

**stowa**

# TOEKOMSTIGE KWANTITEIT EN KWALITEIT VAN ZUIVERINGSSLIB

RAPPORT

2005

06



TOEKOMSTIGE KWANTITEIT EN KWALITEIT VAN ZUIVERINGSSLIB

RAPPORT

2005

06

ISBN 90.5773.292.0



stowa@stowa.nl www.stowa.nl  
TEL 030 232 11 99 FAX 030 232 17 66  
Arthur van Schendelstraat 816  
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen bij:  
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,  
TEL **078 623 05 00** FAX 078 623 05 48 EMAIL [info@hageman.nl](mailto:info@hageman.nl)  
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een afleveradres.

# COLOFON

Utrecht, juni 2005

UITGAVE STOWA, Utrecht

## PROJECTUITVOERING

P. Loeffen (Grontmij Nederland bv)

B. Geraats (Grontmij Nederland bv)

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

M. Augustyn (Waterschap Zeeuwse Eilanden)

M. Boersen (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)

H. Ellenbroek (Waterschap Regge en Dinkel)

W. Poiesz (Waterschap Noorderzijlvest)

H. van der Spoel (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)

C. Uijterlinde (STOWA)

S. Weijers (Waterschap De Dommel)

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2005-06  
ISBN 90.5773.292.0

FOTO voorkant: Maarten Boersen

# SAMENVATTING

## 1 INLEIDING

Om een beeld te kunnen vormen voor de slibketen van de toekomst zal met toekomstige veranderingen in kwaliteit en kwantiteit van het zuiveringsslib rekening gehouden moeten worden. In deze studie is beoogd om het effect van toekomstige ontwikkelingen in de afvalwaterketen op de kwaliteit en kwantiteit van communaal zuiveringsslib in kaart te brengen. De studie is begrensd tot de r.w.z.i. zelf en beperkt zich tot de invoer (belasting) van de r.w.z.i. en het effect op de slibkwaliteit en -kwantiteit. De analyse van de toekomstige slibkwaliteit en slibkwantiteit heeft op hoofdlijnen plaats gevonden op basis van een landelijk beeld. Bronnen van CBS, CPB, RIZA, RIVM, VROM, DRSB, SNB en van de Nederlandse waterbeheerders zijn hiervoor geraadpleegd. Het volgende stappenplan is gehanteerd:

1. Vaststellen historische en huidige situatie  
▼
2. Vertaalslag naar slibkwaliteit en slibkwantiteit  
▼
3. Prognose van toekomstige belasting van r.w.z.i.'s  
▼
4. Bepalen toekomstige slibkwaliteit en slibkwantiteit  
▼
5. Variantenanalyse

## 2 HISTORISCHE EN HUIDIGE SITUATIE

Op basis van een algemeen, gemiddeld beeld is de historische en huidige situatie weergegeven met betrekking tot procesdata (procesvoering, influent- en slibsamenstelling, slibproductie, emissies) en beleid. De jaren 1981 tot en met 2002 zijn in beschouwing genomen.

### 2.1 PROCESDATA

Voor de huidige situatie zijn (gesuspendeerde) actief slibsystemen dominant. Aëratietanks en carrousels nemen gezamenlijk verreweg het grootste aandeel in. De belasting en het volume aangevoerd afvalwater is gedurende de jaren toegenomen. In 2001 bedroeg de belasting circa 18 miljoen i.e. Als gevolg van aangescherpte stikstof eisen neemt de gemiddelde slibbelasting in de tijd af van 0,09 kg BZV/kg ds/d in 1981 tot 0,07 kg BZV/kg ds/d in 2001. De aanwezigheid van voorbezinking neemt vanaf begin jaren tachtig af, de aanscherping van de stikstof eisen is ook hier een mogelijke verklaring voor. Vanaf 1990 is een groei in de toepassing van technieken voor fosfaatverwijdering op de r.w.z.i.'s waar te nemen. Ten opzichte van chemische fosfaatverwijdering is het aandeel biologische fosfaatverwijdering toegenomen tot ongeveer een kwart van de r.w.z.i.'s in 2001. De toepassing van slibgisting gedurende de jaren lijkt tot ongeveer 1990 toe te nemen en daarna constant te blijven. Circa een kwart van de r.w.z.i.'s is uitgerust met slibgisting in 2001. Deze r.w.z.i.'s representeren ongeveer de helft van de totale i.e.-belasting in Nederland.

Met uitzondering van arseen is voor de meeste metalen de aanvoer via het influent sterk gedaald. Het blijkt dat zowel de concentraties als de vrachten van alle genoemde componenten in het effluent door de jaren heen afnemen. Arseen vormt hierop wederom een uitzondering. Het effect op de stikstof- en fosfaatverwijdering door het Lozingenbesluit Stedelijk Afvalwater

is duidelijk te zien. Over een periode van tien jaar zijn de effecten van bronmaatregelen en van het zuiveringsbeleid goed zichtbaar.

De totale hoeveelheid slib (droge stof) lijkt de laatste jaren te stabiliseren tot een waarde rond de 350.000 ton drogestof per jaar. Als gevolg van slibontwatering is de laatste 10 tot 15 jaar het drogestofgehalte gestegen van 6 % in 1990 tot 24 % in 2001. Daarnaast is het organisch gehalte gestegen tot 64 % en de calorische waarde tot 1,35 MJ/kg ontwaterd slib in 2001.

De fosfaatvracht in het influent is sinds 1990 stabiel. De fosfaatconcentratie in slib fluctueert de laatste 10 jaar sterk, maar lijkt de laatste jaren te stabiliseren tot 20 g P/kg ds. Het aantal data waarop het landelijk gemiddelde voor fosfaat wordt gebaseerd neemt af als gevolg van een verminderde noodzaak om fosfaat in slib te meten.

Algemeen kan geconcludeerd worden dat de concentratie aan zware metalen in slib afneemt, met uitzondering van arseen. Met betrekking tot de vrachten van zware metalen in slib kan het volgende worden geconcludeerd. De vracht van koper is in de jaren '80 aanzienlijk toegenomen en lijkt daarna te stabiliseren of licht te dalen. De zinkvracht is stabiel. De vrachten aan lood en chroom nemen systematisch af. De vrachten aan cadmium en nikkel zijn afgenomen en lijken te stabiliseren. De kwikvracht lijkt, na lange tijd rond vergelijkbare waarden gefluctueerd te hebben, de laatste jaren te gaan dalen.

De verwijdering van Pb, Cu, Hg, Zn, en Cr tijdens het zuiveringsproces valt ruwweg in de range van 75-85%, de verwijdering van Cd en As rond de 50% en de verwijdering van Ni rond de 40%.

Het blijkt dat de massabalansen over een r.w.z.i. niet voor alle inerte stoffen binnen 10% sluitend te maken zijn. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat er steekproefsgewijs wordt gemeten en er wordt geëxtrapoleerd naar de totale hoeveelheden slib, influent en effluent.

Vanwege een gebrek aan data zijn de organische microverontreinigingen (inclusief PAK) in deze studie verder buiten beschouwing gelaten.

## 2.2 BELEID

Bronmaatregelen voor microverontreinigingen, ter verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit, zullen van kracht blijven en mogelijk worden versterkt. Afkoppeling van regenwater zal onverminderd worden doorgezet. Hierdoor treedt compensatie op van een eventuele toename in vrachten naar de r.w.z.i. ten gevolge van economische groei. Stabilisering of vermindering van de aanvoer van microverontreinigingen naar de r.w.z.i. kan worden voorzien. Voor de verwijdering van microverontreinigingen kan op termijn additionele behandeling van effluent worden verwacht, wat een toename van de vracht aan microverontreinigingen naar het te verwerken slib zou kunnen betekenen. Verscherpte stikstof en fosfaat effluent-eisen vereisen procesmaatregelen in de r.w.z.i. die invloed op de slibkwaliteit en kwantiteit kunnen hebben. Het is niet te verwachten dat de komende twee decennia de eisen voor eindverwerking van slib zullen veranderen. Een significante verschuiving van de acceptatie eisen naar strengere eisen voor slib ligt dan ook niet in de lijn der verwachtingen.

### 3 VERTAALSLAG

Het is mogelijk gebleken om op basis van voornoemde procesdata een relatie tussen de belasting van de r.w.z.i.'s en de slibsamenvatting en slibhoeveelheid vast te stellen.

#### 3.1 SLIBKWALITEIT, METALEN

Op basis van een analyse van literatuurgegevens en een onderbouwing met praktijkgegevens is geconcludeerd dat de relatie tussen de influentbelasting met zware metalen en de belasting van het slib met zware metalen goed kan worden beschreven met een Freundlich adsorptie isotherm en met een lineair verband tussen de influentvrucht en de slibvrucht. Ondanks de Freundlich adsorptie isotherm nauwkeuriger is, is het lineaire verband acceptabel voor het doel van deze studie en is daarnaast ook het meest handzaam in het gebruik. Toekomstige veranderingen in de influentbelasting met zware metalen kunnen op deze wijze doorgerekend worden naar de slibkwaliteit. Uit de literatuur is op te maken dat de pH en het organisch stofgehalte belangrijke parameters zijn die de verwijdering van zware metalen beïnvloeden. Een redelijke aanname is dat deze parameters voor de Nederlandse situatie als constant kunnen worden beschouwd.






#### 3.2 SLIBKWANTITEIT

De historische praktijkwaardes voor slibproductie zijn met gangbare modellen voor ontwerp-berekeningen goed te beschrijven. De gehanteerde berekeningswijze is voldoende betrouwbaar om prognoses voor toekomstige slibkwantiteit op te stellen.

### 4 FOUTENMARGE

De berekende eindresultaten voor de prognose van de belasting van r.w.z.i.'s en voor de prognose van de toekomstige slibkwaliteit en kwantiteit kennen een zekere foutenmarge veroorzaakt door spreiding en fouten in data en onzekerheden in aannames en uitgangspunten. Afhankelijk van de parameter is deze marge bepaald op 5-10%. Verschillen binnen deze bandbreedte zijn als niet significant beschouwd.

Om de trend naar de toekomst te visualiseren zijn de gemiddelde resultaten van de prognoses voor de periode 2001-2005 vergeleken met de gemiddelde resultaten van de periode 2010-2020. Bij deze trendanalyse is de volgende kleurencodering gehanteerd:

	vanaf 15% afname ten opzichte van 2001-2005 (kleiner dan -15%)
	5 - 15 % afname ten opzichte van 2001-2005 (tussen -5% en -15%)
	minder dan 5 % toename en minder dan 5 % afname ten opzichte van 2001-2005
	5-15% toename ten opzichte van 2001-2005 (tussen +5% en +15%)
	Vanaf 15 % toename ten opzichte van 2001-2005 (groter dan +15%)

### 5 PROGNOSE TOEKOMSTIGE BELASTING

#### 5.1 METALEN

In het RIZA-rapport uit 1999 'Waterverkenningen: Een strategie voor de aanpak van microverontreinigingen in communaal afvalwater' (RIZA-Waterverkenningen) zijn een aantal mogelijke strategieën voor de reductie van emissie van microverontreinigingen (zware metalen en PAK's) op en vanuit het communale afvalwatersysteem verkend. Dit RIZA rapport vormde een belangrijke basis voor deze studie. De aard en omvang van emissiebronnen die op

het communale afvalwatersysteem lozen zijn onderzocht. Een groot aantal primaire bronnen is geïnventariseerd en gekwantificeerd, waarbij voor de industrie een opsplitsing op branche niveau is gemaakt. Hiermee is meer inzicht verkregen in de achterliggende oorzaken van verontreinigingen. Vanuit deze basis zijn potentiële bronmaatregelen geformuleerd om de emissies vanuit die bronnen te reduceren. Vervolgens zijn in een aantal varianten de emissieontwikkelingen naar de toekomst (2005, 2010, 2020) bepaald, rekening houdend met diverse beleidscenari'o's. De in 1998 bekende beleidslijnen zijn hiervoor als uitgangspunt gehanteerd. Voor onderhavige studie zijn twee scenario's gehanteerd.

- Huidig beleid. In het scenario Huidig beleid wordt er van uit gegaan dat de in 1998 bekende toekomstige beleidslijnen worden uitgevoerd. Deze komen grotendeels overeen met het beleid anno 2004.
- Optimix. Het scenario Optimix kent een hoger ambitie niveau, waarbij maatregelen zijn geselecteerd op milieurendement en kosteneffectiviteit.

Tabel 1 geeft de trendanalyse voor de vrachten metalen in het influent weer.

TABEL 1

VRACHTEN METALEN IN INFLUENT: GEMIDDELTE 2010-2020, PROCENTUEEL VERSCHIL MET GEMIDDELTE 2001-2005

	Huidig Beleid		Optimix	
	kg	delta %	kg	delta %
Cu	130.000	-5,5	73.700	-40,5
Cr	22.400	7,5	15.900	-13,7
Zn	428.000	-4,6	305.000	-29,1
Pb	65.800	11,1	39.800	-26,2
Cd	890	-5,6	820	-12,3
Ni	24.100	1,2	18.200	-19,7
Hg	460	2,5	430	0,0
As	5.280	-7,7	4.870	-13,5

Ondanks de te verwachten groei van de economie en de bevolking laat het scenario Huidig Beleid grofweg een stabilisering van de zware metalen vrachten zien. Bij het scenario Huidig Beleid vindt er voor Cr en Pb een lichte stijging van de influentvracht plaats. Cu, Cd en As laten een lichte daling zien. De overige componenten laten geen significante verandering zien. Het scenario Optimix laat voor Cu, Zn, Pb en Ni een sterke daling van de influentvracht zien. De overige componenten, met uitzondering van Hg laten een lichte daling in de influentvracht zien.

## 5.2 CZV, BZV, N, P, SS

De groei van de belasting van r.w.z.i.'s met CZV, BZV, N, P en zwevende stof is verondersteld gelijke tred te houden met de groei van de bevolking volgens de bevolkingsprognose van het CBS en CPB. Het toekomstige aandeel van de industrie is hierbij, op basis van een analyse van historische data en beleid, stabiel verondersteld. Tabel 2 geeft de trendanalyse voor de influentvrachten aan CZV, BZV, N, P-tot en zwevende stof weer.

TABEL 2

VRACHTEN CZV, BZV, N, P-TOT, ZWEVENDE STOF IN INFLUENT: GEMIDDELTE 2010-2020, PROCENTUEEL VERSCHIL MET GEMIDDELTE 2001-2005

	2010-2020	t.o.v. 2001-2005
	1000 ton	delta %
CZV	1.007	6,0
BZV	381	6,0
N	91,8	6,0
P-tot	14,9	6,0
zwevende stof	493	6,0

## 6. TOEKOMSTIGE SLIBKWALITEIT EN KWANTITEIT

### 6.1 METALEN

Tabel 3 en 4 geven de trendanalyse weer voor de vrachten en concentraties metalen in slib.

TABEL 3 VRACHTEN METALEN IN SLIB: GEMIDDELTE 2010-2020, PROCENTUEEL VERSCHIL MET GEMIDDELTE 2001-2005

	Huidig Beleid kg	Huidig Beleid delta %	Optimix kg	Optimix delta %
Cu	104.000	-9,0	58.900	-42,9
Cr	16.500	4,3	11.800	-16,5
Zn	312.000	-3,8	222.000	-28,5
Pb	55.300	7,9	33.500	-28,4
Cd	490	-10,2	450	-16,6
Ni	9.160	-5,6	6.900	-25,3
Hg	370	-3,0	350	-5,6
As	2.590	-9,5	2.390	-15,2

Met uitzondering van Pb, geeft het scenario Huidig beleid een stabilisering of lichte daling van de metaalvrachten in het slib.

Het scenario Optimix laat, met uitzondering van Hg, voor alle metalen een sterke daling van de vracht in slib zien. De concentraties metalen in slib geven een vergelijkbaar beeld.

TABEL 4 CONCENTRATIES METALEN IN SLIB: GEMIDDELTE 2010-2020, PROCENTUEEL VERSCHIL MET GEMIDDELTE 2001-2005

	Huidig Beleid mg/kg ds	Huidig Beleid delta %	Optimix mg/kg ds	Optimix delta %
Cu	297	-10,9	168	-44,0
Cr	47	1,1	34	-18,3
Zn	889	-6,1	635	-30,0
Pb	157	5,0	95	-30,1
Cd	1,4	-9,7	1,3	-19,4
Ni	26	-8,1	20	-27,4
Hg	1,1	0,0	1,0	-9,1
As	7,4	-12,0	6,8	-17,7

### 6.2 INFLUENTVOLUME

Er wordt een afname van het influentvolume voor de toekomst voorzien. Het afkoppelen van regenwater is hierin de meest dominante factor, waarbij als uitgangspunt een afkoppelpercentage van 2% is gehanteerd. Vergeleken met het gemiddelde van de jaren 1998-2002 wordt er in 2020 ca. 17 % minder water aangevoerd. Bij gelijkblijvende of toenemende aanvoervrachten zal deze afname leiden tot verhoging van de influentconcentraties. Een onzekere factor in de prognose van het influentvolume is veranderende regenval als gevolg van klimaatverandering.

### 6.3 SLIBKWANTITEIT

Het is mogelijk gebleken de slibproductie te berekenen op basis van de influentbelasting en de gemiddelde procesvoering van Nederlandse r.w.z.i.'s. De berekeningswijze is gevalideerd met historische data.

De toekomstige jaarlijkse slibkwantiteit zal binnen een marge van 5% stabiel zal blijven rond een waarde van circa 350.000 ton droge stof. Dit is een resultante van de effecten van verhoging van de influentvracht en van een te verwachten verlaging van de slibbelasting als gevolg van strengere (stikstof) effluenteisen en als gevolg van verhoging van de influentconcentratie.



## 7 AANBEVELINGEN

In de studie is dankbaar gebruik gemaakt van data van CBS en Landelijke emissieregistratie. Deze bronnen zijn zeer bruikbaar gebleken voor onderhavige studie. Tevens moeten ook beperkingen worden geconstateerd en een veroudering van de structuur en het type aangeleverde data. Aanbevolen wordt de databestanden uit te rusten voor de toekomstige behoefte. Die onder andere wordt gestuurd door de Kader Richtlijn Water en de hernieuwde belangstelling voor zuiveringsslib. Een herziening is op zijn plaats, dit geldt in sterkere mate voor de CBS data dan voor de Emissieregistratie.

De in 1998 door het RIZA opgestelde prognose van de toekomstige belasting van het oppervlaktewater met microverontreinigingen is een belangrijke basis gebleken voor deze studie. Een soortgelijke prognose is na 1998 niet meer herhaald. De 4-jaarlijkse Milieuverkenningen van het RIVM kan, gezien het daarin gehanteerde aggregatieniveau, deze leemte niet invullen. Aanbevolen wordt om regelmatig (bijvoorbeeld elke 5 jaar) prognoses op te stellen voor de aanvoer van microverontreinigingen via het communale afvalwatersysteem naar r.w.z.i's en voor de daarmee gerelateerde slibkwaliteit, effluentkwaliteit en oppervlaktewaterkwaliteit. Tevens kan dan regelmatige toetsing en (her)ijking met praktijkwaarden plaats vinden.

# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstututen en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)



# TOEKOMSTIGE KWANTITEIT EN KWALITEIT VAN ZUIVERINGSSLIB

## INHOUD

	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Kader	1
1.2	Aanpak van de studie	1
1.3	leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>ISTORISCHE EN HUIDIGE SITUATIE</b>	<b>3</b>
2.1	Inleiding	3
2.2	Hoofdpijnen procesvoering r.w.z.i.'s	3
2.3	Influentsamenstelling en -belasting r.w.z.i.'s	5
2.4	Effluentsamenstelling	7
2.5	Slibkwantiteit en slibsamenstelling	8
2.6	Organische microverontreinigingen	11
2.7	Gemiddeld verwijderingsrendement	12

2.8	Beleid	13
2.8.1	Algemene ontwikkeling	13
2.8.2	Specifiek beleid en wetgeving	14
2.8.3	Algemene conclusies beleidsaspecten	18
3	VERTAALSLAG	19
3.1	Inleiding	19
3.2	Literatuurscan vertaalslag influentsamenstelling en slibkwaliteit	19
3.2.1	Verwijderingsmechanisme zware metalen	19
3.2.2	Invloed procesonderdelen	20
3.2.3	Gerapporteerde verwijderingspercentages	21
3.3	Relatie influentsamenstelling en slibkwaliteit	22
3.3.1	Concentratie en vracht	23
3.3.2	Freundlich en Langmuir adsorptie	24
3.3.3	Conclusie datafit	27
3.4	Effect verandering influentbelasting	27
3.5	Conclusies vertaalslag slibkwaliteit zware metalen	27
3.6	Vertaalslag slibkwantiteit	28
4	PROGNOSE TOEKOMSTIGE BELASTING	30
4.1	Prognose influentkwaliteit	30
4.2	Influentvrachten RIZA-Waterverkenningen	32
4.3	Trend influentvrachten Huidig Beleid en Optimix	33
4.4	Prognose toekomstige belasting r.w.z.i's aan CZV, BZV, N en P	34
4.5	Fouten en gevoeligheidsanalyse	35
4.6	Afvalwaterkwantiteit	36
4.7	Bepaling toekomstige belasting r.w.z.i's met zware metalen	37
4.8	Bepaling toekomstige belasting r.w.z.i's met CZV, BZV, N en P	39
5	TOEKOMSTIGE SLIBKWALITEIT EN –KWANTITEIT	40
5.1	Inleiding	40
5.2	Bepaling slibkwantiteit	40
5.3	Bepaling slibkwaliteit Huidig beleid en Optimix	41
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	43
6.1	Conclusies	43
6.2	Aanbevelingen	45
	REFERENTIES EN BRONNEN	46
BIJLAGE 1	CBS enquête Zuivering van afvalwater voor waterbeheerders, deel A, B & C	
BIJLAGE 2	Concentraties en vrachten van zware metalen in influent, effluent en slib	
BIJLAGE 3	Meetgegevens SNB en DRSH	
BIJLAGE 4	Historische weergave fosfaatconcentratie en -vracht in slib	
BIJLAGE 5	Organische microverontreinigingen	
BIJLAGE 6	Freundlich en Langmuir adsorptie isothermen	
BIJLAGE 7	Verhoudingen metaalgehalte in slib en influent of effluent	
BIJLAGE 8	Grafische weergave vertaalslag slibkwaliteit	
BIJLAGE 9	Berekening slibkwaliteit met behulp van de Freundlich adsorptie isotherm	
BIJLAGE 10	Verandering slibkwaliteit bij verlaging metaalvracht in influent	
BIJLAGE 11	Achtergronden scenario's RIZA verkenningen	
BIJLAGE 12	Uitgangspunten en parameters berekening slibkwantiteit	

# 1

## INLEIDING

### 1.1 KADER

Om een beeld te kunnen vormen voor de slibketen van de toekomst zal met toekomstige veranderingen in kwaliteit en kwantiteit van het zuiveringsslib rekening gehouden moeten worden. Deze studie beoogt het effect van toekomstige ontwikkelingen in de afvalwaterketen op de kwaliteit en kwantiteit van communaal zuiveringsslib in kaart te brengen. De studie is begrensd tot de r.w.z.i. zelf en beperkt zich tot de invoer (belasting) van de r.w.z.i. en het effect op de slibkwaliteit en -kwantiteit. Behandeling en verwerking van slib zijn uitgesloten. Deze aspecten zijn vervat in een aparte STOWA slibketenstudie.

### 1.2 AANPAK VAN DE STUDIE

De studie is aan de hand van het volgende stappenplan uitgevoerd:

1. Vaststellen historische en huidige situatie  
▼
2. Vertaalslag naar slibkwaliteit en slibkwantiteit  
▼
3. Prognose van toekomstige belasting van r.w.z.i.'s  
▼
4. Bepalen toekomstige slibkwaliteit en slibkwantiteit  
▼
5. Variantenanalyse

Het stappenplan is als een richtlijn gehanteerd. Details en verdere concretisering zijn door middel van voortschrijdend inzicht tijdens de studie ingevuld. Gezien de diversiteit van de problematiek is pragmatisch te werk gegaan. De analyse van de toekomstige slibkwaliteit en slibkwantiteit heeft op hoofdlijnen plaats gevonden op basis van een landelijk gemiddelde.

Eerst is een algemeen, gemiddeld beeld van de procesdata en het beleid in de historische en huidige situatie weergegeven.

Vervolgens is met de verkregen procesdata een relatie tussen de belasting van de r.w.z.i.'s en de slibsamenstelling en slibhoeveelheid vastgesteld. Ter onderbouwing is een literatuurscan uitgevoerd. Hierop volgend zijn de influentsamenstelling en belasting van r.w.z.i.'s geprognosticeerd voor de middellange (2015) en lange (2025) termijn. Op basis van de vertaalslag tussen de belasting van de r.w.z.i.'s en de slibsamenstelling en de prognose van de toekomstige belasting van de r.w.z.i.'s is een schatting van de toekomstige slibkwaliteit en kwantiteit opgesteld. Tot slot is een variantenanalyse opgesteld met behulp van een gevoeligheidsanalyse op grond van de meest relevante aspecten en de hoofdinvoeden van het toekomstige beleid.

Er is gebruik gemaakt van gegevens van Rijkswaterstaat/RIZA, Centraal Bureau Statistiek (CBS), Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne (VROM), Centraal Planbureau (CPB), Slibverwerking Noord-Brabant NV (SNB), DRSH zuiveringsslib NV (DRSH) en de waterbeheerders [1] - [12]. Met het CBS, RIZA en RIVM is veelvuldig contact gelegd betreffende aanvullende gegevens en onvolkomenheden in de beschikbare data. De gegevens van het CBS vormen de hoofdmoot van de gebruikte data. Het CBS verzamelt de gegevens voor de rapportage over zuivering van afvalwater op basis van enquêtes die waterbeheerders jaarlijks door het CBS toegestuurd krijgen (Bijlage 1). Voor de berekeningen in onderhavige studie zijn CBS data tot en met 2001 gebruikt. De CBS data van 2002 zijn later ter beschikking gekomen en in de bijlage opgenomen.

### **1.3 LEESWIJZER**

In hoofdstuk twee is de huidige situatie van de slibkwaliteit en -kwantiteit geschetst van de r.w.z.i.'s in Nederland. Vervolgens is in hoofdstuk drie een vertaalslag van de belasting van de r.w.z.i. naar de slibkwaliteit en de slibkwantiteit beschreven. Prognoses van de toekomstige influentbelasting zijn in hoofdstuk vier uiteengezet. Hoofdstuk vijf beschrijft de toekomstige slibkwantiteit- en kwaliteit, geïllustreerd met enkele scenario's. Ten slotte zijn in hoofdstuk zes de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

# 2

## HISTORISCHE EN HUIDIGE SITUATIE

### 2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk is de huidige situatie in Nederland voor slibkwaliteit en –kwantiteit weergegeven. Voor een analyse van de huidige situatie zijn zowel gegevens over zuiveringsslib, als ook over de Nederlandse r.w.z.i.'s meegenomen. Om de trend van de gegevens te kunnen bestuderen, zijn tevens historische waarden weergegeven. De volgende procesdata zijn geïventariseerd:

- de hoofdlijnen van de procesvoering van de r.w.z.i.'s;
- de influentsamenstelling en belasting van de r.w.z.i.'s;
- de effluentsamenstelling en belasting van de r.w.z.i.'s;
- de slibkwantiteit en -samenstelling;
- organische microverontreinigingen.

Tevens is het huidige en toekomstige beleid samengevat. Voor zover dit betrekking heeft op: de belasting van r.w.z.i.'s met verontreinigingen, de slibverwerking en de slibafzet.

### 2.2 HOOFDLIJNEN PROCESVOERING R.W.Z.I.'S

Het CBS hanteert een indeling in typen r.w.z.i.'s die als vrij traditioneel kan worden gekarakteriseerd. Deze is begin jaren tachtig overgenomen van de typering die het RIZA hanteerde. De verschillende uitvoeringsvormen van de biologische zuiveringstrap vormen de basis voor de indeling. In de typering komen de verschillen tot uiting tussen laagbelast en hoogbelast (bv. aëratietank versus oxidatietank), type stroming en vorm van het bassin (bv. aëratietank versus oxidatiesloot), type circuit en/of type beluchter (bv. oxidatiesloot versus carousel) en soort biologische trap, zoals actief slib of slib op drager (bv. aëratietank versus oxidatiebed). Er worden onderscheiden:

- oxidatiebedden;
- aëratietanks (actiefslib systeem met een slibbelasting van 0,1 tot 1,0 kg BZV/kg d.s./dag);
- oxidatietanks (zelfde werkingsprincipe als aëratietanks echter met een veel lagere slibbelasting (circa 0,05 kg BZV/kg d.s./dag);
- oxidatiesloten (het afvalwater wordt meerdere malen door een beluchtingscircuit geleid, de slibbelasting is zeer laag);
- carousells (modern type oxidatiesloot);
- parallelle installaties (meerdere straten worden naast elkaar gebruikt);
- meertrapinstallaties (installaties waarin systemen in serie geplaatst zijn, hiertoe behoren ook de AB systemen);

Het aandeel van de verschillende typen r.w.z.i.'s op het totaal in Nederland is in Figuur 2-1 weergegeven. Geconcludeerd kan worden dat voor de huidige situatie (gesuspendeerde) actief slibsystemen dominant zijn. Aëratietanks en carousells nemen gezamenlijk het grootste aandeel in (66 % in 2001). Het aandeel van mechanische installaties, discontinue systemen en



compact installaties is verwaarloosbaar (0,04 % in 2001) en wordt verder buiten beschouwing gelaten.

TABEL 2-1

## HOOFDLIJNEN PROCESVOERING R.W.Z.I.'S

	1981	1985	1990	1995	2001	
<b>algemeen</b>						
aantal r.w.z.i.'s	505	487	469	424	384	r.w.z.i.'s
ontwerpcapaciteit <sup>1)</sup>	20.034	22.676	23.729	24.409	25.322	1.000 i.e. <sup>2)</sup>
werkelijke belasting <sup>3)</sup>	14.445	15.439	17.688	16.799	18.031	1.000 i.e. <sup>2)</sup>
aanvoer bevolking <sup>3)</sup>	14.209	14.454	14.893	15.424	15.987	1.000 i.e. <sup>2)</sup>
aanvoer overig <sup>3)</sup>	236	985	2.795	1.375	2.044	1.000 i.e. <sup>2)</sup>
volume water	1.247.035	1.417.433	1.642.646	1.854.023	2.131.929	1.000 m <sup>3</sup> /jr
neerslag jaargem. <sup>4)</sup>	929	802	789	804	1039	mm/jr
relatieve belasting <sup>5)</sup>	86	92	93	110	118	m <sup>3</sup> /i.e.
drinkwaterverbruik	109	117	123	134	126	l/d/inwoner
drinkwaterverbruik	40	43	45	49	46	m <sup>3</sup> /i.e.
stibbelasting <sup>6)</sup>	87	87	101	83	73	gBZV/kg ds/d
<b>voorbezinking</b>						
aanwezig	74 %	75 %	69 %	65 %	62 %	% tot. i.e.
P verwijdering						
geen P verw	19.222	21.761	21.989	12.082	4.714	1.000 i.e.
	96 %	96 %	93 %	49 %	19 %	% tot. i.e.
met P verw.	812	916	1.740	12.327	20.608	1.000 i.e.
	4 %	4 %	7 %	51 %	81 %	% tot. i.e.
chemisch	812	916	1.665	11.042	14.034	1.000 i.e.
	100 %	100 %	96 %	90 %	68 %	% P verw
biologisch	0	0	75	1.036	4.643	1.000 i.e.
	0 %	0 %	4 %	8 %	23 %	% P verw
combinatie	0	0	0	249	1.932	1.000 i.e.
	0 %	0 %	0 %	2 %	9 %	% P verw
<b>slibvergisting</b>						
afwezig <sup>7)</sup>	344	356	332	309	284	r.w.z.i.'s
	68 %	73 %	71 %	73 %	74 %	% r.w.z.i.'s
	10.045	11.069	8.724	10.207	11.464	1.000 i.e.
	50 %	49 %	37 %	42 %	45 %	% tot. i.e.
aanwezig <sup>7)</sup>	161	131	137	115	100	r.w.z.i.'s
	32 %	27 %	29 %	27 %	26 %	% r.w.z.i.'s
	9.989	11.607	15.005	14.202	13.858	1.000 i.e.
	50 %	51 %	63 %	58 %	55 %	% tot. i.e.
ds uit gisting <sup>8)</sup>	95.573	108.975	170.683	162.445	153.442	1.000 kg
	67 %	62 %	65 %	55 %	54 %	% tot slib
T gisting	30	31	32	32	33	°C
afbraak ds	43	44	37	34	32	%

<sup>1)</sup> actuele capaciteit. Dit is de eventueel bijgestelde ontwerpcapaciteit en dus afhankelijk van de definitie van de ontwerpcapaciteit die de verschillende waterbeheerders in hun beleid hebben vastgelegd;

<sup>2)</sup> i.e. à 54 g BZV;

<sup>3)</sup> de werkelijke belasting is berekend met behulp van de vracht BZV in het influent, de aanvoer bevolking aan de hand van het inwonertal van Nederland en de overige aanvoer is het verschil tussen beide;

<sup>4)</sup> jaargemiddelde neerslag in district De Bilt, het langjaargemiddelde in district De Bilt over voorgaande 30 jaar is ongeveer 800 mm;

<sup>5)</sup> m<sup>3</sup> aangevoerd afvalwater / werkelijke belasting;

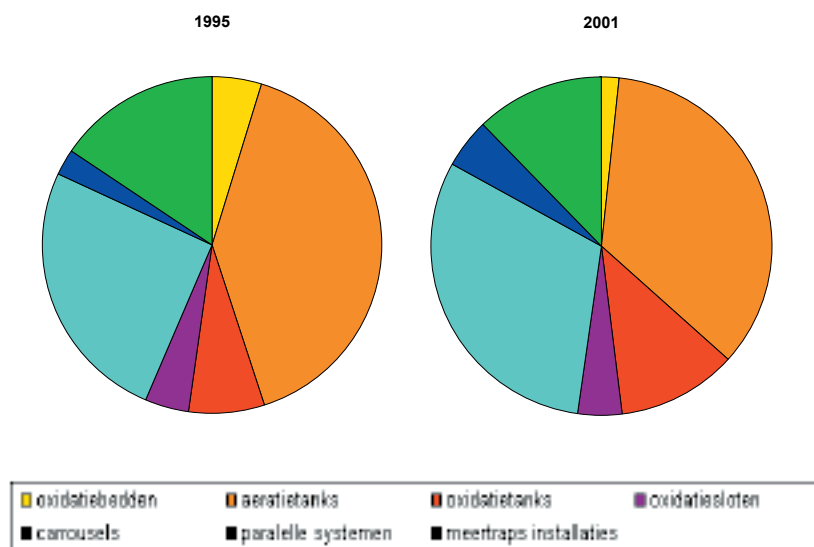
<sup>6)</sup> hoeveelheid BZV die per dag per kg actieve biomassa wordt aangevoerd in het bassin waarin biologische zuivering plaatsvindt. Gewogen gemiddelde van de Nederlandse zuiveringen;

<sup>7)</sup> capaciteit van de r.w.z.i.'s met of zonder vergisting;

<sup>8)</sup> berekende waarde.

FIGUUR 2-1

WEERGAVE VERDELING VAN SOORT INSTALLATIES IN NEDERLAND IN 1995 EN 2001



In Tabel 2-1 zijn de hoofdlijnen in de procesvoering van alle Nederlandse r.w.z.i.'s over de jaren 1981 tot en met 2001 weergegeven. Uit de tabel blijkt dat de capaciteit en het volume aangevoerd afvalwater gedurende de jaren toeneemt. Als gevolg van aangescherpte stikstof eisen neemt de gemiddelde slibbelasting in de tijd af. De aanwezigheid van voorbezinking neemt vanaf begin jaren 80 af, de aangescherpte stikstof eisen is ook hier een mogelijke verklaring voor. Als gevolg van beleidsverandering is er voornamelijk vanaf 1990 een groei in de toepassing van technieken voor fosfaatverwijdering op de r.w.z.i.'s waar te nemen. De fosfaatverwijdering is tot 1995 voornamelijk gedomineerd door chemische precipitatie. Sindsdien neemt het aandeel biologische fosfaatverwijdering steeds meer toe. De toepassing van slibgisting gedurende de jaren lijkt tot ongeveer 1990 toe te nemen en daarna constant te blijven. De gemiddelde vergistingstemperatuur lijkt in de loop der jaren licht te stijgen. Opvallend is dat het percentage drogestof afbraak een dalende trend vertoont.

### 2.3 INFLUENTSAMENSTELLING EN -BELASTING R.W.Z.I.'S

In Tabel 2-2 en Tabel 2-3 zijn de concentraties en de vrachten in het influent van het chemisch zuurstof verbruik (CZV), het biologisch zuurstof verbruik (BZV), stikstof (N), fosfaat (P) en zware metalen uiteengezet.

- koper (Cu)
- chroom (Cr)
- zink (Zn)
- lood (Pb)
- cadmium (Cd)
- nikkel (Ni)
- kwik (Hg)
- arseen (As).

Tevens is de concentratie en de vracht van PAK 6 voor het jaar 1995 weergegeven. Voor toelichting zie paragraaf 2.6.

In Bijlage 2 is een uitgebreider overzicht van de influentsamenstelling en belasting van de jaren 1981, 1985 en 1990 tot en met 2001 weergegeven. De concentraties en de vrachten aan metalen zijn gegeven als totaal metaal (opgelost en gebonden aan ds). Opgemerkt dient te

worden dat er verschil in kwaliteit van de analyse apparatuur en de omgang met detectielimieten verwacht kan worden Dit kan van invloed zijn op de gemiddelde cijfers.

Uit Tabel 2-2 en Tabel 2-3 blijkt dat de meeste parameters gedurende de jaren in concentratie afnemen. Voor wat betreft CZV, BZV, N-totaal en P-totaal zou dit veroorzaakt kunnen worden door verdunning van het afvalwater, aangezien de vracht stabiel is. Deze verdunning zou mogelijk samen kunnen hangen met bronmaatregelen en voorzuiveringen bij de industrie. Afkoppeling van regenwater heeft dit niet kunnen compenseren. Bij de zware metalen neemt de vracht en de concentratie af door bronmaatregelen. Arseen is hierop een uitzondering, de vracht neemt gedurende de jaren toe.

