

**stowa**

ACHTERGROND DOCUMENT BIJ SESRIO

# SESRIO



RAPPORT

2004  
W06

stowa

SESRIO

Bodemverbeterende eigenschappen van  
sloot- en oevermaaisel op landbouwgronden

RAPPORT

2004  
W06

ISBN 90.5773.271.8



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 en het publicatie overzicht van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:  
**Hageman Fulfilment** POSTBUS 1110, 3300 CC Zwijndrecht,  
TEL 078 629 33 32 FAX 078 610 610 42 87 EMAIL info@hageman.nl  
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een duidelijk afleveradres.

# COLOFON

UTRECHT, XXX 2004

UITGAVE STOWA, Utrecht

AUTEUR / PROJECTLEIDER  
J.W. van Sluis

AUTEUR  
ir. A.P. Benoist

BIJDRAGE  
A.P. Benoist

PROJECTMANAGER  
H. Bos  
L.A. van der Kooij

PRODUCTIE  
Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2004-w06  
ISBN 90-5773-271-8

# TEN GELEIDE

STOWA heeft SESRIO laten ontwikkelen om te voorzien in de behoefte aan een snelle, op emissiefactoren gebaseerde schattingsmethode voor riolemisaties. In het kader van het OASA-project van de toenmalige Dienst RWA van de gemeente Amsterdam ontwikkelde DHV destijds de eerste aanzet voor de emissieschatting van gescheiden rioolstelsels. Voor STOWA is deze aanpak verfijnd en vervolgens aangevuld met rekenregels voor gemengde rioolstelsels.

SESRIO is speciaal bedoeld voor het verrichten van stofstroomstudies met betrekking tot het oppervlaktewater. Deze studies worden uitgevoerd in het kader van emissiebeheersplannen, waterplannen, waterketenanalyses, etc. Bij prioritering van de aanpak van bronnen van waterverontreiniging, zoals verbetering van de riolering, is het goed om de eerste globale analyse te maken met een flexibele, snelle schattingsmethode, alvorens zwaarder gereedschap wordt ingezet voor detailanalyses en ontwerpen. Ook voor zulke globale analyses is SESRIO bruikbaar. SESRIO kwantificeert de belasting van het oppervlaktewater door rioolwaterlozingen. Dit is zowel mogelijk op het niveau van afzonderlijke deelstelsels (bemaalings-eenheden), als voor clusters van stelsels met gelijke kenmerken.

Voor de EU Kaderrichtlijn Water kan SESRIO van nut zijn in de analyse van menselijke belasting van het oppervlaktewater en bij het formuleren van maatregelen en de prioritering daarvan. Wanneer alle waterbeheerders deze werkzaamheden op uniforme wijze uitvoeren, is tevens een snelle uitwisseling van resultaten en aggregatie naar stroomgebiedsniveau mogelijk.

Het project is uitgevoerd door Hans van Sluis en Fred Benoist (DHV) en begeleid door Erik Matla (Waterschap Aa en Maas), Erwin Rebergen (gemeente Utrecht), Herman Van Rooijen (Waterschap Stichtse Rijnlanden), Sacha de Rijk (RIZA), Teije Dalstra (Waterschap Hollandse Delta).

Februari 2005

De directeur van de STOWA

Ir. J.M.J. Leenen

# 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, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

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 kennisinstituten 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)

# ACHTERGROND DOCUMENT BIJ SESRIO

## DEEL I GEMENGDE STELSLS

### INHOUD

	TEN GELEIDE	
	STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
	1.1 Behoeftte aan een globale methode voor emissieschatting riolering	5
	1.2 Ambitie/toepassingsgebied	5
	1.3 Verantwoording	5
<b>2</b>	<b>ACHTERGROND VAN SESRIO</b>	<b>7</b>
	2.1 Algemeen	7
	2.2 Systeem en systeemvariabelen	7
	2.3 Plausibele relaties tussen de modelparameters	9
	2.4 Te toetsen relatie(s)	10
		V

<b>3</b>	<b>TOETS MET NWRW-GEGEVENS</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Regressie-analyse</b>	<b>11</b>
3.1.1	Beschikbare meetgegevens	11
3.1.2	Getoetste relaties	12
3.1.3	Correlatiecoëfficiënten	12
3.1.4	Modelkeuze	13
<b>3.2</b>	<b>Regressielijnen en betrouwbaarheidsintervallen</b>	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Conclusie van de modeltoetsing</b>	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>TOEVOEGING VAN RECENTERE MEETGEGEVENS</b>	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>Verkleining van de spreiding</b>	<b>16</b>
<b>4.2</b>	<b>Beschikbare extra datasets</b>	<b>16</b>
<b>4.3</b>	<b>Homogeniteit van de populatie</b>	<b>17</b>
<b>4.4</b>	<b>Regressie over alle beschikbare datasets</b>	<b>18</b>
<b>4.5</b>	<b>Conclusie</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>VERGELIJKING MET BESTAANDE EMISSIEMODELLEN</b>	<b>20</b>
<b>5.1</b>	<b>Modellen</b>	<b>20</b>
<b>5.2</b>	<b>Rekenschema's</b>	<b>21</b>
<b>5.3</b>	<b>Gemiddelde concentraties</b>	<b>21</b>
<b>5.4</b>	<b>Resultaten vrachtvoorspelling met beide modellen</b>	<b>22</b>
5.4.1	Schatting van de jaarvolumina	22
5.4.2	Berekende vrachten	23
<b>5.5</b>	<b>Nauwkeurigheid</b>	<b>23</b>
5.5.1	Correlatiecoëfficiënten	23
<b>5.6</b>	<b>Conclusies modelvergelijking</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>INVLOED VAN RANDVOORZIENINGEN</b>	<b>26</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIES</b>	<b>27</b>
	<b>BIJLAGEN</b>	
1	Gebruikte gegevens uit het NWRW-onderzoek	
2	Regressieanalyse reciprook model	
3	Onderzoek correlatie tussen concentratie en berging	
4	Vergelijking vrachten SESRIO en volumebenadering	

# 1

## INLEIDING

### 1.1 BEHOEFTE AAN EEN GLOBALE METHODE VOOR EMISSIESCHATTING RIOLERING

De vuilemissie van rioolstelsels is van groot belang voor het beoordelen van de milieuhygiënische aspecten van inzameling en transport van afvalwater. De gebruikelijke methode voor het bepalen van de vuilemissie van gemengde rioolstelsels houdt in dat een overstortvolume wordt bepaald, dat wordt vermenigvuldigd met een als representatief beschouwd vuilgehalte. Deze aanpak is aantrekkelijk voor het ontwerpen van rioolstelsels, omdat ze inzicht geeft in de verdeling over afzonderlijke lozingspunten en afzonderlijke, zeldzame gebeurtenissen ermee kunnen worden geanalyseerd, maar voor een globale emissieschatting t.b.v. de beleidsontwikkeling voor het oppervlaktewaterbeheer is ze te tijdrovend.

### 1.2 AMBITIE/TOEPASSINGSGBIED

Voor de strategiebepaling in het emissiebeleid oppervlaktewater is er behoefte aan een globale, snelle methode voor schatting van de vuilemissie van gemengde rioolstelsels. Met zo'n methode moet voor een bepaald gebied, met een minimum aan invoerdata, een voldoende gedifferentieerd beeld kunnen worden gegeven van de regionale milieubelasting vanuit de riolering en van de gevolgen van verbeteringsmaatregelen. SESRIO voorziet in deze behoefte. SESRIO is in de eerste plaats bedoeld om vanuit het waterbeheer beleid te ontwikkelen voor de prioritering van bronnen, bijvoorbeeld door de emissies uit overstorten te plaatsen tegen de achtergrond van andere bronnen van waterverontreiniging in het beschouwde gebied.

Een belangrijke toepassing kan liggen in de rapportage over menselijke beïnvloeding van waterlichamen, die door de Kaderrichtlijn Water (KRW) verplicht is gesteld. Een eerste beeld van de deelstroomgebieden dient eind 2004 gereed te zijn.

### 1.3 VERANTWOORDING

Dit rapport beschrijft een snelle methode voor het bepalen van de vuilemissie uit een gemengd rioolstelsel naar het oppervlaktewater. Het geeft zowel een beschrijving van de ontwikkelde methodiek als ook een verantwoording van de uitgangspunten.

In een eerder STOWA-project<sup>1</sup> is een vergelijkbare methode voor emissieschatting van de regenwaterriolen van gescheiden rioolstelsels gepresenteerd. Beide methoden samen vormen een algemeen instrument voor snelle, consistente en transparante bepaling van rioolemissies op stelselniveau.

<sup>1</sup> Emissiefactoren gescheiden rioolstelsels. Handreiking voor de schatting van jaaremmissies. Werkrapport. DHV in opdracht van STOWA, Leusden, juli 2001.



De gepresenteerde aanpak is empirisch, d.w.z. direct gebaseerd op veldgegevens. Voor de ontwikkeling ervan zijn de gegevens uit het onderzoek van de Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit (NWRW), die werden verzameld tussen 1982 en 1989, opnieuw geanalyseerd en bewerkt. Dit leidt tot een schattingsmethodiek voor emissies op basis van stelselkenmerken en gebiedskenmerken.

De geldigheid van de schattingsmethodiek is getoetst aan de hand van een aanvullende dataset met recenter gemeten emissies van andere stelsels. Deze toetsing levert een bevredigend resultaat. Met een kleine bijstelling van de schattingsparameters op basis van de uitgebreide meetset resulteert deze studie in een algemeen toepasbare schattingsmethodiek voor jaar-emissies van gemengde rioolstelsels zonder randvoorzieningen.

# 2

## ACHTERGROND VAN SESRIO

### 3.1 ALGEMEEN

De in dit rapport gepresenteerde methodiek wordt aangeduid als SESRIO, wat staat voor Snelle EmissieSchatting RIOlering. Er kunnen ondermeer emissiefactoren voor de gemengde rioolstelsels mee worden bepaald. De emissie zelf wordt berekend door vermenigvuldiging van de emissiefactor met een zogenoemde emissieverklarende variabele. Deze aanpak sluit goed aan bij wat gangbaar is in emissie- en milieustudies. Te zijner tijd zal de eerder ontwikkelde methodiek voor emissieschatting van regenwaterstelsels in SESRIO kunnen worden geïntegreerd.

Een schatting van de vuilemissie is gebaseerd op een (denk)model van de riolering als systeem. Voor een goed begrip van de mogelijkheden en beperkingen van SESRIO wordt dit model hieronder in detail beschreven en worden de belangrijkste gehanteerde uitgangspunten en hypothesen expliciet gemaakt. De opbouw en de terminologie zijn ontleend aan de systeemtheorie.

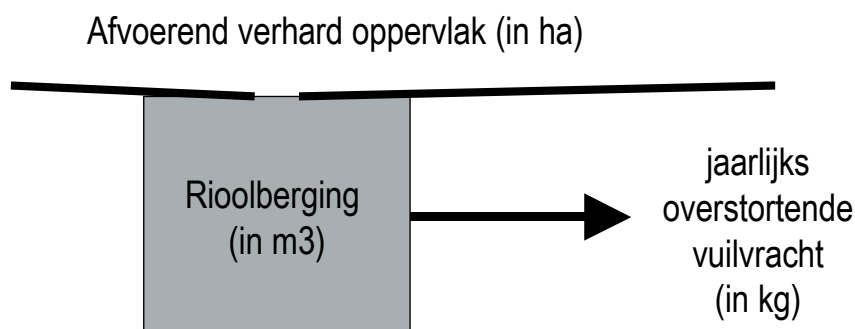
In paragraaf 5.2 is een vergelijking gemaakt tussen de gangbare wijze van emissieschatting en SESRIO.

### 3.2 SYSTEEM EN SYSTEEMVARIABLEN

Het beschouwde systeem is het inzamelgedeelte van een concreet rioolstelsel, inclusief het afvoerende verhard oppervlak in het gebied dat door het stelsel wordt bediend. De overstorten vormen de enige fysieke relatie met de omgeving. Figuur 1 schetst de samenhang. De grenzen aan de invoerkant, de huisaansluitingen en het 'atmosferisch venster' waardoor de neerslag valt, zijn niet als elementen van het systeem onderscheiden. De aanvoer van afvalwater en neerslag, de afvoer van de dwa en een deel van de rwa naar een gemaal of een transportriool worden dan ook niet expliciet beschouwd.

FIGUUR 1

SCHEMATISATIE VAN HET RIOOLSTELSEL EN ZIJN OMGEVING



Dit systeem wordt gekarakteriseerd door zowel stelsel-kenmerken als door gebiedskenmerken.

De overstortingen vormen het enige verschijnsel dat in aanmerking is genomen. Er is niet gekeken naar de afzonderlijke gebeurtenissen, maar alleen de - gemiddelde - jaarlijkse vuilemissie is beschouwd.

Het model beschrijft het gedrag van het systeem, de respons, onder de invloed van bepaalde variabelen. De voor het model relevante geachte systeemvariabelen heten de modelparameters.

Algemeen:	Respons = functie <sub>1</sub> (systeemvariabelen)
In dit geval:	Emissie = functie <sub>2</sub> (emissiefactor, emissieverklarende variabele) en
	A. Emissiefactor = functie <sub>3</sub> (stelselkenmerken)
	B. Emissieverklarende variabele = functie <sub>4</sub> (gebiedskenmerken)

Vanuit de behoefte aan een zeer eenvoudig model is ervoor gekozen om het systeem met slechts één stelselkenmerk en één gebiedskenmerk te karakteriseren.

Als stelselkenmerken komen in aanmerking de berging in het stelsel en de pompovercapaciteit (poc). Relevante gebiedskenmerken zijn het aantal inwoners en het verharde oppervlak dat op het riool is aangesloten.

Op grond van professioneel inzicht in het gedrag van gemengde rioolstelsels is bekend dat de berging - bij de gangbare poc-waarden tussen 0,5 en 1 mm/h - een veel grotere invloed op de vuilemissie heeft dan de pompovercapaciteit. Zie bijvoorbeeld Figuur 4 van dit rapport.

Verder is het aangesloten verhard oppervlak een meer algemeen hanteerbaar kenmerk dan het inwoneraantal, omdat daarmee ook bedrijfsterreinen kunnen worden meegenomen. Ook uit hydraulisch oogpunt is de omvang van het verhard oppervlak relevanter dan het inwoneraantal. De rioolberging en het afvoerend verhard oppervlak zijn daarom de meest aangewezen parameters voor een eenvoudig model voor het berekenen van de jaaremisse uit overstorten.

### 2.3 PLAUSIBELE RELATIES TUSSEN DE MODELPARAMETERS

Op grond van de voorgaande overwegingen is gekozen voor een emissiemodel met de volgende algemene vorm:

- Jaaremisse = functie<sub>5</sub> (verhard oppervlak, rioolberging)

Omdat met het oog op de voor toetsing beschikbare gegevens zelfs een aantal van 2 modelparameters nog te groot is, wordt ervan uitgegaan dat bij een gegeven rioolberging de jaaremisse per eenheid van afvoerend verhard oppervlak voor alle stelsels een vaste waarde heeft, die alleen van de berging afhangt. Deze grootheid wordt de specifieke vuilemissie genoemd. Dit denkbeeld als zodanig is zeker niet nieuw; wel nieuw - voor zover bekend - is de relatie met de berging. Door links en rechts te delen door het verhard oppervlak reduceert het model tot:

- Specifieke jaaremisse = functie<sub>6</sub> (rioalberging)      SESRIO

De exacte vorm van de relatie tussen de modelparameters en de jaaremissie (functie<sub>G</sub>) is gekozen op grond van een deskundigheidsoordeel over de processen die zich in het riool afspelen. Het gaat in dit geval met name om accumulatie van bezinkbaar materiaal (continu) en om opwoeling en menging (tijdens de gebeurtenissen). Deze processen zijn indirect aan de berging gerelateerd. Afbraak van het bezonken materiaal zit verscholen in de (netto) accumulatie en wordt hier niet apart beschouwd.

Bij mengingsprocessen in een met relatief schoon water doorstroomd systeem met een constant volume ligt een verdunningsmodel het meest voor de hand. Uiteraard moet worden getoetst of zomaar kan worden voorbijgegaan aan het intermitterende karakter en de sterk wisselende duur van de afzonderlijke gebeurtenissen (overstortingen) en aan de wisselende accumulatieperiode tussendoor. Dit soort factoren heeft sterke invloed op de mate van menging.

De algemene vorm van een opwoelings- en verdunningsmodel met ideale menging is:

- Specifieke jaaremissie = specifieke jaarlijks geaccumuleerde hoeveelheid \*  
jaarvolume / stelselvolumen

Uit dit verband is duidelijk dat een grotere berging (stelselvolumen) tot een lagere jaaremissie leidt. Dit fenomeen zal echter genuanceerd worden doordat ook de accumulatie en het jaarvolume indirect met de berging samenhangen. Analytische uitwerking daarvan is voor deze studie niet aan de orde, omdat daarmee de eenvoud van de methode en de directe empirische basis zouden worden opgegeven. Uiteraard hebben dit soort processen wel invloed op de waarde van de modelparameters.

De verwachte algemene vorm van de functie – continu dalend en steeds positief - is richtinggevend voor het toetsen van het model aan de beschikbare veldgegevens en het bepalen van de modelparameters.

## 2.4 TE TOETSEN RELATIE(S)

Feitelijk is het beschouwde systeem een 'black box', op een paar processen na. De te toetsen - hypothese is dat deze laatste processen, weergegeven in het hiervoor besproken model, grotendeels de omvang van de jaarlijkse vuilemissie bepalen.

Het model suggereert een niet-lineaire, continu dalende relatie, zoals een hyperbool, een logaritmisch of een exponentieel verband. A priori is uit deze verbanden geen keuze mogelijk.

De overige - hier niet expliciet beschouwde - processen samen leiden tot de zogenaamde statistische ruis, die niet door een concrete parameter te verklaren is. De statische analyse onderzoekt in hoeverre met de wel beschouwde parameters de totale variabiliteit kan worden verklaard. Tevens kan dan een schatting worden gemaakt van de modelparameters. Als de resterende ruis – volgens bepaalde criteria – te groot is, wordt het getoetste model verworpen.

# 3

## TOETS MET NWRW-GEGEVENS

### 3.1 REGRESSIE-ANALYSE

Door middel van regressie-analyse kan worden vastgesteld of een gegeven conceptueel model gedragen wordt door een set van relevante meetgegevens. Als het resultaat voldoet aan statistische criteria, geldt dat de relatie tussen de modelparameters significant is. Bij de regressie-analyse worden tevens de regressiecoëfficiënten geschat en wordt duidelijk met welke nauwkeurigheid voorspellingen met dit model kunnen worden gedaan.

