg ⁻¹	gem. (in 1993) 2,544 mg.kg ⁻¹ max.:11,0 mg.kg ⁻¹	implementa-tieplan AVI-reststoffen, 1994	geen overschrijding
GFT-compost	0,2 mg.kg ⁻¹ (voor zeer schone compost)	gem. (in 1995): 0,14 mg.kg ⁻¹	VROM, 1992 & mondelinge inform. VROM, 1995	geen overschrijding

a) Maximale Immissie Concentratie

b) bij een standaardbodem: 25% lutum, 10% organische stof

c) AVI-vliegias is in het kader van het Besluit Aanwijzing Gevaarlijke Afvalstoffen (BAGA) aangewezen als gevaarlijke afvalstof.

Uit het overzicht blijkt dat voor kwik op dit moment overschrijdingen van normen worden waargenomen in oppervlaktewater en sediment, en in zuiveringsslib, afkomstig van zowel rwzi's als awzi's. Verder worden de normen voor bodem en grondwater licht overschreden.

De kwikstromen naar deze compartimenten c.q. produkten worden gezien als probleemstromen.

Reductiedoelstellingen

Om overschrijding van de milieukwaliteit in een probleemstroom in de toekomst te vermijden, is reductie van de stroom naar dat compartiment of (rest)produkt nodig. Hieronder worden reductiedoelstellingen voor de probleemstromen gegeven. Deze worden in dit dokument gebruikt om de autonome ontwikkelingen en aanvullende maatregelen te evalueren op hun effectiviteit. Voor RWZI-slib wordt het gewenste reductiepercentage afgeleid op basis van de waargenomen overschrijdingen. Voor de milieucompartimenten en voor GFT-compost wordt, zoals uitgelegd in §2.2.2, gebruik gemaakt van beleidsdoelstellingen.

Bodem

Voor zware metalen in alle milieucompartimenten is in de "Strategienotitie Verspreiding" een reductiedoelstelling opgenomen voor Nederlandse bronnen van 80% in 2010 t.o.v. de belasting in 1985. Omdat de kwiktoevoer naar de landbouwbodem in de periode 1985-1990 niet is veranderd (Nationale Milieuverkenningen 3) is de reductiedoelstelling voor Nederlandse bronnen ten opzichte van 1990, het basisjaar voor deze studie, ook 80%. Internationaal zijn nog geen doelstellingen afgesproken voor het jaar 2010. Wel is in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan afgesproken dat de kwikemissies naar water en lucht voor 2000 met 70% worden gereduceerd, ten opzichte van de belasting in 1985. Deze reductiedoelstelling van 70% wordt in dit dokument aangehouden voor de buitenlandse instroom.

Oppervlaktewater

Net als bij bodem geldt voor oppervlaktewater een reductiedoelstelling van 80% voor Nederlandse bronnen ten opzichte van 1985 (Strategienotitie Verspreiding). Omdat de Nederlandse kwikemissies naar oppervlaktewater/sediment in de periode 1985-1990 redelijk constant zijn gebleven is ook ten opzichte van het basisjaar 1990 een reductie van 80% nodig om het gewenste niveau te behalen. Dit percentage wordt in dit rapport als richtinggevend beschouwd. Voor het buitenland wordt net als bij bodem een reductiepercentage van 70% aangehouden, conform de afspraken in het kader van het Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan.

Rioolwaterzuiveringsslib

Op basis van de waargenomen overschrijdingen is voor communaal en industrieel rioolwaterzuiveringsslib een gewenste reductie van de kwikbelasting (voor alle bronnen tezamen) van respectievelijk 53% en 42% nodig ($1 - (\text{norm/waargenomen gemiddelde})$) In dit rapport wordt gemakshalve voor beide typen slib uitgegaan van een reductiedoelstelling van 50% (de kwikconcentratie in AWZI's wisselt overigens sterk).

In paragraaf 8.2 worden de probleemstromen verder uitgewerkt.

8.1.3 De kwikketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer

Kwik is het enige metaal van de serie, die in dit document wordt beschreven die in Nederland wordt gewonnen. Bij de aardgaswinning, zowel on- als offshore, wordt kwik meegewonnen. Hiervan wordt jaarlijks 2-3 ton kwik op de markt gebracht. Dit getal kan behoorlijk fluctueren.

Via de import van zinkerts wordt kwik meegeïmporteerd dat bij de primaire zinkwinning voor een deel als calomel (Hg_2Cl_2) wordt afgescheiden en verkocht: 3 ton per jaar.

Wereldwijd wordt ongeveer 65% van de vraag naar kwik geleverd door kwik uit mijnen waar kwikerts wordt gewonnen. Ongeveer 22% van het kwik wordt, zoals in Nederland, gewonnen als bijproduct bij met name zink-, goud- en koperwinning. Het overige deel, 13%, is secundaire winning: met name door recycling van knoopcelbatterijen en door het vrijkomen van kwik bij de ontmanteling van chloor-alkalifabrieken waarin chloor en loog worden geproduceerd op basis van het kwikelectrolyse-proces (alle cijfers uit Metals and Minerals Annual Review -1993).

De wereldmarkt voor kwik wordt al tientallen jarenlang gekenmerkt door een overvloedig aanbod en een langzaam afnemende vraag (USBM, 1991). De langzaam afnemende vraag wordt wereldwijd met name veroorzaakt door een afnemend kwikgebruik in batterijen en verf. Landen in Zuid-Amerika en Azië laten daarentegen een licht toenemend gebruik zien. De meeste toepassingen van kwik blijven daar op een gelijk niveau; de lichte groei wordt veroorzaakt door slechts één toepassing: de goud-winning (Metals and Minerals Annual Review -1993). Met name in Brazilië, waar in veel kleine goudmijnen in het Amazone-gebied door amalgering goud wordt gewonnen, leidt dit tot milieubelasting.

In §8.3.4 wordt de kwikketen vanuit oogpunt van voorraadbeheer voor Nederland geanalyseerd.

8.2 KWIKGERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN EN HUN HERKOMST

Zoals in §8.1.2 aangegeven, worden in een aantal milieucompartimenten c.q. reststromen of producten de normen voor kwik overschreden. Hieronder volgt een analyse van de kwikstromen met de doelgroepen die hiervoor verantwoordelijk zijn.

8.2.1 Agrarische bodem

De streefwaarde voor kwik op agrarische bodem wordt, zoals aangegeven in tabel 8.1, slechts licht overschreden. Figuur 8.2 geeft de kwikstromen van en naar de landbouwbodem weer.

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de kwiktoevoer naar landbouwbodem is naar schatting:

buitenland (t.g.v. atmosferische depositie)	18%
Nederland	82%

De herkomst van de *Nederlandse* kwiktoevoer naar landbouwbodem wordt op drie niveaus weergegeven:

1. Directe oorzaken		
atmosferische depositie	48%	
kunstmest	18%	
dierlijke mest	18%	
zuiveringslib	16%	

	100%	
2. Doelgroepen		
milieubedrijven	32%	
afvalverbrandingsinstallaties (via emissies naar lucht)		16%
rioolwaterzuiveringsinstallaties		16%
industrie (via emissies naar lucht)	20%	
gebruikers, via emissies naar lucht (huishoudens, ziekenhuizen, etc.)	7%	
electriciteitscentrales	5%	
landbouw	36%	

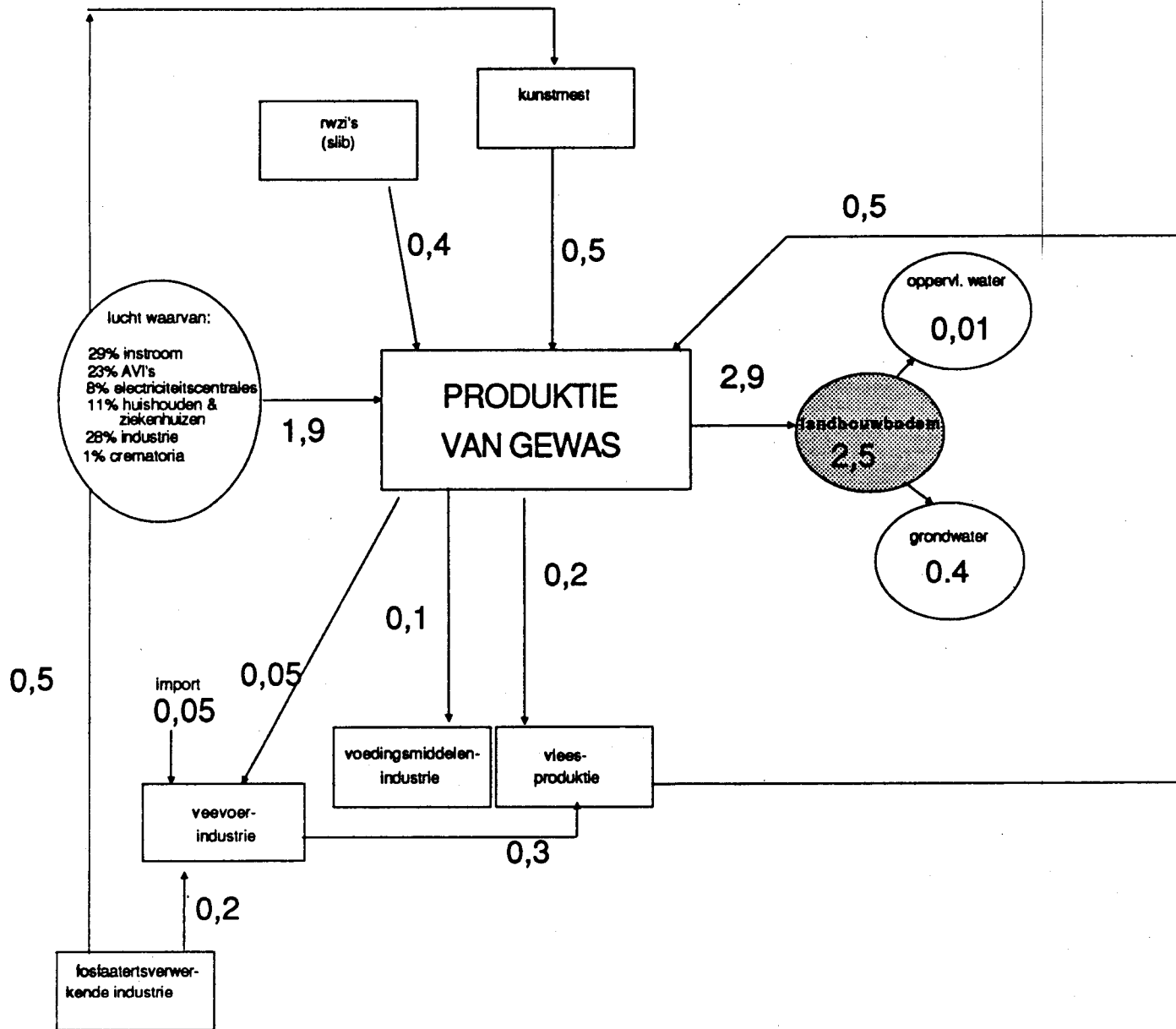
	100%	
3. Uiteindelijke herkomst		
import van fosfaaterts	16%	
import kwikhoudende produkten	15%	
import van kunstmest	13%	
import van amalgaam	12%	
import van electrodes t.b.v. chlooralkali-industrie	10%	
import van kwik voor overige industrie	9%	
import van kolen voor electriciteitscentrales	6%	
winning van kwik bij aardgaswining	5%	
import van kwik voor productie van apparatuur	4%	
import batterijen	4%	
import van kolen t.b.v. de basismetaalindustrie	2%	
import van ijzer t.b.v. de basismetaalindustrie	2%	
import van kwik voor de productie van lampen	2%	
import van ruw- en krachtvoergrondstoffen	1%	

	100%	

Depositie is verreweg de belangrijkste directe oorzaak van de bodembelasting met kwik. Dit is zoals blijkt uit figuur 8.2 vooral het gevolg van emissies naar de lucht door afvalverbrandingsinstallaties, het buitenland en de industrie. Enkele industrieën die een bijdrage leveren aan de kwikemissies zijn de chlooralkali- en de basismetaalindustrie. Verder veroorzaakt de doelgroep landbouw door de toevoer van dierlijke mest en kunstmest ongeveer 30% van de bodembelasting. Uit de uiteindelijke herkomstanalyse blijkt dat dit kwik afkomstig is van geïmporteerd fosfaaterts en kunstmest.

Door de uitspoeling van kwik uit de bodem wordt het grondwater belast. Dit leidt tot lichte overschrijding van de streefwaarde. De uiteindelijke bronnen zijn voor bodem en grondwater

gelijk. Grondwater wordt daarom verder niet apart behandeld.



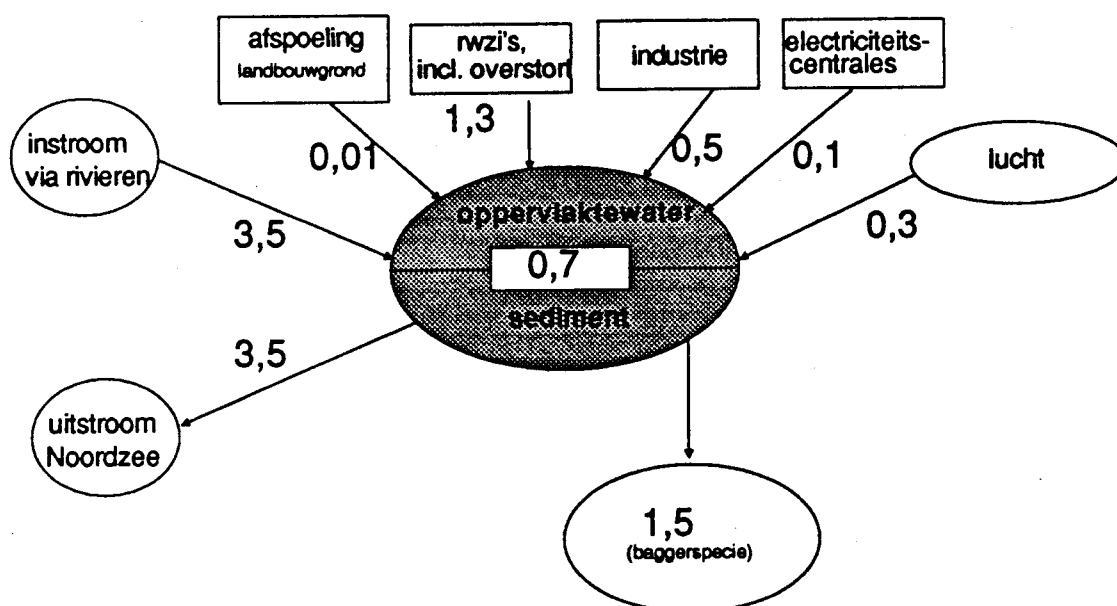
Figuur 8.2 De kwikstroom van en naar de agrarische bodem in 1990 (in ton)

8.2.2 Niet-agrarische bodem

Door atmosferische depositie wordt de grenswaarde in de nabijheid van stedelijke gebieden soms overschreden (RIVM 1992c). Over heel Nederland gezien vormt het kwikgehalte op niet-agrarische gronden geen probleem.

8.2.3 Oppervlaktewater en sediment

In het oppervlaktewater en sediment vinden aanzienlijke overschrijdingen van de streefwaarde plaats (zie tabel 8.1). Figuur 8.3 geeft de kwikstromen van en naar het oppervlaktewater/sediment weer.



Figuur 8.3 De kwikstroom van en naar het oppervlaktewater en sediment in 1990 (in ton)

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de kwikbelasting van oppervlaktewater is:

buitenland	63%	
t.g.v. instroom via rivieren		61%
t.g.v. instroom via lucht		2%
Nederland	37%	

De herkomst van de *Nederlandse* kwiktoevoer naar oppervlaktewater kan op drie niveaus worden weergegeven:

<i>1. Directe oorzaken</i>	
fosfaatertsverwerking	18%
rioolwaterzuiveringsinstallaties	16%
overstort	44%
atmosferische depositie	11%
electriciteitscentrales	4%
chlooralkali-industrie	2%
petrochemische industrie	2%
overige industrie	3%

	100%
<i>2. Doelgroepen</i>	
RWZI's	60%
indirect (zie §8.2.4):	
tandartsenpraktijken	48%
huishoudens	10%
industrie	1%
overige	1%
industrie	30%
fosfaatertsverwerking	19%
chlooralkali-industrie	6%
overige industrie	5%
afvalverbrandingsinstallaties	4%
gebruikers (huishoudens,ziekenhuizen,crematoria)	2%
electriciteitscentrales	4%

	100%
<i>3. Uiteindelijke herkomst</i>	
import amalgaam	23%
import kwikhoudende produkten	14%
import fosfaaterts	13%
import van kolen voor electriciteitscentrales	10%
import van electrodes	9%
import van kwik voor overige industrie	6%
winning van kwik bij aardgaswining	6%
import van ijzer t.b.v. de basismetaalindustrie	4%
import van kolen t.b.v. de basismetaalindustrie	3%
import van kunstmest	3%
import van kwik voor produktie van apparatuur	3%
import van kwik voor de produktie van lampen	3%
import batterijen	3%

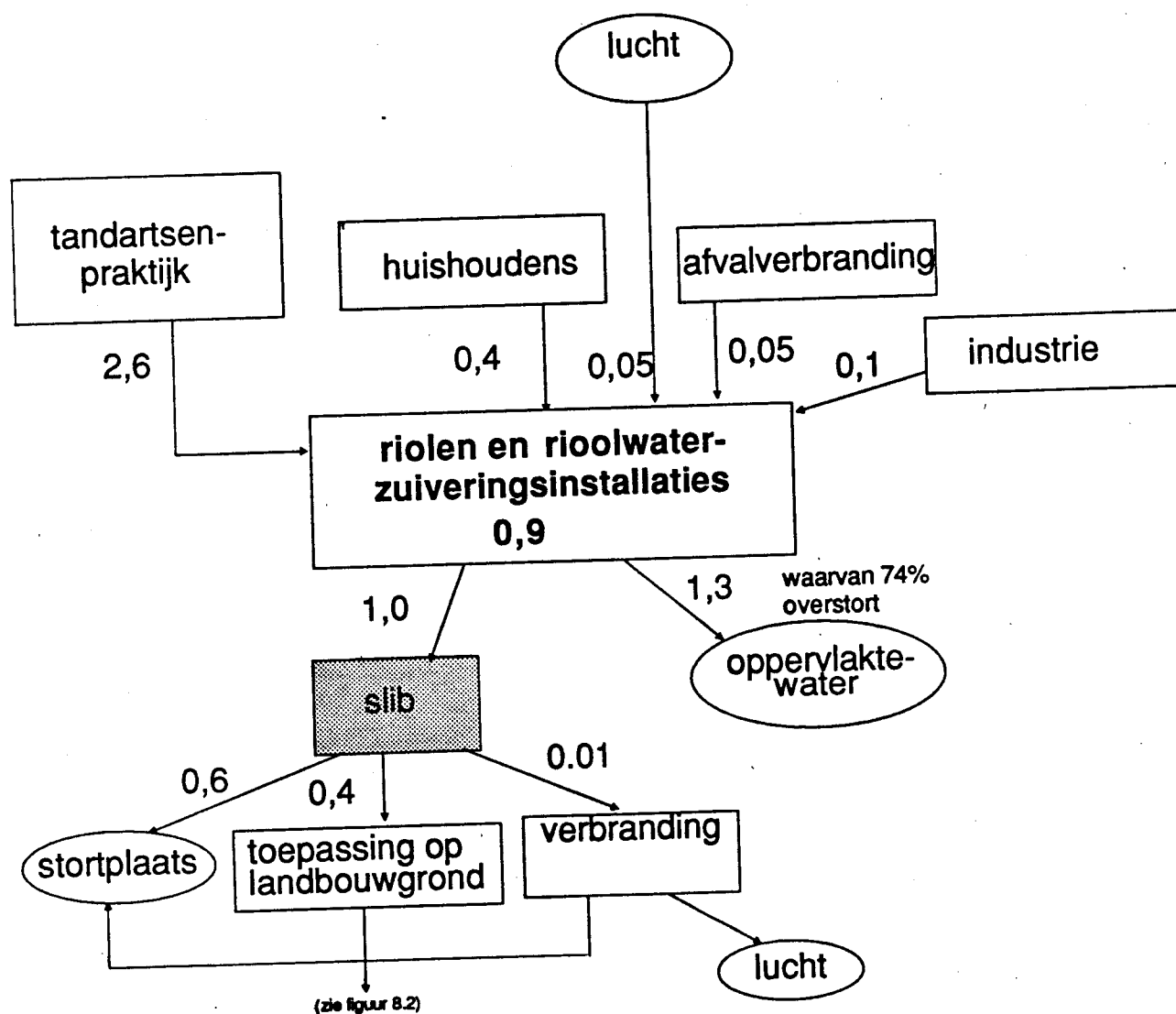
	100%

Uit de herkomstanalyse blijkt dat de aanvoer van kwik via rivieren vanuit het buitenland overheersend is. Als we ons beperken tot binnenlandse bronnen, dan is de kwiktoevoer via riolen de belangrijkste oorzaak van de belasting van het oppervlaktewater/sediment. Dit is

voor het overgrote deel het gevolg van het amalgaamverbruik bij tandartsenpraktijken (zie §8.2.4). Andere belangrijke binnenlandse bronnen zijn de huishoudens, de fosfaatertsverwerkende industrie, en de chlooralkali-industrie (de laatste vooral indirect via depositie).

8.2.4 RWZI-slib

Rioolwaterzuiveringsslib is een reststof waar kwik in dusdanige concentratie in voorkomt dat secundaire toepassing niet mogelijk is: de kwiknorm, waar zuiveringsslib bij toepassing op landbouwgrond vanaf 1-1-'95 aan moet voldoen, wordt met ongeveer 100% overschreden (zie tabel 8.1). In figuur 8.4 worden de kwikstromen van en naar riolen-rioolwaterzuiveringsinstallaties weergegeven.



Figuur 8.4 De kwikstroom naar rioolwaterzuiveringsslib in 1990 (in ton)

De relatieve bijdrage van het buitenland aan de totale kwiktoevoer naar RWZI's is:

buitenland (t.g.v. atmosferische depositie)	1%
Nederland	99%

De herkomst van de *Nederlandse* kwikemissies naar RWZI's wordt op drie niveaus weergegeven:

<i>1. Directe oorzaken</i>	
amalgaam	57%
kwikhoudende produkten van huishoudens	28%
industriële lozingen	8%
lozingen van afvalverbrandingsinstallaties	4%
atmosferische depositie	3%

	100%
<i>2. Doelgroepen</i>	
tandartsenpraktijken	57%
huishoudens	28%
industrie	9%
afvalverbrandingsinstallaties	5%
overige	1%

	100%
<i>3. Uiteindelijke herkomst</i>	
import van amalgaam	49%
import van kwikhoudende produkten	30%
import van kwik voor overige industrie	9%
gerecycled kwik afkomstig van de aardgaswinning	8%
t.b.v. de amalgaamproductie	4%
overige	4%

	100%

Het amalgaamverbruik bij tandartsenpraktijken is verreweg de belangrijkste toevoer van kwik naar de riolen. Opvallend is dat een deel van het amalgaam accumuleert in de (binnen)riolen (CUWVO, 1990). Verwacht wordt dat een deel van dit kwik in de komende jaren alsnog in het slib terecht zal komen. Hierdoor zal de toevoer van kwik ondanks de ingrijpende emissie-reducerende maatregelen bij de tandartsenpraktijken vertraagd afnemen.

Een andere oorzaak van het hoge kwikgehalte in slib zijn de huishoudens (Speed, 1993). Het is erg onduidelijk welke produkten uit de huishoudens hiervoor verantwoordelijk zijn. Gedacht wordt aan reinigingsmiddelen, thermometers etcetera. Duidelijk is dat meer inzicht in de kwikgehalten van allerlei consumptiegoederen interessant nodig is, zodat in de toekomst de hoeveelheid kwik richting zuiveringsslib teruggedrongen kan worden.

8.3 MAATREGELEN TER BESTRIJDING VAN DE 'PROBLEEM'-STROMEN

8.3.1 Keuze van maatregelen

In deze paragraaf wordt een schets gegeven van de kwikketen in het jaar 2010 als gevolg van de autonome ontwikkeling en na een selectie van (fictieve) maatregelen (zie figuur 8.5).

Autonome ontwikkeling

In paragraaf 1.2 is reeds aangegeven dat wordt uitgegaan van het 'European Renaissance'-scenario en het huidige vastgestelde beleid zoals ook doorgerekend in de Milieuverkenningen 3. In het 'European Renaissance'-scenario wordt aangenomen dat er in 2010 geen primaire zinkproductie in Nederland meer plaatsvindt. Dit is uiteraard een aanvechtbare veronderstelling. Om echter consistent te blijven met de Nationale Milieuverkenningen 3 is in dit rapport uitgegaan van het sluiten van de zinkproducent (zie ook §4.3.1).

Voor wat betreft het gebruik van kwikhoudende producten en processen is uitgegaan van een dalende trend. Ten eerste is aangenomen dat alle batterijen kwikvrij zullen zijn (minder dan 5 ppm). Deze aanname is gebaseerd op het "Implementatieplan batterijen", dat het resultaat is van een discussie tussen de batterijenbranche, overheden en onderzoeksinstituten. Momenteel is dit nog niet mogelijk omdat kwik in batterijen voor speciale toepassingen (knoopcellen) nog niet gemist kan worden (DHV, 1994).

Ten tweede is aangenomen dat de chlooralkali-industrie in 2010 is overgeschakeld op een kwikvrij proces. In het kader van het doelgroepenbeleid is in 1993 namelijk een convenant gesloten tussen deze industrie en de overheid teneinde te komen tot afbouw van het kwik-procédé in Nederland.

Ten derde wordt verondersteld dat kwikthermometers grootschalig worden vervangen door digitale thermometers. Het gebruik van kwikhoudende lampen (spaarlampen etc.) groeit daarentegen.

Ten slotte is ervan uitgegaan dat het kwikgebruik in allerlei elektrische en elektronische apparatuur constant blijft. Dit is een onzekere aanname, afkomstig van een Amerikaans rapport dat aangeeft dat er in deze branche geen vermindering van het kwikverbruik verwacht wordt (EPA, 1994). Volgens dit rapport vindt er wel een afname plaats van kwikhoudende schakelaars en meet- en controle-apparatuur, maar dit wordt gecompenseerd door een groei bij elektrische, elektronische en overige apparatuur. Ook DHV Milieu en Infrastructuur heeft een inventarisatie gedaan naar het gebruik van kwikhoudende producten (DHV, 1994). Deze inventarisatie was echter onvolledig om uitspraken te doen over het huidige en het toekomstig gebruik van kwik in elektrische en elektronische apparatuur.

Belangrijk is de aanname dat er in 2010 geen export van kwikafval meer plaatsvindt. Vanaf 1996 gaat namelijk een verbod op het exporteren van gevaarlijk afval in. De bedoeling is dat het kwikafval (centraal) verwerkt gaat worden in een kwikverwerkende industrie, die gespecialiseerd is in het opwerken van afvalstromen met een laag kwikgehalte. Dit is een aanvulling op de bestaande kwikverwerkende fabriek, die kwikstromen met een hoger

kwikgehalte opwerkt.

Geschat wordt dat per jaar minimaal 1000 ton kwikhoudend afval (uit binnen- en buitenland) nodig is om de fabriek rendabel te laten zijn. Dit levert ongeveer 20 à 30 ton kwik, dat mogelijk nog verder opgewerkt moet worden. De resterende fractie gaat als secundaire grondstof gebruikt worden of naar een C3-deponie (Hoekstra, 1995).

Ook belangrijk is de verwachting dat er in 2010 geen huishoudelijk afval meer gestort wordt. De stroom naar afvalverbrandingsinstallaties en het gescheiden inzamelen van GFT-afval zal hierdoor toenemen. Dit heeft tot gevolg dat de reststoffen (slakken en vliegassen) ten behoeve van de bouw en wegebouw evenredig toenemen. Door het Besluit luchtmissies afvalverbranding (Staatsblad 1993) nemen de emissies naar lucht af.

Verder zal de belasting van de landbouwgronden autonoom afnemen door een verminderd gebruik van kunstmest en dierlijke mest en het niet meer toepassen van zuiveringsslib op de landbouwbodem, onder invloed van resp. het fosfaat-beleid en het Besluit Overige Organische Meststoffen.

Ten slotte wordt er vanuit gegaan dat de instroom uit het buitenland met 70% afneemt. Deze aanname is gebaseerd op afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan.

Maatregelen

In tabel 8.2 wordt een overzicht gegeven van de (fictieve) maatregelen die zijn doorgerekend.

Tabel 8.2 Overzicht van aanvullende (fictieve) maatregelen om de kwikketen te verbeteren

Maatregel	Beschrijving	Effect waarmee is gerekend	Kosten (indicatief)
Ind-1-kwik	Hierbij wordt er vanuit gegaan dat emissiedoelstellingen in IMT's volledig worden gehaald en dat voor alle industrietakken IMT's worden afgesloten	80% reductie van de emissie-factor t.o.v 1985	niet bekend
Lan-1-kwik	Er wordt autonoom in 2010 40% minder mest op landbouwbodem uitgereden. Hiermee wordt voldaan aan de fosfaatnormen. Deze maatregel gaat ervan uit dat met maximale inspanning nog een extra reductie van 10% plaatsvindt	10% minder mest t.o.v. de autonome reductie	niet bekend
Mil-1-kwik	Extra zuivering bij rioolwaterzuiveringsinstallaties	50% extra zuivering	2 miljard (RIZA)
Con-1-kwik	Een verbod op het gebruik van amalgaamvullingen (in tandartsenpraktijken)	100% emissiereductie	
Con-2-kwik	Een kwikbesluit (overeenkomstig het Cadmiumbesluit) dat het gebruik van kwik in (meet)instrumenten en in elektrotechnische componenten beperkt. Alleen essentiële toepassingen waarvoor geen geschikt alternatief bestaat worden toegestaan ¹ .	80% reductie van het kwikverbruik bij meetapparatuur en elektrotechnische componenten	
Con-3-kwik	Een verbod op het gebruik van kwik en kwikhoudende verbindingen voor (elektro)chemische analyses. Essentiële toepassingen waarvoor geen geschikt alternatief bestaat blijven toegestaan ² .	80% reductie van de totale hoeveelheid kwik in chemicaliën en farmaceutische preparaten	
Lan-2-kwik	Halvering van het kwikgehalte in kunstmest, door de import van kwikarm fosfaaterts	reductie van 50% kwik in kunstmest	

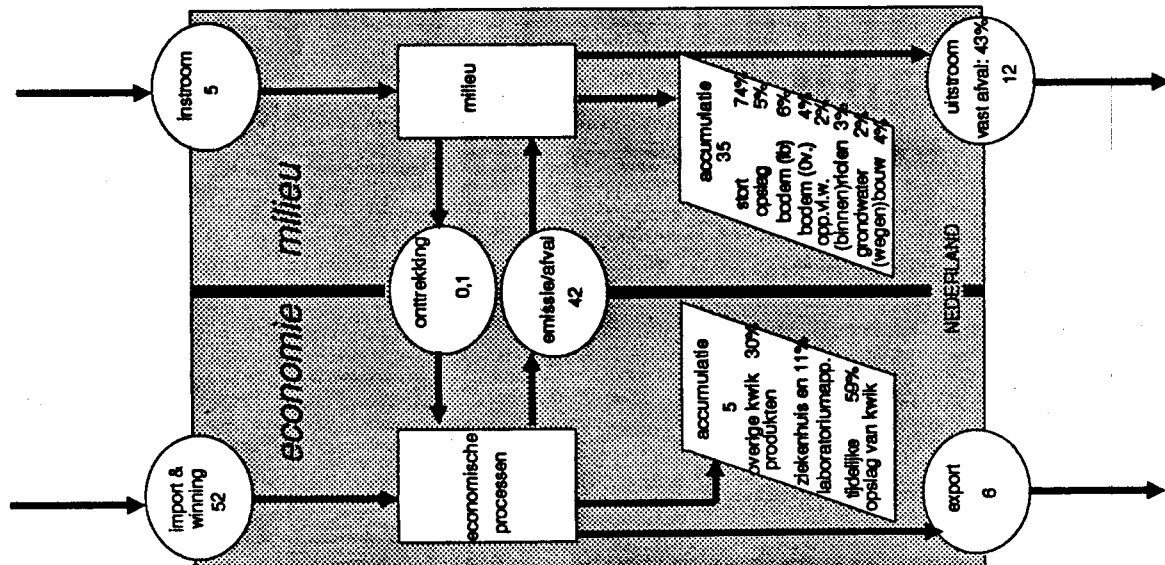
¹ Producten die hiervoor in aanmerking komen zijn: thermometers, barometers, bloeddrukmeters, manometers, thermostaten, kwikrelais en kwikschakelaars (DHV, 1994)

² Gedacht wordt aan het minimaliseren van kwik(II)sulfaat voor het bepalen van het chemisch zuurstofverbruik, of overschakeling op een andere bepaling (TOC bepaling), omdat dit het grootste deel uitmaakt van het kwikverbruik bij chemische analyses (DHV, 1994).

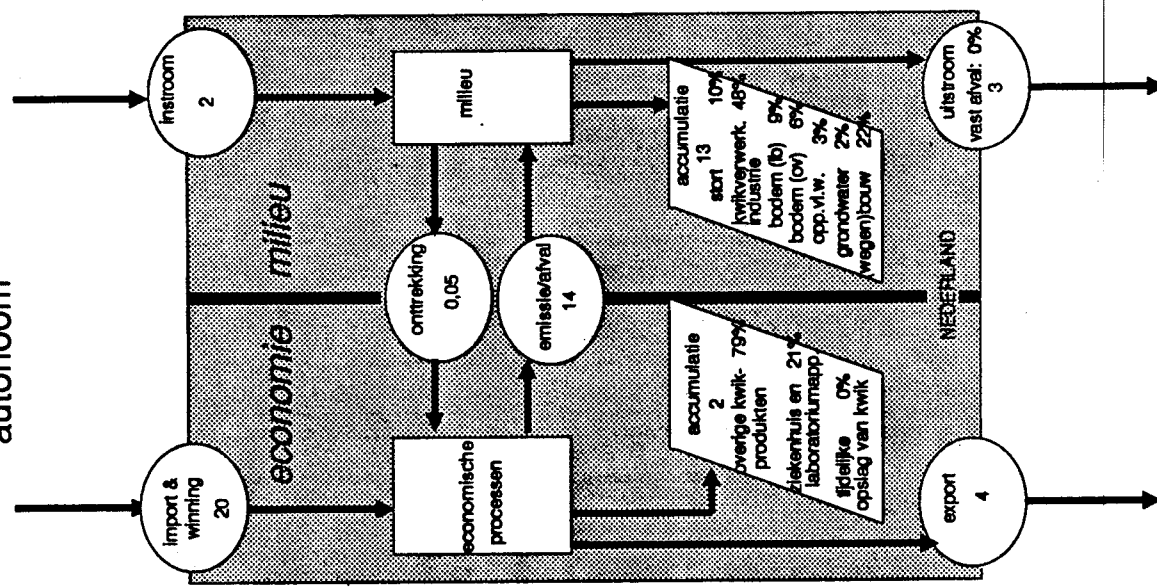
8.3.2 Doorwerking op de totale keten

In figuur 8.5 wordt een overzicht gegeven van de gevolgen van de autonome ontwikkeling en het maximale maatregelenpakket op de gehele keten.

1990

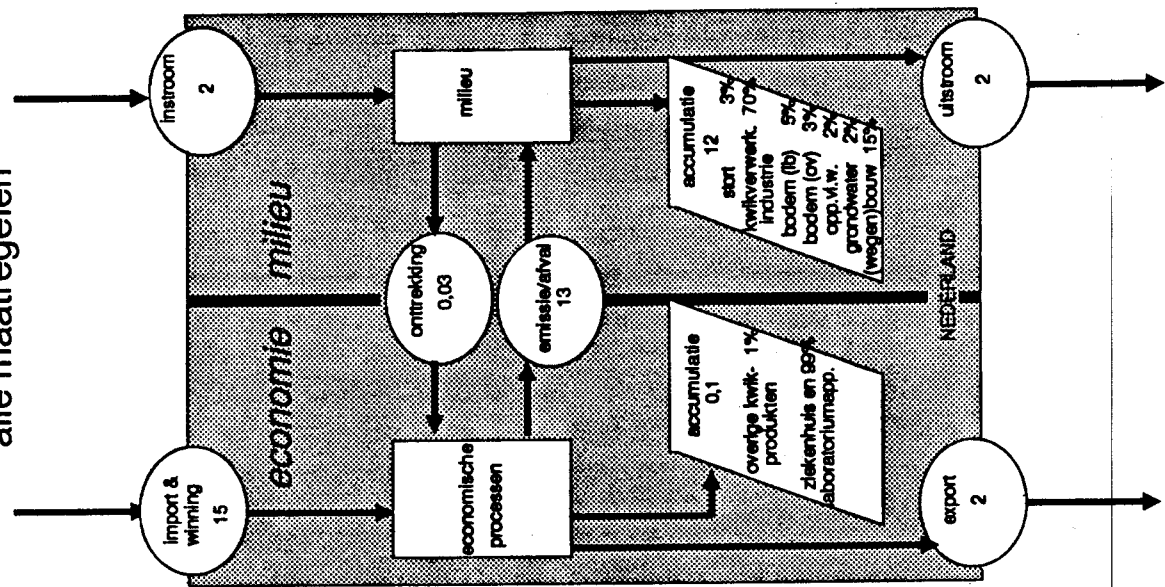


2010
autonoom



2010

alle maatregelen



Figuur 8.5 De kwikstromen in Nederland in 1990, in 2010 als gevolg van de autonome ontwikkelingen, en in 2010 als gevolg van de autonome ontwikkelingen met extra maatregelen (in ton per jaar)

Autonoom

De kwikstroom vanuit het buitenland neemt af tot 20 ton, omdat al het benodigde kwik door de kwikverwerkende industrie geleverd wordt. De import blijft zodoende beperkt tot gereede produkten (ongeveer 5 ton) en tot grondstoffen en produkten waarin kwik niet-intentioneel in aanwezig is (ongeveer 15 ton). Daarnaast gaat mogelijk kwikhoudend afval geïmporteerd worden voor verwerking in de nieuw te bouwen kwikverwerkende fabriek. Voor een rendabel proces heeft de fabriek waarschijnlijk een groter kwikaanbod nodig dan geleverd kan worden door de Nederlandse markt. Gezien de onzekerheden is dit niet in de scenario's verwerkt.

De accumulatie in het milieu neemt autonoom met 65% af. Dit komt onder andere omdat er, in geval van het sluiten van de primaire zinkproducent, geen jarosiet meer wordt gestort. In §4.3.1 wordt uiteengezet waarom de stort van jarosiet mogelijk ook bij het openblijven van de zinkfabriek ophoudt.

De accumulatie in het milieu in 2010 bestaat voor bijna de helft uit kwikafval dat naar de kwikverwerkende industrie gaat (ongeveer 6 ton). Dit is vooral afkomstig van aardgaswinning, tandartsenpraktijken, laboratoria en ziekenhuizen. Het overgrote deel van het afval wordt nu nog in het buitenland gestort.

Deze accumulatie van 6 ton geeft eigenlijk het jaarlijkse kwikoverschot in 2010 aan. Volgens het autonome scenario kan de toenemende hoeveelheid kwikafval, dat in de kwikverwerkende industrie wordt opgewerkt, namelijk niet binnen Nederland worden afgezet. Dit wordt mede veroorzaakt door de afnemende afzetmarkt van kwikhoudende produkten.

De mate waarin het kwikafval milieubelasting gaat veroorzaken zal enerzijds afhangen van de toe te passen verwerkingstechnieken en anderzijds van de bestemming van het opgewerkte kwik (isolatie, export of een grotere Nederlandse markt voor kwikhoudende produkten). Indien kwik goed wordt opgeslagen dan zal het geen milieubelasting veroorzaken en kan het ook als economische accumulatie beschouwd worden.

Verder neemt de economische accumulatie af doordat het kwik in ziekenhuisapparatuur, zoals thermometers afneemt. Het kwik in overige apparatuur blijft in dit scenario gelijk. Deze aanname is onzeker omdat er weinig zicht is op de ontwikkelingen op het gebied van kwik in apparatuur.

Maatregelen

Er is een pakket samengesteld waarin verschillende extra maatregelen die bedoeld zijn om de kwikketen beter te beheersen, zijn meegenomen. Hierbij dient opgemerkt te worden dat eventuele afwentelingen op andere milieuproblemen niet zijn meegenomen. Zoals in figuur 8.5 aangegeven neemt de import/winning met 25% af ten opzichte van de autonome ontwikkeling. Deze afname is het gevolg van de maatregel Con-2-kwik (het 'kwikbesluit') die de import van kwikhoudende produkten, zoals barometers en thermometers, reduceert (zie voetnoot 1 bij tabel 8.2). De import zal hierdoor voor bijna 100% uit kwik in niet-intentionele toepassingen bestaan.

De totale accumulatie in het milieu blijft ondanks een aanzienlijke afname van kwik door extra maatregelen in de milieucompartimenten vrijwel hetzelfde als bij de autonome ontwikkeling. Het kwikoverschot bij de kwikverwerkende industrie neemt namelijk toe. De reden hiervoor is dat ten gevolge van het 'kwikbesluit' geen secundair kwik meer wordt afgenomen van de kwikverwerkende industrie. Indien kwik goed wordt opgeslagen dan zal het geen milieubelasting veroorzaken en kan het ook als economische accumulatie beschouwd worden.

In hoeverre met het aanvullende maatregelenpakket de problemen in de 'probleem'-stromen worden opgelost, wordt in detail in paragraaf 8.3.3 behandeld.

8.3.3 Doorwerking van maatregelen op de 'probleem'stromen

De effectiviteit van de maatregelen op de probleemstromen wordt weergegeven in tabel 8.3. De getallen bij de maatregelen zijn inclusief autonome ontwikkelingen. Aan de tabel kan de effectiviteit van de maatregelen worden afgelezen door de maatregelen onderling te vergelijken. De 'gewenste' belasting (zie tabel 8.3) is het niveau dat wordt verkregen na verlaging van de belasting in 1990 met de in §8.1.2 afgeleide reductiedoelstellingen.