TABEL 2-2 CONCENTRATIES IN INFLUENT, GEMIDDELTE NEDERLANDSE R.W.Z.I.'S

	1990	1995	2001	2002	
CZV	568	497	439	459	mg/l
BZV	212	179	166	173	mg/l
N-totaal	50	45	40	42	mg/l
P-totaal	8,7	7,4	6,5	6,9	mg/l
zwevend stof	214	255	215	-	mg/l
Cu	108	102	72	69	µg/l
Cr	24,6	17,4	9,4	8,9	µg/l
Zn	303	244	216	208	µg/l
Pb	58,7	43,5	27,3	24,6	µg/l
Cd	1,2	0,8	0,5	0,4	µg/l
Ni	19,9	17,0	11,9	10,1	µg/l
Hg	0,6	0,4	0,2	0,2	µg/l
As	3,0	3,0	3,0	3,0	µg/l
PAK		0,97			µg/l

TABEL 2-3 VRACHTEN IN INFLUENT PER JAAR, TOTAAL NEDERLANDSE R.W.Z.I.'S

	1990	1995	2001	2002	
CZV	932.832	920.541	936.705	938.906	1.000 kg
BZV	348.630	331.103	354.432	355.002	1.000 kg
N-totaal	81.270	83.978	85.420	85.955	1.000 kg
P-totaal	14.356	13.756	13.814	14.226	1.000 kg
zwevend stof	351.526	493.170	458.365	-	1.000 kg
Cu	177.145	189.109	152.746	141.613	kg
Cr	38.733	32.202	20.028	18.153	kg
Zn	497.455	451.424	460.534	426.370	kg
Pb	96.356	80.612	58.215	50.418	kg
Cd	2.049	1.521	984	905	kg
Ni	32.675	31.456	25.411	20.689	kg
Hg	1.049	657	456	438	kg
As	4.943	5.640	6.444	6.241	kg
PAK 6		1.800			kg

Ofschoon de aanvoer van de hoeveelheid afvalwater bij r.w.z.i.'s sinds 1990 met 30 % is toegenomen (zie tabel 2.1), is voor de meeste metalen de aanvoer via het influent sterk gedaald. Voor cadmium, kwik, chroom en nikkel is de sanering van industriële bronnen de belangrijkste reden voor deze daling. Door de invoering van loodvrije benzine is de afspoeling van lood vanaf wegen naar de riolering aanzienlijk verminderd. Ook speelt afkoppeling van regenwater een rol in daling van de aanvoer van metalen via het influent.

Het RIVM hanteert doelgroepen bij het opstellen van de milieubalans en de analyse van het milieubeleid. Voor de emissies naar water zijn de belangrijkste doelgroepen de Consumenten, de Industrie en 'Handel, Diensten en Overheid'.

De Consumenten leveren belangrijke bijdragen (50-80%) aan de totale emissies van stikstof, fosfor, cadmium, koper, lood en zink naar het afvalwater. De wateremissies door consumenten worden enerzijds veroorzaakt door de directe uitscheiding via urine en feces (o.a. nutriënten) en anderzijds door het gebruik van producten en de toepassing van bouwmetalen in woonhuizen. Vuurwerk en waterleidingbuizen zijn bronnen van koperemissies. Lood is voornamelijk afkomstig uit loodslabben van woningen en waterleidingbuizen. De emissie van zink is een gevolg van de corrosie en afspoeling van zinken dakgoten. De Industrie draagt belangrijk (60-80%) bij aan de totale emissie van chroom en nikkel naar water. Voor kwik en arseen geldt dat de Handel, Diensten en Overheid de belangrijkste bijdrage levert (50-60%).

## 2.4 EFFLUENTSAMENSTELLING

De emissies van de r.w.z.i.'s zijn in Tabel 2-4 en Tabel 2-5 weergegeven. Van de in paragraaf 2.3 genoemde parameters zijn de concentraties en de vrachten betreffende het effluent samengevat. In Bijlage 2 is een uitgebreider overzicht van de jaren 1981, 1985 en 1990 tot en met 2001 weergegeven. De weergegeven zwevende stofconcentraties betreft jaargemiddelde concentraties die zijn aangeleverd door de beheerders. Hierbij heeft het CBS geen inzicht in het aantal waarden dat gelijk is aan de detectiegrens en hoe daar bij de berekening van het jaargemiddelde mee is omgegaan. Het CBS schrijft alleen de standaard meetmethode voor. De concentratie en de vracht van PAK 6 is alleen voor het jaar 1995 weergegeven, voor toelichting zie paragraaf 2.6.

Opgemerkt dient te worden dat er verschil in kwaliteit van de analyse apparatuur en de omgang met detectielimieten verwacht kan worden Dit kan van invloed zijn op de gemiddelde cijfers.

Het blijkt dat zowel de concentraties als de vrachten in het effluent door de jaren heen afnemen. Arseen vormt hierop wederom een uitzondering. Het effect op de stikstof- en fosfaatverwijdering door het Lozingenbesluit Stedelijk Afvalwater is duidelijk te zien. Over een periode van tien jaar zijn de effecten van bronmaatregelen en van het zuiveringsbeleid goed zichtbaar.

TABEL 2-4 CONCENTRATIES IN EFFLUENT, GEMIDDELDE NEDERLANDSE R.W.Z.I.'S

	1990	1995	2001	2002	
CZV	80,1	54,2	44,1	44,1	mg/l
BZV	14,4	7,3	5,4	5,4	mg/l
N-totaal	24,1	19,5	13,9	13,6	mg/l
P-totaal	3,8	1,9	1,4	1,5	mg/l
zwevend stof	28	18	41	-	mg/l
Cu	22,2	12,5	9,8	8,9	µg/l
Cr	8,0	3,7	2,4	1,8	µg/l
Zn	85,4	66,8	50,9	51,3	µg/l
Pb	15,3	5,6	6,0	4,0	µg/l
Cd	0,50	0,19	0,17	0,2	µg/l
Ni	11,9	7,2	6,7	5,0	µg/l
Hg	0,19	0,09	0,07	0,1	µg/l
As	1,5	1,4	1,4	1,5	µg/l
PAK 6		0,06			µg/l

TABEL 2-5 VRACHTEN IN EFFLUENT PER JAAR, TOTAAL NEDERLANDSE R.W.Z.I.'S

	1990	1995	2001	2002	
CZV	131.497	100.486	94.116	90.364	1.000 kg
BZV	23.645	13.490	11.551	11.032	1.000 kg
N-totaal	39.534	36.209	29.564	27.746	1.000 kg
P-totaal	6.239	3.542	2.934	3.001	1.000 kg
zwevend stof	45.994	33.372	87.409	-	1.000 kg
Cu	36.492	23.186	20.976	18.277	kg
Cr	13.130	6.776	5.142	3.666	kg
Zn	140.282	123.893	108.604	104.948	kg
Pb	25.149	10.450	12.771	8.129	kg
Cd	820	360	391	365	kg
Ni	19.474	13.419	14.325	10.284	kg
Hg	315	167	130	128	kg
As	2.471	2.646	3.076	3.059	kg
PAK 6		120			kg

## 2.5 SLIBKWANTITEIT EN SLIBSAMENSTELLING

De slibkwantiteit en de slibsamenvorming zijn vastgesteld op basis van de volgende parameters:

- droge stof;
- gloeirest;
- organische stof;
- stikstof;
- fosfaat;
- zware metalen.

In Tabel 2-6 en Tabel 2-7 staan respectievelijk de concentraties en de vrachten van voornoemde parameters vermeld. Voor PAK 6 zijn de concentraties en de vrachten uit de jaren 1991, 1995 en 2001 weergegeven, voor toelichting zie paragraaf 2.6. In tabel 2.6 is tevens de calorische waarde van het slib opgenomen, deze is berekend aan de hand van het drogestof- en het organische stofgehalte (zie onderstaande formule). Hierbij is gebruik gemaakt van een stookwaarde van 21.662 MJ/kg organische stof (afgegeven door SNB) en een verdampingswarmte van het water van 2,6 MJ/kg H<sub>2</sub>O.

$$\left( \left( \frac{os\%}{100} \right) \times \left( \frac{ds\%}{100} \right) \times \text{stookwaarde} \right) - \left( \left( 1 - \left( \frac{ds\%}{100} \right) \right) \times \text{verdampingswarmte} \right)$$

In Bijlage 2 is een uitgebreider overzicht van de jaren 1981, 1985 en 1990 tot en met 2001 weergegeven. Ter toetsing zijn de concentraties in het slib van het jaar 2001 uit de CBS databestanden vergeleken met de waarden uit recente jaarverslagen van de slibverbrandingsinstallaties van SNB en DRSH. Uit deze vergelijking is gebleken dat de concentraties van het CBS, SNB en DRSH goed overeenkomen. Ter aanvulling zijn in Bijlage 3 meetgegevens weergegeven van DRSH en SNB betreffende overige metalen en -elementen in het aangevoerde slib en in de asrest van het verwerkte slib.

Om een goed beeld van recente gegevens en data uit het verleden te verkrijgen zijn (vergeleken met tabellen 2.1 tot en met 2.5) in tabel 2.6 en 2.7 de data van de jaren 1981 en 1985 toegevoegd.

Voor onderhavige studie is het aandeel aan zware metalen in de verschillende soorten slib van belang. De beschikbare databestanden van het CBS maken voor het stedelijke afvalwater geen onderscheid in primair en secundair slib. Ook in technische jaarverslagen van waterbeheerders en in de 'Bedrijfsvergelijking zuiveringsbeheer 2002' is hierover onvoldoende informatie beschikbaar.

TABEL 2-6 CALORISCHE WAARDE EN CONCENTRATIES R.W.Z.I. SLIB

	1981	1985	1990	1995	2001	2002	
calorische waarde	-1,84	-1,69	-1,66	-0,13	1,35	-	MJ/kg ontwaterd slib
drogestof	5 %	6 %	6 %	17 %	24 %	23%	% ds
organisch	58 %	58 %	60 %	55 %	64 %	61%	% os/ds
anorganisch	42 %	42 %	40 %	45 %	36 %	39%	% as/ds
N-totaal	47	51	50	46	50	52	g/kg ds
P-totaal	23	22	22	29	18	26	g/kg ds
Cu	493	457	444	390	378	390	mg/kg ds
Cr	202	146	81	54	46	44	mg/kg ds
Zn	1.739	1.490	1.115	949	958	985	mg/kg ds
Pb	454	365	224	176	150	143	mg/kg ds
Cd	8,5	6,1	3,8	1,9	1,7	1,5	mg/kg ds
Ni	77	55	41	30	32	30	mg/kg ds
Hg	3,3	2,5	2,2	1,5	1,2	1,1	mg/kg ds
As	6,6	6,8	7,6	7,8	9,5	9,3	mg/kg ds
PAK 6			9,7 <sup>1)</sup>	8,7	4,4		mg/kg ds

<sup>1)</sup> waarde uit 1991

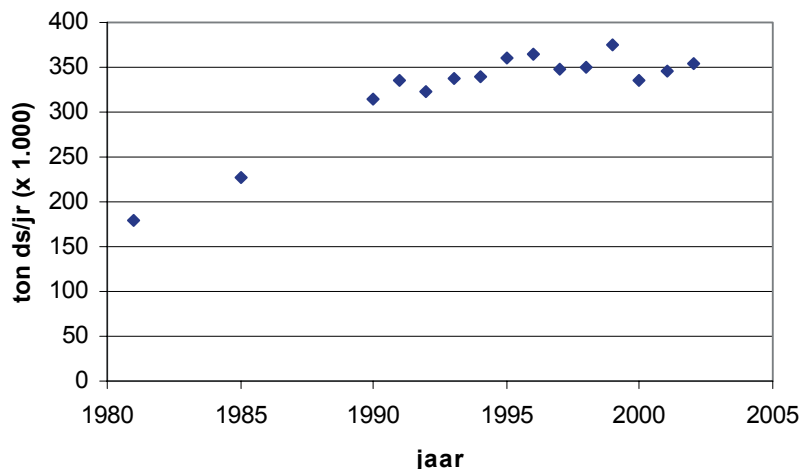
TABEL 2-7 VRACHTEN R.W.Z.I. SLIB

	1981	1985	1990	1995	2001	2002	
nat slib	3.622.102	3.749.735	4.859.804	2.135.432	1.452.058	1.535.537	1.000 kg
drogestof	179.616	227.127	315.266	359.843	344.978	353.853	1.000 kg
organisch	74.866	96.020	188.110	199.397	221.569	214.611	1.000 kg
anorganisch	104.750	131.107	127.156	160.446	123.409	139.242	1.000 kg
N-totaal	8.471	11.523	15.900	16.455	17.288	18.228	1.000 kg
P-totaal	4.216	4.965	7.066	10.345	6.377	9.158	1.000 kg
Cu	88.636	103.825	140.084	140.468	130.572	138.141	kg
Cr	36.332	33.207	25.553	19.299	15.751	15.418	kg
Zn	312.411	338.380	351.411	341.367	330.509	348.712	kg
Pb	81.582	82.984	70.674	63.208	51.790	50.534	kg
Cd	1.518	1.377	1.213	691	594	541	kg
Ni	13.919	12.585	13.030	10.932	10.953	10.626	kg
Hg	587	560	691	538	406	393	kg
As	1.179	1.540	2.409	2.791	3.270	3.278	kg
PAK 6			3.243 <sup>1)</sup>	3.137	1.529		kg

<sup>1)</sup> waarde uit 1991

FIGUUR 2-2

SLIBPRODUCTIE GEDURENDE DE JAREN 1981-2002



Uit voorgaande tabellen kan worden geconcludeerd dat de totale hoeveelheid slib (droge stof) de laatste jaren lijkt te stabiliseren. Dit wordt geïllustreerd door Figuur 2.2 waarin de slibproductie van meerdere jaren is weergegeven.

De data in tabel 2-6 en 2-7 laten ook duidelijk het effect van slibontwatering op het droge-stofgehalte en de calorische waarde zien. Het organische stofgehalte lijkt toe te nemen. Het stikstofgehalte is stabiel door de jaren heen.

Verwacht kan worden dat vanwege defosfateringsmaatregelen het fosfaatgehalte in het slib zou stijgen bij een gelijkblijvende fosfaatbelasting van het influent. In Bijlage 4 is de fosfaatconcentratie en -vracht in het slib en de vracht in het influent weergegeven gedurende meerdere jaren. Hieruit blijkt dat vanaf 1980 de fosfaatconcentratie in het slib ongeveer gelijk is gebleven en zich beweegt rond de 20-25 g/kg.ds. De fosfaatvracht in slib lijkt na een stijging tussen 1980 en 1990 de laatste jaren te stabiliseren. Wanneer gekeken wordt naar de fosfaatvracht in het influent, is deze tussen 1980 en 1990 sterk gedaald. Vanaf 1990 vertoont deze een stabiel tot licht dalend beeld. Het verloop van de influentvracht is waarschijnlijk de reden dat de verwachte toename van het fosfaatgehalte in het slib door de defosfateringsmaatregelen uitblijft.

Opgemerkt dient te worden dat het voor fosfaat in slib de laatste jaren lastiger is geworden om een goed landelijk gemiddelde te bepalen. Geleidelijk aan zijn er steeds minder waarden voor fosfaat in het slib doorgegeven aan het CBS. Het aantal monsters waarop de door het CBS afgegeven waarden bepaald zijn neemt ook af. De noodzaak om fosfaat in het slib te meten is niet meer aanwezig, omdat slib niet meer als meststof wordt toegepast. Als fosfaat wordt gemeten, is de meetfrequentie relatief laag (meestal kwartaalmonsters).

Algemeen kan geconcludeerd worden dat de concentratie aan zware metalen afneemt, met uitzondering van arseen. De totale hoeveelheid slib droge stof neemt toe en lijkt de laatste jaren te stabiliseren. De vracht koper is aanzienlijk toegenomen en lijkt de laatste jaren te stabiliseren of licht te dalen. De zinkvracht is stabiel. De vrachten aan lood en chroom nemen systematisch af. De vrachten aan cadmium en nikkel zijn afgenomen en lijken te stabiliseren. De kwikvracht lijkt, na lange tijd rond vergelijkbare waarden gefluctueerd te hebben, de laatste jaren te gaan dalen.

Het blijkt dat de balansen niet voor alle inerte stoffen binnen 10% sluitend te maken zijn (zie Tabel 2-8). De mate waarin dit voorkomt varieert per component per jaar. Een waarschijnlijke verklaring hiervoor is dat de slibsamenstelling steekproefsgewijs door de waterbeheerders wordt gemeten en wordt geëxtrapoleerd naar de totale hoeveelheid slib die wordt afgezet. Iets dergelijks zou ook voor de influent- en effluentwaardes kunnen gelden. Uiteindelijk wordt met de gegevens van de waterbeheerders een voor Nederland geldende gemiddelde waarde bepaald, die in deze studie is gebruikt.

TABEL 2-8 STOFFENBALANS, GEMIDDELDE NEDERLANDSE R.W.Z.I.'S

	1990			1995			2001		
	influent minus effluent	slib	afwijking	influent minus effluent	slib	afwijking	influent minus effluent	slib	afwijking
P-totaal	8.117	7.066	13%	10.214	10.345	-1%	10.880	6.377	41%
Cu	140.653	140.084	0%	165.923	140.468	15%	131.770	130.572	1%
Cr	25.603	25.553	0%	25.426	19.299	24%	14.886	15.751	-6%
Zn	357.173	351.411	2%	327.531	341.367	-4%	351.930	330.509	6%
Pb	71.207	70.674	1%	70.162	63.208	10%	45.444	51.790	-14%
Cd	1.229	1.213	1%	1.161	691	40%	593	594	0%
Ni	13.201	13.030	1%	18.037	10.932	39%	11.086	10.953	1%
Hg	734	691	6%	490	538	-10%	326	406	-25%
As	2.472	2.409	3%	2.994	2.791	7%	3.368	3.270	3%

## 2.6 ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN

De organische microverontreinigingen die in beschouwing kunnen worden genomen zijn voornamelijk polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) en organochloor bestrijdingsmiddelen, en PCB. Het CBS biedt geen informatie betreffende organische microverontreinigingen. Om een beeld te krijgen van de stand van zaken rond microverontreinigingen in influent en slib, is bij de waterbeheerders een inventarisatie uitgevoerd. Bijlage 5 geeft een overzicht voor het jaar 2002 van de metingen betreffende organische microverontreinigingen in influent, effluent en slib bij 16 waterbeheerders. Geconcludeerd kan worden dat er relatief weinig gemeten wordt aan organische microverontreinigingen in het influent, effluent en/of slib. Indien organische microverontreinigingen wel gemeten worden, is dit vaak in het effluent of het slib, maar over het algemeen niet in het influent. Ook blijken de concentraties vaak onder de detectiegrens van de meetapparatuur te liggen, waardoor deze gegevens niet bruikbaar zijn voor onderhavige studie. PAK metingen komen relatief het vaakst voor. In Bijlage 5 is ook een overzicht van de detectiegrenzen weergegeven zoals opgegeven door de waterbeheerders. Daarnaast wordt een overzicht gegeven van de organische microverontreiniging die incidenteel gemeten worden. Van alle organische microverontreinigingen zijn PAK het beste te meten door hun relatief hogere concentraties in het influent, effluent en slib.

Het CBS heeft de concentraties PAK 6 in slib wel jaarlijks geïnventariseerd, maar stelt deze data niet beschikbaar in de huidige database. De oorzaak hiervan is dat weinig waterbeheerders deze concentraties (slechts 6 van de 27 waterschappen in 2001 en 2002) opgeven aan het CBS. In de meeste gevallen betreft het de gemiddelden van kwartaalmonsters. Deze data zijn niet bruikbaar voor een gemiddeld landelijk beeld. Het CBS inventariseert geen PAK's in het influent en effluent, omdat deze concentraties dermate laag zijn dat er meestal detectieproblemen optreden.



In RIZA-Waterverkenningen [5] worden de vrachten van PAK 6 in het influent en het effluent weergegeven voor het jaar 1995. Deze vrachten zijn afkomstig van een eenmalige inventarisatie die is uitgevoerd door het RIZA, waarbij gegevens van een aantal waterbeheerders zijn verwerkt. De inventarisatie betreft PAK10 en is in RIZA-Waterverkenningen bij gebrek aan een betere omrekeningsfactor omgerekend naar PAK 6. De gegevens kunnen als indicatief worden gezien en worden niet voor verdere berekeningen gebruikt.

In Tabel 2-9 zijn de beschikbare gegevens van voornoemde bronnen weergegeven. De concentraties uit de RIZA inventarisatie uit 1995 zijn berekend met de CBS slibgegevens uit 1995.

TABEL 2-9 PAK 6 VOLGENS VERSCHILLENDE BRONNEN

	RIZA vracht 1995		RIZA concentratie 1995	CBS concentratie 2001	Waterbeheerders 2002 Concentratie	
influent	1.800	kg	0,97		0,38	ug/l
effluent	120	kg	0,06		0,06	ug/l
slib	1.680	kg	4,67	4,43	4,43	mg/kg ds

Meting van organische microverontreinigingen is nauwelijks een aandachtspunt in slibkwaliteit. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat deze stoffen niet van belang zijn bij de eindverwerking van het slib en nauwelijks een rol spelen in de acceptatie eisen voor de eindverwerking. In tegenstelling tot de zware metalen worden de organische microverontreinigingen bij slibverbranding verwijderd en vormen ook geen belemmering voor het verbrandingsproces. Voor monitoring van oppervlaktewater zijn organische microverontreinigingen wel van belang.

Voor de organische microverontreinigingen kunnen geen betrouwbare vrachten en concentraties worden bepaald met de beschikbare data. Slechts voor PAK's zijn enkele richtinggevoerde data bekend. Noodgedwongen zijn de organische microverontreinigingen in deze studie verder buiten beschouwing gelaten.

## 2.7 GEMIDDELD VERWIJDERINGSRENDEMENT

Tabel 2.10 laat het gemiddelde verwijderingsrendement zien van zware metalen en PAK, gebaseerd op de historische praktijkdata van het CBS. In hoofdstuk 3 wordt hier dieper op ingegaan.

TABEL 2.10 GEMIDDELD VERWIJDERINGSRENDEMENT VAN (ZWARE) METALEN EN PAK

Component	% Verwijdering
Cu	80
Cr	74
Zn	73
Pb	84
Cd	55
Ni	38
Hg	80
As	49
PAK	±90

Vastgesteld kan worden dat de verwijdering van Pb, Cu, Hg, Zn, en Cr ruwweg in de range van 75-85% valt, de verwijdering van Cd en As rond de 50% en de verwijdering van Ni rond de 40%. De verwijdering van PAK is gebaseerd op een klein aantal data en beweegt zich rond de 90%.

## 2.8 BELEID

Beleidsmatig spelen er zowel op nationaal als Europees niveau overwegingen om toekomstige maatregelen in te voeren die gevolgen hebben voor de belasting van r.w.z.i.'s. Het doel is om een reductie van de belasting van het oppervlaktewater met microverontreinigingen te bewerkstelligen. Verwacht kan worden dat deze maatregelen effecten hebben op de kwaliteit en kwantiteit van zuiveringsslib.

### 2.8.1 ALGEMENE ONTWIKKELING

Om de emissies van schadelijke stoffen als zware metalen, organische microverontreinigingen en nutriënten naar water te verminderen zijn in de afgelopen dertig jaar tal van maatregelen genomen. Voor een aantal stoffen heeft dit reeds tot flinke reducties geleid. Dit is het gevolg van de vele opeenvolgende nationale en internationale afspraken en beleidsdoelstellingen.

In de meer recente jaren zijn de emissiereductiedoelstellingen voor prioritaire stoffen van belang, zoals vastgelegd in het tweede Nationaal Milieubeleidsplan (VROM, 1993), de OSPAR strategie (voor alle Noordzeelanden), de EU-richtlijn Stedelijk Afvalwater, de EU Nitraatrichtlijn en het Actieprogramma Diffuse Bronnen. Tijdens de vierde Noordzeeministersconferentie in 1995 is afgesproken dat de emissies van milieugevaarlijke stoffen binnen 25 jaar worden beëindigd. Doel is het terugbrengen van de concentraties van milieuvreemde stoffen tot bijna nul en van niet-milieuvreemde stoffen tot nagenoeg het natuurlijke achtergrondniveau.

De huidige reductiedoelstellingen, zoals vastgelegd in het derde Nationaal Milieubeleidsplan (VROM, 1997) en de vierde Nota Waterhuishouding (V&W, 1999), zijn afgeleid van deze internationale afspraken. De emissies van prioritaire stoffen naar water moeten zodanig verminderen, dat wordt voldaan aan de normen voor de waterkwaliteit. In 2000 of op zo kort mogelijke termijn moet de zogenaamde MTR-concentratie (maximaal toelaatbaar risiconiveau) zijn gehaald; voor de lange termijn geldt de streefwaarde (SW). De streefwaarde is de concentratie die overeenkomt met het Verwaarloosbaar Risiconiveau (VR). Voor de lange termijn is de normstelling ingevolge de Kaderrichtlijn Water bepalend.

In 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) in werking getreden. De exacte gevolgen van de KRW voor het huidige Nederlandse waterkwaliteits- en emissiebeleid zijn op dit moment nog niet helder. De Kaderrichtlijn stelt als doel het halen van een 'goede chemische toestand in 2015'. Voor de prioritaire en prioritair gevaarlijke stoffen, in totaal 33 stoffen en stofgroepen, heeft de Europese Commissie inmiddels een eerste voorstel voor normstelling afgegeven. Maatregelen ter voorkoming van emissies zullen hierop afgestemd moeten worden.

Na de succesvolle aanpak bij de reductie van industriële puntbronnen, zijn de huidige maatregelen met name gericht op diffuse bronnen, atmosferische depositie en buitenlandse bronnen. Voorbeelden van beleidsmaatregelen zijn:

- Productverbetering door de hele keten van de stof heen
- Kringloopsluiting
- Alternatief materiaalgebruik
- Internationale afspraken
- Een gebiedsgerichte aanpak

Zonodig zijn de maatregelen per stof toegesneden naar de verschillende doelgroepen, afhankelijk van de relatieve bijdrage aan de emissies. Volgens VROM blijkt dat de voornaamste problemen nog liggen bij de zware metalen, nutriënten en PAK's.

Niet zozeer emissiedoelstellingen maar waterkwaliteitsdoelstellingen bepalen de benodigde prestaties van r.w.z.i.'s. Deze waterkwaliteitsdoelstellingen zijn/worden strenger voor met name nutriënten, zware metalen, persistente stoffen en pathogenen, waarbij het accent ligt op het voorkomen van het vrijkomen van deze stoffen.

## 2.8.2 SPECIFIEK BELEID EN WETGEVING

### WVO

In het Lozingenbesluit WVO stedelijk afvalwater (1996) zijn, op basis van de EU Richtlijn inzake de behandeling van stedelijk afvalwater, de volgende grenswaarden gesteld voor lozingen vanuit r.w.z.i.'s:

- BZV 20 mg/l
- CZV 125 mg/l
- TSS 30 mg/l
- totaal stikstof 15 mg/l N (2.000-20.000 i.e.) of 10 mg/l N (>20.000 i.e.)
- totaal fosfor 2 mg/l P (2.000-100.000 i.e.) of 1 mg/l P (>100.000 i.e.)

De normen voor BZV, TSS en TN (aangaande het aantal i.e.) zijn strenger dan die van de EU richtlijn. Deze grenswaarden gelden vanaf eind 1998 voor r.w.z.i.'s met meer dan 10.000 i.e., en vanaf eind 2005 voor r.w.z.i.'s tot 10.000 i.e. Afhankelijk van het beheersgebied is de ingangsdatum ten aanzien van de grenswaarde voor totaal-stikstof verschoven naar eind 2000, eind 2002 of eind 2005. Verder zijn er in de WVO waterkwaliteitsgrenswaarden opgesteld voor 16 zwartelijststoffen.

### NMP3

Het NMP3 (1998) beschrijft het milieubeleid voor de periode van 1999 tot 2003. Het NMP3 staat een brongerichte en preventieve aanpak van milieuverontreiniging voor.

Het beleid in het NMP3 aangaande waterzuivering is als volgt:

- De waterschappen zullen de stikstofemissies van afvalwaterzuiveringsinrichtingen verder verminderen door de zuiveringscapaciteit uit te breiden. Doel is een verwijderingsrendement op stikstof van 75% in 2005.
- Waar dat nodig is voor het bereiken van waterkwaliteitsdoelstellingen zetten de waterschappen zich in voor verdergaande maatregelen op r.w.z.i.'s. Dit kan bijvoorbeeld gaan om verdergaande verwijdering van nutriënten of een vierde-trap-zuivering.

### NW4

De NW4 (1998) beslaat de planperiode 1998-2006 en bouwt voort op de in NW3 uitgezette strategie van integraal waterbeheer. NW4 voegt meer samenhang toe tussen het beleid voor water, ruimtelijke ordening en milieu. Veel aandacht gaat uit naar waterkwantiteit en dan met name de beperking van wateroverlast.

Het NW4 constateert dat hoewel de waterkwaliteit op veel plaatsen verbeterd is, de MTR's voor stoffen zoals cadmium, zink, koper, PAK's, PCB's, nutriënten en bestrijdingsmiddelen niet bereikt worden en de streefwaarden voor veel stoffen nog lang niet in zicht zijn. Met het voorgestelde beleid wordt ernaar gestreefd in de planperiode voor zoveel mogelijk stoffen de

mimumkwaliteit (i.e. voldoen aan de MTR-waarden) te realiseren. De nadruk ligt op de aanpak van diffuse bronnen. De maatregelen richten zich op het beperken, wijzigen of verbieden van gangbare toepassingen van milieubelastende producten en materialen (in bijvoorbeeld de landbouw, scheepvaart en bouw).

In dit beleid staat preventie voorop: het gaat erom het vrijkomen en lozen van gevaarlijke (giftige, persistente en bioaccumulerende) stoffen zoveel mogelijk te voorkomen, met als doel deze in 2020 te beëindigen. Te denken valt aan de aanscherping van het toelatingsbeleid bestrijdingsmiddelen, het stimuleren van schone technologie bij de industrie of de toepassing van milieuvriendelijke bouwmaterialen.

Het emissiebeleid richt zich ook op hergebruik: kringloopsluiting binnen of buiten het productieproces en opwerking t.b.v. hergebruik. In het kader van duurzaam stedelijk waterbeheer wordt het afkoppelen van verhard oppervlak voor regenwater, infiltreren in grondwater en nuttig hergebruik in het huishouden voor bijv. toiletspoeling bevorderd. Om verontreinigingsproblemen bij ontkoppeling te voorkomen is de aanpak van diverse diffuse bronnen (bouwmaterialen en wegverkeer) van extra groot belang. De voor- en nadelen van hergebruik van grijsafvalwater in woonwijken worden eveneens nader bekeken.

Na preventie en hergebruik is zuivering van afvalwater nodig. Voor het stedelijk afvalwater zijn de afgelopen jaren forse investeringen verricht om de vereiste stikstofverwijdering van 75% op r.w.z.i.'s te realiseren.

Generieke maatregelen voor verdergaande zuivering van het communale afvalwater liggen momenteel niet voor de hand. Wel kunnen er op lokaal niveau verdergaande maatregelen dan de huidige zuiveringstechnieken nodig zijn om de kwaliteitsdoelstellingen te bereiken. Daarnaast is het beperken van overstorten en de aanpak van nog ongezuiverde lozingen in het buitengebied een belangrijke opgave voor de planperiode.

De in het NW4 opgenomen grens- en streefwaarden zijn:

- De concentratie van stikstof in het oppervlaktewater bedraagt maximaal 2,2 mg/l als grenswaarde en 1,0 mg/l als streefwaarde. Deze beide waarden gelden voor eutrofiëringsgevoelige stagnante wateren. Voor de overige wateren zijn deze waarden mede richtinggevend.
- De concentratie van fosfor in het oppervlaktewater bedraagt maximaal 0,15 mg/l als grenswaarde en 0,05 mg/l als streefwaarde. Deze beide waarden gelden voor eutrofiëringsgevoelige stagnante wateren en moeten gebiedsgericht worden bereikt. Voor de overige wateren zijn deze waarden mede richtinggevend

In de NW4 wordt aangestuurd op het gebruik van totaal-effluentbeoordeling (TEB). TEB is een methodiek waarmee schadelijke effecten van lozingen met biologische methoden gemeten kunnen worden. Met TEB kan een vollediger inzicht verkregen worden van de potentiële milieubezwaarlijkheid van de effluënten van r.w.z.i.'s. Een in het kader van TEB ontwikkelde methodiek is TEM, totaal-effluent milieubezwaarlijkheid. Toepassing van TEB zou kunnen resulteren in betere inzicht en daarmee betere benodigde prestaties van r.w.z.i.'s in de verwijdering van milieubezwaarlijke (toxisch, mutageen, bioaccumulerend, persistent) stoffen.

#### **NMP4**

Het recent verschenen NMP4 (2001) vervangt niet het NMP3 maar geeft een algemeen beleidsperspectief voor de komende 30 jaar. Het beleid van het NMP3 blijft dan ook onverkort van kracht.

Het NMP4 legt sterk het accent op veiligheid en gezondheid en richt haar aandacht specifiek op zaken als veilig drink- en zwemwater en terugdringing van toxische stoffen en pathogenen. Het NMP4 schetst als gewenste situatie over 30 jaar dat het grond- en oppervlaktewater voldoet aan de eisen voor de bereiding van drinkwater. De NW4 streefwaarden en grenswaarden voor stikstof en fosfor in oppervlaktewater en metalen in grondwater zijn overgenomen (kortom, er zijn geen scherpere normen voor de lange termijn vastgesteld) en de concentratie van bestrijdingsmiddelen in grondwater dient lager dan 0,1 µg/l voor individuele bestrijdingsmiddelen te zijn. Het grootste probleem dat voorzien wordt bij de bereiding van drinkwater uit oppervlaktewater zijn ziekteverwekkende micro-organismen en virussen. Gewaarschuwd wordt voor nieuwe gezondheidsbedreigende micro-organismen, virussen en varianten zoals BSE-prionen. Wellicht dat behandeling van specifieke afvalwaterstromen (slachterijen, ziekenhuizen) in de toekomst in staat moeten zijn deze verregaand te verwijderen.

### **EU KADERRICHTLIJN WATER**

De EU Kaderrichtlijn Water (2000) stelt een kader vast voor de (ecologische, kwalitatieve en kwantitatieve) bescherming van oppervlakte-, grond- en kustwateren. De Kaderrichtlijn Water heeft als doel om de kwaliteit van de Europese wateren in een goede toestand te brengen en te houden. Waterbeheer op het niveau van stroomgebieden is daarbij het uitgangspunt. Een belangrijk instrument vormt het stroomgebiedbeheersplan.

In 2009 moeten de lidstaten voor ieder stroomgebieddistrict een eerste stroomgebiedbeheersplan klaar hebben. Vervolgens worden zij ieder zes jaar herzien. De lidstaten stemmen de stroomgebiedbeheersplannen binnen de internationale stroomgebieden af. Nederland maakt stroomgebiedbeheersplannen voor de stroomgebieddistricten Eems, Maas, Rijn en Schelde.

Het stroomgebiedbeheersplan bevat een beschrijving van het watersysteem, een invulling van het begrip “goede toestand”, een vergelijking van de huidige toestand met de goede toestand en een beschrijving van maatregelen die nodig zijn om de goede toestand te bereiken. Verbetering van het aquatisch milieu wordt o.a. beoogd door specifieke maatregelen voor de progressieve vermindering van lozingen, emissies en verliezen van prioritaire (verontreinigende) stoffen en door het stopzetten of geleidelijk beëindigen van lozingen, emissies en verliezen van prioritaire gevaarlijke stoffen.

Het totale proces van de richtlijn ziet er op hoofdlijnen als volgt uit:

- inventarisatie van de bestaande situatie, voorlopige indeling en typering van waterlichamen, beschrijving van de belasting, economische analyse van watergebruik en inschatting van haalbaarheid van doelen.
- monitoring. Opzetten op operationeel maken van meetprogramma's
- 2009 vaststellen stroomgebiedsbeheersplannen
- 2015 realiseren doelen. In principe moet de goede ecologische en chemische toestand van de wateren in 2015 gerealiseerd zijn. Als dit niet haalbaar is, moet Nederland dat vooraf aangeven. De Kaderrichtlijn Water biedt de mogelijkheid om de doelen gefaseerd tot stand te brengen, in twee periodes van zes jaar (2021, 2027).

Het begrip “goede toestand” moeten de lidstaten nader invullen met concrete doelen voor verschillende aspecten. De chemische doelstellingen worden voor een deel door de EU ingevuld voor alle lidstaten. De ecologische doelen zijn in abstractie beschreven in de KRW. Binnen die omschrijving is er nog ruimte voor de lidstaten om de feitelijke doelen, met daar-

onder begrepen een groot aantal chemische stoffen, vast te stellen. De lidstaten stemmen deze doelen wel af om te voorkomen dat de inzet te sterk uiteenloopt.

Recent (V&W 2004) is de implementatienota Kaderrichtlijn water verschenen, waarin de visie van de Nederlandse overheid op de toepassing van de KRW is verwoord. Nederland volgt bij de implementatie van de KRW een pragmatische strategie, die tot realistische doelen leidt. Verwacht wordt dat Nederland een extra opgave krijgt ten opzichte van de bestaande beleidspraktijk. De KRW streeft doelen na die ambitieuzer zijn dan op basis van het bestaande Nederlandse beleid zullen worden gerealiseerd. Bestaande maatregelen zullen dan ook worden gecontinueerd. De inzet op het toepassen van innovaties, het verder ontwikkelen van productbeleid, het terugbrengen van de emissie van verontreinigende stoffen, het verhogen van het zuiveringsrendement en het voorschrijven van best uitvoerbare technieken of bet beschikbare technieken, wordt gecontinueerd.

### **SLIBVERWERKING**

Eind 2002 is het Landelijk Afvalbeheerplan (LAP) in werking getreden. In dit plan wordt het afvalbeleid beschreven voor de komende vier jaar, met een doorkijk naar 2012.

Het LAP is het afvalbeheerplan zoals genoemd in de Wet Milieubeheer. Met het LAP wordt uitvoering gegeven aan Europese richtlijnen zoals de Kaderrichtlijn Afvalstoffen.

Het afvalbeleid kent een hiërarchie in de wijze van beheer van afvalstoffen, die in grote lijnen overeenkomt met de 'Ladder van Lansink'. De volgorde is als volgt:

- preventie van afval (hoogste prioriteit);
- zo hoogwaardig mogelijke nuttige toepassing. Voor zover nuttige toepassing in de vorm van product- of materiaalhergebruik niet mogelijk is, wordt sterk ingezet op de het benutten van de energie-inhoud van afvalstoffen door ze (na scheiding achteraf) in te zetten als brandstof in installaties met een hoog energetisch rendement;
- verbranden als vorm van verwijdering met energiebenutting;
- storten (de minst gewenste verwerkingswijze).

Opvoeren van het percentage nuttige toepassing van afvalstoffen en beperking van de hoeveelheid te verwijderen afvalstoffen zijn als doelstellingen voor 2012 in het LAP opgenomen.