#### 3.1.1 BESCHIKBARE MEETGEGEVENS

Het veldonderzoek van de NWRW leverde een schat aan empirisch materiaal op. In de eindrapportage over dat onderzoek zijn hieruit schattingen gegeven van de jaarlijkse vuilemissie van de onderzochte rioolstelsels. De uit de waarnemingen berekende vrachten van de afzonderlijke overstortingen zijn gesommeerd. Bij de berekening van de gemiddelde jaarvracht zijn ondermeer correcties aangebracht voor de gemiste gebeurtenissen en voor de duur van de meetperiode.

In bijlage 1 van deze studie zijn de door de NWRW gerapporteerde emissiewaarden per capita per jaar weergegeven. Deze zijn met de eveneens vermelde inwoneraantallen en omvang verhard oppervlak omgerekend in de onderstaande emissies per ha verhard oppervlak per jaar. Onderstaande Tabel 1 toont het resultaat.

TABEL 1 OMREKENING VAN DE NWRW GERAPPORTEERDE JAARVRACHTEN NAAR JAAREMISSIES PER HA VERHARD OPPERVLAK

	Loenen (kg/ha.a)	Oosterhout (kg/ha.a)	Bodegraven (kg/ha.a)	Kerkrade (kg/ha.a)
BZV	38	75	13	212
CZV	354	268	51	840
N-kj	11	14	3,5	40
tot-P	3,8	4,1	0,7	9,4
Droogrest	419	186	35	2140
	(g/ha.a)	(g/ha.a)	(g/ha.a)	(g/ha.a)
Lood	151	137	17	613
Zink	330	432	133	1857
Chroom	13	20	4	130
Koper	93	160	28	531
Nikkel	13	10	4	71
Kwik	23	2	2	3
Cadmium	5	2		7
Berging (mm)	5,7	5,3	7,8	0,8
aantal inw.	2050	2270	4075	8052
Verhard opp. (ha)	15,8	11,6	22	60

### 3.1.2 GETOETSTE RELATIES

De gebruikte software biedt de mogelijkheid om verschillende relaties te toetsten. Tegen de achtergrond van de in hoofdstuk 2 gemaakte analyse zijn in eerste instantie de volgende relaties onderzocht.  $y$  is de afhankelijke variabele (de specifieke vuilemissie),  $x$  is de onafhankelijke variabele (de rioolberging):

- Reciprook  $y = a + b/x$
- Logaritmisch  $y = a + b \cdot \ln(x)$
- Wortel (square root-X)  $y = a + b \cdot \sqrt{x}$
- Kwadratisch (square root-Y)  $y = (a + b \cdot x)^2$

### 3.1.3 CORRELATIECOËFFICIËNTEN

De resultaten zijn allereerst beoordeeld op de significantie van het gevonden verband zoals die tot uitdrukking komt in de correlatiecoëfficiënt.

Bij de regressieanalyse met de variabele BERGING als onafhankelijke en de specifieke vrachten van de stoffen als afhankelijke is een vergelijking gemaakt met diverse modelvormen.

De correlatiecoëfficiënten ( $R^2$ ) op basis van deze modellen is weergegeven in onderstaande Tabel 2. Waarden boven 98% zijn gearceerd.

TABEL 2 CORRELATIECOËFFICIËNTEN ( $R^2$ ) PER TYPE VERVUILING IN DE VERSCHILLENDE MODELLEN

MODEL	BZV	Cadmium	Chroom	CZV	Droogrest	Koper	Kwik	Lood	N_Kj	Nikkel	Tot_P	Zink
Logarithmic-X	97.5%	60.4%	99.6%	93.6%	98.3%	98.9%	5.9%	99.3%	98.9%	99.3%	92.7%	99.9%
Reciprocal-X	94.1%	53.5%	99.6%	88.2%	98.2%	96.1%	8.2%	96.6%	95.2%	99.3%	85.8%	98.8%
Exponential	91.3%		98.4%	80.1%	88.3%	92.9%	0.3%	86.0%	93.6%	97.4%	80.6%	99.0%
Square root-Y	97.4%	64.6%	98.0%	93.1%	94.9%	98.9%	1.2%	98.8%	99.7%	96.6%	93.8%	99.0%
Square root-X	98.4%	65.6%	97.5%	96.4%	96.4%	99.1%	4.1%	99.5%	100.0%	97.3%	97.0%	98.8%
Linear	96.7%	70.5%	92.5%	97.4%	91.8%	96.8%	2.2%	97.3%	98.7%	92.4%	99.7%	94.9%
Multiplicative	77.0%		89.0%	61.9%	76.2%	78.6%	2.1%	68.6%	79.2%	90.8%	61.1%	90.4%
S-curve	67.1%		80.8%	51.2%	67.6%	68.7%	3.6%	57.9%	69.2%	84.2%	49.8%	82.6%
Double reciprocal	32.6%		33.5%	23.0%	23.7%	30.9%	0.0%	21.2%	34.2%	43.0%	23.7%	44.7%

De in paragraaf 3.1.2 geselecteerde modellen blijken alle relatief goed te fitten. Ook zijn de correlatiecoëfficiënten zodanig hoog dat van een significante relatie kan worden gesproken. Een keuze tussen de plausibele modellen onderling is echter niet te maken, omdat de statistische kenmerken elkaar maar weinig ontlopen.

### 3.1.4 MODELKEUZE

De realiteitswaarde van de uitkomst bepaalt in belangrijk mate de praktische toepasbaarheid van het model voor de schatting van rioolemissies. In dit geval is het relevant dat de modelfunctie continu dalend is en dat er geen negatieve uitkomsten kunnen worden gegenereerd, die immers fysisch onbestaanbaar zijn.

Zoals Tabel 3 laat zien, is het beeld van de onderscheiden modellen verschillend. Het reciproke model, dat continu dalend is en in het relevante gebied geen negatieve waarden genereert, is het meest aantrekkelijk.

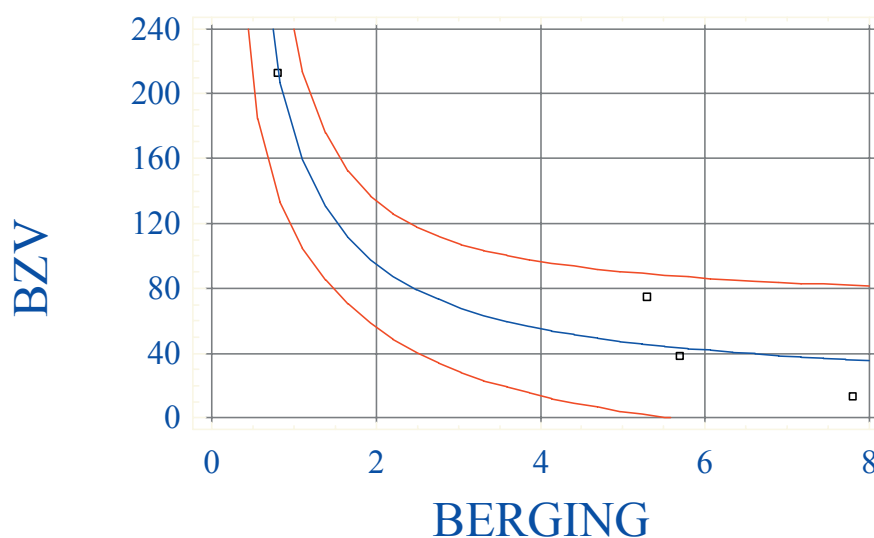
TABEL 3 PRAKTISCHE BRUIKBAARHEID VAN DE MODELLEN

Model	Continu dalend	Negatieve uitkomsten		Conclusie
		Theoretisch	Feitelijk (bij B < 12 mm)	
Reciprook	Ja (OK)	Ja	Nee (OK)	Bruikbaar
Logaritmisch	Ja (OK)	Ja	Ja (Cr, Cu, DS)	Niet bruikbaar
Wortel (square root-X)	Ja (OK)	Ja	Ja (Cr, Cu, DS, Pb, Zn)	Niet bruikbaar
Kwadratisch (square root-Y)	Nee	Nee (OK)	Nee (OK)	Niet bruikbaar

### 3.2 REGRESSIELIJNEN EN BETROUWBAARHEIDSINTERVALLEN

Regressielijnen en betrouwbaarheidsintervallen voor het reciproke model ( $y = a + b/x$ ) zijn weergegeven in bijlage 2. Onderstaande Figuur 2 geeft een voorbeeld.

FIGUUR 2 REGRESSIELIJN EN 95%-BETROUWBAARHEIDSINTERVAL VOOR DE SPECIFIEKE JAARLIJKSE BZV-EMISSIE



Figuur 2 geeft aan dat in het gebied met berging tussen 4 en 8 mm de mogelijke fout, d.i. de helft van het betrouwbaarheidsinterval, ongeveer gelijk is aan verwachtingswaarde. We spreken daar van een mogelijke fout van 100%. Voor sommige andere vervuilingparameters dan BZV is de mogelijke fout kleiner. Een en ander is verder gedocumenteerd in bijlage 2. De regressielijnen voor de emissie van kwik en cadmium laten een sterk afwijkend beeld zien. Dit komt door de grote spreiding in de meetpunten. Voor deze stoffen is geen sprake van een (significante) relatie.

De coëfficiënten die voor de regressielijnen zijn berekend en de bijbehorende standaardafwijkingen zijn vermeld in Tabel 4. Tabel 5 geeft de verwachtingswaarden van de specifieke vuilemissie als functie van de berging.

TABEL 4 COËFFICIËNTEN VAN HET RECIPROKE MODEL

Parameter	A	st.afw. a	b	st.afw. b
BZV	15	18	159	28
CZV	127	96	576	149
N-kj	4,6	2,9	29	4,6
Tot-P	1,8	1,1	6,1	1,8
Droogrest	-80	110	1780	170
Lood	22	41	475	63
Zink	60	73	1443	113
Chroom	-5,9	3,2	109	5
Koper	26	37	406	58
Nikkel	-0,67	2,2	57	3,3
Kwik <sup>1</sup>	-	-	-	-
Cadmium <sup>2</sup>	1,7	1,7	4,1	2,7

<sup>1</sup> geen passende relatie gevonden

<sup>2</sup> relatie is niet significant

TABEL 5 VERWACHTINGSWAARDEN VOOR DE SPECIFIEKE JAARLIJKSE VUILEMISSIE ALS FUNCTIE VAN DE RIOOLBERGING (ALLEEN NWRW-GEGEVENS)

berging (mm)	Eenheid	4	5	6	7	8	9
BZV	(kg/ha.a)	55	47	42	38	35	33
CZV	(kg/ha.a)	271	242	223	209	199	191
N-kj	(kg/ha.a)	12	10	9	9	8	8
Tot-P	(kg/ha.a)	3	3	3	3	3	2
Droogrest	(kg/ha.a)	365	276	217	174	143	118
Lood	(g/ha.a)	141	117	101	90	81	75
Zink	(g/ha.a)	421	349	301	266	240	220
Chroom	(g/ha.a)	21	16	12	10	8	6
Koper	(g/ha.a)	128	107	94	84	77	71
Nikkel	(g/ha.a)	14	11	9	7	6	6
Kwik <sup>1</sup>	(g/ha.a)	-	-	-	-	-	-
Cadmium <sup>2</sup>	(g/ha.a)	3	3	2	2	2	2

<sup>1</sup> geen passende relatie gevonden

<sup>2</sup> relatie is niet significant; waarden zijn slechts indicatief

### 3.3 CONCLUSIE VAN DE MODELTOETSING

- De specifieke jaarlijkse vuilemissie van gemengde rioolstelsels, betrokken op het verhard oppervlak is ruwweg omgekeerd evenredig met de rioolberging.
- De relatie met de berging is significant, behalve voor kwik en cadmium.
- Het afgeleide regressiemodel geeft voor de meeste vervuilingparameters een goede globale voorspelling van de vuiluitworp.
- De mogelijke fout in de verwachtingswaarden geeft de onzekerheid op grond van een voorspelling uit 4 waarnemingen correct weer.
- De mogelijke fout in de verwachtingswaarden is in de orde 50 à 100%, behalve voor kwik en cadmium. Voor kwik is in het geheel geen voorspelling van de emissie mogelijk.



# 4

## TOEVOEGING VAN RECENTERE MEETGEGEVENS

### 4.1 VERKLEINING VAN DE SPREIDING

De spreiding in de voorspellingen van SESRIO zou moeten worden verkleind door aan een groter aantal meetpunten (reeksen) te toetsen. Bovendien dient de empirische basis van de voorspellingen bij waarden van de berging tussen 6 en 10 mm te worden versterkt. Overigens moet men zich daarbij realiseren dat de spreiding afneemt met de wortel uit het aantal waarnemingen. Voor een verbetering van een factor 2 zijn ca. 10 extra datasets nodig.

### 4.2 BESCHIKBARE EXTRA DATASETS

Door screening van de – internationale – literatuur en door gerichte interviews met Nederlandse onderzoekers is nagegaan of sinds de werkzaamheden van de NWRW nieuwe datasets ter beschikking zijn gekomen. Bij de beoordeling van dit materiaal zijn de volgende criteria aangehouden:

- is gemeten aan de enige overstort van het beschouwde rioolstelsel/bemalinggebied?
- heeft volumeproportionele bemonstering van het overstortwater plaatsgevonden en is de concentratie van een aantal vervuilende stoffen gemeten?
- is van deze stoffen de vuiluitworp in kg per gebeurtenis bepaald?
- is tenminste een jaar lang gemeten?
- zijn voldoende gebeurtenissen gevolgd om een jaarvracht te kunnen berekenen?

In de buitenlandse literatuur is geen materiaal aangetroffen dat aan alle criteria voldoet. Het resultaat van de Nederlandse inventarisatie is hieronder beknopt weergegeven.

Op de volgende meetlocaties is in de afgelopen jaren kansrijk veldonderzoek uitgevoerd. Zeer recent gestarte projecten en meetvoornemens zijn niet opgenomen. Het beeld is wisselend.

- Amersfoort : niet aan een standaard gemengd stelsel gemeten (inloop randvoorziening niet consequent bemonsterd);
- Arnhem : te veel gebeurtenissen gemist;
- Coevorden : debietmeting te onnauwkeurig;
- Delft : niet aan een standaard gemengd stelsel gemeten (inloop randvoorziening niet bemonsterd);
- Purmerend : verhard oppervlak en berging onduidelijk, geen jaarvrachten berekend;
- Stolwijk : samengesteld stelsel, speciaal ontworpen op lage vuiluitworp (open verharding, steile buisbodem, lage vermazingsgraad en kleine buisdiameters), wijziging pok tijdens meetperiode, voldoende gebeurtenissen, geen jaarvrachten

gerapporteerd;

Tilburg : samengesteld stelsel, maatregelen ter reductie vuiluitwerp (overslagriolen, bodemsprongetjes/binnenbovenkant buizen gelijk, eiprofielen); voldoende gebeurtenissen, geen jaarvrachten gerapporteerd.

Bij de sets van Stolwijk en Tilburg<sup>2</sup> wordt aan de genoemde voorwaarden voldaan, met als kanttekening dat in deze stelsels al diverse emissiebeperkende maatregelen zijn getroffen. Ten tijde van het NWRW-onderzoek golden zulke maatregelen als vernieuwend; inmiddels zijn ze tot de normale ontwerp praktijk van nieuwe gemengde stelsels gaan behoren.

In overleg met de uitvoerder van de betreffende studies zijn ook voor de stelsels van Stolwijk en Tilburg uit de vrachten per gebeurtenis de jaarvrachten berekend. Zie Tabel 6.

TABEL 6 SPECIFIEKE JAARVRACHTEN VAN DE STELSLS STOLWIJK EN TILBURG

	Stolwijk (kg/ha.a)	Tilburg (kg/ha.a)	SESRIO 5mm (kg/ha.a)	SESRIO 7mm (kg/ha.a)
BZV	10		47	38
CZV	48	105	242	209
N-kj	3,4	5,8	10	9
tot-P	0,6	1,0	3	3
Droogrest	35	159	276	174
	(g/ha.a)	(g/ha.a)		
Zink	62	167	349	266
Overstortvolume (mm/a)	31	65		
Berging (mm)	5,3	7,3		
Pok (mm/h)	0,2	0,6		
Aantal inw.				
Verhard opp. (ha)	3,65	470		

De verschillen tussen de recent gemeten en de op de NWRW gebaseerde voorspellingen zijn aanzienlijk. In het algemeen zijn de in Stolwijk en Tilburg gemeten waarden lager. Vooral nog kan echter niet worden aangegeven of de verschillen aan de verbeteringsmaatregelen zijn toe te schrijven of dat andere factoren in het spel zijn.

#### 4.3 HOMOGENITEIT VAN DE POPULATIE

Een van de eisen aan een regressieanalyse is dat de populatie van datasets homogeen is. Dat wil zeggen dat, afgezien van de beschouwde onafhankelijke variabele, geen andere stelsel- of omgevingsfactoren een eenduidige *significante* invloed uitoefenen. Om deze reden is de parameterschatting in eerste instantie alleen met de NWRW-gegevens uitgevoerd.

De toegevoegde meetwaarden vallen alle binnen de foutenmarge (95-percentiel) van de op de NWRW gebaseerde jaarvrachten. Daarom is er geen dwingende reden om de NWRW-populatie en de nieuwe waarden gescheiden te houden. Statistisch gezien kunnen ze tot één populatie worden gerekend, die alle gemengde rioolstelsels omvat, ook de stelsels waarin verbeteringsmaatregelen zijn aangebracht. Alleen over stelsels met randvoorzieningen kan niet zonder meer een uitspraak worden gedaan.

<sup>2</sup> Praktijkonderzoek naar de vuilemissie van een verbeterd gemengd rioolstelsel, ARCADIS rapportnr. 632/ZF99/2342/05716, 18 februari 1999 iov Openbare Werken Tilburg

Onderzoek naar de effecten van een verbeterd stelselontwerp op de vuilemissie en waterkwaliteit, ARCADIS rapportnr. 632/ZF99/1728/07506, maart 1999 iov WRW, Stowa en Stichting RIONED.

#### 4.4 REGRESSIE OVER ALLE BESCHIKBARE DATASETS

Tabel 7 geeft de regressieparameters die op grond van de uitgebreide datasets zijn bepaald. De eerder afgeleide waarden zijn eveneens weergegeven. Nieuwe relaties voor andere zware metalen dan zink kunnen niet worden bepaald bij gebrek aan gegevens daarover.

TABEL 7 REGRESSIECOËFFICIËNTEN VAN HET RECIPROKE MODEL GROND VAN 4, RESPECTIEVELIJK 6 DATASETS

Parameter	a (4)	a (6)	st.afw. a (6)	b (4)	b (6)	st.afw. b (6)
BZV	15	5	17	159	166	29
CZV	127	61	70	576	627	132
N-kj	4,6	2,5	2,3	29	30	4
Tot-P	1,8	0,9	0,9	6,1	6,9	1,7
Droogrest	-80	-130	81	1780	1815	152
Zink	0,060	-0,022	0,075	1,443	1,504	0,141

De standaardafwijkingen van de regressiecoëfficiënten a en b wijken nauwelijks af van de waarden die met 4 datasets werden verkregen. Grotere nauwkeurigheid is dus niet bereikt, maar dat was ook niet te verwachten met slechts 2 additionele sets. De bijstelling in de regressieparameters is kleiner dan de standaardafwijking. Dit is een andere aanwijzing voor de homogeniteit van de populatie.