Tabel 8.3 Effectiviteit van maatregelen op de kwikbelasting van compartimenten en reststoffen waar normoverschrijdingen plaatsvinden (in tonnen kwik per jaar).

	landbouw- bodem	rwzi-slib	opp.vl.w./ sediment
1990	2,9	1,0 ^{a)}	5,7
autonoom 2010	1,5	0,4	1,9
Ind-1-kwik	1,4	0,4	1,6
Lan-1-kwik	1,5	0,4	1,9
Mil-1-kwik	1,5	0,5	1,8
Con-1-kwik	1,5	0,3	1,9
Con-2-kwik	1,4	0,2	1,8
Con-3-kwik	1,5	0,4	1,9
Lan-2-kwik	1,3	0,4	1,8
totaal	0,9	0,1	1,4
-----	-----	-----	-----
gewenst	0,7	0,5 ^{a)}	1,5

a) zoals aangegeven in §8.1.2 is een reductie van het kwikgehalte van 50% noodzakelijk om aan de kwaliteitseis te voldoen. Aangezien de hoeveelheid RWZI-slib met ongeveer 10% toeneemt (Duvoort, 1991) zal de totale hoeveelheid kwik met 45% moeten afnemen (ten opzichte van het 1990 niveau) om het gewenste kwikgehalte in RWZI-slib te bereiken (45% reductie van 0,97 ton is 0,53 ton, afgerond 0,5 ton kwik).

landbouwbodem/grondwater

Autonoom neemt de belasting van landbouwbodem en grondwater met kwik, volgens deze berekeningen, met 50% af. Deze reductie is onder andere het gevolg van het niet of nauwelijks meer toepassen van zuiveringsslib op landbouwgronden. Daarnaast levert de afname van de depositie (met ongeveer 60%) een grote bijdrage aan de reductie. Bij het bepalen van de depositie in 2010 is verondersteld dat de kwikstroom uit het buitenland met 70% afneemt, conform de afspraken in het kader van Noordzee-Aktie- en Rijn-Aktie-Plan. Dit is onzeker.

Met het aanvullende maatregelenpakket wordt een reductie van ongeveer 70% bereikt. Vooral de emissiereducties naar lucht bij de industrie (Ind-1-kwik) en de halvering van het kwikgehalte in kunstmest zijn effectief. Uit tabel 8.3 blijkt dat het totale aanvullende maatregelenpakket net niet toereikend is om het gewenste niveau voor grondwater en landbouwbodem te halen. Opgemerkt dient te worden dat de reductiedoelstelling van 80% voor de binnenlandse kwiktoevoer naar zowel bodem als grondwater mogelijk te vergaand is. Zoals namelijk al aangegeven in tabel 8.1 worden de kwiknormen voor bodem en grondwater slechts licht overschreden.

oppervlaktewater/sediment

De kwiktoevoer neemt met het autonome scenario af tot bijna het gewenste niveau. Hierbij is uitgegaan van een afname van de instroom uit het buitenland met 70%, conform de RAP/NAP-afspraken. De Nederlandse bronnen nemen autonoom naar verwachting met 65% af. Deze afname is vooral het gevolg van emissiereducties bij tandartsenpraktijken, de fosfaatverwerkende industrie en de chlooralkali-industrie. Het aanvullende maatregelenpakket leidt volledig tot de gewenste reductie van de binnenlandse bronnen met 80%. Met name de extra inspanningen van de industrie (Ind-1-kwik) zijn effectief, zowel direct (door reductie van lozingen) als indirect (door reductie van atmosferische emissies).

RWZI

Het autonome beleid is net voldoende om de reductiedoelstelling voor RWZI-slib te halen. De amalgaamtvoevoer naar riolen door tandartsenpraktijken neemt namelijk sterk af (naar verwachting bijna 95%). Dit gebeurt door grootschalige toepassing van afzuiginstallaties (amalgamaafscheiders) op tandheelkundig behandelinstrumentarium en 'good housekeeping' maatregelen (CUWVO, 1990).

Het aanvullende maatregelenpakket leidt tot een reductie van bijna 90%. Met name het kwikbesluit (Con-2-kwik) blijkt zeer effectief. De maatregel waarbij de belasting van oppervlaktewater/sediment wordt teruggedrongen door extra zuivering bij rwzi's (Mil-1-kwik) leidt tot een grotere kwikstroom naar het rwzi-slib. Gezien de relatief geringe reductie bij oppervlaktewater is dit geen gewenste maatregel.

8.3.4 Doorwerking van maatregelen op voorraadbeheer

In hoofdstuk 2 is betoogd dat het uit oogpunt van voorraadbeheer zinvol lijkt om per deelsysteem een kort overzicht te geven van de verliezen voor de situatie 1990, 2010 autonoom en 2010 met maatregelen. Dit overzicht wordt afgesloten met een, ons inziens, geschikte indicator voor de verspilling van kwik.

Bij de berekening van de ketenverliezen is uitgegaan van het volgende:

* er is alleen gekeken naar het intentionele gebruik van kwik. Dit omdat we met voorraadbeheer willen aangeven hoeveel van het bewust uit de aardkorst gewonnen kwik verspild wordt.

* als ketenverliezen worden beschouwd: 1) emissies, 2) stort en 3) reststoffen, waarin het metaal als verontreiniging zit, onafhankelijk van verder gebruik van deze reststoffen.

Het deelsysteem winning

Het betreft de winning van kwik als bijproduct van de aardgaswinning, zowel on- als offshore, en van de zinkwinning uit geïmporteerd zinkerts. Dit deelsysteem is verre van gesloten (80% verliezen in 1990, zie tabel 8.4). De verliezen bestaan uit gestort jarosiet van de zinkindustrie (ongeveer 17 ton kwik) en de export van kwikhoudend afval van de aardgaswinning (ongeveer 5 ton).

Zoals aangegeven in §4.3.1 is in dit rapport uitgegaan van het sluiten van de primaire zinkproducent, waardoor de instroom in 2010 afneemt (zie tabel 8.4), en beperkt blijft tot de aardgaswinning. Verder wordt het kwikhoudende afval niet meer gestort, maar verwerkt. De mate waarin het afval alsnog tot verliezen leidt zal afhangen van de verwerkingstechnieken.

Tabel 8.4 De kwikverliezen bij het deelsysteem winning (in tonnen kwik en in %)

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van kwikhoudend zinkerts en aardgas	28	8	8	100	100	100
uitstroom van kwik naar deelsysteem Toepassingen of export	6	3	3	21	38	38
kwikverwerkende industrie		4	4		50	50
verliezen	22	1	1	79	12	12

Het deelsysteem produktie

Dit deelsysteem omvat de produktie van amalgaam (ten behoeve van tandartsenpraktijken), de chlooralkali-industrie, en de elektrische en elektronische industrie (o.a. de lampenindustrie). Instromen zijn: kwik afkomstig van het deelsysteem Winning, geïmporteerd kwik en kwikverbindingen, en gerecycled kwik van het deelsysteem Afvalverwerking. Uitstromen zijn: export en het deelsysteem Toepassingen.

Het autonome scenario's geeft aan dat de in- en uitstroom in 2010 vrijwel constant blijft. Een groot verschil met de 1990 situatie is dat de verliezen afnemen doordat er een kwikverwerkende industrie komt. Net als bij het deelsysteem Winning geldt dat de verwerkingstechnieken zullen moeten uitwijzen in hoeverre dit alsnog tot verliezen leidt. Het aanvullende maatregelenpakket vermindert de instroom drastisch door een afnemende consumptie en daardoor ook produktie van kwikhoudende produkten. Hierdoor treedt eveneens een afname op van de verliezen (tot 0.02 ton) en de stroom naar de kwikverwerkende industrie (tot 0.7 ton). Hiermee wordt, zoals aangegeven aan het begin van deze paragraaf, geen uitspraak gedaan over de niet-intentionele stroom naar de kwikverwerkende industrie.

Tabel 8.5 De kwikverliezen bij het deelsysteem produktie (in tonnen kwik en in %)

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom via import of uit de deelsystemen Winning of Afvalverwerking	14	13	2	100	100	100
uitstroom van kwikhoudende produkten naar deelsysteem Toepassing of export	8	8	1,7	57	62	85
kwikverwerkende industrie		4	0,3		31	15
verliezen	6	1	0,02	43	7	1

Het deelsysteem toepassingen

Dit deelsysteem omvat de toepassingen bij huishoudens, ziekenhuizen en tandartsenpraktijken. Instromen vinden plaats vanuit het deelsysteem Produktie, en via de import van gereede produkten. De uitstroom bestaat uit te verwerken afval (en komt in het hieronder beschreven deelsysteem Afvalverwerking aan de orde). Verliezen vinden met name plaats door afvalwater van tandartsenpraktijken, en door de breuk van kwikhoudende apparatuur zoals thermometers en lampen.

De accumulatie in 1990 bestaat uit allerhande kwikhoudende apparatuur, die zich bij huishoudens bevinden (zie ook figuur 8.5).

Autonoom neemt de stroom naar toepassingen af door het afnemende gebruik van kwikhoudende produkten. Ook de verliezen worden aanzienlijk kleiner (met name door maatregelen bij tandartsenpraktijken).

Het maatregelenpakket leidt tot een verder afname van de instroom. Ook de verliezen nemen (absoluut gezien) verder af.

Het deelsysteem lijkt op de in tabel 8.6 gepresenteerde wijze redelijk gesloten. Men moet hierbij echter voor ogen houden dat een groot deel van de uitstroom in het deelsysteem Afvalverwerking uiteindelijk uit de keten weglekt, en dat er een accumulatie optreedt waaruit in de toekomst kwik kan weglekken (zie *indicator*, volgende pagina).

Tabel 8.6 De kwikverliezen bij het deelsysteem toepassing (in tonnen kwik en in %)

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van kwikhoudende produkten uit deelsysteem Productie en via import	12,2	8,2	1,4	100	100	100
uitstroom van kwikhoudend afval naar deelsysteem Afvalverwerking	8,4	6,0	1,15	69	73	82
economische accumulatie	2,1	1,7	0,1	17	21	7
verliezen	1,7	0,5	0,15	14	6	11

Het deelsysteem afvalverwerking

In dit geval zijn recycling, afvalverbrandingsinstallaties en afvalstortplaatsen onderdeel van het deelsysteem afvalverwerking. Instroom is het afval uit het deelsysteem Toepassingen. Uitstroom is gerecycled kwik ten behoeve van export of het deelsysteem productie.

De grote verliezen in 1990 treden op door stort en door afvalverbranding (met name kwikemissies naar lucht).

Een gedeelte van het kwikafval zal bij de nieuw te bouwen kwikverwerkende industrie terecht komen. In 1990 betreft dit 1,5 ton kwik in afgedankte lampen en batterijen. In 2010 is het kwikgebruik in batterijen tot vrijwel 0 ton gereduceerd en bestaat het kwikafval uit allerhande produkten, waarin het kwik in zowel lage als hoge concentraties voorkomt. De toe te passen recyclingstechnieken zullen moeten uitwijzen in hoeverre dit tot verliezen gaat leiden.

Zoals in tabel 8.7 aangegeven neemt de instroom naar het deelsysteem Afvalverwerking autonoom af (van 8,4 tot 6,0 ton), doordat het gebruik van kwikhoudende producten in het deelsysteem Toepassingen afneemt. Het maatregelenpakket leidt tot een nog grotere afname.

Tabel 8.7 De kwikverliezen bij het deelsysteem afvalverwerking (in tonnen kwik en in %)

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van kwikhoudend afval uit deelsysteem Toepassingen	8,4	6,0	1,1	100	100	100
gerecycled kwik voor deelsysteem Productie of export	1,9	2,1		23	35	
kwikverwerkende industrie	1,5	2,2	0,6	17	37	55
verliezen	5,0	1,6	0,5	60	27	45

Indicator voor de verspilling van kwik

Tabel 8.7 De kwikverliezen bij het deelsysteem toepassing met verrekening van de afvalverwerking en de economische accumulatie (in tonnen kwik en in %)

	1990 (in ton)	2010 autonoom (in ton)	2010 maatregelen (in ton)	1990 (in %)	2010 autonoom (in %)	2010 maatregelen (in %)
instroom van kwikhoudende producten uit deelsysteem Productie en via import	12.2	8.2	1.4	100	100	100
gerecycled kwik voor export of deelsysteem productie	2.4	2.7	--	20	33	
kwikverwerkende industrie	1.9	2.9	0.7	15	35	50
verliezen	7.9	2.6	0.7	65	32	50

In het deelsysteem Toepassingen zit een post 'economische accumulatie' (zie tabel 8.6), die

uiteindelijk tot verliezen zal leiden. De mate waarin hangt af van het recyclingspercentage van de in de economie aanwezige kwikprodukten. In de deelketenanalyse zoals die hierboven is gepresenteerd wordt dit niet zichtbaar. Daarom wordt in tabel 8.7 een 'theoretische' deelketen Toepassing gepresenteerd. Hierin is economische accumulatie weggewerkt (door het schatten van een recyclingspercentage per type produkt) én wordt het afval dat na toepassing ontstaat niet naar een andere deelketen geschoven (voor een beschrijving van de methode, zie hoofdstuk 2).

De in tabel 8.7 weergegeven 'verliezen' worden beschouwd als een geschikte indicator voor voorraadbeheer.

De kwikketen is in 1990 verre van gesloten. Ongeveer 65% van de instroom gaat verloren, en 15% bestaat uit afgedankte lampen en batterijen die in de toekomst, afhankelijk van de verwerkingstechniek, mogelijk nog tot verliezen leiden. Autonoom en met het aanvullende maatregelenpakket nemen de verliezen sterk af.

In het algemeen geldt dat het intentionele kwikgebruik zal afnemen terwijl de hoeveelheid secundair kwik (afkomstig van zowel intentionele als niet-intentionele toepassingen) toeneemt als gevolg van een nieuw te bouwen kwikverwerkende fabriek. Hierdoor ontstaat naar alle waarschijnlijkheid een kwikoverschot.

8.4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De kwikstroom door de Nederlandse economie is voor 65% niet-intentioneel, met name door kwik als verontreiniging in zinkerts, maar ook in kolen, olie, ijzer- en fosfaaterts.

In de economie accumuleert kwik in 1990 onder andere in allerlei ziekenhuis- en laboratoriumapparatuur. In het milieu accumuleert kwik voor ruim 70% op stortplaatsen.

Het blijkt dat de in dit document doorgerekende scenario's voor de kwikketen tot het volgende leiden:

- In het autonome scenario neemt de accumulatie in het milieu ten opzichte van de huidige accumulatie met 65% af. Verder wordt er geen kwikhoudend afval meer geëxporteerd. Dit afval wordt opgewerkt in een nieuwe fabriek, die gespecialiseerd is in het verwerken van afval met lage kwikgehalten. Het op te werken afval wordt in dit rapport als een stroom naar het milieu beschouwd (omdat het nog onduidelijk is welk percentage van het kwik gerecycled kan worden). Wanneer het echter als een vorm van economische accumulatie zou worden beschouwd, dan neemt, ten opzichte van de huidige keten, de economische accumulatie autonoom met 65% toe, terwijl de accumulatie in het milieu met bijna 80% afneemt.
 - bij het scenario met extra maatregelen (bovenop de autonome ontwikkeling) blijft de totale accumulatie in het milieu, ondanks een aanzienlijke afname van kwik in de milieucompartimenten, vrijwel hetzelfde als bij de autonome ontwikkeling. Het kwikoverschot bij de kwikverwerkende industrie neemt namelijk toe. De reden hiervoor is dat ten gevolge van het 'kwikbesluit' geen secundair kwik meer wordt afgenomen van de kwikverwerkende industrie. Wanneer dit opgeslagen kwik echter als een vorm van economische accumulatie wordt beschouwd, dan werkt het maatregelenpakket zeer gunstig uit omdat, ten opzichte van de huidige keten, de accumulatie in het milieu met bijna 90% afneemt; de economische accumulatie neemt met 70% toe.
- Het kwikbesluit heeft ook tot gevolg dat de instroom van kwik via import en winning voor bijna 100% bestaat uit niet-intentionele toepassingen.

Hieronder wordt besproken in hoeverre de gehanteerde scenario's tot oplossing van de probleemstromen voor kwik leiden:

landbouwbodem/grondwater

Uit de herkomstanalyse blijkt dat in 1990 depositie verreweg de belangrijkste oorzaak van de bodembelasting met kwik is. Dit is het gevolg van emissies naar de lucht door het buitenland, afvalverbrandingsinstallaties en de industrie. Andere oorzaken van de bodembelasting zijn zuiveringsslib, kunstmest en dierlijk mest.

Het autonome scenario leidt tot een vermindering van de landbouwbodembelasting met ongeveer 50%. Met het aanvullende maatregelenpakket worden reducties van 70% gehaald. Dit is echter net niet voldoende om tot de (in dit document gestelde) gewenste reductie te komen. Hierbij moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat de gewenste reductiedoelstelling voor zowel bodem als grondwater te vergaand is.

grondwater

De uitspoeling van kwik naar grondwater is een direct gevolg van de kwiktoevoer naar de agrarische en niet-agrarische bodem. Ook hier geldt dat de vermindering van de kwiktoevoer net niet voldoende is om de gewenste reductie te bereiken.

oppervlaktewater/sediment

De aanvoer van kwik via rivieren vanuit het buitenland is voor tweederde verantwoordelijk voor de toevoer van kwik naar het oppervlaktewater, gevolgd door amalgaamemissies bij tandartsenpraktijken, industriële lozingen en atmosferische depositie.

Met het autonome scenario wordt een reductie van de Nederlandse bronnen van bijna 70% bereikt. Deze afname is vooral het gevolg van maatregelen bij tandartsenpraktijken, de fosfaatverwerkende industrie en de chlooralkali-industrie. Verder is ervan uitgegaan dat de instroom uit het buitenland met 70% afneemt, conform de RAP/NAP-afspraken. Met het aanvullende maatregelenpakket wordt de reductiedoelstelling van 80% gehaald. Met name de extra inspanningen van de industrie zijn effectief.

RWZI-slib

Het amalgaamverbruik bij tandartsen is de belangrijkste oorzaak van de grote overschrijding van de norm voor RWZI-slib. Een andere oorzaak van het hoge kwikgehalte in slib zijn de huishoudens. Het is echter onduidelijk welke producten uit de huishoudens hiervoor verantwoordelijk zijn.

Het autonome beleid is net voldoende om de gewenste reductie van 50% te halen. Dit is het gevolg van een vergaande afname (naar verwachting bijna 95%) van de amalgaamtoevoer naar riolen door tandartsenpraktijken.

Het aanvullende maatregelenpakket leidt tot een reductie van de kwiktoevoer naar RWZI-slib van bijna 90%. Met name het 'kwikbesluit' lijkt effectief te zijn.

De conclusie luidt dat het autonome scenario de probleemstromen naar oppervlaktewater en RWZI-slib redelijk oplost. De reductiedoelstellingen voor landbouwbodem en grondwater worden net niet gehaald. Het aanvullende maatregelenpakket leidt met name bij landbouwbodem en RWZI-slib tot vergaande reducties, zodat het beeld voor kwik er in het algemeen gunstig uitziet.

Voor wat betreft voorraadbeheer kan worden geconcludeerd dat de kwikketen in 1990 zeer open is: ongeveer 8 ton, 65% van de hoeveelheid die intentioneel wordt toegepast, gaat verloren. De doorgerekende scenario's lijken voor voorraadbeheer gunstig te zijn. Autonoom zijn de 'verliezen' in 2010 gedaald tot 3 ton (32% van de toepassingen), en in 2010 met maatregelen zelf tot 1 ton (50% van de toepassingen).

Waarschijnlijk ontstaat in de toekomst een kwikoverschot, omdat het intentionele kwikgebruik afneemt terwijl de hoeveelheid secundair kwik (afkomstig van zowel intentionele als niet-intentionele toepassingen) toeneemt als gevolg van de nieuw te bouwen kwikverwerkende fabriek. De bestemming van het kwik (opslag, export of een grotere Nederlandse markt) zal bepalen in hoeverre dit tot milieubelasting leidt.

LITERATUUR

- Aalbers, Th.G., PGM de Wilde, G.A. Rood, P.H.M. Vermij, R.J. Saft, A.I.M. van de Beek, M.H. Broekman, P. Masereeuw, Ch Kamphuis, P.M. Dekker, E.A. Valentijn (1993), Appendix A,B en C bij 'Milieuhygiënische kwaliteit van primaire en secundaire bouwmaterialen in relatie tot hergebruik en bodem- en oppervlakte-waterenbescherming' (rapportnr. 771402006), Bilthoven
- Annema, J.A. (1993) Corrosie van bladlood in de bouw, Werkgroep Emissies Servicebedrijven en Produktgebruik (WESP), RIVM (rapportnr. 773003004), Bilthoven
- Baas, C.M., P.J.J.G. Geudens, L.E. Duvoort-van Engers, (1993), Afvalwaterzuiveringsslib van bedrijven en instellingen, H₂O Tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling 3/93
- Besluit van 7 januari 1993, houdende voorschriften ter voorkoming en vermindering van luchtverontreiniging veroorzaakt door inrichtingen voor de verbranding van afvalstoffen, Staatsblad 1993 36.
- Bons, C.A., M.T. Villars, R.D. Koeze, J-P R.A. Sweerts (1994) Simulation of transport of pollutants in the river Rhine basin, The Rhine and Meuse Estuary, the North Sea Coastal Zone and Waddensea, Delft Hydraulics, Delft
- Brouwer, J.G.H., J.H.J. Hulskotte (1994), Procesbeschrijving 'gastoestellen in huishoudens' aardgas kleinverbruik basisjaar 1992, TNO, Apeldoorn
- CBS (1993) Cadmium in Nederland 1990, Den Haag
- CBS (1993a) Jaarstatistiek van de buitenlandse handel 1991, staatsuitgeverij, Den Haag
- CBS (1993b) Waterkwaliteitsbeheer, deel b, Zuivering van afvalwater 1991, staatsuitgeverij, Den Haag
- CCRX (1993) Coördinatie-Commissie voor de metingen van Radioactiviteit en Xenobiotische stoffen, Metingen van Radioactiviteit en Xenobiotische stoffen in het Biologisch milieu in Nederland 1991, RIVM, Bilthoven
- Coppoolse, J., F. van Bentum, M. Schwartz, J.A. Annema, C.Quarles (1993), Zware metalen in oppervlaktewater; bronnen en maatregelen, Samenwerkingsverband Project Effectieve Emissiereductie Diffuse Bronnen (SPEED), RWS/RIZA, VROM/DGM, RIVM (RIVM rapportnr. 773003001), Bilthoven
- CUWVO (1990) Coördinatiecommissie uitvoering Wet verontreiniging oppervlaktewateren, werkgroep VI, Afvalwaterproblematiek in de tandheelkundige verzorging, Den Haag
- DHV (1994) DHV Milieu en Infrastructuur, Kwik in produkten; Een technische inventarisatie en evaluatie, Amersfoort
- Duvoort - van Engers, L.E. (1991), Informatiedokument Zuiveringsslib, RIVM (rapportnr. 738902013), Bilthoven
- Elzenga, H.E., J.R.K. Smit, Verhagen, H., preventie van industrieel afval (1992), RIVM (rapportnr. 776202001), Bilthoven
- Elzenga, H.E., J.R.K. Smit (1993), Inventariserend overzicht van enkele afvalstoffen en emissies uit de Nederlandse olie- en gaswinning, basisjaar 1990, RIVM (rapportnr. 736201027) Bilthoven
- Eggels, P.G., J.C. Pisa, J. van Evert (1992), Zware metalen in het Amsterdamse afval:

- herkomst en bestemming, TNO-Milieu en Energie (rapportnr. 112322-22951), Apeldoorn
- EPA (1994) Environmental Protection Agency, Mercury usage and alternatives in the electrical and electronic industries, EPA/600/R-94/047, Washington
- Heidemij (1994) Invloed van het meststoffengebruik op de zware-metalenaanvoer in Nederlandse landbouwgronden, rapportnr. 674/BA94/A075/07592
- Geudens (1993) Afvalwaterzuiveringsslib van bedrijven en instellingen, 1991 Kwartaalbericht Milieu (CBS) 1993/4
- Hoekstra, F. (1995), Mondelinge informatie van directie Afvalstoffen, VROM, Den Haag
- Hoogenkamp, A.W.H.M. (1993), Productie van fosfaatmeststoffen, Samenwerkingsproject Procesbeschrijvingen Industrie Nederland (SPIN), RIVM (rapportnr. 736301102), Bilthoven
- Implementatieplan AVI-reststoffen (maart 1995)
- Janus, J.A., J.A. Annema, J.M.M. Aben, W. Slooff (1991), evaluatiedocument lood (werkdocument), RIVM (rapportnr. 601014003; in voorbereiding), Bilthoven
- Janus, J.A, J.M. Hesse, M.G.J. Rikken (Eds.) (1994), Aandachtstoffen in het Nederlandse milieubeleid - overzicht 1994, RIVM (rapportnr. 601014006), Bilthoven
- Metals and Mineral Annual Review (1993), Mining Journal, Londen, juli 1993
- Meij, R. (1992) The fate of trace elements at coal fired plants, Kema, Arnhem
- Meijer, P., Z.I.van Lohuizen (1991), Informatiedocument afvalstoffen; Batterijen, RIVM (rapportnr. 738902014), Bilthoven
- NFK (1993) Het identificeren van cadmiumhoudende kunststofreststoffen en de toepassing daarvan in duurzame produkten binnen een gecontroleerd circuit, NFK, Leidschendam
- van Oers, L., Mulder, P. van de Voet, E., Handleiding SFINX 1.06 deel 1 en 2, Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit Leiden, 1994
- RIVM (1991a) Nationale Milieuverkenningen 2 1990-2010, Uitgeverij Samson Tjeenk Willink bv, Bilthoven
- RIVM (1992b) Milieudiagnose 1991 I, Integrale rapportage Lucht-, Bodem- en Grondwaterkwaliteit (rapportnr. 724801004), Bilthoven
- RIVM (1992c) Milieudiagnose 1991 III, Bodem- en Grondwaterkwaliteit (rapportnr. 724801003), Bilthoven
- RIVM (1993a) Nationale Milieuverkenningen 3 1993-2015, Uitgeverij Samson Tjeenk Willink bv, Bilthoven
- RIVM (1993c) Aben, J.M.M., H.C. Eerens, H. Noordijk, G.J.H. Schokkin, M.A.A. Schutter, K. van Velze, H.J. van der Woerd, Jaaroverzicht luchtkwaliteit 1992 (rapportnr. 722101006), Bilthoven
- RIVM (1993d) Informatiedokument afvalstoffen; AVI-reststoffen (rapportnr. 738902025), Bilthoven
- RIZA (1994) Watersysteemverkenningen Doelgroepstudie Bouwnijverheid, Corrosie van Bouwmaterialen
- RWS (1994) Lozingenbesluit WVO glastuinbouw met nota van toelichting, GBK. Roos-Schalij, Ministerie van Verkeer en waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
- Slooff, W., R.F.M.J. Cleven, J.A. Janus, P. van der Poel (1989a), Basisdokument chroom,

- RIVM (rapportnr. 758701001), Bilthoven
- Slooff, W., R.F.M.J. Cleven, J.A. Janus, J.P.M. Ros (1987) ontwerp Basisdokument koper, RIVM (rapportnr. 758474003), Bilthoven
- Slooff, W., P. van Beelen, J.A. Annema, J.A. Janus (1994) Basisdokument kwik, RIVM (rapportnr. 710401023), Bilthoven
- TCB (1991) Advies kwaliteit en gebruik van GFT-compost, Technische Commissie Bodembescherming, 1991, Leidschendam
- Thompson (1993) Major Metals, Metals & Minerals Annual Review 1993, blz 41, The Mining Journal Limited, Londen.
- USBM (1991) Minerals Yearbook 1989, volume I, United State Department of the Interior, bureau of mines, Washington
- VROM (1992) Zware metalen in compost; beschikbaarheid, 1992/1, Publikatiereeks afvalstoffen
- VROM (1993) Beleidsstandpunt chroom in het milieu, 21 oktober 1993, Den Haag
- VROM (1994a) Strategienotitie Verspreiding, Den Haag
- Zoetemeijer, H. (1994), Stand van zaken zware metalen (notitie ter voorbereiding van het beleidsstandpunt Zware Metalen), concept 3 november, VROM, Den Haag
- ZVEI (1993) Entladungslampen und Umwelt, Fachverband Elektrische Lampen, Zentral Verband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V, Bonn, Duitsland

BIJLAGE 1 De herkomst van zware metalen in GFT-compost

Momenteel loopt bij RIVM een fysisch-chemisch onderzoek naar GFT-compost. Hierbij wordt onder andere de gewichtsverhouding tussen de GF-fractie (hoofdzakelijk afkomstig van agrarische gronden) en de T-fractie (afkomstig van de niet-agrarische gronden, de tuinen) onderzocht.

Vooruitlopend op de resultaten van dit onderzoek wordt hieronder geschat welk percentage van de zware metalen in GFT-compost afkomstig is van agrarische gronden en welk deel van niet-agrarische gronden.

In 1990 is ongeveer 120.000 ton GFT-compost geproduceerd uit 300.000 GFT-afval (zie ook tabel 1).

Uit het rapport "Advies kwaliteit en gebruik van GFT-compost" van de Technische Commissie Bodembescherming blijkt dat (TCB, 1991):

- GFT-compost voor 70% uit bodemdeeltjes, nutriënten en zouten bestaat;
- en voor 30% uit organische stof;

Verder is overgenomen dat de droge fractie 7/10 van het gewicht van de natte fractie is.

Vervolgens zijn twee ruwe aannames gedaan om te bepalen welk percentage van het compost afkomstig is van agrarische grond en welk deel van niet-agrarische grond:

- 1 we zijn ervan uitgegaan dat 90% van de grond afkomstig is van niet-agrarische bodem (van tuintjes en dergelijke). Ongeveer 10% is dus grond die meekomt met groenten en fruit van de landbouwbodem;
- 2 verder zijn we ervan uitgegaan dat 50% van de groene, organische massa afkomstig is van de landbouwbodem (groenten en fruit). De overige 50% komt uit de tuinen (takken, gras of groenten en fruit van eigen bodem).

Als we deze aannames combineren met het feit dat 70% van het GFT-compost grond is en 30% groene massa dan kan geconcludeerd worden dat ongeveer 80% (63% + 15%) van het compost afkomstig is van de niet-agrarische bodem. De overige 20% (ongeveer 7% + 15%) komt van de landbouw.

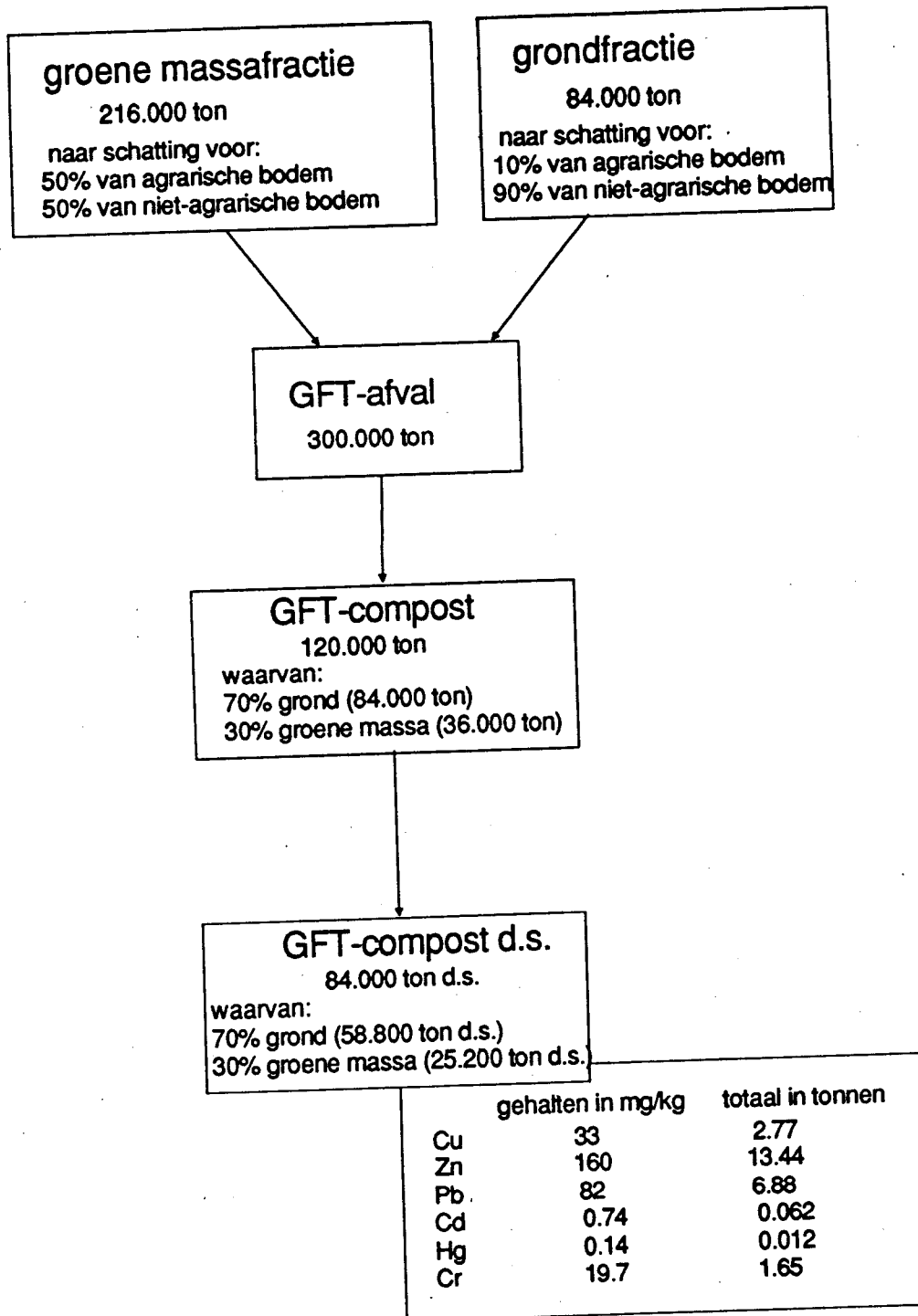
In het algemeen zal dus ongeveer 20% van de zware metalen in compost van de agrarische bodem komen, en 80% van de niet-agrarische bodem. Opgemerkt dient te worden dat deze verhouding zeer discutabel is. Door (historische) verontreinigingen van de agrarische of niet-agrarische grond kunnen de percentages anders zijn. Zo bevat de niet-agrarische grond hogere zinkconcentraties dan de landbouwbodem door jarenlange corrosie van bouwmaterialen. Hierdoor zal bij zink de verhouding niet-agrarische grond: agrarische grond mogelijk meer in de buurt van de 90:10 liggen.

In de hoofdstukken over de zware metalen komt dit uitvoeriger aan bod.

Figuur 1 geeft de herkomst van GFT-compost schematisch weer. Tevens wordt aangegeven wat het gemiddelde zware metalengehalte in het GFT-compost is.

Tabel 1 de hoeveelheid geproduceerde GFT-compost uit GFT-afval

jaar	hoeveelheid ingezamelde GFT afval (in tonnen)	hoeveelheid GFT-compost (in tonnen)
1990	300.000	120.000
1992	654.000	206.000
1993	842.000	336.000
verwacht voor 1995	1.600.000	650.000



figuur 1 De herkomst van GFT-compost in 1990

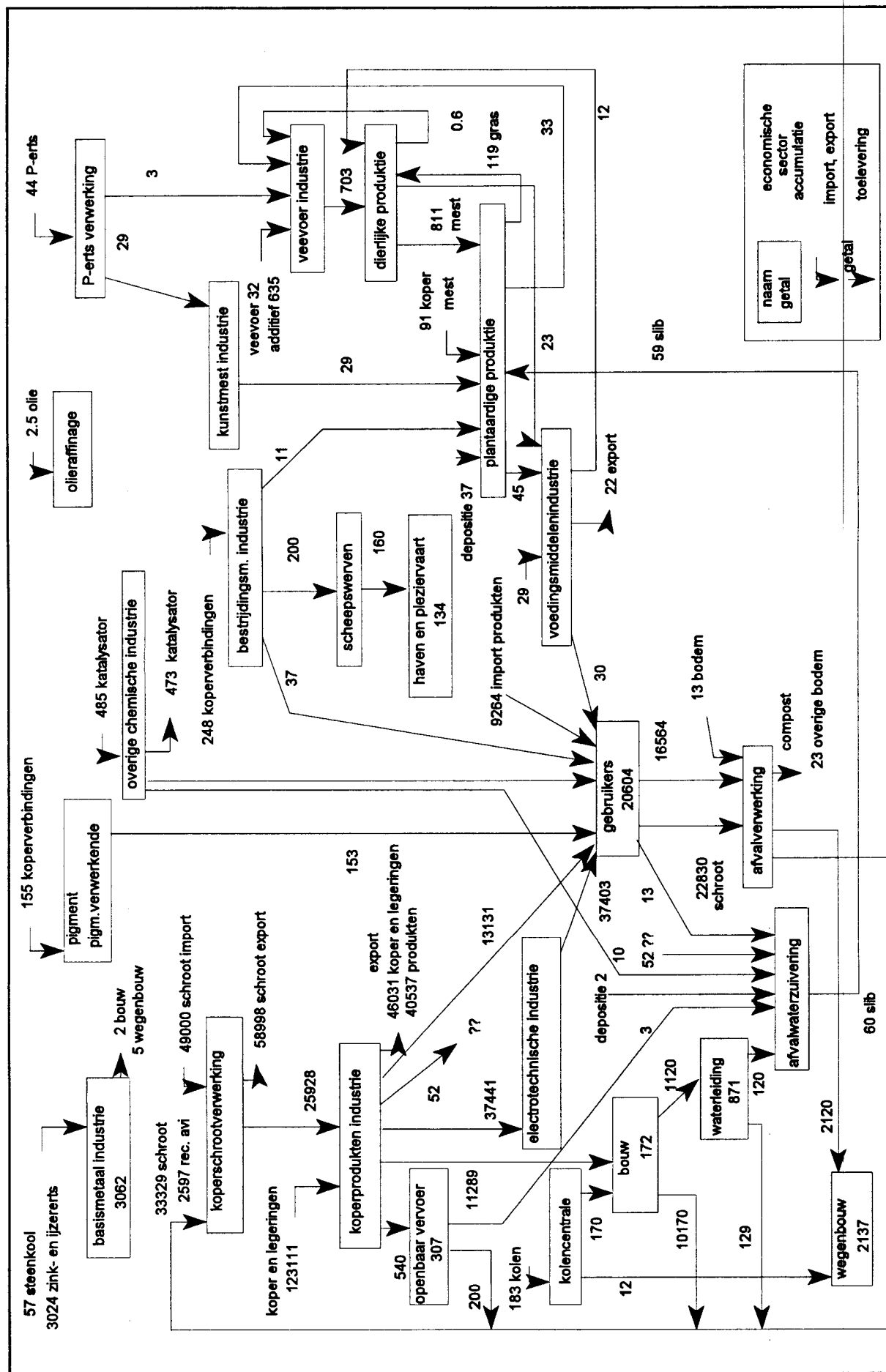
BIJLAGE 2 De zware metalenstromen door economie en milieu in 1990.

In de figuren die de stromen door de economie weergeven (bijlage 2.1, 2.3, 2.5, 2.7, 2.9 en 2.11) zijn emissies en afval niet opgenomen, deze staan in de figuren met stromen van en naar het milieu (bijlage 2.2, 2.4, 2.6, 2.8, 2.10, 2.12).

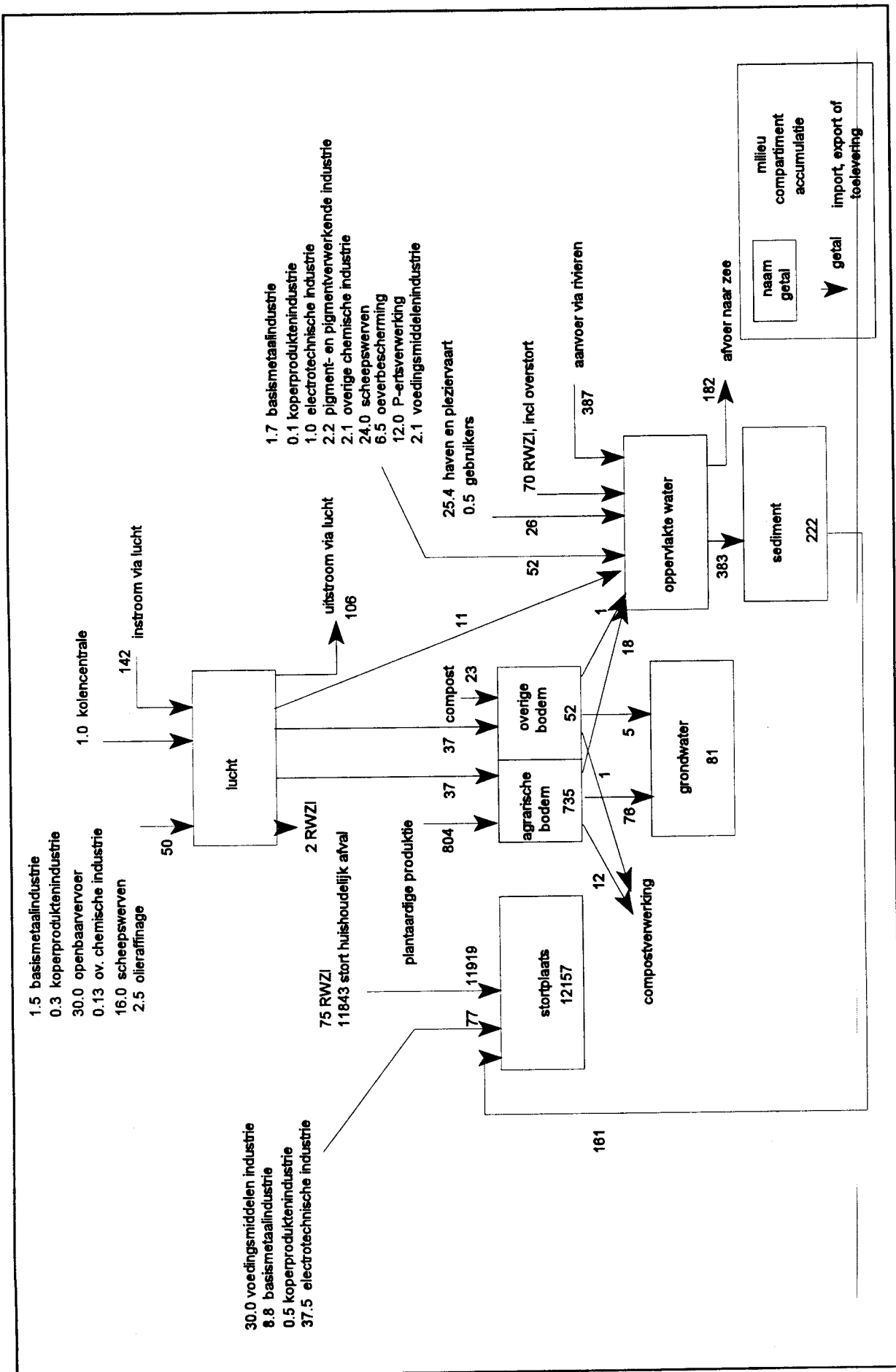
De getallen zijn zoveel mogelijk op literatuur gebaseerd (voor referenties, zie bijlage 3). Aangezien het softwarepakket SFINX om een volledige input-output balans vraagt, zijn ook schattingen gemaakt voor stromen waar geen gegevens van beschikbaar waren.