In het LAP wordt ook het beleid voor zuiveringsslib van r.w.z.i.'s beschreven. De minimum standaard voor slib van waterzuivering uit r.w.z.i.'s is thermische verwerking, al dan niet na voordrogen. Verbranding in verschillende typen installaties al dan niet in combinatie met biologische danwel thermische voordroging is toegestaan, evenals vergassen gevolgd door nuttige toepassing van het verkregen gas. Natte oxidatie en pyrolyse/smelten zijn niet toegestaan. Naast deze minimum standaard is gebruik van zuiveringsslib als hulpstof bij de verwerking van AVI-vliegas in hydrostab toegestaan.

De afzet van zuiveringsslib uit rioolwaterzuiveringsinstallaties naar landbouwgrond is in 1995 beëindigd. Het storten van slib wordt door regelgeving beperkt, terwijl het verbranden van zuiveringsslib toeneemt.

Het gebruik van zuiveringsslib als meststof in de landbouw is gebonden aan voorschriften. Voor het nuttig toepassen van zuiveringsslib in de landbouw zijn eisen geformuleerd in het BOOM. Het BOOM stelt limieten aan concentraties van zware metalen en arseen in meststoffen. Communaal zuiveringsslib voldoet niet aan deze eisen. De afzet van slib uit r.w.z.i.'s

naar de landbouw is in 1995 beëindigd. Momenteel wordt er alleen nog zuiveringsslib naar de landbouw afgezet door industriële installaties, met name door de voedingsmiddelen- en drankenindustrie en de chemische industrie.

Zuiveringsslib wordt gedroogd, gecomposteerd en verbrand. Het verbranden van zuiveringsslib is in de tweede helft van de jaren negentig sterk toegenomen. In 2002 is ruim de helft van het zuiveringsslib uit r.w.z.i.'s afgezet naar verbrandingsinstallaties. Verwacht wordt dat in de toekomst het meeste slib zal worden verbrand. Op dit moment wordt een gedeelte van het zuiveringsslib bij- of meegeestookt in elektriciteitscentrales en cementovens. Hiervoor golden de emissie eisen van BEES, NeR en BLA die recent vervangen zijn door de Europese richtlijn verbranden van afval. Op grond van het Besluit Stortplaatsen en Stortverboden Afvalstoffen is het niet toegestaan om slib dat afkomstig is van het biologisch zuiveren van afvalwater en dat niet ontwaterd of slecht mechanisch ontwaterd is, te storten. Dit slib dient een extra bewerking te ondergaan zodanig dat het residu niet valt onder het stortverbod. Vanwege onvoldoende verwerkingscapaciteit wordt een deel van het zuiveringsslib na bewerking gestort en uitgevoerd.

De EU-Zuiveringsslib Verordening tracht het hergebruik van zuiveringsslib in de landbouw te reguleren en stimuleren. Het organisch stofgehalte en de nutriënten in zuiveringsslib maken hergebruik als meststof of bodemverbeteraar aantrekkelijk. De concentratie aan zware metalen, slecht afbreekbare organische microverontreinigingen en potentiële pathogenen bemoeilijken de afzet naar de landbouw. Op Europees niveau wordt circa 40% van het zuiveringsslib hergebruikt.

Voor beleidsaspecten rond slibverwerking wordt ook verwezen naar de STOWA slibketenstudie [29].

### 2.8.3 ALGEMENE CONCLUSIES BELEIDSASPECTEN

Bronmaatregelen voor microverontreinigingen, met als uiteindelijke doel het verbeteren van oppervlaktewaterkwaliteit, zullen van kracht blijven en mogelijk worden versterkt. Ook het afkoppelen van regenwater zal onverminderd worden doorgezet. Dit alles betekent compensatie van een eventuele toename in vrachten naar de r.w.z.i. ten gevolge van economische groei. Hierdoor kan een stabilisering of een vermindering van de aanvoer van microverontreinigingen naar de r.w.z.i. worden verwacht. Voor de verwijdering van microverontreinigingen kan op termijn additionele behandeling van effluent of integrale behandeling van afvalwater (zoals met membraanbioreactoren, MBR) worden verwacht. Dit zou een toename van de vracht aan microverontreinigingen naar het te verwerken slib kunnen betekenen. Verscherpte stikstof en fosfaat effluenteisen vereisen procesmaatregelen in de r.w.z.i. die invloed op de slibkwaliteit en kwantiteit hebben. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan verlagings van de slibbelasting of additionele behandeling van effluent.

Het is niet te verwachten dat de komende twee decennia de minimumeisen voor eindverwerking van slib zullen veranderen. Een significante verschuiving van de acceptatie eisen voor slib ligt dan ook niet in de lijn der verwachtingen.

# 3

## VERTAALSLAG

### 3.1 INLEIDING

Vanuit de verkregen procesdata, zoals in hoofdstuk 2 beschreven, betreffende de influentsamenstelling en de belasting van de r.w.z.i.'s, de effluentkwaliteit en de slibsamstelling, is een relatie tussen de belasting van de r.w.z.i.'s en de slibsamstelling en -hoeveelheid vastgesteld. Deze vertaalslag wordt toegepast bij het schatten van de toekomstige situatie aangaande de slibsamstelling en slibhoeveelheid (hoofdstuk 4). Getracht is de aard van het zuiveringsproces mee te nemen, aangezien kan worden verwacht dat dit een effect op de slibsamstelling heeft. Ter ondersteuning en onderbouwing is een scan naar referentieliteratuur uitgevoerd.

### 3.2 LITERATUURSCAN VERTAALSLAG INFLUENTSAMENSTELLING EN SLIBKWALITEIT

Ter ondersteuning van de toe te passen vertaalslag van de procesdata naar de te verwachten slibkwaliteit, is een literatuurscan uitgevoerd gericht op zware metalen en organische microverontreinigingen. Naast voornoemde vertaalslag is tevens de verwijdering van zware metalen en het bijbehorende verwijderingsproces in de verschillende onderdelen van de r.w.z.i. aan de orde gekomen. De aandacht heeft zich voornamelijk gericht op praktijkgegevens. Theoretische beschouwingen zijn niet meegenomen. De literatuurscan heeft voldoende bruikbare informatie over zware metalen opgeleverd. Met betrekking tot organische microverontreinigingen is slechts relevante informatie gevonden over PAK. De belangrijkste conclusies uit de literatuurscan worden in deze paragraaf beknopt samengevat.

#### 3.2.1 VERWIJDERINGSMECHANISME ZWARE METALEN

In r.w.z.i.'s worden zware metalen door voorbezinking en in het actiefslibproces (nabezinking) uit het afvalwater verwijderd. Alleen de onoplosbare en de aan deeltjes gebonden metalen worden met behulp van voorbezinking verwijderd. Tijdens het actiefslibproces kunnen de oorspronkelijk opgeloste metalen, maar ook de onopgeloste metalen, door hechting aan de biomassa uiteindelijk verwijderd worden via de slib/water scheiding in de nabezinking [19][20]. De verwijdering van nikkel, lood en zink wordt voor een belangrijk deel toegewezen aan de verwijdering van onoplosbare metalen, terwijl de verwijdering van chroom, cadmium en koper grotendeels lijkt toe te wijzen aan de verwijdering van oplosbare metalen die gebonden zijn aan het slib [22].

Over de factoren die de verwijdering van metalen in het zuiveringsproces beïnvloeden, bestaan in de literatuur verschillende opvattingen. De procesparameters: slibvolume-index (SVI), slibleeftijd, zwevende stofverwijdering, zwevende stof concentratie, zuurstofconcentratie en bezinktijd zijn van invloed op de metaalverwijdering [19]. Daarnaast worden de volgende fysische en chemische factoren van belang verondersteld: temperatuur, pH, metaal ionconcentratie, oplosbaarheid van het metaal, valentie van het metaal, concentratie van complexvormende stoffen en deeltjesgrootte. De concentratie aan extracellulaire polymeren wordt genoemd als de belangrijkste biologische factor [19].



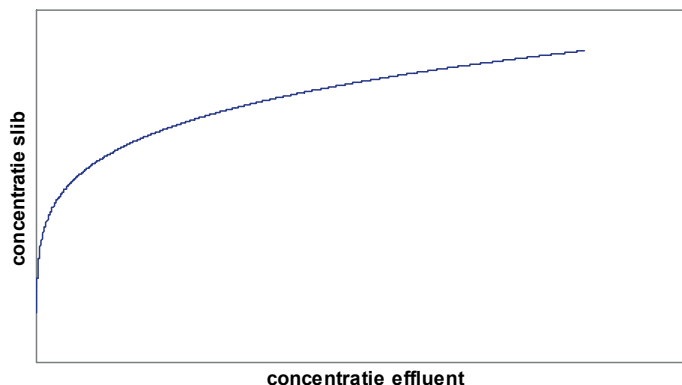
Diverse auteurs verklaren dat de metaalverwijdering een fysisch chemisch proces is dat niet beïnvloed wordt door biologische activiteit [23][28]. Zo wordt de pH als belangrijke parameter genoemd [14][19][23][28]. Ook het droge- en organische- stofgehalte en de influentconcentratie worden beschreven als belangrijke factoren die van invloed zijn op de metaalverwijdering [14][15][17][23][28]. Door enkele auteurs wordt dit laatste tegengesproken, waarbij aangehaald wordt dat niet de influentconcentratie, maar de influentbelasting aan metalen een direct verband heeft met de metaalverwijdering [19][20]. De relatie tussen de influentbelasting en de verwijdering van metalen kan over het algemeen goed beschreven worden met adsorptie-isothermen zoals Langmuir en Freundlich [19][23]. Met een Langmuir adsorptie-isotherm kan de metaalverwijdering beter beschreven worden indien deze wordt uitgebreid met een model waarin de pH en het organische stofgehalte de belangrijkste variabelen zijn [28].

De vergelijkingen en grafische weergaven van de Freundlich en Langmuir adsorptie isothermen worden in Bijlage 6 weergegeven.

Met Langmuir en Freundlich adsorptie isothermen wordt de belading van het slib met zware metalen beschreven als functie van de concentratie van zware metalen in de waterfase (effluent). Beide isothermen hebben als kenmerk dat wanneer de concentratie in het effluent lager wordt, ook de concentratie in het slib daalt (zie Bijlage 6 en Figuur 3-1) volgens een niet lineair verloop.

FIGUUR 3-1

WEERGAVE FREUNDLICH ADSORPTIE ISOTHERM



Diverse auteurs [14][15] melden dat het verwijderingsrendement van zware metalen proportioneel is met de belasting van de r.w.z.i. met zware metalen of met de hoeveelheid zware metalen. Deze constatering is equivalent aan een beschrijving van de verwijdering met adsorptie isothermen:

- Een lage concentratie (lage vracht) in het influent leidt tot een laag verwijderingsrendement (een lage concentratie in het slib).
- Een lage concentratie in het influent levert een lage evenwichtsconcentratie in de waterfase rond het slib (effluent concentratie) en daarmee een lage belading van het slib.

### 3.2.2 INVLOED PROCESONDERDELEN

De voorbezinking heeft een belangrijke rol in de verwijdering van zwevend stof en hierdoor ook in de metaalverwijdering [19]. Het blijkt dat er grote verschillen in de verwijdering van metalen kunnen zitten [20]. Specifiek voor voorbezinking wordt ook gerapporteerd dat de influentbelasting met zware metalen van belang is voor het verwijderingsrendement in de

voorbezinking [19][20]. Daarnaast beïnvloeden factoren (fysisch-chemisch) die van invloed zijn op de bezinking ook de metaalverwijdering. Dit zijn onder andere het ontwerp en de uitvoeringsvorm van de voorbezinking, de DWA en RWA aanvoer en de zwevende stof concentratie in het influent [19][20]. Het verwijderingspercentage van zware metalen door voorbezinking komt globaal gezien overeen met het verwijderingspercentage in het actiefslibgedeelte van de r.w.z.i. [17]. Een enkele auteur spreekt dit tegen [16].

In het actiefslib gedeelte van de zuivering is extracellulair materiaal (polymeren, proteïnen en nucleïnezuren) aanwezig. Dit materiaal wordt als belangrijk gezien voor de binding van (opgeloste) metalen aan het slib [19].

Anaërobe stabilisatie (vergisting) van slib resulteert in een toename van de metaalconcentratie op basis van drogestof in het slib [15]. Als reden geven diverse auteurs de vorming van stabielere complexen van metalen met het slib tijdens slibgisting, waardoor de beschikbaarheid van metalen in de waterfase afneemt [18],[20]. Een voorbeeld van deze complexen zijn metaal-sulfides die een lage oplosbaarheid hebben. Tijdens anaërobe vergisting worden sulfaten gereduceerd naar sulfides, welke beschikbaar zijn voor de vorming van metaalsulfides. Dit geldt voor de meerderheid van de metalen met uitzondering van chroom [20].

Vergisting leidt tot reductie van drogestof. De vraag is of en in welke mate er zware metalen tijdens vergisting vrijkomen. Betoogd kan worden dat het deel van de zware metalen dat aan het slib gebonden is, na vergisting vrijkomt in de waterfase. Bij een gemiddelde drogestof afbraak van 32% zou dat een significante verhoging van het zware metalen gehalte in de waterfase van het vergiste slib kunnen veroorzaken. Deze verhoging leidt, indien de Freundlich adsorptie kinitiek wordt gevolgd, tot een verhoging van het zware metalen gehalte in het slib (als gevolg van een nieuw evenwicht). Vervolgens zou er nog extra binding van zware metalen plaatsvinden als gevolg van voornoemde bindingsmechanismen. De waterfase van het vergiste slib (rejectiewater) wordt weer teruggevoerd naar de r.w.z.i. Als zodanig zou de belasting van de r.w.z.i. met zware metalen toe kunnen nemen. De literatuur lijkt dit echter tegen te spreken.

### 3.2.3 GERAPPORTEERDE VERWIJDERINGSPERCENTAGES

De verwijderingsrendementen voor de verschillende metalen die in de literatuur zijn weergegeven, zijn in Tabel 3-1 weergegeven, hierin zijn de gemiddelde waarden aangegeven tussen haakjes. Er is onderscheid gemaakt in de verwijdering tijdens voorbezinking, het actiefslibproces inclusief nabezinking en de totale zuivering. De resultaten zijn grotendeels afkomstig van praktijkinstallaties. In sommige artikelen zijn naast praktijkinstallaties ook de resultaten van enkele pilot- of laboratoriumopstellingen gebruikt.

Ondanks de grote spreiding in de verwijderingspercentages, blijkt dat in de meeste gevallen de verwijdering van nikkel als laagste wordt beschreven [14][19][20][23][27]. De verwijdering van cadmium is over het algemeen ook relatief laag en de verwijderingspercentages van zink, lood en koper zijn het hoogste. Deze volgorde in de verwijdering van metalen en de range van de verwijderingspercentages komen overeen met de resultaten uit onderhavige studie (zie paragraaf 3.2). Daarnaast blijkt uit de tabellen dat de voorbezinking een significant aandeel heeft in de verwijdering van metalen uit het afvalwater.

TABEL 3-1

## LITERATUURWAARDEN VOOR HET VERWIJDERINGSRENDEMENT VAN METALEN (IN %)

<b>Tijdens voorbezinking</b>				
	[20]	[20] [19]	[19]	[27]
Cu	20-70 (45)	50-95(71)	33-70 (52)	
Cr	29-55 (38)	40-63 (51)	28-55 (40)	51
Zn	18-68 (44)	68-79 (74)	35-68 (50)	74
Pb	40-82 (58)	66-82 (73)	40-66 (56)	
Cd	20-60 (37)	60-83 (72)	25-60 (40)	
Ni	15-49 (33)	0-40 (23)	15-35 (24)	23
Hg	54-57 (56)			
As				
<b>Actiefslibproces zonder voorbezinking</b>				
	[20]	[19]	[25]	[27]
Cu	24-93 (62)	33-93 (66)	88-93 (90)	
Cr	5-88 (57)	33-88 (66)	83-92 (87)	33
Zn	10-93 (56)	48-93 (69)	67-82 (76)	78
Pb	14-98 (59)	27-98 (64)	77-88 (82)	
Cd	7-84 (49)	11-80 (46)	75-89 (82)	
Ni	0-61 (24)	1-61 (33)	30-38 (35)	61
Hg				
As				
<b>Actiefslibproces met voorbezinking</b>				
	[15]	[27]	deze studie (par. 3.3.1)	
Cu	53		80	
Cr		67	74	
Zn	88	94	73	
Pb	33		84	
Cd	14		55	
Ni		70	38	
Hg			80	
As			49	

Over de verwijdering van PAK's in r.w.z.i.'s zijn beperkt bruikbare referenties gevonden [13][21][22][24][26]. Over het algemeen wordt adsorptie beschreven als het belangrijkste verwijderingsproces van PAK's [21]. Met name voor de zwaardere PAK's is adsorptie tijdens de voorbezinking van belang, terwijl de verwijdering tijdens secundaire behandeling ook verloopt via andere processen, zoals biodegradatie en/of vervluchtiging [21]. Door Moretti en Neufeld [22] wordt een verdeling van PAK's over de slib en waterfase beschreven volgens een logaritmische functie die gelijkenis vertoont met de Freundlich isotherm.

### 3.3 RELATIE INFLUENTSAMENSTELLING EN SLIBKWALITEIT

Om een betrouwbaar verband te kunnen leggen tussen de influentkwaliteit en de aanwezigheid van zware metalen in slib zijn diverse mogelijke relaties hiertussen doorgerekend op basis van praktijkgegevens. Bij de keuze van deze relaties is op een pragmatische wijze rekening gehouden met de te verwachten mechanismen van de verwijdering van zware metalen in r.w.z.i.'s en de mechanismen die uit de literatuurscan naar voren zijn gekomen (zie paragraaf 3.2.1). In de relaties die in beschouwing zijn genomen kunnen 3 categorieën worden onderscheiden:

#### 1 Concentratie

De concentratie van de verontreinigende componenten in slib houdt direct verband met de concentratie van deze componenten in hetzij het influent, hetzij het effluent. Een benadering vanuit de influentconcentratie gaat er van uit dat de drijvende kracht voor de ophoping

van verontreinigingen in het slib wordt gevormd door de hoogte van de concentratie. De benadering vanuit de effluentconcentratie gaat meer uit van een evenwichtssituatie tussen de concentratie in het slib (de belading) en de waterfase rond het slib. De waterfase rond het slib is analoog aan het effluent. De concentratie in het slib kan hierbij worden uitgedrukt op basis van droge stof of organische stof gehalte.

## 2 Vrucht

De vrucht aan verontreinigende componenten in slib wordt in relatie gebracht met de vrucht van deze componenten in het influent.

## 3 Isothermen

De beschrijving van de adsorptie van microverontreinigingen aan slib kan worden gebaseerd op theoretische beschouwingen. Kenmerkend is dat de belading (concentratie) van het slib aan microverontreinigingen verandert in relatie met de verandering van de concentratie aan microverontreinigingen in de waterfase buiten het slib. Deze afname is niet-lineair. De Langmuir en de Freundlich isotherm zijn vergelijkingen die in dit kader veel worden toegepast.

De drie categorieën zijn uitgewerkt op basis van historische data uit 1981-2001.

### 3.3.1 CONCENTRATIE EN VRACHT

In onderstaande Tabel 3-2 zijn de resultaten samengevat van de relaties uit categorie 1. (concentratie) en 2. (vrucht). De beschouwde lineaire verbanden zijn:

A. slibconcentratie (droge stof)	:	influentconcentratie
B. slibconcentratie (organische stof)	:	influentconcentratie
C. slibconcentratie (droge stof)	:	effluentconcentratie
D. slibconcentratie (organische stof)	:	effluentconcentratie
E. vrucht in slib	:	vrucht in influent

Per metaal is de gemiddelde berekende waarde bepaald en de procentuele afwijking van het gemiddelde ten opzichte van de laagste en hoogste praktijkwaarde. In Bijlage 7 zijn de resultaten van de berekeningen in meer detail weergegeven.

TABEL 3-2

AFWIJKINGEN TEN OPZICHTE VAN GEMIDDELDE VERHOUDING

Type verhouding	% laagste	% hoogste
A	19	19
B	23	26
C	30	36
D	30	36
E	16	16

Uit Tabel 3-2 kan worden geconcludeerd dat de verhouding tussen de slibconcentratie (droge stof) en de influentconcentratie, en de verhouding tussen de vrucht van zware metalen in het slib en de vrucht van zware metalen in het influent de meest constante waarde oplevert (type verhouding A en E). Verhoudingen op basis van organische stof leveren geen beter beeld op. De verhouding tussen de vruchten is nader uitgewerkt. Om een exactere bepaling van de factor tussen de vrucht in het slib en in het influent te bepalen, is voor meerdere jaren van tussen 1981 en 2001 de verhouding tussen de metaalvruchten van het influent en slib bepaald (zie Bijlage 7). In Tabel 3-3 zijn de gemiddelde waarde en de standaard deviatie weergegeven. Uit Tabel 3-3 kan worden geconcludeerd dat de verhouding tussen de vrucht aan zware metalen in het influent en de vrucht aan zware metalen in het slib per metaal een stabiele waarde oplevert met een acceptabele spreiding.

TABEL 3-3 VERHOUDING TUSSEN METALEN VRACHT IN SLIB EN METALEN VRACHT IN INFLUENT, GEMIDDELTE EN AFWIJKING VOOR DE JAREN 1981 TOT EN MET 2001

	gemiddelde (kg/kg)	standaard deviatie %
Cu	0,80	10 %
Cr	0,74	22 %
Zn	0,73	7 %
Pb	0,84	17 %
Cd	0,55	20 %
Ni	0,38	17 %
Hg	0,80	15 %
As	0,49	15 %

Het lineaire verband van de vracht in het influent tegen de vracht in het slib en de concentratie in het influent tegen de concentratie in het slib is ook gefit en in grafische vorm weergegeven (zie Bijlage 7). Er is gebruik gemaakt van de CBS data uit de jaren 1981, 1985 en 1990 tot en met 2001. Een keuze voor een relatie op basis van concentratie of op basis van vracht lijkt gezien de resultaten arbitrair. De hellingshoeken uit de grafieken op basis van concentraties en vrachten komen overeen met de resultaten uit Tabel 3-3. In Figuur 3-2 is de lineaire relatie tussen influentvracht en slibvracht weergegeven.

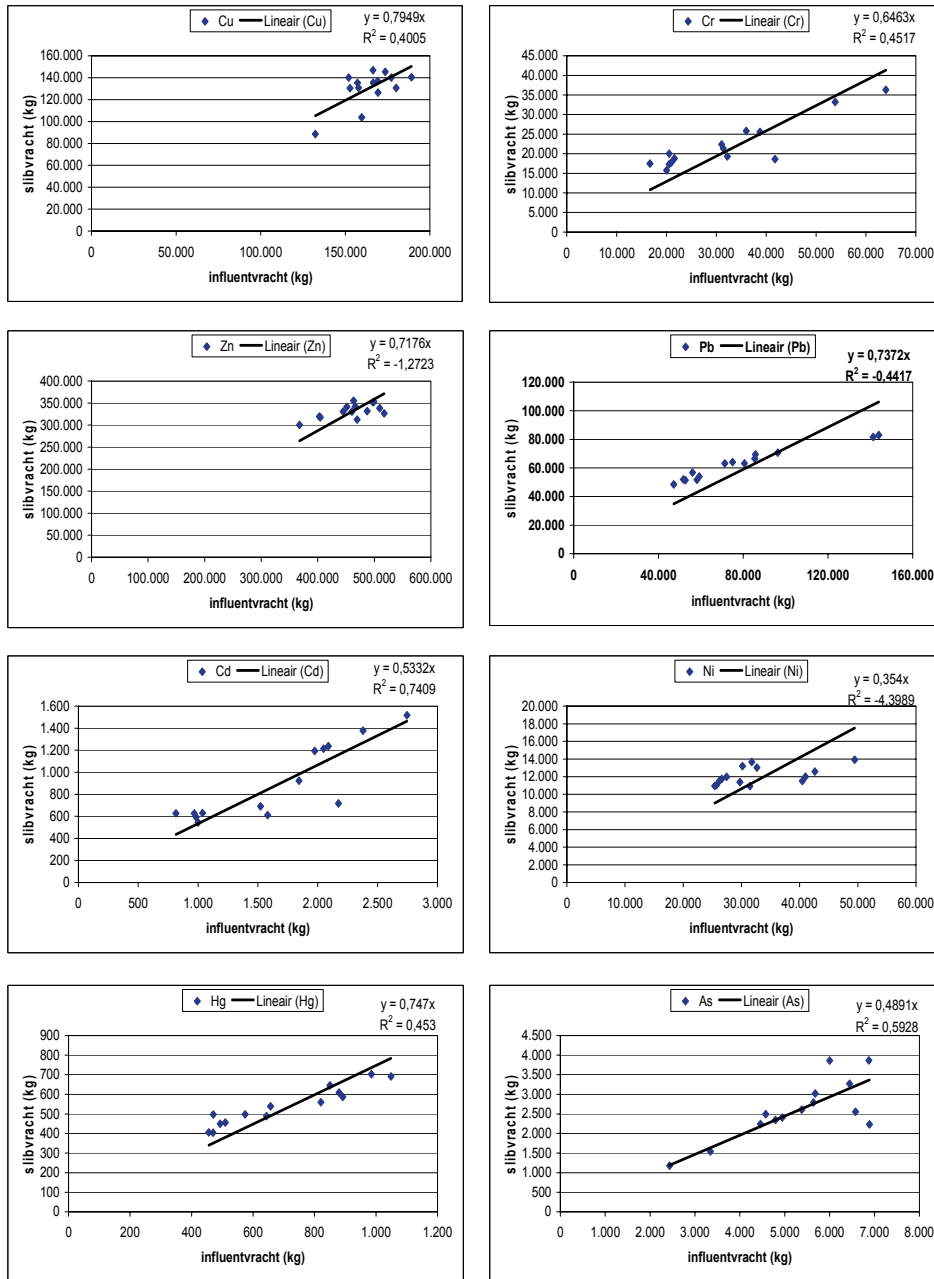
### 3.3.2 FREUNDLICH EN LANGMUIR ADSORPTIE

In Bijlage 8 zijn de gegevens volgens de Freundlich en de Langmuir isotherm in gelineariseerde vorm gefit tegen de historische data en in grafische vorm weergegeven. Er is gebruik gemaakt van de CBS data uit de jaren 1981, 1985 en 1990 tot en met 2001.

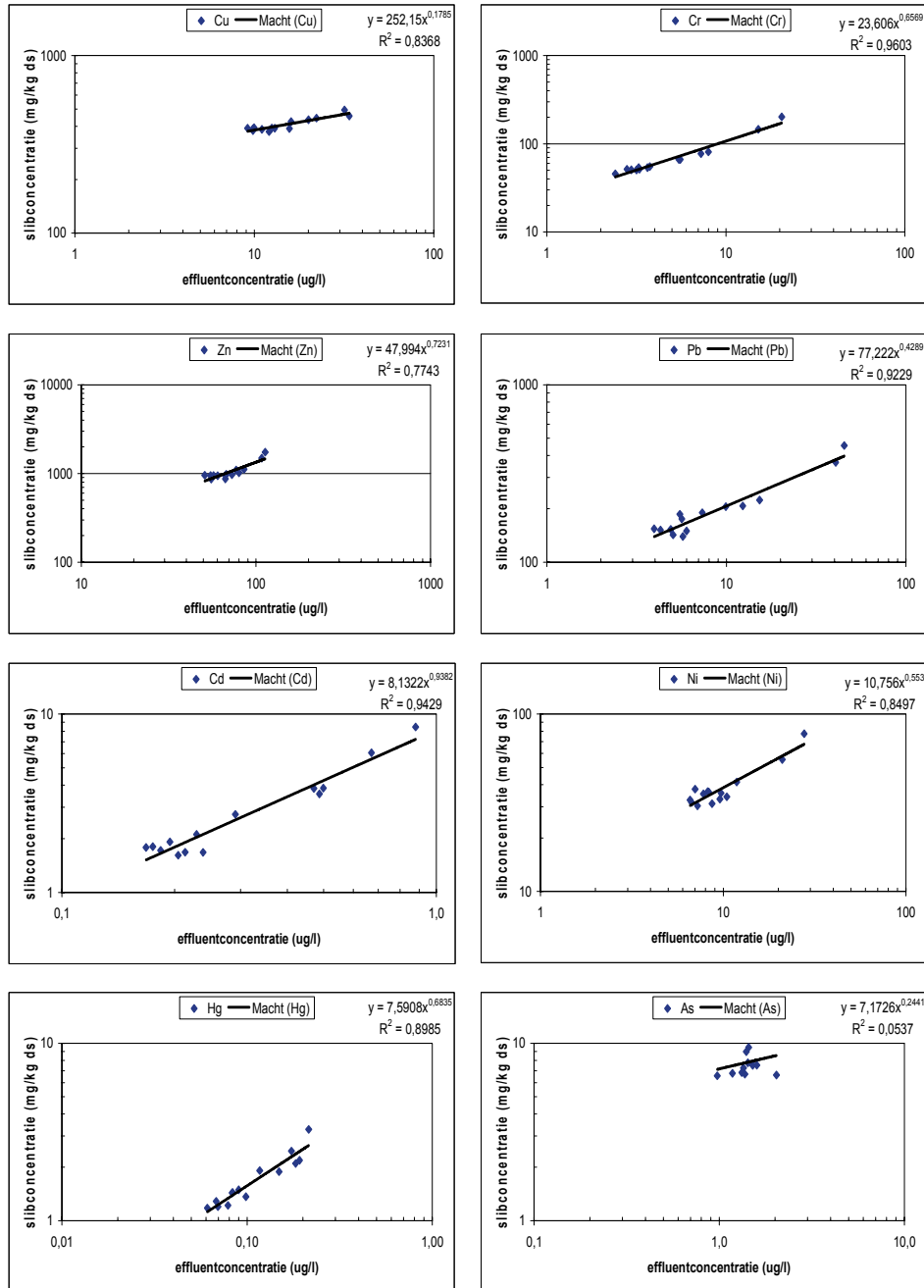
Uit de grafische weergave in Bijlage 8 blijkt dat de historische gegevens de Langmuir isotherm onvoldoende volgen, de Freundlich isotherm voldoet verrassend goed. Figuur 3-3 geeft de resultaten van de datafit volgens de Freundlich isotherm weer.

FIGUUR 3-2

GRAFISCHE WEERGAVE LINEAIR VERBAND TUSSEN INFLUENT- EN SLIBVRACHT MET HISTORISCHE WAARDEN



FIGUUR 3-3 GRAFISCHE WEERGAVE FREUNDLICH ADSORPTIE ISOTHERM MET HISTORISCHE WAARDEN



### 3.3.3 CONCLUSIE DATAFIT

Een beschrijving met een Freundlich adsorptie isotherm van de relatie tussen de slibkwaliteit en de influentkwaliteit betreffende zware metalen voldoet verrassend goed. Een simpele relatie tussen de influentvracht en de slibvracht of tussen de influentconcentratie en de slibconcentratie geeft een acceptabele beschrijving van de gegevens. Tabel 3-5 geeft de resultaten van de datafit weer.

TABEL 3-4 RESULTATEN DATAFIT VOLGENS FREUNDLICH ADSORPTIE EN VOLGENS LINEAIRE RELATIE TUSSEN VRACHT OF CONCENTRATIE IN INFLUENT EN IN SLIB

	Freundlich		vracht	concentratie
	Kf (l/g ds)	1/n (-)	(kg/kg)	(kg/kg)
Cu	252,2	0,18	0,79	4,32
Cr	23,6	0,66	0,65	3,80
Zn	48,0	0,72	0,72	4,02
Pb	77,2	0,43	0,74	4,10
Cd	8,1	0,94	0,53	3,21
Ni	10,8	0,55	0,35	1,98
Hg	7,6	0,68	0,75	4,12
As	7,2	0,24	0,49	2,67

### 3.4 EFFECT VERANDERING INFLUENTBELASTING

Met behulp van de gevonden relaties kan bij veranderende influentvracht, de verandering in slibkwaliteit worden berekend, zodat toekomstprognoses mogelijk zijn. Vastgesteld dient te worden welke relatie handzaam en voldoende betrouwbaar kan worden toegepast.

Uit de vorige paragraaf blijkt dat de Freundlich isotherm de relatie tussen metalen in het influent en het slib het beste weergeeft. Om de relatie tussen de influentvrachten en het slib te bepalen dient echter een vrij complexe rekenmethode te worden toegepast op basis van een modelberekening (zie Bijlage 9). Er is bekeken of de eenvoudigere lineaire relatie tussen de vracht in het influent en de vracht in het slib ook bij veranderingen in de influentvracht goed overeenkomt met de Freundlich isotherm. Met behulp van de constanten uit Tabel 3-4 is het effect van een afname van de metaalvrachten in het influent op de slibkwaliteit bepaald. De resultaten zijn grafisch weergegeven in Bijlage 10. Het blijkt dat de lineaire relatie tussen de vracht in het influent en de vracht in het slib voldoende goed overeenkomt met de Freundlich isotherm. De gemiddelde afwijking is 15 %. Omdat deze afwijking relatief klein is en het gebruik van de Freundlich isotherm omslachtig is, wordt niet de Freundlich isotherm, maar de relatie tussen de vracht in het influent ten opzichte van de vracht in het slib in deze studie verder gebruikt.

### 3.5 CONCLUSIES VERTAALSLAG SLIBKWALITEIT ZWARE METALEN

Op basis van een analyse van literatuurgegevens en een onderbouwing met praktijkgegevens kan worden geconcludeerd dat de relatie tussen de influentbelasting met zware metalen en de belasting van het slib met zware metalen acceptabel kan worden beschreven met een Freundlich isotherm en met een lineair verband tussen de influentvracht en de slibvracht. Deze laatste methode is het meest handzaam. Toekomstige veranderingen in de influentbelasting met zware metalen kunnen op deze wijze doorgerekend worden naar de slibkwaliteit. Uit de literatuur is op te maken dat de pH en het organisch stofgehalte belangrijke parameters zijn die de verwijdering van zware metalen beïnvloeden. Een aanname is dat deze parameters voor de Nederlandse situatie als constant kunnen worden beschouwd (zie ook Tabel 2-1). Vanwege een gebrek aan historische data zijn voor PAK en andere organische microverontreinigingen geen relaties vastgesteld tussen influent- en slibkwaliteit.



### 3.6 VERTAALSLAG SLIBKWANTITEIT

Met de in het gepresenteerde gemiddelde karakteristiek in hoofdstuk 2 van de r.w.z.i.'s in Nederland is het mogelijk om met gangbare ontwerpberoeeningen de in Nederland geproduceerde slibkwantiteit te berekenen. Vastgesteld dient te worden of de gangbare ontwerpberoeeningen de praktijkwaardes voor slibproductie naar behoren beschrijven. Voor de historische gegevens zijn de waardes uit tabel 2.1 gehanteerd.

Voor het berekenen van de slibproductie is gebruik gemaakt van het DENIKaplus programma en HSA berekeningen. In Bijlage 12 zijn de waardes van de gebruikte uitgangspunten en parameters vermeld.

Op basis van het voorkomen van het type zuiveringssystemen (zie Tabel 2-1) is geconcludeerd dat het merendeel van de r.w.z.i.'s bestaat uit gesuspendeerde actiefslibsystemen. Een percentage van de zuiveringscapaciteit beschikt over voorbezinking. Het percentage aan voorbezinking in 2001 is ongewijzigd gehanteerd voor de prognoses van 2005, 2010 en 2020. Voor de berekening van de productie van de hoeveelheid primair slib ten gevolge van voorbezinking zijn verwijderingsrendementen voor de voorbezinking aangenomen (Bijlage 12). Bij de berekening van de prognose van de slibproductie is aangenomen dat het biologische volume van de huidige r.w.z.i.'s een dermate grote overcapaciteit heeft dat het volume in de toekomst niet zal toenemen. Het biologische volume van 2001 is gebruikt voor de jaren 2005, 2010 en 2020. De berekeningen voor de prognoses zijn uitgevoerd met de volgende effluenteisen: 10 mg N/l (jaargemiddeld) en 1 mg P/l (voortschrijdend gemiddelde).

Naast de productie van primair slib is de productie aan secundair slib bepaald. Het secundaire slib bestaat uit biologisch en chemisch slib t.g.v. chemische fosfaatverwijdering. Voor de berekening van de chemische slibproductie is een metaal/fosfaatverhouding van 1,5 gehanteerd. Voor de prognoses van 2005, 2010 en 2020 is ervan uitgegaan dat het percentage r.w.z.i.'s dat beschikt over biologische fosfaatverwijdering respectievelijk 40, 60 en 80 % zal zijn.

Refererend aan tabel 2.1., op basis van de in het voorgaande beschreven berekeningswijze, is de slibproductie als volgt berekend. Voor het percentage van de zuiveringen dat is uitgerust met chemische fosfaatverwijdering is de productie van chemisch slib en biologisch slib berekend. Voor het percentage aan zuiveringen uitgerust met biologische fosfaatverwijdering is berekend hoeveel de productie aan biologisch slib bedraagt. De totale hoeveelheid biologisch slib is de som van het biologisch slib dat geproduceerd is in r.w.z.i.'s met chemische fosfaatverwijdering en het biologisch slib dat geproduceerd is in r.w.z.i.'s met biologische fosfaatverwijdering.

Een gedeelte van het geproduceerde primaire- en secundaire slib wordt vergist. Hiervoor zijn de praktijkwaardes uit het jaar 2001 genomen voor de prognoses van 2005, 2010 en 2020. In 2001 bedraagt het percentage aan slibvergistingcapaciteit en drogestofverwijdering in de gisting respectievelijk 55 % en 32 %.

Voornoemde benadering van de slibkwantiteit is gevalideerd met behulp van de gegevens van het CBS over de jaren 1981, 1985, 1990, 1995 en 2001. Hierbij is de uit de praktijk bekende gemiddelde effluentwaarde als effluenteis ingevoerd bij de berekeningen. Als gemiddelde temperatuur is 15 °C gehanteerd. In Tabel 3-5 en Figuur 3-4 zijn de resultaten weergegeven. Het blijkt dat de resultaten goed overeenkomen met de werkelijke hoeveelheid geproduceerd slib, waarmee aangetoond is dat de gehanteerde berekeningswijze voldoende betrouwbaar is om prognoses voor toekomstige slibkwantiteit op te stellen.