Alle afgeleide relaties zijn significant. Voor BZV en  $P_{\text{tot}}$  op 95% niveau; voor de andere parameters 99% niveau.

In Tabel 8 zijn de op 6 meetpunten gebaseerde emissiefactoren weergegeven.

TABEL 8 EMISSIEFACTOREN VOOR GEMENGDE STELSLS ZONDER EXTERNE RANDVOORZIENING (SPECIFIEKE VUILVRACHTEN PER HA PER JAAR)

berging (mm)	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BZV (kg/ha/a)	47	39	33	29	26	24	22	21	19
CZV (kg/ha/a)	218	187	166	151	140	131	124	118	114
N-kj of $\text{NH}_4\text{-N}$ (kg/ha/a)	10,1	8,6	7,5	6,8	6,3	5,8	5,5	5,2	5,0
Tot-P (kg/ha/a)	2,6	2,3	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5
Droogrest (kg/ha/a)	324	233	173	129	97	72	52	35	21
Lood (g/ha/a)	141	117	101	90	81	75	70	65	62
Zink (g/ha/a)	355	279	229	193	166	146	129	115	104
Koper (g/ha/a)	128	107	94	84	77	71	67	63	60

Door de CIW is onlangs een inschatting gemaakt van de basinspanning voor gemengde rioolstelsels<sup>3</sup>. Deze is bepaald op 55 kg/ha/a CZV (inclusief randvoorziening).

<sup>3</sup> Wieringen van, H.S.J., Eenduidige Basisinspanning, vernieuwde definitie van basisinspanning. DHV Water BV in opdracht van Ministerie V&W. Amersfoort 1999.

#### 4.5 CONCLUSIE

Door recentere datasets mede in beschouwing te nemen zijn significante relaties afgeleid die geldig zijn voor alle gemengde rioolstelsels zonder randvoorzieningen. Hiermee kan de specifieke vuilemissie worden voorspeld van BZV, CZV,  $N_{kj}$ ,  $P_{tot}$  en zink. Het effect van aanvullende emissiebeperkende maatregelen in het stelsel, zoals aanpassing van de lay-out, buisprofiel, etc. is hierin reeds verdisconteerd. De gevolgen van eventuele randvoorzieningen voor de vuiluitworp dienen apart te worden ingeschat.

Voor koper en lood zijn geen nieuwe relaties beschikbaar. De op 4 sets gebaseerde zouden naar analogie van zink kunnen worden aangepast. Rekening houdend met het betrouwbaarheidsinterval rondom de meetgegevens is dit niet echt noodzakelijk.

Voor lood geldt bovendien dat de gegevens gedateerd zijn. De NWRW-onderzoeksgegevens uit begin jaren '80 zijn immers gekleurd door de toenmalig nog volop gebruikte loodhoudende benzine voor automotoren.

# 5

## VERGELIJKING MET BESTAANDE EMISSIEMODELLEN

### 5.1 MODELLEN

De gangbare manier om emissies van rioolstelsels te berekenen is de zgn. volumebenadering. In dit hoofdstuk is nagegaan in hoeverre met SESRIO de beoogde winst in eenvoud en snelheid ten opzichte van deze aanpak werkelijk wordt bereikt en wat de nauwkeurigheid van het verkregen resultaat is.

Bij de volumebenadering wordt de vracht berekend uit vermenigvuldiging van een vuilconcentratie met een volume. Het volume is de gemiddelde jaarlijks overstortende waterhoeveelheid. Dit laatste kan worden geschreven als het specifieke overstortingsvolume (in mm) maal het afvoerend verhard oppervlak (in ha). De vuilconcentratie wordt constant verondersteld:

- $\text{Vracht} = \text{vuilconcentratie} * \text{volume (mm)} * \text{verhard oppervlak (ha)}$

Bij SESRIO geldt:

- $\text{Vracht} = \text{emissiefactor} * \text{verhard oppervlak}$

In beide benaderingen wordt een stelselspecifieke grootte onderscheiden, namelijk het volume of de emissiefactor. De volumebenadering beschouwt meerdere variabelen die van invloed zijn op het overstortend volume; SESRIO beschouwt alleen de berging:

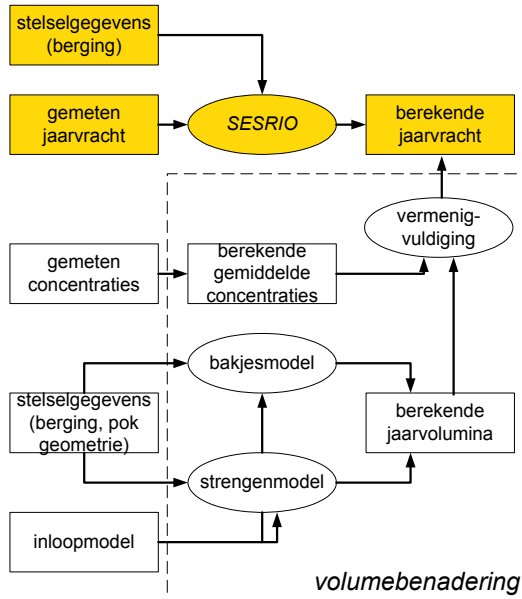
- $\text{Volume} = g_1$  (berging, pok, configuratie, inloop)
- $\text{Emissiefactor} = g_2$  (berging)

De eenvoudigste vorm van de volumebenadering betreft een bakmodel met een vast inloopmodel en berging en pompoevercapaciteit als stelselspecifieke variabelen. Hierna wordt alleen een vergelijking met dit eenvoudige bakmodel gemaakt, omdat met ingewikkelder varianten geen snelle emissieschattingen mogelijk zijn.

## 5.2 REKENSHEMA'S

In Figuur 3 is voor beide benaderingen geschetst hoe welke gegevens nodig zijn en hoe de berekeningen verlopen. SESRIO is uitsluitend op waarnemingsmateriaal is gebaseerd. Voor de volumebenadering zijn meer gegevens en aanvullende aannames nodig. In paragraaf 5.5 is aangegeven wat dit betekent voor de nauwkeurigheid van de schattingen.

FIGUUR 3 VERGELIJKING VAN DE REKENSHEMA'S VAN SESRIO EN DE VOLUMEENADERING



In paragraaf 5.3 is de berekening van de gemiddelde concentratie de volumebenadering verder uitgewerkt. Paragraaf 5.4 vergelijkt de vrachtvoorspellingen volgens beide methoden. Paragraaf 5.5 geeft een beschouwing over nauwkeurigheden.

## 5.3 GEMIDDELTE CONCENTRATIES

Uit de in bijlage 1 vermelde jaargemiddelde concentraties per stelsel (opgave NWRW) zijn generieke jaargemiddelden berekend. Daaraan voorafgaand is nog de correlatie tussen de berging en de concentraties per stelsel onderzocht (zie bijlage 3). Hieruit bleek dat er voor geen enkele stof een significante relatie is aan te geven. Daarom is op zichzelf het werken met generieke jaargemiddelde concentraties verantwoord, hoewel, zoals blijkt uit Tabel 9, de standaardafwijking zeer aanzienlijk is.

De waarden voor de BZV- en CZV-concentraties worden in de volumebenadering vrij algemeen gehanteerd; de waarden voor de andere parameters zouden echter met evenveel recht kunnen worden gebruikt.

TABEL 9 BEREKENING GENERIEKE JAARGEMIDDELTE CONCENTRATIES UIT DE NWRW-GEGEVENS

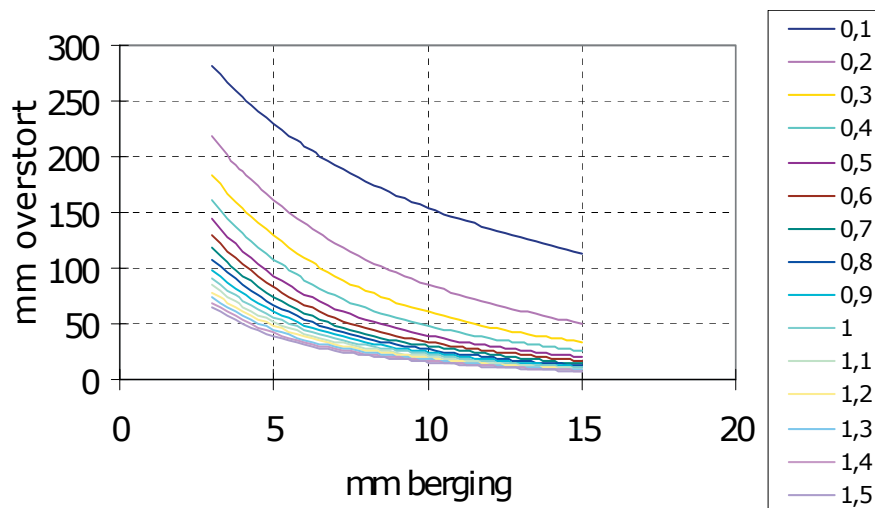
Parameter	Generieke jaargemiddelde concentratie	Standaardafwijking	Eenheid
BZV	55	30	mg/l
CZV	250	100	mg/l
N-kj	12	4	mg/l
Tot-P	3	2	mg/l
Droogrest	290	140	mg/l
Lood	120	50	µg/l
Zink	420	130	µg/l
Chroom	20	10	µg/l
Koper	120	60	µg/l
Nikkel	13	2	µg/l
Kwik	7	8	µg/l
Cadmium	2	2	µg/l

## 5.4 RESULTATEN VRACHTVOORSPELLING MET BEIDE MODELLEN

### 5.4.1 SCHATTING VAN DE JAARVOLUMINA

Voor het bepalen van de jaarvolumina is met een eenvoudig bakmodel een 10-jaars neerslagreeks doorgerekend (De Bilt 1955-1964). Daarbij is het NWRW4.3 inloopmodel gebruikt, met de standaard parameters voor de inloop uit de Leidraad Riolering. Figuur 4 geeft de resultaten.

FIGUUR 4 OVERSTORTENDE WATERHOEVEELHEDEN PER JAAR (ENKELVOUDIG BAKMODEL; LOPENDE PARAMETER: POK IN MM/H)



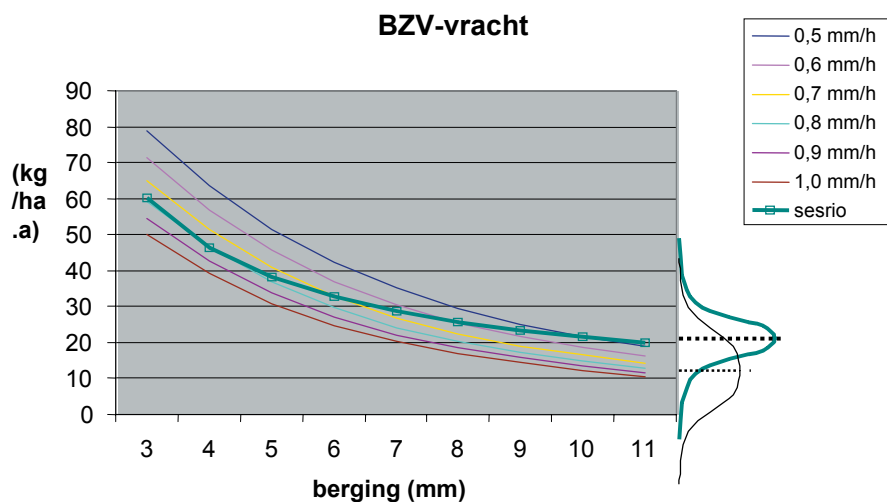
De meest gangbare waarden van de pompoevercapaciteit bij gemengde rioelstelsels liggen tussen 0,5 en 1,0 mm/h.

### 5.4.2 BEREKENDE VRACHTEN

Uit de genoemde concentraties en overstorthoeveelheden zijn jaarvrachten berekend. De resultaten zijn per stof geplott. In dezelfde grafiek is de voorspelling van SESRIO weergegeven. Figuur 5 geeft als voorbeeld BZV. De klokcurves geven een indicatie van de verschillen in de spreiding/mogelijke fout. Dit is verder besproken in paragraaf 5.5.2. Zie bijlage 3 voor de gegevens betreffende de andere vervuilingparameters.

FIGUUR 5

VRACHTBEREKENING MET SESRIO EN MET VOLUMEKENADERING (VOORBEELD BZV, INCLUSIEF INDICATIE VAN DE SPREIDING)



## 5.5 NAUWKEURIGHEID

### 5.5.1 CORRELATIECOËFFICIËNTEN

De correlatiecoëfficiënt geeft een eerste indruk van de kwaliteit van de regressie. Op grond hiervan wordt een relatie al dan niet significant genoemd. In het geval van SESRIO zijn alle 4 onderzochte relaties significant ( $R^2 > 90\%$ ), behalve voor kwik en cadmium. Zie ook Tabel 2).

Ook de relatie tussen de jaargemiddelde concentratie en de rioolberging is onderzocht. Daarbij werd echter geen enkel significant verband gevonden (zie bijlage 4).

Indirect is deze laatste constatering een rechtvaardiging voor de volumebenadering. Immers, alleen wanneer de jaargemiddelde concentraties *niet* afhankelijk zijn van de berging (en andere stelselparameters), is het geoorloofd om met de gemiddelde waarde te werken.

De standaardafwijking (zie Tabel 9) is een maat voor de nauwkeurigheid van de gemiddelde concentratie. De percentielgrenzen worden daaruit als volgt berekend:

- 5-percentiel = gemiddelde - 1,645 \* standaardafwijking
- 95-percentiel = gemiddelde + 1,645 \* standaardafwijking

### 5.5.2 ONZEKERHEID VAN DE VRACHTSCHATTING

De onzekerheid blijkt uit de betrouwbaarheidsintervallen die kunnen worden berekend uit de standaardafwijking. In de plots van de regressievergelijkingen zijn de 5- en 95-percentielen afgebeeld (vergelijk Figuur 2). Ruwweg betekent dit een mogelijke fout in de met SESRIO berekende emissiefactor van  $\pm 50$  à 100%, afhankelijk van de beschouwde vervuilingparameter.

De procentuele standaardafwijking van de gemiddelde jaarconcentratie (Tabel 9) varieert tussen 30 en 50%. De mogelijke fout kan uit de standaardafwijking worden berekend door vermenigvuldiging met de factor 1,645 (90% betrouwbaarheid). Dit levert waarden op tussen 50 à 80%. De mogelijke fout in de volumeberekening wordt, met inbegrip van de onzekerheid omtrent het inloopmodel, geraamd op 50 à 100%. De totale mogelijke fout van de emissiefactor die met de volumebenadering wordt bepaald komt daarmee op 100 à 180%.



Deze verschillen in nauwkeurigheid zijn in Figuur 5 indicatief weergegeven met de beide klokgrafieken.

## 5.6 CONCLUSIES MODELVERGELIJKING

Uit de in bijlage 4 weergegeven resultaten blijkt dat beide modellen qua vorm van de relatie en qua orde van grootte goed overeenstemmen. Voor sommige stoffen is ook in kwantitatieve zin de overeenkomst goed (droge stof, zink, nikkel, chroom), c.q. redelijk (BZV, lood, koper). Voor andere stoffen (CZV, N-kj, tot-P, cadmium) voorspelt SESRIO bij grote berging een duidelijk hogere emissie. Voor kwik en cadmium is geen vergelijking gemaakt. SESRIO-voorspellingen voor deze stoffen zijn niet mogelijk, c.q. zeer onzeker.

De mogelijke fout in de SESRIO-voorspellingen is wat kleiner dan die bij de volumebenadering. De SESRIO-schatting is zeer transparant, omdat alleen empirische gegevens worden gebruikt. Met extra meetpunten zou de spreiding in SESRIO-voorspellingen kunnen worden beperkt.

Wanneer de grote onzekerheden in beide modellen in aanmerking worden genomen (zie paragraaf 5.5.2), kunnen de verschillen in de voorspelling echter niet significant worden genoemd. Er is daarom geen reden om de volumebenadering, zoals die bij de dimensionering van rioolstelsels wordt toegepast, te verwerpen.

# 6

## INVLOED VAN RANDVOORZIENINGEN

Zoals aangegeven is SESRIO toepasbaar voor stelsels zonder randvoorzieningen. In de hier gepresenteerde schattingsmethodiek is wel het effect van emissiebeperkende maatregelen in het stelsel, zoals vergroten van berging, aangepaste lay-out en toepassing van andere buisprofielen, verdisconteerd.

De gevolgen van eventuele randvoorzieningen dienen echter apart te worden ingeschat. Het gaat daarbij om technische voorzieningen die het uittredend overstortwater opvangen en aan een of andere vorm van behandeling onderwerpen (bezinking, filtratie, buffering). Het emissiereducerend effect van dit soort voorzieningen (werveloverstorten, bergbezinkbassins, bergbezinkriool, helofytenfilter, etc) bestaat deels uit een volumereductie en deels uit een emissiereductie als gevolg van het behandelingsproces.

De volumereductie komt voor uit de extra berging die met de randvoorziening gecreëerd. Voor zover met randvoorziening extra berging wordt gecreëerd, kan in SESRIO hiermee rekening worden gehouden. Dit door simpelweg de berging van de randvoorziening op te tellen bij de berging van het stelsel.

Het emissiereducerend effect van het behandelingsproces is echter specifiek voor het type randvoorziening, mate van hydraulische belasting en bovendien gedifferentieerd naar verontreinigende stoffen. Opgeloste stoffen zullen immers niet door sedimentatieprocessen worden afgevangen. In helofytenfilters vindt zowel verwijdering van verontreinigingen plaats door sedimentatie als door opname van nutriënten. Beide processen kennen verschillende dynamieken. Over de effectiviteit van deze processen is geen algemeen geldende uitspraak te doen.

Daarom zal van geval tot geval een individuele inschatting van de emissiereductie door randvoorzieningen moeten worden gegeven. Dit kan worden aangegeven met een extra bergingscomponent en met het jaargemiddelde verwijderingsrendement van het procesaandeel per randvoorziening.

# 7

## CONCLUSIES

Uit de door de NWRW gerapporteerde meetgegevens is een snelle schattingsmethode voor de jaarvrucht van verschillende vormen van vervuiling afgeleid met de volgende kenmerken:

- De jaarlijkse vuilemissie van gemengde rioolstelsels, betrokken op het verhard oppervlak, is ruwweg omgekeerd evenredig met de rioolberging. Het afgeleide regressiemodel geeft voor de meeste vervuilingparameters een goede globale voorspelling van de vuiluitworp.
- De relatie met de berging is significant, behalve voor kwik en cadmium.
- De mogelijke fout in de uitkomsten is in de orde 50 à 100%. Voor kwik is geen voorspelling mogelijk.