De getallen in de figuren zijn niet afgerond, ondanks het feit dat ze in een aantal gevallen onzeker zijn en slechts een indicatie van de zware metalenstromen geven.

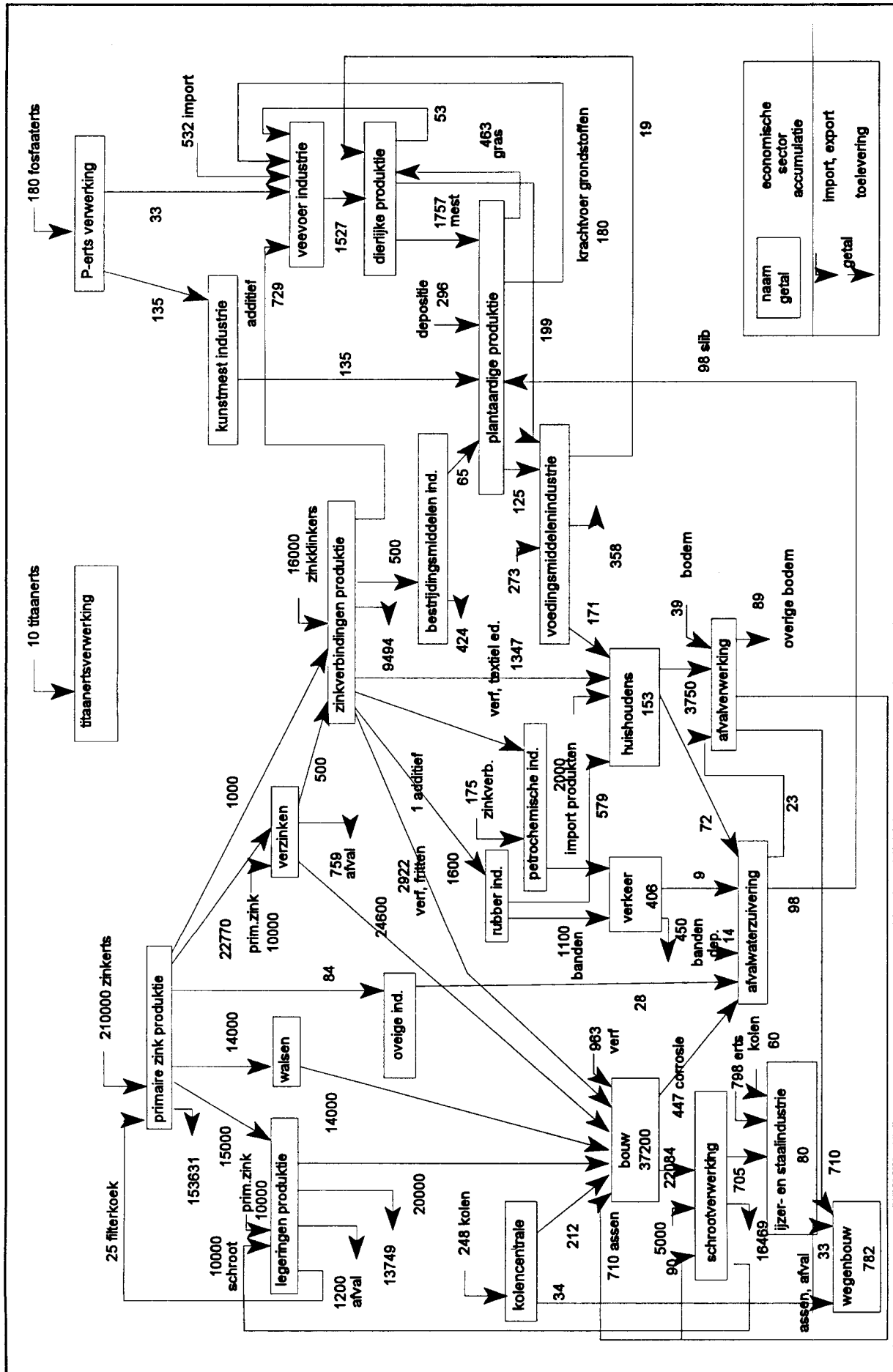
BIJLAGE 2.1 De koperstroom door de Nederlandse economie in 1990 (ton per jaar)



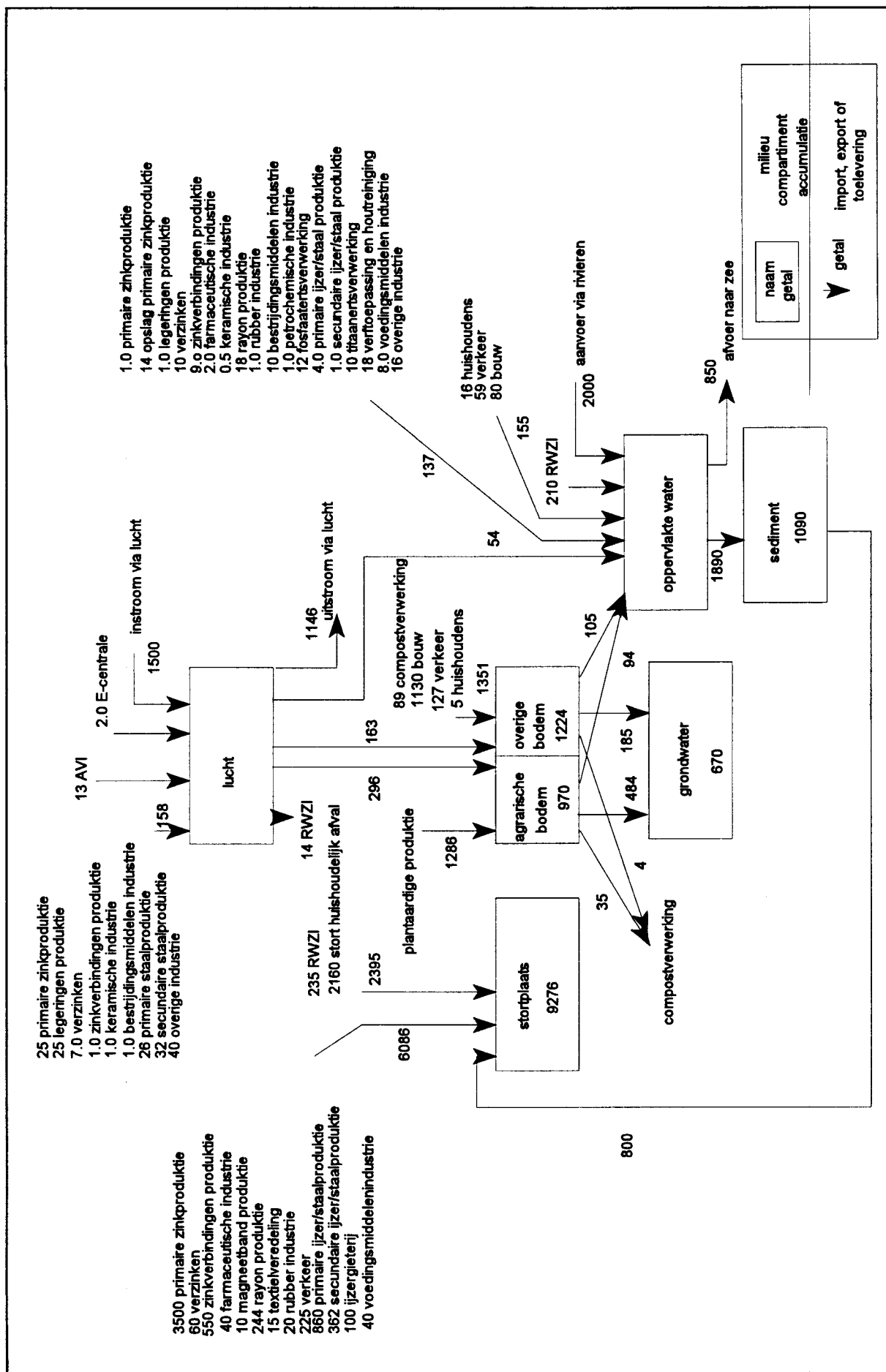
BIJLAGE 2.2 De koperstroom door het Nederlandse milieu in 1990 (ton per jaar)



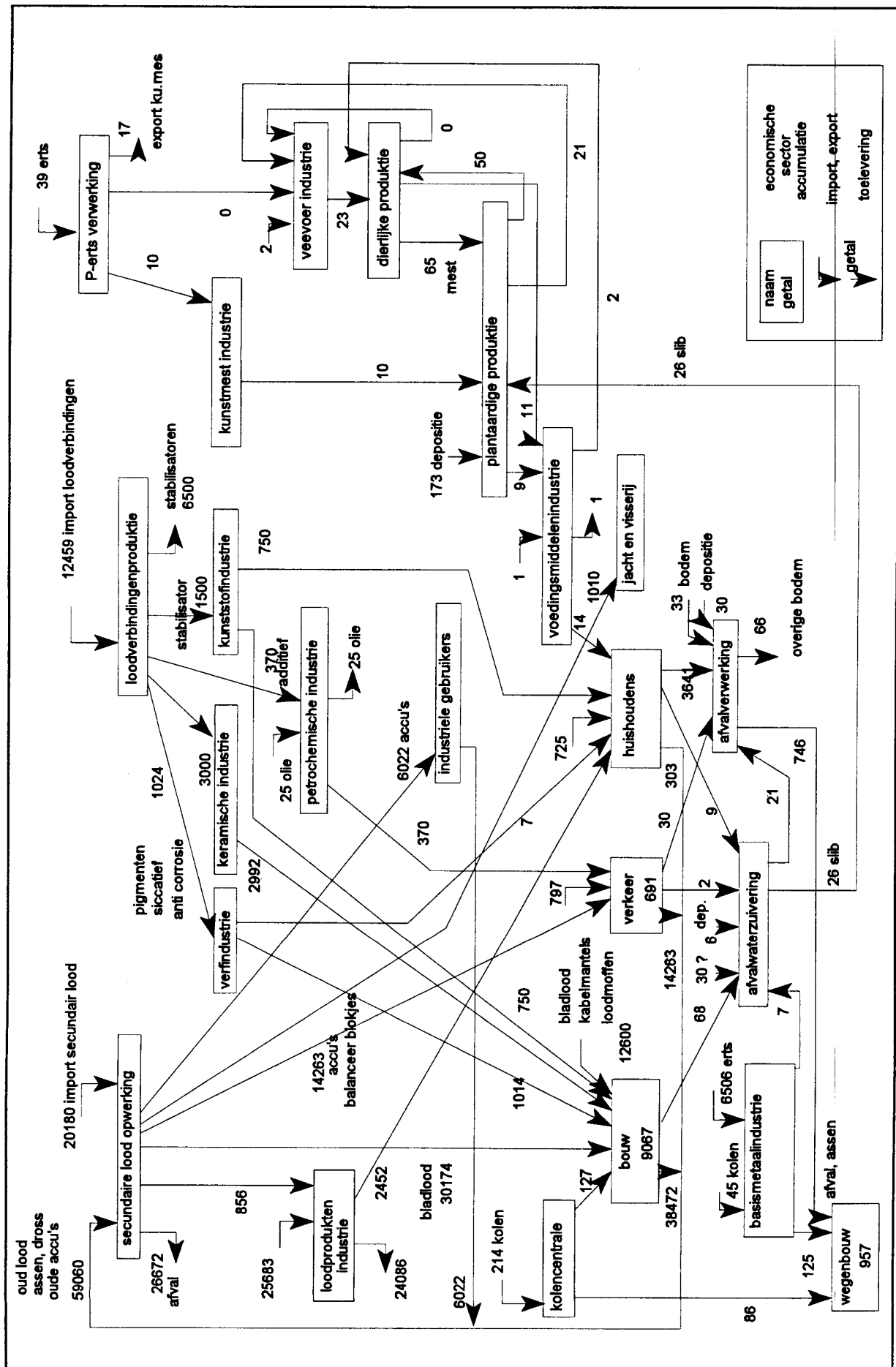
BIJLAGE 2.3 De zinkstroom door de Nederlandse economie in 1990 (ton per jaar)



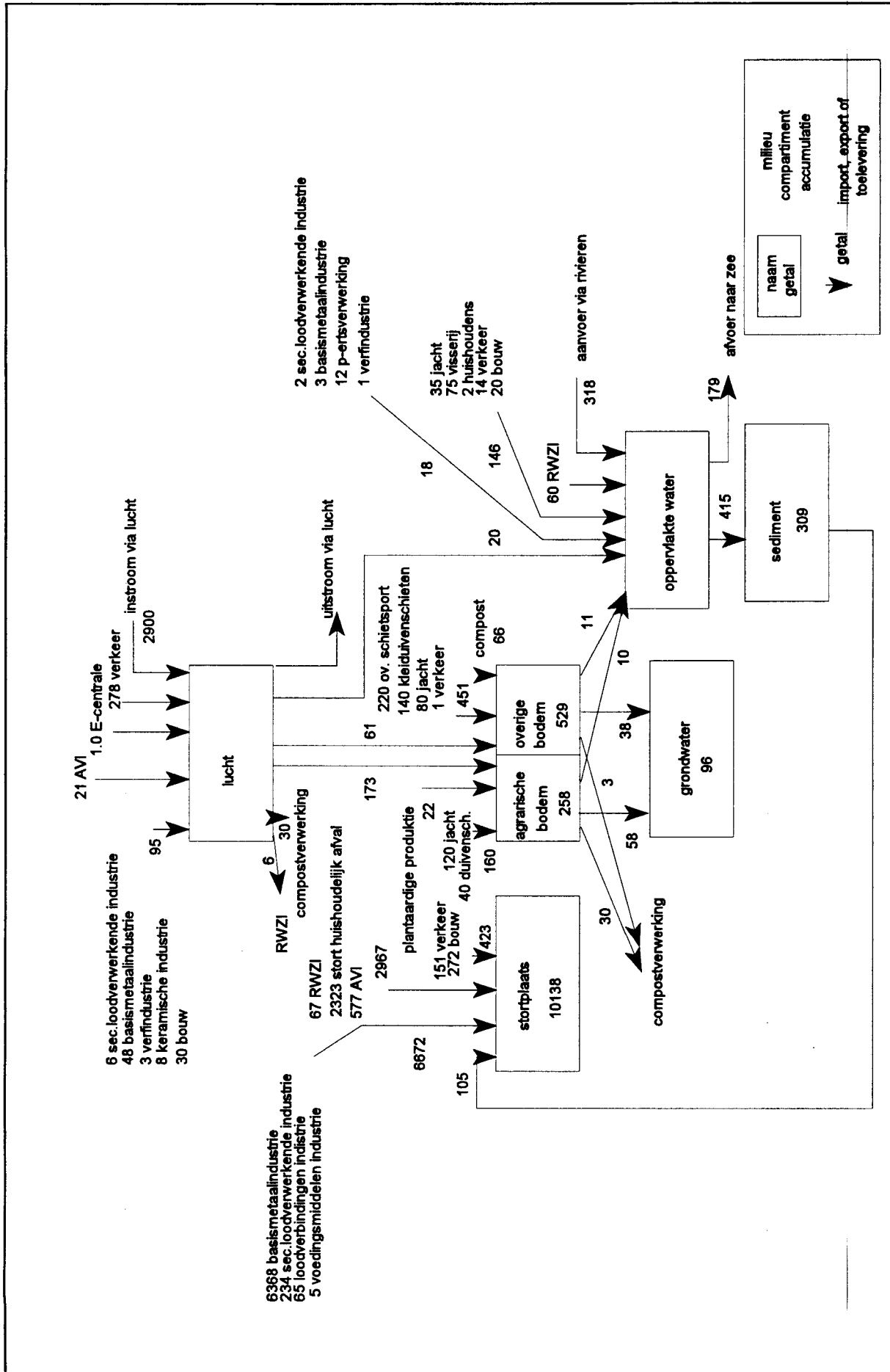
BIJLAGE 2.4 De zinkstroom door het Nederlandse milieu in 1990 (ton per jaar)



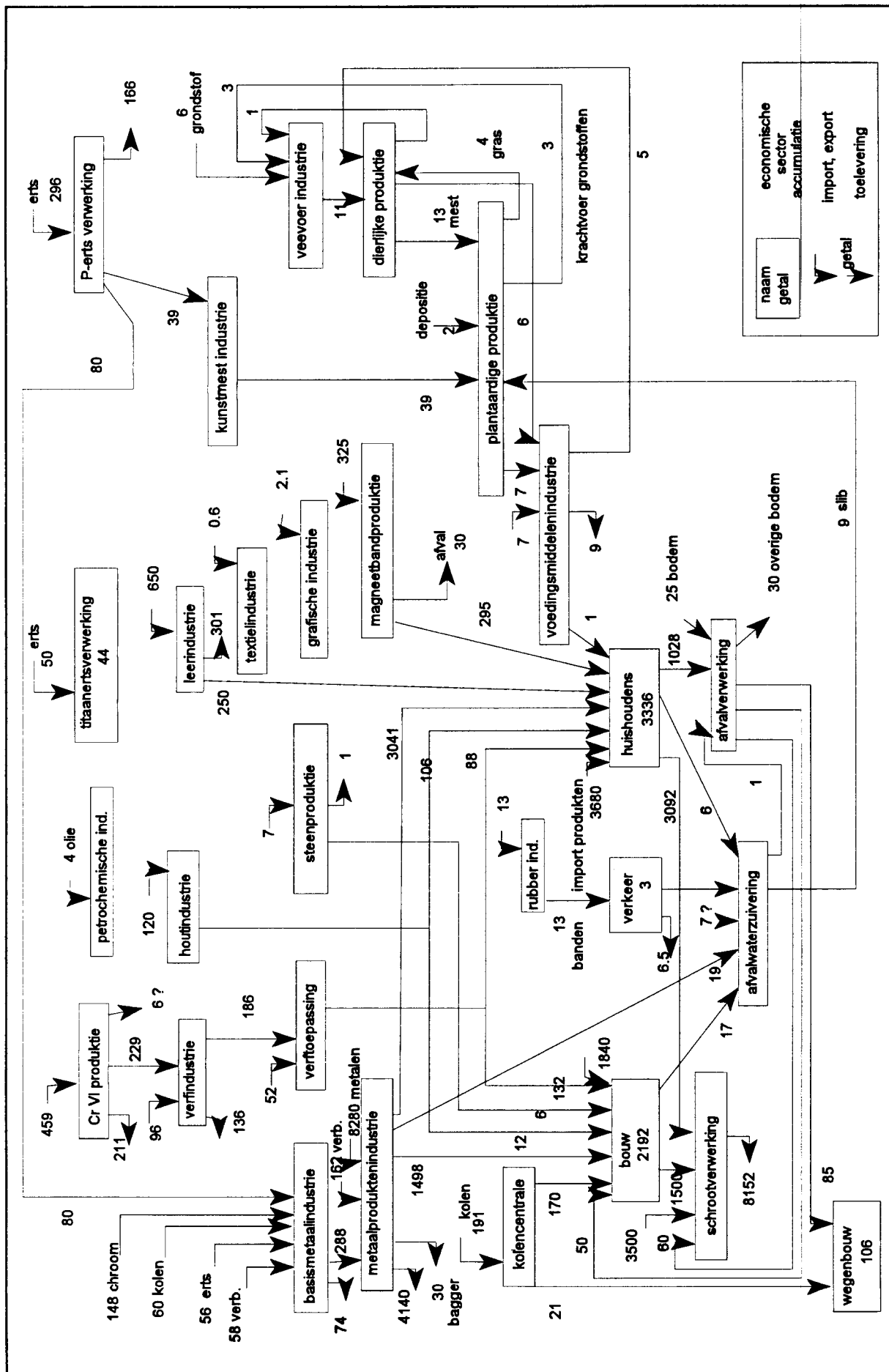
BIJLAGE 2.5 De loodstroom door de Nederlandse economie in 1990 (ton per jaar)



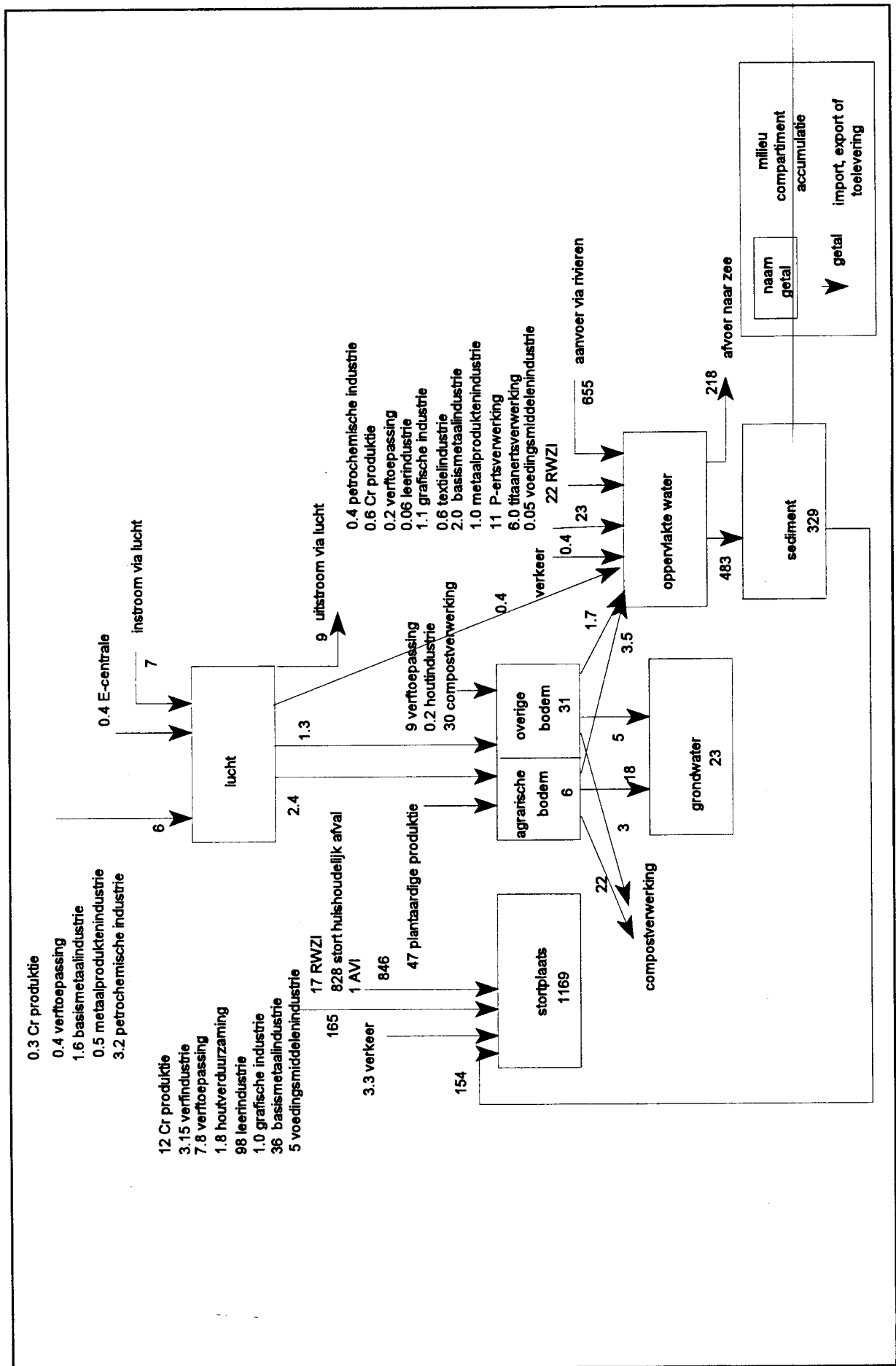
BIJLAGE 2.6 De loodstroom door het Nederlandse milieu in 1990 (ton per jaar)



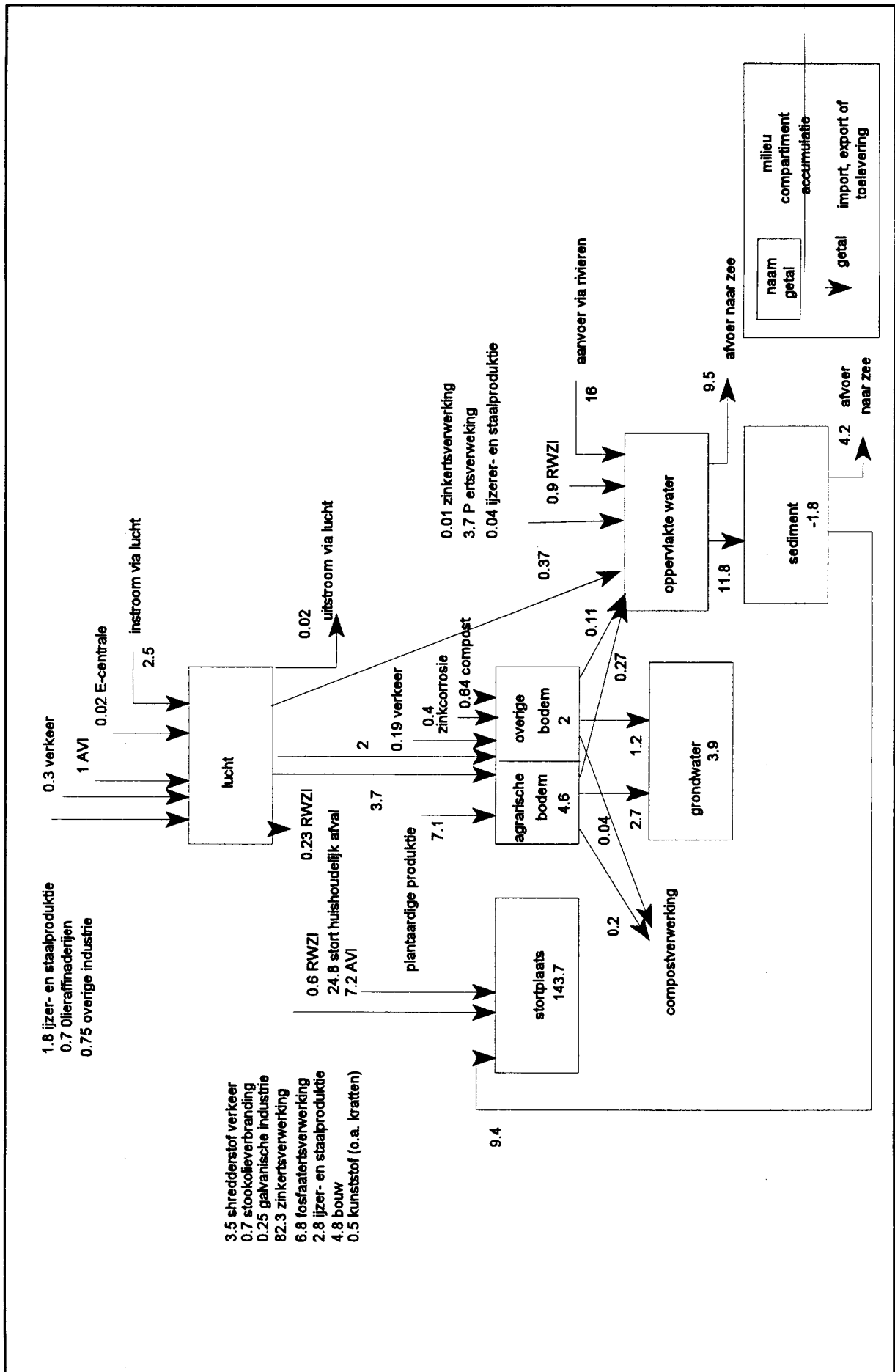
BIJLAGE 2.7 De chroomstroom door de Nederlandse economie in 1990 (ton per jaar)



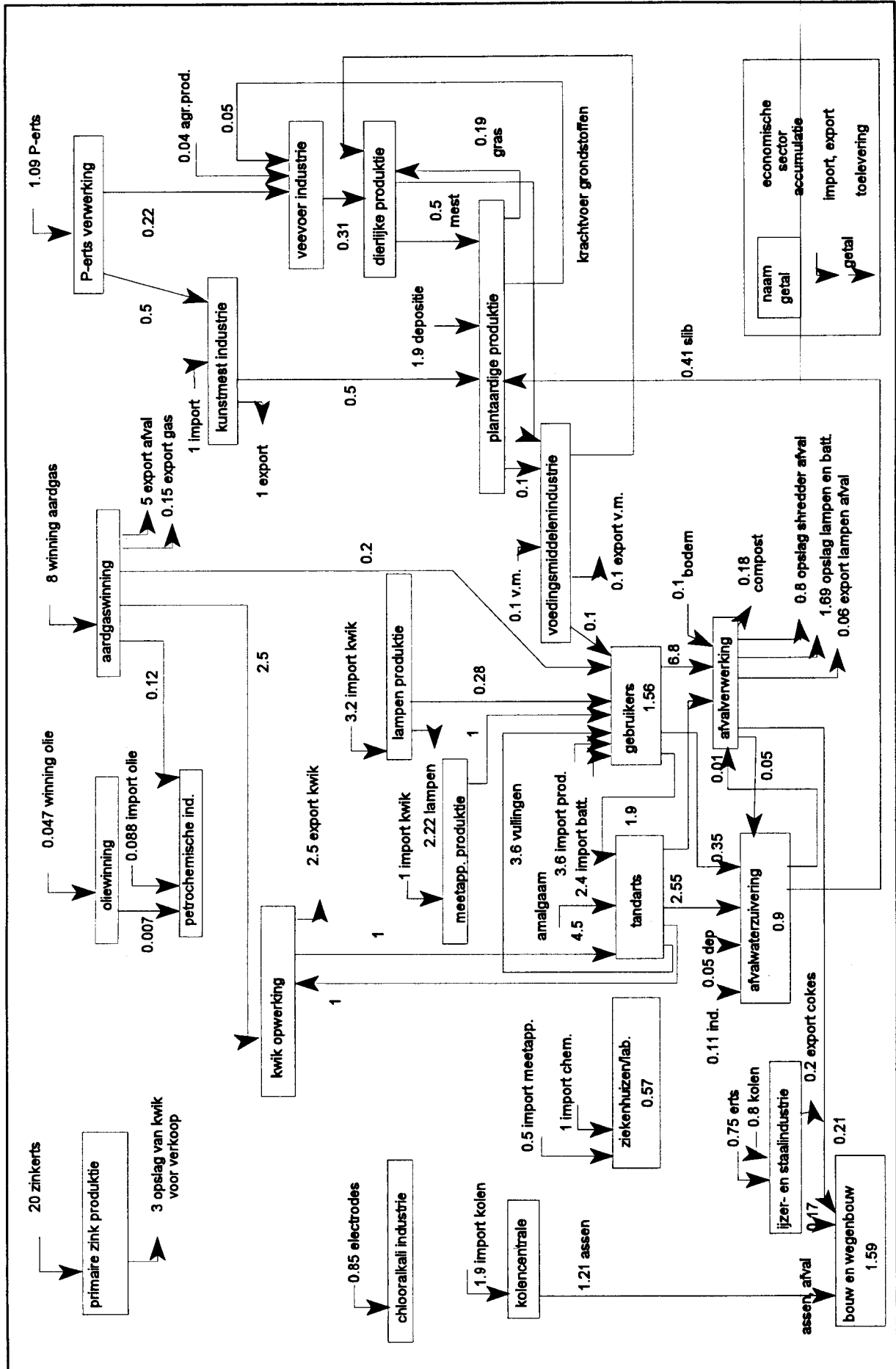
BIJLAGE 2.8 De chroomstroom door het Nederlandse milieu in 1990 (ton per jaar)



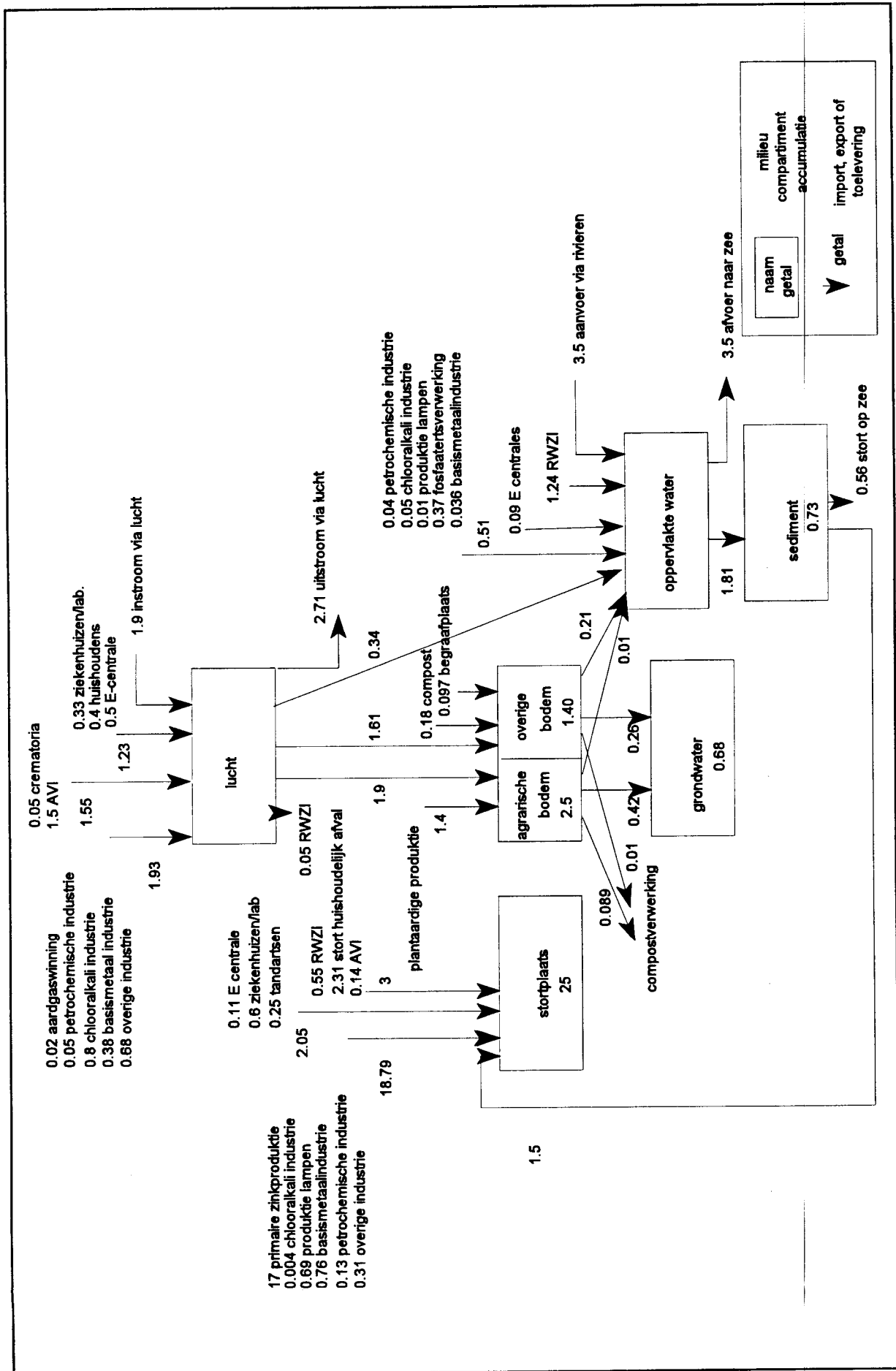
BIJLAGE 2.10 De cadmiumstroom door het Nederlandse milieu in 1990 (ton per jaar)



BIJLAGE 2.11 De kwikstroom door de Nederlandse economie in 1990 (ton per jaar)



BIJLAGE 2.12 De kwikstroom door het Nederlandse milieu in 1990 (ton per jaar)



BIJLAGE 3 De SFINX-files met stofstromen voor het basisjaar 1990

BIJLAGE 3.1 Koper

De koperstroom door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu in 1990. Indien geen literatuurverwijzing vermeld staat, zijn de gegevens afkomstig uit berekeningen van het RIVM.