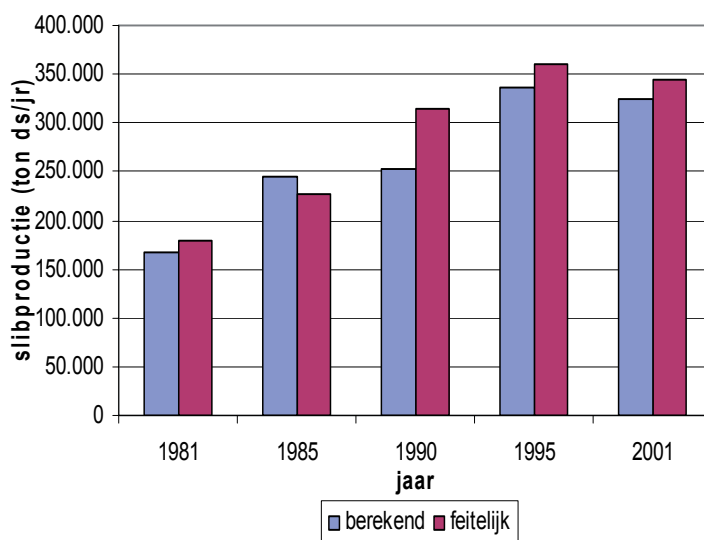
TABEL 3-5

## RESULTATEN BEREKENINGEN SLIBKWANTITEIT EN VERGELIJKING MET CBS WAARDE

	1981	1985	1990	1995	2001	
Berekend						
Slibbelasting	0,087	0,087	0,101	0,083	0,073	g BZV/(kg ds.d)
primaair slib	57.703	98.069	83.681	104.182	88.098	1.000 kg ds
secundair slib						
- biologisch slib	135.898	205.380	232.784	297.508	285.979	1.000 kg ds
- chemisch slib	19.277	13.525	14.086	18.798	18.061	1.000 kg ds
afbraak vergisting	45.641	71.389	77.339	83.183	68.674	1.000 kg ds
totaal slib	167.237	245.585	253.212	337.306	<b>323.464</b>	1.000 kg ds
feitelijk						
totaal slib	179.616	227.127	315.266	359.843	<b>344.978</b>	1.000 kg ds
feitelijk/berekend	-7%	8%	-20%	-6%	-6%	

FIGUUR 3-4

## SCHEMATISCHE WEERGAVE BEREKENDE EN FEITELIJKE HOEVEELHEID SLIB



## 4

# PROGNOSE TOEKOMSTIGE BELASTING

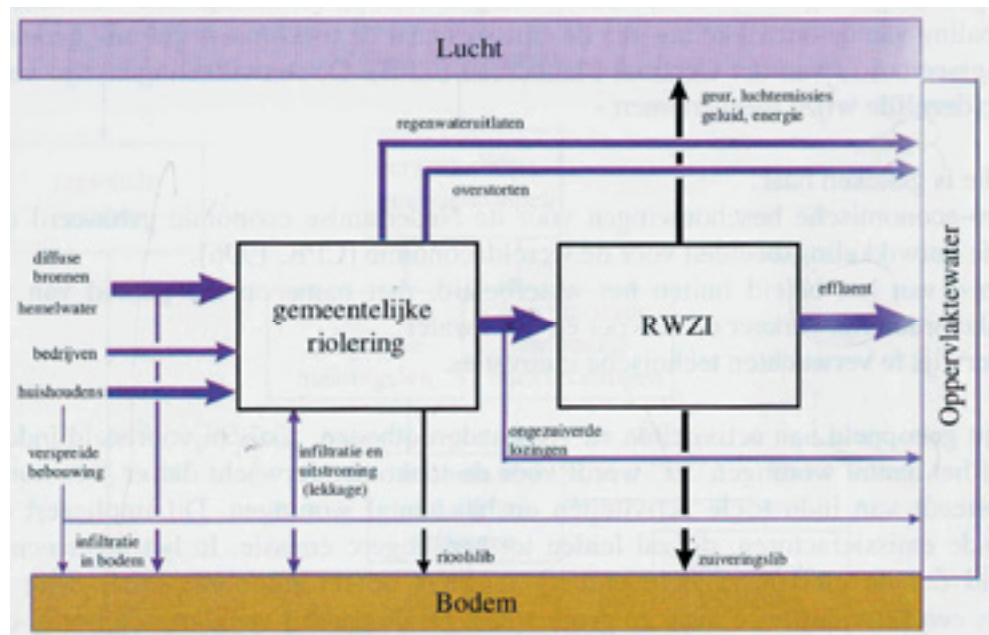
## 4.1 PROGNOSE INFLUENTKWALITEIT

Het RIZA-rapport uit 1999 'Waterverkenningen: Een strategie voor de aanpak van microverontreinigingen in communale afvalwater' (RIZA-Waterverkenningen) zijn een aantal mogelijke strategieën voor de reductie van emissie van microverontreinigingen (zware metalen en PAK's) op en vanuit het communale afvalwatersysteem verkend. Dit RIZA rapport vormt een belangrijke basis voor deze studie. Navraag bij het RIZA heeft geleerd dat sinds het verschijnen van 'RIZA-Waterverkenningen' geen actualisering op het onderhavige onderwerp heeft plaatsgevonden.

In Figuur 4-1 is het gehanteerde schema voor het communale afvalwatersysteem weergegeven. Het oppervlaktewater wordt belast vanuit de industrie, diffuse bronnen en het communale afvalwatersysteem. Belangrijke belastingsroutes vanuit het communale afvalwatersysteem vormen de overstorten en het effluent van r.w.z.i.'s. Als uitgangspunt zijn de (praktijk)gegevens van het jaar 1995 genomen. De aard en omvang van emissiebronnen die op het communale afvalwatersysteem lozen zijn onderzocht. Een groot aantal primaire bronnen zijn geïnventariseerd en gekwantificeerd, waarbij voor de industrie een opsplitsing op branche niveau is gemaakt. Hiermee is meer inzicht verkregen in de achterliggende oorzaken van verontreinigingen. Vanuit deze basis zijn potentiële bronmaatregelen geformuleerd om de emissies vanuit die bronnen te reduceren. Vervolgens zijn in een aantal varianten de emissieontwikkelingen naar de toekomst (2000, 2005, 2010, 2020) bepaald, rekening houdend met diverse beleidscenarië's. De in 1998 bekende beleidlijnen zijn hiervoor als uitgangspunt gehanteerd.

FIGUUR 4-1

SCHEMATISCHE WEERGAVE COMMUNAAL AFVALWATERSYSTEEM VOLGENS RIZA-WATERVERKENNINGEN



Per variant is verschillend ingevuld hoe wordt omgegaan binnen het communale afvalwatersysteem met de sanering van individuele bronnen die op de riolering lozen, de overstortproblematiek de afvoer van regenwater en mogelijke extra zuiveringsstappen bij r.w.z.i.'s. Voor alle varianten zijn autonome ontwikkelingen op gelijke wijze meegenomen, rekening houdend met aspecten als:

- Macro-economische beschouwingen van het CPB;
- Beleid (buiten het waterbeleid) op het terrein van milieu, ruimtelijke ordening, verkeer en vervoer;
- Redelijkerwijs te verwachten technische innovaties.

In RIZA-Waterverkenningen zijn vijf verschillende scenario's gehanteerd:

- Huidig Beleid;
- Waterspoor;
- Maximale Eindzuivering;
- Maximale Bronaanpak;
- Optimale Mix (Optimix).

In het scenario Huidig Beleid wordt er van uitgegaan dat de vastgestelde maatregelen van de toenmalig (1998) bekende toekomstige beleidslijnen worden uitgevoerd. Het scenario Waterspoor is ingevuld met maatregelen die beperking, deelzuivering en hergebruik van (afval)water als uitgangspunt hanteren. De variant Maximale Eindzuivering is uitsluitend ingevuld met typische eindzuiveringsmaatregelen, waarbij allerlei bronmaatregelen niet worden getroffen. Het scenario Maximale Bronaanpak is juist het tegenovergestelde van het vorige scenario en is ingevuld met bron- in plaats van eindzuiveringsmaatregelen. In het scenario Optimix zijn de maatregelen gewogen naar lage kosten en een hoog effect op de meest waterkwaliteitsrelevante stoffen, het betreft een selectie op milieurendement en kosteneffectiviteit. Het rapport 'RIZA-Waterverkenningen' kent in de uitwerking een hoog detailniveau en is als zodanig zeer bruikbaar voor deze studie. In Bijlage 11 zijn ter illustratie voorbeelden opgenomen van detailmaatregelen die in de scenario's zijn gehanteerd bij de industrie, de huishoudens, diffuse bronnen, riolering en r.w.z.i.'s. Enkele hoofdlijnen zijn:

- preventie (procesgeïntegreerd)
- good housekeeping
- waterbesparing, en hergebruik
- aanpak diffuse bronnen
- afkoppelen regenwater
- effluentbehandeling

Per scenario zijn tussen de 60 en 110 verschillende maatregelen beschouwd. Allereerst is per scenario bepaald welke maatregelen van toepassing zijn, vervolgens in welke jaren deze geïmplementeerd worden en tot slot is er per maatregel de invloed op de verontreinigende component gegeven. Met behulp van gegevens over onder andere de gehanteerde zuiveringsrendementen van rioolwaterzuiveringsinstallaties en de mate van overstorten, regenwateruitlaten en ongezuiverde lozingen is de samenstelling van de lozingen op het oppervlaktewater bepaald.

Refererend aan de samenvatting van de belangrijkste beleidsaspecten (paragraaf 2.8) kan worden geconcludeerd dat de vastgestelde maatregelen van de in 1998 bekende toekomstige beleidslijnen nog steeds actueel zijn en bruikbaar zijn voor het vaststellen van prognoses.

De scenario's Huidig Beleid en Optimix worden gezien als meest realistisch voor de toekomstscenario's en zijn in deze studie verder uitgewerkt.

## 4.2 INFLUENTVRACHTEN RIZA-WATERVERKENNINGEN

In RIZA-Waterverkenningen staat de oppervlaktewaterkwaliteit centraal, niet de slibkwaliteit en ook niet de influentkwaliteit. Uit de gegevens van de toekomstscenario's van de jaren 2000, 2005, 2010 en 2020 kunnen echter de te verwachten vrachten in het influent worden berekend. De wijze waarop dit uitgevoerd is, is als volgt. De te verwachten vrachten zware metalen in het effluent en de verwijderingsrendementen (zie Bijlage 11) van de r.w.z.i. zijn weergegeven in RIZA-Waterverkenningen en zijn gebruikt om de influentbelasting te berekenen. In Tabel 4-1 en Tabel 4-2 zijn de prognoses van de vrachten in het influent weergegeven bij toepassing van het Huidige Beleid en Optimix.

TABEL 4-1 PROGNOSE VRACHTEN IN INFLUENT VOLGENS RIZA WATERVERKENNINGEN BIJ HUIDIG BELEID

	1995	2000	2005	2010	2020	
Cu	159.049	132.142	128.359	131.914	139.688	kg
Cr	28.881	28.668	31.137	30.177	34.316	kg
Zn	611.011	642.929	579.056	555.755	579.587	kg
Pb	126.515	134.350	131.064	133.969	152.102	kg
Cd	1.176	1.155	1.065	1.050	1.067	kg
Ni	26.224	24.820	22.947	23.857	25.891	kg
Hg	1.332	562	551	563	577	kg
As	1.896	1.619	1.472	1.516	1.592	kg
PAK 6	4.290	4.283	4.143	4.307	4.680	kg

Ondanks de te verwachten groei van de economie en de bevolking laat het scenario Huidig Beleid vanaf 2000 grofweg een stabilisering van de vrachten zien, met uitzondering van chroom en lood.

TABEL 4-2 PROGNOSE VRACHTEN IN INFLUENT VOLGENS RIZA WATERVERKENNINGEN BIJ OPTIMIX

	1995	2000	2005	2010	2020	
Cu	159.049	120.168	98.608	85.663	67.761	kg
Cr	28.881	28.380	24.206	24.325	21.503	kg
Zn	611.011	626.457	529.411	462.072	346.288	kg
Pb	126.515	127.126	107.917	96.258	76.866	kg
Cd	1.176	1.156	1.066	1.017	949	kg
Ni	26.224	24.155	20.448	19.630	17.842	kg
Hg	1.332	521	470	486	505	kg
As	1.896	1.592	1.413	1.423	1.440	kg
PAK 6	4.290	4.272	3.867	3.320	2.773	kg

Het scenario OPTIMIX laat een lichte tot sterke daling van de vrachten zien, met uitzondering van kwik en arseen, hiervoor is een stabilisatie voorzien.

Wanneer er voor de beide varianten gekeken wordt naar de vrachten in het influent in 2000 blijkt dat deze tussen de scenario's onderling relatief weinig verschillen. Vanaf 2005 worden de verschillen tussen beide scenario's steeds groter en worden de effecten van het verschil in maatregelen beter zichtbaar.

Voor een aantal metalen is geconstateerd dat de massabalansen onvoldoende sluitend te maken zijn. RIZA-Waterverkenningen maakt gebruik van bronnengegevens. Er is sprake van een discrepantie tussen de vrachten uit deze bronneninventarisatie (theoretische massabalans) en de praktijkgegevens van het CBS over het jaar 1995. Dit wordt geïllustreerd in Tabel 4-3. In het bijzonder de vrachten van de metalen zink, lood en arseen wijken sterk af. Ook de praktijkgegevens voor de vrachten van het jaar 2001 geven vergelijkbare afwijkingen met de door

het RIZA afgegeven prognose voor 2000. Dit bevestigt dat de bronanalyse van RIZA niet volledig sluitend is. RIZA waterverkenningen is, ondanks het verschil met de praktijkwaarden, bij de uitwerking van de voornoemde vijf toekomstscenario's uitgegaan van de voor het jaar 1995 berekende waarden.

TABEL 4-3 VERGELIJKING THEORETISCHE WAARDE RIZA-WATERVERKENNINGEN EN MEETWAARDEN CBS VAN VRACHTEN METALEN IN INFLUENT

	CBS	RIZA	CBS	RIZA HuidigBeleid	Optimix	
	1995	1995	2001	2000	2000	
Cu	189.109	159.049	152.746	132.142	120.168	kg
Cr	32.202	28.881	20.028	28.668	28.380	kg
Zn	451.424	611.011	460.534	642.929	626.457	kg
Pb	80.612	126.515	58.215	134.350	127.126	kg
Cd	1.521	1.176	984	1.155	1.156	kg
Ni	31.456	26.224	25.411	24.820	24.155	kg
Hg	657	1.332	456	562	521	kg
As	5.640	1.896	6.444	1.619	1.592	kg

Voor het uitgangsjaar 1995 worden in deze studie de feitelijke door CBS geregistreerde meetwaarden van 1995 gebruikt in plaats van de berekende (theoretische) waarden van RIZA-Waterverkenningen. De trend in de geprognosticeerde veranderingen in vrachten uit het RIZA-rapport worden nadrukkelijk wel gebruikt voor de bepaling van de toekomstige situatie.

#### 4.3 TREND INFLUENTVRACHTEN HUIDIG BELEID EN OPTIMIX

De door RIZA berekende absolute vrachten kunnen niet voor deze studie worden gebruikt, gezien de niet volledig sluitende massabalans. Echter de bron- en beleidsanalyse en de door-gerekende maatregelen worden als zeer uitvoerig en betrouwbaar betiteld en zijn van toepassing voor deze studie. In Tabel 4-4 en Tabel 4-5 zijn ten opzichte van het uitgangsjaar 1995 de procentuele veranderingen in vrachten in het influent van de jaren 2000, 2005, 2010 en 2020 weergegeven. Deze vrachten zijn gebaseerd op de resultaten van RIZA-Waterverkenningen. De trend zoals geschetst in tabel 4-4 en tabel 4-5 zal worden gebruikt voor prognoses voor de slibkwaliteit met de scenario's Huidig Beleid en Optimix. Dit is uitgewerkt in hoofdstuk 5.

TABEL 4-4 PROCENTUELE VERANDERING TEN OPZICHT VAN 1995 BIJ HUIDIG BELEID

	2000	2005	2010	2020	
Cu	-17	-19	-17	-12	%
Cr	-1	8	4	19	%
Zn	5	-5	-9	-5	%
Pb	6	4	6	20	%
Cd	-2	-9	-11	-9	%
Ni	-5	-12	-9	-1	%
Hg	0,0	-2	0,3	3	%
As	-15	-22	-20	-16	%
PAK 6	-0,2	-3,4	0,4	9	%

TABEL 4-5

PROCENTUELE VERANDERING TEN OPZICHTE VAN 1995 BIJ OPTIMIX

	2000	2005	2010	2020	
Cu	-24	-38	-46	-57	%
Cr	-2	-16	-16	-26	%
Zn	3	-13	-24	-43	%
Pb	0,5	-15	-24	-39	%
Cd	-2	-9	-14	-19	%
Ni	-8	-22	-25	-32	%
Hg	0,0	-10	-7	-3	%
As	-16	-25	-25	-24	%
PAK 6	-0,4	-10	-23	-35	%

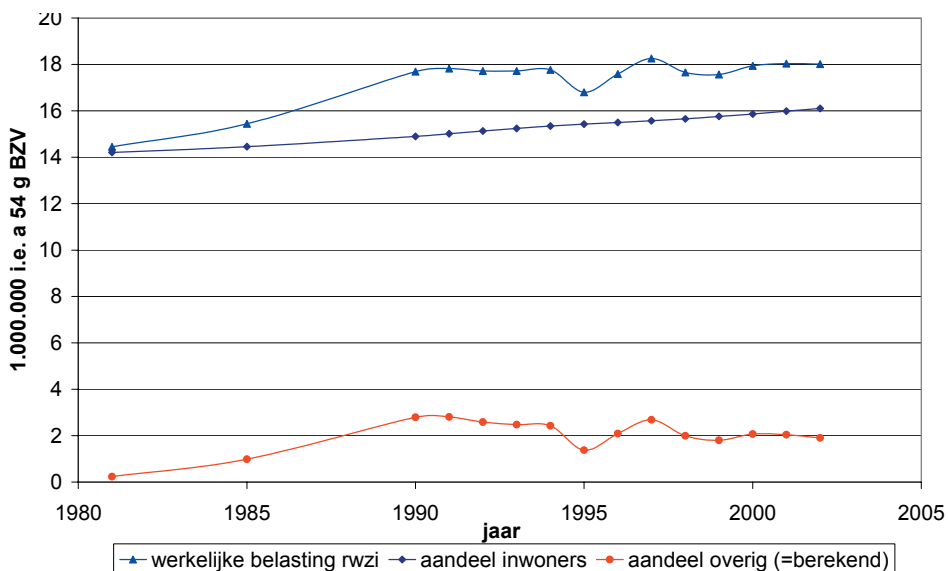
#### 4.4 PROGNOSE TOEKOMSTIGE BELASTING R.W.Z.I'S AAN CZV, BZV, N EN P

In RIZA-Watervederkenningen zijn geen prognoses voor CZV, BZV, N en P-totaal vrachten in het influent gegeven. Het is aan te nemen dat deze afhankelijk zijn van de bevolkingsgroei en de groei van de industrie en de industriële lozingen. Er is aangenomen dat de groei van de industriële lozingen hetzelfde patroon volgt als de bevolkingsgroei. De groei van de belasting in het influent is bepaald op basis van prognoses van bevolkingsgroeipercentage uit CBS en CPB bestanden. Om vast te stellen of deze aanname realistisch is een toetsing uitgevoerd met historische data.

In Figuur 4-2 is de werkelijke belasting van alle r.w.z.i.'s in Nederland weergegeven van 1981-2001. Het percentage niet aangesloten i.e.'s is buiten beschouwing gelaten. In Figuur 4-2 is ook de verwachte bevolkingsomvang van het CBS weergegeven (één i.e. is equivalent met één inwoner) en het verschil tussen de werkelijke belasting en de bevolkingsgroei. Dit verschil kan worden toegeschreven aan het aandeel van de industrie. De belasting is de laatste jaren zeer licht gestegen. Het aandeel industrie is de laatste jaren vrijwel onveranderd. Dit is mogelijk het gevolg van bronsaneringen en zuiveringsmaatregelen bij de industrie. Het is, gezien het overheidsbeleid, redelijk om aan te nemen dat het absolute aandeel van de industrie ongeveer gelijk zal blijven of hoogstens licht zal groeien. Er is in deze studie vanuit gegaan dat de groei van de belasting van r.w.z.i.'s gelijke tred houdt met de bevolkingsgroei.

FIGUUR 4-2

BELASTING R.W.Z.I'S 1981 TOT EN MET 2001

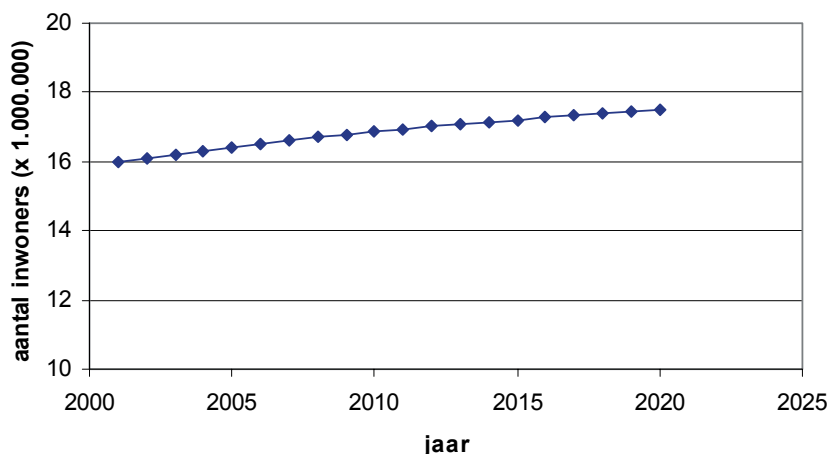


In Tabel 4-6 zijn de groeipercentages weergegeven die berekend zijn uit de bevolkingsprognose van het CBS en CPB (Figuur 4-3). Het percentage is het totale groeipercentage over 5 jaar, per jaar ligt dit tussen de 0,24 en 0,74 %.

TABEL 4-6 PROGNOSE BEVOLKINGSGROEI CBS

	groeipercentage
2001-2005	2,77 %
2005-2010	2,68 %
2010-2015	2,02 %
2015-2020	1,67 %

FIGUUR 4-3 PROGNOSE BEVOLKINGSGROEI 2000-2020



#### 4.5 FOUTEN EN GEVOELIGHEIDSANALYSE

In voorgaande paragrafen is betreffende de slibkwaliteit en slibkwantiteit de huidige situatie weergegeven en een vertaalslag vanuit de influentsamenstelling naar de slibsamenstelling en slibhoeveelheid vastgesteld. Daarnaast zijn prognoses voor de toekomstige influentbelasting en de daaraan te relateren slibkwaliteit en kwantiteit als eindresultaat gepresenteerd. In elke stap is sprake van fouten in data en/of onzekerheden. Vastgesteld bijvoorbeeld is dat op basis van jaargemiddelde praktijkwaarden de massabalans over een r.w.z.i. voor inerte stoffen als metalen en fosfaat niet sluitend is binnen redelijke marges. Ook de parameters in de relaties (Freundlich isotherm) tussen influent- en slibkwaliteit bevatten een zekere foutenmarge, zoals uit de grafische presentaties kan worden afgeleid. Het feit dat er grote aantallen data (over vele jaren) zijn doorgerekend geeft doorgaans een afvlakking van de foutenmarge.

Als eindresultaat van de studie zijn toekomstige waarden voor influentvrachten en slibkwaliteit bepaald. Van belang is om vast te stellen wanneer er sprake is van een significante verandering in deze waarden. Veranderingen binnen de foutenmarge zijn dit in elk geval niet. Zonder een uitputtende statistische analyse er op los te laten lijkt het aannemelijk op basis van de resultaten te veronderstellen dat een verandering binnen 10% niet als significant mag worden beschouwd. In de tabelpresentatie van de resultaten is dit weergegeven in de vorm van een kleurcodering.



#### 4.6 AFVALWATERKWANTITEIT

Afkoppelen van regenwater is een belangrijk instrument om de hydraulische (piek) belasting naar de r.w.z.i. te verminderen. Dit heeft een gunstig effect op de prestaties van r.w.z.i.'s. Tevens kunnen de dimensies van de processtappen worden verkleind, wat een verlaging van de bouwkosten tot gevolg heeft. Afkoppelen van regenwater heeft tot gevolg dat de gemiddelde influentconcentratie tijdens RWA toeneemt (er wordt minder 'dun' water aangevoerd). Aangezien RWA slechts een beperkt deel van de tijd voorkomt (5-10%) is het effect van afkoppelen op de gemiddelde influentconcentratie beperkt, deze zal iets stijgen. Tevens zullen de componenten die in regenwater aanwezig zijn in mindere mate naar de r.w.z.i. worden aangevoerd, de vracht van deze componenten neemt af.

In het beleid van overheden zijn afkoppeldoelstellingen omschreven. Op basis hiervan kan verwacht worden dat het aandeel regenwater dat wordt afgekoppeld in de toekomst zal gaan stijgen. Richtinggevend kan een stijging van het afgekoppelde regenwater van 2% per jaar worden genoemd. In deze paragraaf is uitgewerkt wat de invloed van afkoppelen is op de slibkwaliteit met betrekking tot zware metalen.

In RIZA-Waterverkenningen is er van uitgegaan dat eerst de minst vervuilde oppervlakken afgekoppeld worden. Hierdoor wordt voor een aantal metalen pas na 60% afkoppelen een sterke verandering in vracht zichtbaar. In de scenario's Huidig Beleid en Optimix is al rekening gehouden met een bepaalde mate van afkoppelen in de toekomst. Voor de scenario's Huidig Beleid en Optimix is rekening gehouden met een afkoppeling van verhard oppervlak zoals weergegeven in Tabel 4-7. Het afkoppelpercentage van 2% per jaar komt ongeveer overeen met het gemiddelde van deze percentages. Het scenario Huidig Beleid gaat uit van 20% afkoppeling van de bestaande bouw en 60% van de nieuwbouw in 2020. Bij het scenario Optimix is dit respectievelijk 40% en 80%.

TABEL 4-7 PERCENTAGE AFGEKOPPELD HARD OPPERVLAK

	2005	2010	2020
Huidig beleid	17	28	32
Optimix	20	32	52

Met behulp van de data uit RIZA-Waterverkenningen is het aandeel van de verschillende metalen in regenwater dat op de r.w.z.i. aankomt te bepalen. De percentages van de totale aanvoer zijn weergegeven in onderstaande tabel.

TABEL 4-8 AANDEEL VRACHT IN INSTROMEND REGENWATER VAN VERHARD OPPERVLAK TEN OPZICHTE VAN TOTALE VRACHT NAAR R.W.Z.I.

	aandeel tov totaal (%)
Cu	10
Cr	44
Zn	68
Pb	81
Cd	15
Ni	30
Hg	0,5
As	21

De influentvrachten aan chroom, zink, lood en nikkel kunnen voor een belangrijk deel worden toegeschreven aan regenwater dat naar de r.w.z.i. wordt afgevoerd.

De hoeveelheid afvalwater die naar een r.w.z.i. wordt aangevoerd bestaat voor een gedeelte uit verbruikt drinkwater, het overige gedeelte is industrie, regenwater en rioolvreemd water. Aangenomen wordt dat gedurende de jaren de hoeveelheid verbruikt drinkwater toeneemt met de bevolkingsgroei (zie Tabel 4-6). Voor de relatie tussen het aantal inwoners en de hoeveelheid verbruikt drinkwater is het waterverbruik van 2001 aangehouden (126 l/d/inwoner). Voorts dient rekening gehouden te worden met afkoppeling van regenwater. Er is een afkoppelpercentage van 2% gehanteerd. Als uitgangspunt voor de totale hoeveelheid aangevoerd afvalwater is het gemiddelde van de jaren 1998 t/m 2002 genomen. Hiermee wordt enigszins gecorrigeerd voor jaarlijkse variaties in neerslag. Er is geen rekening gehouden met extra regenweeraanvoer als gevolg van klimaatinvloeden. De prognose van de toekomstige hoeveelheid afvalwater is weergegeven in Tabel 4-9.

TABEL 4-9






PROGNOSE INFLUENTVOLUME

	1998-2002	2005	2010	2020	
influentvolume	2.042.500	1.961.400	1.865.800	1.695.300	1.000 m <sup>3</sup>

Geconstateerd kan worden dat het influentvolume in de toekomst zal gaan afnemen. Het afkoppelen van regenwater is hierin de meest dominante factor. Vergeleken met het gemiddelde van de jaren 1998-2002 wordt er in 2020 ca. 17% minder water aangevoerd. Bij gelijkblijvende of toenemende aanvoervrachten zal deze afname leiden tot een gemiddelde verhoging van de influentconcentraties. Opgemerkt dient te worden dat influentconcentraties in de tijd niet constant zijn. Het grootste deel van de tijd vindt er droogweeraanvoer (DWA) plaats. Regenweeraanvoer (RWA) vindt globaal 5-15% van de tijd plaats, het effect van afkoppeling op de influentconcentratie is dan zichtbaar.

#### 4.7 BEPALING TOEKOMSTIGE BELASTING R.W.Z.I.'S MET ZWARE METALEN

De prognoses voor de influentvrachten voor de jaren 2005, 2010 en 2020 zijn berekend met behulp van de verwachte procentuele veranderingen zoals weergegeven in Tabel 4-4 en Tabel 4-5 en de CBS vrachten in het influent van 2001 (zie Tabel 2-3). Deze resultaten zijn voor het Huidige Beleid en Optimix weergegeven in Tabel 4-10 en Tabel 4-11. De berekende waarden zijn afgerond. De volgende kleurencoderingen zijn gehanteerd in Tabel 4-10 tot en met Tabel 4-13:

	vanaf 15% afname ten opzichte van 5 jaar ervoor
	5 - 15 % afname ten opzichte van 5 jaar ervoor
	minder dan 5 % toename en minder dan 5 % afname ten opzichte van 5 jaar ervoor
	5-15% toename ten opzichte van 5 jaar ervoor
	Vanaf 15 % toename ten opzichte van 5 jaar ervoor

TABEL 4-10 PROGNOSE VRACHTEN ZWARE METALEN IN INFLUENT BIJ HUIDIG BELEID

	2001	2005	2010	2020	
Cu	153.000	123.000	127.000	134.000	kg
Cr	20.000	21.600	20.900	23.800	kg
Zn	461.000	436.000	419.000	437.000	kg
Pb	58.200	60.300	61.600	70.000	kg
Cd	984	891	878	892	kg
Ni	25.400	22.200	23.100	25.100	kg
Hg	456	447	457	469	kg
As	6.440	5.000	5.150	5.410	kg

2001 is het uitgangsjaar voor de prognose, weergegeven zijn de praktijkdata van CBS

Over langere termijn bekeken, vindt er bij het scenario Huidig Beleid min of meer een stabilisering van de vrachten aan zware metalen plaats.

TABEL 4-11 PROGNOSE VRACHTEN ZWARE METALEN IN INFLUENT BIJ OPTIMIX

	2001	2005	2010	2020	
Cu	153.000	94.700	82.300	65.100	Kg
Cr	20.000	16.800	16.900	14.900	Kg
Zn	461.000	399.000	348.000	261.000	Kg
Pb	58.200	49.700	44.300	35.400	Kg
Cd	984	891	850	794	Kg
Ni	25.400	19.800	19.000	17.300	Kg
Hg	456	411	425	442	Kg
As	6.440	4.800	4.840	4.900	Kg

2001 is het uitgangsjaar voor de prognose, weergegeven zijn de praktijkdata van CBS

Over een langere termijn bekeken vindt er een matige tot sterke daling van de invoervrachten van de componenten Cu, Zn, Cr, Pb, Cd en Ni plaats. De vrachten van As en Hg dalen licht. Uit de vorige tabellen en het volume afvalwater uit Tabel 4-9 kunnen de prognoses van de concentraties in het influent van de verschillende metalen bepaald worden. Deze zijn weergegeven in Tabel 4-12 en Tabel 4-13.

TABEL 4-12 PROGNOSE CONCENTRATIE IN INFLUENT, SCENARIO HUIDIG BELEID

	2001	2005	2010	2020	
Cu	71,6	62,8	67,9	79,1	ug/l
Cr	9,4	11,0	11,2	14,0	ug/l
Zn	216,0	222,5	224,5	257,7	ug/l
Pb	27,3	30,7	33,0	41,3	ug/l
Cd	0,46	0,45	0,47	0,53	ug/l
Ni	11,9	11,3	12,4	14,8	ug/l
Hg	0,21	0,23	0,25	0,28	ug/l
As	3,0	2,55	2,76	3,19	ug/l

2001 is het uitgangsjaar voor de prognose, weergegeven zijn de praktijkdata van CBS

TABEL 4-13

## PROGNOSE CONCENTRATIE IN INFLUENT, SCENARIO OPTIMIX

	2001	2005	2010	2020	
Cu	71,6	48,3	44,1	38,4	ug/l
Cr	9,4	8,6	9,0	8,8	ug/l
Zn	216,0	203,4	186,7	154,0	ug/l
Pb	27,3	25,3	23,7	20,9	ug/l
Cd	0,46	0,45	0,46	0,47	ug/l
Ni	11,9	10,1	10,2	10,2	ug/l
Hg	0,21	0,21	0,23	0,26	ug/l
As	3,02	2,45	2,59	2,89	ug/l

2001 is het uitgangsjaar voor de prognose, weergegeven zijn de praktijkdata van CBS

In het scenario Huidig Beleid valt over de hele linie een stijging van de influentconcentratie waar te nemen. Het scenario Optimix laat op de langere termijn een stabilisering zien van de influentconcentraties. De vermindering van de regenwateraanvoer t.g.v. afkoppelen wordt gecompenseerd door de vermindering in aanvoervrachten. Zink vormt hierop een uitzondering, hier is sprake van een forse daling.

#### 4.8 BEPALING TOEKOMSTIGE BELASTING R.W.Z.I.'S MET CZV, BZV, N EN P

In Tabel 4-6 zijn de groeipercentages weergegeven die berekend zijn uit de bevolkingsprognose van het CBS en het CPB. Deze zijn toegepast op de vrachten in het influent in het jaar 2001 (zie Tabel 2-3). De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4-14.

TABEL 4-14

## PROGNOSE VRACHTEN IN INFLUENT CZV, BZV, N EN P

	2001	2005	2010	2020	
CZV	937.000	963.000	988.000	1.025.000	1.000 kg
BZV	354.000	364.000	374.000	388.000	1.000 kg
N-totaal	85.400	87.800	90.100	93.500	1.000 kg
P-totaal	13.800	14.200	14.600	15.100	1.000 kg
zwevend stof	458.000	471.000	484.000	502.000	1.000 kg

2001 is het uitgangsjaar voor de prognose, weergegeven zijn de praktijkdata van CBS

Met behulp van de vorige tabel en het volume afvalwater uit Tabel 4-9 kunnen de prognoses van de concentraties in het influent van de verschillende nutriënten bepaald worden. Deze zijn weergegeven in Tabel 4-15.

TABEL 4-15

## PROGNOSE CONCENTRATIE IN INFLUENT CZV, BZV, N EN P

	2001	2005	2010	2020	
CZV	439	491	530	605	mg/l
BZV	166	186	200	229	mg/l
N-totaal	40,1	44,8	48,3	55,1	mg/l
P-totaal	6,5	7,2	7,8	8,9	mg/l
zwevend stof	215	240	259	296	mg/l

2001 is het uitgangsjaar voor de prognose, weergegeven zijn de praktijkdata van CBS






# 5

## TOEKOMSTIGE SLIBKWALITEIT EN –KWANTITEIT

### 5.1 INLEIDING

Voor de toekomstige belasting van r.w.z.i. 's met zware metalen zijn twee beleidsporen, genaamd Huidig Beleid en Optimix, uitgewerkt. Met de vastgestelde vertaalslag tussen influentkwaliteit en slibkwaliteit is voor deze twee beleidscenari'o's een prognose van de toekomstige slibkwaliteit vastgesteld.

De volgende kleurencodings zijn gehanteerd in Tabel 5-1 tot en met Tabel 5-6:

	vanaf 15% afname ten opzichte van 5 jaar ervoor
	5 – 15 % afname ten opzichte van 5 jaar ervoor
	minder dan 5 % toename en minder dan 5 % afname ten opzichte van 5 jaar ervoor
	5-15% toename ten opzichte van 5 jaar ervoor
	vanaf 15 % toename ten opzichte van 5 jaar ervoor

### 5.2 BEPALING SLIBKWANTITEIT

De toekomstige slibkwantiteit kan bepaald worden volgens de methodiek uit paragraaf 3.6 gebruikmakend van de prognose van de vrachten in het influent uit Tabel 4-14. Onderstaande tabel geeft de prognose van de slibkwantiteit voor 2005, 2010 en 2020.

TABEL 5-1

PROGNOSE SLIBKWANTITEIT

	2005	2010	2020	
slibbelasting	0,075	0,077	0,08	g BZV/(kg ds.d)
primair slib	100.762	103.459	107.310	1.000 kg ds
secundair slib				
biologisch slib	297.167	306.361	319.636	1.000 kg ds
chemisch slib	15.493	10.678	5.584	1.000 kg ds
afbraak vergisting	72.762	74.008	76.125	1.000 kg ds
<b>totaal slib</b>	<b>340.659</b>	<b>346.491</b>	<b>356.404</b>	1.000 kg ds

Een gevoeligheidsanalyse van de bepaling van de slibkwantiteit is om een aantal redenen op z'n plaats:

- vanwege een verhoging van de influentconcentratie (volgens Tabel 4-15);
- toekomstig strengere N-effluent eisen.

Zoals in hoofdstuk 4 uiteengezet, resulteert de geprognosticeerde verlaging van het influentdebiet in een verhoging van de influentconcentratie. Het effluentdebiet neemt, evenals het influentdebiet, ook af. De effluenteis is vooralsnog gebaseerd op concentraties, niet op vrachten. Als consequentie neemt de in de r.w.z.i. te verwijderen vracht toe en daarmee de te hanteren slibbelasting af, omdat dit nodig is om de vereiste omzettingen te realiseren. Ook strengere effluenteisen voor stikstof zullen in het algemeen resulteren in lagere slibbelastingen.

gen. Tabel 5.2 laat de prognose van de slibkwantiteit zien bij een, vergeleken met tabel 5.1, 10% lagere slibbelasting.

TABEL 5-2 PROGNOSE SLIBKWANTITEIT BIJ AFNAME SLIBBELASTING VAN 10%

	2005	2010	2020	
slibbelasting	0,075	0,068	0,061	g BZV/(kg ds.d)
primaair slib	100.762	103.459	107.310	1.000 kg ds
secundair slib				
biologisch slib	297.167	300.072	305.467	1.000 kg ds
chemisch slib	15.493	11.009	5.957	1.000 kg ds
afbraak vergisting	72.762	72.959	73.697	1.000 kg ds
<b>totaal slib</b>	<b>340.659</b>	<b>341.581</b>	<b>345.037</b>	<b>1.000 kg ds</b>

Geconcludeerd kan worden dat de toekomstige slibkwantiteit binnen een marge van 5% stabiel zal blijven rond een waarde van circa 350.000 ton droge stof.

### 5.3 BEPALING SLIBKWALITEIT HUIDIG BELEID EN OPTIMIX

Met behulp van de prognoses voor de influentvrachten van metalen (zie Tabel 4-10 en Tabel 4-11) en de lineaire relatie tussen de influentvrachten en slibvrachten (zie Tabel 3-3) kan de toekomstige slibkwantiteit bepaald worden. Deze zijn voor de scenario's Huidige Situatie en Optimix weergegeven in Tabel 5-3 en Tabel 5-4.