Deze aanpak is op zichzelf statistisch verantwoord; de consequenties van het geringe aantal meetpunten worden weerspiegeld in de onzekerheidsmarge van de voorspellingen.

Schattingen met SESRIO en met de – gangbare - volumebenadering stemmen qua vorm van de relatie en qua orde van grootte goed overeen. Voor sommige stoffen is ook in kwantitatieve zin de overeenkomst goed (droge stof, zink, nikkel, chroom), c.q. redelijk (BZV, lood, koper). Voor andere stoffen (CZV, N-kj, tot-P, cadmium) voorspelt SESRIO bij grote berging een hogere emissie. Voor kwik en cadmium is geen vergelijking gemaakt. SESRIO-voorspellingen voor deze laatste stoffen zijn niet mogelijk, c.q. zeer onzeker.

SESRIO is ondanks het geringe aantal van 6 meetpunten niet onnauwkeuriger dan de meest eenvoudige variant van de volumebenadering. SESRIO is sneller dan de gebruikelijke varianten van volumebenadering, waarbij simulatieberekeningen worden gemaakt. De onzekerheden van de beide benaderingen in aanmerking genomen, zijn de verschillen in de voorspelling niet significant.

SESRIO is bedoeld voor afwegingen ter onderbouwing en illustratie van het emissiebeleid in het water- en milieubeheer, waarbij de emissies uit verschillende bronnen worden vergeleken. Te denken valt aan o.a gebiedsgerichte rapportages over de menselijke beïnvloeding van oppervlaktewaterlichamen t.b.v de KRW. Gebruik van SESRIO voor de beoordeling van het ontwerp voor een specifiek gemengd rioolstelsel ligt niet in de rede.

Er is behoefte aan extra meetreeksen waarmee SESRIO kan worden getoetst, met name ter verificatie van de voorspellingen bij grotere berging. Zulke meetreeksen stellen hoge eisen aan het veldonderzoek. In het buitenland zijn vooralsnog geen bruikbare resultaten van empirisch onderzoek gevonden.

Het verdient aanbeveling toekomstige meetprogramma's voor gemengde rioolstelsels zo te in te richten dat uit de resultaten een goede schatting van de jaarvrucht van verschillende vervuilende stoffen kan worden gemaakt.

## BIJLAGE 1

# GEBRUIKTE GEGEVENS UIT HET NWRW-ONDERZOEK

De onderstaande vrachtgegevens zijn aan het NWRW-onderzoek ontleend (tabellen 3.1 en 4.1 van het eindrapport). Via de verhouding tussen het aantal inwoners en het verhard oppervlak zijn deze waarden omgerekend naar emissies per hectare per jaar.

Stof	Eenheid	Loenen	Oosterhout	Bodegraven	Kerkrade
BZV	g/inw.a	293	381	71	1583
CZV	g/inw.a	2728	1367	273	6263
N-kj	g/inw.a	86	69	19	301
tot-P	g/inw.a	29	21	4	70
droogrest	g/inw.a	3229	948	191	15946
Lood	g/inw.a	1,2	0,7	0,09	4,6
Zink	g/inw.a	2,5	2,2	0,72	13,8
chroom	g/inw.a	0,1	0,1	0,02	0,97
Koper	g/inw.a	0,7	0,8	0,15	4,0
Nikkel	g/inw.a	0,1	0,05	0,02	0,53
Kwik	g/inw.a	0,18	0,01	0,01	0,02
cadmium	g/inw.a	0,04	0,01		0,05
waterhoev	m <sup>3</sup> /inw.a	9,2	3,8	1,6	36
Pok	mm/h	0,8	0,97	0,44	0,3
berging	mm	5,7	5,3	7,8	0,8
aantal inw.	-	2050	2270	4075	8052
verhard opp.	ha	15,8	11,6	22	60
duur meetperiode	a	3,5	4,7	4,2	1,0

De gebruikte concentratiewaarden luiden (tabel 4.5 eindrapportage):

Stof	Loenen	Oosterhout	Bodegraven	Kerkrade
Pok (mm/uur)	0,8	0,97	0,44	0,3
berging (mm)	5,7	5,3	7,8	0,8
BZV (mg/l)	32	101	44	44
CZV (mg/l)	295	361	169	173
N-kj (mg/l)	9	18	12	8
tot-P (mg/l)	3	6	2	2
droogrest (mg/l)	349	251	118	441
Lood (mg/l)	0,13	0,19	0,06	0,13
Zink (mg/l)	0,27	0,58	0,44	0,38
chroom (mg/l)	0,01	0,03	0,01	0,03
Koper (mg/l)	0,08	0,22	0,09	0,11
Nikkel (mg/l)	0,01	0,01	0,01	0,01
Kwik (mg/l)	0,019	0,003	0,006	0,001
cadmium (mg/l)	0,004	0,003	0,0000	0,001

## BIJLAGE 2

## REGRESSIEANALYSE RECIPROOK MODEL

Bij de regressieanalyse met de variabele BERGING als onafhankelijke en de vrachten van de stoffen als afhankelijke is een vergelijking gemaakt met diverse modelvormen.

De correlatie ( $R^2$ ) op basis van deze modelvormen is weergegeven in onderstaande tabel.

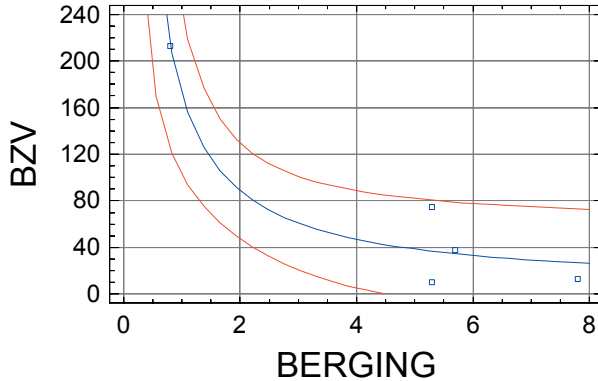
Getest Model	R <sup>2</sup> BZV	R <sup>3</sup> Cadmium	R <sup>4</sup> Chroom	R <sup>5</sup> CZVDroogrest	R <sup>6</sup> Koper	R <sup>7</sup> Kwik	R <sup>8</sup> Lood	R <sup>9</sup> N Kj	R <sup>10</sup> Nikkel	R <sup>11</sup> Tot P	R <sup>12</sup> Zink	
Logarithmic-X	97.5%	60.4%	99.6%	93.6%	98.3%	98.9%	5.9%	99.3%	98.9%	99.3%	92.7%	99.9%
Reciprocal-X	94.1%	53.5%	99.6%	88.2%	98.2%	96.1%	8.2%	96.6%	95.2%	99.3%	85.8%	98.8%
Exponential	91.3%	#VALUE!	98.4%	80.1%	88.3%	92.9%	0.3%	86.0%	93.6%	97.4%	80.6%	99.0%
Square root-Y	97.4%	64.6%	98.0%	93.1%	94.9%	98.9%	1.2%	98.8%	99.7%	96.6%	93.8%	99.0%
Square root-X	98.4%	65.6%	97.5%	96.4%	96.4%	99.1%	4.1%	99.5%	100.0%	97.3%	97.0%	98.8%
Linear	96.7%	70.5%	92.5%	97.4%	91.8%	96.8%	2.2%	97.3%	98.7%	92.4%	99.7%	94.9%
Multiplicative	77.0%	#VALUE!	89.0%	61.9%	76.2%	78.6%	2.1%	68.6%	79.2%	90.8%	61.1%	90.4%
S-curve	67.1%	#VALUE!	80.8%	51.2%	67.6%	68.7%	3.6%	57.9%	69.2%	84.2%	49.8%	82.6%
Double reciprocal	32.6%	#VALUE!	33.5%	23.0%	23.7%	30.9%	0.0%	21.2%	34.2%	43.0%	23.7%	44.7%
Log probit	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
Logistic	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
Reciprocal-Y	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	1.9%	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!

Correlatie-klassen	98.0%	100.0%
	90.0%	98.0%
	80.0%	90.0%
	0.0%	80.0%

**VRACHTEN BZV**

**Plot of Fitted Model**



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

Dependent variable: BZV

Independent variable: BERGING

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	5,45838	16,7498	0,325878	0,7659
Slope	166,172	28,8882	5,75223	0,0104

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	25822,7	1	25822,7	33,09	0,0104
Residual	2341,26	3	780,42		
Total (Corr.)	28163,9	4			

Correlation Coefficient = 0,957533  
 R-squared = 91,687 percent  
 R-squared (adjusted for d.f.) = 88,916 percent  
 Standard Error of Est. = 27,936  
 Mean absolute error = 16,4628  
 Durbin-Watson statistic = 1,99172 (P=0,3914)  
 Lag 1 residual autocorrelation = -0,151859

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between BZV and BERGING. The equation of the fitted model is

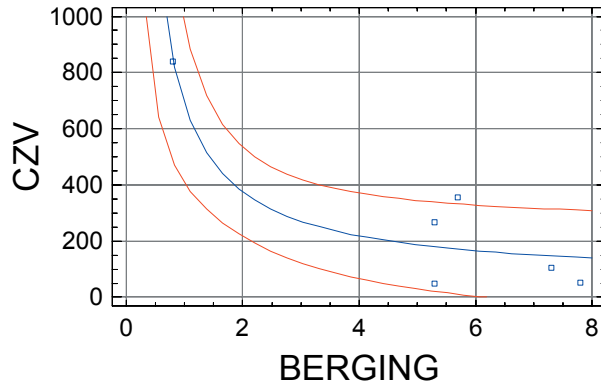
$$BZV = 5,45838 + 166,172/BERGING$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.05, there is a statistically significant relationship between BZV and BERGING at the 95% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 91,687% of the variability in BZV. The correlation coefficient equals 0,957533, indicating a relatively strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 27,936. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

## VRACHTEN CZV

Plot of Fitted Model



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

Dependent variable: CZV

Independent variable: BERGING

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	61,3901	70,1158	0,875553	0,4307
Slope	627,266	131,737	4,76151	0,0089

## Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	388315,0	1	388315,0	22,67	0,0089
Residual	68510,3	4	17127,6		
Total (Corr.)	456826,0	5			

Correlation Coefficient = 0,921971

R-squared = 85,003 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 81,2537 percent

Standard Error of Est. = 130,872

Mean absolute error = 90,0937

Durbin-Watson statistic = 1,0586 (P=0,1027)

Lag 1 residual autocorrelation = 0,214522

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between CZV and BERGING. The equation of the fitted model is

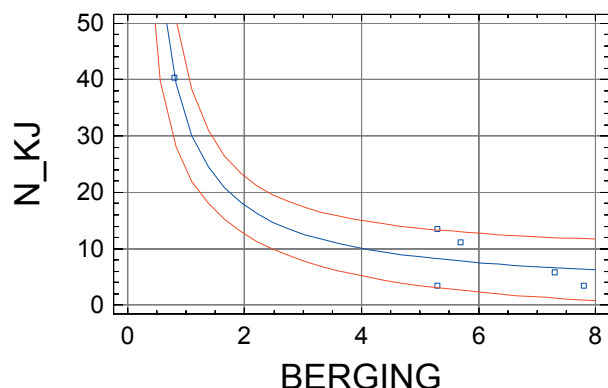
$$CZV = 61,3901 + 627,266/BERGING$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between CZV and BERGING at the 99% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 85,003% of the variability in CZV. The correlation coefficient equals 0,921971, indicating a relatively strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 130,872. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

## VRACHTEN KJELDAHL-STIKSTOF

Plot of Fitted Model



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

Dependent variable: N\_KJ

Independent variable: BERGING

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	2,45836	2,26029	1,08763	0,3379
Slope	30,474	4,24674	7,17586	0,0020

## Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	916,514	1	916,514	51,49	0,0020
Residual	71,1954	4	17,7988		
Total (Corr.)	987,709	5			

Correlation Coefficient = 0,963285

R-squared = 92,7919 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 90,9898 percent

Standard Error of Est. = 4,21887

Mean absolute error = 2,88239

Durbin-Watson statistic = 1,60923 (P=0,3444)

Lag 1 residual autocorrelation = 0,111448

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between N\_KJ and BERGING. The equation of the fitted model is

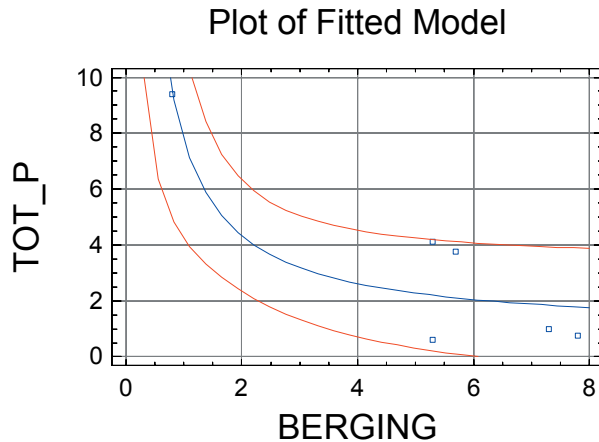
$$N\_KJ = 2,45836 + 30,474/BERGING$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between N\_KJ and BERGING at the 99% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 92,7919% of the variability in N\_KJ. The correlation coefficient equals 0,963285, indicating a relatively strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 4,21887. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.



## VRACHTEN TOTAAL-FOSFAAT



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

-----  
 Dependent variable: TOT\_P  
 Independent variable: BERGING  
 -----

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	0,905059	0,878234	1,03054	0,3610
Slope	6,8519	1,65007	4,15249	0,0142

-----  
 Analysis of Variance  
 -----

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	46,3343	1	46,3343	17,24	0,0142
Residual	10,7484	4	2,68711		
Total (Corr.)	57,0827	5			

Correlation Coefficient = 0,900946  
 R-squared = 81,1704 percent  
 R-squared (adjusted for d.f.) = 76,463 percent  
 Standard Error of Est. = 1,63924  
 Mean absolute error = 1,18833  
 Durbin-Watson statistic = 1,17268 (P=0,1413)  
 Lag 1 residual autocorrelation = 0,253466

The StatAdvisor  
 -----

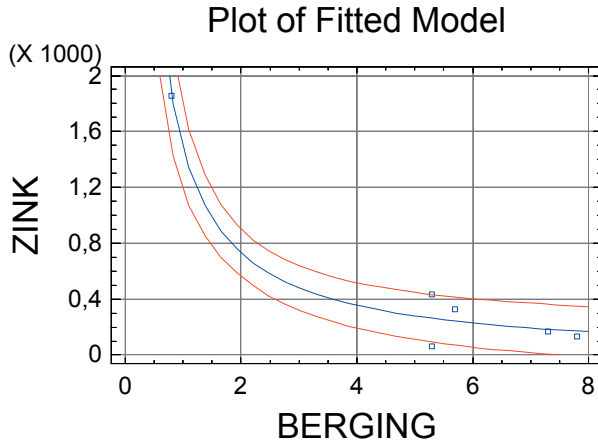
The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between TOT\_P and BERGING. The equation of the fitted model is

$$\text{TOT\_P} = 0,905059 + 6,8519/\text{BERGING}$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.05, there is a statistically significant relationship between TOT\_P and BERGING at the 95% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 81,1704% of the variability in TOT\_P. The correlation coefficient equals 0,900946, indicating a relatively strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 1,63924. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

**VRACHTEN ZINK**



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

-----  
 Dependent variable: ZINK  
 Independent variable: BERGING  
 -----

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	-21,6784	75,0199	-0,288968	0,7870
Slope	1504,74	140,951	10,6756	0,0004

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	2,23463E6	1	2,23463E6	113,97	0,0004
Residual	78429,2	4	19607,3		
Total (Corr.)	2,31306E6	5			

Correlation Coefficient = 0,9829  
 R-squared = 96,6093 percent  
 R-squared (adjusted for d.f.) = 95,7616 percent  
 Standard Error of Est. = 140,026  
 Mean absolute error = 85,8277  
 Durbin-Watson statistic = 1,58397 (P=0,3308)  
 Lag 1 residual autocorrelation = 0,157544

The StatAdvisor

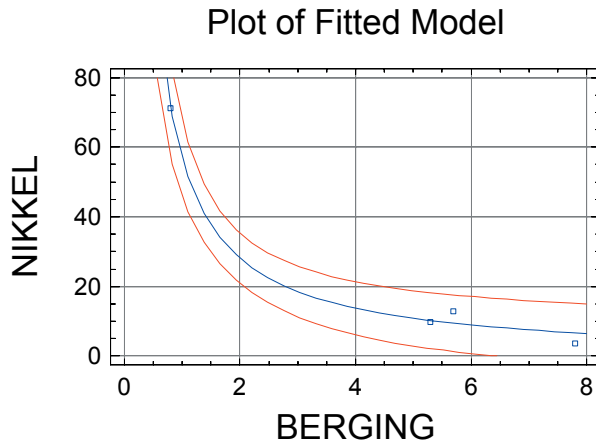
-----  
 The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between ZINK and BERGING. The equation of the fitted model is

$$ZINK = -21,6784 + 1504,74/BERGING$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between ZINK and BERGING at the 99% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 96,6093% of the variability in ZINK. The correlation coefficient equals 0,9829, indicating a relatively strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 140,026. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

## VRACHTEN NIKKEL



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

Dependent variable: NIKKEL

Independent variable: BERGING

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	-0,668597	2,24858	-0,297341	0,7942
Slope	57,5406	3,50602	16,4119	0,0037

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	2934,78	1	2934,78	269,35	0,0037
Residual	21,7914	2	10,8957		
Total (Corr.)	2956,57	3			

Correlation Coefficient = 0,996308

R-squared = 99,2629 percent

Standard Error of Est. = 3,30086

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between NIKKEL and BERGING. The equation of the fitted model is

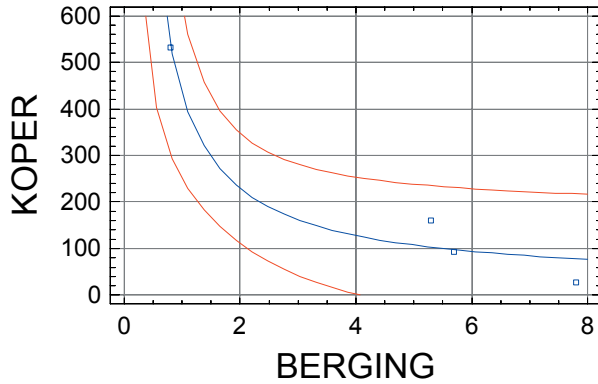
$$\text{NIKKEL} = -0,668597 + 57,5406/\text{BERGING}$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between NIKKEL and BERGING at the 99% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 99,2629% of the variability in NIKKEL. The correlation coefficient equals 0,996308, indicating a relatively strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 3,30086. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