NODES (processes) OF SYSTEM

INPUTS OF basismetaal industrie FROM:

import van metaal erts
import van steenkool
==== Total =====

3024.0000
57.0000
3081.0000

formula
formula

x0
x151

import metaalerts door basismetaal
import van cokes voor hoogovens

OUTPUTS OF basismetaal industrie TO:

economie
lucht
oppervlakte water
stortplaats
wegenbouw
bouw
oeverbescherming
==== Total =====

3061.9902
1.5004
1.7007
8.8086
5.0005
1.9996
0.0000
3081.0000

formula
formula
formula
bal.item*
formula
formula
formula

x6
x7
x8
x9
x10
x11
x12

koperverontreiniging in metaalprodukten
emissies lucht door basismetaal (SPEED, 1993)
emissies water door basismetaal
stort vast afval van basismetaal
slakken van basismetaal voor wegenbouw
afval basismetaal naar bouw
slakken basismetaal naar oeverbescherming (Slooff et al, 1987)

INPUTS OF koperschrootverwerking FROM:

afvalverbrandings installatie
import van schroot
overig afval (schroot)
==== Total =====

2595.6848
49000.0000
33328.9506
84924.6354

formula
formula
bal.item

x121
x156
x158

afvalverbrandingsresten gerecycled
import van schroot (CBS, 1988)
schroot uit in Nederland afgedankte produkten

OUTPUTS OF koperschrootverwerking TO:

koper(half)produkten industrie
export van schroot
==== Total =====

25927.4912
58997.1442
84924.6354

bal.item*
formula

x159
x160

levering van koper uit schroot aan koperindustrie
export van schroot (CBS, 1988)

INPUTS OF koper(half)produkten industrie FROM:

import bewerkt metaal
koperschrootverwerking
==== Total =====

123111.0000
25927.4912
149038.4912

formula
bal.item

x13
x159

import bewerkt metaal door metaalprod.industrie (CBS, 1991)
levering van koper uit schroot aan koperindustrie

OUTPUTS OF koper(half)produkten industrie TO:

export van bewerkt metaal	46045.9039	formula	x5	export bewerkt metaal door basismetiaal (CBS, 1991)
export van metaalproducten	40536.9792	formula	x14	export metaalproducten (CBS, 1991)
waterleidingen	1120.0243	formula	x15	levering waterleidingen
openbaar vervoer	539.9665	formula	x16	levering bovenleidingen (informatie NS)
electrotechnische industrie	37441.5988	formula	x17	levering printplaten enz.
gebruikers	13131.4387	formula	x18	levering metaalproducten aan gebruikers
lucht	0.2981	formula	x19	emissies lucht metaalprod.ind. (HIMH, 1993)
oppervlakte water	0.0745	formula	x20	emissies water metaalprod.ind. . . .
stortplaats	0.2382	bal.item*	x21	stort vast afval metaalprod.ind.
onbekende bron voor RWZI slib	51.9998	formula	x164	onbekende stroom koper(half)producten voor rwzi slib (SPEED, 1993)
bouw	10169.9693	formula	x165	levering koper(half)producten voor bouw
==== Total =====	149038.4912			

INPUTS OF waterleidingen FROM:

koper(half)producten industrie	1120.0243	formula	x15	levering waterleidingen
==== Total =====	1120.0243			

OUTPUTS OF waterleidingen TO:

rioolwaterzuiverings installatie	119.9997	formula	x22	opgelost koper (SPEED, 1993)
overig afval (schroot)	129.0268	formula	x23	afgedankte waterleidingen
economie	870.9977	bal.item*	x24	accumulatie waterleidingen
==== Total =====	1120.0243			

INPUTS OF openbaar vervoer FROM:

koper(half)producten industrie	539.9665	formula	x16	levering bovenleidingen (info NS)
==== Total =====	539.9665			

OUTPUTS OF openbaar vervoer TO:

lucht	30.0005	formula	x25	corrosie van bovenleidingen (CTO, 1993)
overig afval (schroot)	199.7876	formula	x26	afgedankte bovenleidingen (info NS)
economie	307.1783	bal.item*	x27	accumulatie bovenleidingen
rioolwaterzuiverings installatie	3.0000	formula	x96	afvalwater voedingsmiddelenind. naar rwzi (RIMH, 1993)
==== Total =====	539.9665			

INPUTS OF electrotechnische industrie FROM:

koper(half)producten industrie	37441.5988	formula	x17	levering printplaten enz.
==== Total =====	37441.5988			

OUTPUTS OF electrotechnische industrie TO:

gebruikers	37403.1463	formula	x28	levering elektr.prod. aan gebruikers
oppervlakte water	0.9997	formula	x149	emissie oppervlakte water uit electr.tech.ind. (HIMH, 1993)
stortplaats	37.4528	bal.item*	x29	vast afval elektr.ind. naar afvalverwerking
==== Total =====	37441.5988			

INPUTS OF kunststof/rubber industrie FROM:

import van koper en koperverbindingen	0.0000	formula	x30	import Cu als stabilisator (CBS, 1988)
---------------------------------------	--------	---------	-----	--

pigment en pigmentverwerkende industrie	0.0000	formula	x31	levering pigment voor kunststof (CBS, 1988)
==== Total =====	0.0000			
OUTPUTS OF kunststof/rubber industrie TO:				
gebruikers	0.0000	bal.item*	x32	levering kunststof prod. aan gebruikers
stortplaats	0.0000	formula	x33	vast afval ku/ru ind. naar afvalverwerking
==== Total =====	0.0000			
INPUTS OF pigment en pigmentverwerkende industrie FROM:				
import van koper en koperverbindingen	155.0000	formula	x34	import Cu voor pigmenten (CBS, 1988)
==== Total =====	155.0000			
OUTPUTS OF pigment en pigmentverwerkende industrie TO:				
kunststof/rubber industrie	0.0000	formula	x31	levering pigment voor kunststof
export van pigmenten	0.0000	formula	x35	export van Cu-pigmenten
gebruikers	152.7835	formula	x36	levering pigmenten aan gebruikers (CBS, 1988)
oppervlakte water	2.2165	formula	x37	emissies water door pigmentindustrie (HIMH, 1993)
stortplaats	-0.0000	bal.item*	x38	vast afval pigmentind. naar afvalverwerking
==== Total =====	155.0000			
INPUTS OF overige chemische industrie FROM:				
import van koper en koperverbindingen	485.0000	formula	x39	import Cu voor chemische ind. (CBS, 1991)
==== Total =====	485.0000			
OUTPUTS OF overige chemische industrie TO:				
export van chemicaliën	472.5750	formula	x40	export chem.prod. (CBS, 1991)
gebruikers	0.1465	formula	x41	levering chem.prod. aan gebruikers
lucht	0.1300	formula	x42	emissies lucht ov.chem.ind. (HIMH, 1993)
oppervlakte water	2.1485	formula	x43	emissies water ov.chem.ind. (HIMH, 1993)
stortplaats	0.0000	bal.item*	x44	vast afval ov.chem.ind. naar afvalverwerking
rioolwaterzuiverings installatie	10.0000	formula	x71	afvalwater veevoerindustrie naar rwzi CML?
==== Total =====	485.0000			
INPUTS OF scheepswerven FROM:				
bestrijdingsmiddelen industrie	199.8880	formula	x45	levering b.m. voor verduurzaming schepen (CBS, 1988)
==== Total =====	199.8880			
OUTPUTS OF scheepswerven TO:				
haven en pleziervaart	159.9104	bal.item*	x46	levering schepen aan h & p v
lucht	15.9910	formula	x47	emissies lucht scheepswerven (RIVM et al, 1992)
oppervlakte water	23.9866	formula	x48	emissies water scheepswerven
==== Total =====	199.8880			
INPUTS OF haven en pleziervaart FROM:				
scheepswerven	159.9104	bal.item	x46	levering schepen aan h & p v
==== Total =====	159.9104			
OUTPUTS OF haven en pleziervaart TO:				
oppervlakte water	25.4258	formula	x49	emissies water schepen (Sloof et al, 1987)

====	====	134.4846	bal.item*	x50	accumulatie in schepen
====	====	159.9104			
====	====	0.0000	formula	x12	slakken basismetaal naar oeverbescherming (Sloof et al, 1987)
====	====	0.0000			
====	====	6.5000	formula	x51	emissies water vanuit oeverbescherming (Sloof et al, 1987)
====	====	-6.5000	bal.item*	x52	accumulatie in oeverbescherming
====	====	0.0000			
====	====	44.0000	formula	x53	import P-erts
====	====	44.0000			
====	====	0.0000	formula	x54	export P-zuur
====	====	29.0400	formula	x55	levering P aan kunstmestindustrie
====	====	2.9920	formula	x56	levering P aan veevoerindustrie CML/
====	====	0.0000	formula	x57	afvalgips P-ind. naar bouw
====	====	0.0000	formula	x58	afvalgips P-erts naar wegebouw
====	====	12.0120	formula	x59	emissies water P-ertsverwerking (RIVM et al, 1993)
====	====	-0.0440	bal.item*	x60	stort vast afval P-industrie
====	====	44.0000			
INPUTS OF kunstmest industrie FROM:		29.0400	formula	x55	levering P aan kunstmestindustrie
P-erts verwerking		0.0000	formula	x61	import P-zuur voor kunstmest
import van P-zuur		29.0400			
====	====	29.0400			
OUTPUTS OF kunstmest industrie TO:		0.0000	formula	x62	export kunstmest
export van kunstmest		29.0400	bal.item*	x63	toepassing kunstmest
plantaardige produktie		29.0400			
====	====	29.0400			
INPUTS OF veevoer industrie FROM:		2.9920	formula	x56	levering P aan veevoerindustrie CML?
P-erts verwerking		635.0000	formula	x64	import koperadditief veevoer (CBS, 1988)
import van koper en koperverbindingen		0.0000	formula	x65	import voederfosfaat veevoer
import van P-zuur		31.6003	formula	x66	import veevoergrondstoffen (CBS, 1987/CBS, 1992)
import van agrarische produkten		32.9954	formula	x67	oogst gewas voor veevoerindustrie CML?/?
plantaardige produktie		0.6090	formula	x68	dierlijke produkten voor veevoer CML?
dierlijke produktie		703.1967			
====	====	703.1967			
OUTPUTS OF veevoer industrie TO:		703.1967	bal.item*	x69	levering veevoer aan veehouderij
dierlijke produktie		0.0000	formula	x70	export veevoer
export van veevoer					

opervlakte water	0.0000	formula	x72	emissies water veevoerindustrie
==== Total =====	703.1967			
INPUTS OF bestrijdingsmiddelen industrie FROM:				
import van koper en koperverbindingen	248.0000	formula	x73	import Cu als grondstof voor bm (CBS, 1988)
==== Total =====	248.0000			
OUTPUTS OF bestrijdingsmiddelen industrie TO:				
scheepswerven	199.8880	formula	x45	levering b.m. voor verduurzaming schepen (CBS,1988)
export van bestrijdingsmiddelen	0.0000	formula	x74	export bm
plantaardige produktie	11.0112	formula	x75	toepassing bm in landbouw (RIVM, 1993)
gebruikers	37.1008	bal.item*	x76	toepassing bm overige
==== Total =====	248.0000			
INPUTS OF plantaardige produktie FROM:				
kunstmest industrie	29.0400	bal.item	x63	toepassing kunstmest (RIVM, 1993)
bestrijdingsmiddelen industrie	11.0112	formula	x75	toepassing bm in landbouw
import van bestrijdingsmiddelen	0.0000	formula	x77	import bm voor direkte toepassing
import van kunstmest	91.0000	formula	x78	import km voor direkte toepassing
dierlijke produktie	810.9162	formula	x79	toepassing dierlijke mest (RIVM, 1993)
rioolwaterzuiverings installatie	59.4345	formula	x81	toepassing zuiveringslib in landbouw (RIVM, 1993)
lucht	36.9966	formula	x82	atm. depositie op landbouwgrond (SPEED, 1993)
==== Total =====	1038.3984			
OUTPUTS OF plantaardige produktie TO:				
veevoer industrie	32.9954	formula	x67	oogst gewas voor veevoerindustrie CML?
export onbewerkt gewas	0.0000	formula	x88	export geogst gewas
voedingsmiddelen industrie	44.9938	formula	x89	levering geogst gewas aan voedingsm.ind.(CBS, 1987/CBS, 1992)
dierlijke produktie	118.9797	formula	x148	gras en ruwvoer.(CBS, 1987/CBS, 1992)
agrarische bodem	841.4295	bal.item*	x163	niet geogste overschot
==== Total =====	1038.3984			
INPUTS OF dierlijke produktie FROM:				
veevoer industrie	703.1967	bal.item	x69	levering veevoer aan veehouderij
plantaardige produktie	118.9797	formula	x148	gras en ruwvoer.(CBS, 1987/CBS, 1992)
import van agrarische produktie	0.0000	formula	x90	import veevoer voor direct gebruik
voedingsmiddelen industrie	12.0994	formula	x97	afval voedingsm.ind. naar dierlijke produktie CML?
==== Total =====	834.2759			
OUTPUTS OF dierlijke produktie TO:				
veevoer industrie	0.6090	formula	x68	dierlijke produkten voor veevoer(CBS, 1987/CBS, 1992)
plantaardige produktie	810.9162	formula	x79	toepassing dierlijke mest (RIVM, 1993)
voedingsmiddelen industrie	22.7507	bal.item*	x91	levering dierlijke prod. aan voedingsm.ind.
==== Total =====	834.2759			
INPUTS OF voedingsmiddelen industrie FROM:				
plantaardige produktie	44.9938	formula	x89	levering geogst gewas aan voedingsm.ind. (CBS, 1987/CBS,

1992)											
	dierlijke productie										
	import van agrarische produkten										
	==== Total =====										
	OUTPUTS OF voedingsmiddelen industrie TO:										
	export van voedingsmiddelen										
	gebruikers										
	oppervlakte water										
	dierlijke productie										
	stortplaats										
	==== Total =====										
	INPUTS OF kolencentrale FROM:										
	import van steenkool										
	==== Total =====										
	OUTPUTS OF kolencentrale TO:										
	lucht										
	bouw										
	wegenbouw										
	==== Total =====										
	INPUTS OF raffinage van olie FROM:										
	import van olie										
	==== Total =====										
	OUTPUTS OF raffinage van olie TO:										
	lucht										
	stortplaats										
	==== Total =====										
	INPUTS OF bouw FROM:										
	basismetalaal industrie										
	P-erts verwerking										
	kolencentrale										
	koper(half)produkten industrie										
	==== Total =====										
	OUTPUTS OF bouw TO:										
	overig afval (schroot)										
	economie										
	==== Total =====										
	INPUTS OF wegebouw FROM:										
	basismetalaal industrie										
	P-erts verwerking										
	afvalverbrandings installatie										

kolencentrale	12.0000	formula	x168	afval kolencentrale naar wegebouw
==== Total =====	2137.1548			
OUTPUTS OF wegebouw TO:				
economie	2137.1548	bal.item*	x108	accumulatie in wegen
==== Total =====	2137.1548			
INPUTS OF gebruikers FROM:				
koper(half)produkten industrie	13131.4387	formula	x18	levering metaalprodukten aan gebruikers (CBS, 1988)
electrotechnische industrie	37403.1463	formula	x28	levering elektr.prod. aan gebruikers(CBS, 1988)
kunststof/rubber industrie	0.0000	bal.item	x32	levering kunststof prod. aan gebruikers
pigment en pigmentverwerkende industrie	152.7835	formula	x36	levering pigmenten aan gebruikers (CBS, 1991)
overige chemische industrie	0.1465	formula	x41	levering chem.prod. aan gebruikers (CBS,1991)
bestrijdingsmiddelen industrie	37.1008	bal.item	x76	toepassing bm overige
voedingsmiddelen industrie	30.0450	formula	x94	levering voedingsmiddelen aan gebruikers CML?
import van overige produkten	9264.0000	formula	x109	import koperhoudende produkten voor direct gebruik (CBS, 1991)
==== Total =====	60018.6607			
OUTPUTS OF gebruikers TO:				
afvalverwerking	16564.2116	formula	x110	huishoudelijk afval (zakkenvuil)
overig afval (schroot)	22830.1669	formula	x111	huishoudelijk afval (grofvuil)
rioolwaterzuiverings installatie	13.1155	formula	x112	huishoudelijk afval (riolering) (Geudens, 1993)
verbranden van afgewerkte olie	0.0000	formula	x113	verbranden smeerolie e.d.
oppervlakte water	0.5465	formula	x114	directe lozing hh afvalwater op opp.water (SPEED,1993)
economie	20610.6202	bal.item*	x115	accumulatie in produkten in gebruik
==== Total =====	60018.6607			
INPUTS OF afvalverwerking FROM:				
gebruikers	16564.2116	formula	x110	huishoudelijk afval (zakkenvuil)
==== Total =====	16564.2116			
OUTPUTS OF afvalverwerking TO:				
afvalverbrandings stortplaats	4710.8618	formula	x117	vast afval verbrand
compostverwerking	11843.2670	bal.item*	x118	vast afval gestort
==== Total =====	10.0828	formula	x119	vast afval gecomposteerd
INPUTS OF afvalverbrandings installatie FROM:				
afvalverwerking	4710.8618	formula	x117	vast afval verbrand
rioolwaterzuiverings installatie	4.9529	formula	x167	RWZI slib naar AVI (Geudens, 1993)
==== Total =====	4715.8147			
OUTPUTS OF afvalverbrandings installatie TO:				
wegebouw	2120.1543	formula	x107	toepassing slakken avi in wegebouw (Antonissen, 1993)
koperschrootverwerking	2595.6848	formula	x121	afvalverbrandingsresten gerecycled
lucht	-0.0245	bal.item*	x122	emissies lucht avi
stortplaats	0.0000	formula	x123	stort vast afval avi
==== Total =====	4715.8147			

INPUTS OF stortplaats FROM:									
basismetaal industrie	8.8086	bal.item	x9	stort vast afval van basismetaal					
koper(half)produkten industrie	0.2382	bal.item	x21	stort vast afval metaalprod.ind.					
electrotechnische industrie	37.4528	bal.item	x29	vast afval elektr.ind. naar afvalverwerking					
kunststof/rubber industrie	0.0000	formula	x33	vast afval ku/ru ind. naar afvalverwerking					
pigment en pigmentverwerkende industrie	-0.0000	bal.item	x38	vast afval pigmentind. naar afvalverwerking					
overige chemische industrie	0.0000	bal.item	x44	vast afval ov.chem.ind. naar afvalverwerking					
P-erts verwerking	-0.0440	bal.item	x60	stort vast afval P-industrie					
rioolwaterzuiverings installatie	76.2929	bal.item	x116	rwzi-slib naar afvalverwerking					
afvalverwerking	11843.2670	bal.item	x118	vast afval gestort					
afvalverbrandings installatie	0.0000	formula	x123	stort vast afval avi					
sediment	160.7008	formula	x125	stort baggerslib (Hoek, 1990)					
raffinage van olie	0.0000	bal.item	x161	vast afval bij raffinage van olie					
voedingsmiddelen industrie	30.4720	bal.item	x162	stort van vast afval uit voedingsmiddelen industrie					
==== Total =====	12157.1883								
OUTPUTS OF stortplaats TO:									
oppervlakte water	0.0000	formula	x126	afspoeling stortplaatsen					
grondwater	0.0000	formula	x127	uitspoeling stortplaatsen					
milieu	12157.1883	bal.item*	x128	accumulatie op stortplaatsen					
==== Total =====	12157.1883								
INPUTS OF compostverwerking FROM:									
afvalverwerking	10.0828	formula	x119	vast afval gecomposteerd					
agrarische bodem	11.9904	formula	x170	agrarische bodem naar compostverwerking CML?					
niet-agrarische bodem	1.0028	formula	x171	niet agrarische bodem naar compostverwerking					
==== Total =====	23.0760								
OUTPUTS OF compostverwerking TO:									
niet-agrarische bodem	23.0760	bal.item*	x80	toepassing compost in tuintjes en plantsoenen					
==== Total =====	23.0760								
INPUTS OF overig afval (schroot) FROM:									
waterleidingen	129.0268	formula	x23	afgedankte waterleidingen					
openbaar vervoer	199.7876	formula	x26	afgedankte bovenleidingen (info ns)					
bouw	10169.9693	formula	x105	bouw- en sloopafval					
gebruikers	22830.1669	formula	x111	huishoudelijk afval (grofvuil)					
==== Total =====	33328.9506								
OUTPUTS OF overig afval (schroot) TO:									
koperschrootverwerking	33328.9506	bal.item*	x158	schroot uit in Nederland afgedankte produkten					
==== Total =====	33328.9506								
INPUTS OF verbranden van afgewerkte olie FROM:									
gebruikers	0.0000	formula	x113	verbranden smeerolie e.d.					
==== Total =====	0.0000								
OUTPUTS OF verbranden van afgewerkte olie TO:									

lucht	0.0000	bal.item*	x132	emissies lucht verbranden olie enz.
==== Total =====	0.0000			
INPUTS OF rioolwaterzuiverings installatie FROM:				
waterleidingen	119.9997	formula	x22	opgelost koper (SPEED, 1993)
openbaar vervoer	3.0000	formula	x96	afvalwater voedingsm.ind. naar rwzi
overige chemische industrie	10.0000	formula	x71	afvalwater veevoerindustrie naar rwzi CML?
gebruikers	13.1155	formula	x112	huishoudelijk afval (riolering) (SPEED, 1993)
onbekende bron voor RWZI slib	51.9998	bal.item	x166	onbekende koper stroom naar RWZI
lucht	1.9997	formula	x169	depositie naar RWZI (SPEED, 1993)
==== Total =====	200.1148			
OUTPUTS OF rioolwaterzuiverings installatie TO:				
plantaardige produktie	59.4345	formula	x81	toepassing zuiveringslib in landbouw (Geudens, 1993)
stortplaats	76.2929	bal.item*	x116	rwzi-slib naar afvalverwerking(Geudens, 1993)
oppervlakte water	59.4345	formula	x133	emissies water effluent rwzi(Geudens, 1993)
afvalverbrandings installatie	4.9529	formula	x167	RWZI slib naar AVI(Geudens, 1993)
==== Total =====	200.1148			
INPUTS OF lucht FROM:				
basismetaal industrie	1.5004	formula	x7	emissies lucht door basismetaal (RIVM et al, 1992)
koper(half)produkten industrie	0.2981	formula	x19	emissies lucht metaalprod.ind.(HIMH, 1993)
openbaar vervoer	30.0005	formula	x25	corrosie van bovenleidingen (CTO, 1993)
overige chemische industrie	0.1300	formula	x42	emissies lucht ov.chem.ind.)
scheepswerven	15.9910	formula	x47	emissies lucht scheepswerven (RIVM et al,1993)
agrarische bodem	0.0000	formula	x84	vervluchtiging vanaf landbouwgrond
kolencentrale	1.0000	formula	x152	emissie lucht door kolencentrale(HIMH, 1993)
raffinage van olie	2.5000	formula	x155	emissie lucht bij raffinage van olie(HIMH, 1993)
afvalverbrandings installatie	-0.0245	bal.item	x122	emissies lucht avi
verbranden van afgewerkte olie	0.0000	bal.item	x132	emissies lucht verbranden olie enz.
instroom via lucht	142.0000	formula	x134	grensov.verontr. lucht in (Slooff, 1987)
niet-agrarische bodem	0.0000	formula	x138	vervluchtiging niet-landbouwgrond
==== Total =====	193.3956			
OUTPUTS OF lucht TO:				
plantaardige produktie	36.9966	formula	x82	atm. depositie op landbouwgrond (SPEED, 1993)
uitstroom via lucht	106.2244	formula	x135	grensov.verontr. lucht uit (Slooff, 1987)
niet-agrarische bodem	37.0933	bal.item*	x136	atm. depositie niet-landbouwgrond (SPEED, 1993)
oppervlakte water	11.0816	formula	x137	atm. depositie op opp.water (SPEED, 1993)
rioolwaterzuiverings installatie	1.9997	formula	x169	depositie naar RWZI(SPEED, 1993)
==== Total =====	193.3956			
INPUTS OF agrarische bodem FROM:				
plantaardige produktie	841.4295	bal.item	x163	niet_geoogste_overschot
==== Total =====	841.4295			
OUTPUTS OF agrarische bodem TO:				

lucht	0.0000	formula	x84	vervluchtiging vanaf landbouwgrond
oppervlakte water	18.0091	formula	x85	afspoeling vanaf landbouwgrond (RIVM, 1991)
grondwater	76.0388	formula	x86	uitspoeling vanuit landbouwgrond (RIVM, 1991)
milieu	735.3912	bal.item*	x87	accumulatie in landbouwgrond
compostverwerking	11.9904	formula	x170	agrarische bodem naar compostverwerking CML?
==== Total =====	841.4295			

INPUTS OF niet-agrarische bodem FROM:
 compostverwerking
 lucht
 ==== Total =====
 60.1693

OUTPUTS OF niet-agrarische bodem TO:
 lucht
 oppervlakte water
 grondwater
 milieu
 compostverwerking
 ==== Total =====
 60.1693

INPUTS OF grondwater FROM:
 agrarische bodem
 stortplaats
 niet-agrarische bodem
 ==== Total =====
 81.4762

OUTPUTS OF grondwater TO:
 oppervlakte water
 milieu
 ==== Total =====
 81.4762

INPUTS OF oppervlakte water FROM:
 basismetaal industrie
 koper(half)produkten industrie
 electrotechnische industrie
 pigment en pigmentverwerkende industrie
 overige chemische industrie
 scheepswerven
 haven en pleziervaart
 oeverbescherming
 P-erts verwerking
 veevoer industrie
 agrarische bodem
 voedingsmiddelen industrie
 gebruikers
 stortplaats

1.7007	formula	x8	emissies water door basismetaal(RIVM et al, 1992)
0.0745	formula	x20	emissies water metaalprod.ind.(HIMH, 1993)
0.9997	formula	x149	emissie oppervlakte water uit electr.tech. ind. (HIMH, 1993)
2.2165	formula	x37	emissies water door pigmentindustrie(HIMH, 1993)
2.1485	formula	x43	emissies water ov.chem.ind. (HIMH, 1993)
23.9866	formula	x48	emissies water scheepswerven (RIVM et al, 1993)
25.4258	formula	x49	emissies water schepen (Slooff, 1987)
0.3000	formula	x51	emissies water vanuit oeverbescherming (SPEED, 1993)
12.0120	formula	x59	emissies water P-ertsverwerking (RIVM et al, 199)
0.0000	formula	x72	emissies water veevoerindustrie
18.00913.5000	formula	x85	afspoeling vanaf landbouwgrond (RIVM, 1991)
2.0994	formula	x95	emissies water voedingsm.ind.(RIMH, 1993)
5.4000	formula	x114	direkte lozing hh afvalwater op opp.water (SPEED, 1993)
0.0000	formula	x126	afspoeling stortplaatsen

rioolwaterzuiverings installatie	59.4345	formula	x133	emissies water effluent rwzi(SPEED, 1993)
lucht	11.0816	formula	x137	atm. depositie op opp.water(SPEED, 1993)
niet-agrarische bodem	1.2878	formula	x139	afspoeling niet-landbouwgrond (RIVM, 1991)
grondwater	0.0000	formula	x142	kwel
instroom via oppervlakte water	387.0000	formula	x144	grensov. verontr. opp.water in(Slooff, 1987)
overstort	12.0000			(SPEED, 1993)
==== Total =====	555.7			
OUTPUTS OF oppervlakte water TO:				
uitstroom via oppervlakte water naar zee	171.9022	formula	x145	grensov. verontr. opp.water uit Slooff, 1987)
sediment	382.6210	bal.item*	x146	sedimentatie
==== Total =====	554.5232			
INPUTS OF sediment FROM:				
oppervlakte water	382.6210	bal.item	x146	sedimentatie
==== Total =====	382.6210			
OUTPUTS OF sediment TO:				
stortplaats	160.7008	formula	x125	stort baggerslib(Hoek, 1990)
milieu	221.9202	bal.item*	x147	accumulatie in sediment
==== Total =====	382.6210			
INPUTS OF onbekende bron voor RWZI slib FROM:				
koper(half)produkten industrie	51.9998	formula	x164	onbekende stroom koper(half)produkten voor rwzi slib
==== Total =====	51.9998			(SPEED, 1993)
OUTPUTS OF onbekende bron voor RWZI slib TO:				
rioolwaterzuiverings installatie	51.9998	bal.item*	x166	onbekende koper stroom naar RWZI
==== Total =====	51.9998			
SOURCES OF SYSTEM				
INPUTS FROM import van metaal erts TO:				
basismetaal industrie	3024.0000	formula	x0	import metaalerts door basismetaal (CBS, 1991)
==== Total =====	3024.0000			
INPUTS FROM import van pigmenten TO:				
==== Total =====	0.0000			
INPUTS FROM import van bestrijdingsmiddelen TO:				
plantaardige produktie	0.0000	formula	x77	import bm voor directe toepassing
==== Total =====	0.0000			
INPUTS FROM import van koper en koperbindingen TO:				
kunststof/rubber industrie	0.0000	formula	x30	import Cu als stabilizator
pigmentverwerkende industrie	155.0000	formula	x34	import Cu voor pigmenten (CBS, 1991)
overige chemische industrie	485.0000	formula	x39	import Cu voor chemische ind.(CBS, 1991)
veevoer industrie	635.0000	formula	x64	import koperadditief veevoer (CBS, 1992)

bestrijdingsmiddelen industrie	248.0000	formula	x73	import Cu als grondstof voor bm (CBS, 1988)
==== Total =====	1523.0000			
INPUTS FROM import van P-erts TO:				
P-erts verwerking	44.0000	formula	x53	import P-erts
==== Total =====	44.0000			
INPUTS FROM import van P-zuur TO:				
kunstmest industrie	0.0000	formula	x61	import P-zuur voor kunstmest
veevoer industrie	0.0000	formula	x65	import voederfosfaat veevoer
==== Total =====	0.0000			
INPUTS FROM import van kunstmest TO:				
plantaardige produktie	91.0000	formula	x78	import km voor direkte toepassing
==== Total =====	91.0000			
INPUTS FROM import van agrarische produkten TO:				
veevoer industrie	31.6003	formula	x66	import veevoergrondstoffen
dierlijke produktie	0.0000	formula	x90	import veevoer voor direkt gebruik
voedingsmiddelen industrie	29.0000	formula	x92	import voedingsgrondstoffen
==== Total =====	60.6003			
INPUTS FROM import van fossiele brandstoffen TO:				
==== Total =====	0.0000			
INPUTS FROM import van metaalprodukten TO:				
==== Total =====	0.0000			
INPUTS FROM import van overige produkten TO:				
gebruikers	9264.0000	formula	x109	import koperhoudende produkten voor direkt gebruik (CBS, 1991)
==== Total =====	9264.0000			
INPUTS FROM instroom via lucht TO:				
lucht	142.0000	formula	x134	grensov.verontr. lucht in (Slooff, 1987)
==== Total =====	142.0000			
INPUTS FROM instroom via oppervlakte water TO:				
oppervlakte water	387.0000	formula	x144	grensov. verontr. opp.water in (Hoek, 1990)
==== Total =====	387.0000			
INPUTS FROM import bewerkt metaal TO:				
koper(half)produkten industrie	123111.0000	formula	x13	import bewerkt metaal door metaalprod.ind. (CBS, 1991)
==== Total =====	123111.0000			
INPUTS FROM import van bovenleidingen TO:				
==== Total =====	0.0000			
INPUTS FROM import van waterleidingen TO:				
==== Total =====	0.0000			
INPUTS FROM import van boten TO:				
==== Total =====	0.0000			
INPUTS FROM import P-zuur TO:				
==== Total =====	0.0000			
INPUTS FROM import van schroot TO:				
koperschrootverwerking	49000.0000	formula	x156	import van schroot (CBS, 1991)
==== Total =====	49000.0000			

INPUTS FROM import van chemicaliën TO:
 ==== Total =====
 0.0000
 INPUTS FROM import van steenkool TO:
 kolencentrale
 basismetaal industrie
 ==== Total =====
 183.0000
 57.0000
 240.0000
 INPUTS FROM import van olie TO:
 raffinage van olie
 ==== Total =====
 2.5000
 2.5000

x150 import van steenkool voor electr. opwekking
 x151 import van cokes voor hoogovens (RIVM et al, 1992)

x154 raffinage van olie (HIMH, 1993)

SINKS OF SYSTEM:

OUTPUTS TO export van metaal erts FROM:
 ==== Total =====
 0.0000
 OUTPUTS TO export van pigmenten FROM:
 pigment en pigmentverwerkende industrie
 ==== Total =====
 0.0000
 0.0000
 OUTPUTS TO export van chemicaliën FROM:
 overige chemische industrie
 ==== Total =====
 472.5750
 472.5750
 OUTPUTS TO export van bestrijdingsmiddelen FROM:
 bestrijdingsmiddelen industrie
 ==== Total =====
 0.0000
 0.0000
 OUTPUTS TO export van koper en koperverbindingen FROM:
 ==== Total =====
 0.0000
 OUTPUTS TO export van P-zuur FROM:
 P-erts verwerking
 ==== Total =====
 0.0000
 0.0000
 OUTPUTS TO export van kunstmest FROM:
 kunstmest industrie
 ==== Total =====
 0.0000
 0.0000
 OUTPUTS TO export van veevoer FROM:
 veevoer industrie
 ==== Total =====
 0.0000
 0.0000
 OUTPUTS TO export van voedingsmiddelen FROM:
 voedingsmiddelen industrie
 ==== Total =====
 22.0287
 22.0287
 OUTPUTS TO export van fossiele brandstoffen FROM:
 ==== Total =====
 0.0000
 OUTPUTS TO export van metaalproducten FROM:
 koper(half)producten industrie
 ==== Total =====
 40536.9792
 40536.9792
 OUTPUTS TO export van overige producten FROM:

x35 export van Cu-pigmenten

x40 export chem.prod. (CBS, 1991)

x74 export bm

x54 export P-zuur

x62 export kunstmest

x70 export veevoer

x93 export voedingsmiddelen CML?

x14 export metaalproducten (CBS, 1988)

==== Total =====	0.0000				
OUTPUTS TO uitstroom via lucht FROM:					
lucht	106.2244	formula	x135	grensov.verontr. lucht uit (Slooff, 1987)	
==== Total =====	106.2244				
OUTPUTS TO uitstroom via oppervlakte water naar zee FROM:					
oppervlakte water	171.9022	formula	x145	grensov. verontr. opp.water uit (Hoek, 1990)	
==== Total =====	171.9022				
OUTPUTS TO export van boten FROM:					
==== Total =====	0.0000				
OUTPUTS TO export onbewerkt gewas FROM:					
plantaardige produktie	0.0000	formula	x88	export geoogst gewas	
==== Total =====	0.0000				
OUTPUTS TO export van bewerkt metaal FROM:					
koper(half)produkten industrie	46045.9039	formula	x5	export bewerkt metaal door basismetaal (CBS, 1988)	
==== Total =====	46045.9039				
OUTPUTS TO export van bewerkt koper FROM:					
==== Total =====	0.0000				
OUTPUTS TO export van schroot FROM:					
koperschrootverwerking	58997.1442	formula	x160	export van schroot (CBS, 1991)	
==== Total =====	58997.1442				
OUTPUTS TO export van produkten FROM:					
==== Total =====	0.0000				
ACCUMULATION IN SYSTEM:					
OUTPUTS TO milieu FROM:					
agrarische bodem	735.3912	bal.item	x87	accumulatie in landbouwgrond	
stortplaats	12157.1883	bal.item	x128	accumulatie op stortplaatsen	
niet-agrarische bodem	52.4412	bal.item	x141	accumulatie in niet-landbouwgrond	
grondwater	81.4762	bal.item	x143	accumulatie in grondwater	
sediment	221.9202	bal.item	x147	accumulatie in sediment	
==== Total =====	13248.4172				
OUTPUTS TO economie FROM:					
basismetaal industrie	3061.9902	formula	x6	koperverontreiniging in metaalprodukten	
waterleidingen	870.9977	bal.item	x24	accumulatie waterleidingen	
openbaar vervoer	307.1783	bal.item	x27	accumulatie bovenleidingen	
haven en pleziervaart	134.4846	bal.item	x50	accumulatie in schepen	
oeverbescherming	-6.5000	bal.item	x52	accumulatie in oeverbescherming	
bouw	171.9996	bal.item	x106	accumulatie in gebouwen	
wegenbouw	2137.1548	bal.item	x108	accumulatie in wegen	
gebruikers	20610.6202	bal.item	x115	accumulatie in produkten in gebruik	
==== Total =====	27287.9255				
LINKS TO OTHER SYSTEMS:					

BIJLAGE 3.2 Zink

De zinkstroom door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu in 1990. Indien geen literatuurverwijzing vermeld staat, zijn de gegevens afkomstig uit Cleven et al, 1992, of uit Annema et al, 1991.

NODES (processes) OF SYSTEM

INPUTS OF primaire zinkproduktie FROM:

import zinkerts	210000.0000	formula	x0	import van zinkerts
legeringen produktie	25.0000	formula	x11	gebruik filterkoek uit legeringenproduktie in primaire zinkproduktie

==== Total ===== 210025.0000

OUTPUTS OF primaire zinkproduktie TO:

legeringen produktie	15000.0065	formula	x1	primaire zink voor legeringen produktie
walsen	13999.9935	formula	x2	primaire zink voor walsen
verzinken	22770.0074	formula	x3	primaire zink voor verzinken
zinkverbindingen produktie	1000.3701	formula	x4	primaire zink voor produktie zinkverbindingen
overige industrie	83.9999	formula	x169	levering voor emissies overige industrie
lucht	24.9930	formula	x5	emissie lucht primaire zinkproduktie
oppervlakte water	1.0081	formula	x6	emissie oppervlakte water primaire zinkproduktie
oppervlakte water	14.0000	formula	x156	uitspoeling naar oppervlakte water uit historische zinkafvalopslag
stort	3499.6233	bal.item*	x7	stort van jarosiet, gips, filtermat. en puin uit primaire zinkproduktie
export primair zink	153630.9982	formula	x8	export van primair zink (CBS, 1993)

==== Total ===== 210025.0000

INPUTS OF legeringen produktie FROM:

primaire zinkproduktie	15000.0065	formula	x1	primaire zink voor legeringen produktie (berekening RIVM)
schrootverwerking	10000.0009	formula	x78	hergebruik messingschroot bij legeringenproduktie
import primair zink	10000.0000	formula	x190	import primair zink voor legeringen produktie

==== Total ===== 35000.0074

OUTPUTS OF legeringen produktie TO:

primaire zinkproduktie	20000.0017	formula	x10	gebruik van zinklegeringen in kranen e.d.
bouw	25.0000	formula	x11	gebruik filterkoek uit legeringenproduktie in primaire zinkproduktie
lucht	25.0000	formula	x12	emissie lucht bij legeringen produktie
oppervlakte water	1.0000	formula	x13	emissie oppervlakte water bij legeringen produktie
stort	0.0056	bal.item*	x14	stort van filterkoek, slak uit legeringen produktie
export afvalstoffen voor opwerking	1199.9998	formula	x15	export van filterstof/koek, slak, beitsbaden uit legeringen produktie voor opwerking
export zinklegeringen	13749.0004	formula	x16	export van zinklegeringen

==== Total ===== 35000.0074

INPUTS OF walsen FROM:									
primaire zinkproductie	13999.9935	formula	x2	primair zink voor walsen					
==== Total =====	13999.9935								
OUTPUTS OF walsen TO:									
bouw	13999.9935	bal.item*	x17	gebruik van dakgoten, pijpen e.d. in de bouw					
==== Total =====	13999.9935								
INPUTS OF verzinken FROM:									
primaire zinkproductie	22770.0074	formula	x3	primair zink voor verzinken					
import primair zink	10000.0000	formula	x191	import primair zink voor verzinken					
==== Total =====	32770.0074								
OUTPUTS OF verzinken TO:									
bouw	24600.0054	formula	x18	gebruik van verzinkte materialen in bouw					
zinkverbindingen productie	499.9982	formula	x19	gebruik van afvalstoffen van verzinken bij zinkverbindingenproductie					
export afvalstoffen voor opwerking	7593.0008	formula	x20	export van hardzink, zinkassen en beitsbaden uit verzinken					
lucht	7.0000	formula	x21	lucht emissie bij verzinken					
oppervlakte water	10.0000	formula	x22	oppervlakte water emissie bij verzinken					
stort	60.0030	bal.item*	x23	stort van mengslib uit verzinkerij					
==== Total =====	32770.0074								
INPUTS OF zinkverbindingen productie FROM:									
primaire zinkproductie	1000.3701	formula	x4	primair zink voor produktie zinkverbindingen					
verzinken	499.9982	formula	x19	gebruik van afvalstoffen van verzinken bij zinkverbindingenproductie					
import zinklinkers	16000.0000	formula	x24	import van zinklinkers voor zinkverbindingenproductie					
==== Total =====	17500.3683								
OUTPUTS OF zinkverbindingen productie TO:									
farmaceutische industrie	41.0016	formula	x25	levering zinkverbindingen aan farmaceutische industrie					
verfproductie	2375.0502	formula	x26	levering zinkverbindingen aan verfproductie					
fritten productie	1500.0318	formula	x27	levering zinkverbindingen aan fritten productie					
keramische industrie	200.0047	formula	x28	levering zinkverbindingen aan keramische industrie					
magneetband productie	100.0024	formula	x29	levering zinkverbindingen aan magneetband productie					
rayon productie	275.0060	formula	x30	levering zinkverbindingen aan rayonproductie					
textielveredeling	100.0024	formula	x31	levering zinkverbindingen produktie aan textielveredeling					
rubber industrie	1600.0342	formula	x32	levering zinkverbindingen aan rubberindustrie					
kunststofverwerking	25.0010	formula	x33	levering zinkverbindingen aan kunststofverwerking					
bestrijdingsmiddelen industrie	500.0100	formula	x34	levering zinkverbindingen aan bestrijdingsmiddelen industrie					
veevoer industrie	728.9988	formula	x35	levering zinkverbindingen aan veevoerindustrie					
petrochemische industrie	0.9993	formula	x36	levering zinkverbindingen aan petrochemische industrie					
lucht	0.9993	formula	x162	emissie lucht bij zinkverbindingenproductie					
oppervlakte water	9.0004	formula	x163	emissie oppervlakte water bij zinkverbindingenproductie					

export zinkverbindingen
 stort
 =====
 Total =====

9494.2036
 550.0226
 17500.3683

formula
 bal.item*

x154
 x164

export van zinkverbindingen
 stort van vast afval bij zinkverbindingenproductie

INPUTS OF farmaceutische industrie FROM:
 zinkverbindingen productie
 Total =====
 OUTPUTS OF farmaceutische industrie TO:
 huishoudens
 oppervlakte water
 stort
 Total =====

41.0016
 41.0016
 0.0000
 2.0001
 39.0015
 41.0016

formula
 formula
 formula
 bal.item*

x25
 x37
 x38
 x39

levering zinkverbindingen aan farmaceutische industrie
 consumptie van farmaceutische producten
 emissie oppervlakte water uit farmaceutische industrie
 stort van vast afval en zuiveringsslib uit farmaceutische industrie

INPUTS OF verfproductie FROM:
 zinkverbindingen productie
 Total =====
 OUTPUTS OF verfproductie TO:
 verftoepassing en houtreiniging
 Total =====

2375.0502
 2375.0502
 2375.0502
 2375.0502

formula
 bal.item*

x26
 x40

levering zinkverbindingen aan verfproductie
 gebruik van verf

INPUTS OF fritten productie FROM:
 zinkverbindingen productie
 Total =====
 OUTPUTS OF fritten productie TO:
 bouw
 Total =====

1500.0318
 1500.0318
 1500.0318
 1500.0318

formula
 bal.item*

x27
 x41

levering zinkverbindingen aan fritten productie
 consumptie van keramische producten (fritten)

INPUTS OF keramische industrie FROM:
 zinkverbindingen productie
 Total =====
 OUTPUTS OF keramische industrie TO:
 huishoudens
 lucht
 oppervlakte water
 stort
 Total =====

200.0047
 200.0047
 198.5047
 1.0000
 0.5000
 -0.0000
 200.0047

formula
 formula
 formula
 bal.item*

x28
 x42
 x43
 x44
 x173

levering zinkverbindingen aan keramische industrie
 consumptie van keramische producten
 lucht emissie keramische industrie
 oppervlakte water emissie keramische industrie
 stort uit keramische industrie

INPUTS OF magneetband productie FROM:
 zinkverbindingen productie
 Total =====
 OUTPUTS OF magneetband productie TO:
 huishoudens
 stort

100.0024
 100.0024
 90.0021
 10.0002

formula
 formula
 bal.item*

x29
 x45
 x46

levering zinkverbindingen aan magneetband productie
 consumptie van magneetbanden
 stort van 'uitval' banden