TABEL 5-3 PROGNOSE VRACHTEN IN SLIB BIJ SCENARIO HUIDIG BELEID

	2005	2010	2020	
Cu	98.600	101.000	107.000	Kg
Cr	16.000	15.500	17.600	Kg
Zn	319.000	306.000	319.000	Kg
Pb	50.700	51.800	58.800	Kg
Cd	490	483	491	Kg
Ni	8.450	8.790	9.530	Kg
Hg	358	366	375	Kg
As	2.450	2.520	2.650	Kg

Voor het scenario Huidig Beleid vertonen de vrachten in slib van de componenten Cu, Cr, Pb, Ni en As een lichte stijgend verloop. Zn, Cd en Hg laten een stabiel beeld zien.

TABEL 5-4 PROGNOSE VRACHTEN IN SLIB BIJ SCENARIO OPTIMIX

	2005	2010	2020	
Cu	75.800	65.800	52.000	kg
Cr	12.400	12.500	11.000	kg
Zn	291.000	254.000	191.000	kg
Pb	41.700	37.200	29.700	kg
Cd	490	468	437	kg
Ni	7.530	7.230	6.570	kg
Hg	329	340	354	kg
As	2.350	2.370	2.400	kg

Het scenario Optimix laat een sterke daling van de slibvrachten aan Cu, Zn, en Pb zien. Voor Cr, Cd en Ni is het beeld licht dalend, terwijl Hg en As als stabiel kunnen worden gekenmerkt.

Uit de prognoses voor de vrachten in het slib en de slibkwantiteit uit tabel 5-1 volgen de prognoses voor de concentratie in het slib bij de twee scenario's Huidig Beleid en Optimix. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 5-5 en Tabel 5-6.

TABEL 5-5 PROGNOSE CONCENTRATIE IN SLIB BIJ SCENARIO HUIDIG BELEID

	2005	2010	2020	
Cu	289	293	301	mg/kg ds
Cr	47	45	49	mg/kg ds
Zn	935	883	895	mg/kg ds
Pb	149	149	165	mg/kg ds
Cd	1,4	1,4	1,4	mg/kg ds
Ni	24,8	25,4	26,8	mg/kg ds
Hg	1,0	1,1	1,1	mg/kg ds
As	7,2	7,3	7,4	mg/kg ds

Het scenario Huidig Beleid geeft over het algemeen een stabiel tot licht stijgende beeld betreffende de concentratie van zware metalen in slib.

TABEL 5-6 PROGNOSE CONCENTRATIE IN SLIB BIJ SCENARIO OPTIMIX

	2005	2010	2020	
Cu	222	190	146	mg/kg ds
Cr	36	36	31	mg/kg ds
Zn	855	734	535	mg/kg ds
Pb	122	107	83	mg/kg ds
Cd	1,4	1,3	1,2	mg/kg ds
Ni	22,1	20,9	18,4	mg/kg ds
Hg	1,0	1,0	1,0	mg/kg ds
As	6,9	6,8	6,7	mg/kg ds

Het scenario Optimix daarentegen geeft een sterke daling van de concentratie in slib van Cu, Zn en Pb, een lichte daling voor Cr, Cd en Ni en een stabiel beeld voor Hg en As.

# 6

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 6.1 CONCLUSIES






#### METALEN

Op basis van historische procesdata is het mogelijk gebleken om voor zware metalen een relatie vast te stellen tussen de belasting van r.w.z.i.'s en de slibsamenstelling. De relatie tussen de influentbelasting met zware metalen en de hoeveelheid zware metalen in slib kan worden beschreven met een Freundlich adsorptie isotherm en met een lineair verband tussen de influentvrucht en de slibvrucht. De berekeningswijzen zijn getoetst met historische praktijkwaardes. Vanwege een gebrek aan data, zijn de organische microverontreinigingen (inclusief PAK) buiten beschouwing gelaten.

Met het rapport RIZA-Waterverkenningen uit 1999 als uitgangspunt, zijn betreffende de prognose voor zware metalen twee scenario's gehanteerd:

- Huidig Beleid. De rond 1999 bekende beleidslijnen worden uitgevoerd. Deze komen grotendeels overeen met de beleidslijnen anno 2004.
- Optimix. Dit scenario kent een hoger ambitieniveau, maatregelen in het communale afvalwatersysteem zijn geselecteerd op milieurendement en kosteneffectiviteit.

Om de trend naar de toekomst te visualiseren zijn de gemiddelde resultaten van de prognoses voor de periode 2001-2005 vergeleken met de gemiddelde resultaten van de periode 2010-2020. Deze trendanalyse is in Tabel 6-1, Tabel 6-2 en Tabel 6-3 weergegeven, waarbij onderstaande kleurencodering is gehanteerd.

	vanaf 15% afname ten opzichte van 2001-2005 (kleiner dan -15%)
	5 - 15 % afname ten opzichte van 2001-2005 (tussen -5% en -15%)
	minder dan 5 % toename en minder dan 5 % afname ten opzichte van 2001-2005
	5-15% toename ten opzichte van 2001-2005 (tussen +5% en +15%)
	vanaf 15 % toename ten opzichte van 2001-2005 (groter dan +15%)

TABEL 6-1

VRACHTEN METALEN IN INFLUENT: GEMIDDELTE 2010-2020, PROCENTUEEL VERSCHIL MET GEMIDDELTE 2001-2005

	Huidig Beleid		Optimix	
	kg	delta %	kg	delta %
Cu	130.000	0-5,5	73.700	-40,5
Cr	22.400	7,5	15.900	-13,7
Zn	428.000	-4,6	305.000	-29,1
Pb	65.800	11,1	39.800	-26,2
Cd	890	-5,6	820	-12,3
Ni	24.100	1,2	18.200	-19,7
Hg	460	2,5	430	0,0
As	5.280	-7,7	4.870	-13,5

Bij het scenario Huidig Beleid vindt er voor Cr en Pb een lichte stijging van de influentvrucht plaats. Cu, Cd en As laten een lichte daling zien. De overige componenten laten geen significante verandering zien.



Het scenario Optimix laat voor Cu, Zn, Pb en Ni een sterke daling van de influentvracht zien. De overige componenten, met uitzondering van Hg laten een lichte daling in de influentvracht zien.

TABEL 6-2 VRACHTEN METALEN IN SLIB: GEMIDDELDE 2010-2020, PROCENTUEEL VERSCHIL MET GEMIDDELDE 2001-2005

	Huidig Beleid	Huidig Beleid	Optimix	Optimix
	kg	delta %	kg	delta %
Cu	104.000	-9,0	58.900	-42,9
Cr	16.500	4,3	11.800	-16,5
Zn	312.000	-3,8	222.000	-28,5
Pb	55.300	7,9	33.500	-28,4
Cd	490	-10,2	450	-16,6
Ni	9.160	-5,6	6.900	-25,3
Hg	370	-3,0	350	-5,6
As	2.590	-9,5	2.390	-15,2

Met uitzondering van Pb, geeft het scenario Huidig beleid een stabilisering of lichte daling van de metaalvrachten in het slib.

Het scenario Optimix laat, met uitzondering van Hg, voor alle metalen een sterke daling van de vracht in slib zien.

De concentraties metalen in slib geven een vergelijkbaar beeld (zie Tabel 6-3).

TABEL 6-3 CONCENTRATIES METALEN IN SLIB: GEMIDDELDE 2010-2020, PROCENTUEEL VERSCHIL MET GEMIDDELDE 2001-2005

	Huidig Beleid	Huidig Beleid	Optimix	Optimix
	mg/kg ds	delta %	mg/kg ds	delta %
Cu	297	-10,9	168	-44,0
Cr	47	1,1	34	-18,3
Zn	889	-6,1	635	-30,0
Pb	157	5,0	95	-30,1
Cd	1,4	-9,7	1,3	-19,4
Ni	26	-8,1	20	-27,4
Hg	1,1	0,0	1,0	-9,1
As	7,4	-12,0	6,8	-17,7

### CZV, BZV, N, P, SS

De groei van de belasting van r.w.z.i.'s met CZV, BZV, N, P-tot, zwevende stof is verondersteld gelijke tred te houden met de groei van de bevolking volgens de bevolkingsprognose van het CBS en CPB. Het absolute aandeel van de industrie is hierbij, gezien het overheidsbeleid, gelijk verondersteld.

Tabel 6-4 geeft de trendanalyse voor de influentvrachten aan CZV, BZV, N, P-tot en zwevende stof weer.

TABEL 6-4 VRACHTEN CZV, BZV, N-TOTAAL, P-TOTAAL, ZWEVENDE STOF IN INFLUENT: GEMIDDELDE 2010-2020, PROCENTUEEL VERSCHIL MET GEMIDDELDE 2001-2005

	2010-2020	t.o.v. 2001-2005
	1000 ton	delta %
CZV	1.007	6,0
BZV	381	6,0
N-totaal	91,8	6,0
P-totaal	14,9	6,0
zwevende stof	493	6,0

### **INFLUENTVOLUME**

Er wordt een afname van het influentvolume voor de toekomst voorzien. Het afkoppelen van regenwater is hierin de meest dominante factor. Vergeleken met het gemiddelde van de jaren 1998-2002 wordt er in 2020 ca. 17% minder water aangevoerd. Bij gelijkblijvende of toenemende aanvoervrachten zal deze afname leiden tot verhoging van de influentconcentraties. Een onzekere factor in de prognose van het influentvolume is veranderende regenval als gevolg van klimaatverandering.

### **SLIBKWANTITEIT**

Het is mogelijk gebleken de slibproductie te berekenen op basis van de influentbelasting en de gemiddelde procesvoering van Nederlandse r.w.z.i.'s. De berekeningswijze is gevalideerd met historische data.

De toekomstige jaarlijkse slibkwantiteit zal binnen een marge van 5% stabiel zal blijven rond een waarde van circa 350.000 ton droge stof. Dit is een resultante van de effecten van verhoging van de influentvracht en van een te verwachten verlaging van de slibbelasting als gevolg van strengere (stikstof) effluenteisen en als gevolg van verhoging van de influentconcentratie.

## **6.2 AANBEVELINGEN**

Aanbevolen wordt de databestanden CBS en Emissieregistratie te herzien en uit te rusten voor de toekomstige behoefte. Deze behoefte wordt onder andere gestuurd door de Kader Richtlijn Water en de hernieuwde belangstelling voor zuiveringsslib.

Overwogen dient te worden om regelmatig (bijvoorbeeld elke 5 jaar) prognoses op te stellen voor de aanvoer van microverontreinigingen via het communaal afvalwatersysteem naar r.w.z.i.'s en voor de daarmee gerelateerde slibkwaliteit, effluentkwaliteit en oppervlaktewaterkwaliteit. Op basis hiervan kan met praktijkwaarden regelmatige toetsing en (her)ijking van prognoses en beleid plaatsvinden.

# REFERENTIES EN BRONNEN

- [1] CBS (2004). Statline database. ([www.cbs.nl](http://www.cbs.nl))
- [2] VROM, RIVM (2002). Datawarehouse, Emissiegegevens. ([www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl))
- [3] RIVM Milieubalans
- [4] RIVM Milieuverkenningen
- [5] RIZA (1999). Waterverkenningen: Een strategie voor de aanpak van microverontreinigingen in communaal afvalwater. RIZA-nota 99.027.
- [6] Landelijk afvalbeheerplan (LAP), 2002
- [7] Nationaal Milieubeleidsplan 4, 2001
- [8] Vierde Nota Waterhuishouding, 1998
- [9] EU Kaderrichtlijn Water 2000
- [10] SNB Jaarverslag 2002
- [11] DRSH Jaarverslag 2002
- [12] Pragmatische implementatie Europese Kaderichtlijn Water in Nederland, Ministerie van V&W, 2004.
- [13] Bodzek, D., B. Janoszka, C. Dobosz, L. Warzecha & M. Bodzek (1997). Determination of polycyclic aromatic compounds and heavy metals in sludges from biological sewage treatment plants. *Journal of Chromatography A*, 774: 177-192.
- [14] Cheng, M., J. Patterson & R. Minear (1975). Heavy metal uptake by activated sludge. *Journal WPCF*, 47(2): 362-376.
- [15] Chipasa, K. (2003). Accumulation and fate of selected heavy metals in a biological wastewater treatment system. *Waste Management* 23(2): 135-143.
- [16] Goldstone, M., C. Atkinson, P. Kirk & J. Lester (1990). The behaviour of heavy metals during wastewater treatment III mercury and arsenic. *The Science of the Total Environment*, 95: 271-294.
- [17] Huang, C., J. Wang (2001). Factors affecting the distribution of heavy metals in wastewater treatment processes: role of sludge particulate. *Water Science and Technology*, 44(10): 47-52.
- [18] Lake, D., P. Kirk & J. Lester (1989). Heavy metals solids association in sewage sludges. *Water Research*, 23(3): 285-291.

- [19] Lester, J. (1983). Significance and behaviour of heavy metals in waste water treatment processes; 1. Sewage treatment and effluent discharge.
- [20] Lester, J. (1987). Heavy metals in wastewater and sludge treatment processes; Volume II: Treatment and disposal. Boca Raton: CRC press, Florida, VS.
- [21] Manoli, E. & C. Samara (1999). Occurrence and mass balance of polycyclic aromatic hydrocarbons in the Thessaloniki sewage treatment plant. *Journal of Environmental Quality*, 28(1): 176-187.
- [22] Moretti, C. & R. Neufeld (1989). PAH partitioning mechanisms with activated sludge. *Water research*, 23(1):93-102.
- [23] Nelson, P. A. Chung, M. Hudson (1981). Factors affecting the fate of heavy metals in the activated sludge process. *Journal WPCF*, 53(8): 1323-1333.
- [24] Pérez, S., M. Farré, M. García, D. Barceló (2001). Occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons in sewage sludge and their contribution to its toxicity in the ToxAlert® 100 bioassay. *Chemosphere*, 45: 705-712
- [25] Stephenson, T. & J.M. Lester (1987). Heavy metal behaviour during the activated sludge process: I. extent of soluble and insoluble metal removal. *The Science of the total environment*, 63: 199-214
- [26] Stevens, J., G. Northcott, G. Stern, T. Tomy & K. Jones (2003). PAHs, PCBs, PCNs, organochlorine pesticides, synthetic musks, and polychlorinated n-alkanes in U.K. sewage sludge: survey results and implications. *Environmental Science and Technology*, 37(3): 462-467
- [27] Stoveland, S., M. Astruc, J. Lester & R. Perry (1979). The balance between heavy metals through a sewage treatment works: II. Chromium, nickel and zinc. *The Science of the Total Environment*, 12: 25-34.
- [28] Wang, J. C. Huang, H. Allen, I. Poesponegoro, H. Poesponegoro, L. Takiyama (1999). Effects of dissolved organic matter and pH on heavy metal uptake by sludge particulates exemplified by copper (II) and nickel (II): Three-variable model. *Water Environment Research*, 71(2): 139-147.
- [29] Slibketenstudie, Onderzoek naar de energie- en kostenaspecten in de water- en slibketen. STOWA, 2005-26.



## BIJLAGE 1

# CBS ENQUÊTE ZUIVERING VAN AFVALWATER VOOR WATERBEHEERDERS, DEEL A, B & C

**CBS-enquête Zuivering van afvalwater 2003 / RIZA-enquête Jaaroverzicht communale afvalwaterzuiveringsinrichtingen 2003**

Populatie rwzi's per 31 december 2003 rwzi-nummer:

## ALGEMENE GEGEVENS

Beheerder	:					
Rwzi	:					
Adres	:					
Plaats	:					
Telefoon	:					
Coördinaten	:	X:	Y:	Terrein oppervlakte	:	m <sup>2</sup>
Coördinaten Lozingspunt	:	X:	Y:	Aanvang bouw	:	jr mnd
Ontvangend	:			In bedrijfname huidige	:	jr mnd
Type oppervlaktewater	:			Eventueel uit bedrijf	:	jr mnd
Beheerder	:					
Code	:					

## ONTWERPCAPACITEIT

		Totaal	Huishoudens	Bedrijven	Recreatie	Hydraulische capaciteit		
In ie à 54 g BZV/d	:					Dagaanv DWA	:	m <sup>3</sup> /d
In kg BZV/d	:					Max aanv DWA	:	m <sup>3</sup> /u
In kg CZV/d	:					Max pompcap (RWA)	:	m <sup>3</sup> /u
In kg N-Kj/d	:							
In kg P-totaal/d	:							
In ie à 136 g TZV/d	:							

## AANGESLOTEN KERNEN

Gemeente: Aangesloten

## ENERGIE-OMZETTING

Type installatie:	Aantal:	Afgegeven electr.	Afgegeven warmte (kJ/u)	Aandrijving van:	Warmte afgifte aan:
-------------------	---------	-------------------	-------------------------	------------------	---------------------

## INSTALLATIE-ONDERDELEN

411 INFLUENTGEMAAL	:	m <sup>3</sup> /u		Aantal en type	:	
Max pompdebiet totaal	:					
021 ROOSTER	:			Aantal	:	
Type rooster	:			Capaciteit per eenh	:	m <sup>3</sup> /u
				Staafafstand per eenh	:	mm
				Type roostergoedruimer	:	
				Verwerking roostergoed	:	
041 KONTAKTTANK	:			Aantal	:	
Type	:			Aantal en type beluchter	:	x
Beluchtingscapaciteit	:	kg O <sub>2</sub> /u		Oppervlakte per eenh	:	m <sup>2</sup>
				Inhoud per eenh	:	m <sup>3</sup>
051 ZANDVANGER	:			Aantal	:	
Type	:			Capaciteit per eenh	:	m <sup>3</sup> /u
Oppervlakte belasting	:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /u		Lengte per eenh	:	m
				Breedte/Diam per eenh	:	m
061 VOORBEZINKTANK	:			Aantal eenheden	:	
Type	:			Type slibruimer	:	
Oppervlakte belasting	:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /u		Lengte per eenh	:	m
Min verblijftijd RWA	:	u		Breedte/ Diam per eenh	:	m
Mesbelasting	:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /u		Kantwaterdiepte per eenh	:	m
				Oppervlakte per eenh	:	m <sup>2</sup>
				Inhoud per eenh	:	m <sup>3</sup>
071 EERSTE BIOLOGISCHE TRAP	:			Aantal	:	
Type	:			Bouwjaar	:	
Dagbelasting BZV	:	kg BZV/d		Oppervlakte per eenh	:	m <sup>2</sup>
Ruimtebelasting BZV	:	kg BZV/m <sup>3</sup> /d		Inhoud per eenh	:	m <sup>3</sup>
Slibbelasting BZV	:	kg BZV/kg ds d		Type beluchter	:	
Oppervlakte belasting	:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /u		Aantal beluchters	:	
Min. verblijftijd	:	u		Beluchtingscapaciteit	:	kg O <sub>2</sub> /u
Type stroming	:			(Slib) retour	:	(Min.) m <sup>3</sup> /u
OC/load	:	kg O <sub>2</sub> /kg BZV				
(Max.)	:	m <sup>3</sup> /u		Droge stof retourstr	:	kg ds/m <sup>3</sup>

## CBS-enquête Zuivering van afvalwater 2003 / RIZA-enquête Jaaroverzicht communale afvalwaterzuiveringsinrichtingen 2003

Populatie rwzi's per 31 december 2003 rwzi-nummer:

081	TUSSENBEZINKTANK							
	Type	:		Aantal eenheden	:			
	Oppervlakte belasting	:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /u	Type silbruimer	:			
	Min verblijftijd RWA	:	u	Langte per eenh	:	m		
	Mesbelasting	:	m <sup>3</sup> /m/u	Breedte/ Diam per eenh	:	m		
				Kantwaterdiepte per eenh	:	m		
				Oppervlakte per eenh	:	m <sup>2</sup>		
				Inhoud per eenh	:	m <sup>3</sup>		
091	TWEEDE BIOLOGISCHE TRAP							
	Type	:		Aantal	:			
	Dagbelasting BZV	:	kg BZV/d	Bouwjaar	:			
	Ruimtebelasting BZV	:	kg BZV/m <sup>3</sup> /d	Oppervlakte per eenh	:	m <sup>2</sup>		
	Slibbelasting BZV	:	kg BZV/kg ds d	Inhoud per eenh	:	m <sup>3</sup>		
	Oppervlakte belasting	:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /u	Type beluchter	:			
	Min. verblijftijd	:	u	Aantal beluchters	:			
	Type stroming	:		Beluchtingscapaciteit	:	kg O <sub>2</sub> /u		
	OC/load	:	kg O <sub>2</sub> /kg BZV	(Slib) retour (Min.)	:	m <sup>3</sup> /u	(Max.)	m <sup>3</sup> /u
				Droge stof retourstr	:	kg ds/m <sup>3</sup>		
101	NA-BEZINKTANK							
	Type	:		Aantal eenheden	:			
	Oppervlakte belasting	:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /u	Type silbruimer	:			
	Min verblijftijd RWA	:	u	Langte per eenh	:	m		
	Mesbelasting	:	m <sup>3</sup> /m/u	Breedte/ Diam per eenh	:	m		
				Kantwaterdiepte per eenh	:	m		
				Oppervlakte per eenh	:	m <sup>2</sup>		
				Inhoud per eenh	:	m <sup>3</sup>		
102	NA-BEZINKTANK							
	Type	:		Aantal eenheden	:			
	Oppervlakte belasting	:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /u	Type silbruimer	:			
	Min verblijftijd RWA	:	u	Langte per eenh	:	m		
	Mesbelasting	:	m <sup>3</sup> /m/u	Breedte/ Diam per eenh	:	m		
				Kantwaterdiepte per eenh	:	m		
				Oppervlakte per eenh	:	m <sup>2</sup>		
				Inhoud per eenh	:	m <sup>3</sup>		
103	NA-BEZINKTANK							
	Type	:		Aantal eenheden	:			
	Oppervlakte belasting	:	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /u	Type silbruimer	:			
	Min verblijftijd RWA	:	u	Langte per eenh	:	m		
	Mesbelasting	:	m <sup>3</sup> /m/u	Breedte/ Diam per eenh	:	m		
				Kantwaterdiepte per eenh	:	m		
				Oppervlakte per eenh	:	m <sup>2</sup>		
				Inhoud per eenh	:	m <sup>3</sup>		
111	FOSFAATVERWIJDERING							
	Type	:		Hulpstof/Methode	:			
	Dosering	:	kg/m <sup>3</sup>	Bouwjaar	:			
	Periode/weeknr	:	(begin-einde)	Oppervlakte	:	m <sup>2</sup>		
	Verblijftijd/contacttijd	:	u	Inhoud	:	m <sup>3</sup>		
121	STIKSTOFVERWIJDERING							
	Type	:		Hulpstof/Methode	:			
	Dagbelasting	:	kg BZV	Bouwjaar	:			
	Ruimtebelasting	:	kg BZV/m <sup>3</sup> /d	Oppervlakte	:	m <sup>2</sup>		
	Slibbelasting	:	kg BZV/kg ds d	Inhoud	:	m <sup>3</sup>		
	Dosering	:	kg/m <sup>3</sup>					
	Periode/weeknr	:	(begin-einde)					
	Verblijftijd	:	u					
122	STIKSTOFVERWIJDERING							
	Type	:		Hulpstof/Methode	:			
	Dagbelasting	:	kg BZV	Bouwjaar	:			
	Ruimtebelasting	:	kg BZV/m <sup>3</sup> /d	Oppervlakte	:	m <sup>2</sup>		
	Slibbelasting	:	kg BZV/kg ds d	Inhoud	:	m <sup>3</sup>		
	Dosering	:	kg/m <sup>3</sup>					
	Periode/weeknr	:	(begin-einde)					
	Verblijftijd	:	u					
171	BESTRIJDING STANK- EN GELUIDHINDER							
	Type	:		Hulpstof/Methode	:			
	Cap luchtbehandeling	:	m <sup>3</sup> /u	Bouwjaar	:			
				Oppervlakte	:	m <sup>2</sup>		
				Inhoud	:	m <sup>3</sup>		
172	BESTRIJDING STANK- EN GELUIDHINDER							
	Type	:		Hulpstof/Methode	:			
	Cap luchtbehandeling	:	m <sup>3</sup> /u	Bouwjaar	:			
				Oppervlakte	:	m <sup>2</sup>		
				Inhoud	:	m <sup>3</sup>		
173	BESTRIJDING STANK- EN GELUIDHINDER							
	Type	:		Hulpstof/Methode	:			
	Cap luchtbehandeling	:	m <sup>3</sup> /u	Bouwjaar	:			
				Oppervlakte	:	m <sup>2</sup>		
				Inhoud	:	m <sup>3</sup>		
174	BESTRIJDING STANK- EN GELUIDHINDER							
	Type	:		Hulpstof/Methode	:			
	Cap luchtbehandeling	:	m <sup>3</sup> /u	Bouwjaar	:			
				Oppervlakte	:	m <sup>2</sup>		
				Inhoud	:	m <sup>3</sup>		

**CBS-enquête Zuivering van afvalwater 2003 / RIZA-enquête Jaaroverzicht communale afvalwaterzuiveringsinrichtingen 2003**

Populatie rwzi's per 31 december 2003 rwzi-nummer:

511	RETOURSLIBGEMAAL								
	Max pompdebiet totaal	:	m3/u		Aantal en type	:			
512	RETOURSLIBGEMAAL								
	Max pompdebiet totaal	:	m3/u		Aantal en type	:			
521	RETOURSLIBGEMAAL								
	Max pompdebiet totaal	:	m3/u		Aantal en type	:			
522	RETOURSLIBGEMAAL								
	Max pompdebiet totaal	:	m3/u		Aantal en type	:			
523	RETOURSLIBGEMAAL								
	Max pompdebiet totaal	:	m3/u		Aantal en type	:			
551	RECIRCULATIEGEMAAL								
	Max pompdebiet totaal	:	m3/u		Aantal en type	:			
211	VOORINDIKKER								
	Type	:			Aantal eenheden	:			
	Dagbelasting	:	kg d.s./d		Oppervlakte per eenh	:		m2	
	Oppervlakte belasting	:	kg d.s./m2/d		Inhoud per eenh	:		m3	
	Verblijftijd	:	u						
	Droge stof	:	(in) % (uit) :	%					
212	VOORINDIKKER								
	Type	:			Aantal eenheden	:			
	Dagbelasting	:	kg d.s./d		Oppervlakte per eenh	:		m2	
	Oppervlakte belasting	:	kg d.s./m2/d		Inhoud per eenh	:		m3	
	Verblijftijd	:	u						
	Droge stof	:	(in) % (uit) :	%					
221	INDIKKER SURPLUSLIB								
	Type	:			Aantal eenheden	:			
	Dagbelasting	:	kg d.s./d		Oppervlakte per eenh	:		m2	
	Oppervlakte belasting	:	kg d.s./m2/d		Inhoud per eenh	:		m3	
	Verblijftijd	:	u						
	Droge stof	:	(in) % (uit) :	%					
241	GISTINGSTANK 1E TRAP								
	Type	:			Aantal eenheden	:			
	Dagbelasting	:	kg d.s./d		Oppervlakte per eenh	:		m2	
	Specifieke belasting	:	kg d.s./m3/d		Inhoud per eenh	:		m3	
	Verblijftijd	:	d						
	Temperatuur	:	oC						
	Droge stof	:	(in) % (uit) :	%					
	Type menging	:							
251	GISTINGSTANK 2E TRAP								
	Type	:			Aantal eenheden	:			
	Dagbelasting	:	kg d.s./d		Oppervlakte per eenh	:		m2	
	Specifieke belasting	:	kg d.s./m3/d		Inhoud per eenh	:		m3	
	Verblijftijd	:	d						
	Temperatuur	:	oC						
	Droge stof	:	(in) % (uit) :	%					
	Type menging	:							
261	GASHOUDER								
	Type	:			Aantal eenheden	:			
	Dagbelasting	:	kg d.s./d		Oppervlakte per eenh	:		m2	
	Specifieke belasting	:	kg d.s./m3/d		Inhoud per eenh	:		m3	
	Verblijftijd	:	d						
	Temperatuur	:	oC						
	Droge stof	:	(in) % (uit) :	%					
	Type menging	:							
271	NA-INDIKKER								
	Type	:			Aantal eenheden	:			
	Dagbelasting	:	kg d.s./d		Oppervlakte per eenh	:		m2	
	Oppervlakte belasting	:	kg d.s./m2/d		Inhoud per eenh	:		m3	
	Verblijftijd	:	u						
	Droge stof	:	(in) % (uit) :	%					
311	SLIBONTWATERING								
	Type	:			Aantal eenheden	:			
	Cap/ Doorzet	:	m3/u	(Persen, centrifuges ed)	Droge stof	:	(in) % (uit) :	%	
	Cap	:	kgd.s/m2/j	(Droogbedden, lagunes)	Totale oppervlakte	:		m2	
	Hulpstof	:			Totale inhoud	:		m3	





CENTRAAL BUREAU VOOR DE STATISTIEK  
Sector Statistische Analyse Voorburg, Taakgroep Milieu  
Postbus 4000, 2270 JM Voorburg  
telefoon: (070) 337 4311 e-mail: fdes@cbs.nl  
(070) 337 4586 rhwe@cbs.nl

Zuivering van Afvalwater 2002

rwzi-nummer	naam rwzi

Deel B Bedrijfsgegevens van de rwzi

	aangesloten vervuilingwaarde in i.e.			behandeld afvalwater	
	totaal	huishoudens	industrie (excl. recreatie)	m <sup>3</sup> /j	m <sup>3</sup> /d
999					

2. Technologische gegevens 21											
a. zuurstofbindende stoffen en nutriënten											
	aantal monsters	debiet m <sup>3</sup> /d	pH	CZV kg/d	BZV kg/d	N-Kj kg/d	NH <sub>4</sub> -N kg/d	NO <sub>3</sub> -N kg/d	N-totaal kg/d	P-totaal kg/d	zwevend stof mg/l
Influent	400										
Recirculatie	500										
Afloop VBT	060										
Afloop 1e trap	070										
Effluent	450										
Rendement installatie (%)	999										

b. zware metalen										
	aantal monsters	debiet m <sup>3</sup> /j	Koper kg/j	Chroom kg/j	Zink kg/j	Lood kg/j	Cadmium kg/j	Nikkel kg/j	Kwik kg/j	Arsen kg/j
Influent	405									
Effluent	455									

3. Kenmerken van actiefslibsystemen 22									
	slibbelasting		slibindex gemiddelde	slibconcentratie	susplus slib	slibleeftijd	spec. slibproductie	spec. energie- verbruik	
	g CZV/kg ds.d	g BZV/kg ds.d	ml/g	kg ds/ m <sup>3</sup>	kg ds/d	d	g ds/kg dCZV	g ds/ kg dBZV	Wh/kg dTZV
Eerste trap	070								
Tweede trap	090								

4. Chemicaliënverbruik 24						
Toepassing ten behoeve van (nummer invullen)	naam product	drooggewicht kg/j	actie bestandsdeel %	volume m <sup>3</sup> /j	dosering	eenheid dosering

5. Slibstabilisatie 25										
	dagelijks aanvoer, totaal		asgehalte % van d.s.	temperatuur 0C	verblijftijd d	dagelijksafvoer, totaal		gasproductie m <sup>3</sup> /d	eliminatie droge stof % van d.s.	spec. gasproductie l/ kg d.s. verwijderd
	volume m <sup>3</sup> /d	droge stof %				volume m <sup>3</sup> /d	droge stof %			
Enkeltrapsgisting	240									
Tweetrapsgisting	250									
Van elders aangevoerd slib	m <sup>3</sup> /j	droge stof	asgehalte		elders gestabiliseerd	m <sup>3</sup> /j	droge stof	asgehalte	naam rwzi	
	255									

6. Slibontwatering 26								
Methode ontwatering (nummer invullen)	in deze rwzi geproduceerd slib nat slib		geproduceerd slib		van elders aangevoerd slib nat slib		geproduceerd slib	
	m <sup>3</sup> /j	% d.s.	m <sup>3</sup> /j	% d.s.	m <sup>3</sup> /j	% d.s.	m <sup>3</sup> /j	% d.s.

7. Energie 27								
	aanvoer	productie	verbruik door te/pe-installatie	beluchters	gisting	ontwatering	spui met fakkel	spui zonder fakkel
Aardgas (m <sup>3</sup> /j)	001							
Electriciteit (kWh)	002							
Stookolie (m <sup>3</sup> /j)	003							
Gistinggas (m <sup>3</sup> /j)	004							

Deel C Slib, samenstelling, hoeveelheden en bestemming

Hoeveelheid en samenstelling van het slib per bestemming 30									
	partijnummer	1	2	3	4	5	6	7	8
Bestemming									
Naam andere rwzi of svi									
Hoeveelheid (m <sup>3</sup> of ton)									
Droge stof bij afzet (%)									
Analysenummers									
	analysenummer	1	2	3	4	5	6	7	8
Asgehalte (% van d.s.)									
Totaal stikstof (g/kg ds)									
Fosfaat als P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (g/kg ds)									
Koper (mg/kg ds)									
Chroom (mg/kg ds)									
Zink (mg/kg ds)									
Lood (mg/kg ds)									
Cadmium (mg/kg ds)									
Nikkel (mg/kg ds)									
Kwik (mg/kg ds)									
Arsen (mg/kg ds)									
Pesticiden (ug/kg ds)									
PCB's (ug/kg ds)									
PAK's (6 van Borneff, ug/kg ds)									



**Concentraties in slib, gemiddelde Nederlandse r.w.z.i.'s**

	1981	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
drogestof	5%	6%	6%	11%	12%	16%	16%	17%	21%	23%	25%	25%	24%	24%	23%	% ds
organisch	58%	58%	60%	58%	57%	54%	55%	55%	57%	58%	59%	56%	62%	64%	61%	% os/ds
inorganisch	42%	42%	40%	42%	43%	46%	45%	45%	43%	42%	41%	44%	38%	36%	39%	% as/ds
N-totaal	47	51	50	50	48	48	49	46	48	44	49	47	47	50	52	g/kg ds
P-totaal	23	22	22	23	20	19	20	29	23	21	26	17	22	18	26	g/kg ds
Cu	493	457	444	435	424	388	373	390	384	390	387	392	389	378	390	mg/kg ds
Cr	202	146	81	77	66	66	55	54	52	50	51	54	51	46	44	mg/kg ds
Zn	1.739	1.490	1.115	1.023	1.094	969	978	949	870	865	944	948	949	958	985	mg/kg ds
Pb	454	365	224	208	206	190	186	176	143	140	154	152	153	150	143	mg/kg ds
Cd	8,5	6,1	3,8	3,6	3,8	2,7	2,1	1,9	1,7	1,8	1,8	1,7	1,6	1,7	1,5	mg/kg ds
Ni	77	55	41	36	36	34	35	30	31	33	38	37	33	32	30	mg/kg ds
Hg	3,3	2,5	2,2	2,1	1,9	1,9	1,4	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	mg/kg ds
As	6,6	6,8	7,6	6,7	7,3	6,6	7,5	7,8	6,8	7,5	11,0	10,3	9,0	9,5	9,3	mg/kg ds

**Vrachten in slib, gemiddelde Nederlandse r.w.z.i.'s**

	1981	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
nat slib	3.622	3.750	4.860	3.014	2.635	2.057	2.144	2.135	1.753	1.512	1.406	1.519	1.426	1.452	1.535	1.000 ton
drogestof	179.616	227.127	315.266	334.504	322.693	336.948	338.888	359.843	364.809	347.210	350.037	374.165	336.361	344.978	353.853	1.000 kg
organisch	74.866	96.020	188.110	195.061	183.854	182.213	185.923	199.397	209.555	200.132	206.849	208.872	208.025	221.569	214.611	1.000 kg
inorganisch	104.750	131.107	127.156	139.443	138.839	154.735	152.965	160.446	155.254	147.078	143.188	165.293	128.336	123.409	139.242	1.000 kg
N-totaal	8.471	11.523	15.900	16.770	15.462	16.158	16.455	16.455	17.381	15.251	17.019	17.444	15.962	17.288	18.228	1.000 kg
P-totaal	4.216	4.965	7.066	7.584	6.496	6.562	6.562	10.345	8.346	7.284	9.135	6.268	7.258	6.377	9.158	1.000 kg
Cu	88.636	103.825	140.084	145.467	136.860	130.688	126.418	140.468	140.103	135.325	135.540	146.804	130.891	130.572	138.141	kg
Cr	36.332	33.207	25.553	25.813	21.401	22.389	18.647	19.299	18.794	17.484	17.767	20.033	17.322	15.751	15.418	kg
Zn	312.411	338.380	351.411	342.127	353.112	326.532	331.500	341.367	317.422	300.309	330.339	354.841	319.070	330.509	348.712	kg
Pb	81.582	82.984	70.674	69.494	66.464	64.074	63.178	63.208	52.013	48.484	53.934	56.801	51.466	51.790	50.534	kg
Cd	1.518	1.377	1.213	1.194	1.237	923	717	691	612	627	627	630	544	594	541	kg
Ni	13.919	12.585	13.030	11.986	11.734	11.502	12.001	10.932	11.380	11.518	13.196	13.666	11.036	10.953	10.626	kg
Hg	587	560	691	703	609	646	489	538	498	497	450	456	404	406	393	kg
As	1.179	1.540	2.409	2.240	2.345	2.228	2.553	2.791	2.493	2.608	3.866	3.861	3.017	3.270	3.278	kg

## BIJLAGE 3

## MEETGEGEVENS SNB EN DRSH

## KWALITEIT AANGEVOERD ZUIVERINGSSLIB DRSH

	1996	1998	2000	2001	2002	2003	
Antimoon	4,1	2,0	< 3,2	< 3,4	< 9,7	< 9	mg/kg ds
Molybdeen	6,1	7,0	< 8,2	< 8,0	< 14	< 17	mg/kg ds

## KWALITEIT ASREST DRSH

	2000	2001	2002	2003	
Antimoon	< 10	< 7	< 12	< 13	mg/kg ds
Beryllium	< 5	1,5	< 7	< 6	mg/kg ds
Kobalt	13	11	< 18	< 18	mg/kg ds
Telluur	< 4	< 2	< 14	< 14	mg/kg ds
Thallium	< 3	< 2	< 10	< 7	mg/kg ds
Tin	< 48	39	< 27	< 19	mg/kg ds
Mangaan	2.494	2.996	3.014	2.933	mg/kg ds
Seleen	< 9	< 5	< 14	< 9	mg/kg ds
Vanadium	61	38	46	42	mg/kg ds
Molybdeen	< 20	18	< 23	28	mg/kg ds
Wolfram	< 95	< 39	31	< 33	mg/kg ds