**VRACHTEN KOPER**

**Plot of Fitted Model**



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

Dependent variable: KOPER  
Independent variable: BERGING

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	26,1984	36,9788	0,70847	0,5521
Slope	406,53	57,6579	7,05073	0,0195

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	146491,0	1	146491,0	49,71	0,0195
Residual	5893,5	2	2946,75		
Total (Corr.)	152385,0	3			

Correlation Coefficient = 0,980472  
R-squared = 96,1325 percent  
Standard Error of Est. = 54,284

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between KOPER and BERGING. The equation of the fitted model is

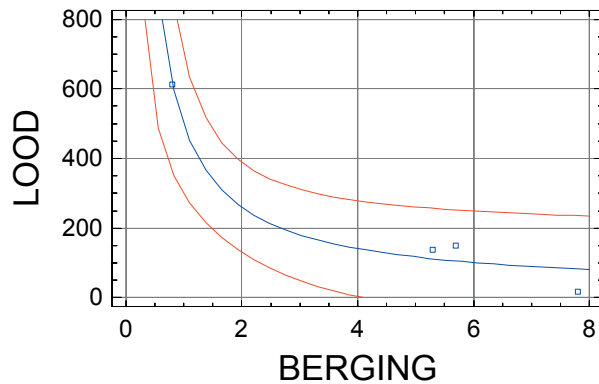
$$KOPER = 26,1984 + 406,53/BERGING$$

Since the P-value in the ANOVA table is greater or equal to 0.10, there is not a statistically significant relationship between KOPER and BERGING at the 90% or higher confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 96,1325% of the variability in KOPER. The correlation coefficient equals 0,980472, indicating a relatively strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 54,284. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

## VRACHTEN LOOD

Plot of Fitted Model



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

Dependent variable: LOOD

Independent variable: BERGING

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	22,2945	40,5165	0,550258	0,6374
Slope	475,384	63,1738	7,52501	0,0172

## Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	200316,0	1	200316,0	56,63	0,0172
Residual	7075,07	2	3537,53		
Total (Corr.)	207391,0	3			

Correlation Coefficient = 0,982795

R-squared = 96,5885 percent

Standard Error of Est. = 59,4772

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between LOOD and BERGING. The equation of the fitted model is

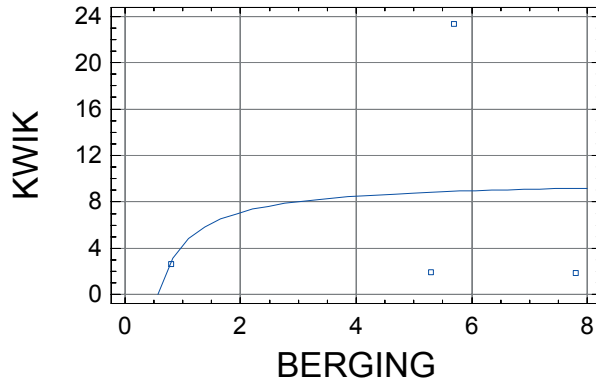
$$\text{LOOD} = 22,2945 + 475,384/\text{BERGING}$$

Since the P-value in the ANOVA table is greater or equal to 0.10, there is not a statistically significant relationship between LOOD and BERGING at the 90% or higher confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 96,5885% of the variability in LOOD. The correlation coefficient equals 0,982795, indicating a relatively strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 59,4772. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

VRACHTEN KWIK

Plot of Fitted Model



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

-----  
 Dependent variable: KWIK  
 Independent variable: BERGING  
 -----

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	9,88964	8,47394	1,16707	0,3635
Slope	-5,57794	13,2127	-0,422166	0,7140

-----  
 Analysis of Variance  
 -----

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	27,5787	1	27,5787	0,18	0,7140
Residual	309,484	2	154,742		
Total (Corr.)	337,063	3			

-----  
 Correlation Coefficient = -0,286043  
 R-squared = 8,18208 percent  
 Standard Error of Est. = 12,4395  
 -----

The StatAdvisor  
 -----

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between KWIK and BERGING. The equation of the fitted model is

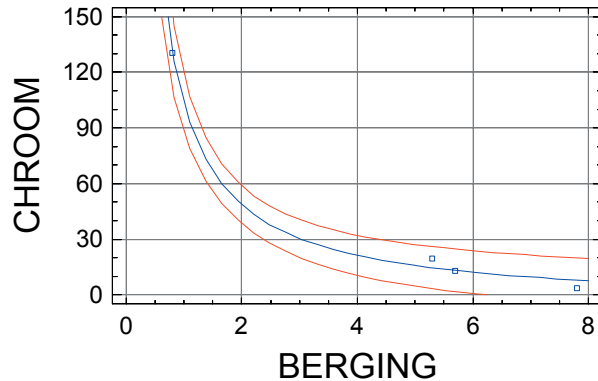
$$KWIK = 9,88964 - 5,57794/BERGING$$

Since the P-value in the ANOVA table is greater or equal to 0.10, there is not a statistically significant relationship between KWIK and BERGING at the 90% or higher confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 8,18208% of the variability in KWIK. The correlation coefficient equals -0,286043, indicating a relatively weak relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 12,4395. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

## VRACHTEN CHROOM

Plot of Fitted Model



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

Dependent variable: CHROOM

Independent variable: BERGING

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	-5,90182	3,16872	-1,86253	0,2036
Slope	109,06	4,9407	22,0737	0,0020

## Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	10542,8	1	10542,8	487,25	0,0020
Residual	43,2747	2	21,6373		
Total (Corr.)	10586,1	3			

Correlation Coefficient = 0,997954

R-squared = 99,5912 percent

Standard Error of Est. = 4,65159

The StatAdvisor

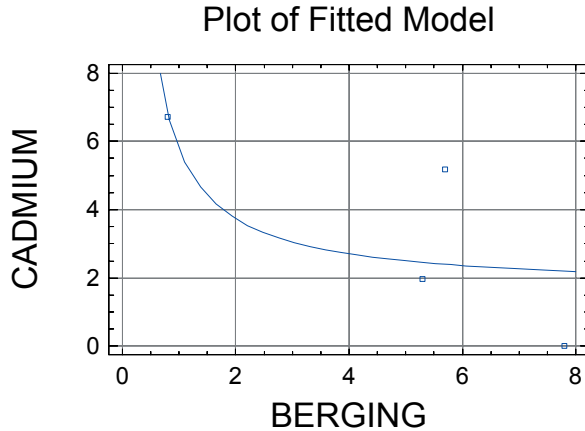
The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between CHROOM and BERGING. The equation of the fitted model is

$$\text{CHROOM} = -5,90182 + 109,06/\text{BERGING}$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between CHROOM and BERGING at the 99% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 99,5912% of the variability in CHROOM. The correlation coefficient equals 0,997954, indicating a relatively strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 4,65159. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

**VRACHTEN CADMIUM**



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

Dependent variable: CADMIUM  
 Independent variable: BERGING

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	1,68085	1,73043	0,971348	0,4338
Slope	4,09603	2,69811	1,51811	0,2683

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	14,8714	1	14,8714	2,30	0,2683
Residual	12,9055	2	6,45275		
Total (Corr.)	27,7769	3			

Correlation Coefficient = 0,731702  
 R-squared = 53,5387 percent  
 Standard Error of Est. = 2,54023

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between CADMIUM and BERGING. The equation of the fitted model is

$$\text{CADMIUM} = 1,68085 + 4,09603/\text{BERGING}$$

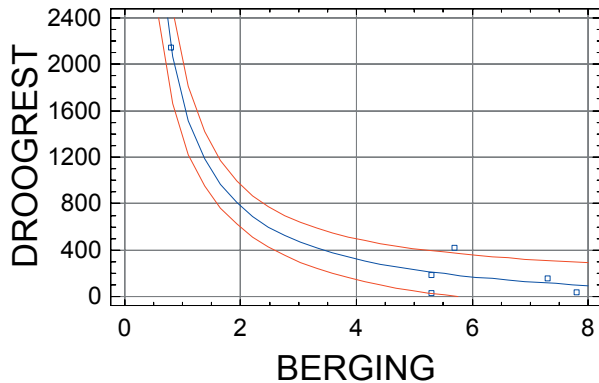
Since the P-value in the ANOVA table is greater or equal to 0.10, there is not a statistically significant relationship between CADMIUM and BERGING at the 90% or higher confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 53,5387% of the variability in CADMIUM. The correlation coefficient equals 0,731702, indicating a moderately strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 2,54023. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.



## VRACHTEN DROOGREST

Plot of Fitted Model



Regression Analysis - Reciprocal-X model:  $Y = a + b/X$

Dependent variable: DROOGREST  
Independent variable: BERGING

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	-129,985	81,0398	-1,60397	0,1840
Slope	1815,15	152,262	11,9212	0,0003

## Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	3,25165E6	1	3,25165E6	142,12	0,0003
Residual	91521,1	4	22880,3		
Total (Corr.)	3,34317E6	5			

Correlation Coefficient = 0,986217  
R-squared = 97,2624 percent  
R-squared (adjusted for d.f.) = 96,5781 percent  
Standard Error of Est. = 151,262  
Mean absolute error = 90,6087  
Durbin-Watson statistic = 1,65978 (P=0,3720)  
Lag 1 residual autocorrelation = -0,129011

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a reciprocal-X model to describe the relationship between DROOGREST and BERGING. The equation of the fitted model is

$$\text{DROOGREST} = -129,985 + 1815,15/\text{BERGING}$$

Since the P-value in the ANOVA table is less than 0.01, there is a statistically significant relationship between DROOGREST and BERGING at the 99% confidence level.

The R-Squared statistic indicates that the model as fitted explains 97,2624% of the variability in DROOGREST. The correlation coefficient equals 0,986217, indicating a relatively strong relationship between the variables. The standard error of the estimate shows the standard deviation of the residuals to be 151,262. This value can be used to construct prediction limits for new observations by selecting the Forecasts option from the text menu.

## BIJLAGE 3

# ONDERZOEK NAAR DE CORRELATIE TUSSEN CONCENTRATIE EN BERGING

Bij de regressieanalyse met de variabele BERGING als onafhankelijke en de jaargemiddelde concentraties van de stoffen als afhankelijke is een vergelijking gemaakt met diverse modelvormen.

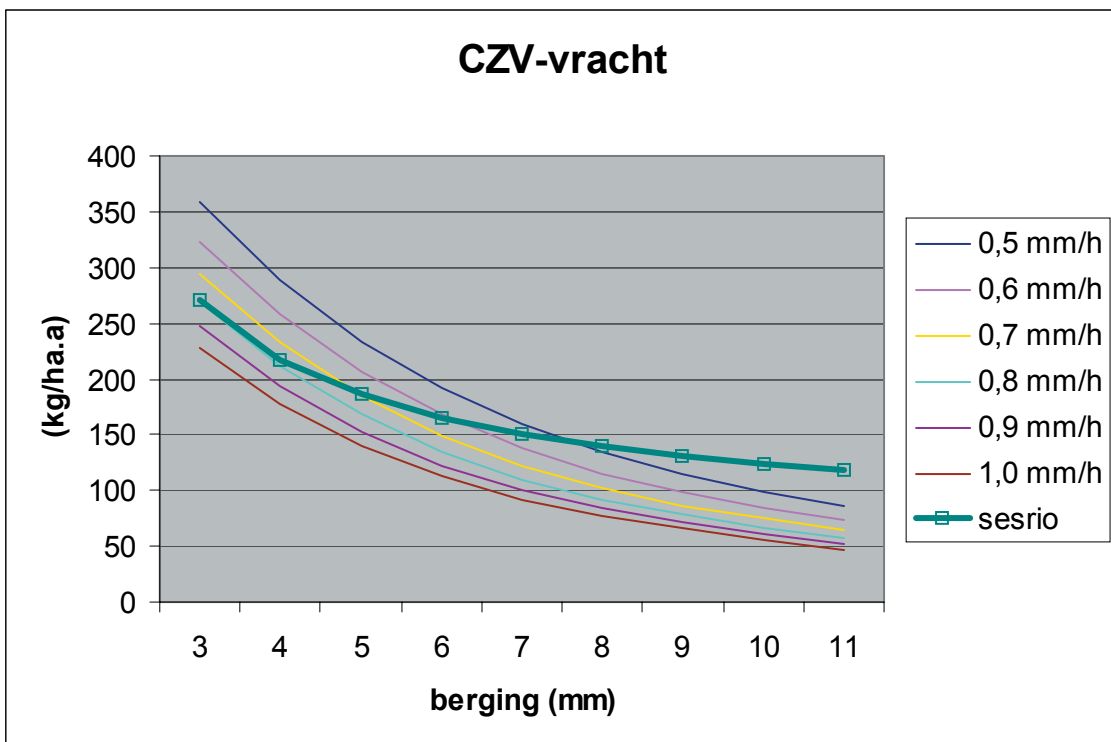
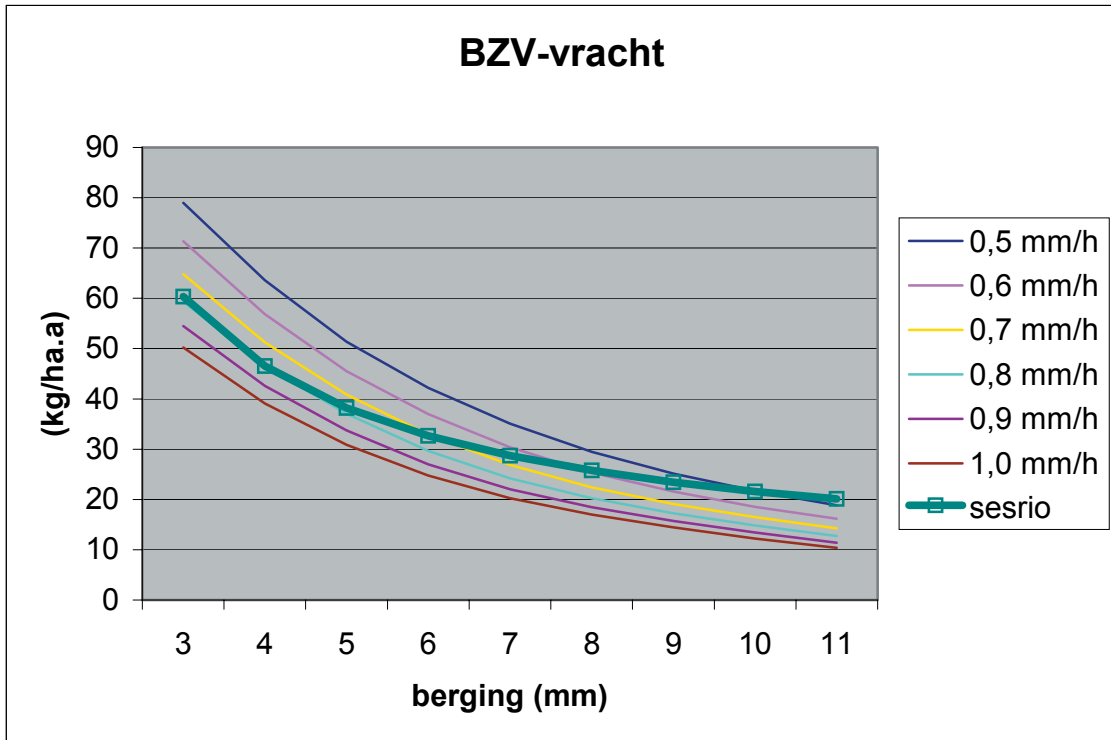
De correlatie ( $R^2$ ) op basis van deze modelvormen is weergegeven in onderstaande tabel.