==== Total =====	100.0024					
INPUTS OF rayon produktie FROM:						
zinkverbindingen produktie	275.0060	formula	x30	levering zinkverbindingen aan rayonproduktie		
==== Total =====	275.0060					
OUTPUTS OF rayon produktie TO:						
huishoudens	13.0003	formula	x47	consumptie van garens		
oppervlakte water	18.0004	formula	x48	emissie oppervlakte water uit rayonproduktie		
stort	244.0054	bal.item*	x49	stort van slib en natriumsulfaatresidu uit rayonproduktie		
==== Total =====	275.0060					
INPUTS OF textielveredeling FROM:						
zinkverbindingen produktie	100.0024	formula	x31	levering zinkverbindingen produktie aan textielveredeling		
==== Total =====	100.0024					
OUTPUTS OF textielveredeling TO:						
huishoudens	85.0020	formula	x50	consumptie van tapijten		
oppervlakte water	0.2000	formula	x51	emissie oppervlakte water uit textielveredeling		
stort	14.8003	bal.item*	x52	stort van vast afval uit textielveredeling		
==== Total =====	100.0024					
INPUTS OF rubber industrie FROM:						
zinkverbindingen produktie	1600.0342	formula	x32	levering zinkverbindingen aan rubberindustrie		
==== Total =====	1600.0342					
OUTPUTS OF rubber industrie TO:						
verkeer	1100.0235	formula	x53	gebruik van rubber in fiets- en autobanden		
huishoudens	479.0102	formula	x54	consumptie van rubber in huishoudens		
oppervlakte water	1.0000	formula	x55	oppervlakte water emissie uit rubberindustrie		
stort	20.0004	bal.item*	x56	stort van vast afval uit rubberindustrie		
==== Total =====	1600.0342					
INPUTS OF kunststofverwerking FROM:						
zinkverbindingen produktie	25.0010	formula	x33	levering zinkverbindingen aan kunststofverwerking		
==== Total =====	25.0010					
OUTPUTS OF kunststofverwerking TO:						
huishoudens	25.0010	bal.item*	x57	consumptie van kunststoffen		
==== Total =====	25.0010					
INPUTS OF bestrijdingsmiddelen industrie FROM:						
zinkverbindingen produktie	500.0100	formula	x34	levering zinkverbindingen aan bestrijdingsmiddelen industrie		
==== Total =====	500.0100					
OUTPUTS OF bestrijdingsmiddelen industrie TO:						
plantaardige produktie	65.0013	formula	x58	gebruik van bestrijdingsmiddelen in landbouw		
lucht	1.0000	formula	x59	emissie lucht bij bestrijdingsmiddelenindustrie		

oppervlakte water	10.0002	formula	x60	emissie oppervlakte water bij bestrijdingsmiddelen industrie
start	0.0000	bal.item*	x61	start van vast afval bij bestrijdingsmiddelenindustrie
export zinkhoudende produkten	424.0085	formula	x157	export van bestrijdingsmiddelen
==== Total =====	500.0100			
INPUTS OF veevoer industrie FROM:				
zinkverbindingen produktie	728.9988	formula	x35	levering zinkverbindingen aan veevoerindustrie
fosfaat-ertsverwerking	33.0000	formula	x68	levering fosforzuur aan veevoerindustrie
dierlijke produktie	53.5738	formula	x70	levering van dierlijke voedergrondstoffen
planttaardige produktie	179.5232	formula	x75	levering van plantaardige voedergrondstoffen
import agrarische produkten	532.0000	formula	x183	import van veevoedergrondstoffen
==== Total =====	1527.0958			
OUTPUTS OF veevoer industrie TO:				
dierlijke produktie	1527.0958	bal.item*	x69	gebruik van veevoer in landbouw
==== Total =====	1527.0958			
INPUTS OF petrochemische industrie FROM:				
zinkverbindingen produktie	0.9993	formula	x36	levering zinkverbindingen aan petrochemische industrie
import van zinkverbindingen	175.0000	formula	x65	import van antisluitage middel
==== Total =====	175.9993			
OUTPUTS OF petrochemische industrie TO:				
verkeer	174.9993	formula	x62	gebruik van motorolie en smeervet in verkeer
export zinkverbindingen	0.0000	formula	x63	export van katalysator voor opwerking
oppervlakte water	1.0000	formula	x64	emissie oppervlakte water petrochemische industrie
start	-0.0000	bal.item*	x174	start uit petrochemische industrie
==== Total =====	175.9993			
INPUTS OF verftoepassing en houtreiniging FROM:				
verfproduktie	2375.0502	bal.item	x40	gebruik van verf
import zinkhoudende produkten	962.5000	formula	x181	import van verf
==== Total =====	3337.5502			
OUTPUTS OF verftoepassing en houtreiniging TO:				
bouw	2385.0358	bal.item*	x158	gebruik van met verf behandelde materialen en verf
oppervlakte water	18.0004	formula	x159	emissie oppervlakte water bij verftoeassing en reiniging
huishoudens	934.5141	formula	x182	gebruik van verf in huishoudens
==== Total =====	3337.5502			
INPUTS OF overige industrie FROM:				
primaire zinkproduktie	83.9999	formula	x169	levering voor emissies overige industrie
==== Total =====	83.9999			
OUTPUTS OF overige industrie TO:				
lucht	40.0000	formula	x170	emissie lucht overige industrie
oppervlakte water	16.0000	formula	x172	emissie oppervlakte water overige industrie

stort									
rioolwaterzuivering									
==== Total =====	0.0000	bal.item*	x180	stort vast afval overige industrie					
	28.0000	formula	x192	afvalwater overige industrie naar RWZI					
	83.9999								
INPUTS OF titaandioxide-ertsverwerking FROM:									
import van titaanerts	10.0000	formula	x129	import van titaanerts					
==== Total =====	10.0000								
OUTPUTS OF titaandioxide-ertsverwerking TO:									
oppervlakte water	10.0000	formula	x130	emissie oppervlakte water uit titaan ertsverwerking					
economie	0.0000	bal.item*	x131	accumulatie in titaanprodukten					
==== Total =====	10.0000								
INPUTS OF fosfaat-ertsverwerking FROM:									
import P-erts	180.0000	formula	x66	import van fosfaaters					
==== Total =====	180.0000								
OUTPUTS OF fosfaat-ertsverwerking TO:									
plantaardige produktie	135.0000	formula	x67	gebruik van fosfaatkunststof in landbouw					
veevoer industrie	33.0000	formula	x68	levering fosforzuur aan veevoerindustrie					
oppervlakte water	12.0000	formula	x132	emissie oppervlakte water fosfaatertsverwerking					
stort	0.0000	bal.item*	x175	stort uit fosfaatertsverwerking					
==== Total =====	180.0000								
INPUTS OF primaire ijzer/staalproduktie FROM:									
schrootverwerking	125.0000	formula	x97	schroot naar primaire ijzer/staalproduktie					
import van ruwijzer	798.0000	formula	x108	import van ruwijzer					
import kolen	60.0000	formula	x186	import van kolen voor basismetaleindustrie					
==== Total =====	983.0000								
OUTPUTS OF primaire ijzer/staalproduktie TO:									
lucht	26.0000	formula	x109	emissie lucht uit primaire staalproduktie (RIVM et al, 1992)					
oppervlakte water	4.0000	formula	x110	emissie oppervlakte water primaire ijzer/staal produktie					
stort	920.0001	bal.item*	x111	stort van vast afval uit primaire staalproduktie					
bouw	0.0000	formula	x112	hergebruik in bouw van slakken etc. uit prim. staal.prod					
wegenbouw	33.0000	formula	x113	hergebruik in wegebouw van slakken e.d. uitprim. staal prod.					
economie	0.0000	formula	x114	accumulatie in primaire staalprodukten					
==== Total =====	983.0000								
INPUTS OF secundaire ijzer/staalproduktie FROM:									
schrootverwerking	399.9999	formula	x98	schroot naar secundaire ijzer/staalproduktie					
==== Total =====	399.9999								
OUTPUTS OF secundaire ijzer/staalproduktie TO:									
lucht	32.0000	formula	x115	emissie lucht uit sec. staal produktie					
oppervlakte water	1.0000	formula	x116	emissie oppervlakte water uit sec. staal produktie					

wegenbouw									hergebruik in wegebouw van kalkslak uit sec. staal
stort									produktie
economie									stort van filterstof uit sec. staal produktie
==== Total =====									accumulatie in sec. staal produkten
INPUTS OF ijzergieterij FROM:									
schrootverwerking									schroot naar ijzergieterij
==== Total =====									
OUTPUTS OF ijzergieterij TO:									
stort									stort van vast afval uit ijzergieterij
economie									accumulatie in produkten uit ijzergieterij
==== Total =====									
INPUTS OF electriciteitscentrales FROM:									
import kolen									import van kolen voor electriciteitsopwekking (Anthonissen et al, 1993)
==== Total =====									
OUTPUTS OF electriciteitscentrales TO:									
lucht									emissie lucht uit electriciteitscentrale
bouw									hergebruik in bouw van vliegass en gips uit elec. centr.
wegenbouw									gebruik van afval uit E-centrale in wegebouw (Anthonissen et al, 1993)
==== Total =====									
INPUTS OF plantaardige produktie FROM:									
bestrijdingsmiddelen industrie									gebruik van bestrijdingsmiddelen in landbouw
fosfaattersverwerking									gebruik van fosfaatkunstmest in landbouw
dierlijke produktie									gebruik van dierlijke mest in landbouw
bouw									emissie naar plantaardige produktie door corrosie verzinkt en gewalst staal
rioolwaterzuivering									gebruik van zuiveringsslib in landbouw
lucht									depositie op agrarische bodem
==== Total =====									
OUTPUTS OF plantaardige produktie TO:									
voedingsmiddelenindustrie									levering van plantaardige voedingsmiddelen
dierlijke produktie									consumptie van gras en grasprodukten door veeteelt
veevoer industrie									levering van plantaardige voedergrondstoffen
agrarische bodem									emissie naar agrarische bodem
==== Total =====									
INPUTS OF dierlijke produktie FROM:									
veevoer industrie									gebruik van veevoer in landbouw
plantaardige produktie									consumptie van gras en grasprodukten door veeteelt

voedingsmiddelenindustrie	19.0798	formula	x176	pl. resten uit voedingsm. ind. naar dierlijke produktie
==== Total =====	2009.5272			
OUTPUTS OF dierlijke produktie TO:				
veevoer industrie	53.5738	formula	x70	levering van dierlijke voedergrondstoffen
voedingsmiddelenindustrie	199.1331	formula	x71	levering van dierlijke voedingsmiddelen
plantaardige produktie	1756.8203	bal.item*	x72	gebruik van dierlijke mest in landbouw
==== Total =====	2009.5272			
INPUTS OF voedingsmiddelenindustrie FROM:				
dierlijke produktie	199.1331	formula	x71	levering van dierlijke voedingsmiddelen
plantaardige produktie	125.3665	formula	x73	levering van plantaardige voedingsmiddelen
import agrarische produkten	273.0000	formula	x184	import van levensmiddelen
==== Total =====	597.4996			
OUTPUTS OF voedingsmiddelenindustrie TO:				
huishoudens	171.7184	formula	x160	consumptie van voedingsmiddelen
oppervlakte water	8.0336	formula	x161	emissie oppervlakte water uit voedingsmiddelenindustrie
dierlijke produktie	19.0798	formula	x176	pl. resten uit voedingsm. ind. naar dierlijke produktie
stort	40.1681	bal.item*	x179	stort uit voedingsmiddelen industrie
export van voedingsmiddelen	358.4997	formula	x185	export van voedingsmiddelen
==== Total =====	597.4996			
INPUTS OF verkeer FROM:				
rubber industrie	1100.0235	formula	x53	gebruik van rubber in fiets- en autobanden
petrochemische industrie	174.9993	formula	x62	gebruik van motorolie en smeervet in verkeer
==== Total =====	1275.0228			
OUTPUTS OF verkeer TO:				
oppervlakte water	59.0006	formula	x86	emissie oppervlakte water door bandenslijtage en motorolie
niet-agrarische bodem	127.0024	formula	x87	emissie niet agrarische bodem door bandenslijtage en motorolie
stort	225.0049	formula	x88	stort van autobanden (Weerd, 1990)
export zinkhoudende produkten	450.0096	formula	x89	export van afgedankte autobanden
economie	406.2405	bal.item*	x90	accumulatie in verkeer (hergebruik afgedankte autobanden
rioolwaterzuivering	7.7649	formula	x91	afvoer verkeer naar RWZI
==== Total =====	1275.0228			
INPUTS OF bouw FROM:				
legeringen produktie	20000.0017	formula	x10	gebruik van zinklegeringen in kranen e.d.
walsen	13999.9935	bal.item	x17	gebruik van dakgoten, pijpen e.d. in de bouw
verzinken	24600.0054	formula	x18	gebruik van verzinkte materialen in bouw
fritten produktie	1500.0318	bal.item	x41	consumptie van keramische produkten (fritten)
primaire ijzer/staalproduktie	0.0000	formula	x112	hergebruik in bouw van slakken etc. uit prim. staal.prod
electriciteitscentrales	212.0000	bal.item	x126	hergebruik in bouw van vliegas en gips uit elec centr. (Anthonissen et al, 1993)

verftoeppassing en houtreiniging								gebruik van met verf behandelde materialen en verf
afvalverbranding		2385.0358	bal.item	x158				
==== Total =====		710.1305	formula	x189				afval uit AVI naar bouw
		63407.1987						
OUTPUTS OF bouw TO:								
oppervlakte water		136.0000	formula	x92				emissie oppervlakte water door corrosie verzinkt en gewalst staal
niet-agrarische bodem		1133.0000	formula	x93				emissie naar niet agrarische bodem door corrosie verzinkt en gewalst staal
plantaardige produktie		0.0000	formula	x94				emissie naar plantaardige produktie door corrosie verzinkt en gewalst staal
rioolwaterzuivering		373.0000	formula	x95				corrosie verzinkt staal en gewalst zink via RWZI
economie		37252.0000	bal.item*	x101				accumulatie in bouw
schrootverwerking		22083.9968	formula	x166				schroot uit bouw
==== Total =====		63407.1987						

INPUTS OF huishoudens FROM:

farmaceutische industrie		0.0000	formula	x37				consumptie van farmaceutische produkten
keramische industrie		198.5047	formula	x42				consumptie van keramische produkten
magneetband produktie		90.0021	formula	x45				consumptie van magneetbanden
rayon produktie		13.0003	formula	x47				consumptie van garens
textielveredeling		85.0020	formula	x50				consumptie van tapijten
rubber industrie		479.0102	formula	x54				consumptie van rubber in huishoudens
kunststofverwerking		25.0010	bal.item	x57				consumptie van kunststoffen
voedingsmiddelenindustrie		171.7184	formula	x160				consumptie van voedingsmiddelen
import zinkhoudende produkten		2000.0000	formula	x171				import van batterij e.d.
verftoeppassing en houtreiniging		934.5141	formula	x182				gebruik van verf in huishoudens
==== Total =====		3996.7528						

OUTPUTS OF huishoudens TO:

oppervlakte water		16.0032	formula	x76				oppervlaktewater emissie door huishoudens
niet-agrarische bodem		5.0010	formula	x77				emissie niet-agrarische bodem door huishoudens
huishoudelijkafvalverwerking		3750.7415	formula	x80				huishoudelijk afval voor verwerking
rioolwaterzuivering		71.8732	formula	x82				afvoer huishoudens naar RWZI
schrootverwerking		0.0000	formula	x167				schroot uit huishoudens
economie		153.1340	bal.item*	x188				accumulatie in huishoudens
==== Total =====		3996.7528						

INPUTS OF huishoudelijkafvalverwerking FROM:

huishoudens		3750.7415	formula	x80				huishoudelijk afval voor verwerking
==== Total =====		3750.7415						

OUTPUTS OF huishoudelijkafvalverwerking TO:

afvalverbranding		1500.2966	formula	x84				huishoudelijkafval voor verbranding
stort		2200.2348	bal.item*	x85				stort van huishoudelijkafval
compostverwerking		50.2100	formula	x177				pl.resten uit huishoudens naar verwerking
==== Total =====		3750.7415						

INPUTS OF afvalverbranding FROM:									
huishoudelijkafvalverwerking									
rioolwaterzuivering									
==== Total =====									
OUTPUTS OF afvalverbranding TO:									
lucht									
stort									
wegenbouw									
schrootverwerking									
bouw									
==== Total =====									
INPUTS OF stort FROM:									
primaire zinkproduktie									
legeringen produktie									
verzinken									
zinkverbindingen produktie									
farmaceutische industrie									
industrie									
magneetband produktie									
rayon produktie									
textielveredeling									
rubber industrie									
bestrijdingsmiddelen industrie									
huishoudelijkafvalverwerking									
verkeer									
rioolwaterzuivering									
afvalverbranding									
primaire ijzer/staalproduktie									
secundaire ijzer/staalproduktie									
ijzergieterij									
sediment									
keramische industrie									
petrochemische industrie									
fosfaat-ertsverwerking									
voedingsmiddelenindustrie									
overige industrie									
==== Total =====									
OUTPUTS OF stort TO:									
milieu									
==== Total =====									
INPUTS OF schrootverwerking FROM:									
	1500.2966	formula	x84	huishoudelijkafval voor verbranding					
	22.9836	formula	x104	verbranden van zuiveringsslib					
	1523.2802								
	13.0024	formula	x106	emissie lucht uit AVI					
	0.0000	formula	x107	stort van AVI slakken					
	710.1309	bal.item*	x134	gebruik van AVI slakken in wegenbouw					
	90.0164	formula	x168	schroot uit AVI (berekening RIVM)					
	710.1305	formula	x189	afval uit AVI naar bouw					
	1523.2802								
	3499.6233	bal.item	x7	stort van jarosiet, gips, filtermat. en puin uit primaire					
zinkproduktie									
	0.0056	bal.item	x14	stort van filterkoek, slak uit legeringen produktie					
	60.0030	bal.item	x23	stort van mengslib uit verzinkerij					
	550.0226	bal.item	x164	stort van vast afval bij zinkverbindingenproduktie					
	39.0015	bal.item	x39	stort van vast afval en zuiveringsslib uit farmaceutische					
industrie									
	10.0002	bal.item	x46	stort van 'uitval' banden					
	244.0054	bal.item	x49	stort van slib en natriumsulfaatresidu uit rayonproduktie					
	14.8003	bal.item	x52	stort van vast afval uit textielveredeling					
	20.0004	bal.item	x56	stort van vast afval uit rubberindustrie					
	0.0000	bal.item	x61	stort van vast afval bij bestrijdingsmiddelenindustrie					
	2200.2348	bal.item	x85	stort van huishoudelijkafval					
	225.0049	formula	x88	stort van autobanden (Weerd, 1990)					
	234.8328	bal.item	x103	stort van zuiveringsslib					
	0.0000	formula	x107	stort van AVI slakken					
	920.0001	bal.item	x111	stort van vast afval uit primaire staalproduktie					
	361.9999	bal.item	x118	stort van filterstof uit sec. staal produktie					
	99.9995	formula	x120	stort van vast afval uit ijzergieterij					
	836.8795	formula	x145	stort van uitgebaggerd slib (Hoek, 1990)					
	-0.0000	bal.item	x173	stort uit keramische industrie					
	-0.0000	bal.item	x174	stort uit petrochemische industrie					
	0.0000	bal.item	x175	stort uit fosfaatsverwerking					
	40.1681	bal.item	x179	stort uit voedingsmiddelen industrie					
	0.0000	bal.item	x180	stort vast afval overige industrie					
	9356.5820								
OUTPUTS OF stort TO:									
	9356.5820	bal.item*	x155	accumulatie op stortplaats					
	9356.5820								

import schroot	5000.0000	formula	x165	import van schroot
bouw	22083.9968	formula	x166	schroot uit bouw
huishoudens	0.0000	formula	x167	schroot uit huishoudens
afvalverbranding	90.0164	formula	x168	schroot uit AVI (berekening RIVM)
==== Total =====	27174.0133			
OUTPUTS OF schrootverwerking TO:				
legeringen produktie	10000.0009	formula	x78	hergebruik messingschroot bij legeringenproduktie
export schroot	16469.0134	bal.item*	x96	export van walsschroot, shredders en overig
(messing) schroot				
primaire ijzer/staalproduktie	125.0000	formula	x97	schroot naar primaire ijzer/staalproduktie
secundaire ijzer/staalproduktie	399.9999	formula	x98	schroot naar secundaire ijzer/staalproduktie
ijzergieterij	179.9991	formula	x99	schroot naar ijzergieterij
==== Total =====	27174.0133			
INPUTS OF compostverwerking FROM:				
huishoudelijkafvalverwerking	50.2100	formula	x177	pl.resten uit huishoudens naar verwerking
agrarische bodem	34.9473	formula	x194	afval agrarische bodem naar compostverwerking
niet-agrarische bodem	4.0000	formula	x195	afval niet agrarische bodem naar compostverwerking
==== Total =====	89.1574			
OUTPUTS OF compostverwerking TO:				
niet-agrarische bodem	89.1574	bal.item*	x178	compost naar plantsoenen en tuintjes
==== Total =====	89.1574			
INPUTS OF rioolwaterzuivering FROM:				
huishoudens	71.8732	formula	x82	afvoer huishoudens naar RWZI
verkeer	7.7649	formula	x91	afvoer verkeer naar RWZI (SPEED, 1993)
bouw	373.0000	formula	x95	corrosie verzinkt staal en gewalst zink via RWZI
overige industrie	28.0000	formula	x192	afvalwater overige industrie naar RWZI
lucht	14.0000	formula	x193	depositie naar RWZI
==== Total =====	495.0000			
OUTPUTS OF rioolwaterzuivering TO:				
oppervlakte water	149.0000	formula	x102	emissie oppervlakte water uit RWZI
stort	229.0000	bal.item*	x103	stort van zuiveringslib
afvalverbranding	22.4000	formula	x104	verbranden van zuiveringslib
plantaardige produktie	95.3000	formula	x105	gebruik van zuiveringslib in landbouw
==== Total =====	495.0000			
INPUTS OF wegebouw FROM:				
afvalverbranding	710.1309	bal.item	x134	gebruik van AVI slakken in wegebouw
primaire ijzer/staalproduktie	33.0000	formula	x113	hergebruik in wegebouw van slakken e.d. uit prim. staal prod.
secundaire ijzer/staalproduktie	5.0000	formula	x117	hergebruik in wegebouw van kalkslak uit sec. staal produktie
electriciteitscentrales	34.0000	formula	x187	gebruik van afval uit E-centrale in wegebouw

(Anthonissen et al, 1993)

	782.1308		x128	
OUTPUTS OF wegebouw TO:				accumulatie in wegebouw
==== Total =====	782.1308			
economie	782.1308	bal.item*		
==== Total =====	782.1308			
INPUTS OF lucht FROM:				
primaire zinkproductie	24.9930	formula	x5	emissie lucht primaire zinkproductie
legeringen productie	25.0000	formula	x12	emissie lucht bij legeringen productie
verzinken	7.0000	formula	x21	lucht emissie bij verzinken
zinkverbindingen productie	0.9993	formula	x162	emissie lucht bij zinkverbindingenproductie
keramische industrie	1.0000	formula	x43	lucht emissie keramische industrie
bestrijdingsmiddelen industrie	1.0000	formula	x59	emissie lucht bij bestrijdingsmiddelenindustrie
afvalverbranding	13.0024	formula	x106	emissie lucht uit AVI
primaire ijzer/staalproductie	26.0000	formula	x109	emissie lucht uit primaire staalproductie
secundaire ijzer/staalproductie	32.0000	formula	x115	emissie lucht uit sec. staal productie (Matthijssen et al, 1992)
electriciteitscentrales	2.0000	formula	x125	emissie lucht uit electriciteitscentrale
instroom via lucht	1500.0000	formula	x135	instroom via lucht
overige industrie	40.0000	formula	x170	emissie lucht overige industrie
==== Total =====	1672.9946			
OUTPUTS OF lucht TO:				
oppervlakte water	54.2860	formula	x136	depositie op oppervlakte water
plantaardige productie	296.1053	formula	x137	depositie op agrarische bodem
niet-agrarische bodem	162.8578	formula	x138	depositie op niet agrarische bodem
uitstroom via lucht	1145.7455	bal.item*	x139	uitstroom via lucht
rioolwaterzuivering	14.0000	formula	x193	depositie naar RWZI
==== Total =====	1672.9946			
INPUTS OF oppervlakte water FROM:				
primaire zinkproductie	1.0081	formula	x6	emissie oppervlakte water primaire zinkproductie
primaire zinkproductie	14.0000	formula	x156	uitspoeling naar oppervlakte water uit historische zinkafvalopslag
legeringen productie	1.0000	formula	x13	emissie oppervlakte water bij legeringen productie
verzinken	10.0000	formula	x22	oppervlakte water emissie bij verzinken
zinkverbindingen productie	9.0004	formula	x163	emissie oppervlakte water bij zinkverbindingenproductie
farmaceutische industrie	2.0001	formula	x38	emissie oppervlakte water uit farmaceutische industrie
keramische industrie	0.5000	formula	x44	oppervlakte water emissie keramische industrie
rayon productie	18.0004	formula	x48	emissie oppervlakte water uit rayonproductie
textielveredeling	0.2000	formula	x51	emissie oppervlakte water uit textielveredeling
rubber industrie	1.0000	formula	x55	oppervlakte water emissie uit rubberindustrie
bestrijdingsmiddelen industrie	10.0002	formula	x60	emissie oppervlakte water bij bestrijdingsmiddelen industrie
petrochemische industrie	1.0000	formula	x64	emissie oppervlakte water petrochemische industrie

fosfaat-ertsverwerking													emissie oppervlakte water fosfaatertsverwerking
huishoudens													oppervlaktewater emissie door huishoudens
verkeer													emissie oppervlakte water door bandenslijtage en motorolie
bouw (inc. overstort)													emissie oppervlakte water door corrosie verzinkt en gewalst staal
rioolwaterzuivering													emissie oppervlakte water uit RWZI
primaire ijzer/staalproductie													emissie oppervlakte water primaire ijzer/staal productie
secundaire ijzer/staalproductie													emissie oppervlakte water uit sec. staal productie
titaandioxide-ertsverwerking													emissie oppervlakte water uit titaan ertsverwerking
lucht													depositie op oppervlakte water
instroom via rivieren													instroom via rivieren
grondwater													doorspoeling grondwater naar oppervlakte water
agrarische bodem													afspoeling van agrarische bodem naar oppervlakte water
niet-agrarische bodem													afspoeling niet agrarische bodem naar oppervlakte water
verftoepassing en houtreiniging													emissie oppervlakte water bij verftoepassing en reiniging
voedingsmiddelenindustrie													emissie oppervlakte water uit voedingsmiddelenindustrie
overige industrie													emissie oppervlakte water overige industrie
==== Total =====													
2750.0000													
OUTPUTS OF oppervlakte water TO:													
1992.5702													sedimentatie (Hoek, 1990)
895.2127													uitstroom naar zee
2887.7829													
INPUTS OF grondwater FROM:													
agrarische bodem													uitspoeling van agrarische bodem naar grondwater (RIVM, 1991)
484.2646													
niet-agrarische bodem													uitspoeling niet agrarische bodem naar grondwater
185.0000													
670.0000													
OUTPUTS OF grondwater TO:													
oppervlakte water													doorspoeling grondwater naar oppervlakte water
0.0000													
milieu													accumulatie in grondwater
799.2667													
799.2667													
==== Total =====													
INPUTS OF agrarische bodem FROM:													
plantaardige productie													emissie naar agrarische bodem
1582.6158													
1582.6158													
==== Total =====													
OUTPUTS OF agrarische bodem TO:													
oppervlakte water													afspoeling van agrarische bodem naar oppervlakte water (SPEED, 1993)
93.8586													
grondwater													uitspoeling van agrarische bodem naar grondwater (RIVM, 1991)
484.2646													
milieu													accumulatie in agrarische bodem
969.5453													
compostverwerking													afval agrarische bodem naar compostverwerking
34.9473													

==== Total =====	1582.6158						
INPUTS OF niet-agrarische bodem FROM:							
huishoudens	5.0010	formula	x77	emissie niet-agrarische bodem door huishoudens			
verkeer	127.0024	formula	x87	emissie niet agrarische bodem door bandenslijtage en motorolie			
bouw	1133.0000	formula	x93	emissie naar niet agrarische bodem door corrosie verzinkt en gewalst staal			
lucht	162.8578	formula	x138	depositie op niet agrarische bodem (SPEED, 1993)			
compostverwerking	89.1574	bal.item	x178	compost naar plantsoenen en tuintjes			
==== Total =====	1518.0000						
OUTPUTS OF niet-agrarische bodem TO:							
oppervlakte water	105.0005	formula	x150	afspoeling niet agrarische bodem naar oppervlakte water (RIVM, 1991)			
grondwater	185.0000	formula	x151	uitspoeling niet agrarische bodem naar grondwater			
milieu	1269.0000	bal.item*	x152	accumulatie in niet agrarische bodem			
compostverwerking	4.0000	formula	x195	afval niet agrarische bodem naar compostverwerking			
==== Total =====	1518.0000						
INPUTS OF sediment FROM:							
oppervlakte water	1992.5702	formula	x141	sedimentatie			
==== Total =====	1992.5702						
OUTPUTS OF sediment TO:							
stort	836.8795	formula	x145	stort van uitgebaggerd slib (Hoek, 1990)			
milieu	1155.6907	bal.item*	x146	accumulatie in sediment			
==== Total =====	1992.5702						
SOURCES OF SYSTEM							
INPUTS FROM import zinkerts TO:							
primaire zinkproductie	210000.0000	formula	x0	import van zinkerts			
==== Total =====	210000.0000						
INPUTS FROM import schroot TO:							
schrootverwerking	5000.0000	formula	x165	import van schroot			
==== Total =====	5000.0000						
INPUTS FROM import kolen TO:							
electriciteitscentrales	248.0000	formula	x124	import van kolen voor electriciteitsopwekking			
primaire ijzer/staalproductie	60.0000	formula	x186	import van kolen voor basismetallindustrie			
==== Total =====	308.0000						
INPUTS FROM import olie TO:							
==== Total =====	0.0000						
INPUTS FROM import P-erts TO:							
fosfaat-ertsverwerking	180.0000	formula	x66	import van fosfaaterts (RIVM et al, 1993)			
==== Total =====	180.0000						

INPUTS FROM import primair zink TO:									
legeringen produktie	10000.0000	formula	x190	import primair zink voor legeringen produktie					
verzinken	10000.0000	formula	x191	import primair zink voor verzinken					
=== Total =====	20000.0000								
INPUTS FROM import van zinkverbindingen TO:									
petrochemische industrie	175.0000	formula	x65	import van antislijtage middel					
=== Total =====	175.0000								
INPUTS FROM import zinklinkers TO:									
zinkverbindingen produktie	16000.0000	formula	x24	import van zinklinkers voor zinkverbindingenproduktie					
=== Total =====	16000.0000								
INPUTS FROM import agrarische produkten TO:									
veevoer industrie	532.0000	formula	x183	import van veevoedergrondstoffen					
voedingsmiddelenindustrie	273.0000	formula	x184	import van levensmiddelen					
=== Total =====	805.0000								
INPUTS FROM import zinkhoudende produkten TO:									
hulshoudens	2000.0000	formula	x171	import van batterij e.d.					
verftoepassing en houtreiniging	962.5000	formula	x181	import van verf					
=== Total =====	2962.5000								
INPUTS FROM instroom via lucht TO:									
lucht	1500.0000	formula	x135	instroom via lucht					
=== Total =====	1500.0000								
INPUTS FROM instroom via rivieren TO:									
oppervlakte water	2000.0000	formula	x140	instroom via rivieren					
=== Total =====	2000.0000								
INPUTS FROM import van ruwijzer TO:									
primaire ijzer/staalproduktie	798.0000	formula	x108	import van ruwijzer					
=== Total =====	798.0000								
INPUTS FROM import van titaanerts TO:									
titaandioxide-ertsverwerking	10.0000	formula	x129	import van titaanerts					
=== Total =====	10.0000								
INPUTS FROM import voor emissies overige industrie TO:									
verzinken	7593.0008	formula	x20	export van hardzink, zinkassen en beitsbaden uit					
=== Total =====	0.0000								
SINKS OF SYSTEM:									
OUTPUTS TO export afvalstoffen voor opwerking FROM:									
legeringen produktie	1199.9998	formula	x15	export van filterstof/koek, slak, beitsbaden uit					
legeringen produktie voor opwerking									
verzinken	7593.0008	formula	x20	export van hardzink, zinkassen en beitsbaden uit					
=== Total =====	8793.0005								
OUTPUTS TO export primair zink FROM:									
primaire zinkproduktie	153630.9982	formula	x8	export van primair zink					

==== Total =====	153630.9982				
OUTPUTS TO export zinklegeringen FROM:					
legeringen produktie	13749.0004	formula	x16	export van zinklegeringen	
==== Total =====	13749.0004				
OUTPUTS TO export gewalst zink FROM:					
Total	0.0000				
OUTPUTS TO export verzinkte produkten FROM:					
Total	0.0000				
OUTPUTS TO export zinkverbindingen FROM:					
zinkverbindingen produktie	9494.2036	formula	x154	export van zinkverbindingen	
petrochemische industrie	0.0000	formula	x63	export van katalysator voor opwerking	
==== Total =====	9494.2036				
OUTPUTS TO export zinkhoudende produkten FROM:					
bestrijdingsmiddelen industrie	424.0085	formula	x157	export van bestrijdingsmiddelen	
verkeer	450.0096	formula	x89	export van afgedankte autobanden (Weerd, 1990)	
==== Total =====	874.0181				
OUTPUTS TO export schroot FROM:					
schrootverwerking	16469.0134	bal.item	x96	export van walsschroot, schredders en overig (messing)	
schroot					
==== Total =====	16469.0134				
OUTPUTS TO uitstroom via lucht FROM:					
lucht	1145.7455	bal.item	x139	uitstroom via lucht	
==== Total =====	1145.7455				
OUTPUTS TO uitstroom naar zee FROM:					
oppervlakte water	895.2127	bal.item	x142	uitstroom naar zee	
==== Total =====	895.2127				
OUTPUTS TO stort op zee FROM:					
Total	0.0000				
OUTPUTS TO export van voedingsmiddelen FROM:					
voedingsmiddelenindustrie	358.4997	formula	x185	export van voedingsmiddelen CML?	
==== Total =====	358.4997				
ACCUMULATION IN SYSTEM:					
OUTPUTS TO milieu FROM:					
grondwater	799.2667	bal.item	x144	accumulatie in grondwater	
sediment	1155.6907	bal.item	x146	accumulatie in sediment	
agrarische bodem	969.5453	bal.item	x149	accumulatie in agrarische bodem	
niet-agrarische bodem	2160.0151	bal.item	x152	accumulatie in niet agrarische bodem	
stort	9356.5820	bal.item	x155	accumulatie op stortplaats	
==== Total =====	14441.0998				
OUTPUTS TO economie FROM:					
verkeer	406.2405	bal.item	x90	accumulatie in verkeer (hergebruik afgedankte autobanden)	

primaire ijzer/staalproduktie	bouw	38466.2033	bal.item	x101	accumulatie in bouw
secundaire ijzer/staalproduktie	ijzer/staalproduktie	0.0000	formula	x114	accumulatie in primaire staalprodukten
ijzergieterij	ijzergieterij	0.0000	formula	x119	accumulatie in sec. staal produkten
wegenbouw	wegenbouw	79.9996	bal.item	x121	accumulatie in produkten uit ijzergieterij
titaandioxide-ertsverwerking	titaandioxide-ertsverwerking	782.1308	bal.item	x128	accumulatie in wegenbouw
huishoudens	huishoudens	0.0000	bal.item	x131	accumulatie in titaanprodukten
==== Total =====		153.1340	bal.item	x188	accumulatie in huishoudens
		39887.7082			

LINKS TO OTHER SYSTEMS:

BIJLAGE 3.3 Lood

De loodstroom door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu in 1990.

NODES (processes) OF SYSTEM

INPUTS OF loodhoudende producten industrie FROM:				
sec.lood verwerkende industrie	855.7886	formula	x19	lood/tin soldeer (Janus et al., 1991)
import Pb buitenland	25682.8264	formula	x139	import lood (Janus et al., 1991)
==== Total =====	26538.6150			
OUTPUTS OF loodhoudende producten industrie TO:				
huishoudens	2452.1680	bal.item*	x20	div.prod.
export loodhoudende producten	24086.4470	formula	x140	export loodhoudende producten
==== Total =====	26538.6150			
INPUTS OF sec.lood verwerkende industrie FROM:				
import secundair lood	20180.0000	tab/form	x0	import sec.lood (CBS, 1993a)
verkeer	14062.0334	formula	x60	oude accu's
industrieel gebruik	6022.2162	bal.item	x61	oude accu's industrie
bouw	38471.6106	bal.item	x65	lood uit afgebrande kabels
verkeer	201.1103	formula	x82	recycling uitbalanceerblokken (Janus et al., 1991)
huishoudens	302.7168	formula	x141	recycling vanuit huishoudens
==== Total =====	79239.6874			
OUTPUTS OF sec.lood verwerkende industrie TO:				
loodhoudende producten industrie	855.7886	formula	x19	lood/tin soldeer (Janus et al., 1991)
bouw	30174.4730	formula	x25	loodslabben + kabelmanteis/loodmoffen (berekening RIVM)
lucht	0.3011	formula	x48	Pb emissie (Janus et al. 1991)
oppervlakte water	1.7116	formula	x50	PB emissie opp.water (Janus et al., 1991)
export afval/restproducten	26672.0788	formula	x51	export afval/restproducten (CBS 1993a)
industrieel gebruik	6022.2162	formula	x58	accu's
verkeer	14263.1437	formula	x59	accu's
visserij	375.0153	formula	x62	munitie/vislood (Janus et al., 1991)
afval stort	233.8989	bal.item*	x105	stortafval sec.loodindustrie (Janus et al., 1991)
export overig	0.0000	formula	x108	export sec.lood
lucht	6.0349	formula	x143	luchtemis.kabelbranden
jacht	235.0091	formula	x149	jachtmunitie
kleiduvenschieten	180.0072	formula	x150	munitie kleiduvensport
overige schietsport	220.0090	formula	x151	munitie overige schietsport
==== Total =====	79239.6874			
INPUTS OF loodverbindingen industrie FROM:				

import loodverbindingen	12459.0000	tab/form	x127	import loodverbindingen (Janus et al., 1991)
==== Total =====	12459.0000			
OUTPUTS OF loodverbindingen industrie TO:				
verfindustrie	1024.1298	formula	x3	pigm./siccatief/anti.corr. (Janus et al., 1991)
keramische industrie	3000.1272	formula	x4	pigmenten (Janus et al., 1991)
kunststof industrie	1500.0636	formula	x5	stabilisatoren (Janus et al., 1991)
petrochemische industrie	370.0323	formula	x6	additieven benzine (Janus et al., 1991)
export stabilisatoren	6499.8603	formula	x55	export stabilisatoren (Janus et al., 1991)
afval stort	64.7868	bal.item*	x142	stort loodverb.ind.
==== Total =====	12459.0000			
INPUTS OF verfindustrie FROM:				
loodverbindingen industrie	1024.1298	formula	x3	pigm./siccatief/anti.corr. (Janus et al., 1991)
==== Total =====	1024.1298			
OUTPUTS OF verfindustrie TO:				
bouw	1013.8885	formula	x26	loodverven
huishoudens	6.8002	formula	x109	verf naar huish.
lucht	2.5910	formula	x110	luchtemissie verfindustrie (Hoofdingspectie van de milieuhygiene, 1993)
oppervlakte water	0.8500	formula	x111	wateremis.verfindustrie (Hoofdingspectie van de milieuhygiene, 1993)
afval stort	0.0000	bal.item*	x161	stort vast afval verfindustrie
==== Total =====	1024.1298			
INPUTS OF keramische industrie FROM:				
loodverbindingen industrie	3000.1272	formula	x4	pigmenten (Janus et al., 1991)
==== Total =====	3000.1272			
OUTPUTS OF keramische industrie TO:				
bouw	2992.4259	formula	x27	keram.prod.
lucht	7.7013	formula	x131	luchtemissie keramische ind. (Hoofdingspectie van de milieuhygiene, 1993)
oppervlakte water	0.0000	formula	x132	wateremissie keramische ind.
afval stort	-0.0000	bal.item*	x162	stort vast afval keramische industrie
==== Total =====	3000.1272			
INPUTS OF kunststof industrie FROM:				
loodverbindingen industrie	1500.0636	formula	x5	stabilisatoren (Janus et al., 1991)
import loodpigment/stabilisatoren	0.0000	formula	x113	import loodpigm./stab.
==== Total =====	1500.0636			
OUTPUTS OF kunststof industrie TO:				
bouw	750.0318	bal.item*	x87	PVC in bouw
export kunststof	0.0000	formula	x114	export kunststof
huishoudens	750.0318	formula	x115	PVC in gebruiksgoederen

==== Total =====	1500.0636				
INPUTS OF basis metaal industrie FROM:					
import ertsen	6506.0000	tab/form	x31	ijzer/zinkerts	
import kolen	45.0012	tab/form	x56	import kolen voor staalprod. (berekening RIVM)	
==== Total =====	6551.0013				
OUTPUTS OF basis metaal industrie TO:					
wegenbouw	124.9931	formula	x34	oxystaalstof en kalkslak	
lucht	48.0188	formula	x77	luchtemissie basismetaal (Hoofdingspectie van de milieuhygiene, 1993)	
oppervlakte water	3.0004	formula	x78	wateremissie basismetaal (Hoofdingspectie van de milieuhygiene, 1993)	
afval stort	6367.9890	bal.item*	x79	stort basismetaal	
afvalwater zuivering RWZI	6.9999	formula	x158	afvalwater industrie naar RWZI	
==== Total =====	6551.0013				
INPUTS OF petrochemische industrie FROM:					
loodverbindingen industrie	370.0323	formula	x6	additieven benzine (Janus et al., 1991)	
import olie	25.0000	tab/form	x7	olie	
==== Total =====	395.0323				
OUTPUTS OF petrochemische industrie TO:					
verkeer	370.0323	formula	x24	brandstoffen	
export aardolieproducten	25.0000	bal.item*	x117	export aardolieproducten	
==== Total =====	395.0323				
INPUTS OF voedingsmiddelen industrie FROM:					
plantaardige produktie	8.8059	formula	x16	plantaardige prod.	
dierlijke produktie	10.8829	formula	x17	dierlijke prod.	
import agrarische producten	1.0000	tab/form	x118	import agr.prod.	
==== Total =====	20.6887				
OUTPUTS OF voedingsmiddelen industrie TO:					
huishoudens	13.5337	bal.item*	x18	voedingsmiddelen	
export voedings producten	0.5513	formula	x119	export voedingsmiddelen	
afval stort	4.7170	formula	x164	stort uit voedingsmiddelen industrie	
dierlijke produktie	1.8868	formula	x165	afval voedingsm.ind. naar dierlijke produktie	
==== Total =====	20.6887				
INPUTS OF veevoer industrie FROM:					
p-erts verwerking	0.0000	formula	x10	fosforzuur	
dierlijke produktie	0.0229	formula	x14	melkpoeder e.d.	
plantaardige produktie	20.8248	formula	x15	div.gewassen	
import agrarische producten	2.0000	tab/form	x120	agr.prod.veevoer	
==== Total =====	22.8477				

OUTPUTS OF veevoer industrie TO:									
dierlijke produktie				bal.item*	x11	veevoer			
==== Total =====	22.8477								
	22.8477								
INPUTS OF plantaardige produktie FROM:									
p-erts verwerking	9.9996			formula	x9	kunstmest (Hoogenkamp, A.W.H.M. et al., 1993)			
dierlijke produktie	65.4115			bal.item	x12	mest			
afvalwater zuivering RWZI	25.9056			formula	x36	slib (CBS, 1993b; Geudens, 1993)			
lucht	173.3721			formula	x96	depositie (Coppoolse, 1993)			
==== Total =====	274.6888								
OUTPUTS OF plantaardige produktie TO:									
dierlijke produktie	49.5828			formula	x13	gras en ruwvoer			
veevoer industrie	20.8248			formula	x15	div.gewassen			
voedingsmiddelen industrie	8.8059			formula	x16	plantaardige prod.			
agrarische bodem	195.4754			bal.item*	x64	niet-opgenomen Pb			
==== Total =====	274.6888								
INPUTS OF dierlijke produktie FROM:									
veevoer industrie	22.8477			bal.item	x11	veevoer			
plantaardige produktie	49.5828			formula	x13	gras en ruwvoer			
onbekend	2.0000			formula	x137	waar komt het allemaal vandaan?			
voedingsmiddelen industrie	1.8868			formula	x165	afval voedingsm.ind. naar dierlijke produktie			
==== Total =====	76.3173								
OUTPUTS OF dierlijke produktie TO:									
plantaardige produktie	65.4115			bal.item*	x12	mest			
veevoer industrie	0.0229			formula	x14	melkpoeder e.d.			
voedingsmiddelen industrie	10.8829			formula	x17	dierlijke prod.			
==== Total =====	76.3173								
INPUTS OF bouw FROM:									
sec.lood verwerkende industrie	30174.4730			formula	x25	loodslabben + kabelmantels/loodmoffen			
verfindustrie	1013.8885			formula	x26	loodverven			
keramische industrie	2992.4259			formula	x27	keram.prod.			
kolencentrale	126.9997			bal.item	x29	reststoffen (berekening RIVM)			
afval verbranding (AVI)	0.0000			formula	x45	cement			
kunststof industrie	750.0318			bal.item	x87	PVC in bouw (Janus et al., 1991)			
import loodhoudende produkten	12600.1736			tab/form	x147	import Pb naar bouw			
==== Total =====	47657.9924								
OUTPUTS OF bouw TO:									
afvalwater zuivering RWZI	68.0027			formula	x35	corrosie bladlood, via riool afgevoerd (Coppoolse, 1993)			
accumulation (economy)	8816.7286			formula	x37	loodaccumul.bouwwerken			
afval stort	271.6506			formula	x39	straalgrit en verf/spuitafval			

sec.lood verwerkende industrie	38471.6106	bal.item*	x65	lood uit afgebrande kabela
lucht	29.9999	formula	x159	emissie naar lucht bij onderhoud gebouwen
==== Total =====	47657.9924			