## KWALITEIT ASREST SNB

	2000	2001	2002	2003	2004	
Antimoon <sup>1)</sup>		5,4	4,3	7,9	9	mg/kg ds
Molybdeen <sup>1)</sup>		19	18	21	27	mg/kg ds
Bromide <sup>2)</sup>					44	mg/kg ds
K <sup>3)</sup>					10	g/kg ds
Ca <sup>3)</sup>					154	g/kg ds
Al <sup>3)</sup>					59	g/kg ds
Fe <sup>3)</sup>					100	g/kg ds
Na <sup>3)</sup>					5	g/kg ds
S <sup>3)</sup>					21	g/kg ds
Si <sup>3)</sup>					137	g/kg ds

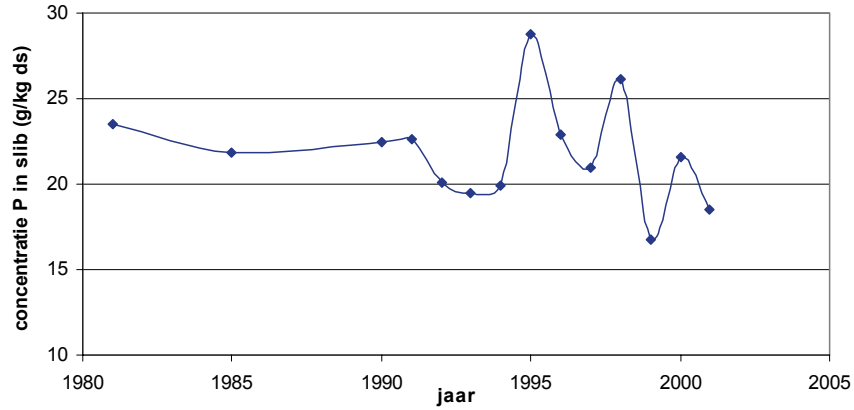
<sup>1)</sup> weekmonsters (steekmonsters)

<sup>2)</sup> kwartaalmonsters (steekmonsters)

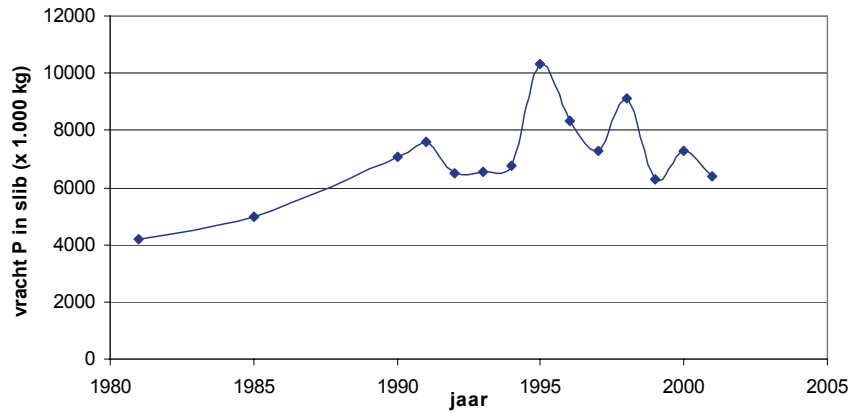
<sup>3)</sup> maandmonsters (mengmonsters van wekelijkse steekmonsters)

BIJLAGE 4

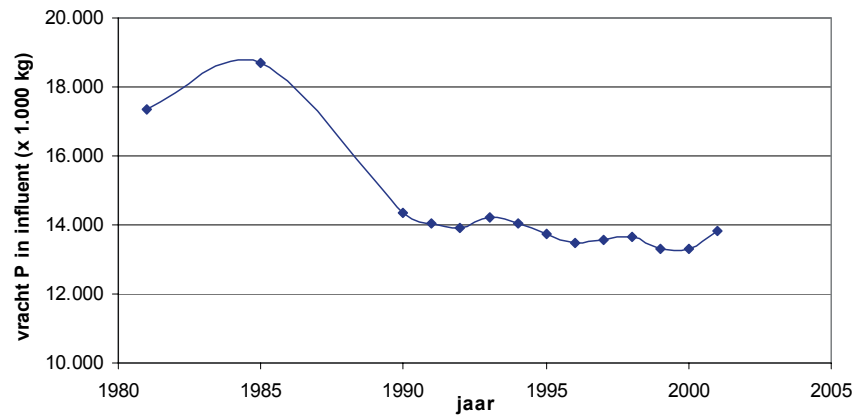
# HISTORISCHE WEERGAVE FOSFAAT-CONCENTRATIE EN -VRACHT IN SLIB



Concentratie fosfaat in het slib gedurende de tijd



Vracht fosfaat in het slib gedurende de tijd



Vracht fosfaat in het influent gedurende de tijd

## BIJLAGE 5

## ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN

## OVERZICHT METINGEN MICROVERONTREINIGINGEN BIJ 16 WATERBEHEERDERS IN 2002

aantal beheerders	meting microverontreinigingen	aantal beheerders	verbinding	gemeten in	in aantal r.w.z.i.'s	gemiddeld aantal metingen p r.w.z.i. p jr
5	nee					
5	max 4 verbindingen <sup>1)</sup>					
6		1 <sup>2)</sup>	bestr.mid.	influent	3	1x
		2	bestr.mid.	effluent	8	3x
		4	bestr.mid.	slib	32 <sup>4)</sup>	3x
		2 <sup>3)</sup>	PAKs	influent	12	6x
		4	PAKs	effluent	15	6x
		6	PAKs	slib	46 <sup>5)</sup>	6x

- 1) over het algemeen worden er PAK's gemeten als een van de geanalyseerde verbindingen, echter dit is alleen in het slib, soms ook in het effluent, maar er is geen meting in het influent geconstateerd..
- 2) Schieland: bestrijdingsmiddelen in influent maar 1x per jaar gemeten, minstens helft onder detectiewaarde;
- 3) Velt en Vecht: PAKs in influent en effluent per zuivering, slib van slibbedrijf Emmen
- 3) Zeeuwse Eilanden: eventueel van 4 r.w.z.i.'s (Willem Annapolder, Westerschouwen, Walcheren en Waarden) PAK balans te maken
- 4) waaronder 20 r.w.z.i.'s Regge en Dinkel
- 5) slibverwerkingsbedrijf Emmen voor Velt en Vecht is als 1 r.w.z.i. meegenomen, daarnaast ook 20 r.w.z.i.'s Regge en Dinkel

## DETECTIEGRENZEN MEETWAARDEN ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN

	slib (µg/kg ds)	influent en effluent (ng/l)
Organochloor bestrijdingsmiddelen	10-25	1-5
PAK's	250-500	10
PCB's	10-25	-

## INCIDENTEEL GEMETEN ORGANISCHE MICROVERONTREINIGINGEN IN SLIB, INFLUENT EN EFFLUENT

Organochloor bestrijdingsmiddelen	PAK's en PCB's
a-HCH	Naftaleen
b-HCH	Acenaftheen
g-HCH	Acenaftheen
HCB	Fluoreen
heptachloorepox	Fenantreen
heptachloor	Antraceen
isobenzeen	Fluorantheen
pentchloorbenzeen	Pyreen
hexachloorbutadien	benzo(a)antraceen
aldrin	Chryseen
dieldrin	benzo(b)fluorantheen
endrin	benzo(k)fluorantheen
isodrin	benzo(a)pyreen
telodrin	dibenzo(a,h)antceen
DDD (2,4-, p,p-, o,p-)	benzo(ghi)peryleen
DDE (2,4-, p,p-, o,p-)	Indenopyreen
DDT (2,4-, p,p-, o,p-)	PAK (totaal, 10, 16, 6)
a-endosulfan	pcb (28, 52, 101, 118, 138, 153, 156, 157, 180)

BIJLAGE 6

# FREUNDLICH EN LANGMUIR ADSORPTIE ISOTHERMEN

## FREUNDLICH ADSORPTIE ISOTHERM

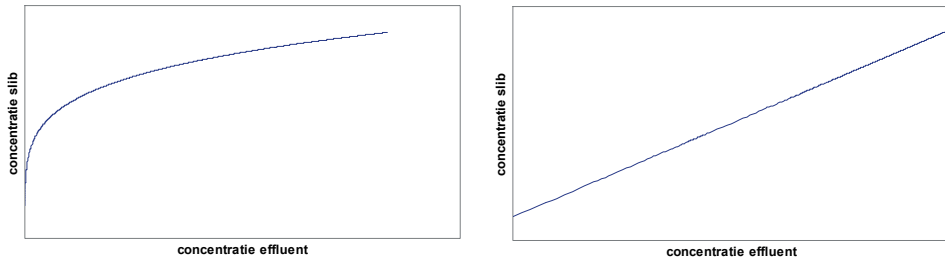
$$\frac{x}{m} = K_f C_e^{1/n}$$

na linearisatie:

$$\log\left(\frac{x}{m}\right) = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

- $x/m$  = concentratie metaal in slib op basis van drogestof (mg M/g ds);
- $K_f$  = empirische constante: capaciteitsfactor (mg M/g ds)(l water/mg M)<sup>1/n</sup>;
- $C_e$  = evenwichtsconcentratie of effluentconcentratie (mg M/l);
- $1/n$  = empirische constante: intensiteit parameter.

GRAFISCHE WEERGAVE FREUNDLICH ADSORPTIE ISOTHERM, LINKS: VOOR LINEARISATIE, RECHTS: NA LINEARISATIE



## LANGMUIR ADSORPTIE ISOTHERM

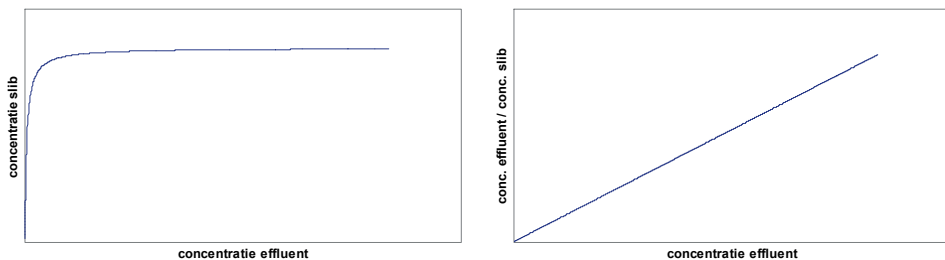
$$\frac{x}{m} = \frac{abC_e}{1 + bC_e}$$

na linearisatie:

$$\frac{C_e}{(x/m)} = \frac{1}{ab} + \frac{1}{a} C_e$$

a,b = empirische constanten;

GRAFISCHE WEERGAVE LANGMUIR ADSORPTIE ISOTHERM, LINKS: VOOR LINEARISATIE, RECHTS: NA LINEARISATIE



## BIJLAGE 7

# VERHOUDINGEN METAALGEHALTE IN SLIB EN INFLUENT OF EFFLUENT

## 1: VERHOUDING TUSSEN CONCENTRATIE IN SLIB EN CONCENTRATIE IN INFLUENT OP BASIS VAN DROGESTOF (G/KG DS)/(MG/L)

slib/infl	1981	1985	1990	1995	1998	2001	gem.	%min	% max
Cu	4,65	4,06	4,12	3,83	4,76	5,28	4,45	14 %	19 %
Cr	3,94	3,85	3,44	3,09	4,95	4,86	4,02	23 %	23 %
Zn	4,62	4,14	3,68	3,90	4,34	4,44	4,19	12 %	10 %
Pb	4,01	3,60	3,82	4,04	5,32	5,50	4,38	18 %	26 %
Cd	3,84	3,61	3,08	2,34	3,78	3,73	3,40	31 %	13 %
Ni	1,95	1,84	2,08	1,79	2,55	2,66	2,15	17 %	24 %
Hg	4,57	4,26	3,43	4,22	5,33	5,50	4,55	25 %	21 %
As	3,36	2,88	2,54	2,55	3,28	3,14	2,96	14 %	14 %
								19 %	19 %

## 2: Verhouding tussen concentratie in slib en concentratie in influent op basis van organisch stof (g/kg os)/(mg/l)

slib/infl	1981	1985	1990	1995	1998	2001	gem.	%min	% max
Cu	2,71	2,34	2,46	2,12	2,81	3,39	2,64	20 %	29 %
Cr	2,30	2,22	2,05	1,71	2,93	3,12	2,39	28 %	31 %
Zn	2,69	2,39	2,20	2,16	2,56	2,85	2,48	13 %	15 %
Pb	2,34	2,08	2,28	2,24	3,14	3,53	2,60	20 %	36 %
Cd	2,24	2,09	1,84	1,30	2,24	2,40	2,02	36 %	19 %
Ni	1,14	1,06	1,24	0,99	1,51	1,71	1,28	22 %	34 %
Hg	2,66	2,46	2,05	2,34	3,15	3,53	2,70	24 %	31 %
As	1,96	1,66	1,52	1,41	1,94	2,01	1,75	19 %	15 %
								23 %	26 %

## 3: VERHOUDING TUSSEN CONCENTRATIE IN SLIB EN CONCENTRATIE IN EFFLUENT OP BASIS VAN DROGESTOF(G/KG DS)/(MG/L)

slib/effl	1981	1985	1990	1995	1998	2001	gem.	%min	% max
Cu	15,50	13,53	20,00	31,21	39,36	38,47	26,35	49 %	49 %
Cr	9,86	9,63	10,14	14,67	17,14	18,93	13,39	28 %	41 %
Zn	15,39	13,82	13,05	14,20	15,64	18,81	15,15	14 %	24 %
Pb	10,02	8,99	14,64	31,16	38,93	25,06	21,47	58 %	81 %
Cd	9,60	9,04	7,71	9,89	10,68	9,39	9,38	18 %	14 %
Ni	2,79	2,63	3,49	4,20	5,37	4,73	3,87	32 %	39 %
Hg	15,21	14,21	11,43	16,60	18,91	19,30	15,94	28 %	21 %
As	6,73	5,75	5,08	5,43	7,14	6,57	6,12	17 %	17 %
								30 %	36 %

## 4: VERHOUDING TUSSEN CONCENTRATIE IN SLIB EN CONCENTRATIE IN EFFLUENT OP BASIS VAN ORGANISCH STOF (G/KG OS)/(MG/L)

slib/infl	1981	1985	1990	1995	1998	2001	gem.	%min	% max
Cu	9,04	7,81	11,93	17,30	23,26	24,71	15,67	50 %	58 %
Cr	5,75	5,56	6,05	8,13	10,13	12,16	7,96	30 %	53 %
Zn	8,98	7,97	7,79	7,87	9,24	12,08	8,99	13 %	34 %
Pb	5,84	5,19	8,74	17,27	23,00	16,10	12,69	59 %	81 %
Cd	5,60	5,22	4,60	5,48	6,31	6,03	5,54	17 %	14 %
Ni	1,63	1,52	2,08	2,33	3,17	3,03	2,29	34 %	38 %
Hg	8,87	8,20	6,82	9,20	11,17	12,40	15,94	28 %	21 %
As	3,92	3,32	3,03	3,01	4,22	4,22	6,12	17 %	17 %
								30 %	36 %



## 5: VERHOUDING TUSSEN VRACHT IN SLIB EN VRACHT IN INFLUENT (KG/KG)

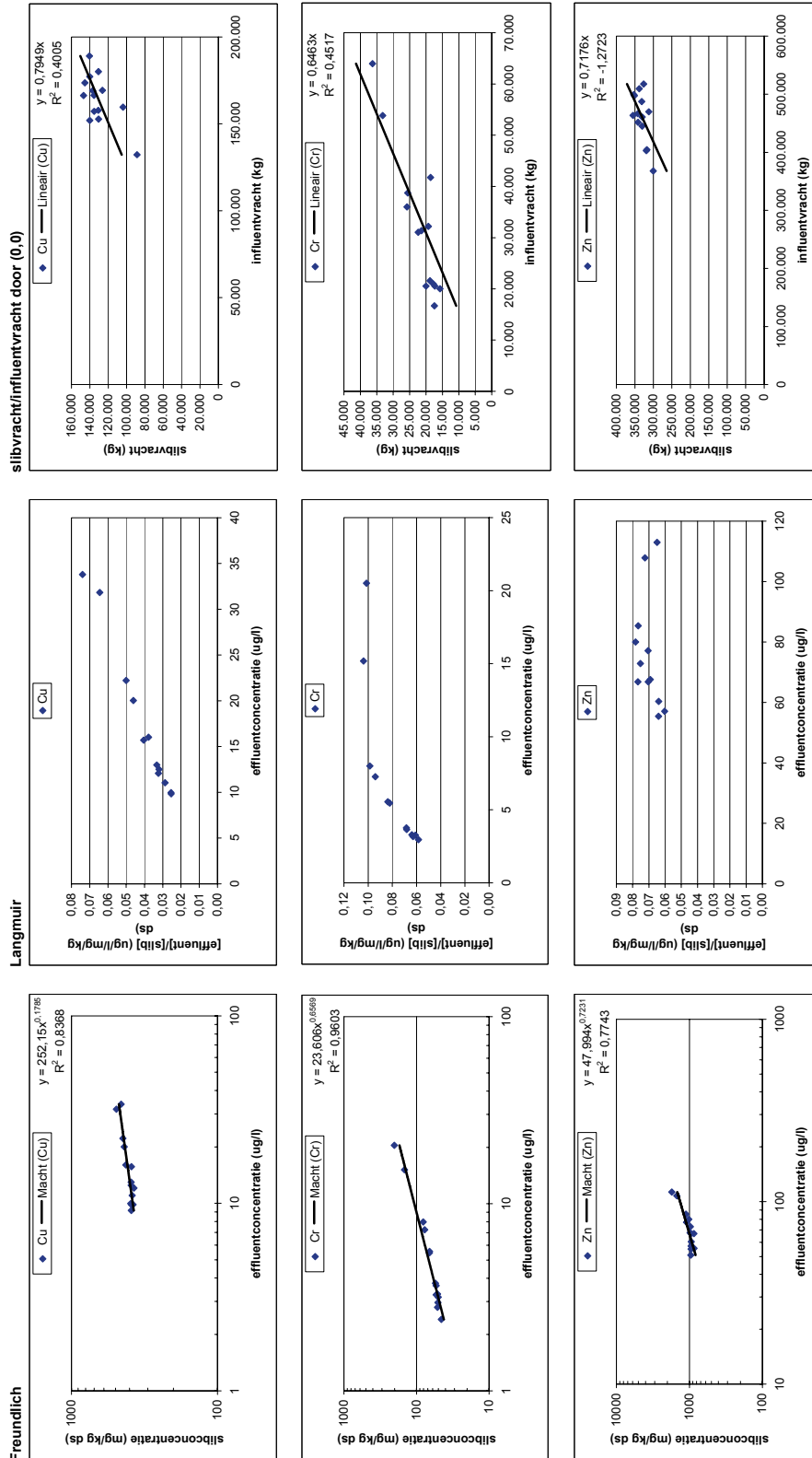
slib/infl	1981	1985	1990	1995	1998	2001	gem.	%min	% max
Cu	0,67	0,65	0,79	0,74	0,81	0,85	0,75	14 %	13 %
Cr	0,57	0,62	0,66	0,60	0,85	0,79	0,68	16 %	25 %
Zn	0,67	0,66	0,71	0,76	0,74	0,72	0,71	6 %	7 %
Pb	0,58	0,58	0,73	0,78	0,91	0,89	0,75	23 %	22 %
Cd	0,55	0,58	0,59	0,45	0,65	0,60	0,57	21 %	13 %
Ni	0,28	0,30	0,40	0,35	0,44	0,43	0,37	23 %	20 %
Hg	0,66	0,68	0,66	0,82	0,91	0,89	0,77	15 %	19 %
As	0,48	0,46	0,49	0,49	0,56	0,51	0,50	8 %	13 %
								16 %	16 %

## 5: VERHOUDING TUSSEN VRACHT IN SLIB EN VRACHT IN INFLUENT (KG/KG)

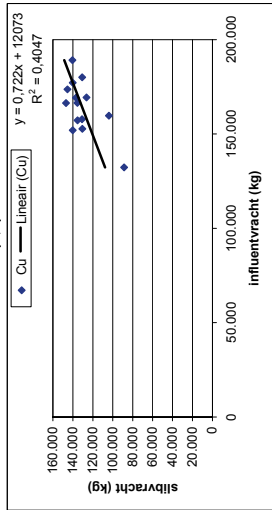
slib/infl	1981	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	% min	% max
Cu	0,67	0,65	0,79	0,84	0,81	0,73	0,75	0,74	0,92	0,86	0,81	0,88	0,83	0,85	18	16
Cr	0,57	0,62	0,66	0,72	0,68	0,72	0,45	0,60	0,87	1,05	0,85	0,98	0,84	0,79	40	41
Zn	0,67	0,66	0,71	0,73	0,71	0,63	0,68	0,76	0,78	0,82	0,74	0,77	0,79	0,72	13	13
Pb	0,58	0,58	0,73	0,81	0,78	0,85	0,89	0,78	1,00	1,03	0,91	1,01	0,98	0,89	32	21
Cd	0,55	0,58	0,59	0,60	0,59	0,50	0,33	0,45	0,39	0,77	0,65	0,61	0,54	0,60	41	39
Ni	0,28	0,30	0,40	0,44	0,44	0,28	0,29	0,35	0,38	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	26	16
Hg	0,66	0,68	0,66	0,71	0,69	0,76	0,76	0,82	0,87	1,06	0,91	0,89	0,86	0,89	18	32
As	0,48	0,46	0,49	0,50	0,49	0,32	0,39	0,49	0,54	0,48	0,56	0,64	0,53	0,51	34	30

BIJLAGE 8

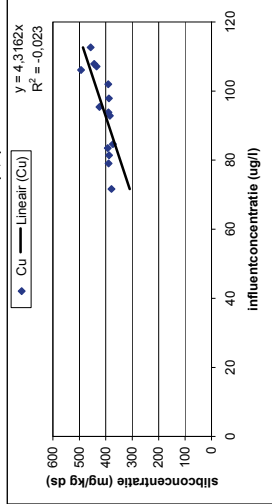
# GRAFISCHE WEERGAVE VERTAALSLAG SLIBKWALITEIT



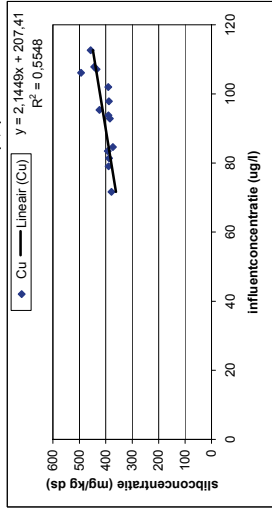
silbvracht/influentvracht niet door (0,0)



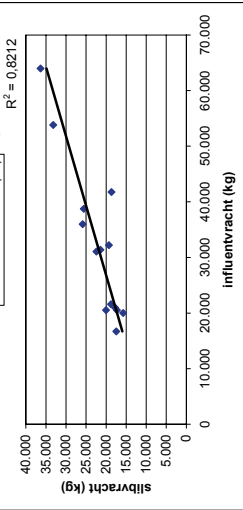
silbconcentratie/influentconcentratie door (0,0)



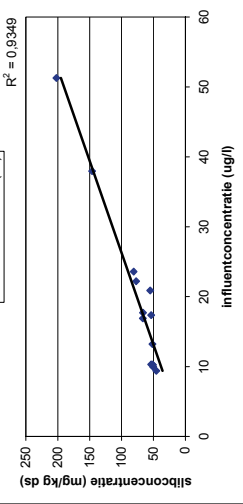
silbconcentratie/influentconcentratie niet door (0,0)



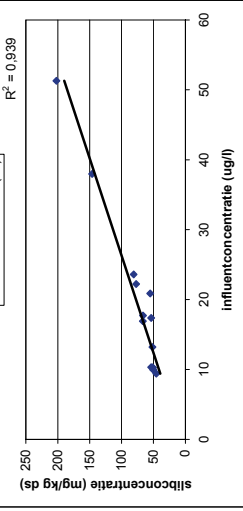
silbvracht/influentvracht niet door (0,0)



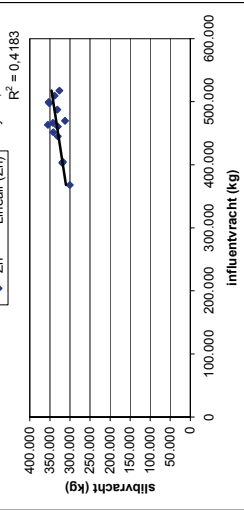
silbconcentratie/influentconcentratie door (0,0)



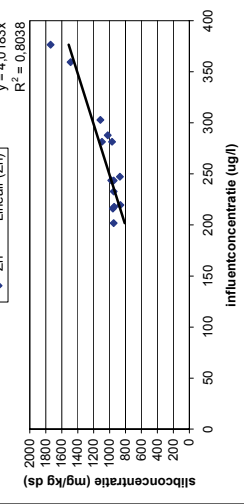
silbconcentratie/influentconcentratie niet door (0,0)



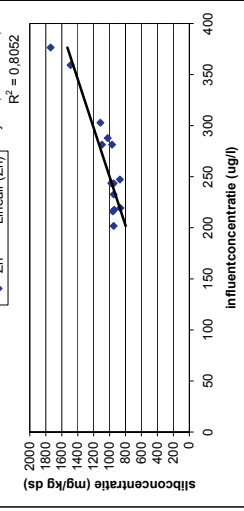
silbvracht/influentvracht niet door (0,0)

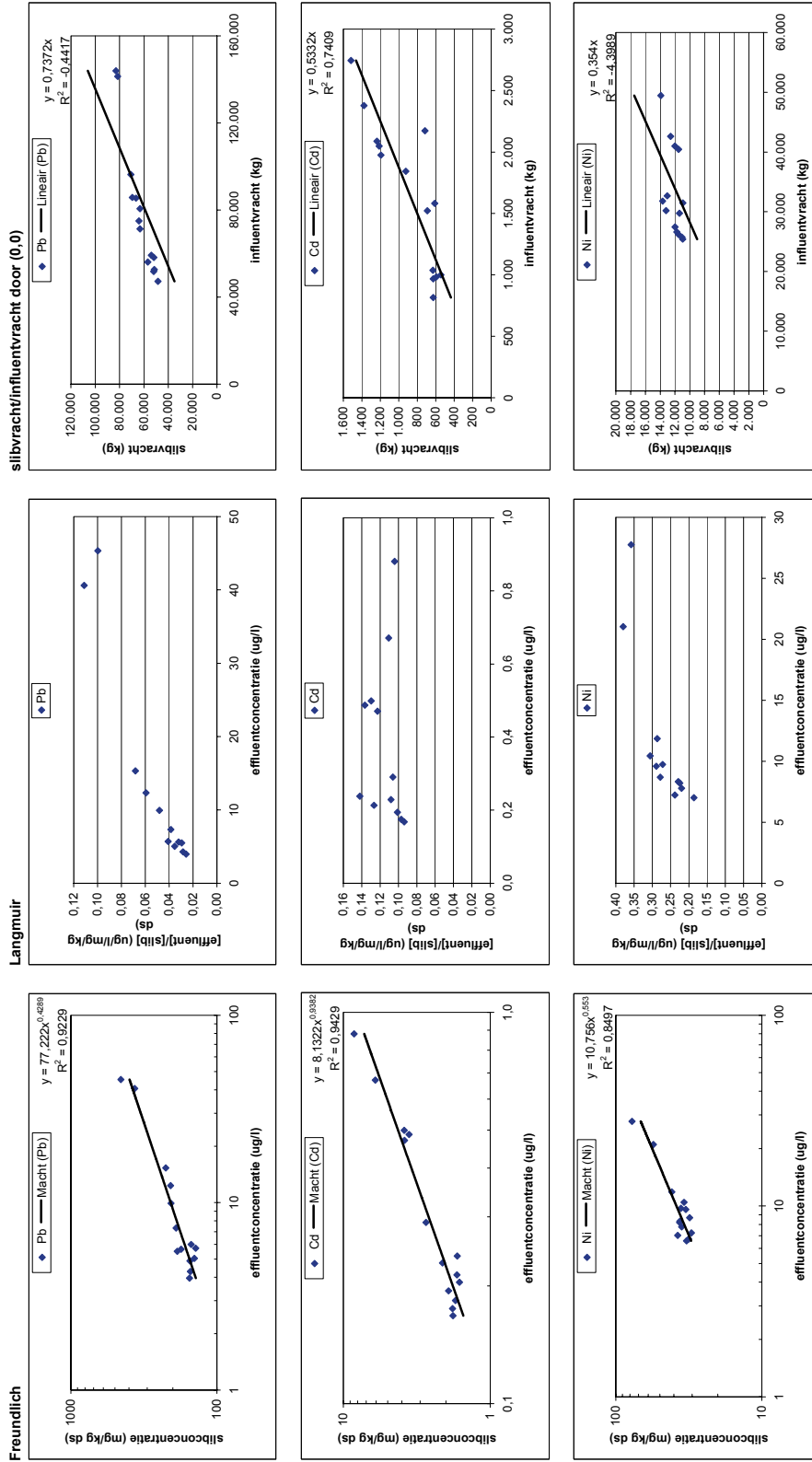


silbconcentratie/influentconcentratie door (0,0)

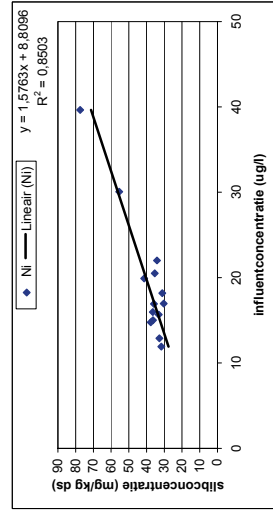
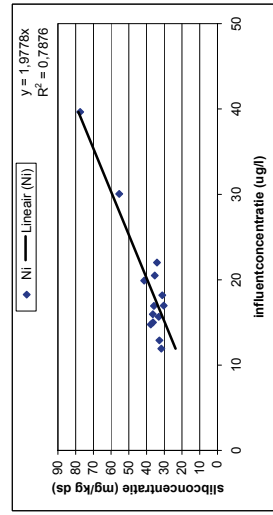
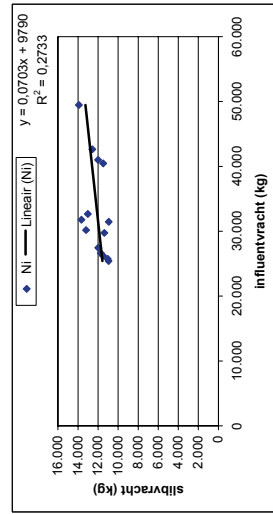
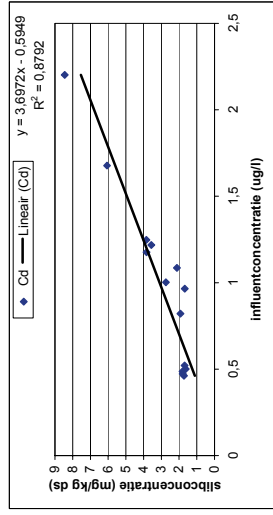
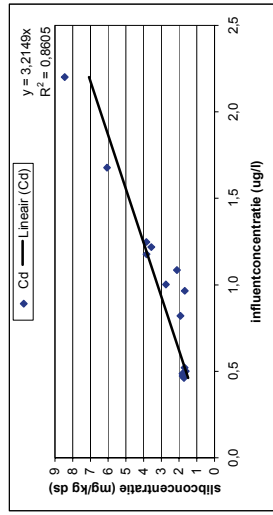
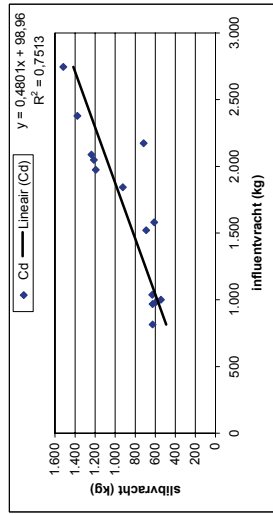
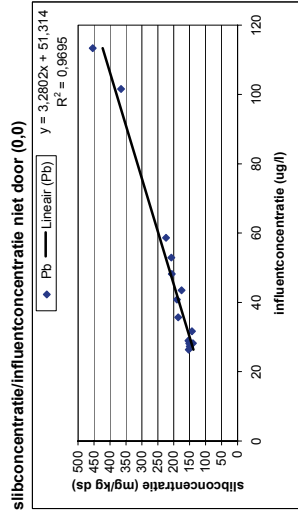
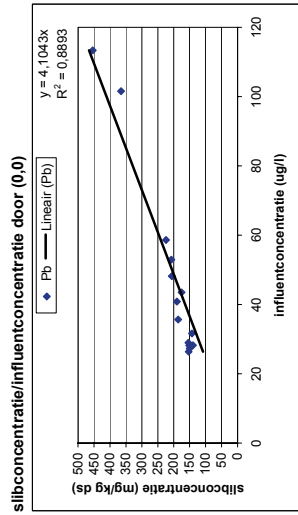
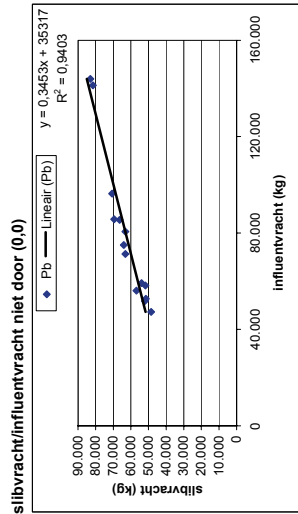


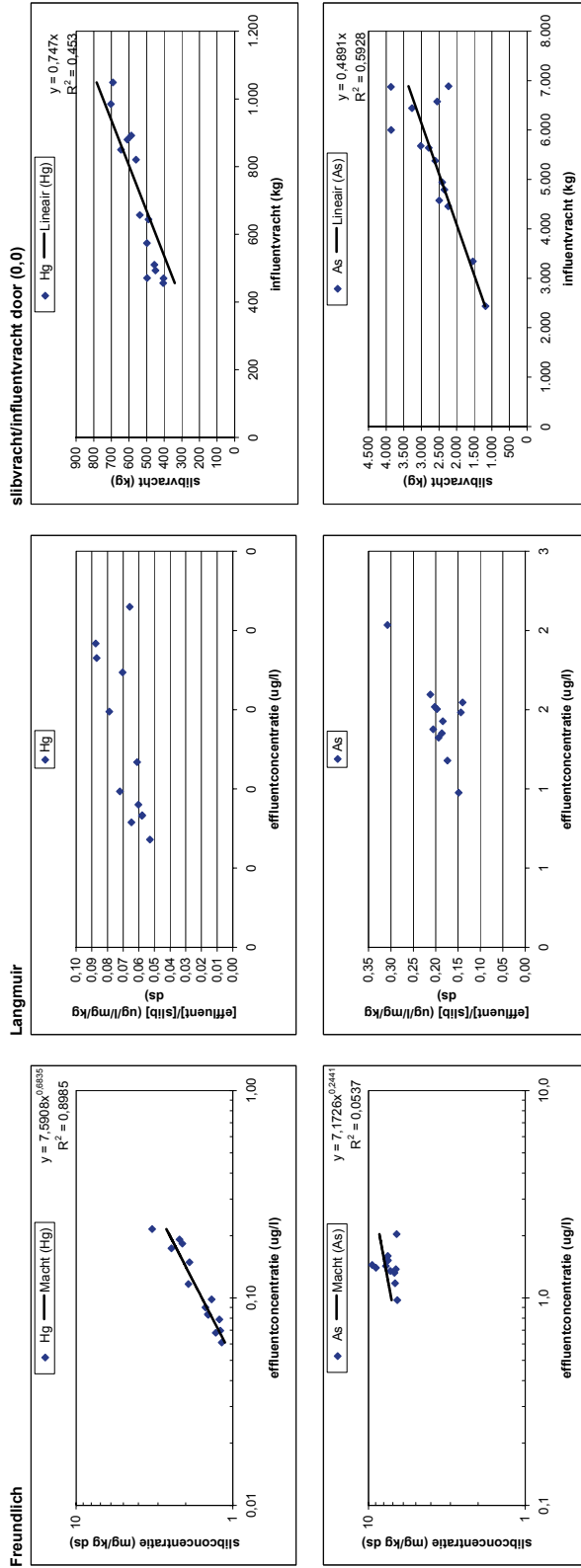
silbconcentratie/influentconcentratie niet door (0,0)



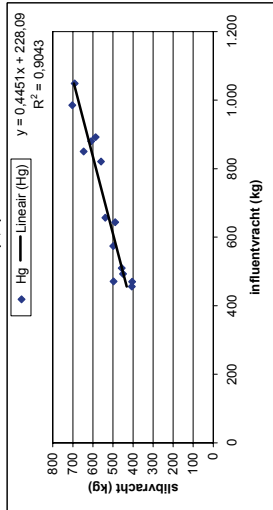


Bijlage 8 (vervolg 3)

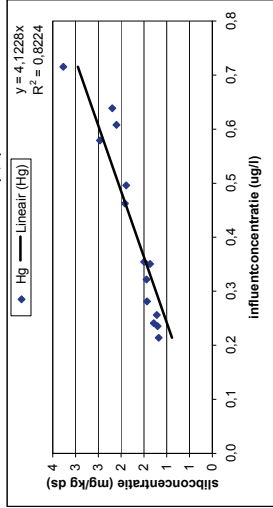




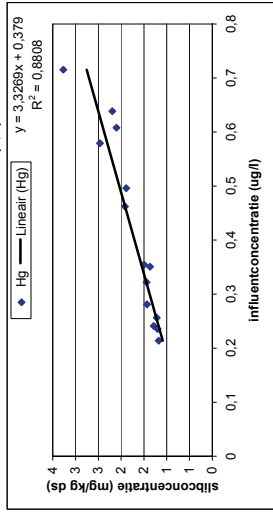
silbvracht/influentvracht niet door (0,0)



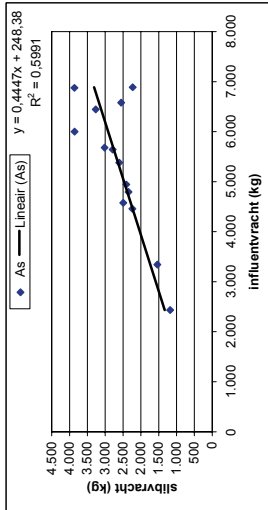
silbconcentratie/influentconcentratie door (0,0)



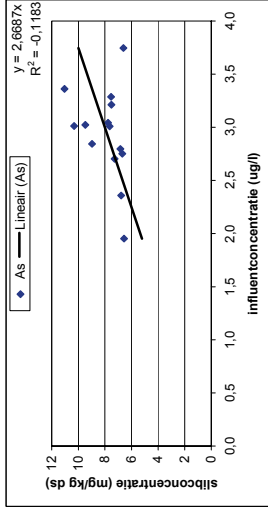
silbconcentratie/influentconcentratie niet door (0,0)