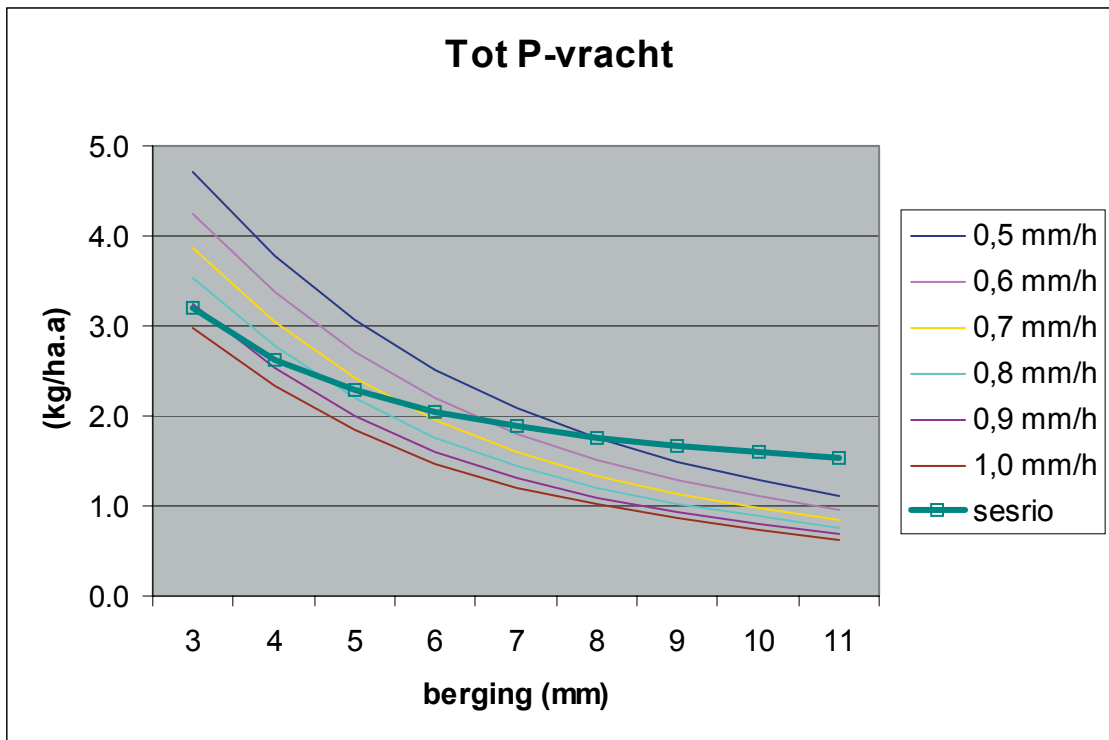
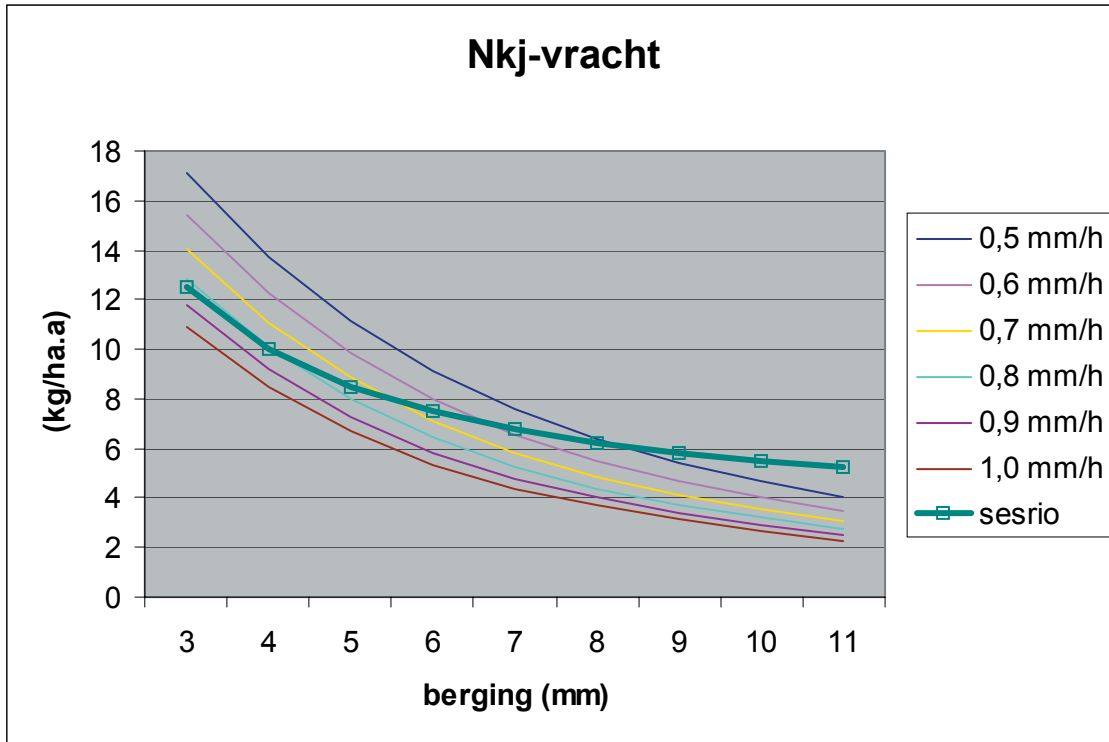
Getest Model	C_BZV	C_CZV	C_N_KJ	C_TOT_P	C_ZINK	C_NIKKEL	C_KOPER	C_KWIK	C_CHROOM	C_CADMIUM	C_DROOG	0
Double reciprocal	0.4%	24.6%	41.5%	53.0%	0.2%	52.6%	0.4%	97.6%	35.4%	#VALUE!	29.5%	#VALUE!
Exponential	0.0%	3.6%	20.6%	14.3%	1.5%	48.2%	1.5%	62.5%	48.4%	#VALUE!	69.6%	#VALUE!
Linear	0.2%	3.6%	13.7%	7.8%	2.3%	53.1%	0.3%	18.5%	51.0%	0.5%	79.0%	#VALUE!
Log probit	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	2.7%	56.4%	0.0%	64.2%	42.0%	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
Logarithmic-X	2.5%	15.6%	21.9%	19.8%	3.2%	60.6%	0.4%	24.6%	43.3%	1.5%	65.6%	#VALUE!
Logistic	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	1.9%	48.3%	1.3%	62.3%	48.5%	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!
Multiplicative	1.1%	15.7%	29.2%	29.8%	1.5%	55.7%	0.0%	69.8%	41.8%	#VALUE!	51.7%	#VALUE!
Reciprocal-X	4.7%	24.6%	26.5%	27.6%	3.7%	62.1%	1.6%	26.8%	37.6%	4.7%	56.9%	#VALUE!
Reciprocal-Y	0.1%	3.4%	29.4%	24.0%	0.7%	43.4%	3.8%	#VALUE!	45.3%	#VALUE!	59.6%	#VALUE!
S-curve	2.3%	24.9%	33.4%	39.1%	1.5%	57.3%	0.2%	70.7%	36.6%	#VALUE!	41.7%	#VALUE!
Square root-X	1.2%	9.2%	18.1%	13.8%	2.7%	57.9%	0.0%	22.1%	47.4%	0.1%	72.3%	#VALUE!
Square root-Y	0.1%	3.6%	16.9%	10.7%	1.9%	50.6%	0.8%	36.3%	49.8%	10.1%	74.6%	#VALUE!

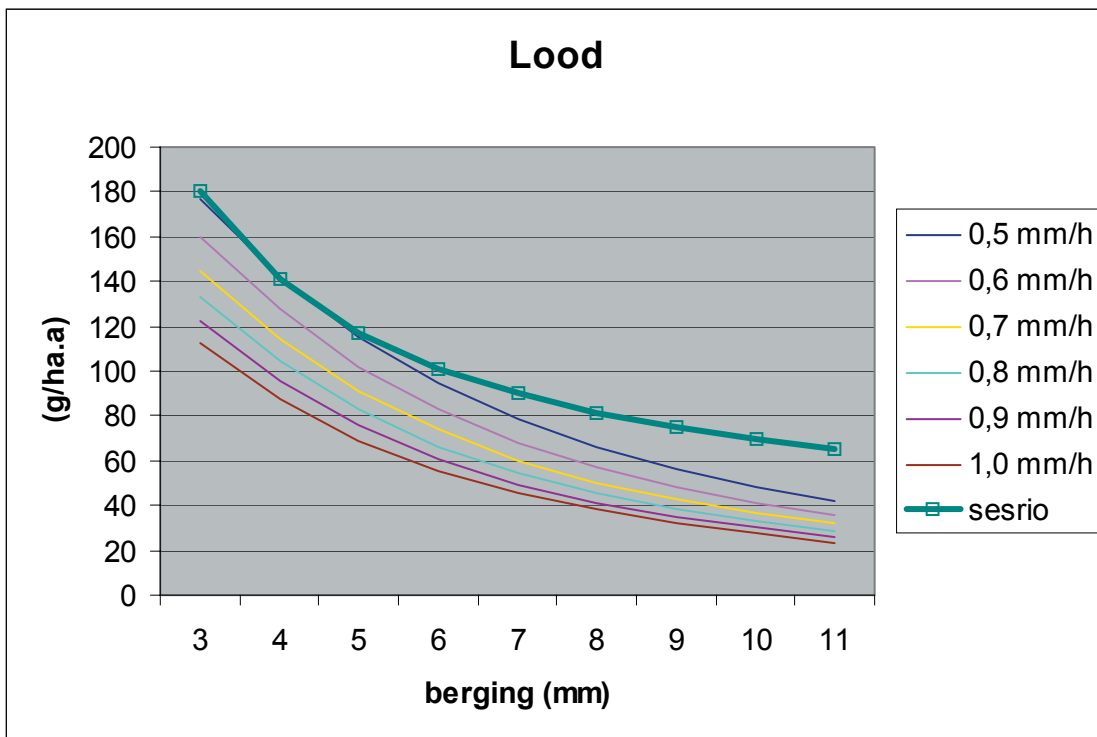
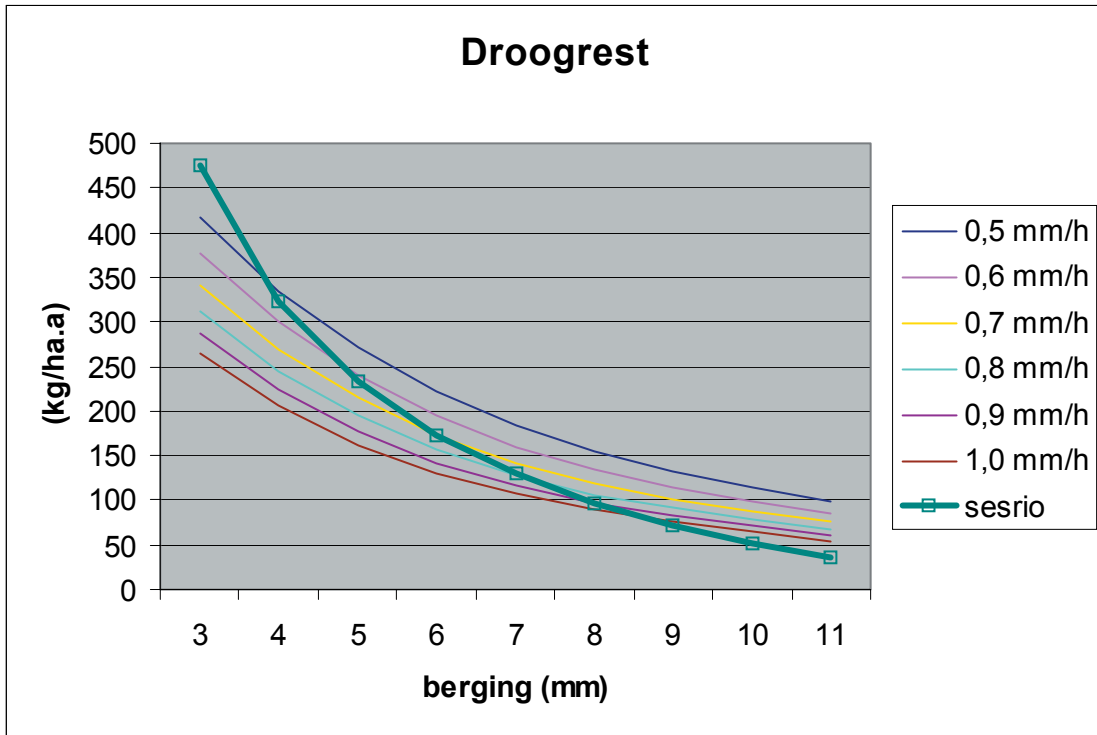
Correlatie-klassen	75.0%	100.0%
	50.0%	75.0%
	25.0%	50.0%
	0.0%	25.0%

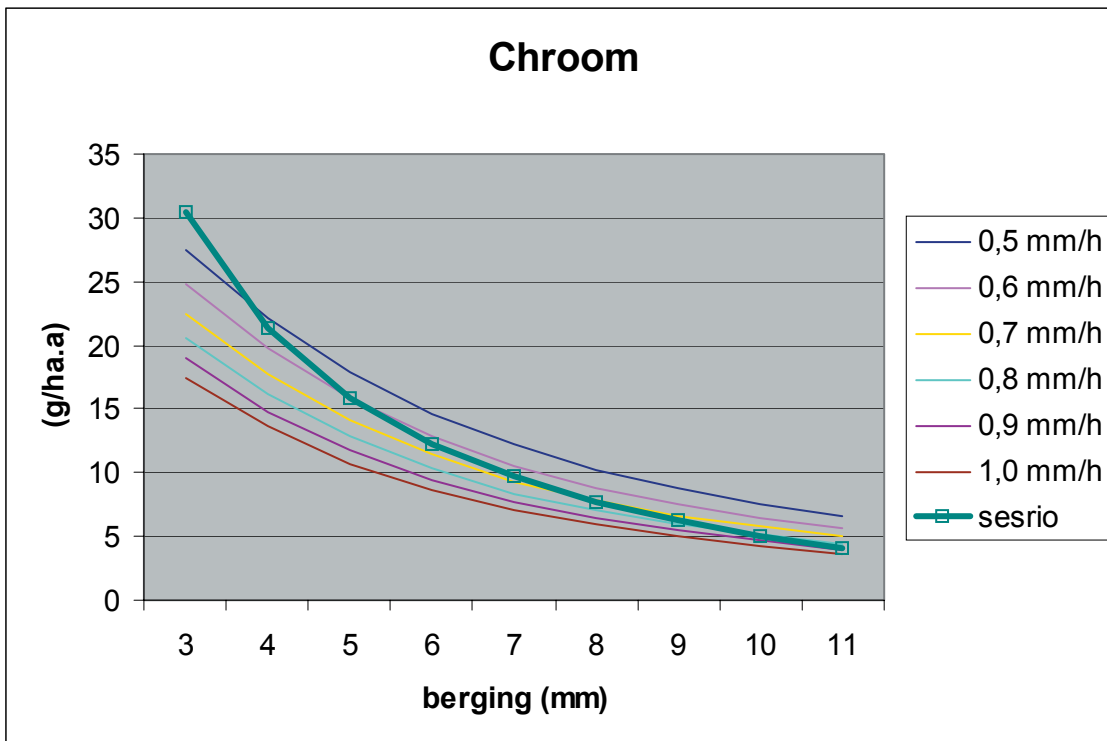
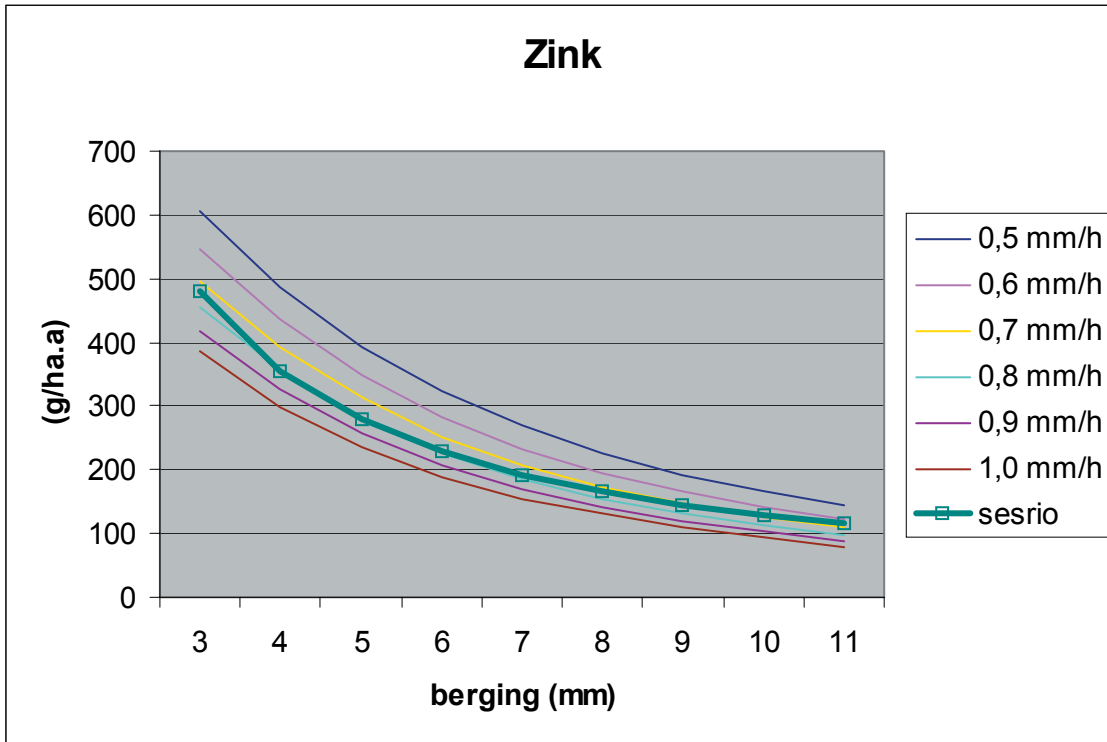
BIJLAGE 4

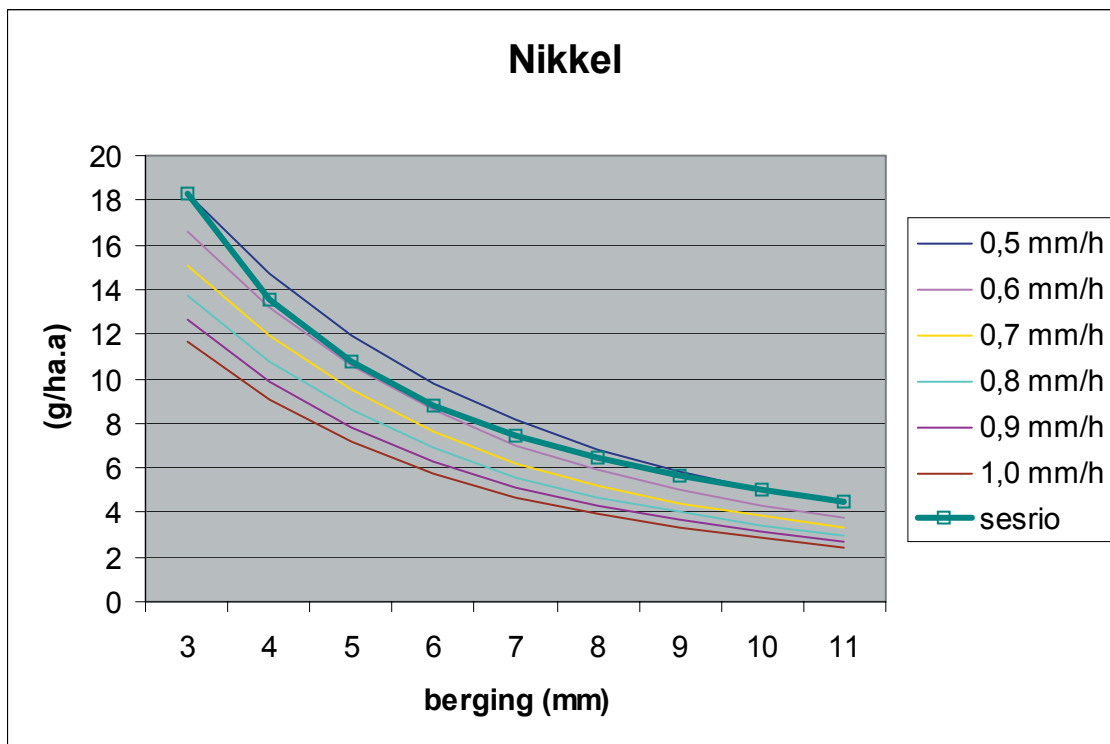
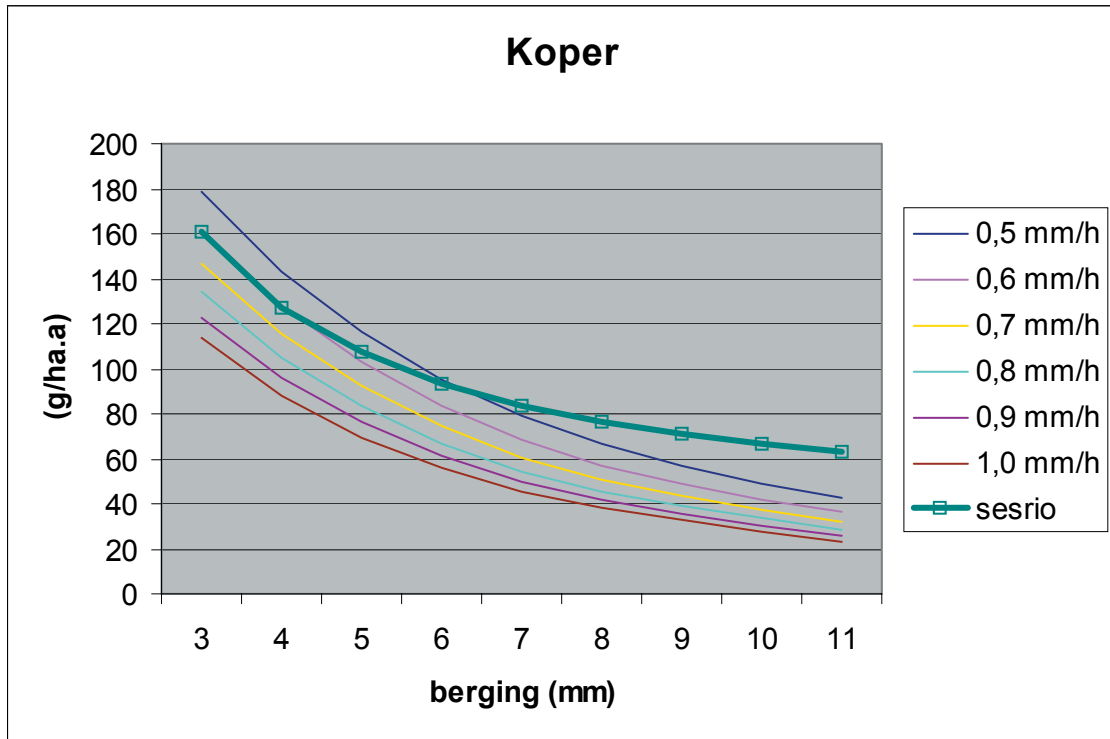
# VERGELIJKING BEREKENDE VRACHTEN SESRIO EN VOLUMEBENADERING