INPUTS OF verkeer FROM:

petrochemische industrie	370.0323	formula	x24	brandstoffen (Janus et al., 1991)
sec.lood verwerkende industrie	14263.1437	formula	x59	accu's (CBS, 1993a)
import loodhoudende produkten	797.0000	formula	x148	import lood in auto's
==== Total =====	15430.1760			

OUTPUTS OF verkeer TO:

sec.lood verwerkende industrie	14062.0334	formula	x60	oude accu's
afval verbranding (AVI)	29.9726	formula	x63	afgewerkte motorolie
lucht	277.5242	formula	x72	luchtemissie verkeer
oppervlakte water	14.0612	formula	x73	watermissie verkeer (Coppoolse, 1993)
niet agrarische bodem	1.4638	formula	x74	bodemmissie NS
sec.lood verwerkende industrie	201.1103	formula	x82	recycling uitbalanceerblokken
afval stort	151.1961	bal.item*	x112	shredder afval
accumulation (economy)	690.7651	formula	x145	accumulatie in verkeer
afvalwater zuivering RWZI	2.0492	formula	x160	emissie verkeer naar RWZI
==== Total =====	15430.1760			

INPUTS OF visserij FROM:

sec.lood verwerkende industrie	375.0153	formula	x62	muntlie/vislood (Janus et al., 1991)
==== Total =====	375.0153			

OUTPUTS OF visserij TO:

oppervlakte water	75.0031	formula	x67	schiet/vislood naar opp.water (Janus et al., 1991)
zee	300.0122	bal.item*	x68	vislood naar zee (Janus et al., 1991)
==== Total =====	375.0153			

INPUTS OF industrieel gebruik FROM:

sec.lood verwerkende industrie	6022.2162	formula	x58	accu's
==== Total =====	6022.2162			

OUTPUTS OF industrieel gebruik TO:

sec.lood verwerkende industrie	6022.2162	bal.item*	x61	oude accu's industrie
==== Total =====	6022.2162			

INPUTS OF huishoudens FROM:

voedingsmiddelen industrie	13.5337	bal.item	x18	voedingsmiddelen
loodhoudende produkten industrie	2452.1680	bal.item	x20	div.prod.
import secundair lood	150.0000	tab/form	x47	wijncapsules
verfindustrie	6.8002	formula	x109	verf naar huish.
kunststof industrie	750.0318	formula	x115	PVC in gebruiksgoederen (Janus et al., 1991)
import loodhoudende produkten	575.0000	formula	x138	loodhoudende producten; geschat t.b.v. balans

OUTPUTS OF huishoudens TO:	==== Total =====	3947.5337					
afvalwater zuivering RWZI		8.0011	formula	x21	afvalwater		
afval verbranding (AVI)		1308.6074	formula	x22	te verbranden afval (berekening RIVM)		
afval stort		2323.2342	bal.item*	x23	te storten afval (berekening RIVM)		
compost verwerking		3.0004	formula	x54	te composteren huish.afval		
oppervlakte water		1.9738	formula	x75	huishouding naar water		
sec.lood verwerkende industrie		302.7168	formula	x141	recycling vanuit huishoudens		
==== Total =====		3947.5337					
INPUTS OF kolencentrale FROM:							
import kolen		213.9987	tab/form	x57	import kolen (berekening RIVM)		
==== Total =====		213.9987					
OUTPUTS OF kolencentrale TO:							
bouw		126.9997	bal.item*	x29	reststoffen		
wegenbouw		85.9997	formula	x30	slakken		
lucht		0.9994	formula	x76	emissies (hoofdininspectie van de milieuhygiene, 1993)		
==== Total =====		213.9988					
INPUTS OF wegenbouw FROM:							
kolencentrale		85.9997	formula	x30	slakken		
basis metaal industrie		124.9931	formula	x34	oxystaalstof en kalkslak		
afval verbranding (AVI)		746.2617	formula	x44	slakken		
==== Total =====		957.2544					
OUTPUTS OF wegenbouw TO:							
accumulation (economy)		957.2544	bal.item*	x102	accum.Pb in wegophogingen etc.		
==== Total =====		957.2544					
INPUTS OF afval stort FROM:							
huishoudens		2323.2342	bal.item	x23	te storten afval (berekening RIVM)		
bouw		271.6506	formula	x39	straalgrit en verf/spuitafval		
afvalwater zuivering RWZI		67.4987	bal.item	x40	slib (CBS, 1993b; Geudens, 1993)		
afval verbranding (AVI)		576.6861	bal.item	x43	AVI afval		
basis metaal industrie		6367.9890	bal.item	x79	stort basismetaal		
sec.lood verwerkende industrie		233.8989	bal.item	x105	stortafval sec.loodindustrie		
verkeer		151.1961	bal.item	x112	shredder afval		
sediment		106.2338	formula	x121	bagger		
loodverbindingen industrie		64.7868	bal.item	x142	stort loodverb.ind.		
verfindustrie		0.0000	bal.item	x161	stort vast afval verfindustrie		
keramische industrie		-0.0000	bal.item	x162	stort vast afval keramische industrie		
P-erts verwerking		0.0000	bal.item	x163	stort vast afval uit P ertsverwerking		
voedingsmiddelen industrie		4.7170	formula	x164	stort yit voedingsmiddelen industrie		
==== Total =====		10167.8912					

OUTPUTS OF afval stort TO:										
accumulation (environment)	10167.8912	bal.item*	x103	accum.in	stortafval					
==== Total =====	10167.8912									
INPUTS OF P-erts verwerking FROM:										
import P-erts	39.0000	tab/form	x2	import P-erts						
==== Total =====	39.0000									
OUTPUTS OF P-erts verwerking TO:										
plantaardige produktie	9.9996	formula	x9	kunstmest						
veevoer industrie	0.0000	formula	x10	fosforzuur						
oppervlakte water	12.4995	formula	x80	watermissie kunstm.ind. (Hoogenkamp, A.W.H.M., et al. 1993)						
export kunstmest	16.5009	formula	x116	export kunstmest						
afval stort	0.0000	bal.item*	x163	stort vast afval uit P ertsverwerking						
==== Total =====	39.0000									
INPUTS OF afval verbranding (AVI) FROM:										
huishoudens	1308.6074	formula	x22	te verbranden afval						
afvalwater zuivering RWZI	5.5512	formula	x41	slib (CBS 1992)						
verkeer	29.9726	formula	x63	afgewerkte motorolie						
==== Total =====	1344.1312									
OUTPUTS OF afval verbranding (AVI) TO:										
lucht	21.1835	formula	x42	lood emissies afvalverbr.						
afval stort	576.6861	bal.item*	x43	AVI afval						
wegenbouw	746.2617	formula	x44	slakken						
bouw	0.0000	formula	x45	cement						
==== Total =====	1344.1312									
INPUTS OF afvalwater zuivering RWZI FROM:										
huishoudens	8.0011	formula	x21	afvalwater						
bouw	68.0027	formula	x35	corrosie Pb, via riool afgevoerd (Annema J.A., 1993)						
onbekend	30.0000	formula	x146	restpost						
basis metaal industrie	6.9999	formula	x158	afvalwater industrie naar RWZI						
verkeer	2.0492	formula	x160	emissie verkeer naar RWZI						
lucht	5.9453	formula	x168	depositie naar RWZI						
==== Total =====	120.9982	(Coppoolse, 1993)								
OUTPUTS OF afvalwater zuivering RWZI TO:										
plantaardige produktie	25.9056	formula	x36	slib (CBS, 1993b; Geudens, 1993)						
afval stort	67.4987	bal.item*	x40	slib						
afval verbranding (AVI)	5.5512	formula	x41	slib						
oppervlakte water	22.0428	formula	x53	(CBS, 1993b)						
==== Total =====	120.9982									

INPUTS OF oppervlakte water FROM:									
sec.lood verwerkende industrie	1.7116	formula	x50	loodmissie opp.water (Janus et al., 1991)					
afvalwater zuivering RWZI	47.0000	formula	x53	(Coppoolse, 1993)					
overstort	13.0000	formula							
visserij	75.0031	formula	x67	vislood naar opp.water (Janus et al., 1991)					
lucht	23.0000	formula	x70	depositie naar water (Coppoolse, 1993)					
verkeer	14.0612	formula	x73	watermissie verkeer (Coppoolse, 1993)					
huishoudens	1.9738	formula	x75	huishouding naar water					
basismetaal industrie	3.0004	formula	x78	watermissie basismetaal (hoofdinspectie van de milieuhygiene, 1993)					
p-erts verwerking	12.4995	formula	x80	watermissie kunstm.ind. (Hoogenkamp et al, 1993)					
instroom Rijn en Maas	318.0000	tab/form	x90	instroom rivieren (Janus et al., 1991)					
agrarische bodem	20.8759	formula	x92	afspoeling (RIVM 1991a; Coppoolse, 1993)					
niet agrarische bodem	22.2704	formula	x94	corrosie van bouwmaterialen (RIVM 1991a; Coppoolse, 1993)					
verfindustrie	0.8500	formula	x111	wateremis.verfindustrie (hoofdinspectie van de milieuhygiene, 1993)					
keramische industrie	0.0000	formula	x132	watermissie keramische ind.					
jacht	35.0014	bal.item	x154	schietlood naar oppervlakte water					
==== Total =====	585.7000								
OUTPUTS OF oppervlakte water TO:									
sediment	414.9759	bal.item*	x97	sedimentatie					
zee	178.8116	formula	x99	uitstroom naar zee					
==== Total =====	585.7000								
INPUTS OF grondwater FROM:									
agrarische bodem	58.0562	formula	x93	doorspoeling					
niet agrarische bodem	38.1669	formula	x95	doorspoeling					
==== Total =====	96.2230								
OUTPUTS OF grondwater TO:									
accumulation (environment)	96.2230	bal.item*	x104	accum.grondwater					
==== Total =====	96.2230								
INPUTS OF lucht FROM:									
afval verbranding (AVI)	21.1835	formula	x42	lood emissies afvalverbr.					
sec.lood verwerkende industrie	0.3011	formula	x48	Pb emissie					
verkeer	277.5242	formula	x72	luchtemissie verkeer					
kolencentrale	0.9994	formula	x76	kolenstook emissie					
basis metaal industrie	48.0188	formula	x77	luchtemissie basismetaal					
lucht buitenland	2900.0000	formula	x89	instroom lucht					
verfindustrie	2.5910	formula	x110	luchtemis.verfindustrie					
keramische industrie	7.7013	formula	x131	luchtemissie keramische ind.					
sec.lood verwerkende industrie	6.0349	formula	x143	luchtemis.kabelbranden (???)					

OUTPUTS OF lucht TO:
 bouw
 =====
 Total 29.9999
 3294.3543
 oppervlakte water
 compost verwerking
 x159 emissie naar lucht bij onderhoud gebouwen
 x70 depositie naar water (Coppoolse, 1993)
 x83 depositie naar compostverwerking (verouderde onjuiste getallen)
 x96 depositie (Coppoolse, 1993)
 x98 uitstroom lucht
 x136 depositie op niet-landbouwgrond
 x168 depositie naar RWZI
 =====
 Total 173.3721
 2970.3353
 61.4231
 5.9453
 3294.3543

INPUTS OF agrarische bodem FROM:
 plantaardige produktie
 jacht
 kleiduivenschieten
 =====
 Total 195.4754
 120.0046
 40.0156
 355.4956

OUTPUTS OF agrarische bodem TO:
 oppervlakte water
 grondwater
 accumulation (environment)
 compost verwerking
 =====
 Total 33.8759
 58.0562
 233.7957
 29.7678
 355.4956

INPUTS OF niet agrarische bodem FROM:
 compost verwerking
 verkeer
 lucht
 jacht
 kleiduivenschieten
 overige schietsport
 =====
 Total 65.6210
 1.4638
 61.4231
 80.0031
 139.9916
 220.0090
 568.5116

OUTPUTS OF niet agrarische bodem TO:
 oppervlakte water
 grondwater
 accumulation (environment)
 compost verwerking
 =====
 Total 22.2704
 38.1669
 505.0024
 3.0719
 568.5116

INPUTS OF sediment FROM:
 oppervlakte water
 =====
 Total 414.9759
 414.9759

OUTPUTS OF sediment TO:

afval stort	106.2338	formula	x121	bagger
accumulation (environment)	308.7421	bal.item*	x122	accumul.milieu
==== Total =====	414.9759			
INPUTS OF jacht FROM:				
sec.lood verwerkende industrie	235.0091	formula	x149	jachtmunitie
==== Total =====	235.0091			
OUTPUTS OF jacht TO:				
agrарische bodem	120.0046	formula	x152	emissie jacht naar agrарische bodem
niet agrарische bodem	80.0031	formula	x153	emissie jacht naar niet agrарische bodem
oppervlakte water	35.0014	bal.item*	x154	emissie jacht naar oppervlakte water
==== Total =====	235.0091			
INPUTS OF kleiduivenschieten FROM:				
sec.lood verwerkende industrie	180.0072	formula	x150	munitie kleiduivensport
==== Total =====	180.0072			
OUTPUTS OF kleiduivenschieten TO:				
agrарische bodem	40.0156	bal.item*	x155	emissie kleiduivensport naar agrарische bodem
niet agrарische bodem	139.9916	formula	x156	emissie kleiduiven sport naar niet-agrарische bodem
==== Total =====	180.0072			
INPUTS OF overige.schietsport FROM:				
sec.lood verwerkende industrie	220.0090	formula	x151	munitie overige schietsport
==== Total =====	220.0090			
OUTPUTS OF overige schietsport TO:				
niet agrарische bodem	220.0090	bal.item*	x157	emissie overige schietsport naar niet-agrарische bodem
==== Total =====	220.0090			
SOURCES OF SYSTEM				
INPUTS FROM import secundair lood TO:				
sec.lood verwerkende industrie	20180.0000	tab/form	x0	import sec.lood
huishoudens	150.0000	tab/form	x47	wijncapsules
==== Total =====	20330.0000			
INPUTS FROM import geraff.lood TO:				
==== Total =====	0.0000			
INPUTS FROM import P-erts TO:				
P-erts verwerking	39.0000	tab/form	x2	import P-erts
==== Total =====	39.0000			
INPUTS FROM import kolen TO:				
basis metaal industrie	45.0012	tab/form	x56	import kolen voor staalprod.
kolencentrale	213.9987	tab/form	x57	import kolen
==== Total =====	259.0000			

INPUTS FROM import olie TO:									
petrochemische industrie	25.0000	olie	x7	tab/form					
=== Total =====	25.0000								
INPUTS FROM import ertsen TO:									
basis metaal industrie	6506.0000	ijzer/zinkerts	x31	tab/form					
=== Total =====	6506.0000								
INPUTS FROM import Pb buitenland TO:									
loodhoudende producten industrie	25682.8264	import lood	x139	formula					
=== Total =====	25682.8264								
INPUTS FROM import lood/tin soldeer TO:									
=== Total =====	0.0000								
INPUTS FROM lucht buitenland TO:									
lucht	2900.0000	instroom lucht	x89	formula					
=== Total =====	2900.0000								
INPUTS FROM onbekend TO:									
dierlijke produktie	2.0000	waar komt het allemaal vandaan?	x137	formula					
afvalwater zuivering RWZI	30.0000	restpost	x146	formula					
=== Total =====	32.0000								
INPUTS FROM import loodpigment/stabilisatoren TO:									
kunststof industrie	0.0000	import loodpigment./stab.	x113	formula					
=== Total =====	0.0000								
INPUTS FROM import agrarische producten TO:									
voedingsmiddelen industrie	1.0000	import agr.prod.	x118	tab/form					
veevoer industrie	2.0000	agr.prod.veevoer	x120	tab/form					
=== Total =====	3.0000								
INPUTS FROM instroom Rijn en Maas TO:									
oppervlakte water	318.0000	instroom rivieren	x90	tab/form					
=== Total =====	318.0000								
INPUTS FROM import loodverbindingen TO:									
loodverbindingen industrie	12459.0000	import loodverbindingen	x127	tab/form					
=== Total =====	12459.0000								
INPUTS FROM import krachtvoer TO:									
=== Total =====	0.0000								
INPUTS FROM import loodhoudende producten TO:									
huishoudens	575.0000	loodhoudende producten; geschat t.b.v. balans	x138	formula					
bouw	12600.1736	import Pb naar bouw	x147	tab/form					
verkeer	797.0000	import lood in auto's	x148	formula					
=== Total =====	13972.1736								

SINKS OF SYSTEM:

OUTPUTS TO export accu's FROM:

==== Total =====	0.0000			
OUTPUTS TO export afval/restprodukten FROM:				
sec.lood verwerkende industrie	26672.0788	formula	x51	export afval/restprodukten
==== Total =====	26672.0788			
OUTPUTS TO export stabilisatoren FROM:				
loodverbindingen industrie	6499.8603	formula	x55	export stabilisatoren
==== Total =====	6499.8603			
OUTPUTS TO zee FROM:				
visserij	300.0122	bal.item	x68	vislood naar zee
oppervlakte water	178.8116	formula	x99	uitstroom naar zee
==== Total =====	478.8238			
OUTPUTS TO lucht buitenland FROM:				
lucht	2970.3353	bal.item	x98	uitstroom lucht
==== Total =====	2970.3353			
OUTPUTS TO export overig FROM:				
sec.lood verwerkende industrie	0.0000	formula	x108	export sec.lood
==== Total =====	0.0000			
OUTPUTS TO export kunststof FROM:				
kunststof industrie	0.0000	formula	x114	export kunststof
==== Total =====	0.0000			
OUTPUTS TO export kunstmest FROM:				
P-erts verwerking	16.5009	formula	x116	export kunstmest
==== Total =====	16.5009			
OUTPUTS TO export aardolieprodukten FROM:				
petrochemische industrie	25.0000	bal.item	x117	export aardolieprodukten
==== Total =====	25.0000			
OUTPUTS TO export voedings produkten FROM:				
voedingsmiddelen industrie	0.5513	formula	x119	export voedingsmiddelen
==== Total =====	0.5513			
OUTPUTS TO primair lood export FROM:				
==== Total =====	0.0000			
OUTPUTS TO export loodhoudende produkten FROM:				
loodhoudende produkten industrie	24086.4470	formula	x140	export loodhoudende produkten
==== Total =====	24086.4470			
ACCUMULATION IN SYSTEM:				
OUTPUTS TO accumulation (economy) FROM:				
bouw	8816.7286	formula	x37	loodaccumul.bouwwerken
wegenbouw	957.2544	bal.item	x102	accum.Pb in wegophogingen etc.
verkeer	690.7651	formula	x145	accumulatie in verkeer
==== Total =====	10464.7482			

OUTPUTS TO accumulation (environment) FROM:

afval stort	10167.8912	bal.item	x103	accum.in stortafval
grondwater	96.2230	bal.item	x104	accum.grondwater
sediment	308.7421	bal.item	x122	accumul.milieu
agrarische bodem	233.7957	bal.item	x134	accumulatie in landbouwgrond
niet agrarische bodem	505.0024	bal.item	x135	accumulatie in niet-landbouwgrond
==== Total =====	11311.6545			

OUTPUTS TO restpost FROM:

==== Total =====	0.0000
------------------	--------

LINKS TO OTHER SYSTEMS:

BIJLAGE 3.4 Chroom

De chroomstroom door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu in 1990. Indien geen literatuurverwijzing vermeld staat, zijn de gegevens afkomstig uit berekeningen van het RIVM.

NODES (processes) OF SYSTEM

INPUT Cr VI produktie FROM:									
import chroomverbindingen		formula	x0	import ruw materiaal (m.n. natrium dichromaat) (CBS, 1993)					
==== Total =====	459.0000								
	459.0000								
OUTPUT Cr VI produktie TO:									
verfindustrie	229.0000	formula	x1	levering pigment aan verfindustrie (CBS, 1993)					
export chroomhoudende produkten	211.0000	formula	x2	export van pigment (CBS, 1993)					
lucht	0.3000	formula	x3	lucht emissie Cr VI produktie (HIMH, 1993)					
oppervlakte water	0.6000	formula	x4	emissie oppervlakte water CrVI produktie(HIMH, 1993)					
stort	12.1001	bal.item*	x5	afval stort Cr VI produktie					
onbekende bron voor RWZI	6.0000	formula	x145	chroom voor onbekende aanvoer aan RWZI (SPEED, 1993)					
==== Total =====	459.0000								
INPUT verfindustrie FROM:									
Cr VI produktie	229.0000	formula	x1	levering pigment aan verfindustrie (CBS, 1993)					
import chroomhoudende produkten	96.0000	formula	x6	import van pigmenten (CBS, 1993)					
==== Total =====	325.0000								
OUTPUT verfindustrie TO:									
verftoeassing	186.0000	formula	x7	levering verf voor toepassing (CBS,1993)					
export chroomhoudende produkten	135.8500	formula	x8	export van verf (CBS,1993)					
stort	3.1500	bal.item*	x9	afval stort verfindustrie					
==== Total =====	325.0000								
INPUT verftoeassing FROM:									
verfindustrie	186.0000	formula	x7	levering verf voor toepassing(CBS,1993)					
import chroomhoudende produkten	52.0000	formula	x10	import van verf(CBS,1993)					
==== Total =====	238.0000								
OUTPUT verftoeassing TO:									
bouw	132.4000	formula	x11	toepassing verf in bouw					
huishoudens	88.2000	formula	x12	toepassing verf in huishoudens					
lucht	0.4000	formula	x13	lucht emissie bij verftoeassing (Slooff et al, 1989)					
oppervlakte water	0.2000	formula	x14	oppervlakte water emissie bij verftoeassing (Slooff et al, 1989)					
niet-agrarische bodem	8.9000	formula	x15	emissie naar bodem bij verftoeassing (Slooff et al, 1989)					
stort	7.9000	bal.item*	x16	afval stort bij verftoeassing					
==== Total =====	238.0000								

INPUT houtindustrie FROM:									
import chroomverbindingen									import chroomzouten voor houtverduurzaming (Slooff et al, 1989)
==== Total =====						120.0000	formula	x17	
OUTPUT houtindustrie TO:						120.0000			
bouw						12.0000	formula	x18	toepassing verduurzaamd hout in bouw (Slooff et al, 1989)
huishoudens						106.0000	formula	x19	toepassing verduurzaamd hout in huishoudens (Slooff et al, 1989)
niet-agrarische bodem						0.2000	formula	x20	emissie naar bodem bij houtverduurzaming (Slooff et al, 1989)
stort						1.8000	bal.item*	x21	afval stort bij houtverduurzaming
==== Total =====						120.0000			
INPUT leerindustrie FROM:									
import chroomverbindingen						650.0000	formula	x22	import van chroom III voor leerindustrie (RIVM et al, 1992)
==== Total =====						650.0000			
OUTPUT leerindustrie TO:									
huishoudens						249.9999	formula	x23	consumptie van leerprodukten (RIVM et al, 1992)
export chroomhoudende produkten						301.5000	formula	x24	export van leerprodukten(RIVM et al, 1992)
oppervlakte water						0.0600	formula	x25	emissie oppervlakte water leerindustrie(RIVM et al, 1992)
stort						98.4401	bal.item*	x26	stort vast afval en bagger uit leerindustrie(RIVM et al, 1992)
==== Total =====						650.0000			
INPUT grafische industrie FROM:									
import chroomverbindingen						2.1000	formula	x27	import chroomverbindingen grafische industrie
==== Total =====						2.1000			
OUTPUT grafische industrie TO:									
huishoudens						0.0000	formula	x28	consumptie van grafische produkten
export chroomhoudende produkten						0.0000	formula	x29	export van grafische produkten
oppervlakte water						1.1000	formula	x30	emissie oppervlakte water grafische industrie (Slooff et al, 1989)
stort						1.0000	bal.item*	x31	afval stort uit grafische industrie
==== Total =====						2.1000			
INPUT textielindustrie FROM:									
import chroomverbindingen						0.6000	formula	x32	import Cr III voor textielindustrie (Slooff et al, 1989)
==== Total =====						0.6000			
OUTPUT textielindustrie TO:									
huishoudens						0.0000	formula	x33	consumptie van textiel
export chroomhoudende produkten						0.0000	formula	x34	export van textiel
oppervlakte water						0.6000	bal.item*	x35	emissie oppervlakte water textielindustrie
==== Total =====						0.6000			
INPUT magneetband produktie FROM:									
import chroomverbindingen						325.0000	formula	x36	import Cr VI voor magneetbandproduktie (Slooff et al , 1989)
==== Total =====						325.0000			
OUTPUT magneetband produktie TO:									

huishoudens									
export chroomhoudende produkten	295.0000	formula	x37	consumptie van magneetbanden (Slooff et al, 1989)					
export afvalstoffen	0.0000	formula	x38	export van magneetbanden					
==== Total =====	30.0000	bal.item*	x39	export van vast afval uit magneetbandproductie					
==== Total =====	325.0000								
INPUT rubber industrie FROM:									
import chroomverbindingen	13.0000	formula	x108	import chroomverbindingen voor rubberproductie (Slooff et al, 1989)					
==== Total =====	13.0000								
OUTPUT rubber industrie TO:									
verkeer	13.0000	bal.item*	x109	levering van banden aan verkeer					
==== Total =====	13.0000								
INPUT basismetalaalindustrie FROM:									
import chroomverbindingen	58.0000	formula	x40	import van ferrochroom voor staallegeringen (CBS, 1993)					
import ijzer en zink erts	56.0000	formula	x41	import ijzer en zink erts (CBS, 1993)					
import kolen	60.0000	formula	x133	import kolen voor basismetalaalindustrie (RIVM et al, 1992)					
fosfaat-ertsverwerking	80.0000	formula	x61	levering ferrofosfaat aan basismetalaalindustrie (CBS, 1993)					
import chroom	148.0000	formula	x147	import chroom voor productie van roestvrijstaal (CBS, 1993)					
==== Total =====	402.0000								
OUTPUT basismetalaalindustrie TO:									
metaalprodukten industrie	288.4000	formula	x42	levering basismetaal aan metaalprodukten industrie (CBS, 1993)					
export chroomhoudende produkten	74.0000	formula	x43	export basismetaal produkten (CBS, 1993)					
lucht	1.6000	formula	x44	lucht emissie basismetalaalindustrie (RIVM et al, 1992)					
oppervlakte water	2.0000	formula	x45	emissie oppervlakte water basismetalaalindustrie (RIVM et al, 1992)					
stort	36.0000	bal.item*	x46	jarosiet stort uit basismetalaalindustrie					
wegenbouw	0.0000	formula	x47	toepassing van hoogovenslakken in wegenbouw					
==== Total =====	402.0000								
INPUT metaalprodukten industrie FROM:									
basismetalaalindustrie	288.4000	formula	x42	levering basismetaal aan metaalprodukten industrie (CBS, 1993)					
import chroomverbindingen	162.0000	formula	x48	import van Cr VI voor metaaloppervlakte behandeling (CBS, 1993)					
import chroomhoudende metalen	8280.0000	formula	x134	import van ijzer e.d. en chroomlegeringen (CBS, 1993)					
schroefverwerking	0.0000	formula	x142	hergebruik van schroot					
==== Total =====	8730.4000								
OUTPUT metaalprodukten industrie TO:									
huishoudens	3041.3998	formula	x49	consumptie van metaalprodukten					
bouw	1498.4998	formula	x135	levering van metaalconstructies en verchroomde materialen in bouw					
export chroomhoudende produkten	4139.9993	formula	x50	export van metaalprodukten (CBS, 1993)					
export afvalstoffen	30.0010	bal.item*	x51	export van bagger uit metaalprodukten industrie					
lucht	0.5000	formula	x52	emissie lucht uit metaalprodukten industrie (HIMH, 1993)					
oppervlakte water	1.0000	formula	x53	emissie oppervlakte water metaalprodukten industrie (HIMH, 1993)					
rioolwaterzuivering	19.0000	formula	x148	afvalwater metaalprod.ind naar RWZI (SPEED, 1993)					
==== Total =====	8730.4000								

INPUT steenproductie FROM:									
import chroomverbindingen									import Cr III voor verharding stenen
==== Total =====						7.0000	formula	x54	
OUTPUT steenproductie TO:						7.0000			
export chroomhoudende produkten	bouw					5.6000	formula	x55	gebruik van verharde stenen in AVI en Aluminiumindustrie
==== Total =====						1.4000	bal.item*	x56	export van verharde stenen
						7.0000			
INPUT electriciteitscentrales FROM:									
import kolen						191.4000	formula	x80	import van kolen voor electriciteitscentrale (Anthonissen et al, 1993)
==== Total =====						191.4000			
OUTPUT electriciteitscentrales TO:									
lucht						0.4000	formula	x81	lucht emissie E-centrale (HIMH, 1993)
stort						0.0000	bal.item*	x82	stort van bodemas uit E-centrale
bouw						170.0000	formula	x83	toepassing afvalstoffen E-centrale in bouw (Anthonissen et al, 1993)
wegenbouw						21.0000	formula	x84	toepassing afvalstoffen E-centrale in wegenbouw (Anthonissen et al, 1993)
==== Total =====						191.4000			
INPUT petrochemische industrie FROM:									
import olie						3.6000	formula	x85	import van olie (HIMH, 1993)
==== Total =====						3.6000			
OUTPUT petrochemische industrie TO:									
verkeer						0.0000	bal.item*	x86	consumptie van olie door verkeer
lucht						3.2000	formula	x87	lucht emissie petrochemische industrie (HIMH, 1993)
oppervlakte water						0.4000	formula	x88	oppervlakte water emissie petrochemische industrie (HIMH, 1993)
==== Total =====						3.6000			
INPUT titaandioxide-ertsverwerking FROM:									
import van titaanerts						50.0000	formula	x77	import van titaanerts (Slooff et al, 1993)
==== Total =====						50.0000			
OUTPUT titaandioxide-ertsverwerking TO:									
oppervlakte water						6.0000	formula	x78	oppervlakte water emissie titaanertsverwerking
economie						44.0000	bal.item*	x79	accumulatie in met titaanpigment bewerkte produkten
==== Total =====						50.0000			
INPUT fosfaat-ertsverwerking FROM:									
import P-erts						296.4000	formula	x57	import van fosfaaterts (RIVM et al, 1993)
==== Total =====						296.4000			
OUTPUT fosfaat-ertsverwerking TO:									
plantaardige produktie						39.0000	formula	x58	toepassing van fosfaatmest (RIVM et al, 1993)
veevoer industrie						0.0001	bal.item*	x59	toelevering P zuur aan veevoerindustrie

export chroomhoudende produkten	166.5000	formula	x60	export kunstmest en P zuur
basismetalaalindustrie	80.0000	formula	x61	levering ferrofosfaat aan basismetalaalindustrie (Slooff et al, 1989)
oppervlakte water	10.9000	formula	x62	emissie oppervlakte water P ertsverwerking (RIVM et al, 1993)
==== Total =====	296.4000			

INPUT veevoer industrie FROM:

fosfaat-ertsverwerking	0.0001	bal.item	x59	toelevering P zuur aan veevoerindustrie
import agrarische produkten	6.4000	formula	x63	import van kracht- en ruwvoergrondstoffen CML?
dierlijke produktie	0.7933	formula	x66	levering van dierlijke ruw- en krachtvoergrondstoffen CML?
plantaardige produktie	3.3490	formula	x69	levering van plantaardige kracht- en ruwvoergrondstoffen CML?
==== Total =====	10.5424			

OUTPUT veevoer industrie TO:

dierlijke produktie	10.5424	bal.item*	x64	consumptie van veevoer
==== Total =====	10.5424			

INPUT plantaardige produktie FROM:

fosfaat-ertsverwerking	39.0000	formula	x58	toepassing van fosfaatmest(RIVM et al, 1993)
dierlijke produktie	13.0898	bal.item	x67	mest aanwending
rioolwaterzuivering	9.4500	formula	x106	gebruik van RWZI slib in bij plantaardige produktie (Geudens, 1993)

lucht

==== Total =====

OUTPUT plantaardige produktie TO:

voedingsmiddelen industrie	6.9664	formula	x68	levering van plantaardige voedingsmiddelen CML?
veevoer industrie	3.3490	formula	x69	levering van plantaardige kracht- en ruwvoergrondstoffen CML?
dierlijke produktie	4.4355	formula	x70	consumptie van gras door veestapel CML?
agrarische bodem	49.1611	bal.item*	x71	niet opgenomen chroom uit plantaardige produktie naar bodem
==== Total =====	63.9120			

INPUT dierlijke produktie FROM:

veevoer industrie	10.5424	bal.item	x64	consumptie van veevoer
plantaardige produktie	4.4355	formula	x70	consumptie van gras door veestapel CML?
voedingsmiddelen industrie	4.9543	formula	x151	afval voedingsmiddelenind naar dierlijke produktie CML?
==== Total =====	19.9322			

OUTPUT dierlijke produktie TO:

voedingsmiddelen industrie	6.0491	formula	x65	levering van dierlijke produkten CML?
veevoer industrie	0.7933	formula	x66	levering van dierlijke ruw- en krachtvoergrondstoffen CML?
plantaardige produktie	13.0898	bal.item*	x67	mest aanwending
==== Total =====	19.9322			

INPUT voedingsmiddelen industrie FROM:

dierlijke produktie	6.0491	formula	x65	levering van dierlijke produkten CML?
---------------------	--------	---------	-----	---------------------------------------

plantaardige produktie	6.9664	formula	x68	levering van plantaardige voedingsmiddelen CML?
import agrarische produkten	7.0000	formula	x72	import van voedingsmiddelen CML?
==== Total =====	20.0155			
OUTPUT voedingsmiddelen industrie TO:				
huishoudens	0.9909	formula	x73	consumptie van voedingsmiddelen CML?
export voedingsmiddelen	8.9178	formula	x74	export van voedingsmiddelen CML?
stort	5.1030	bal.item*	x75	stort uit voedingsmiddelen industrie
oppervlakte water	0.0495	formula	x76	oppervlakte water emissie uit voedingsmiddelenindustrie
dierlijke produktie	4.9543	formula	x151	afval voedingsmiddelenind naar dierlijke produktie
==== Total =====	20.0155			

INPUT verkeer FROM:				
petrochemische industrie	0.0000	bal.item	x86	consumptie van olie door verkeer
rubber industrie	13.0000	bal.item	x109	levering van banden aan verkeer
==== Total =====	13.0000			

OUTPUT verkeer TO:				
oppervlakte water	0.4000	formula	x110	oppervlakte water emissie door verkeer (SPEED, 1993)
niet-agrarische bodem	0.0000	formula	x111	emissie naar bodem door verkeer
rioolwaterzuivering	0.3500	formula	x137	afspoeling slijtage banden naar RWZI (SPEED, 1993)
stort	3.2500	formula	x138	stort van autobanden (Weerd, 1990)
export chroomhoudende produkten	6.5000	formula	x139	export van afgedankte autobanden (Weerd, 1990)
economie	2.5000	bal.item*	x112	accumulatie in verkeer
==== Total =====	13.0000			

INPUT bouw FROM:				
verftoeassing	132.4000	formula	x11	toepassing verf in bouw (Slooff et al, 1989)
houtindustrie	12.0000	formula	x18	toepassing verduurzaamd hout in bouw (Slooff et al, 1993)
metaalprodukten industrie	1498.4998	formula	x135	levering van metaalconstructies en verchroomde materialen in bouw
(CBS, 1993)				
steenproduktie	5.6000	formula	x55	gebruik van verharde stenen in AVI en Aluminiumindustrie CML?
electriciteitscentrales	170.0000	formula	x83	toepassing afvalstoffen E-centrale in bouw (Anthonissen et al, 1993)
afvalverbranding	49.9999	formula	x144	slakken en assen AVI naar bouw
import chroomhoudende metalen	1840.0000	formula	x149	import roestvrijstalen bouwmaterialen (CBS, 1993)
==== Total =====	3708.4996			

OUTPUT bouw TO:				
schrootverwerking	1499.9997	formula	x136	schroot uit bouw naar schrootverwerking (CBS, 1993)
stort	0.0000	formula	x113	stort van bouw en sloopafval
economie	2193.5000	bal.item*	x89	accumulatie van chroom in bouw (mn verf, verduurzamingsmiddelen en slakken)
rioolwaterzuivering	15.0000	formula	x150	corrosie bouw naar RWZI (SPEED, 1993)
==== Total =====	3708.4996			

INPUT huishoudens FROM:

verftoeppassing	88.2000	formula	x12	toepassing verf in huishoudens (Slooff et al, 1989)
houtindustrie	106.0000	formula	x19	toepassing verduurzaamd hout in huishoudens(Slooff et al, 1989)
leerindustrie	249.9999	formula	x23	consumptie van leerprodukten (RIVM et al, 1992)
grafische industrie	0.0000	formula	x28	consumptie van grafische produkten
textielindustrie	0.0000	formula	x33	consumptie van textiel
magneetband produktie	295.0000	formula	x37	consumptie van magneetbanden (RIVM et al, 1993)
metaalprodukten industrie	3041.3998	formula	x49	consumptie van metaalprodukten (CBS, 1993)
voedingsmiddelen industrie	0.9909	formula	x73	consumptie van voedingsmiddelen CML?
import chroomhoudende produkten	3680.0000	formula	x90	import van chroomhoudende produkten naar huishoudens (CBS, 1993)
==== Total =====	7461.5906			
OUTPUT huishoudens TO:				
huishoudelijkafvalverwerking	1027.9974	formula	x91	huishoudelijk afval naar afvalverwerking
schrootverwerking	3091.9999	formula	x92	schroot uit huishoudens naar schrootverwerking
rioolwaterzuivering	4.0000	formula	x93	afvalwater huishoudens naar RWZI (SPEED, 1993)
economie	3337.5934	bal.item*	x94	accumulatie in huishoudens
==== Total =====	7461.5906			
INPUT huishoudelijkafvalverwerking FROM:				
huishoudens	1027.9974	formula	x91	huishoudelijk afval naar afvalverwerking
==== Total =====	1027.9974			
OUTPUT huishoudelijkafvalverwerking TO:				
afvalverbranding	194.9995	formula	x95	huisvuil voor afvalverbranding
compostverwerking	5.0000	formula	x96	huisvuil ter compostering
stort	827.9979	bal.item*	x97	stort van huisvuil
==== Total =====	1027.9974			
INPUT afvalverbranding FROM:				
huishoudelijkafvalverwerking	194.9995	formula	x95	huisvuil voor afvalverbranding
rioolwaterzuivering	0.7000	formula	x105	RWZI slib naar afvalverbranding (Geudens, 1993)
==== Total =====	195.6995			
OUTPUT afvalverbranding TO:				
schrootverwerking	59.9998	formula	x98	schroot uit AVI naar schrootverwerking
lucht	0.0000	formula	x99	lucht emissie AVI
stort	0.7000	bal.item*	x100	stort van AVI slakken
wegenbouw	84.9998	formula	x101	gebruik van AVI slakken en assen in wegenbouw (Anthonissen et al, 1993)
bouw	49.9999	formula	x144	slakken en assen AVI naar bouw (Anthonissen et al, 1993)
==== Total =====	195.6995			
INPUT stort FROM:				
Cr VI produktie	12.1001	bal.item	x5	afval stort Cr VI produktie
verfindustrie	3.1500	bal.item	x9	afval stort verfindustrie
verftoeppassing	7.9000	bal.item	x16	afval stort bij verftoeppassing

houtindustrie	1.8000	bal.item	x21	afval stort bij houtverduurzaming
leerindustrie	98.4401	bal.item	x26	stort vast afval en bagger uit leerindustrie
grafische industrie	1.0000	bal.item	x31	afval stort uit grafische industrie
basismetalaalindustrie	36.0000	bal.item	x46	jarosiet stort uit basismetalaalindustrie
voedingsmiddelen industrie	5.1030	bal.item	x75	stort uit voedingsmiddelen industrie
electriciteitscentrales	0.0000	bal.item	x82	stort van bodemas uit E-centrale
bouw	0.0000	formula	x113	stort van bouw en sloopaafval
huishoudelijkafvalverwerking	827.9979	bal.item	x97	stort van huisvuil
afvalverbranding	0.7000	bal.item	x100	stort van AVI slakken
rioolwaterzuivering	17.2000	bal.item	x104	stort van RWZI slib
verkeer	3.2500	formula	x138	stort van autobanden (Weerd, 1990)
sediment	154.0725	formula	x129	stort van sediment (Hoek, 1990)
==== Total =====	1168.7137			
OUTPUT stort TO:				
milieu	1168.7137	bal.item*	x140	accumulatie op stortplaats (milieu)
==== Total =====	1168.7137			
INPUT schrootverwerking FROM:				
bouw	1499.9997	formula	x136	schroot uit bouw naar schrootverwerking
huishoudens	3091.9999	formula	x92	schroot uit huishoudens naar schrootverwerking
import schroot	3500.0000	formula	x141	import van schroot (CBS, 1993)
afvalverbranding	59.9998	formula	x98	schroot uit AVI naar schrootverwerking (Anthonissen et al, 1993)
==== Total =====	8151.9994			
OUTPUT schrootverwerking TO:				
metaalproducten industrie	0.0000	formula	x142	hergebruik van schroot
export schroot	8151.9994	bal.item*	x143	export van schroot
==== Total =====	8151.9994			
INPUT compostverwerking FROM:				
huishoudelijkafvalverwerking	5.0000	formula	x96	huisvuil ter compostering
niet-agrarische bodem	2.9454	formula	x152	niet agrarische bodem naar compostverwerking
agrarische bodem	22.0005	formula	x153	agrarische bodem naar compostverwerking
==== Total =====	29.9459			
OUTPUT compostverwerking TO:				
niet-agrarische bodem	29.9459	bal.item*	x107	gebruik van compost in tuintjes e.d.
==== Total =====	29.9459			
INPUT rioolwaterzuivering FROM:				
huishoudens	4.0000	formula	x93	afvalwater huishoudens naar RWZI (SPEED, 1993)
verkeer	0.3500	formula	x137	afspoeling slijtage banden naar RWZI (SPEED, 1993)
onbekende bron voor RWZI	6.0000	bal.item	x146	onbekende aanvoer naar RWZI
metaalproducten industrie	19.0000	formula	x148	afvalwater metaalprod.ind naar RWZI (SPEED, 1993)
bouw	15.0000	formula	x150	corrosie bouw naar RWZI (SPEED, 1993)