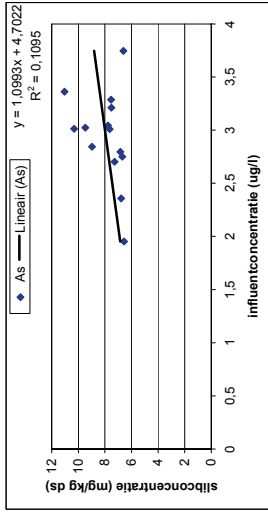
silbvracht/influentvracht niet door (0,0)



silbconcentratie/influentconcentratie door (0,0)



silbconcentratie/influentconcentratie niet door (0,0)



## BIJLAGE 9

# BEREKENING SLIBKWALITEIT MET BEHULP VAN DE FREUNDLICH ADSORPTIE ISOTHERM

Met behulp van RIZA Waterverkenningen kunnen de prognoses voor de influentvracht bepaald worden. Wanneer men hiermee de prognose voor de slibkwaliteit met behulp van Freundlich adsorptie isotherm wil bepalen, zal men eerst de effluentconcentratie bepaald moeten worden. Dit is namelijk het uitgangspunt van de Freundlich adsorptie isotherm. Om de effluentconcentratie te bepalen met behulp van de bekende influentgegevens en slibproductie, wordt een balans opgesteld. Hiervoor wordt eerst de Freundlich adsorptie isotherm (1) ingevuld in de balans over de zuivering (2). De vergelijking die nu ontstaat, wordt omgeschreven naar een vergelijking met 0 als oplossing. Voor het effluentdebiet wordt het influentdebiet minus het slibdebiet gebruikt. Uiteindelijk ontstaat vergelijking (4). Met de bekende waarden voor het influent en de slibproductie kan nu de effluentconcentratie worden bepaald. Vervolgens kan deze effluentconcentratie in de Freundlich vergelijking (1) ingevuld worden, waardoor de slibkwaliteit bepaald kan worden.

$$C_s = K_f C_e^{1/n} \quad (1)$$

$$C_i \times Q_i = C_e \times Q_e + C_s \times Q_s \quad (2)$$

$$C_i \times Q_i = C_e \times (Q_i - Q_s) + (K_f C_e^{1/n}) \times Q_s \quad (3)$$

$$C_i \times Q_i - C_e \times (Q_i - Q_s) - (K_f C_e^{1/n}) \times Q_s = 0 \quad (4)$$

$C_s$  = concentratie metaal in slib op basis van drogestof (mg M/g ds);

$K_f$  = empirische constante: capaciteitsfactor (mg M/g ds)(l water/mg M)<sup>1/n</sup>;

$C_e$  = evenwichtsconcentratie of effluentconcentratie (mg M/l);

1/n = empirische constante: intensiteit parameter;

$C_i$  = influentconcentratie (mg M/l);

$Q_i$  = influentdebiet (l/d);

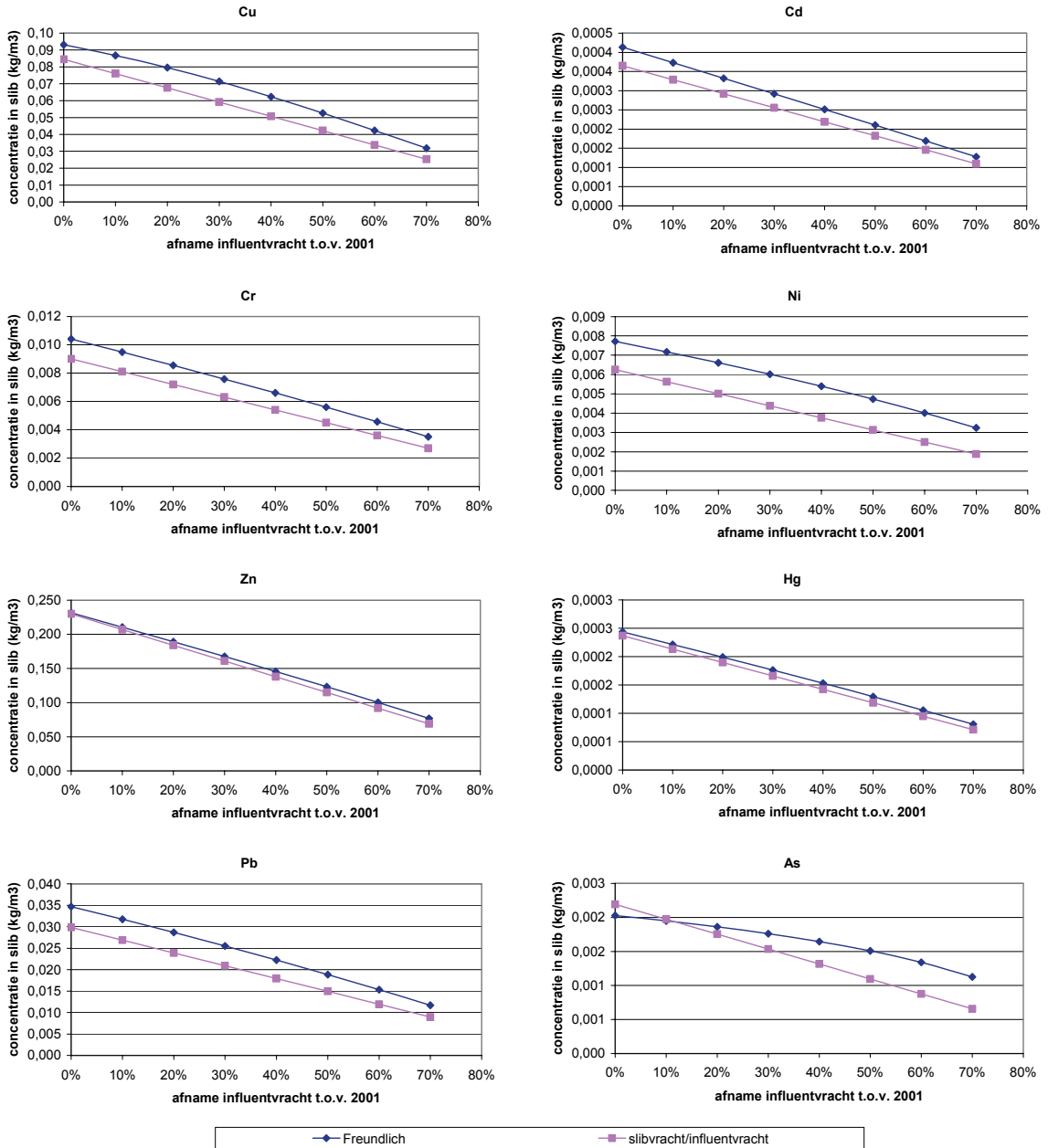
$Q_e$  = effluentdebiet (l/d);

$Q_s$  = slibdebiet (g ds/d).



BIJLAGE 10

# VERANDERING SLIBKWALITEIT BIJ VERLAGING METAALVRACHT IN INFLUENT



## BIJLAGE 11

# ACHTERGRONDEN SCENARIO'S RIZA VERKENNINGEN

Analyse varianten		Varianten				
In de tabel is met een 1 respectievelijk 0 aangegevend welke maatregelen in welke variant zijn doorgerkend.		HB	WSP	maxE	maxB	Opti- mix
proces	maatregel					
De varianten zijn:						
HB	Huidig beleid					
WSP	watervolume gerichte maatregelen					
Max-E	maximale eindzuiveringsmaatregelen					
Max-B	maximaal brongerichte maatregelen					
Optimix afgewogen mix van maatregelen op basis van effecten, kosten en kosteneffectiviteit						
industrie	vervang Zn als corrosie-inhibitor	1	1	1	1	1
voedingsindustrie	vervangen/coaten rvs leidingen	0	0	0	1	1
voedingsindustrie	hergebruik spoelwater via bezinking	1	1	1	1	1
voedingsindustrie	opwerking/hergebruik deelstromen	1	1	1	0	1
voedingsindustrie	opwerking/hergebruik effluent awzi	0	0	0	1	0
voedingsindustrie	overdekte laad/losplaats	1	1	1	1	1
voedingsindustrie	vervanging Ni katalysator	0	0	0	0	0
textiel	kleurstof hoge fixatie	1	1	1	1	1
textiel	vervanging kaliumdichromaat	1	1	1	1	1
textiel	toepassen kleurstofophreng aggregaat	1	1	1	1	1
textiel	plaatsen verdringingslichaam	1	1	1	1	1
textiel	optimalisatie chemicalie-aanmaak	1	1	1	1	1
textiel	drukpasta-beheersysteem	1	1	1	1	1
textiel	maximale rungrootte (geautomatiseerd)	1	1	1	1	1
textiel	runrestadministratie	1	1	1	1	1
textiel	optimalisatie discontinue processen	1	1	1	1	1
textiel	hergebruik restpasta	1	1	1	1	1
textiel	minimalisatie systeeminhoud	1	1	1	1	1
	rotatiedruk					
textiel	membraanfiltratie deelstromen	0	0	0	1	1
textiel	fysisch chemische behandeling backing	1	1	1	1	1
	vloeistof					
textiel	sproeisysteem	0	0	0	0	0
textiel	ionwisseling spoelwater + hergebruik	0	0	0	1	0
textiel	schuim-applicatie	0	0	0	0	0
textiel	superkritisch CO2-verven	0	0	0	0	0
leer	hooguitputtende looistof	1	1	1	1	1
leer	ionenwisseling	1	1	1	1	1
leer	electrochemische flotatie	0	0	0	0	0
leer	wet-white procede	0	0	0	0	0
leer	mimosa-alu proces	0	0	0	0	0
houtimpegneer	hergebruik procesafvalwater	1	1	1	1	1
houtimpegneer	overkapping opslagterrein	0	1	0	0	0
houtimpegneer	hergebruik verontr hemelwater	1	1	1	1	1
houtimpegneer	stoomfixatie	1	1	1	1	1
houtimpegneer	plato-proces	0	0	0	0	0
papier	geen (< 1% totaal aanbod emissie)	0	0	0	0	0
grafische	niet lozen resten waterige lakken en	1	0	0	1	1
	minimalisatie resten					
grafische	mechanische graveertechniek	0	0	0	0	0
grafische	spaarbaden	0	1	0	0	1
grafische	spoelwaterbehandeling FC	0	0	1	0	1
tandarts	composietvulling	0	0	0	1	1

proces	maatregel	Varianten				
		HB	WSP	maxE	maxB	Opti-mix
tandarts	amalgamaafscheider	1	1	1	1	1
basischemicaliën	good housekeeping	1	1	1	1	1
basischemicaliën	selectie grond/hulpstoffen milieu-optiek	1	1	1	1	1
basischemicaliën	optimale procesomstandigheden	1	1	1	1	1
basischemicaliën	vervanging Zn corrosie-inhibitor	0	0	0	1	1
basischemicaliën	droge vacuümmethoden	0	1	0	0	0
basischemicaliën	minimalisatie luchtmissie ner	1	0	0	1	1
basischemicaliën	maximale rungrootte batchprocessen	1	1	1	1	1
basischemicaliën	e-zuinige indirecte koelwatersystemen	0	0	0	0	0
basischemicaliën	terugwinning moederloog	1	1	1	1	1
basischemicaliën	verwijdering Zn corrosie-inhib door AK	0	0	0	0	0
basischemicaliën	FC-behandeling deel/eindstroom zware metalen	1	1	1	1	1
basischemicaliën	FC-behandeling deel/eindstroom PAK	1	1	1	1	1
basischemicaliën	opvang en behandeling hemelwater	0	1	1	0	0
basischemicaliën	membraanelectrolyse in plaats van Hg-electrolyse	0	0	0	0	1
kunstmeststoffen	good housekeeping	1	1	1	1	1
kunstmeststoffen	optimale procesomstandigheden	1	1	1	1	1
kunstmeststoffen	maatregelen tegen stofverwaaiing	1	1	0	1	1
kunstmeststoffen	overdekt laden/lossen	1	1	0	1	1
kunstmeststoffen	verkleinen laad/los pillaatsen	0	1	0	1	1
kunstmeststoffen	opvang en behandeling hemelwater	0	0	1	0	0
verf	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
verfspuiterijen	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
farmacie	vervanging Ni katalysator	0	0	0	1	1
farmacie	vervanging rvs leidingwerk	0	0	0	1	1
farmacie	FC-zuivering afvalwater	0	0	1	0	0
zeep	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
ov. chemische producten	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
synthetische vezels	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
rubber	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
kunststof	cd-vrij kunststof	1	1	0	1	1
kunststof	FC-zuivering afvalwater	1	1	1	1	0
erialen-industrie	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
basismetale	reductiemaatregelen verspanende werkzaamheden	1	1	1	1	1
basismetale	afzuiginstallatie lasdampen	1	1	1	1	1
metaalproducten	good housekeeping	1	1	1	1	1
metaalproducten	verlagen metaalconc bad	1	1	1	1	1
metaalproducten	verminderen oversleep	1	1	1	1	1
metaalproducten	inzet arc-systemen	0	0	0	1	1
metaalproducten	verminderen oversleep via afzuig	0	1	0	0	0
metaalproducten	verlenging standtijd baden	1	1	1	1	1
metaalproducten	beperken spoelwater	1	1	1	1	1
metaalproducten	bijvullen vloeistofverlies vanuit spaarspoel	1	1	1	1	1
metaalproducten	hergebruik spoelwater	1	1	1	1	1
metaalproducten	heetwatersealen	0	0	0	0	0
metaalproducten	stoomsealen	0	0	0	0	0
metaalproducten	cascade/sproeispoelen	1	1	1	1	1
metaalproducten	mf aw (scen-2 promise)	0	0	1	0	0
metaalproducten	mf aw + ONO beits (scen-3 promise)	0	0	0	0	0
metaalproducten	combi techn (scen-4 promise)	0	1	0	0	0

proces	maatregel	Varianten				
		HB	WSP	maxE	maxB	Opti- mix
metaalproducten	ONO + zandf (scen-5 promise)	1	0	0	0	1
machine	reductiemaatregelen verspanende bewerkingen	1	1	1	1	1
machine	afzuiginstallatie lasdampen	1	1	1	1	1
electro	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
auto/motorrevisie	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
instrumenten	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
houtreiniging	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
vatenwasserij	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
intramurale	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
gezondheidszorg						
laboratoria	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
recyclingbedrijven	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
stortplaatsen	afdekken stortplaats	1	1	1	1	1
stortplaatsen	behandeling percolatiewater	1	1	1	1	1
bodemsaneringen/stortplaatsen	vergaande fcb-behandeling grondwater	0	0	0	1	1
afvalverwijdering	good housekeeping	1	1	1	1	1
afvalverwijdering	fc-behandeling waswater	1	1	1	1	1
	rookgasreiniging					
afvalverwijdering	(semi)droge rookgasreiniging	1	1	1	1	1
afvalverwijdering	indampen waswater	0	1	0	1	0
afvalverwijdering	opvang en behandeling hemelwater	0	1	0	1	0
overige industrie	geen (< 1% totaal aanbod emissies)	0	0	0	0	0
<b>huishoudens</b>						
ruw water drinkwater	extra reductie drinkwaterverbruik (zuinige app.)	0	1	0	1	1
ruw water drinkwater	aanvullende zuivering drinkwaterbedrijven	0	1	0	1	0
ruw water drinkwater	gustavsbergtoilet	0	1	0	0	0
ruw water drinkwater	vacuumtoilet	0	1	0	0	0
ruw water drinkwater	minflusstoilet	0	1	0	0	0
ruw water drinkwater	beperken spui/leidingverlies	0	1	0	1	1
ruw water drinkwater	regenwaterbenutting	0	1	0	0	1
ruw water drinkwater	levering tweede kwaliteit water uit oppervlaktewater	0	0	0	0	0
ruw water drinkwater	levering tweede kwaliteit water uit rwzi-effluent	0	0	1	0	0
ruw water drinkwater	levering tweede kwaliteit water uit stedelijk drainagewater	0	0	0	1	0
waterleidingcorrosie	verbod Cd in materiaal/soldeer	1	1	1	1	1
waterleidingcorrosie	ontharding drinkwater 45%	1	1	1	1	1
waterleidingcorrosie	pe-waterleiding nieuwbouw	0	1	0	1	1
waterleidingcorrosie	alternatieve koper legering (-70%)	0	0	0	0	0
waterleidingcorrosie	vervanging loden waterleiding (voor 90% door koper)	1	1	1	1	1
waterleidingcorrosie	extra ontharding drinkwater	0	1	0	1	1
waterleidingcorrosie	lengtevermindering nieuwbouw	0	1	0	1	1
waterleidingcorrosie	reductie drinkwaterverbruik	0	1	0	1	1
waterleidingcorrosie	corrosie-inhibitor	0	0	0	0	0
waterleidingcorrosie	gustavsbergtoilet	0	1	0	0	1
waterleidingcorrosie	vacuumtoilet	0	1	0	0	1
waterleidingcorrosie	minflusstoilet	0	1	0	0	1
urine/fecaliën	verminderen zwmatalen in mengvoeder	0	0	0	0	0

proces	maatregel	Varianten				
		HB	WSP	maxE	maxB	Opti-mix
consumentproducten-reiniging	productbeleid?	0	0	0	0	0
consumentproducten-cosma/farma	productbeleid?	0	0	0	0	0
consumentproducten-toilet papier	productbeleid?	0	0	0	0	0
consumentproducten-overig	productbeleid?	0	0	0	0	0
<b>Diffuse bronnen</b>						
atmosferische depositie	luchtbeleid?	0	0	0	0	0
slijtage wegdek	teerhoudend bitumen tussen ondoorlatende lagen	0	0	0	1	1
uitlaatgassen	verlagen gehalte zw metalen in brandstof	0	0	0	1	1
lekverlies olie	toepassen anti-lekkage vloeistof	0	0	0	1	0
lekverlies olie	periodiek controle	0	0	0	1	1
slijtage banden licht verkeer	verlengen levensduur	0	0	0	0	1
slijtage banden licht verkeer	alternatief zinkoxide	0	0	0	1	1
slijtage banden zwaar verkeer	verlengen levensduur	0	0	0	0	0
slijtage banden zwaar verkeer	alternatief zinkoxide	0	0	0	1	1
verkeer-tram/trolley	?	0	0	0	0	0
corrosie dak woning	kunststof in plaats van zink	0	0	0	1	1
corrosie dak woning	geen dakgoten	0	1	0	0	0
corrosie dak woning	beperking blootgesteld oppervlak	0	0	0	0	0
corrosie dak woning	prepatiné-laag aanbrennen	0	0	0	0	0
corrosie dak woning	alternatieve legering	0	0	0	0	0
corrosie dak woning	coaten zinken dakgoten	0	0	0	1	0
corrosie	kunststof straatmeubilair	0	0	0	1	1
lantaampalen						
corrosie	coaten straatmeubilair	0	0	0	1	1
lantaampalen						
corrosie daken	kunststof in plaats van zink	0	0	0	0	1
utiliteitsbouw						
corrosie daken	geen dakgoten	0	1	0	0	0
utiliteitsbouw						
corrosie daken	coaten zinken daken	0	0	0	1	0
utiliteitsbouw						
corrosie daken	alternatieve legering	0	0	0	0	0
utiliteitsbouw						
corrosie daken	prepatiné-laag aanbrennen	0	0	0	0	0
utiliteitsbouw						
corrosie lood woning	coaten nieuw bladlood	0	0	0	1	1
corrosie lood woning	coaten bestaand bladlood	0	0	0	1	0
corrosie lood woning	patineerolie toepassen	0	0	0	0	0
corrosie lood woning	verkleinen blootgesteld oppervlak	0	0	0	0	1
corrosie lood	coaten nieuw bladlood	0	0	0	1	1
utiliteitsbouw						
corrosie lood	coaten bestaand bladlood	0	0	0	1	0
utiliteitsbouw						

proces	maatregel	Varianten				
		HB	WSP	maxE	maxB	Opti-mix
corrosie lood utiliteitsbouw	patineerolie toepassen	0	0	0	0	0
corrosie lood utiliteitsbouw	verkleinen blootgesteld oppervlak	0	0	0	0	1
corrosie chroom fiets	kunststof / rvs	0	0	0	1	1
corrosie rvs industrie	kunststof	0	0	0	1	1
corrosie rvs industrie	bescherm laag op roestvast staal	0	0	0	1	1
corrosie rvs industrie	coating verchroomd oppervlak	0	0	0	1	1
<b>riool/zuivering</b>						
riool/overstort	basisinspanning (vergroten berging)	1	1	1	1	1
riool/overstort	verbeterd gescheiden stelsel (vgs)	0	0	1	0	0
riool/overstort	maximaal afkoppelen nieuwbouw+regenwaterbenutting	0	1	0	0	0
riool/overstort	20% afkoppelen bestaand	1	0	1	0	0
riool/overstort	40% afkoppelenbestaand gebied	0	0	0	0	1
riool/overstort	real time control	0	0	0	1	1
riool/overstort	nabehandeling overstortwater via helofytenfilter -- overstort	0	0	1	0	0
riool/overstort	nabehandeling regenwateruitlaten via zandfiltratie	0	0	1	0	0
rwzi/effluent	P-verwijdering 75%	1	1	1	1	1
rwzi/effluent	N-verwijdering 75%	1	1	1	1	1
rwzi/effluent	CF in voor-/hoofdbehandeling	0	0	0	0	0
rwzi/effluent	vloekfiltratie in voor-/hoofdbehandeling	0	0	0	0	0
rwzi/effluent	snelle zandfiltratie hoofdbehandeling	0	0	0	0	0
rwzi/effluent	microfiltratie nabehandeling	0	0	1	0	0
rwzi/effluent	nanofiltratie als nabehandeling	0	0	0	0	0
rwzi/effluent	ionenwisselin als nabehandeling	0	0	0	0	0
rwzi/effluent	actief koolfiltratie als nabehandeling	0	0	0	0	0
rwzi/effluent	extra reductie drinkwaterverbruik (10%)	0	1	0	1	1
riool/overstort	50% afkoppelenbestaand gebied	0	1	1	0	0
riool/overstort	80% afkoppelen nieuwbouw	0	0	0	1	1
riool/overstort	60% afkoppelen nieuwbouw	1	0	1	0	0
riool/overstort	90% afkoppelen nieuwbouw	0	1	1	0	0
relevante maatregelen		63	87	69	104	109

De implementatie-aspecten van de maatregelen									
proces	maatregel	1995	maximaal	startjaar	termijn	2000	2005	2010	2020
industrie									
voedingsindustrie	vervang Zn als corrosie-inhibitor	0,70	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
voedingsindustrie	vervangen/coaten rvs leidingen	0,00	0,50	1998	2,5	0,04	0,14	0,24	0,44
voedingsindustrie	hergebruik spoelwater via bezinking	0,70	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
voedingsindustrie	opwerking/hergebruik deelstromen	0,30	0,50	1995	10	0,40	0,50	0,50	0,50
voedingsindustrie	opwerking/hergebruik effluent awzi	0,00	0,90	1998	2,5	0,07	0,25	0,43	0,79
voedingsindustrie	overdekte laad/loplaats	0,30	1,00	1995	10	0,65	1,00	1,00	1,00
voedingsindustrie	vervang Ni katalysator	0,00	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	kleurstof hoge fixatie	0,50	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	vervanging kaliumdichromaat	0,95	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	toepassen kleurstofopbreng	0,30	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
	aggregaat								
textiel	planten verdringslichaam	0,30	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	optimalisatie chemicalie-aanmaak	0,50	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	drukpaas-beheersysteem	0,10	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	maximale rungrootte	0,50	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	ruuradministratie	0,50	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	optimalisatie discontinus processen	0,50	1,00	1995	4	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	hergebruik restpasta	0,50	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	minimalisatie systeeminhoud	0,50	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
	rotatiedruk								
textiel	membranfiltratie doelsromen	0,00	1,00	2000	5	0,00	1,00	1,00	1,00
textiel	fysisch chemische behandeling	0,10	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
textiel	backing vloeistof	0,00	0,50	1995	5	0,50	0,50	0,50	0,50
textiel	sporeisysteem	0,10	1,00	1995	10	0,55	1,00	1,00	1,00
textiel	ionwisseling spoelwater + hergebruik								
textiel	schuim-applicatie	0,04	1,00	1995	10	0,52	1,00	1,00	1,00
textiel	superkritisch CO2-verven	0,00	1,00	1995	10	0,50	1,00	1,00	1,00
leer	hooguitputtende looistof	0,80	1,00	1995	2	1,00	1,00	1,00	1,00
leer	ionenwisseling	0,30	1,00	1995	10	0,65	1,00	1,00	1,00

proces	maatregel	implementatie							
		1995	maximaal	startjaar	termijn	2000	2005	2010	2020
leer	electrische flotatie	0,20	1,00	1995	10	0,60	1,00	1,00	1,00
leer	wet-white procede	0,00	1,00	2000	25	0,00	0,20	0,40	0,80
leer	minosu-alu proces	0,00	1,00			0,00	0,00	0,00	0,00
houtimpregneer	hergebruik procesafvalwater	0,85	1,00	1995	2	1,00	1,00	1,00	1,00
houtimpregneer	overkapping opslagterrein	0,00	1,00	1998	10	0,20	0,70	1,00	1,00
houtimpregneer	hergebruik verontreinigd water	0,00	1,00	1998	15	0,13	0,47	0,80	1,00
houtimpregneer	stoomfixatie	0,50	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
houtimpregneer	plato-proces					0,00	0,00	0,00	0,00
houtimpregneer	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
papier	niet lozen resten waterige lakken en	0,90	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
grafische	minimalisatie resten								
grafische	mechanische graveertechniek	0,10	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
grafische	spaarbaden	0,10	1,00	1995	1	1,00	1,00	1,00	1,00
grafische	spiegelwaterbehandeling FC	0,00	1,00	1998	5	0,40	1,00	1,00	1,00
tandarts	compositvulling	0,30	0,75	1995	10	0,53	0,75	0,75	0,75
tandarts	amalgamaafscheider	0,65	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	goed housekeeping	0,90	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	selectie grondstoffen milieua-	0,30	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
	optiek								
basischemicaliën	optimale procesomstandigheden	0,70	1,00	1995	10	0,85	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	vervanging van corrosie-inhibitor	0,10	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	droge vacuümmethoden	0,10	1,00	1995	10	0,55	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	minimalisatie luchtmissie per	0,70	1,00	1995	10	0,85	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	maximale rungrootte batchprocessen	0,90	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	e-zuinige indirecte	0,10	1,00	1995	25	0,28	0,46	0,64	1,00
	koelwatersystemen								
basischemicaliën	terugwinning moederloog	0,70	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	verwijdering van corrosie-inhibitor door	0,00	1,00	2000	10	0,00	0,50	1,00	1,00
	AK								
basischemicaliën	FC-behandeling deel/eindstroom	0,30	1,00	1995	10	0,65	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	zware metalen								
basischemicaliën	FC-behandeling deel/eindstroom	0,70	1,00	1995	10	0,85	1,00	1,00	1,00
	PAK								
basischemicaliën	opvang en behandeling hemelwater	0,00	1,00	2015	10	0,00	0,00	0,00	0,50
basischemicaliën	membraanelectrolyse in plaats van	0,00	1,00	2000	5	0,00	1,00	1,00	1,00



proces	maatregel	implementatie							
		1995	maximaal	startjaar	termijn	2000	2005	2010	2020
kunstmeststoffen	Hg-electrolyse	0,90	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
kunstmeststoffen	goed housekeeping	0,70	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
kunstmeststoffen	optimale procesomstandigheden	0,30	1,00	1995	10	0,85	1,00	1,00	1,00
kunstmeststoffen	maatregelen tegen stofverwaaiing	0,70	1,00	1998	10	0,44	1,00	1,00	1,00
kunstmeststoffen	overdekt laden/lossen	0,00	1,00	1998	10	0,20	1,00	1,00	1,00
kunstmeststoffen	verkleinen laad/los pilaarsen	0,00	1,00	2005	25	0,00	0,20	0,60	0,60
verf	opvang en behandeling hemelwater	0,00	1,00			0,00	0,00	0,00	0,00
verfspuitrijen	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
farmacie	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
farmacie	vervanging ni katalysator	0,00	1,00	1998	5	0,40	1,00	1,00	1,00
farmacie	vervanging rvs leidingwerk	0,00	0,50	1998	5	0,20	0,50	0,50	0,50
farmacie	FC-zuivering afvalwater	0,10	1,00	1998	5	0,46	1,00	1,00	1,00
zeep	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
ov. chemische producten	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
synthetische vezels	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
rubber	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
kunststof	geen (< 1% totaal emissie)	0,90	1,00	1995	40	0,91	0,93	0,94	0,96
kunststof	cd-vrij kunststof	0,00	1,00	1998	5	0,40	1,00	1,00	1,00
bouwmaterialen-industrie	FC-zuivering afvalwater	0,00	1,00			0,00	0,00	0,00	0,00
basismetale	geen (< 1% totaal emissie)	0,90	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
basismetale	reductiemaatregelen verspanende werkzaamheden					1,00	1,00	1,00	1,00
basismetale	afzuiginstallatie lasdampen	0,75	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	goed housekeeping	0,90	1,00	1995	1	1,00	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	verlagen metaalconc bad	0,90	1,00	1995	1	1,00	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	vermindere oversleep	0,90	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	inzet arc-systemen	0,10	1,00	2000	25	0,10	0,28	0,46	0,82
metaalproducten	vermindere oversleep via afzuig	0,10	1,00	1995	25	0,28	0,46	0,64	1,00
metaalproducten	verlenging standtijd baden	0,30	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	beperken spoelwater	0,10	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	bijvullen vloestof/verlies vanuit spaarspoel	0,50	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	bergebruik spoelwater	0,50	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	beetwatersealen	0,10	1,00	2000	10	0,10	0,55	1,00	1,00
metaalproducten	stoomsealen	0,00	1,00	2000	10	0,00	0,50	1,00	1,00
metaalproducten	cascade/proeispoeien	0,50	1,00	1995	10	0,75	1,00	1,00	1,00

proces	maatregel	1995	maximaal	startjaar	termijn	implementatie			
						2000	2005	2010	2020
metaalproducten	MIF aw (scen-2 promise)	0,10	1,00	1995	10	0,55	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	MIF aw + ONO beits (scen-3 promise)	0,10	1,00	1995	10	0,55	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	combi techn (scen-4 promise)	0,10	1,00	1995	10	0,55	1,00	1,00	1,00
metaalproducten	ONO + zandf (scen-5 promise)	0,50	1,00	1995	10	0,75	1,00	1,00	1,00
machine	reductiemaatregelen verspanende bewerkingen	0,90	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
machine	afzuiginstallatie lasdampen	0,75	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
electro	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
automotorevisie	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
instrumenten	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
hoofdreiniging	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
vatenwasserlijen	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
intramurale gezondheidszorg	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
laboratoria	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
recycling	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
stortplaatsen	afdekken stortplaats	0,01	1,00	1995	10	0,51	1,00	1,00	1,00
stortplaatsen	behandeling percolatiewater	0,06	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
bodemsaaiingen/stortplaatsen	vergaande FCB-behandeling grondwater	0,10	1,00	1995	15	0,40	0,70	1,00	1,00
n	goed housekeeping	0,90	1,00	1995	5	1,00	1,00	1,00	1,00
afvalverwijdering	FC-behandeling waswater	0,00	1,00	1995	15	0,33	0,67	1,00	1,00
afvalverwijdering	rookgasreiniging								
afvalverwijdering	(semi)droge rookgasreiniging	0,00	1,00	1995	10	0,50	1,00	1,00	1,00
afvalverwijdering	indampen waswater	0,14	1,00	1995	10	0,57	1,00	1,00	1,00
afvalverwijdering	opvang en behandeling harnswater	0,00	1,00	1998	25	0,08	0,28	0,48	0,88
overige industrie	geen (< 1% totaal emissie)					0,00	0,00	0,00	0,00
<b>huishoudens</b>									
drinkwater	extra reductie drinkwaterverbruik (zuinige app.)	0,10	1,00	1995	20	0,33	0,55	0,78	1,00
drinkwater	aanvullende zuivering drinkwaterbedrijven	0,00	1,00	1998	25	0,08	0,28	0,48	0,88
drinkwater	gustavsborgtoilet	0,00	1,00	2000	70	0,00	0,07	0,14	0,29
drinkwater	vacuumtoilet	0,00	1,00	2000	70	0,00	0,07	0,14	0,29
drinkwater	miniflashedtoilet	0,00	1,00	2000	70	0,00	0,07	0,14	0,29

proces	maatregel	implementatie							
		1995	maximaal	startjaar	termijn	2000	2005	2010	2020
drinkwater	beperken spui/leidingverlies	0,00	1,00	2000	70	0,00	0,07	0,14	0,29
drinkwater	regenwaterbenutting	0,00	1,00	1995	70	0,07	0,14	0,21	0,36
drinkwater	levering tweede kwaliteit water uit oppervlaktewater	0,00	1,00	1995	70	0,07	0,14	0,21	0,36
drinkwater	levering tweede kwaliteit water uit rwzi-effluent	0,00	1,00	1998	70	0,03	0,10	0,17	0,31
drinkwater	levering tweede kwaliteit water uit stedelijk drainagewater	0,00	1,00	1998	70	0,03	0,10	0,17	0,31
leidingcorrosie	verbod cd in materiaal/soldeer	0,50	1,00	1995	70	0,54	0,57	0,61	0,68
leidingcorrosie	onbehandeld drinkwater 45%	0,50	1,00	1995	2	1,00	1,00	1,00	1,00
leidingcorrosie	pe-waterleiding nieuwbouw	0,10	1,00	1997	70	0,14	0,20	0,27	0,40
leidingcorrosie	alternatieve koper legering (-70%)	0,00	1,00	2000	70	0,00	0,07	0,14	0,29
leidingcorrosie	vervanging loden waterleiding (voor 90% door koper)	0,90	1,00	1998	10	0,92	0,97	1,00	1,00
leidingcorrosie	extra ontharding drinkwater	0,00	1,00	1997	20	0,15	0,40	0,65	1,00
leidingcorrosie	lengtevermindering nieuwbouw	0,00	1,00	2000	70	0,00	0,07	0,14	0,29
leidingcorrosie	reductie drinkwaterverbruik	0,10	1,00	1997	20	0,24	0,46	0,69	1,00
leidingcorrosie	corrosie-inhibitor	0,00	1,00	2000	25	0,00	0,20	0,40	0,80
leidingcorrosie	gustuvsbergtoilet	0,00	1,00	2000	70	0,00	0,07	0,14	0,29
leidingcorrosie	vacuumtoilet	0,00	1,00	2000	70	0,00	0,07	0,14	0,29
leidingcorrosie	miniflushoilet	0,00	1,00	2000	70	0,00	0,07	0,14	0,29
urine/fecaliën	verminderen zwmetalen in mengvoeder	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
consumentproduct-reiniging	?	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
consumentproduct-cosm/farma	?	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
consumentproduct-toilet papier	?	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
consumentproduct-overig	?	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Diffuse bronnen</b>									
atmosferische depositie	?	0,00	0,00	1995	50	0,00	0,00	0,00	0,00
slijtage wegdek	teerhoudend bitumen tussen ondoorlatende lagen	0,00	1,00	2000	15	0,00	0,33	0,67	1,00
uitlaatgassen	verlagen gehalte zw metalen in brandstof	0,00	1,00	2005	10	0,00	0,00	0,50	1,00
lekverlies olie	toepassen anti-lekkage vloeistof	0,00	0,33	2010	15	0,00	0,00	0,00	0,22

proces	maatregel	implementatie							
		1995	maximaal	startjaar	termijn	2000			
lel-verlies olie	periodiek controle	0,00	1,00	2010	15	0,00	2010	0,00	2020
5-jarige banden licht verkeer	verlengen levensduur	0,00	0,50	2000	15	0,00	2010	0,33	0,50
slijtage banden licht verkeer	alternatief zinkoxide	0,00	1,00	2005	10	0,00	2005	0,50	1,00
slijtage banden zwaar verkeer	verlengen levensduur	0,00	0,50	2000	15	0,00	2000	0,33	0,50
slijtage banden zwaar verkeer	alternatief zinkoxide	0,00	1,00	2005	10	0,00	2005	0,50	1,00
verkeer-tram/rolley	?	1,00	1,00	1995	50	1,00	1995	1,00	1,00
corrosie daken woning	kunststof in plaats van zink	0,00	1,00	1998	70	0,03	1998	0,17	0,31
corrosie daken woning	geen dakgoten	0,00	0,07	1998	70	0,00	1998	0,01	0,02
corrosie daken woning	beperking blootgesteld oppervlak	0,00	1,00	2000	70	0,00	2000	0,14	0,29
corrosie daken woning	prepatine-laag aanbrengen	0,00	1,00	2000	70	0,00	2000	0,07	0,29
corrosie daken woning	alternatieve legering	0,00	1,00	2000	70	0,00	2000	0,14	0,29
corrosie daken woning	coaten zinken dakgoten	0,00	0,10	2000	10	0,00	2000	0,05	0,10
corrosie lantaarpalen	kunststof straatmeubilair	0,00	1,00	2000	20	0,00	2000	0,50	1,00
corrosie lantaarpalen	coaten straatmeubilair	0,00	1,00	2000	25	0,00	2000	0,20	0,80
corrosie daken utiliteitsbouw	kunststof in plaats van zink	0,00	1,00	1998	50	0,04	1998	0,14	0,44
corrosie daken utiliteitsbouw	geen dakgoten	0,00	0,07	2000	50	0,00	2000	0,01	0,03
corrosie daken utiliteitsbouw	coaten zinken daken	0,00	0,50	2000	25	0,00	2000	0,10	0,40
corrosie daken utiliteitsbouw	alternatieve legering	0,00	1,00	2000	50	0,00	2000	0,20	0,40
corrosie daken utiliteitsbouw	prepatine-laag aanbrengen	0,00	1,00	2000	50	0,00	2000	0,20	0,40
corrosie daken utiliteitsbouw	coaten nieuw bladlood	0,00	1,00	1998	50	0,04	1998	0,24	0,44
corrosie lood woning	coaten bestaand bladlood	0,00	0,10	1998	5	0,04	1998	0,10	0,10
corrosie lood woning	patineerolie toepassen	0,00	1,00	2000	50	0,00	2000	0,10	0,40
corrosie lood woning	verkleinen blootgesteld oppervlak	0,00	1,00	2000	50	0,00	2000	0,20	0,40
corrosie lood utiliteitsbouw	coaten nieuw bladlood	0,00	1,00	1998	50	0,04	1998	0,24	0,44
corrosie lood utiliteitsbouw	coaten bestaand bladlood	0,00	0,10	1998	5	0,04	1998	0,10	0,10
corrosie lood utiliteitsbouw	patineerolie toepassen	0,00	1,00	2000	50	0,00	2000	0,20	0,40
corrosie lood utiliteitsbouw	verkleinen blootgesteld oppervlak	0,00	1,00	2000	50	0,00	2000	0,20	0,40
corrosie lood utiliteitsbouw	coaten nieuw bladlood	0,00	0,30	1998	25	0,02	1998	0,14	0,26
corrosie rvs industrie	kunststof / rvs	0,00	0,25	1998	25	0,02	1998	0,12	0,22
corrosie rvs industrie	kunststof	0,00	0,30	2000	25	0,00	2000	0,12	0,24
corrosie rvs industrie	beschermingslaag op roestvast staal	0,00	0,50	2000	25	0,00	2000	0,10	0,40
corrosie rvs industrie	coating verchroomd opp	0,00	0,50	2000	25	0,00	2000	0,20	0,40
<b>riolerings/zuivering</b>									
riool/overstort	basisspanning (vergroten berging)	0,17	1,00	1995	20	0,44	1995	0,90	1,00
riool/overstort	verbeterd gescheiden stelsel (vgs)	0,02	1,00	1995	70	0,09	1995	0,23	0,37
riool/overstort	maximaal afskoppelen	0,00	1,00	1995	20	0,25	1995	0,75	1,00

proces	maatregel	1995					implementatie				
		1995	maximaal	startjaar	termijn	2000	2005	2010	2020		
riool/overstort	nieuwbouw+regenwaterbenutting	0,00	1,00	2000	20	0,00	0,25	0,50	1,00		
riool/overstort	20% afkoppelen bestaand	0,00	1,00	2000	20	0,00	0,25	0,50	1,00		
riool/overstort	40% afkoppelenbestaand gebied	0,01	1,00	2000	10	0,01	0,51	1,00	1,00		
riool/overstort	real time control	0,00	1,00	2000	40	0,00	0,13	0,25	0,50		
riool/overstort	nabehandeling overstortwater via helofytenfilter	0,01	0,20	2000	25	0,01	0,05	0,09	0,16		
riool/overstort	nabehandeling regenwateruitlaten via zandfiltratie	0,70	1,00	1995	10	0,85	1,00	1,00	1,00		
rwzi/effluent	P-verwijdering 75%	0,30	1,00	1995	15	0,53	0,77	1,00	1,00		
rwzi/effluent	N-verwijdering 75%	0,00	1,00	1998	25	0,08	0,28	0,48	0,88		
rwzi/effluent	CF in voor-/hoofdbehandeling	0,00	1,00	1998	25	0,08	0,28	0,48	0,88		
rwzi/effluent	vloekfiltratie in voor-/hoofdbehandeling	0,10	1,00	1995	25	0,28	0,46	0,64	1,00		
rwzi/effluent	snelle zandfiltratie	0,00	1,00	2000	25	0,00	0,20	0,40	0,80		
rwzi/effluent	hoofdbehandeling	0,00	1,00	2000	25	0,00	0,20	0,40	0,80		
rwzi/effluent	microfiltratie nabehandeling	0,00	1,00	2000	25	0,00	0,20	0,40	0,80		
rwzi/effluent	nanofiltratie als nabehandeling	0,00	1,00	2000	25	0,00	0,20	0,40	0,80		
rwzi/effluent	ionenuisselin als nabehandeling	0,00	1,00	2000	25	0,00	0,20	0,40	0,80		
rwzi/effluent	actief koolfiltratie nabehandeling	0,10	1,00	1995	20	0,33	0,55	0,78	1,00		
rwzi/effluent	extra reductie drinkwaterverbruik (10%)	0,00	1,00	2000	20	0,00	0,25	0,50	1,00		
riool/overstort	50% afkoppelenbestaand gebied	0,00	1,00	1995	20	0,25	0,50	0,75	1,00		
riool/overstort	80% afkoppelen nieuwbouw	0,00	1,00	1995	20	0,25	0,50	0,75	1,00		
riool/overstort	60% afkoppelen nieuwbouw	0,00	1,00	1995	20	0,25	0,50	0,75	1,00		
riool/overstort	90% afkoppelen nieuwbouw	0,00	1,00	1995	20	0,25	0,50	0,75	1,00		