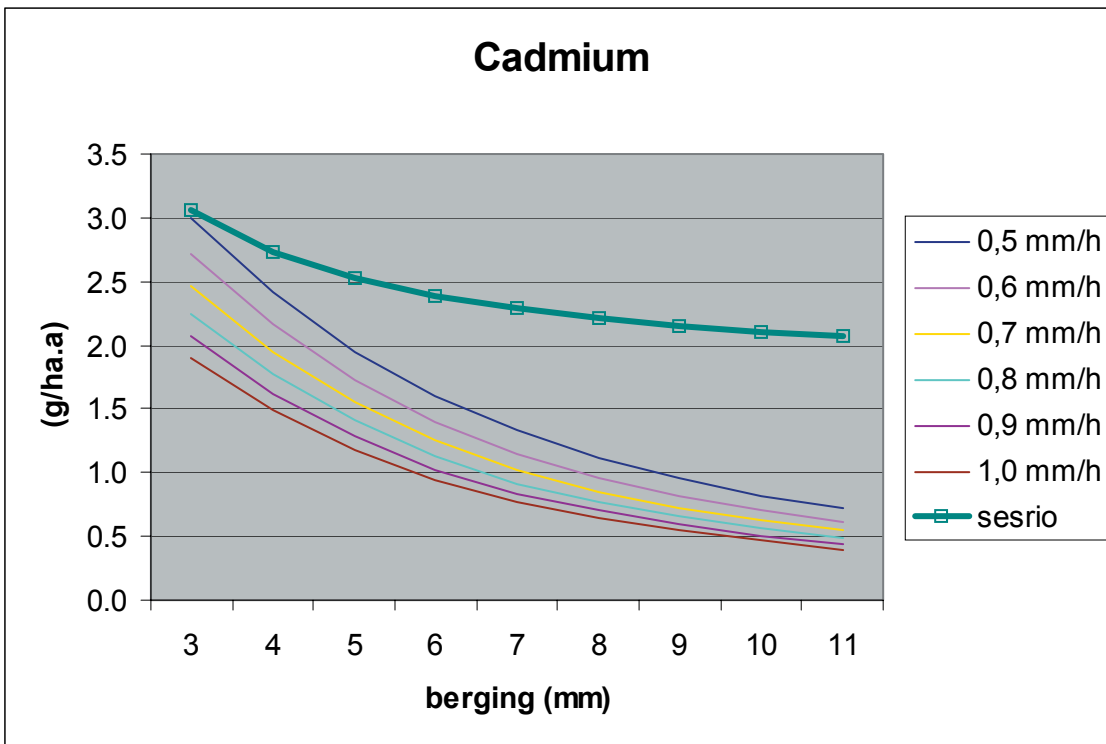
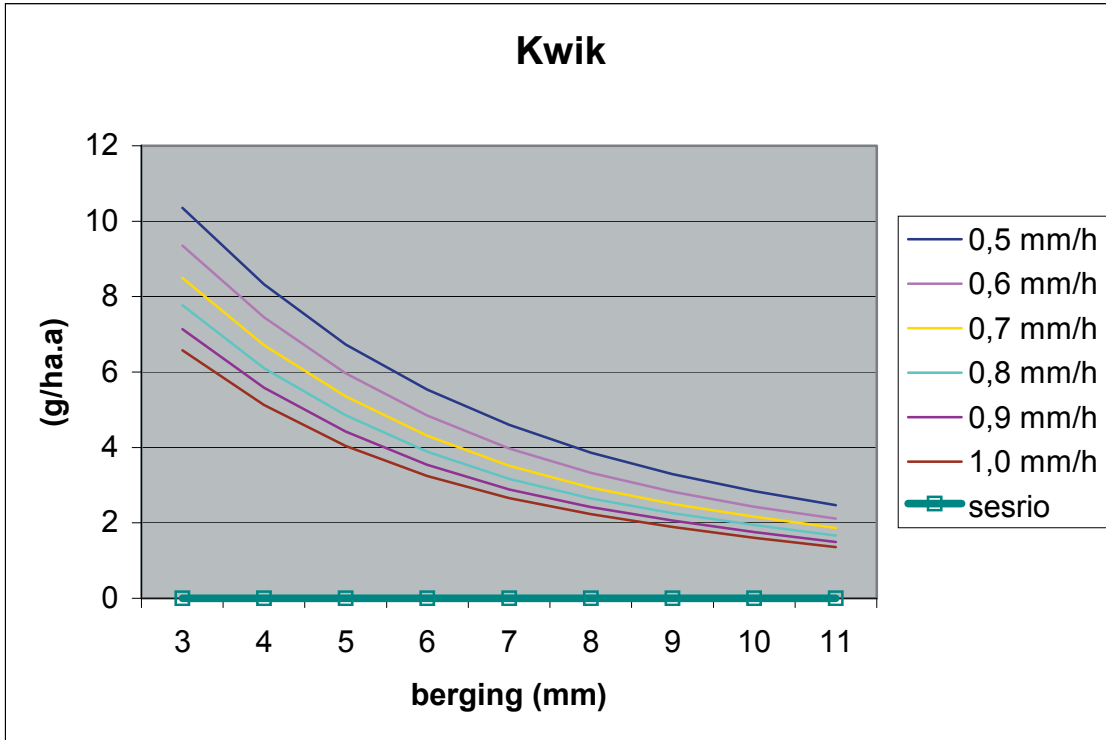
















# ACHTERGROND DOCUMENT BIJ SESRIO

## DEEL II GESCHEIDEN STELSLS

### INHOUD

1	INLEIDING
2	ACHTERGROND
2.1	Aan- en afkoppelen afhankelijk van stelseltype
2.2	Standaardstelsels
2.3	Toepassing van schattingsmethoden
2.4	Strategie emissieschatting
2.4.1	Algemeen
2.4.2	Vuiluitworpmodellen
2.4.3	Emissiefactoren
2.5	Vrachtberekening en volumebenadering
2.6	Jaarvrachten en effectvoorspelling

- 3**            **WERKWIJZE**
  - 3.1**    Eisen aan schattingsmethoden
  - 3.2**    Uitwerking
  - 3.3**    Stofstroomschema
  
- 4**            **EMISSIEFACTOREN**
  - 4.1**    Resultaat literatuuronderzoek
  - 4.2**    Daken
  - 4.3**    Wegen
  - 4.4**    Synthese
  
- 5**            **EVALUATIE**
  - 5.1**    Vergelijking met de NWRW-resultaten
  - 5.2**    Kwantificering van de basisinspanning
  
- 6**            **CONCLUSIES**
  - 6.1**    Voordelen van de nieuwe aanpak voor schatting van de jaaremissie
  - 6.2**    Mogelijke follow-up
  
- 7**            **REFERENTIES**
  
- 8**            **COLOFON**

# 1

## INLEIDING

Twaalf jaar geleden zette NWRW een punt achter een uitgebreid onderzoeksprogramma over Riolering en Waterkwaliteit. Sindsdien zijn vele acties ondernomen om het verzamelde gegevensmateriaal te ontsluiten, bewerken, interpreteren en te vertalen in beleid. Met succes, in het algemeen. De aanpak van rioolwaterlozingen is sterk versneld en geïntensiveerd. Riolering is zeker geen stiefkindje meer in het beleid van gemeenten en waterschappen en een integrale aanpak van afvalwatersystemen is steeds meer vanzelfsprekend.

Toch is de kwantificering van de rioolemissies geen koud kunstje. Ondanks alle nieuwe onderzoeksresultaten, de inventiviteit van modelbouwers en de sterk toegenomen reken capaciteit zijn de emissieschattingen van gemengde stelsels nog steeds onzeker en met tal van voorbehouden omgeven. In ieder geval is de verhouding tussen de inspanning en output pover te noemen. Aalderink wees in 1992 al op de zwaktes van de toen bestaande simulatiemodellen. Hoewel in de tussentijd de modellen verbeterd zijn, blijven ze zeer arbeidsintensief. Aan kwantificering van de vuiluitwerp van gescheiden rioolstelsels is tot nu toe nauwelijks aandacht besteed. Toch zijn goede emissieschattingmethoden ook voor regenwateruitlaten onmisbaar, nu het waterkwaliteitsspoor meer en meer maatgevend wordt voor de verbetering van *alle* typen rioolstelsels.

Het voorgaande is reden om nog eens beter te kijken naar de input, d.w.z. de onbewerkte NWRW-resultaten. Dit rapport geeft de aanzet tot een snelle, globale methode voor emissieschatting, die in veel gevallen een alternatief kan bieden voor uitgebreide simulaties.

Er is in de afgelopen periode al veel voorwerk verricht. DWR en haar voorganger RWA namen daartoe het initiatief. Via het project Optimalisering Afvalwatersysteem Amsterdam (OASA) [1] en wat daarop volgde werden zowel de creatieve vragen gesteld als de ruimte geboden om deze te beantwoorden. De aanpak en het verkregen materiaal worden middels deze notitie in een groter verband gepresenteerd. Zie ook bijlage 1.

Er is gekozen voor de vorm van een handreiking emissieschatting. In dit stadium is dat misschien een groot woord, omdat voor een gezaghebbende handreiking nog meer draagvlak zal moeten worden verkregen. Deze vorm helpt echter om het materiaal te ordenen en geeft direct een beeld van de bruikbaarheid ervan in de praktijk. Doelgerichte verdere uitwerking en onderbouwing kunnen bijdragen aan de acceptatie van de handreiking in bredere kring. Aan het slot zijn daarvoor voorstellen gedaan,

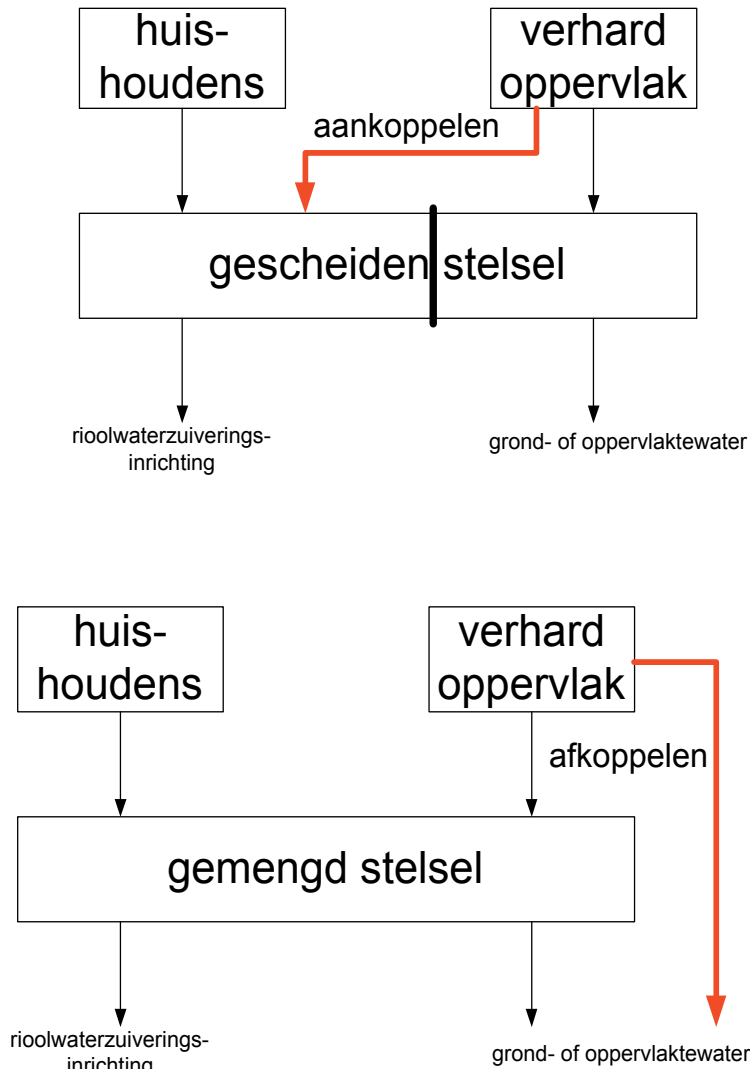
# 2

## ACHTERGROND

### 2.1 AAN- EN AFKOPPELEN AFHANKELIJK VAN STELSELTYPE

De techniek van de riolering is sterk in beweging. Naast de beperking van emissies naar het oppervlaktewater wordt in toenemende mate getracht waar mogelijk de afstromende neerslag buiten de riolering te houden. Dit leidt tot twee tegengestelde ontwikkelingen: enerzijds het (selectief) aankoppelen van vervuild verhard oppervlak aan het vuilwaterriool van gescheiden stelsels, anderzijds het afkoppelen van niet-vervuild verhard oppervlak van de gemengde stelsels en directe afvoer of infiltratie van de daarop opgevangen neerslag. Zie Afbeelding 1.

AFBEELDING 1 AANPASSINGEN VAN GESCEIDEN EN GEMENGDE RIOOLSTELSELS.



Door de genoemde ontwikkelingen groeien de traditionele gemengde en gescheiden stelseltypen naar elkaar toe. Mede daarom is het van belang ook de emissies op vergelijkbare wijze te bepalen. De in deze handreiking geschetste methodiek biedt daartoe de mogelijkheid en kan tevens worden toegepast op bestaande of nog te ontwikkelen mengvormen van rioolstelsels<sup>4</sup>.

## 2.2 STANDAARDSTELSLS

In het voetspoor van de NWRW-activiteiten is door een CUWVO-werkgroep [2] de 'basisinspanning' geformuleerd, die strikt genomen alleen geldt voor gemengde stelsels. Impliciet is er echter steeds van uitgegaan dat een verbeterd gescheiden rioolstelsel ook aan de basisinspanning voldoet. Als ontwerpcriteria van stelsels die voldoen aan de basisinspanning (standaardstelsel) worden gehanteerd:

- gemengd: 7+2mm berging en 0,7 mm/h pompovertcapaciteit
- gescheiden: 4 mm berging en 0,3 mm/h pompovertcapaciteit

Wanneer in een bepaalde ontwerpsituatie van deze criteria wordt afgeweken, wordt via een emissiestudie gezorgd dat het alternatieve ontwerp gelijkwaardig is aan de basisinspanning (c.q. voldoet aan het waterkwaliteitsspoor).

De emissie-eisen van de basininspanning zijn overigens nooit expliciet gemaakt. Er is dus ook nooit getoetst of de standaardstelsels gemengd en gescheiden wel equivalent zijn.

## 2.3 TOEPASSING VAN SCHATTINGSMETHODEN

Schatting van rioolemissies is aan de orde bij verschillende soorten studies en ontwerpen. In de verschillende stadia van planvorming tussen beleidsstudie en detailontwerp onderscheidt men:

- 1 immissiestudies; kwantificering van verschillende van bronnen van waterverontreiniging; afweging tegen andere emissiebeperkende maatregelen (t.b.v. Waterbeheersplan);
- 2 optimalisatie van het afvalwatersysteem (afweging berging - pompovertcapaciteit - rwa-capaciteit RWZI) (t.b.v. Waterplan/Waterbeheersplan);
- 3 rioolstelselvergelijking en -keuze (t.b.v. GRP);
- 4 rioolstelselontwerp/optimalisatie (t.b.v. BRP):
  - effectbepaling per kern
  - effectbepaling per lozingspunt

Er is geen generieke aanpak voor de emissieschatting beschikbaar, die voor alle typen stelsels bruikbaar is en kan worden toegepast in verschillende soorten studies. De methode van deze handreiking is bruikbaar voor zowel emissieschatting in het kader van immissiestudies, optimalisatie en stelselvergelijking, als voor het bepalen van de jaaremisse van concrete stelselontwerpen.

<sup>4</sup> Een methodiek voor schatting van de emissies van gemengde stelsels is in concept gereed. Het is de bedoeling deze in een later stadium aan deze notitie toe te voegen (zie paragraaf 6.2).

## 2.4 STRATEGIE EMISSIESCHATTING

### 2.4.1 ALGEMEEN

De vuiluitworp van een bepaald rioelstelsel wordt bepaald op grond van bekende gegevens over soortgelijke stelsels of stelseltypen. Het wordt in het algemeen ondoenlijk geacht om de emissie van een stelsel door metingen vast te stellen. Ruwweg zijn er twee wijzen van emissieschatting, die respectievelijk gebruik maken van conceptuele vuiluitworpmodellen en van emissiefactoren.

Op voorhand is duidelijk dat emissiefactoren alleen bruikbaar zijn voor het bepalen van *jaar*-emissies. Door de grote verschillen in buienpatronen en stelselconfiguraties zijn emissies per gebeurtenis zeker niet met een beperkt aantal variabelen te beschrijven.

### 2.4.2 VUILUITWORPMODELLEN

Conceptuele vuiluitworpmodellen zijn gebaseerd op een beschrijving van de transport- en omzettingsprocessen in de riolering. Deze voor gemengde stelsels ontwikkelde modellen maken gebruik van een groot aantal procesparameters en vergen een omvangrijke gegevensinvoer. De vuiluitworp wordt opgegeven als jaaremisse of als emissie per gebeurtenis. Bij modelsimulaties wordt de jaaremisse bepaald door de totale emissie van alle gebeurtenissen in de simulatieperiode te berekenen en die te delen door de lengte van de periode. Voor gescheiden stelsels zijn geen speciale modellen beschikbaar. In voorkomende gevallen gebruikt men een 'gemengd' model met aangepaste parameters (volumebenadering, zie paragraaf 2.5).