==== Total =====	44.3499					
OUTPUT rioolwaterzuivering TO:						
oppervlakte water stort	17.0000	formula	x103	oppervlakte water emissie RWZI (SPEED, 1993)		
afvalverbranding	17.2000	bal.item*	x104	stort van RWZI slib (Geudens, 1993)		
plantaardige produktie	0.7000	formula	x105	RWZI slib naar afvalverbranding(Geudens, 1993)		
==== Total =====	44.3499	formula	x106	gebruik van RWZI slib in bij plantaardige produktie(Geudens, 1993)		
INPUT wegenbouw FROM:						
basismetalaalindustrie	0.0000	formula	x47	toepassing van hoogovenslakken in wegenbouw		
electriciteitscentrales	21.0000	formula	x84	toepassing afvalstoffen E-centrale in wegenbouw (Anthonissen et al, 1993)		
afvalverbranding	84.9998	formula	x101	gebruik van AVI slakken en assen in wegenbouw (Anthonissen et al, 1993)		
==== Total =====	105.9997					
economie	105.9997	bal.item*	x102	accumulatie in wegenbouw		
==== Total =====	105.9997					
OUTPUT wegenbouw TO:						
INPUT lucht FROM:						
Cr VI produktie	0.3000	formula	x3	lucht emissie Cr VI produktie		
verftoeassing	0.4000	formula	x13	lucht emissie bij verftoeassing (Slooff et al, 1989)		
basismetalaalindustrie	1.6000	formula	x44	lucht emissie basismetalaalindustrie (RIVM et al, 1992)		
metaalprodukten industrie	0.5000	formula	x52	emissie lucht uit metaalprodukten industrie (HIMH, 1993)		
electriciteitscentrales	0.4000	formula	x81	lucht emissie E-centrale (HIMH, 1993)		
petrochemische industrie	3.2000	formula	x87	lucht emissie petrochemische industrie (HIMH, 1993)		
afvalverbranding	0.0000	formula	x99	lucht emissie AVI		
instroom via lucht	7.0000	formula	x114	instroom via lucht (Slooff et al, 1989)		
==== Total =====	13.4000					
OUTPUT lucht TO:						
oppervlakte water	0.4000	formula	x115	depositie op oppervlakte water (SPEED, 1993)		
plantaardige produktie	2.3722	formula	x116	depositie op plantaardige produktie (agrarische bodem) (SPEED, 1993)		
niet-agrarische bodem	1.3063	formula	x117	depositie op niet agrarische bodem(SPEED, 1993)		
uitstroom via lucht	9.3214	bal.item*	x118	uitstroom via lucht (Slooff et al, 1989)		
==== Total =====	13.4000					
INPUT oppervlakte water FROM:						
Cr VI produktie	0.6000	formula	x4	emissie oppervlakte water Cr VI produktie (Slooff et al, 1989)		
verftoeassing	0.2000	formula	x14	oppervlakte water emissie bij verftoeassing(Slooff et al, 1989)		
leerindustrie	0.0600	formula	x25	emissie oppervlakte water leerindustrie (RIVM et al, 1992)		
grafische industrie	1.1000	formula	x30	emissie oppervlakte water grafische industrie (Slooff et al, 1989)		
textieleindustrie	0.6000	bal.item	x35	emissie oppervlakte water-textieleindustrie		
basismetalaalindustrie	2.0000	formula	x45	emissie oppervlakte water basismetalaalindustrie (RIVM et al, 1992)		

metaalproducten industrie	1.0000	formula	x53	emissie oppervlakte water metaalproducten industrie (HIMH, 1993)
fosfaat-ertsverwerking	10.9000	formula	x62	emissie oppervlakte water P ertsverwerking (RIVM et al, 1993)
voedingsmiddelen industrie	0.0495	formula	x76	oppervlakte water emissie uit voedingsmiddelenindustrie
titaandioxide-ertsverwerking	6.0000	formula	x78	oppervlakte water emissie titaanertsverwerking
petrochemische industrie	0.4000	formula	x88	oppervlakte water emissie petrochemische industrie (HIMH, 1993)
rioolwaterzuivering	17.0000	formula	x103	oppervlakte water emissie RWZI (SPEED, 1993)
verkeer	0.4000	formula	x110	oppervlakte water emissie door verkeer (SPEED, 1993)
lucht	0.4000	formula	x115	depositie op oppervlakte water (SPEED, 1993)
instroom via rivieren	655.0000	formula	x119	instroom via rivieren (SPEED, 1989)
grondwater	0.0000	formula	x120	doorspoeling grondwater naar oppervlakte water
agrarische bodem	3.5001	formula	x123	afspoeling van agrarische bodem (SPEED, 1993)
niet-agrarische bodem	1.6691	formula	x126	afspoeling van niet-agrarische bodem(SPEED, 1993)
overstort	5.0000			
==== Total =====	705.8786			
OUTPUT oppervlakte water TO:				
sediment	483.3648	bal.item*	x121	sedimentatie
uitstroom naar zee	217.5138	formula	x122	uitstroom naar zee (Hoek, 1990)
==== Total =====	705.8786			
INPUT grondwater FROM:				
agrarische bodem	18.0004	formula	x124	uitspoeling uit agrarische bodem (RIVM, 1991)
niet-agrarische bodem	4.9090	formula	x127	uitspoeling uit niet-agrarische bodem (RIVM, 1991)
==== Total =====	22.9094			
OUTPUT grondwater TO:				
oppervlakte water	0.0000	formula	x120	doorspoeling grondwater naar oppervlakte water
milieu	22.9094	bal.item*	x132	accumulatie in grondwater
==== Total =====	22.9094			
INPUT agrarische bodem FROM:				
plantaardige produktie	49.1611	bal.item	x71	niet opgenomen chroom uit plantaardige produktie naar bodem
==== Total =====	49.1611			
OUTPUT agrarische bodem TO:				
oppervlakte water	3.5001	formula	x123	afspoeling van agrarische bodem (SPEED, 1993)
grondwater	18.0004	formula	x124	uitspoeling uit agrarische bodem (RIVM, 1991)
milieu	5.6601	bal.item*	x125	accumulatie in agrarische bodem
compostverwerking	22.0005	formula	x153	agrarische bodem naar compostverwerking CML?
==== Total =====	49.1611			
INPUT niet-agrarische bodem FROM:				
verftoeppassing	8.9000	formula	x15	emissie naar bodem bij verftoeppassing (Slooff et al, 1989)
houtindustrie	0.2000	formula	x20	emissie naar bodem bij houtverduurzaming(Slooff et al, 1989)
compostverwerking	29.9459	bal.item	x107	gebruik van compost in tuintjes e.d.
verkeer	0.0000	formula	x111	emissie naar bodem door verkeer

lucht
 ==== Total =====
 1.3063
 40.3522

OUTPUT niet-agrarische bodem TO:
 oppervlakte water
 grondwater
 milieu
 compostverwerking
 =====
 1.6691
 4.9090
 30.8287
 2.9454
 40.3522

INPUT sediment FROM:
 oppervlakte water
 =====
 483.3648
 483.3648

OUTPUT sediment TO:
 stort
 stort op zee
 milieu
 =====
 154.0725
 0.0000
 329.2923
 483.3648

INPUT onbekende bron voor RWZI FROM:
 Cr VI produktie
 =====
 6.0000
 6.0000

OUTPUT onbekende bron voor RWZI TO:
 rioolwaterzuivering
 =====
 6.0000
 6.0000

SOURCES OF SYSTEM
 INPUTS FROM import chroomverbindingen TO:
 Cr VI produktie
 houtindustrie
 leerindustrie
 grafische industrie
 textielindustrie
 magneetband produktie
 basismetaalindustrie
 metaalprodukten industrie
 steenproduktie
 rubber industrie
 =====
 459.0000
 120.0000
 650.0000
 2.1000
 0.6000
 325.0000
 58.0000
 162.0000
 7.0000
 13.0000
 1796.7000

INPUTS FROM import schroot TO:
 schrootverwerking
 =====
 3500.0000
 3500.0000

INPUTS FROM import kolen TO:

depositie op niet agrarische bodem (SPEED, 1993)
 x117
 formula

afspoeling van niet-agrarische bodem (SPEED, 1993)
 uitspoeling uit niet-agrarische bodem (RIVM, 1991)
 accumulatie in niet-agrarische bodem
 niet agrarische bodem naar compostverwerking
 x126
 x127
 x128
 x152
 formula
 bal.item*
 formula
 bal.item

sedimentatie
 x121
 formula
 bal.item

stort van sediment (Hoek, 1990)
 stort van sediment op zee
 accumulatie in sediment
 x129
 x130
 x131
 formula
 bal.item*

chroom voor onbekende aanvoer aan RWZI (SPEED, 1993)
 x145
 formula

onbekende aanvoer naar RWZI
 x146
 bal.item*

import ruw materiaal (mn natrium dichromaat) (CBS, 1991)
 import chroomzouten voor houtverduurzaming (Slooff et al, 1989)
 import van chroom III voor leerindustrie (RIVM et al, 1992)
 import chroomverbindingen grafische industrie (Slooff et al, 1989)
 import Cr III voor textielindustrie
 import Cr VI voor magneetbandproduktie(Slooff et al, 1989)
 import van ferrochroom voor staallegeringen (CBS, 1993)
 import van Cr VI voor metaaloppervlakte behandeling(CBS, 1993)
 import Cr III voor verharding stenen
 import chroomverbindingen voor rubberproduktie
 x0
 x17
 x22
 x27
 x32
 x36
 x40
 x48
 x54
 x108
 formula
 formula
 formula
 formula
 formula
 formula
 formula
 formula
 formula
 formula

import van schroot (CBS, 1993)
 x141
 formula

1993)								
	basismetalaalindustrie	60.0000	formula	x133	import kolen voor basismetalaalindustrie (RIVM et al, 1992)			
	electriciteitscentrales	191.4000	formula	x80	import van kolen voor electriciteitscentrale (Anthonissen et al,			
	==== Total =====	251.4000						
INPUTS FROM import olie TO:								
	petrochemische industrie	3.6000	formula	x85	import van olie (HIMH, 1993)			
	==== Total =====	3.6000						
INPUTS FROM import P-erts TO:								
	fosfaat-ertsverwerking	296.4000	formula	x57	import van fosfaaterts (RIVM et al, 1993)			
	==== Total =====	296.4000						
INPUTS FROM import van titaanerts TO:								
	titaandioxide-ertsverwerking	50.0000	formula	x77	import van titaanerts (Slooff et al, 1989)			
	==== Total =====	50.0000						
INPUTS FROM import ijzer en zink erts TO:								
	basismetalaalindustrie	56.0000	formula	x41	import ijzer en zink erts (RIVM et al, 1992)			
	==== Total =====	56.0000						
INPUTS FROM import chroomhoudende metalen TO:								
	metaalproducten industrie	8280.0000	formula	x134	import van ijzer e.d. en chroomlegeringen (CBS, 1993)			
	bouw	1840.0000	formula	x149	import roestvrijstalen bouwmaterialen(CBS, 1993)			
	==== Total =====	10120.0000						
INPUTS FROM import agrarische producten TO:								
	veevoer industrie	6.4000	formula	x63	import van kracht- en ruwvoergrondstoffen CML?			
	voedingsmiddelen industrie	7.0000	formula	x72	import van voedingsmiddelen			
	==== Total =====	13.4000						
INPUTS FROM import chroomhoudende producten TO:								
	verfindustrie	96.0000	formula	x6	import van pigmenten (Slooff et al, 1989)			
	verftoeassing	52.0000	formula	x10	import van verf(Slooff et al, 1989)			
	huishoudens	3680.0000	formula	x90	import van chroomhoudende producten naar huishoudens (CBS, 1993)			
	==== Total =====	3828.0000						
INPUTS FROM instroom via lucht TO:								
	lucht	7.0000	formula	x114	instroom via lucht (Slooff et al, 1989)			
	==== Total =====	7.0000						
INPUTS FROM instroom via rivieren TO:								
	oppervlakte water	655.0000	formula	x119	instroom via rivieren(Slooff et al, 1989)			
	==== Total =====	655.0000						
INPUTS FROM import chroom TO:								
	basismetalaalindustrie	148.0000	formula	x147	import chroom voor produktie van roestvrijstaal (CBS, 1993)			
	==== Total =====	148.0000						

SINKS OF SYSTEM:

OUTPUT TO export afvalstoffen voor opwerking:

==== Total =====	0.0000				
OUTPUT TO export afvalstoffen:					
magneetband produktie	30.0000	bal.item	x39		export van vast afval uit magneetbandproduktie
metaalprodukten industrie	30.0010	bal.item	x51		export van bagger uit metaalprodukten industrie
==== Total =====	60.0010				
OUTPUT TO export chroomverbindingen:	0.0000				
==== Total =====	0.0000				
OUTPUT TO export chroomhoudende produkten:					
Cr VI produktie	211.0000	formula	x2		export van pigment (Slooff et al, 1993)
verfindustrie	135.8500	formula	x8		export van verf(Slooff et al, 1993)
leerindustrie	301.5000	formula	x24		export van leerprodukten (RIVM et al, 1992)
grafische industrie	0.0000	formula	x29		export van grafische produkten
textielindustrie	0.0000	formula	x34		export van textiel
magneetband produktie	0.0000	formula	x38		export van magneetbanden
basismetaalindustrie	74.0000	formula	x43		export basismetaal produkten (CBS, 1993)
metaalprodukten industrie	4139.9993	formula	x50		export van metaalprodukten (CBS, 1993)
steenproduktie	1.4000	bal.item	x56		export van verharde stenen
fosfaat-ertsverwerking	166.5000	formula	x60		export kunstmest en P zuur (CBS, 1993)
verkeer	6.5000	formula	x139		export van afgedankte autobanden (Weerd, 1990)
==== Total =====	5036.7492				
OUTPUT TO export agrarische produkten:	0.0000				
==== Total =====	0.0000				
OUTPUT TO export voedingsmiddelen:					
voedingsmiddelen industrie	8.9178	formula	x74		export van voedingsmiddelen CML?
==== Total =====	8.9178				
OUTPUT TO export schroot:					
schrootverwerking	8151.9994	bal.item	x143		export van schroot
==== Total =====	8151.9994				
OUTPUT TO uitstroom via lucht:					
lucht	9.3214	bal.item	x118		uitstroom via lucht
==== Total =====	9.3214				
OUTPUT TO uitstroom naar zee:					
oppervlakte water	217.5138	formula	x122		uitstroom naar zee (Hoek, 1990)
==== Total =====	217.5138				

OUTPUT TO stort op zee:

sediment	0.0000	formula	x130	stort van sediment op zee
==== Total =====	0.0000			

ACCUMULATION IN SYSTEM:

OUTPUT TO milieu:

agrarische bodem	5.6601	bal.item	x125	accumulatie in agrarische bodem
niet-agrarische bodem	30.8287	bal.item	x128	accumulatie in niet-agrarische bodem
sediment	329.2923	bal.item	x131	accumulatie in sediment
grondwater	22.9094	bal.item	x132	accumulatie in grondwater
stort	1168.7137	bal.item	x140	accumulatie op stortplaats (milieu)
==== Total =====	1557.4043			

OUTPUT TO economie:

titaandioxide-ertsverwerking	44.0000	bal.item	x79	accumulatie in met titaanpigment bewerkte produkten
bouw	2193.5000	bal.item	x89	accumulatie van chroom in bouw (mn verf, verduurzamingsmiddelen en slakken)
huishoudens	3337.5934	bal.item	x94	accumulatie in huishoudens
wegenbouw	105.9997	bal.item	x102	accumulatie in wegenbouw
verkeer	2.5000	bal.item	x112	accumulatie in verkeer
==== Total =====	5683.5931			

LINKS TO OTHER SYSTEMS:

BIJLAGE 3.5 Cadmium

De cadmiumstroom door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu in 1990. De gegevens zijn in grote lijnen gebaseerd op "Cadmium in Nederland", tenzij anders vermeld.

NODES (processes) OF SYSTEM

INPUTS OF zinkertsverwerkende industrie FROM:					
import zinkconcentraat		700.0000	formula	x0	import zinkconcentraat
import zinkslib		2.5000	formula	x1	import zinkslib
==== Total =====		702.5000			
OUTPUTS OF zinkertsverwerkende industrie TO:					
zinkverwerkende industrie		0.2000	formula	x2	levering zink aan zinkverwerkende industrie
export metallisch cadmium		590.0000	formula	x3	export metallisch cadmium
export afvalstoffen voor opwerking		30.0000	formula	x4	export Cu/Co koek
oppervlakte water		0.0100	formula	x5	oppervlakte water emissie zinkertsverwerking
stort		82.2901	bal.item*	x6	stort van jarosiet en gips uit zinkertsverwerking
==== Total =====		702.5000			
INPUTS OF zinkverwerkende industrie FROM:					
zinkertsverwerkende industrie		0.2000	formula	x2	levering zink aan zinkverwerkende industrie
import metallisch zink		1.0000	formula	x7	import metallisch zink
==== Total =====		1.2000			
OUTPUTS OF zinkverwerkende industrie TO:					
zinkketen		1.2000	bal.item*	x138	toepassingen van cadmium verontreinigd zink
==== Total =====		1.2000			
INPUTS OF zinkketen FROM:					
zinkverwerkende industrie		1.2000	bal.item	x138	toepassingen van cadmium verontreinigd zink
==== Total =====		1.2000			
OUTPUTS OF zinkketen TO:					
schrootverwerking		12.0000	formula	x8	zink uit zinkketen naar schrootverwerking
niet-agrarische bodem		0.4000	formula	x49	corrosie uit zinken bouwmaterialen naar bodem
economie		-11.2000	bal.item*	x113	accumulatie in zinkprodukten
==== Total =====		1.2000			
INPUTS OF ijzer- en staalindustrie FROM:					
import ijzererts		8.0000	formula	x9	import ijzer
schrootverwerking		1.5000	formula	x14	hergebruik staalschroot in basismetaalind.
import kolen		0.6000	formula	x120	import kolen voor ijzer- en staalindustrie

==== Total =====	10.1000			
OUTPUTS OF ijzer- en staalindustrie TO:				
lucht		x10	emissie lucht ijzer- en staal produktie	
oppervlakte water	1.8000	x11	emissie oppervlakte water ijzer- en staal produktie	
stort	0.0400	x12	stort uit ijzer- en staalproduktie	
wegenbouw	2.9000	x13	slakken en afval uit ijzer- en staal ind. naar wegenbouw	
export van cokes	0.3000	x121	export van cokes	
ijzer- en staalketen	0.2000	x139	toepassingen van cadmium verontreinigd ijzer- en staal	
==== Total =====	4.8600			
INPUTS OF ijzer- en staalketen FROM:	4.8600	x139	toepassingen van cadmium verontreinigd ijzer- en staal	
ijzer- en staalindustrie	4.8600	bal.item		
==== Total =====	4.8600			
OUTPUTS OF ijzer- en staalketen TO:				
economie	-0.6400	bal.item*	accumulatie in ijzer en staalprodukten	
schrootverwerking	5.5000	formula	schroot uit ijzer en staalketen	
==== Total =====	4.8600			
INPUTS OF accu handel FROM:				
import accu's	45.0000	formula	import van accu's	
==== Total =====	45.0000			
OUTPUTS OF accu handel TO:				
huishoudens, overige gebruikers	32.0000	formula	gebruik van accu's	
export accu's	13.0000	bal.item*	export van accu's	
==== Total =====	45.0000			
INPUTS OF batterijen handel FROM:				
import batterijen	130.0000	formula	import van batterijen	
==== Total =====	130.0000			
OUTPUTS OF batterijen handel TO:				
huishoudens, overige gebruikers	97.0000	formula	gebruik van batterijen	
export batterijen	33.0000	bal.item*	export van batterijen	
==== Total =====	130.0000			
INPUTS OF pigment produktie en verwerking FROM:				
import cadmium verbindingen	1.5000	formula	import Cd verbindingen voor pigmentproduktie	
import pigmenten	42.0000	formula	import pigmenten	
==== Total =====	43.5000			
OUTPUTS OF pigment produktie en verwerking TO:				
huishoudens, overige gebruikers	8.5000	formula	gebruik van pigment bevattende produkten	
export pigmenten	14.3400	bal.item*	export van pigmenten	
bier- en frisdrankkratten	6.0000	formula	import nieuwe bier- en frisdrankkratten	
export van pigment bevattende produkten	14.5000	formula	pigment bevattende produkten, voorlopig export	

rioolwaterzuivering 0.1600 afval water pigmentverwerking naar RWZI (Coppoolse, 1993)
 =====
 Total =====
 43.5000

INPUTS OF stabilisator produktie en verwerking FROM:

import cadmium verbindingen 0.0000
 import stabilisatoren 0.0000
 =====
 Total =====
 0.0000

OUTPUTS OF stabilisator produktie en verwerking TO:

export stabilisatoren 0.0000
 =====
 Total =====
 0.0000

INPUTS OF cadmeren produktie en verwerking FROM:

import cadmium verbindingen 0.0000
 import cadmeren 1.6000
 =====
 Total =====
 1.6000

OUTPUTS OF cadmeren produktie en verwerking TO:

huishoudens, overige gebruikers 1.3500
 export cadmeren 0.0000
 stort 0.2500
 =====
 Total =====
 1.6000

INPUTS OF Cd legeringen produktie en verwerking FROM:

import Cd legeringen 3.0000
 =====
 Total =====
 3.0000

OUTPUTS OF Cd legeringen produktie en verwerking TO:

huishoudens, overige gebruikers 3.0000
 verkeer 0.0000
 export Cd legeringen 0.0000
 =====
 Total =====
 3.0000

INPUTS OF electriciteitscentrales FROM:

import kolen 1.1200
 =====
 Total =====
 1.1200

OUTPUTS OF electriciteitscentrales TO:

lucht 0.0200
 wegebouw 1.1000
 bouw 0.0000
 stort 0.0000
 =====
 Total =====
 1.1200

INPUTS OF petrochemische industrie FROM:

import olie 7.1000
 =====
 Total =====
 7.1000

description	value	formula	code	description
afval water pigmentverwerking naar RWZI (Coppoolse, 1993)	0.1600	formula	x143	
import CdO voor stabilisator produktie	0.0000	formula	x27	
import stabilisatoren	0.0000	formula	x28	
export stabilisatoren	0.0000	bal.item*	x29	
import van Cd zouten en Cd anoden voor cadmeren produktie	0.0000	formula	x30	
import van cadmeren	1.6000	formula	x31	
gebruik van cadmeren bevattende produkten	1.3500	formula	x32	
export van cadmeren	0.0000	formula	x33	
stort bij cadmerenproduktie	0.2500	bal.item*	x34	
import Cd legeringen	3.0000	formula	x35	
gebruik van produkten met Cd legeringen	3.0000	formula	x36	
gebruik van radiatoren in motorvoertuigen	0.0000	bal.item*	x37	
export van Cd legeringen	0.0000	formula	x38	
import kolen voor electriciteitscentrales	1.1200	formula	x73	
lucht emissie E centrale	0.0200	formula	x74	
toepassing afval E centrale in wegebouw	1.1000	formula	x75	
toepassing afval E centrale in bouw	0.0000	formula	x76	
stort afval uit E centrale	0.0000	bal.item*	x77	
import van olie	7.1000	formula	x39	

OUTPUTS OF petrochemische industrie TO:						
verkeer						consumptie van olie door verkeer
export van aardolieprodukten						export van aardolieprodukten
lucht						x42 lucht emissie petrochemische ind.
stort						x43 stort uit petrochemische industrie
==== Total =====						
		0.7000	formula	x40		
		5.0000	formula	x41		
		0.7000	formula			
		0.7000	bal.item*			
		7.1000				
INPUTS OF fosfaat-ertsverwerking FROM:						
import P-erts		20.0000	formula	x50		import fosfaaterts
import P zuur		2.5000	formula	x51		import P zuur
==== Total =====		22.5000				
OUTPUTS OF fosfaat-ertsverwerking TO:						
kunstmest produktie		8.5000	formula	x52		levering P voor kunstmest produktie
veevoer industrie		1.0000	formula	x53		levering P voor veevoerindustrie
export P zuur		2.5000	formula	x54		export P zuur
oppervlakte water		3.7000	formula	x55		oppervlakte water emissie P ertsverwerking
stort		6.8000	bal.item*	x56		stort uit P ertsverwerking
==== Total =====		22.5000				
INPUTS OF kunstmest produktie FROM:						
fosfaat-ertsverwerking		8.5000	formula	x52		levering P voor kunstmest produktie
import P kunstmest		2.9000	formula	x57		import van P kunstmest
==== Total =====		11.4000				
OUTPUTS OF kunstmest produktie TO:						
plantaardige produktie		3.0000	formula	x58		aanwending van P kunstmest (RIVM, 1993a)
export P kunstmest		8.4000	bal.item*	x59		export van P kunstmest
==== Total =====		11.4000				
INPUTS OF veevoer industrie FROM:						
fosfaat-ertsverwerking		1.0000	formula	x53		levering P voor veevoerindustrie
import agrarische produkten		0.3000	formula	x60		import van krachtvoedergrondstoffen
dierlijke produktie		0.0000	formula	x62		levering dierlijke grondstoffen voor veevoerders
plantaardige produktie		0.9997	formula	x67		levering van plantaardige grondstoffen voor veevoerders
==== Total =====		2.2997				
OUTPUTS OF veevoer industrie TO:						
dierlijke produktie		2.2997	bal.item*	x61		consumptie van veevoerders
==== Total =====		2.2997				
INPUTS OF plantaardige produktie FROM:						
kunstmest produktie		3.0000	formula	x58		aanwending van P kunstmest
dierlijke produktie		4.1991	bal.item	x64		aanwending van dierlijke mest
rioolwaterzuivering		0.3860	formula	x80		toepassing zuiveringsliib in landbouw
lucht		3.7106	formula			x94 depositie op landbouwgronden

==== Total =====	11.2957			
OUTPUTS OF plantaardige produktie TO:				
voedingsmiddelen industrie	0.5696	formula	x65	levering plantaardige voedingsmiddelen (Heidemij, 1994)
dierlijke produktie	1.8994	formula	x66	consumptie van gras(produkten)
veevoer industrie	0.9997	formula	x67	levering van plantaardige grondstoffen voor veevoerders
agrarische bodem	7.8270	bal.item*	x68	emissie plantaardige produktie naar bodem
==== Total =====	11.2957			
INPUTS OF dierlijke produktie FROM:				
veevoer industrie	2.2997	bal.item	x61	consumptie van veevoerders
plantaardige produktie	1.8994	formula	x66	consumptie van gras(produkten)
voedingsmiddelen industrie	0.0000	formula	x71	restanten voedingsmiddelen industrie naar dierlijke produktie
==== Total =====	4.1991			
OUTPUTS OF dierlijke produktie TO:				
veevoer industrie	0.0000	formula	x62	levering dierlijke grondstoffen voor veevoerders
voedingsmiddelen industrie	0.0000	formula	x63	levering dierlijke voedingsmiddelen
plantaardige produktie	4.1991	bal.item*	x64	aanwending van dierlijke mest
==== Total =====	4.1991			
INPUTS OF voedingsmiddelen industrie FROM:				
dierlijke produktie	0.0000	formula	x63	levering dierlijke voedingsmiddelen
plantaardige produktie	0.5696	formula	x65	levering plantaardige voedingsmiddelen
import agrarische produkten	0.6400	formula	x69	import van voedingsmiddelen
==== Total =====	1.2096			
OUTPUTS OF voedingsmiddelen industrie TO:				
huishoudens, overige gebruikers	0.6396	bal.item*	x70	consumptie van voedingsmiddelen
dierlijke produktie	0.0000	formula	x71	restanten voedingsmiddelen industrie naar dierlijke produktie
export agrarische produkten	0.5700	formula	x72	export van voedingsmiddelen
==== Total =====	1.2096			
INPUTS OF verkeer FROM:				
Cd legeringen produktie en verwerking	0.0000	bal.item	x37	gebruik van radiatoren in motorvoertuigen
petrochemische industrie	0.7000	formula	x40	consumptie van olie door verkeer
import Cd bevattende produkten	3.8000	formula	x44	import van auto's (Cd in lakken en kunststof)
==== Total =====	4.5000			
OUTPUTS OF verkeer TO:				
lucht	0.3100	formula	x45	lucht emissie door brandstofverbruik in verkeer
stort	3.5000	formula	x46	stort van shredderstof (lakken en kunststof) van verkeer
niet-agrarische bodem	0.1900	formula	x47	slijtage autobanden/wegdek naar bodem
economie	0.3900	bal.item*	x115	accumulatie in verkeer (auto's)
rioolwaterzuivering	0.1100	formula	x144	slijtage banden/wegdek naar RWZI (Coppoolse, 1993)
==== Total =====	4.5000			

INPUTS OF bouw FROM:						
import bouwmaterialen (stabilisatoren)		16.0000	formula	x48	import raam- en deurprofielen, bouwpanelen	
electriciteitscentrales		0.0000	formula	x76	toepassing afval E centrale in bouw	
afvalverbranding		3.9935	formula	x89	toepassing AVI slakken in bouw	
==== Total =====		19.9935				
OUTPUTS OF bouw TO:						
export afvalstoffen voor opwerking	economie	3.9935	bal.item*	x116	accumulatie in bouw	
==== Total =====	stort	4.8000	formula	x122	stort van raam- en deurprofielen en	
export afvalstoffen voor opwerking		11.2000	formula	x123	export van raam- en deurprofielen en bouwpanelen voor recycling	
==== Total =====		19.9935				
INPUTS OF bier- en frisdrankkratten FROM:						
pigment produktie en verwerking		6.0000	formula	x124	import nieuwe bier- en frisdrankkratten	
==== Total =====		6.0000				
OUTPUTS OF bier- en frisdrankkratten TO:						
opslag van afgedankte bier- en frisdrankkratten	economie	6.0000	formula	x125	afgedankte bier- en frisdrankkratten	
==== Total =====	stort	-0.0000	bal.item*	x126	accumulatie van in omloop zijnde bier- en frisdrankkratten	
==== Total =====		6.0000				
INPUTS OF kunststofvoorraden (oa kratten) FROM:						
import nieuwe kratten		0.0000	formula	x140	import van nieuwe overige kratten	
==== Total =====		0.0000				
OUTPUTS OF kunststofvoorraden (oa kratten) TO:						
stort		0.5000	formula	x128	stort uit kunststofvoorraden (o.a kratten) eigen schatting op basis van de jaarlijkse hoeveelheid die bij recyclers terecht komt (NFK, 1993)	
==== Total =====	economie	-0.5000	bal.item*	x129	accumulatie in kunststofvoorraden (oa kratten)	
==== Total =====		0.0000				
INPUTS OF huishoudens, overige gebruikers FROM:						
accu handel		32.0000	formula	x18	gebruik van accu's	
batterijen handel		97.0000	formula	x21	gebruik van batterijen	
pigment produktie en verwerking		8.5000	formula	x25	gebruik van pigment bevattende produkten	
cadmeren produktie en verwerking		1.3500	formula	x32	gebruik van cadmeren bevattende produkten	
Cd legeringen produktie en verwerking		3.0000	formula	x36	gebruik van produkten met Cd legeringen	
voedingsmiddelen industrie		0.6396	bal.item	x70	consumptie van voedingsmiddelen	
import Cd bevattende produkten		7.5000	formula	x78	import Cd bevattende produkten naar huishoudens, overige gebruikers	
import kolen		0.2400	formula	x130	import van kolen voor huishoudens, overige gebruikers	
==== Total =====		150.2296				
OUTPUTS OF huishoudens, overige gebruikers TO:						
rioolwaterzuivering		0.3898	formula	x79	afvalwater huishoudens, overige gebruikers naar RWZI	
huishoudelijkafvalverwerking		41.2200	formula	x84	huishoudelijk afval voor verwerking	

economie	70.6164	bal.item*	x117	accumulatie in produkten gebruikt in huishoudens, overige gebruikers en overige
lucht	0.0034	formula	x131	luchtemissie door verbranden kolen in huishoudens, overige gebruikers
huishoudelijkafvalverwerking	38.0000	formula	x132	inzameling van accu's en batterijen
==== Total =====	150.2296			

INPUTS OF huishoudelijkafvalverwerking FROM:
 huishoudens, overige gebruikers
 huishoudens, overige gebruikers
 ===== Total =====
 OUTPUTS OF huishoudelijkafvalverwerking TO:
 afvalverbranding (RIVM, 1993d)
 compostverwerking
 stort
 opslag van afgedankte batterijen
 export afvalstoffen voor opwerking
 ===== Total =====

INPUTS OF afvalverbranding FROM:				
rioolwaterzuivering	0.3860	formula	x81	verbranding van zuiveringsslib
huishoudelijkafvalverwerking	16.1000	formula	x85	huishoudelijk afval voor verbranding (RIVM, 1993d)
==== Total =====	16.4860			

OUTPUTS OF afvalverbranding TO:
 wegebouw
 bouw
 stort
 lucht
 rioolwaterzuivering
 ===== Total =====

INPUTS OF stort FROM:				
zinkertsverwerkende industrie	82.2901	bal.item	x6	stort van jarosiet en gips uit zinkertsverwerking
ijzer- en staalindustrie	2.9000	formula	x12	stort uit ijzer- en staalproductie
cadmeren produktie en verwerking	0.2500	bal.item	x34	stort bij cadmerenproductie
petrochemische industrie	0.7000	bal.item	x43	stort uit petrochemische industrie
verkeer	3.5000	formula	x46	stort van shredderstof (lakken en kunststof) van verkeer
fosfaat-ertsverwerking	6.8000	bal.item	x56	stort uit P ertsverwerking
electriciteitscentrales	0.0000	bal.item	x77	stort afval uit E centrale
rioolwaterzuivering	0.5790	bal.item	x83	stort van zuiveringsslib
huishoudelijkafvalverwerking	24.7502	bal.item	x87	stort van huishoudelijk afval
afvalverbranding	7.1601	bal.item	x90	stort van AVI afval
sediment	9.4364	formula	x101	stort van bagger
bouw	4.8000	formula	x122	stort van raam- en deurprofielen en bouwpanelen(stabilisatoren)

kunststofvoorraden (oa kratten)	0.5000	formula	x128	stort uit kunststofvoorraden (oa kratten)
==== Total =====	143.6658			
OUTPUTS OF stort TO:				
milieu	143.6658	bal.item*	x112	accumulatie op stortplaats
==== Total =====	143.6658			
INPUTS OF opslag van afgedankte bier- en frisdrankkratten FROM:				
bier- en frisdrankkratten	6.0000	formula	x125	afgedankte bier- en frisdrankkratten
==== Total =====	6.0000			
OUTPUTS OF opslag van afgedankte bier- en frisdrankkratten TO:				
economie	6.0000	bal.item*	x127	accumulatie van afgedankte bier- en frisdrankkratten
==== Total =====	6.0000			
INPUTS OF opslag van afgedankte batterijen FROM:				
huishoudelijkafvalverwerking	6.0000	formula	x133	afgedankte batterijen
==== Total =====	6.0000			
OUTPUTS OF opslag van afgedankte batterijen TO:				
economie	6.0000	bal.item*	x134	accumulatie bij afgedankte batterijen
==== Total =====	6.0000			
INPUTS OF schrootverwerking FROM:				
zinkketen	12.0000	formula	x8	zink uit zinkketen naar schrootverwerking
ijzer- en staalketen	5.5000	formula	x119	schroot uit ijzer en staalketen
==== Total =====	17.5000			
OUTPUTS OF schrootverwerking TO:				
ijzer- en staalindustrie	1.5000	formula	x14	hergebruik staalschroot in basismetalaalind.
export zinkschroot	10.0000	formula	x15	export van zinkschroot
export schroot verzinkt staal	6.0000	bal.item*	x16	export schroot van verzinkt staal
==== Total =====	17.5000			
INPUTS OF rioolwaterzuivering FROM:				
huishoudens, overige gebruikers	0.3898	formula	x79	afvalwater huishoudens etc. naar RWZI (Coppoolse, 1993)
Cd uit onbekende bron (huishoudens?)	0.4600	formula	x142	Cd uit onbekende bron naar RWZI (Coppoolse, 1993)
pigment produktie en verwerking	0.1600	formula	x143	afval water pigmentverwerking naar RWZI (Coppoolse, 1993)
verkeer	0.1100	formula	x144	slijtage banden/wegdek naar RWZI (Coppoolse, 1993)
waterleiding	0.5300	formula	x145	corrosie uit waterleiding naar RWZI (Coppoolse, 1993)
afvalverbranding	0.3397	formula	x147	afvalwater AVI naar RWZI (Coppoolse, 1993)
lucht	0.2300	formula	x148	depositie naar RWZI (Coppoolse, 1993)
==== Total =====	2.2195			
OUTPUTS OF rioolwaterzuivering TO:				
plantaardige produktie	0.3860	formula	x80	toepassing zuiveringsslib in landbouw
afvalverbranding	0.3860	formula	x81	verbranding van zuiveringsslib
oppervlakte water	0.8685	formula	x82	emissie RWZI naar oppervlakte water

start									
==== Total =====									
INPUTS OF wegenbouw FROM:									
ijzer- en staalindustrie									
electriciteitscentrales									
afvalverbranding									
==== Total =====	0.5790	bal.item*	x83	start van zuiveringsslib					
	2.2195								
OUTPUTS OF wegenbouw TO:									
economie									
==== Total =====	0.3000	formula	x13	slakken en afval uit ijzer- en staal ind. naar wegenbouw					
	1.1000	formula	x75	toepassing afval E centrale in wegenbouw					
	3.9935	formula	x88	toepassing AVI slakken in wegenbouw					
==== Total =====	5.3935								
INPUTS OF lucht FROM:									
ijzer- en staalindustrie									
petrochemische industrie									
verkeer									
electriciteitscentrales									
afvalverbranding									
instroom via lucht									
huishoudens, overige gebruikers									
==== Total =====	1.8000	formula	x10	emissie lucht ijzer- en staal produktie					
	0.7000	formula	x42	lucht emissie petrochemische ind.					
	0.3100	formula	x45	lucht emissie door brandstofverbruik in verkeer					
	0.0200	formula	x74	lucht emissie E centrale					
	0.9992	formula	x91	lucht emissie AVI					
	2.5000	formula	x93	instroom via lucht					
	0.0034	formula	x131	luchtemissie door verbranden kolen in huishoudens, overige gebruikers					
==== Total =====	6.3325								
OUTPUTS OF lucht TO:									
plantaardige produktie									
niet-agrarische bodem									
oppervlakte water									
uitstroom via lucht									
rioolwaterzuivering									
==== Total =====	3.7106	formula	x94	depositie op landbouwgronden					
	1.9997	formula	x95	depositie op overige gronden					
	0.6100	formula	x96	depositie op oppervlakte water (Coppoolse, 1993)					
	0.0223	bal.item*	x97	uitstroom via lucht					
	0.2300	formula	x148	depositie naar RWZI					
==== Total =====	6.3325								
INPUTS OF oppervlakte water FROM:									
zinkertsverwerkende industrie									
ijzer- en staalindustrie									
fosfaat-ertsverwerking									
rioolwaterzuivering									
lucht									
instroom via rivieren									
agrarische bodem									
niet-agrarische bodem									
==== Total =====	0.0100	formula	x5	oppervlakte water emissie zinkertsverwerking					
	0.0400	formula	x11	emissie oppervlakte water ijzer- en staalproduktie					
	3.7000	formula	x55	oppervlakte water emissie P ertsverwerking					
	0.8685	formula	x82	emissie RWZI naar oppervlakte water (Coppoolse, 1993)					
	0.6100	formula	x96	depositie op oppervlakte water (Coppoolse, 1993)					
	16.0000	formula	x98	instroom via rivieren					
	0.1100	formula	x104	afspoeling van agrarische bodem (Coppoolse, 1993)					
	0.2300	formula	x107	afspoeling niet agrarische bodem; bouwmaterialen en verkeer (Coppoolse, 1993)					
==== Total =====	22.0400	formula	x110	doorspoeling naar oppervlakte water					
OUTPUTS OF oppervlakte water TO:									

sediment							
uitstroom naar zee	11.8348	bal.item*	x99	sedimentatie			
==== Total =====	9.5346	formula	x100	uitstroom naar zee			
	22.0400						
INPUTS OF grondwater FROM:							
agrarische bodem	2.6910	formula	x105	uitspoeling uit agrarische bodem			
niet-agrarische bodem	1.1635	formula	x108	uitspoeling niet agrarische bodem			
==== Total =====	3.8545						
OUTPUTS OF grondwater TO:							
oppervlakte water	0.0000	formula	x110	doorspoeling naar oppervlakte water			
milieu	3.8545	bal.item*	x111	accumulatie in grondwater			
==== Total =====	3.8545						
INPUTS OF agrarische bodem FROM:							
plantaardige produktie	7.8270	bal.item	x68	emissie plantaardige produktie naar bodem			
==== Total =====	7.8270						
OUTPUTS OF agrarische bodem TO:							
oppervlakte water	0.1100	formula	x104	afspoeling van agrarische bodem (Coppoolse, 1993)			
grondwater	2.6910	formula	x105	uitspoeling uit agrarische bodem; (het percentage dat jaarlijks uitspoelt is gebaseerd op: RIVM, 1993a)			
milieu	4.6358	bal.item*	x106	accumulatie in agrarische bodem			
compostverwerking	0.2325	formula	x136	agrarische bodem naar compostverwerking			
==== Total =====	7.8270						
INPUTS OF niet-agrarische bodem FROM:							
verkeer	0.1900	formula	x47	slijtage autobanden/wegdek naar bodem			
zinkketen	0.4000	formula	x49	corrosie uit zinken bouwmaterialen naar bodem			
compostverwerking	0.6434	bal.item	x92	gebruik van compost in tuintjes en plantsoenen			
lucht	1.9997	formula	x95	depositie op overige gronden			
==== Total =====	3.2332						
OUTPUTS OF niet-agrarische bodem TO:							
oppervlakte water	0.2300	formula	x107	afspoeling niet agrarische bodem (Coppoolse, 1993)			
grondwater	1.1635	formula	x108	uitspoeling niet agrarische bodem			
milieu	1.9152	bal.item*	x109	accumulatie niet agrarische bodem			
compostverwerking	0.0412	formula	x137	niet-agrarische bodem naar compostverwerking			
==== Total =====	3.2332						
INPUTS OF sediment FROM:							
oppervlakte water	11.8348	bal.item	x99	sedimentatie			
==== Total =====	11.8348						
OUTPUTS OF sediment TO:							
stort	9.4364	formula	x101	stort van bagger			
stort op zee	4.2267	formula	x102	stort van bagger op zee			

milieu									
==== Total =====									
INPUTS OF waterleiding FROM:									
import cadmeren	0.0000	formula	x149	import van waterleidingen					
==== Total =====	0.0000								
OUTPUTS OF waterleiding TO:									
rioolwaterzuivering	0.5300	formula	x145	corossie uit waterleiding naar RWZI					
economie	-0.5300	bal.item*	x146	accumulatie in waterleiding					
==== Total =====	0.0000								
SOURCES OF SYSTEM									
INPUTS FROM import zinkconcentraat TO:									
zinkertsverwerkende industrie	700.0000	formula	x0	import zinkconcentraat					
==== Total =====	700.0000								
INPUTS FROM import zinkslib TO:									
zinkertsverwerkende industrie	2.5000	formula	x1	import zinkslib					
==== Total =====	2.5000								
INPUTS FROM import metallisch zink TO:									
zinkverwerkende industrie	1.0000	formula	x7	import metallisch zink					
==== Total =====	1.0000								
INPUTS FROM import metallisch cadmium TO:									
==== Total =====	0.0000								
INPUTS FROM import cadmium verbindingen TO:									
pigment produktie en verwerking	1.5000	formula	x23	import Cd verbindingen voor pigmentproduktie					
stabilisator produktie en verwerking	0.0000	formula	x27	import CdO voor stabilisator produktie					
cadmeren produktie en verwerking	0.0000	formula	x30	import van Cd zouten en Cd anoden voor cadmeren produktie					
==== Total =====	1.5000								
INPUTS FROM import accu's TO:									
accu handel	45.0000	formula	x17	import van accu's					
==== Total =====	45.0000								
INPUTS FROM import batterijen TO:									
batterijen handel	130.0000	formula	x20	import van batterijen					
==== Total =====	130.0000								
INPUTS FROM import pigmenten TO:									
pigment produktie en verwerking	42.0000	formula	x24	import pigmenten					
==== Total =====	42.0000								
INPUTS FROM import stabilisatoren TO:									
stabilisator produktie en verwerking	0.0000	formula	x28	import stabilisatoren					
==== Total =====	0.0000								
INPUTS FROM import cadmeren TO:									
cadmeren produktie en verwerking	1.6000	formula	x31	import van cadmeren					

waterleiding	0.0000								
==== Total =====	1.6000								
INPUTS FROM import Cd legeringen TO:									
Cd legeringen produktie en verwerking	3.0000								
==== Total =====	3.0000								
INPUTS FROM import bouwmaterialen (stabilisatoren) TO:									
bouw	16.0000								
==== Total =====	16.0000								
INPUTS FROM import schroot TO:									
==== Total =====	0.0000								
INPUTS FROM import kolen TO:									
electriciteitscentrales	1.1200								
ijzer- en staalindustrie	0.6000								
huishoudens, overige gebruikers	0.2400								
==== Total =====	1.9600								
INPUTS FROM import olie TO:									
petrochemische industrie	7.1000								
==== Total =====	7.1000								
INPUTS FROM import P-erts TO:									
fosfaat-ertsverwerking	20.0000								
==== Total =====	20.0000								
INPUTS FROM import P zuur TO:									
fosfaat-ertsverwerking	2.5000								
==== Total =====	2.5000								
INPUTS FROM import P kunstmest TO:									
kunstmest produktie	2.9000								
==== Total =====	2.9000								
INPUTS FROM import ijzererts TO:									
ijzer- en staalindustrie	8.0000								
==== Total =====	8.0000								
INPUTS FROM import agrarische produkten TO:									
veevoer industrie	0.3000								
voedingsmiddelen industrie	0.6400								
==== Total =====	0.9400								
INPUTS FROM instroom via lucht TO:									
lucht	2.5000								
==== Total =====	2.5000								
INPUTS FROM instroom via rivieren TO:									
oppervlakte water	16.0000								
==== Total =====	16.0000								
INPUTS FROM import Cd bevattende produkten TO:									
verkeer	3.8000								
huishoudens, overige gebruikers	7.5000								