## De stofspecifieke rendementen van de maatregelen

proces	maatregel	aandeel vuilvrucht 1995	aandeel vuilvrucht t=0	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	pak
<b>Industrie</b>							1,00		1,00	1,00		
voedings-industrie	vervang Zn als corrosie-inhibitor	0,10										
voedings-industrie	vervangen/coaten rvs leidingen	0,05							1,00	1,00		
voedings-industrie	hergebruik spoelwater via bezinking	1,00		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
voedings-industrie	opwerking/hergebruik deelsromen	0,50		0,92	0,97	0,99	0,90	0,93	0,35	0,75	0,66	0,99
voedings-industrie	opwerking/hergebruik effluent awzi	1,00		0,92	0,97	0,99	0,90	0,93	0,35	0,75	0,66	0,99
voedings-industrie	overdekte laad/losplaats	0,90		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
voedings-industrie	vervanging Ni katalysator	0,00										
textiel	kleurstof hoge fixatie	0,75	0,78	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
textiel	vervanging kaliumdichromaat	1,00										
textiel	toepassen kleurstof-opbreng	0,23	0,24	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
	aggregaat											
textiel	plaatsen verdringslichaam	0,22	0,24	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	
textiel	optimalisatie chemicalie-aanmaak	0,10	0,10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
textiel	druk/pasta-beheersysteem	0,29	0,30	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	
textiel	maximale rungrootte	0,29	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
	(geautomatiseerd)											
textiel	runrestadministratie	0,27	0,30	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	
textiel	optimalisatie discontinue processen	0,12	0,12	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	
textiel	hergebruik restpasta	0,19	0,30	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	
textiel	minimalisatie systeeminhoud	0,27	0,30	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	
	rotatiedruk											
textiel	membraanfiltratie deelstromen	0,78	0,78	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	
textiel	fysisch chemische behandeling	0,05	0,05				1,00					
	backing vloeistof											
textiel	sproeisysteem	0,24	0,24	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
textiel	ionwisseling spoelwater +	0,24	0,24				1,00					
	hergebruik											
textiel	schuim-applicatie	0,15	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
textiel	superkritisch CO2-erven	0,00	0,00									

proces	maatregel	aandeel											pak	
		1995	2000	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Au	pak		
leer	hooguitputtende looistof	1,00	1,00										0,05	
leer	ionenuitseling	1,00	1,00										0,99	
leer	electrochemische flotatie	1,00	1,00										0,90	
leer	wet-white procede	1,00	1,00										1,00	
leer	minosa-alu proces	0,00												
houtimpregneer	hergebruik procesafvalwater	0,15	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,10
houtimpregneer	overkapping opslagterrein	0,02	0,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,02
houtimpregneer	hergebruik verontreinigd water	0,02	0,02	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,02
houtimpregneer	stoomfotografie	0,51	0,98	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,10
houtimpregneer	plano-proces	0,00												
papier	geen (< 1% totaal emissie)	0,00												
grafische	niet lozen resten waterige lakken en minimalisatie resten	0,10		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
grafische	mechanische graveertechniek	0,80		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
grafische	spaarbaden	0,80		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
grafische	spoorwater-behandeling FC	0,80		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
tandarts	compositievulling	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
tandarts	amalgamscheider	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
basischemicaliën	goed huishouding	1,00	1,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
basischemicaliën	selectie grond/ hulpstof milieuoepiek	1,00	1,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10
basischemicaliën	optimale procesomstandigheden	0,33	0,33	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01
basischemicaliën	vervanging zn corrosie-inhibitor	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	droge vacuümtechniek	0,05	0,05	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
basischemicaliën	minimalisatie luchtovername	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
basischemicaliën	maximale rugrooste batchprocessen	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	e-zuinige indirecte koelwatersystemen	0,33	0,33	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
basischemicaliën	terugwinning moederloog	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
basischemicaliën	verwijdering zn corrosie-inhib door AK	0,10	0,10	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
basischemicaliën	FC-behandeling deel'indstroom zware metalen	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
basischemicaliën	FC-behandeling deel'indstroom pak	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

proces	maatregel	aandeel vuilvrucht 1995	aandeel vuilvrucht t=0	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	pak
basischechemicaliën	opvang en behandeling hemelwater	0,05		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
basischechemicaliën	membraanelectrolyse in plaats van hg-electrolyse	0,25		1,00								
kunststofstoffen	goed housekeeping	0,10		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
kunststofstoffen	optimale procesomstandigheden	0,10		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
kunststofstoffen	maatregelen tegen stofverwaaling	0,90		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
kunststofstoffen	overdekt laden/lossen	0,90		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
kunststofstoffen	verkleinen laad/los plaatsen	0,90		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
kunststofstoffen	opvang en behandeling hemelwater	0,90		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
verf	geen (< 1% totaal emissie)											
verfspulterijen	geen (< 1% totaal emissie)											
farmacie	vervanging Ni katalysator	0,90							1,00			
farmacie	vervanging rvs leidingswerk	0,10							1,00			
farmacie	FC-zuivering afvalwater	0,90		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
zeep	geen (< 1% totaal emissie)											
ov. chemische producten	geen (< 1% totaal emissie)											
synthetische vezels	geen (< 1% totaal emissie)											
rubber	geen (< 1% totaal emissie)											
kunststof	Cd-vrij kunststof	1,00			1,00							
kunststof	FC-zuivering afvalwater	1,00		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
bouwmaterialenindustrie	geen (< 1% totaal emissie)											
basismetaal	reductiemaatregelen verspanende werkzaamheden	0,05		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
basismetaal	afzuiginstallatie lasdampen	0,05								0,99		
metaalproducten	goed housekeeping	0,63		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
metaalproducten	verlagen metaalconc bad	0,63		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
metaalproducten	verminderen oversleep	0,63		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
metaalproducten	inzet arc-systemen	0,63		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
metaalproducten	verminderen oversleep via afzuig	0,63		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
metaalproducten	verlenging standtijd baden	0,63		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
metaalproducten	beperken spoelwater	0,63		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
metaalproducten	bijvullen vloeistof/verlies vanuit spaarspoel	0,63		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
metaalproducten	hergebruik spoelwater	0,63		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20



proces	maatregel	aandeel vuilvrucht 1995	aandeel vuilvrucht t=0	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	pak
metaalproducten	heetwaterscaalen	0,11							1,00			
metaalproducten	stoomscalen	0,11							1,00			
metaalproducten	cascade/sproeispoelen	0,63		0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
metaalproducten	MF aw (scen-2 promise)	0,63		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
metaalproducten	MF aw + ONO beits (scen-3 promise)	0,63		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
metaalproducten	combi techn (scen-4 promise)	0,63		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
metaalproducten	ONO + zandf (scen-5 promise)	0,63		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
machine	reductiemaatregelen verspanende bewerkingen	0,05		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
machine	afzuiginstallatie lasdampen	0,05								0,99		
electro	geen (< 1% totaal emissie)											
auto/motorrevisie	geen (< 1% totaal emissie)											
instrumenten	geen (< 1% totaal emissie)											
houtreiniging	geen (< 1% totaal emissie)											
vatzuwassers	geen (< 1% totaal emissie)											
intramurale gezondheidszorg	geen (< 1% totaal emissie)											
laboratoria	geen (< 1% totaal emissie)											
recyclingbedrijven	geen (< 1% totaal emissie)											
stortplaatsen	afdekken stortplaats	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
stortplaatsen	behandeling percolatiewater	1,00		0,92	0,97	0,99	0,90	0,93	0,35	0,75	0,66	0,99
bodemsanerings/stortplaatsen	vergaande FCB-behandeling	1,00		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,50
	grondwater											
afvalverwijdering	goed housekeeping	1,00		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,01
afvalverwijdering	FC-behandeling waswater	0,01		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,01
	rookgasreiniging											
afvalverwijdering	(semi)droge rookgasreiniging	0,01		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01
afvalverwijdering	indampen waswater	0,01		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01
afvalverwijdering	opvang en behandeling hemelwater	0,80		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,79
overige industrie	geen (< 1% totaal emissie)											
huishoudens												
ruw water drinkwater	extra reductie drinkwaterverbruik (zuinige app.)	1,00		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
ruw water drinkwater	aanvullende zuivering	1,00		0,92	0,97	0,99	0,90	0,93	0,35	0,75	0,66	0,99

proces	maatregel	aandeel vuilvrucht 1995	aandeel vuilvrucht t=0	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	pak
ruw water drinkwater	drinkwaterbedrijven	1,00		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
ruw water drinkwater	gustavsbjergtoilet	1,00		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
ruw water drinkwater	vacuumtoilet	1,00		0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
ruw water drinkwater	miniflushtoilet	1,00		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
ruw water drinkwater	beperken spui/leidingverlies	1,00		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
ruw water drinkwater	regenwaterbenutting	1,00		1,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50
ruw water drinkwater	levering tweede kwaliteit water uit oppervlaktewater	1,00		2,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
ruw water drinkwater	levering tweede kwaliteit water uit rwzi-effluent	1,00		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
ruw water drinkwater	levering tweede kwaliteit water uit stedelijk drainagewater	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
drinkwaterleidingcorrosie	verbod Cd in materiaal/soldeer	0,45		0,04	0,30			0,50				
drinkwaterleidingcorrosie	onbehandeling drinkwater 45%	1,00		0,83				1,00				
drinkwaterleidingcorrosie	pe-waterleiding nieuwbouw	1,00						0,70				
drinkwaterleidingcorrosie	alternatieve koper legering (-70%)	1,00						-0,10				
drinkwaterleidingcorrosie	vervanging loden waterleiding (voor 90% door koper)	1,00										
drinkwaterleidingcorrosie	extra ontharding drinkwater	0,55		0,10	0,30			0,50				
drinkwaterleidingcorrosie	lengtevermindering nieuwbouw	1,00		0,04				0,04				
drinkwaterleidingcorrosie	reductie drinkwaterverbruik	1,00		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
drinkwaterleidingcorrosie	corrosie-inhibitor	1,00		0,50				0,50				0,50
drinkwaterleidingcorrosie	gustavsbjergtoilet	1,00		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
drinkwaterleidingcorrosie	vacuumtoilet	1,00		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
drinkwaterleidingcorrosie	miniflushtoilet	1,00		0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
urine/fecaliën	verminderen zwmetalen in mengvoeder	1,00										
consumentenproducten-reiniging	?	1,00										
consumentenproducten-cosm/farma	?	1,00										
consumentenproducten-toilet papier	?	1,00										
consumentenproducten-overig	?	1,00										

proces	maatregel	aandeel vuilvrucht 1995	aandeel vuilvrucht t=0	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	pak
<b>Diffuse bronnen</b>												
atmosferische depositie	?	1,00		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,99
slijtage wegdek	teerhoudend bitumen tussen endoorlatende lagen	1,00										
uitlaatgassen	verlagen gehalte metalen brandstof	1,00		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,25
lekverlies olie	toepassen anti-lekkage vloeistof	1,00		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
lekverlies olie	periodiek controle	1,00		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
slijtage banden licht verkeer	verlengen levensduur	1,00										
slijtage banden licht verkeer	alternatief zinkoxide	1,00										
slijtage banden zwaar verkeer	verlengen levensduur	1,00		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
slijtage banden zwaar verkeer	alternatief zinkoxide	1,00										
verkeer-tram/trolley	?	1,00						0,00				
corrosie daken woning	kunststof in plaats van zink	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie daken woning	geen dakgoten	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie daken woning	beperking blootgesteld oppervlak	1,00		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
corrosie daken woning	prepatine-laag aanbrengen	1,00		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
corrosie daken woning	alternatieve legering	1,00		0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
corrosie daken woning	coaten zinken dakgoten	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie lamtaampalen	kunststof straatmeubilair	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie lamtaampalen	coaten straatmeubilair	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie daken utiliteitsbouw	kunststof in plaats van zink	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie daken utiliteitsbouw	geen dakgoten	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie daken utiliteitsbouw	coaten zinken daken	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie daken utiliteitsbouw	alternatieve legering	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie daken utiliteitsbouw	prepatine-laag aanbrengen	1,00		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
corrosie lood woning	coaten nieuw bladlood	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie lood woning	coaten bestaand bladlood	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie lood woning	metallische tinlaag aanbrengen	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie lood woning	patineerolie toepassen	1,00		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
corrosie lood woning	verkleinen blootgesteld oppervlak	1,00		0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
corrosie lood utiliteitsbouw	coaten nieuw bladlood	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie lood utiliteitsbouw	coaten bestaand bladlood	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie lood utiliteitsbouw	metallische tinlaag aanbrengen	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
corrosie lood utiliteitsbouw	patineerolie toepassen	1,00		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

proces	maatregel	aandeel vuilvrucht 1995	aandeel vuilvrucht t=0	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	pak
corrosie lood utiliteitsbouw	verkleinen blootgesteld oppervlak	1,00				0,30						
corrosie chroom fiets	kunststof rvs	1,00							1,00	1,00		
corrosie rvs industrie	kunststof	1,00							1,00	1,00		
corrosie rvs industrie	bescherm laag op roestvast staal	1,00							0,30	0,30		
corrosie rvs industrie	coating verchroomd opp	1,00							1,00	1,00		
<b>riolering/rwzi</b>				<b>L&amp;T op rendement geldt voor verschillende stromen</b>								
riool/overstort	basisinspanning (vergroten berging)	1,00		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
riool/overstort	verbeterd gescheiden stelsel (vgs)	1,00		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
riool/overstort	maximaal afkoppelen	1,00		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
riool/overstort	nieuwbouw regenwaterbenutting	1,00		0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
riool/overstort	20% afkoppelen besaand	1,00		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
riool/overstort	40% afkoppelenbestaand gebied	1,00		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
riool/overstort	real time control	1,00		0,56	0,59	0,60	0,54	0,56	0,21	0,46	0,40	0,60
riool/overstort	nabehandeling overstortwater via helofytenfilter	1,00		0,65	0,69	0,70	0,63	0,66	0,25	0,53	0,47	0,70
riool/overstort	nabehandeling regenwateruitlaten via zandfiltratie	1,00		0,23	0,25	0,25	0,23	0,23	0,09	0,19	0,17	0,25
rwz/effluent	P-verwijdering 75%	1,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
rwz/effluent	N-verwijdering 75%	1,00		0,19	0,20	0,20	0,18	0,19	0,07	0,15	0,13	0,20
rwz/effluent	ef in voor-/hoofdbehandeling	1,00		0,70	0,74	0,75	0,68	0,70	0,27	0,57	0,50	0,75
rwz/effluent	vloekfiltratie in voor-/hoofdbehandeling	1,00		0,56	0,59	0,60	0,54	0,56	0,21	0,46	0,40	0,60
rwz/effluent	snelle zandfiltratie	1,00		0,84	0,89	0,90	0,82	0,85	0,32	0,68	0,60	0,90
rwz/effluent	microfiltratie nabehandeling	1,00		0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
rwz/effluent	nanofiltratie als nabehandeling	1,00		0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
rwz/effluent	ionenuisselin als nabehandeling	1,00		0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,04	0,08	0,07	0,99
rwz/effluent	actief koolfiltratie als nabehandeling	1,00		0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
rwz/effluent	extra reductie drinkwaterverbruik (10%)	1,00		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
riool/overstort	50% afkoppelenbestaand gebied	1,00		0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
riool/overstort	80% afkoppelen nieuwbouw	1,00		0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
riool/overstort	60% afkoppelen nieuwbouw	1,00		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
riool/overstort	90% afkoppelen nieuwbouw	1,00		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90

### Riolerings- en zuiveringskarakteristieken in de verschillende varianten

De riolerings- en zuiveringsmaatregelen zijn uitgewerkt als een nabewerking van de analyseresultaten. De effecten van de maatregelen zijn verwerkt via het aanpassen van de daarvoor relevante kentallen in de riolerings- en zuiveringslijn. Bijvoorbeeld maatregelen gericht op het beperken van de overstort zullen zichtbaar worden als een reductie van het overstortpercentage dat voor de verschillende typen rioolstelsels worden gehanteerd. Additionele zuiveringsstappen op de rwzi zijn zichtbaar gemaakt in de ontwikkeling van het stofspecifieke rendement van de rwzi's. Als basis is steeds de ontwikkeling gehanteerd zoals deze vanuit het huidige beleid in gang is gezet. Deze ontwikkeling voor wat betreft rioleringsstelsels is afkomstig uit het SPEED-rapport Zware metalen. De additionele maatregelen zijn, afhankelijk van aard en inhoud, aanvullend of in plaats van deze ontwikkelingen gekwantificeerd.

Voor de variant Huidig beleid zijn de volgende maatregelen verondersteld:

1. afkoppelen 20% bestaand gebied en 60% nieuwbouw gerealiseerd in 2010
2. basisinspanning per 2010, geeft eerste jaren reductie, met een geleidelijke overgang naar afkoppelen
3. in 2010 75% P verwijdering op alle rwzi's

De huidige verdeling van aansluitingen over de verschillende typen rioolstelsels is aangeduid in de onderstaande tabel. De directe lozingen, bodemlozingen en niet gezuiverde rioolstelsels worden inmiddels vrij snel afgebouwd. Het aandeel gemengd gerioleerd zal iets afnemen ten gunste van het gescheiden en verbeterd gescheiden stelsel.

afvoer	jaar				
	1995	2000	2005	2010	2020
direct lozend	0,015	0,008	0,002	0	0
gemengd gerioleerd	0,837	0,84	0,84	0,83	0,81
gescheiden gerioleerd	0,1	0,112	0,118	0,13	0,15
verbeterd gescheiden	0,0325	0,04	0,04	0,04	0,04
gerioleerd, niet gezuiverd	0,0055	0	0	0	0
bodem	0,01	0	0	0	0

Rekening houdend met groei van het woon- en industriegebied en een geleidelijk op gang komen van afkoppelen als variant voor realisatie van de basisinspanning via extra berging, is de mate van afkoppeling voor de komende jaren bepaald. De effecten daarvan zijn verdisconteerd in de overstortfracties (op basis van WSV-nota afkoppeling van verhard oppervlak) en op de aanvoer naar de rwzi (afgekoppelde regenwatergerelateerde emissies komen niet meer in influent van de rwzi). Een effect op het verwijderingsrendement van de rwzi is niet meegenomen omdat een rwzi 90% van de tijd op DWA werkt.

afkoppeling	jaar				
	1995	2000	2005	2010	2020
fractie afgekoppeld verhard oppervlak	0	0	0,174	0,281	0,317

Voorzien wordt dat middels het beleid van realisatie van de basisinspanning de overstorten in de periode tot 2010 zullen halveren. Momenteel gebeurt dat nog veelal middels realisatie van extra berging, daar is een geleidelijke overgang naar het niet aansluiten (afkoppelen) van verhard oppervlak te zien. Er is een duidelijk verschil tussen regenwater gerelateerde emissies (corrosie en verkeer en vervoer) en niet regenwater gerioleerde emissies (huishoudelijke lozingen). Voor regenwaterriolen geldt dat ze per definitie op oppervlaktewater lozen (dit wordt hier behandeld als een 'overstortfractie' van 1). Verwacht wordt dat het percentage foutaansluitingen niet wezenlijk zal verminderen.

Overstortfracties	jaar				
	1995	2000	2005	2010	2020
gemengd stelsel, niet regenwater gerelateerd	0,015	0,0127	0,0105	0,0075	0,0067
gemengd regenwater gerelateerd	0,1	0,085	0,07	0,05	0,045
gescheiden, niet-regenwater gerelateerd	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02 foutaansluiting
gescheiden, regenwater gerelateerd	1	1	1	1	1
verbeterd gescheiden, niet-regenwater gerelateerd	0	0	0	0	0
verbeterd gescheiden, regenwater gerelateerd	0,03	0,0255	0,021	0,015	0,0135

De huidige verwijderingsrendementen van rwzi's zijn gebaseerd op CBS-gegevens. Daarin is nog een zekere verbetering te verwachten als neveneffect van additionele P-verwijdering op alle rwzi's.

rendementen van rwzi's	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
1995	0,717	0,762	0,87	0,723	0,877	0,571	0,79	0,53	0,9
2000	0,740	0,781	0,880	0,746	0,887	0,606	0,807	0,569	0,908
2005	0,764	0,801	0,891	0,769	0,897	0,642	0,825	0,608	0,916
2010	0,787	0,821	0,902	0,792	0,907	0,678	0,842	0,647	0,925
2020	0,787	0,821	0,902	0,792	0,907	0,678	0,842	0,647	0,925

Afkoppelen van verhard oppervlak betekent dat afstromend regenwater niet meer wordt afgevoerd naar de rioering en zuivering. In plaats daarvan wordt het in de bodem gefiltreerd (40%) of rechtstreeks op het oppervlaktewater geloosd (60%). Dit laatste betekent in feite het ontstaan van een nieuwe regenwateruitlaat. Omdat van verhard oppervlak afstromend regenwater in enige mate verontreinigd kan zijn is er sprake van een verplaatsing van de lozing van het riool naar rechtstreeks het oppervlaktewater. Omdat in eerste instantie de minst verontreinigde oppervlakken zullen worden afgekoppeld speelt dat bij een laag ambitieniveau van afkoppeling (<60%) voor de meeste metalen niet een rol van betekenis. Voor de metalen zink en lood speelt dit echter van meet af aan een belangrijke rol omdat deze metalen ook juist worden toegepast op de als weinig verontreinigd bestempelde daken. Om dit effect te kunnen inschatten is een benadering toegepast uit de WSV-nota afkoppelen van verhard oppervlak waarin de fractie van verschillende 'typen' verhard oppervlak, de afkoppelvolgorde en een stofspecifieke verontreinigingsmate is verwerkt. Uitgaande van deze gegevens kan voor een bepaald afkoppelpercentage bepaald worden welk deel van de verontreiniging naar bodem, respectievelijk oppervlaktewater wordt afgevoerd.

Door het te hanteren als een fractie werkt het aanvullend op te treffen brongerichte maatregelen die in een eerdere stap van de analyse al zijn doorgerekend.

verhard oppervlak	kwaliteit	afkoppelprioriteit
fractie daken van woningen	0,35	a 1
fractie rustige woonerven/tietspaden	0,25	a 1
fractie drukker straten	0,2	b 2
fractie doorgaande wegen, P-terrein	0,2	c 3

kwaliteitsverhouding stromen	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
a	0,01	0,6	20	465	5	3	2,5	0,01	0,4
b	0,4	1,4	72	195	49	22	16	1,1	2,1
c	0,5	1	75	185	15	13	15	2	2,6
Totaal "lozingsequivalenten"	0,186	0,84	41,4	355	15,8	8,8	7,7	0,626	1,18

Dit leidt dan tot de volgende emissiefracties van de regenwatergerelateerde bronnen:

Emissiefactoren bij afkoppelpercentages

	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0,005	0,071	0,048	0,130	0,031	0,034	0,032	0,002	0,034
20	0,011	0,143	0,097	0,262	0,063	0,068	0,065	0,003	0,068
30	0,016	0,214	0,145	0,393	0,095	0,102	0,097	0,005	0,102
40	0,021	0,286	0,193	0,524	0,127	0,137	0,130	0,006	0,136
50	0,027	0,357	0,242	0,655	0,158	0,170	0,162	0,008	0,169
60	0,032	0,429	0,290	0,786	0,190	0,205	0,195	0,010	0,203
70	0,247	0,595	0,464	0,841	0,500	0,455	0,403	0,185	0,381
80	0,462	0,762	0,638	0,896	0,810	0,705	0,610	0,361	0,559
90	0,731	0,881	0,819	0,948	0,905	0,852	0,805	0,681	0,780
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Voor de bij het huidige beleid gekwantificeerde afkoppeling en de aanname dat dit voor 60% wordt afgevoerd naar oppervlaktewater (en dus voor 40% geïnfilteerd) leidt dit tot de volgende emissiefracties van de regenwatergerelateerde bronnen die extra naar oppervlaktewater worden afgevoerd.

emissie naar oppervlaktewater tgv afkoppelen

	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0,006	0,085	0,057	0,157	0,037	0,040	0,038	0,001	0,040
2010	0,009	0,128	0,086	0,235	0,056	0,061	0,058	0,002	0,061
2020	0,009	0,128	0,086	0,235	0,056	0,061	0,058	0,002	0,061

variant:	WSP								
maatregelen:									
basisinspanning per 2010, geleidelijke overgang naar afkoppelen									
maximaal afkoppelen in nieuwbouw en 40% in bestaand verhard oppervlak in periode tot 2020 => sterkere reductie overstorten als in HB									
In 2010 75% P-verwijdering op alle rwzi's => 25% rendementverbetering zw. metalen									
extra drinkwaterreductie 10% per 2015 => 5-9% (=7%) extra reductie in effluent, dit is in 2000: 0,33*7%, in 2005:0,55*7% en in 2010: 0,78* 7%									
	jaar								
afvoer	1995	2000	2005	2010	2020				
direct lozend	0,015	0,008	0,002	0,000	0,000				
gemengd gerioleerd	0,837	0,850	0,840	0,830	0,810				
gescheiden gerioleerd	0,100	0,112	0,118	0,130	0,150				
verbeterd gescheiden	0,033	0,040	0,040	0,040	0,040				
gerioleerd, niet gezuiv	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000				
	jaar								
afvoer	1995	2000	2005	2010	2020				
fractie afgekoppeld oppervlak	0,00	0,00	0,240	0,382	0,618				
	jaar								
Overstortfracties	1995	2000	2005	2010	2020				
gemengd stelsel, niet regenwater gerelateerd	0,015	0,012	0,008	0,005	0,002				
gemengd regenwater gerelateerd	0,100	0,078	0,055	0,030	0,010				
gescheiden, niet-regenwater gerelateerd	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020				
gescheiden, regenwater gerelateerd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000				
verbeterd gescheiden, niet-regenwater gerelateerd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
verbeterd gescheiden, regenwater gerelateerd	0,030	0,023	0,017	0,009	0,003				
	jaar								
rendementen van rwzi's	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
1995	0,717	0,762	0,870	0,723	0,877	0,571	0,790	0,530	0,900
2000	0,746	0,787	0,884	0,752	0,890	0,616	0,812	0,579	0,910
2005	0,773	0,809	0,896	0,778	0,901	0,656	0,832	0,623	0,920
2010	0,799	0,831	0,908	0,804	0,913	0,696	0,851	0,667	0,929
2020	0,803	0,834	0,909	0,807	0,914	0,701	0,854	0,672	0,930
	jaar								
emissie naar oppervlaktewater tgv afkoppelen	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
1995	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,006	0,086	0,058	0,157	0,038	0,041	0,039	0,002	0,041
2010	0,013	0,171	0,116	0,314	0,076	0,082	0,078	0,004	0,081
2020	0,019	0,257	0,174	0,472	0,114	0,123	0,117	0,006	0,122



variant:	max-E								
maatregelen:									
afbouw overstorten via basisinspanning inperiode tot 2020									
gemengd en gescheiden stelsel naar verbeterd gescheiden stelsels (in 70 j)									
nabehandeling overstort via helofytenfilter (40 j vanaf 2000), rendement 60%									
nabehandeling regenwateruitlaat via zandfilter (25 j) vanaf 2000, 20% implementatie mogelijk), rendement 70%									
nabehandeling effluent met microfiltratie (25 j vanaf 2000), rendement 90%									
jaar									
afvoer	1995	2000	2005	2010	2020				
direct lozend	0,015	0,008	0,002	0,000	0,000				
gemengd gerioleerd	0,837	0,850	0,830	0,820	0,790				
gescheiden gerioleerd	0,100	0,092	0,098	0,090	0,080				
verbeterd gescheiden	0,033	0,040	0,060	0,080	0,120	nadruk op vgs toepassen			
gerioleerd, niet gezuiv	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000				
jaar									
afvoer	1995	2000	2005	2010	2020				
fractie afgekoppeld oppervlak	0,00	0,00	0,174	0,284	0,318				
Overstortfracties									
	1995	2000	2005	2010	2020				
gemengd stelsel, niet regenwater gerelateerd	0,015	0,013	0,010	0,006	0,005	nabehandeld helofytenfilter			
gemengd regenwater gerelateerd	0,100	0,085	0,065	0,043	0,032	nabehandeld helofytenfilter			
gescheiden, niet-regenwater gerelateerd	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	foutaansluiting			
gescheiden, regenwater gerelateerd	1,000	0,993	0,966	0,940	0,887	nabehandeld met zandfilter			
verbeterd gescheiden, niet-regenwater gerelateerd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
verbeterd gescheiden, regenwater gerelateerd	0,030	0,026	0,019	0,013	0,009	nabehandeld helofytenfilter			
rendementen van rwzi's									
	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
1995	0,717	0,762	0,870	0,723	0,877	0,571	0,790	0,530	0,900
2000	0,759	0,798	0,890	0,765	0,895	0,635	0,822	0,601	0,915
2005	0,802	0,833	0,909	0,806	0,914	0,700	0,853	0,671	0,930
2010	0,844	0,869	0,929	0,848	0,932	0,764	0,885	0,742	0,945
2020	0,929	0,941	0,968	0,931	0,969	0,893	0,948	0,883	0,975
emissie naar oppervlaktewater tgv afkoppelen									
	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
1995	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,006	0,086	0,058	0,157	0,038	0,041	0,039	0,002	0,041
2010	0,006	0,086	0,058	0,157	0,038	0,041	0,039	0,002	0,041
2020	0,010	0,129	0,087	0,236	0,057	0,061	0,058	0,003	0,061

variant:		Max-B							
maatregelen:									
in 2015 75% P-verwijdering op allen rwzi's (cfm HB)									
basisinspanning via afkoppelen van verhard oppervlak (cfm WSP)									
extra toepassen real time control ter optimalisatie gebruik riool									
extra drinkwaterreductie 10% per 2015 => 5-9% (=7%) extra reductie in effluent									
jaar									
afvoer	1995	2000	2005	2010	2020				
direct lozend	0,015	0,008	0,002	0,000	0,000				
gemengd gerioleerd	0,837	0,850	0,840	0,830	0,810				
gescheiden gerioleerd	0,100	0,112	0,118	0,130	0,150				
verbeterd gescheiden	0,033	0,040	0,040	0,040	0,040				
gerioleerd, niet gezuiv	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000				
jaar									
afvoer	1995	2000	2005	2010	2020				
fractie afgekoppeld oppervlak	0,00	0,00	0,240	0,382	0,618				
Overstortfracties									
	1995	2000	2005	2010	2020				
gemengd stelsel, niet regenwater gerelateerd	0,015	0,012	0,008	0,004	0,001	extra rtc			
gemengd regenwater gerelateerd	0,100	0,077	0,051	0,026	0,009	extra rtc			
gescheiden, niet-regenwater gerelateerd	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	foutaansluiting			
gescheiden, regenwater gerelateerd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000				
verbeterd gescheiden, niet-regenwater gerelateerd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
verbeterd gescheiden, regenwater gerelateerd	0,030	0,023	0,015	0,008	0,003	extra rtc			
rendementen van rwzi's									
	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
1995	0,717	0,762	0,870	0,723	0,877	0,571	0,790	0,530	0,900
2000	0,746	0,787	0,884	0,752	0,890	0,616	0,812	0,579	0,910
2005	0,773	0,809	0,896	0,778	0,901	0,656	0,832	0,623	0,920
2010	0,799	0,831	0,908	0,804	0,913	0,696	0,851	0,667	0,929
2020	0,803	0,834	0,909	0,807	0,914	0,701	0,854	0,672	0,930
emissie naar oppervlaktewater tgv afkoppelen									
	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
1995	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,006	0,086	0,058	0,157	0,038	0,041	0,039	0,002	0,041
2010	0,013	0,171	0,116	0,314	0,076	0,082	0,078	0,004	0,081
2020	0,019	0,257	0,174	0,472	0,114	0,123	0,117	0,006	0,122

variant:	Optimix								
maatregelen:									
in 2010 75% P-verwijdering op alle rwzi's									
extra inzet op afkoppelen 40% bestaand en 80% nieuwbouw in periode tot 2020									
toepassing real time control ter optimalisatie riool (100% toegepast in 2010)									
	jaar								
afvoer	1995	2000	2005	2010	2020				
direct lozend	0,015	0,008	0,002	0,000	0,000				
gemengd gerioleerd	0,837	0,850	0,840	0,830	0,810				
gescheiden gerioleerd	0,100	0,112	0,118	0,130	0,150				
verbeterd gescheiden	0,033	0,040	0,040	0,040	0,040				
gerioleerd, niet gezuiv	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000				
	jaar								
afvoer	1995	2000	2005	2010	2020				
fractie afgekoppeld oppervlak	0,00	0,00	0,204	0,322	0,518				
Overstortfracties	1995	2000	2005	2010	2020				
gemengd stelsel, niet regenwater gerelateerd	0,015	0,012	0,006	0,003	0,001	extra rtc			
gemengd regenwater gerelateerd	0,100	0,081	0,038	0,019	0,007	extra rtc			
gescheiden, niet-regenwater gerelateerd	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	foutaansluiting			
gescheiden, regenwater gerelateerd	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000				
verbeterd gescheiden, niet-regenwater gerelateerd	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
verbeterd gescheiden, regenwater gerelateerd	0,030	0,028	0,016	0,011	0,022	extra rtc			
rendementen van rwzi's	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
1995	0,717	0,762	0,870	0,723	0,877	0,571	0,790	0,530	0,900
2000	0,741	0,782	0,881	0,746	0,887	0,607	0,808	0,569	0,908
2005	0,764	0,802	0,892	0,769	0,898	0,643	0,825	0,608	0,917
2010	0,788	0,822	0,903	0,792	0,908	0,678	0,843	0,648	0,925
2020	0,788	0,822	0,903	0,792	0,908	0,678	0,843	0,648	0,925
emissie naar oppervlaktewater tgv afkoppelen	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	As	PAK
1995	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2005	0,006	0,086	0,058	0,157	0,038	0,041	0,039	0,002	0,041
2010	0,010	0,129	0,087	0,236	0,057	0,061	0,058	0,003	0,061
2020	0,016	0,214	0,145	0,393	0,095	0,102	0,097	0,005	0,102

## BIJLAGE 12

# UITGANGSPUNTEN EN PARAMETERS BEREKENING SLIBKWANTITEIT

**ALGEMEEN**

slibgehalte	4,0 kg ds/m <sup>3</sup>
gemiddelde temperatuur	15 °C

**VOORBEZINKING**

	rendement (%)
CZV	25
BZV	25
N-totaal	7,5
P-totaal	15
zwevende stof	50

**HSA**

Yh	0,60
bh	0,08
fTh	1,073
Ya	0,15
ba	0,05
fTa	1,03
fTb	1,09
f <sub>p</sub>	0,60
f <sub>i</sub>	0,10
μ <sub>a</sub>	0,52
S	1,60
Kn	0,50
Safetyfactor	1,25

**VALIDATIE SLIBPRODUCTIE MET BEHULP VAN HISTORISCHE DATA**

Ingevuld:

- werkelijke influentvrachten
- werkelijke slibbelasting
- werkelijke effluentconcentratie

*chemisch*

vlokmiddel	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	
dosering	1,5	mol Fe/mol P te verwijderen
P-afvoer met surplusslib	2,0	%

**PROGNOSE SLIBPRODUCTIE**

Ingevuld:

- geprognosticeerde influentvrachten

NH <sub>4</sub> effluent	1,0 mg/l
organisch N effluent	2,0 mg/l