===== Total =====
 11.3000
 INPUTS FROM import nieuwe kratten TO:
 kunststofvoorraden (oa kratten)
 0.0000
 0.0000
 ===== Total =====
 INPUTS FROM Cd uit onbekende bron (huishoudens?) TO:
 rioolwaterzuivering 0.4600
 0.4600
 ===== Total =====

formula x140 import van nieuwe overige kratten
 formula x142 Cd uit onbekende bron naar RWZI

SINKS OF SYSTEM:

OUTPUTS TO export metallisch cadmium FROM:
 zinkertsverwerkende industrie 590.0000
 590.0000
 ===== Total =====
 OUTPUTS TO export afvalstoffen voor opwerking FROM:
 zinkertsverwerkende industrie 30.0000
 11.2000
 32.0000
 73.2000
 ===== Total =====
 huishoudelijkafvalverwerking
 0.0000
 ===== Total =====
 OUTPUTS TO export afvalstoffen FROM:
 0.0000
 ===== Total =====
 OUTPUTS TO export accu's FROM:
 accu handel 13.0000
 13.0000
 ===== Total =====
 OUTPUTS TO export batterijen FROM:
 batterijen handel 33.0000
 33.0000
 ===== Total =====
 OUTPUTS TO export pigmenten FROM:
 pigment produktie en verwerking 14.3400
 14.3400
 ===== Total =====
 OUTPUTS TO export stabilisatoren FROM:
 stabilisator produktie en verwerking 0.0000
 0.0000
 ===== Total =====
 OUTPUTS TO export cadmeren FROM:
 cadmeren produktie en verwerking 0.0000
 0.0000
 ===== Total =====
 OUTPUTS TO export Cd legeringen FROM:
 Cd legeringen produktie en verwerking 0.0000
 0.0000
 ===== Total =====
 OUTPUTS TO export P zuur FROM:
 fosfaat-ertsverwerking 2.5000
 2.5000
 ===== Total =====
 OUTPUTS TO export P kunstmest FROM:

formula x3 export metallisch cadmium
 formula x4 export Cu/Co koek
 formula x123 export van raam- en deurprofielen en bouwpanelen voor recycling
 formula x135 export van afgedankte accu's
 bal.item x19 export van accu's
 bal.item x22 export van batterijen
 bal.item x26 export van pigmenten
 bal.item x29 export stabilisatoren
 formula x33 export van cadmeren
 formula x38 export van Cd legeringen
 formula x54 export P zuur

kunstmest produktie									
==== Total =====	8.4000	bal.item	x59	export van P kunstmest					
OUTPUTS TO export agrarische produkten FROM:	8.4000								
voedingsmiddelen industrie									
==== Total =====	0.5700	formula	x72	export van voedingsmiddelen					
OUTPUTS TO export voedingsmiddelen FROM:	0.5700								
==== Total =====	0.0000								
OUTPUTS TO export zinkschroot FROM:									
schrootverwerking	10.0000	formula	x15	export van zinkschroot					
==== Total =====	10.0000								
OUTPUTS TO export schroot verzinkt staal FROM:									
schrootverwerking	6.0000	bal.item	x16	export schroot van verzinkt staal					
==== Total =====	6.0000								
OUTPUTS TO uitstroom via lucht FROM:									
lucht	0.0223	bal.item		x97 uitstroom via lucht					
==== Total =====	0.0223								
OUTPUTS TO uitstroom naar zee FROM:									
oppervlakte water	9.5346	formula	x100	uitstroom naar zee					
==== Total =====	9.5346								
OUTPUTS TO stort op zee FROM:									
sediment	4.2267	formula	x102	stort van bagger op zee					
==== Total =====	4.2267								
OUTPUTS TO export van aardolieprodukten FROM:									
petrochemische industrie	5.0000	formula	x41	export van aardolieprodukten					
==== Total =====	5.0000								
OUTPUTS TO export van cokes FROM:									
ijzer- en staalindustrie	0.2000	formula	x121	export van cokes					
==== Total =====	0.2000								
OUTPUTS TO export van pigment bevattende produkten FROM:									
pigment produktie en verwerking	14.5000	formula	x141	pigment bevattende produkten, voorlopig export					
==== Total =====	14.5000								
ACCUMULATION IN SYSTEM:									
OUTPUTS TO milieu FROM:									
sediment	-1.8283	bal.item	x103	accumulatie in sediment					
agrarische bodem	4.6358	bal.item	x106	accumulatie in agrarische bodem					
niet-agrarische bodem	1.9152	bal.item	x109	accumulatie niet agrarische bodem					
grondwater	3.8545	bal.item	x111	accumulatie in grondwater					
stort	143.6658	bal.item	x112	accumulatie op stortplaats					
==== Total =====	152.2430								
OUTPUTS TO economie FROM:									

ijzer- en staalketen	zinkketen	-11.2000	bal.item	x113	accumulatie in zinkprodukten
verkeer	verkeer	-0.6400	bal.item	x114	accumulatie in ijzer en staalprodukten
bouw	bouw	0.3900	bal.item	x115	accumulatie in verkeer (auto's)
huishoudens, overige gebruikers	huishoudens, overige gebruikers	3.9935	bal.item	x116	accumulatie in bouw
		70.6164	bal.item	x117	accumulatie in produkten gebruikt in huishoudens, overige gebruikers
en overige	wegenbouw	5.3935	bal.item	x118	accumulatie in wegenbouw
	bier- en frisdrankkratten	-0.0000	bal.item	x126	accumulatie van in omloop zijnde bier- en frisdrankkratten
opslag van afgedankte bier- en frisdrankkratten	opslag van afgedankte bier- en frisdrankkratten	6.0000	bal.item	x127	accumulatie van afgedankte bier- en frisdrankkratten
kunststofvoorraden (oa kratten)	kunststofvoorraden (oa kratten)	-0.5000	bal.item	x129	accumulatie in kunststofvoorraden (oa kratten)
opslag van afgedankte batterijen	opslag van afgedankte batterijen	6.0000	bal.item	x134	accumulatie bij afgedankte batterijen
waterleiding	waterleiding	-0.5300	bal.item	x146	accumulatie in waterleiding
	==== Total =====	79.5234			

LINKS TO OTHER SYSTEMS:

BIJLAGE 3.6 Kwik

De kwikstroom door de Nederlandse economie en het Nederlandse milieu in 1990. De gegevens zijn in grote lijnen gebaseerd op het "basisdokument kwik", tenzij anders vermeld (Slooff, et al., 1994).

NODES (processes) OF SYSTEM

INPUTS OF primaire zinkproductie FROM:			
import zinkerts	20.0000	formula	x0
==== Total =====	20.0000		
OUTPUTS OF primaire zinkproductie TO:			
export van kwik	0.0000	formula	x1
economie	3.0000	bal.item*	x2
stort	17.0000	formula	x3
==== Total =====	20.0000		
INPUTS OF kwikwerkende industrie FROM:			
aardgaswinning	2.5000	formula	x5
tandartspraktijk	1.0000	formula	x57
==== Total =====	3.5000		
OUTPUTS OF kwikwerkende industrie TO:			
export van kwik	2.5000	bal.item*	x127
tandartspraktijk	1.0000	formula	x128
==== Total =====	3.5000		
INPUTS OF basismetaalindustrie FROM:			
import ijzererts	0.7500	formula	x81
import kolen	0.8000	formula	x82
==== Total =====	1.5500		
OUTPUTS OF basismetaalindustrie TO:			
wegenbouw	0.1700	formula	x84
lucht	0.3800	formula	x85
oppervlakte water	0.0360	formula	x86

import van zinkerts

export van kwik gewonnen bij zinkertsverwerking
 accumulatie van kwik in opslagruimte, voor verkoop
 stort van jarosiet en gips

kwik gewonnen bij aardgaswinning
 hergebruik van restanten amalgaam

export van kwik
 levering van amalgaam; schatting op basis van mondelinge informatie
 van een kwikverwerkende fabriek

import van ijzer voor basismetaalindustrie
 import van kolen voor basismetaalindustrie; de hoeveelheid kolen
 (CBS, 1993) vermenigvuldigd met het kwikgehalte van kolen (Slooff et
 al., 1994)

slakken en assen uit basismetaalindustrie naar wegenbouw; de
 hoeveelheid slakken en assen (Elzinga, H.E. et al., 1992)
 vermenigvuldigd met het kwikgehalte in deze reststoffen (Aalbers,
 1993)
 luchtemissie basismetaalindustrie
 emissie oppervlakte water basismetaalindustrie

stort uit basismetalaalindustrie							
export van cokes	0.2000	bal.item* x87	x125	stort uit basismetalaalindustrie			
==== Total =====	1.5500	formula		export van cokes			
INPUTS OF oliewinning FROM:							
winning van kwik	0.0470	formula	x11	winning van kwik bij oliewinning			
==== Total =====	0.0470						
OUTPUTS OF oliewinning TO:							
petrochemische industrie	0.0070	bal.item* x12		levering olie aan petrochemische industrie			
emissie naar zee	0.0400	formula x13		emissie naar zee bij oliewinning			
==== Total =====	0.0470						
INPUTS OF petrochemische industrie FROM:							
aardgaswinning	0.1200	formula x8		levering van aardgascondensaat aan olieraffinage			
oliewinning	0.0070	bal.item x12		levering olie aan petrochemische industrie (Elzinga, H.E., et al., 1993)			
import olie	0.0880	formula x14		import van olie voor petrochemische industrie			
==== Total =====	0.2150						
OUTPUTS OF petrochemische industrie TO:							
lucht	0.0500	formula x16		luchtmissie bij petrochemische industrie			
oppervlakte water	0.0400	formula x17		emissie naar oppervlakte water bij petrochemische industrie			
stort	0.1250	bal.item* x126		stort van slib uit petrochemische industrie			
==== Total =====	0.2150						
INPUTS OF aardgaswinning FROM:							
winning van kwik	8.0000	formula x4		winning van kwik bij aardgaswinning			
==== Total =====	8.0000						
OUTPUTS OF aardgaswinning TO:							
kwikwerkende industrie	2.5000	formula x5		kwik gewonnen bij aardgaswinning			
export afvalstoffen	5.0050	formula x6		export van afval uit aardgaswinning			
huishoudens en gebruikers	0.2000	formula x7		verbruik van aardgas			
petrochemische industrie	0.1200	formula x8		levering van aardgascondensaat aan olieraffinage			
lucht	0.0200	formula x9		luchtmissie aardgaswinning; kwikgehalte in aardgas (Brouwer, 1994)			
emissie naar zee	0.0050	formula x10		vermenigvuldigd met het totale aardgasverbruik			
economie	-0.0000	bal.item* x114		emissie naar zee bij aardgaswinning			
export gas	0.1500	formula x129		accumulatie in gasleidingen			
==== Total =====	8.0000			export van gas			
INPUTS OF fosfaat-ertsverwerking FROM:							
import P-erts	1.0870	formula x29		import van P-erts voor ertsverwerking			
==== Total =====	1.0870						
OUTPUTS OF fosfaat-ertsverwerking TO:							

opervlakte water	0.3700	formula	x30	emissie oppervlakte water van fosfogips uit P-ertsverwerking
kunstmestindustrie	0.5000	formula	x31	levering fosfaat voor kunstmestproductie
veevoer industrie	0.2170	bal.item*	x32	levering fosfaat voor veevoerproductie
==== Total =====	1.0870			
INPUTS OF chlooralkaliindustrie FROM:				
import kwikhoudende produkten	0.8540	formula	x18	import van electrodes voor chlooralkaliindustrie
==== Total =====	0.8540			
OUTPUTS OF chlooralkaliindustrie TO:				
lucht	0.8000	formula	x19	luchtemissie chlooralkaliindustrie
opervlakte water	0.0500	formula	x20	emissie oppervlakte water chlooralkaliindustrie
stort	0.0040	bal.item*	x21	stort bij chlooralkaliindustrie
==== Total =====	0.8540			
INPUTS OF produktie TL-lampen FROM:				
import kwik	3.2000	formula	x22	import van kwik voor produktie (halfabrikaten) van lampen
==== Total =====	3.2000			
OUTPUTS OF produktie TL-lampen TO:				
huishoudens en gebruikers	0.2800	formula	x23	verbruik van TL-lampen; mondelinge informatie van Philips, geverifieerd door aan te nemen dat het Nederlandse gebruik ongeveer 25% van de Duitse markt is (ZVEI, 1993)
export kwikhoudende produkten	2.2200	formula	x24	export van TL-lampen
opervlakte water	0.0100	formula	x25	emissie oppervlakte water bij lampenproductie
stort	0.6900	bal.item*	x26	stort van chemisch afval uit lampenproductie
==== Total =====	3.2000			
INPUTS OF produktie meetapparatuur ed. FROM:				
import kwik	1.0000	formula	x27	import van kwikhoudende apparatuur
==== Total =====	1.0000			
OUTPUTS OF produktie meetapparatuur ed. TO:				
huishoudens en gebruikers	1.0000	bal.item*	x28	gebruik van meetapparatuur o.a. barometers (DHV, 1994)
==== Total =====	1.0000			
INPUTS OF overige industrie FROM:				
import van meetap. en elektrotechnische app.	1.1000	formula	x136	import van thermometers, manometers en perosimeters (DHV, 1994)
==== Total =====	1.1000			
OUTPUTS OF overige industrie TO:				
rioolwaterzuivering	0.1100	formula	x137	afvalwater overige industrie (Coppoolse, 1993)
stort	0.3100	bal.item*	x138	stort vast afval uit bijtend soda produktie
lucht	0.6800	formula	x140	emissie lucht uit overige industrie
==== Total =====	1.1000			
INPUTS OF kunstmestindustrie FROM:				

fosfaat-ertsverwerking							
import kunstmest						levering fosfaat voor kunstmestproduktie	x31
==== Total =====						import van kunstmest	x33
OUTPUTS OF kunstmestindustrie TO:							
export kunstmest	1.0000	formula	x34	export van kunstmest			
plantaardige produktie	0.5000	bal.item*	x35	toepassing van kunstmest bij plantaardige produktie			
==== Total =====	1.5000						
INPUTS OF veevoer industrie FROM:							
fosfaat-ertsverwerking	0.2170	bal.item	x32	levering fosfaat voor veevoerproduktie			
import agrarische produkten	0.0430	formula	x36	import van ruw- en krachtvoergrondstoffen			
dierlijke produktie	0.0000	formula	x39	levering van dierlijke ruw- en krachtvoergrondstoffen			
plantaardige produktie	0.0500	formula	x43	levering van plantaardige ruw- en krachtvoergrondstoffen			
==== Total =====	0.3100						
OUTPUTS OF veevoer industrie TO:							
dierlijke produktie	0.3100	bal.item*	x37	levering van veevoer aan dierlijke produktie			
==== Total =====	0.3100						
INPUTS OF plantaardige produktie FROM:							
kunstmestindustrie	0.5000	bal.item	x35	toepassing van kunstmest bij plantaardige produktie			
dierlijke produktie	0.5000	bal.item	x40	toepassing van dierlijke mest bij plantaardige produktie			
rioolwaterzuivering	0.4101	formula	x74	toepassing van RWZI slijb in landbouw			
lucht	1.9000	formula	x94	depositie op landbouwbodern			
==== Total =====	3.3101						
OUTPUTS OF plantaardige produktie TO:							
voedingsmiddelen industrie	0.1000	formula	x41	levering van plantaardige voedingsmiddelen			
dierlijke produktie	0.1900	formula	x42	consumptie van gras(produkten) door veestapel			
veevoer industrie	0.0500	formula	x43	levering van plantaardige ruw- en krachtvoergrondstoffen			
agrarische bodern	2.9701	bal.item*	x97	emissie plantaardige produktie naar bodern			
==== Total =====	3.3101						
INPUTS OF dierlijke produktie FROM:							
veevoer industrie	0.3100	bal.item	x37	levering van veevoer aan dierlijke produktie			
plantaardige produktie	0.1900	formula	x42	consumptie van gras(produkten) door veestapel			
voedingsmiddelen industrie	0.0000	formula	x47	afval voedingsmiddelen industrie naar dierlijke produktie			
==== Total =====	0.5000						
OUTPUTS OF dierlijke produktie TO:							
voedingsmiddelen industrie	0.0000	formula	x38	levering van dierlijke voedingsmiddelen			
veevoer industrie	0.0000	formula	x39	levering van dierlijke ruw- en krachtvoergrondstoffen			
plantaardige produktie	0.5000	bal.item*	x40	toepassing van dierlijke mest bij plantaardige produktie			
==== Total =====	0.5000						
INPUTS OF voedingsmiddelen industrie FROM:							

dierlijke produktie	0.0000	formula	x38	levering van dierlijke voedingsmiddelen
plantaardige produktie	0.1000	formula	x41	levering van plantaardige voedingsmiddelen
import agrarische produkten	0.1000	formula	x44	import van voedingsmiddelen
==== Total =====	0.2000			
OUTPUTS OF voedingsmiddelen industrie TO:				
huishoudens en gebruikers	0.1000	bal.item*	x45	consumptie van voedingsmiddelen
export voedingsmiddelen	0.1000	formula	x46	export van voedingsmiddelen
dierlijke produktie	0.0000	formula	x47	afval voedingsmiddelen industrie naar dierlijke produktie
==== Total =====	0.2000			
INPUTS OF electriciteitscentrales FROM:				
import kolen	1.9000	formula	x88	import van kolen voor electriciteits centrale; de hoeveelheid kolen (CBS, 1993) vermenigvuldigd met het kwikgehalte van kolen (Slooff et al., 1994)
==== Total =====	1.9000			
OUTPUTS OF electriciteitscentrales TO:				
bouw	1.2050	formula	x89	bodem- (0.03) en vliegas (0.015) en rookgasontzwapelingsgips (1.02) naar bouw (Meij, R., 1992)
stort	0.1050	bal.item*	x90	vliegias en slib uit E-centrale naar stort
lucht	0.5000	formula	x91	luchtmissie E-centrale
oppervlakte water	0.0900	formula	x131	emissie oppervlakte water E-centrale
==== Total =====	1.9000			
INPUTS OF tandartspraktijk FROM:				
huishoudens en gebruikers	1.9000	formula	x52	verwijderen van oude amalmaal vullingen
import kwikhoudende produkten	4.5000	formula	x55	import van amalmaal voor tandartspraktijk
kwikverwerkende industrie	1.0000	formula	x128	levering van amalmaal
==== Total =====	7.4000			
OUTPUTS OF tandartspraktijk TO:				
huishoudens en gebruikers	3.6000	formula	x56	nieuwe vullingen bijpatienten
kwikverwerkende industrie	1.0000	formula	x57	hergebruik van restanten amalmaal
stort	0.2500	bal.item*	x58	stort van amalmaal
rioolwaterzuivering	2.5500	formula	x59	amalmaal naar RWZI
==== Total =====	7.4000			
INPUTS OF bouw FROM:				
electriciteitscentrales	1.2050	formula	x89	bodem- en vliegas en rookgasontzwapelingsgips naar bouw (Meij, R., 1992)
==== Total =====	1.2050			
OUTPUTS OF bouw TO:				
economie	1.2050	bal.item*	x118	accumulatie in bouw
==== Total =====	1.2050			

INPUTS OF huishoudens en gebruikers FROM:							
	aardgaswinning						verbruik van aardgas
	produktie TL-lampen				x7	formula	verbruik van TL-lampen
	produktie meetapparatuur ed.	0.2000	formula	x23	formula	gebruik van barometers	
	voedingsmiddelen industrie	0.2800	bal.item	x28	bal.item	consumptie van voedingsmiddelen	
	import batterijen	1.0000	bal.item	x45	formula	import van batterijen	
	import van meetapp. en elektrotechnische app.	2.4000	formula	x48	formula	import van barometers, thermostaten, thermometers (DHV, 1994)	
	tandartspraktijk	3.2820	formula	x49	formula	nieuwe vullingen bij patiënten	
	import kolen	3.6000	formula	x56	formula	import van kolen voor huishoudens en gebruikers	
	import van kwikhoudende hoge druk lampen	0.3000	formula	x132	formula	import van kwikhoudende hoge druklampen	
	==== Total =====	0.0200	formula	x133			
		11.1820					
OUTPUTS OF huishoudens en gebruikers TO:							
	huishoudelijkafvalverwerking						huishoudelijk afval voor verwerking
	rioolwaterzuivering	4.2000	formula	x50	formula	afvalwater huishoudens en gebruikers naar RWZI	
	tandartspraktijk	0.3500	formula	x51	formula	verwijderen van oude amalmaat vullingen	
	lucht	1.9000	formula	x52	formula	luchtemissie huishoudens en gebruikers door lampenbreuk	
	crematorium/begraafplaats	0.2000	formula	x53	formula	amalgam via patiënten naar crematorium/begraafplaats	
	shredder afval	0.1470	formula	x54	formula	shredder afval	
	opslag afvalstoffen	0.8000	formula	x64	formula	opslag lampen en batterijen (evt. later voor hergebruik)	
	compostverwerking	1.6900	formula	x62	formula	huishoudelijk afval ter compostering	
	export afvalstoffen	0.0800	formula	x63	formula	export van afgedankte lampen afval	
	economie	0.0600	formula	x65	formula	accumulatie in produkten	
	lucht	1.5550	bal.item*	x115	formula	luchtemissie door aardgasverbranding	
	==== Total =====	0.2000	formula	x124			
		11.1820					
INPUTS OF ziekenhuizen en laboratoria FROM:							
	import van meetapp. en elektrotechnische app.	0.5000	formula	x143	formula	import van bloeddrukmeters, thermometers	
	import kwikhoudende produkten	1.0000	formula	x79	formula	import van chemicalien en farmaceutische preparaten (DHV, 1994)	
	==== Total =====	1.5000					
OUTPUTS OF ziekenhuizen en laboratoria TO:							
	stort	0.6000	formula	x80	formula	stort van ziekenhuisafval	
	lucht	0.3300	formula	x141	formula	emissie lucht uit ziekenhuizen en laboratorie (breuk)	
	economie	0.5700	bal.item*	x142	formula	accumulatie in apparatuur	
	==== Total =====	1.5000					
INPUTS OF huishoudelijkafvalverwerking FROM:							
	huishoudens en gebruikers	4.2000	formula	x50	formula	huishoudelijk afval voor verwerking	
	==== Total =====	4.2000					
OUTPUTS OF huishoudelijkafvalverwerking TO:							
	afvalverbranding	1.8900	formula	x60	formula	huishoudelijk afval voor verbranding	
	stort	2.3100	bal.item*	x61	formula	stort van huishoudelijk afval	
	==== Total =====	4.2000					

INPUTS OF afvalverbranding FROM:					
huishoudelijkafvalverwerking				huishoudelijk afval voor verbranding	x60
rioolwaterzuivering				verbranden van RWZI slib	x76
==== Total =====					
OUTPUTS OF afvalverbranding TO:					
wegenbouw				gebruik van AVI slakken en vliegashouding	x66
stort				stort van AVI assen	x68
lucht				luchtemissie AVI	x69
rioolwaterzuivering				emissie naar oppervlakte water door AVI	x70
==== Total =====					
INPUTS OF stort FROM:					
primaire zinkproductie				stort van jarosiet en gips	x3
chlooralkaliindustrie				stort bij chlooralkaliindustrie	x21
productie TL-lampen				stort van chemisch afval uit lampenproductie	x26
tandartspraktijk				stort van amalgaam	x58
huishoudelijkafvalverwerking				stort van huishoudelijk afval	x61
afvalverbranding				stort van AVI assen	x68
compostverwerking				stort van compost	x71
rioolwaterzuivering				stort van RWZI slib	x75
ziekenhuizen en laboratoria				stort van ziekenhuisafval	x80
basismetaleindustrie				stort uit basismetaleindustrie	x87
electriciteitscentrales				vliegashouding en slib uit E-centrale naar stort	x90
sediment				stort van bagger	x111
petrochemische industrie				stort van slib uit petrochemische industrie	x126
overige industrie				stort vast afval uit bijtend soda productie	x138
==== Total =====					
OUTPUTS OF stort TO:					
milieu				accumulatie op stortplaats	x119
==== Total =====					
INPUTS OF opslag afvalstoffen FROM:					
huishoudens en gebruikers				opslag lampen en batterijen (evt. later voor hergebruik)	x62
==== Total =====					
OUTPUTS OF opslag afvalstoffen TO:					
economie				accumulatie in opslag afvalstoffen	x121
==== Total =====					
INPUTS OF shredder afval FROM:					
huishoudens en gebruikers				shredder afval	x64
==== Total =====					
OUTPUTS OF shredder afval TO:					
economie				accumulatie shredder afval	x120

==== Total =====					0.8000
INPUTS OF compostverwerking FROM:					
huishoudens en gebruikers	huishoudelijk afval ter compostering	x63	formula		0.0800
agrarische bodem	agrarische bodem naar compostverwerking	x98	formula		0.0885
niet-agrarische bodem	niet-agrarische bodem naar compostverwerking	x102	formula		0.0100
==== Total =====					0.1785
OUTPUTS OF compostverwerking TO:					
stort	stort van compost	x71	bal.item*		0.0000
niet-agrarische bodem	gebruik van compost in tuintjes en plantsoenen	x72	formula		0.1785
==== Total =====					0.1785
INPUTS OF rioolwaterzuivering FROM:					
huishoudens en gebruikers	afvalwater huishoudens en gebruikers naar RWZI	x51	formula		0.3500
tandartspraktijk	amalgaam naar RWZI	x59	formula		2.5500
afvalverbranding	emissie naar oppervlakte water door AVI	x70	formula		0.0500
overige industrie	afvalwater overige industrie	x137	formula		0.1100
lucht	depositie op RWZI	x139	formula		0.0500
==== Total =====					3.1100
OUTPUTS OF rioolwaterzuivering TO:					
oppervlakte water	emissie oppervlakte water door RWZI	x73	formula		1.2600
plantaardige produktie	toepassing van RWZI slib in landbouw	x74	formula		0.4101
stort	stort van RWZI slib	x75	bal.item*		0.5498
afvalverbranding	verbranden van RWZI slib	x76	formula		0.0100
economie	accumulatie in (binnen)riolen	x116	formula		0.9200
==== Total =====					3.1100
INPUTS OF wegenbouw FROM:					
afvalverbranding	gebruik van AVI slakken en vliegas in wegenbouw	x66	bal.item		0.2100
basismetalaalindustrie	slakken en assen uit basismetalaalindustrie naar wegenbouw	x84	formula		0.1700
==== Total =====					0.3800
OUTPUTS OF wegenbouw TO:					
economie	accumulatie in wegenbouw	x117	bal.item*		0.3800
==== Total =====					0.3800
INPUTS OF crematorium/begraafplaats FROM:					
huishoudens en gebruikers	amalgaam via patienten naar crematorium/begraafplaats	x54	formula		0.1470
==== Total =====					0.1470
OUTPUTS OF crematorium/begraafplaats TO:					
lucht	luchtemissie bij crematorium	x77	formula		0.0500
niet-agrarische bodem	emissie naar bodem op begraafplaats	x78	bal.item*		0.0970
==== Total =====					0.1470

INPUTS OF lucht FROM:

aardgaswinning									luchtemissie aardgaswinning
petrochemische industrie								x9	luchtemissie bij petrochemische industrie
chlooralkaliindustrie								x16	luchtemissie chlooralkaliindustrie
huishoudens en gebruikers								x19	luchtemissie huishoudens en gebruikers door lampenbreuk
afvalverbranding								x53	luchtemissie AVI (Coppoolse, 1993)
crematorium/begraafplaats								x69	luchtemissie bij crematorium
basismetalaalindustrie								x77	luchtemissie basismetalaalindustrie
electriciteitscentrales								x85	luchtemissie E-centrale (Coppoolse, 1993)
instroom via lucht								x91	instroom via lucht
huishoudens en gebruikers								x92	luchtemissie door aardgasverbranding
overige industrie								x124	emissie lucht uit overige industrie
ziekenhuizen en laboratoria								x140	emissie lucht uit ziekenhuizen en laboratorie (breuk)
==== Total =====								x141	
	0.0200	formula							
	0.0500	formula							
	0.8000	formula							
	0.2000	formula							
	1.5000	formula							
	0.0500	formula							
	0.3800	formula							
	0.5000	formula							
	1.9000	formula							
	0.2000	formula							
	0.6800	formula							
	0.3300	formula							
	6.6100								

OUTPUTS OF lucht TO:

uitstroom via lucht									uitstroom via lucht
plantaardige produktie									depositie op landbouwbodem
niet-agrarische bodem									depositie op niet-agrarische bodem
oppervlakte water									depositie op oppervlakte water
rioolwaterzuivering									depositie op RWZI
==== Total =====									
	2.7100	formula						x93	
	1.9000	formula						x94	
	1.6100	bal.item*						x95	
	0.3400	formula						x96	
	0.0500	formula						x139	
	6.6100								

INPUTS OF oppervlakte water FROM:

petrochemische industrie									emissie naar oppervlakte water bij petrochemische industrie
chlooralkaliindustrie									emissie oppervlakte water chlooralkaliindustrie
produktie TL-lampen									emissie oppervlakte water bij lampenproduktie
fosfaat-ertsverwerking									emissie oppervlakte water van fosfogips uit P-ertsverwerking
rioolwaterzuivering									emissie oppervlakte water door RWZI (Coppoolse, 1993)
basismetalaalindustrie									emissie oppervlakte water basismetalaalindustrie
lucht									depositie op oppervlakte water
agrarische bodem									afspoeling van agrarische bodem
niet-agrarische bodem									afspoeling van niet-agrarische bodem
grondwater									doorspoeling van grondwater naar oppervlakte water
instroom via rivieren									instroom via rivieren
electriciteitscentrales									emissie oppervlakte water E-centrale
overstort									(Coppoolse, 1993)
==== Total =====									
	0.0400	formula						x17	
	0.0500	formula						x20	
	0.0100	formula						x25	
	0.3700	formula						x30	
	0.3401	formula						x73	
	0.0360	formula						x86	
	0.3400	formula						x96	
	0.0100	formula						x99	
	0.0000	formula						x103	
	0.0000	formula						x106	
	3.5000	formula						x108	
	0.0900	formula						x131	
	0.9200								
	5.7061								

OUTPUTS OF oppervlakte water TO:

uitstroom naar zee									uitstroom naar zee
sediment									sedimentatie
==== Total =====									
	3.4963	formula						x109	
	2.2139	bal.item*						x110	
	5.3102								

INPUTS OF grondwater FROM:

agrarische bodem
 niet-agrarische bodem
 =====
 Total =====
 oppervlakte water
 milieu
 =====
 Total =====
 OUTPUTS OF grondwater TO:

0.4158	formula	x100	uitspoeling uit agrarische bodem
0.2640	formula	x104	uitspoeling uit niet-agrarische bodem
0.6798			
0.0000	formula	x106	doorspoeling van grondwater naar oppervlakte water
0.6798	bal.item*	x107	accumulatie in grondwater
0.6798			

INPUTS OF agrarische bodem FROM:
 plantaardige produktie
 =====
 Total =====
 OUTPUTS OF agrarische bodem TO:

2.9701	bal.item	x97	emissie plantaardige produktie naar bodem
2.9701			

compostverwerking
 oppervlakte water
 grondwater
 milieu
 =====
 Total =====
 INPUTS OF niet-agrarische bodem FROM:

0.0885	formula	x98	agrarische bodem naar compostverwerking
0.0100	formula	x99	afspoeling van agrarische bodem
0.4158	formula	x100	uitspoeling uit agrarische bodem
2.4500	bal.item*	x101	accumulatie in agrarische bodem
2.9701			

INPUTS OF niet-agrarische bodem FROM:
 compostverwerking
 crematorium/begraafplaats
 lucht
 =====
 Total =====
 OUTPUTS OF niet-agrarische bodem TO:

0.1785	formula	x72	gebruik van compost in tuintjes en plantsoenen
0.0970	bal.item	x78	emissie naar bodem op begraafplaats
1.6100	bal.item	x95	depositie op niet-agrarische bodem
1.8855			

INPUTS OF niet-agrarische bodem FROM:
 compostverwerking
 oppervlakte water
 grondwater
 milieu
 =====
 Total =====
 OUTPUTS OF sediment FROM:

0.0100	formula	x102	niet-agrarische bodem naar compostverwerking
0.2074	formula	x103	afspoeling van niet-agrarische bodem
0.2640	formula	x104	uitspoeling uit niet-agrarische bodem
1.4041	bal.item*	x105	accumulatie in niet-agrarische bodem
1.8855			

INPUTS OF sediment FROM:
 oppervlakte water
 =====
 Total =====
 OUTPUTS OF sediment TO:

2.2139	bal.item	x110	sedimentatie
1.8139			
0.9260	formula	x111	stort van bagger; schatting
0.5623	formula	x112	stort van bagger op zee; schatting
0.7256	bal.item*	x113	accumulatie in sediment
1.8139			

SOURCES OF SYSTEM
 INPUTS FROM winning van kwik TO:
 aardgaswinning

8.0000	formula	x4	winning van kwik bij aardgaswinning
--------	---------	----	-------------------------------------

oliewinning									
==== Total =====									
INPUTS FROM import kwik TO:									
produktie TL-lampen									
produktie meetapparatuur ed.									
==== Total =====									
INPUTS FROM import kwikverbindingen TO:									
==== Total =====									
INPUTS FROM import zinkerts TO:									
primaire zinkproduktie									
==== Total =====									
INPUTS FROM import kolen TO:									
basismetalaalindustrie									
electriciteitscentrales									
huishoudens en gebruikers									
==== Total =====									
INPUTS FROM import olie TO:									
petrochemische industrie									
==== Total =====									
INPUTS FROM import P-erts TO:									
fosfaat-ertsverwerking									
==== Total =====									
INPUTS FROM import kunstmest TO:									
kunstmestindustrie									
==== Total =====									
INPUTS FROM import ijzererts TO:									
basismetalaalindustrie									
==== Total =====									
INPUTS FROM import agrarische produkten TO:									
veevoer industrie									
voedingsmiddelen industrie									
==== Total =====									
INPUTS FROM import batterijen TO:									
huishoudens en gebruikers									
==== Total =====									
INPUTS FROM import kwikhoudende produkten TO:									
chlooralkaliindustrie									
tandartspraktijk									
ziekenhuizen en laboratoria									
==== Total =====									
INPUTS FROM instroom via lucht TO:									
lucht									
==== Total =====									

INPUTS FROM instroom via rivieren TO:
 oppervlakte water 3.5000 formula x108 instroom via rivieren
 ==== Total =====
 3.5000
 INPUTS FROM import van kwikhoudende hoge druk lampen TO:
 huishoudens en gebruikers 0.0200 formula x133 import an kwikhoudende hoge druk lampen
 ==== Total =====
 0.0200
 INPUTS FROM import van meetapparatuur, en elektrotechnische componenten TO:
 huishoudens en gebruikers 3.2820 formula x49 import van barometers, thermostaten, thermometers
 overige industrie 1.1000 formula x136 import van thermometers, manometers en perosimeters
 ziekenhuizen en laboratoria 0.5000 formula x143 import van bloeddrukmeters, thermometers
 ==== Total =====
 4.8820

SINKS OF SYSTEM:

OUTPUTS TO export van kwik FROM:
 primaire zinkproductie 0.0000 formula x1 export van kwik gewonnen bij zinkertsverwerking
 kwikverwerkende industrie 2.5000 bal.item x127 export van kwik
 ==== Total =====
 2.5000
 OUTPUTS TO export kwikverbindingen FROM:
 ==== Total =====
 0.0000
 OUTPUTS TO export afvalstoffen voor opwerking FROM:
 ==== Total =====
 0.0000
 OUTPUTS TO export afvalstoffen FROM:
 aardgaswinning 5.0050 formula x6 export van afval uit aardgaswinning
 huishoudens en gebruikers 0.0600 formula x65 export van afgedankte lampen afval
 ==== Total =====
 5.0650
 OUTPUTS TO export kwikhoudende produkten FROM:
 productie TL-lampen 2.2200 formula x24 export van TL-lampen
 ==== Total =====
 2.2200
 OUTPUTS TO export kunstmest FROM:
 kunstmestindustrie 1.0000 formula x34 export van kunstmest
 ==== Total =====
 1.0000
 OUTPUTS TO export agrarische produkten FROM:
 ==== Total =====
 0.0000
 OUTPUTS TO export voedingsmiddelen FROM:
 voedingsmiddelen industrie 0.1000 formula x46 export van voedingsmiddelen
 ==== Total =====
 0.1000
 OUTPUTS TO uitstroom via lucht FROM:
 lucht 2.7100 formula x93 uitstroom via lucht
 ==== Total =====
 2.7100
 OUTPUTS TO uitstroom naar zee FROM:
 oppervlakte water 3.4963 formula x109 uitsroom naar zee

==== Total =====	3.4963			
OUTPUTS TO stort op zee FROM:				
sediment	0.5623	formula	x112	stort van bagger op zee
==== Total =====	0.5623			
OUTPUTS TO emissie naar zee FROM:				
aardgaswinning	0.0050	formula	x10	emissie naar zee bij aardgaswinning
oliewinning	0.0400	formula	x13	emissie naar zee bij oliewinning
==== Total =====	0.0450			
OUTPUTS TO export van cokes FROM:				
basismetaleindustrie	0.2000	formula	x125	export van cokes
==== Total =====	0.2000			
OUTPUTS TO export gas FROM:				
aardgaswinning	0.1500	formula	x129	export van gas
==== Total =====	0.1500			
ACCUMULATION IN SYSTEM:				
OUTPUTS TO milieu FROM:				
agrarische bodem	2.1391	bal.item	x101	accumulatie in agrarische bodem
niet-agrarische bodem	1.4041	bal.item	x105	accumulatie in niet-agrarische bodem
grondwater	0.6798	bal.item	x107	accumulatie in grondwater
sediment	0.7256	bal.item	x113	accumulatie in sediment
stort	23.3738	bal.item	x119	accumulatie op stortplaats
==== Total =====	28.3224			
OUTPUTS TO economie FROM:				
primaire zinkproduktie	3.0000	bal.item	x2	accumulatie van kwik in opslagruimte, voor verkoop
aardgaswinning	-0.0000	bal.item	x114	accumulatie in gasleidingen
huishoudens en gebruikers	1.5550	bal.item	x115	accumulatie in produkten
rioolwaterzuivering	1.8000	formula	x116	accumulatie in (binnen)riolen
wegenbouw	0.3800	bal.item	x117	accumulatie in wegenbouw
bouw	1.2050	bal.item	x118	accumulatie in bouw
shredder afval	0.8000	bal.item	x120	accumulatie shredder afval
opslag afvalstoffen	1.6900	bal.item	x121	accumulatie in opslag afvalstoffen
ziekenhuizen en laboratoria	0.5700	bal.item	x142	accumulatie in apparatuur
==== Total =====	11.0000			
LINKS TO OTHER SYSTEMS:				