Door de omvang en de complexiteit van de modellen zijn er voor de verificatie zeer uitgebreide sets van meetgegevens nodig. Deze zijn niet voorhanden, zodat verificatie achterwege blijft. De uitkomsten van simulaties zijn dan ook als 'educated guesses' te beschouwen. Mede in verband hiermee achten sommige rioleringsdeskundigen de huidige simulatiemodellen dan ook nog niet rijp voor algemeen gebruik [3].

In paragraaf 2.5 is ingegaan op de wijze waarop in met name de eenvoudiger modellen de vrachtberekeningen worden uitgevoerd.

### 2.5.3 EMISSIEFACTOREN

Bij globale benaderingen, zoals via emissiefactoren, wordt de jaaremisse geschat uit een directe relatie tussen input en output-variabelen. De processen in de riolering worden niet expliciet beschreven. In modeltermen spreekt men van een black-box benadering. Inputvariabelen zijn in dit geval de omvang van een vervuilende activiteit of voorziening (de emissieverklarende variabele) en een kenmerkende specifieke vervuilingswaarde (de emissiefactor). Het klassieke voorbeeld van een emissiefactor is het inwonerequivalent: één inwoner loost 54 g BZV per dag. De vuilvracht van een woonkern in kg/d wordt berekend door vermenigvuldiging van deze emissiefactor met het aantal inwoners. Snelle schattingen van de vervuiling van een industriegebied verkrijgt men bijvoorbeeld uit bedrijfstakspecifieke emissiefactoren en de omvang van de productie ter plaatse. Zulke emissiefactoren voor bedrijfsactiviteiten zijn veelal afgeleid uit de gegevens van de landelijke emissieregistratie.

Er is eerder gepoogd ook voor rioelstelsels emissiefactoren af te leiden. Tot dusver waren de resultaten hiervan onbevredigend, omdat te weinig rekening werd gehouden met verschillen in stelseltype, stelseldimensies en specifieke gebiedskenmerken. Een meer gedifferentieerde aanpak kan deze bezwaren ondervangen. De black-box wordt wat minder zwart gemaakt. Emissiefactoren voor riolering uitgedrukt in kg/ha/a sluiten het beste aan bij de opgaven in de internationale literatuur.

## 2.5 VRACHTBEREKENING EN VOLUMEBENADERING

Conceptuele vuiluitworpmoedellen bepalen de vracht uit de vermenigvuldiging van concentratie en volume. De meest geavanceerde modellen berekenen de momentane waarden van volume (debiet) en vuilconcentratie met korte tijdstappen en bepalen daaruit de momentane vracht. Bij minder geperfectioneerde modellen wordt alleen de stroming gemodelleerd. Pas na sommatie van de volumina wordt de vracht berekend van een vaste vuilconcentratie. Bij deze vereenvoudigde modellen wordt voorbijgegaan aan het feit dat het debiet (volume) en de concentratie geen onafhankelijke grootheden zijn. Via bezinking en opwerveling zijn ze in hoge mate gecorreleerd. De waarde van de uitkomsten van deze vereenvoudigde simulatiemodellen is dan ook dubieus. Om die reden ziet men vaak helemaal af van vrachtberekeningen en beschouwt alleen het uitworpvolume (volumebenadering). Dat is op zich niet verkeerd, maar het is dan onmogelijk om uitspraken te doen over het effect van de rioolwaterlozingen in het ontvangende oppervlaktewater.

Door een directe schatting te maken van de vuilvracht worden de - vooralsnog ongrijpbare - afhankelijkheden en onzekerheden in volumina en concentraties omzeild. Tevens wordt zo vermeden dat gegevens van verschillende herkomst worden gecombineerd (bijv. geschatte concentraties uit de literatuur met door simulatie berekende waterhoeveelheden).

## 2.6 JAARVRACHTEN EN EFFECTVOORSPELLING

De effecten van rioolwaterlozingen spelen zich af op verschillende tijdschalen. Sommige effecten zijn kort na een lozing al waarneembaar, andere manifesteren zich pas na lange tijd. Zie Tabel 10.

Ruwweg is een tweedeling aan te geven tussen 'snelle' processen (menging, verplaatsing, zuurstofverbruik en afsterving kiemen in de waterfase) en de 'langzame processen' (eutrofiëring, (bio)accumulatie, afsterving in het sediment). Voor de snelle processen is de emissie per gebeurtenis maatgevend; voor de langzame de jaaremissie. Jaaremissies zijn dan ook voor vele toepassingen (effectvoorspellingen van lozingen van slib, eutrofiërende stoffen, zware metalen en organische microverontreinigingen, stofstromanalyses, waterketenstudies en watersysteemverkenningen) voldoende.

Alleen de korte termijngevolgen voor de zuurstofhuishouding blijven zo buiten beeld. De omvang van de vuilemissie BZV of CZV zegt echter op zichzelf weinig over de gevolgen daarvan voor de zuurstofhuishouding. Daarom is voor de evaluatie van deze gevolgen sowieso een andere aanpak noodzakelijk, die tevens de kenmerken van het ontvangende oppervlaktewater in rekening brengt.



TABEL 10 TIJDSCHALEN VAN PROCESSEN IN HET OPPERVLAKTEWATER (INDICATIEF)

	uren	dagen	weken	jaren
menging	X			
bezinking	X (waterfase)			X (sediment)
verplaatsing	X	X		
zuurstofuitputting		X		
eutrofiëring			X	X
bioaccumulatie van zware metalen en omive's				X
sedimentvorming				X
accumulatie zware metalen en omive's in de waterbodem				X
afsterving ziektekiemen		X (waterfase)	X (sediment)	

# 3

## WERKWIJZE

### 3.1 EISEN AAN SCHATTINGSMETHODEN

In hoofdstuk 2 is een aantal kanttekeningen geplaatst bij de theorie en de huidige praktijk van emissieschatting. De belangrijkste tekorten zijn het gebrek aan consistentie en verificatie. Hierna is een consistente inschattingmethode voor de vuilemissie van gescheiden rioolstelsels geformuleerd, die mede gebaseerd is op de Nederlandse direct gemeten vrachtgegevens. Hiermee worden de genoemde bezwaren in belangrijke mate ondervangen. De beperkte aandacht die daarbij is gegeven aan de hydraulische processen zal misschien verbazing wekken. Toch is dit bij emissieschattingen onontkoombaar, zolang de mogelijkheden om de kwaliteitscomponent even fijnzinnig aan te pakken en het concept als geheel te verifiëren ontbreken.

### 3.2 UITWERKING

De wijze waarop de vuilemissies zijn bepaald wijkt op verschillende punten af van de traditionele aanpak:

1. Gewoonlijk wordt de vuilvracht (in kg) geschat door een berekend of geschat volume ( $m^3$ ) te vermenigvuldigen met een gemiddelde vuilconcentratie ( $kg/m^3$ ). In de hier besproken aanpak is uitgegaan van *vrachtgegevens* als zodanig.
2. De vracht is bepaald uit (specifieke) emissiefactoren en een emissieverklarende variabele, zoals dat in stofstroomstudies gebruikelijk is.
3. Er is uitgegaan van in de literatuur gerapporteerde meetgegevens. De resultaten hiervan zijn vergeleken met de NWRW-gegevens.

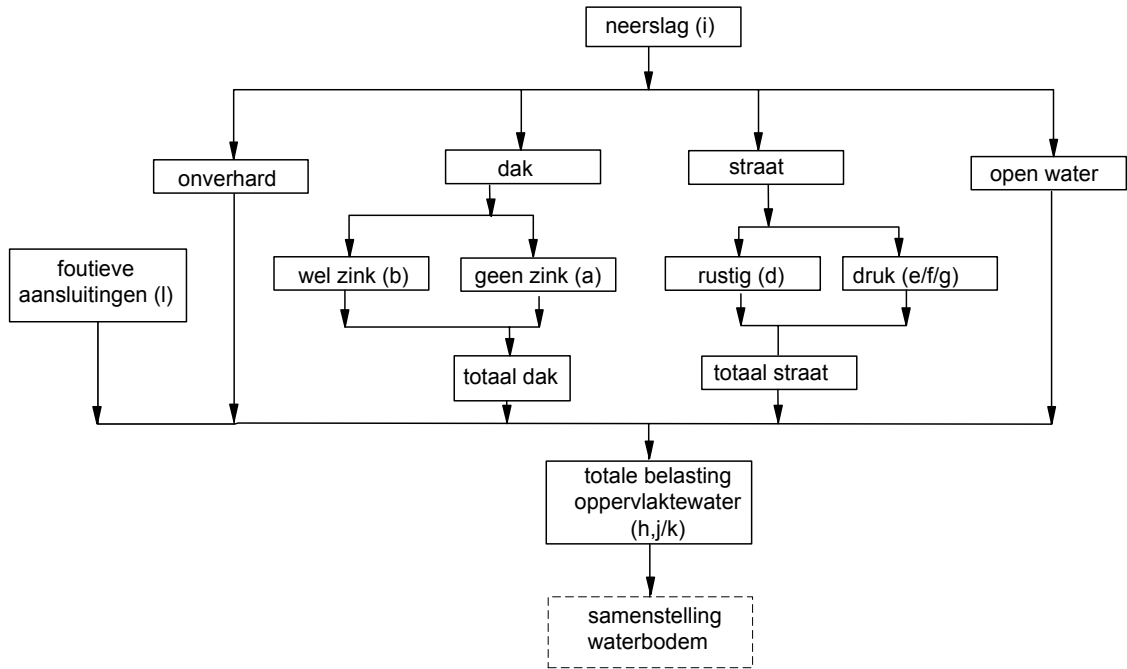
Voor gescheiden rioolstelsels is de omvang van het aangesloten verhard oppervlak de meest voor de hand liggende emissieverklarende variabele. Dit laatste is bevestigd in een kort verkennend onderzoek, waarbij de NWRW-vuilitworpgegevens zowel naar de omvang van het verhard oppervlak als naar het aantal inwoners zijn teruggerekend.

Er is onderscheid gemaakt naar verschillende typen verhard oppervlak, te weten daken en wegen, en voor beide een meer en een minder vervuilde variant. Deze mate van vervuiling is gerelateerd aan het dakmateriaal, respectievelijk de verkeersintensiteit. Uiteraard kunnen ook lokale puntbronnen van luchtverontreiniging (overslagbedrijf, vuilverbranding) een rol spelen. Deze laatste invloeden zijn echter niet te vatten in generieke factoren en dienen apart te worden verdisconteerd.

### 3.1 STOFSTROOMSCHEMA

Om te komen tot eenduidige emissiefactoren is gebruik gemaakt van het onderstaande stofstroomschema (zie Afbeelding 2).

AFBEELDING 2 STROMEN NAAR HET OPPERVLAKTEWATER (DE LETTERS BIJ DE STROMEN VERWIJZEN NAAR DE KOLOMMEN IN DE NAVOLGENDE TABELLEN)



## 4

## EMISSIEFACTOREN

## 4.1 RESULTAAT LITERATUURONDERZOEK

De vraag naar kwantificering van de emissie via afstromend regenwater heeft in de jaren '80 en '90 ook buitenlandse onderzoekers beziggehouden. Niettemin is het aantal publicaties waarin bruikbare vruchtgegevens zijn gerapporteerd, niet groot. De gevonden literatuurwaarden zijn herleid op emissiefactoren voor verschillende soorten verhard oppervlak, met waar mogelijk een onderscheid naar de mate van vervuiling<sup>5</sup>. Waar geen bruikbare gegevens werden gevonden is de tabel leeg gelaten.

## 4.2 DAKEN

Tabel 11 presenteert emissiefactoren voor daken, inclusief de bijbehorende goot- en afvoersystemen. Het materiaal van deze laatste is doorslaggevend voor de emissie van de metalen zink en lood<sup>6</sup>. Een daksysteem zonder uitlogende materialen voert slechts een fractie af van de hoeveelheden zink en lood die bij een traditioneel dak met loodslabben en gesoldeerde zinken goten vrijkomen.

TABEL 11 EMISSIEFACTOREN DAKEN EN GOTEN (INCLUSIEF BIJDRAGE ATMOSFEER)

parameter	'schoon' dak (kg/ha/a)	'vuil' dak algemeen (kg/ha/a)	dak met loodslabben en gesoldeerde zinken goten (kg/ha/a)
stroom	a	b1	b2
CZV	60		
droge stof	90		
NH <sub>4</sub> -N of Kjeldahlstikstof	7,5		
Zn	0,1	0,5	3
Pb	0,06 <sup>1</sup>	0,06	0,3
Cu	0,04	0,12	0,04

<sup>1</sup> op basis van waarden voor 'daken algemeen' en 'asbest daken'

## 4.3 WEGEN

Tabel 12 geeft de emissies van de straten en wegen. Een 'rustige' straat is duidelijk minder vervuילend dan een drukke straat of een ontsluitingsweg. Bij snelwegen is het type asfalt van belang. Een zoab-wegdek (met vluchtstroken) heeft onmiskenbare milieuvordelen [5].

<sup>5</sup> Een meer volledige verantwoording van het literatuuronderzoek valt buiten het bestek van deze notitie. Hiervoor wordt verwezen naar [4].

<sup>6</sup> En van koper, in voorkomende gevallen. Hierover is echter geen literatuur gevonden.

TABEL 12 EMISSIEFACTOREN STRATEN EN WEGEN (INCLUSIEF BIJDRAGE ATMOSFEER)

parameter	'rustige' straat (kg/ha/a)	'drukke' straat (kg/ha/a)	snelweg dicht asfalt (kg/ha/a)	snelweg zoab (kg/ha/a)
stroom	d	e	f	g
BZV		22*		
CZV	40	250/300*		
droge stof	100	700	250	100
NH <sub>4</sub> -N of Kjeldahlstikstof	3			
totaal fosfor		0,9*		
Zn	0,4	0,8*/1,3	1/2,1**	1/1**
Pb	0,2	0,9/1,1*	0,2/0,6**	0,05/0,08**
Cu	0,1	0,2	0,2/0,24**	0,07/0,13**

\* drukke straat: gewogen gemiddelde concentraties; waarden Houtribdreef Lelystad \*2,5 (3189 vtg/d, '84-'85)

De grens tussen de categorieën "rustige straat" en "drukke straat" ligt vrij hoog, in de orde van duizenden voertuigen per etmaal.

#### 4.4 SYNTHESE

Om een indruk te krijgen van de vuiluitworp van een normaal gescheiden stelsel in een rustige woonwijk met emissiearme dakbedekking zijn bovenstaande emissiefactoren gecombineerd (zie Tabel 13). Deze waarden zijn tevens vergeleken met de door het RIVM gemeten atmosferische depositie (nat +droog).

De geschatte emissiefactoren voor zo'n gebied blijken 30 à 50% boven de directe depositie te liggen. De emissiefactor voor stikstof is juist veel lager dan de atmosferische depositie, maar deze lage waarde komt wel overeen met recent Amsterdams veldonderzoek. Hoewel het geschetste beeld dus alleszins redelijk aandoet, is vergelijking met direct gemeten vrachtgegevens noodzakelijk. Daarop wordt in de volgende paragraaf ingegaan.

Foutieve aansluitingen, waarbij een afvalwaterstroom, zoals een wasmachine, op het regenwaterriool is aangesloten, vormen een potentieel probleem bij gescheiden stelsels. Harde veldgegevens ontbreken echter veelal. Uit de in Tabel 13 genoemde emissiefactoren kan worden afgeleid dat foutieve aansluitingen vooral van belang zijn m.b.t. organische vervuiling. Een dichtheid van 1% foutieve aansluitingen levert een jaaremissie zuurstofverbruikende stoffen op die vergelijkbaar is met het emissieniveau van een gescheiden stelsel, waarop alleen 'schone' verharding is aangesloten (zie respectievelijk de stromen *i* en *a+d* in Afbeelding 2). Voor de emissie van zware metalen zijn foutieve aansluitingen relatief onbetekenend.

TABEL 13 EVALUATIE EMISSIEFACTOREN VOOR EEN 'SCHONE EN RUSTIGE' WOONWIJK

parameter	'schoon' dak (kg/ha/a)	'rustige' straat (kg/ ha/a)	synthese bij 50/50- verdeling (kg/ha/a)	alleen atmosferische depositie (kg/ha/a)
stroom	a	d	h	i
CZV	60	40	50	
droge stof	90	100	95	
NH <sub>4</sub> -N of Kjeldahlstikstof	7,5	3	5*	
totaal fosfor			*	0,74
Zn	0,1	0,4	0,25	0,12
Pb	0,06	0,2	0,13	0,08
Cu	0,04	0,1	0,07	0,03

\* uit de metingen aan de inloop van het helofytenfilter Erasmusgracht [6] zijn de volgende emissiefactoren afgeleid: 5,8 kg/ha/a N; 0,75 kg/ha/a P

# 5

## EVALUATIE

### 5.1 VERGELIJKING MET DE NWRW-RESULTATEN

De resultaten van het NWRW-onderzoek voor verbeterd gescheiden stelsels [7] zijn gebruikt om de in Tabel 13 afgeleide emissiefactoren te evalueren. Voorop stond de vraag of een optimaal 'schoon' gescheiden stelsel zich qua emissie zou kunnen meten met het ideaal van de NWRW: het verbeterd gescheiden rioolstelsel. Tabel 14 toont het resultaat. Uit de vergelijking (kolommen *j* en *h*) blijkt dat deze verwachting door meetgegevens wordt ondersteund.

Dit laatste betekent dat voor een 'schone en rustige' woonwijk met een in goede conditie verkerend en goed onderhouden gescheiden stelsel grotendeels of volledig aan de basisinspanning is voldaan. Deze constatering is natuurlijk van grote betekenis voor het beleid ten aanzien van bestaande gescheiden stelsels. Een nadere onderbouwing door gerichte emissiemetingen aan (daarvoor in aanmerking komende) regenwaterstelsels lijkt zeker gerechtvaardigd.

TABEL 14 VERGELIJKING VAN DE EMISSIEFACTOREN MET NWRW-RESULTATEN

parameter	NWRW: gescheiden stelsel (kg/ha/a)	NWRW: verbeterd gescheiden stelsel (kg/ha/a)	'schone en rustige' woonwijk (kg/ha/a)	NWRW: verbeterd gemengd stelsel <sup>1</sup> (kg/ha/a)	generieke inschatting basisinspanning (kg/ha/a)
stroom	<i>j</i>	<i>j</i>	<i>h</i>	zie paragraaf 5.2	zie paragraaf 5.2
BZV	30	3,2	2	9	10
CZV	370	38	50	37	50
droge stof	290	100	95	17	100
NH <sub>4</sub> -N of Kjeldahlstikstof	10	2,1	5	2,7	5
NO <sub>3</sub> -N	20		2		10?
totaal fosfor	2,6	0,5	2	0,6	0,6
Zn	2	0,3	0,25	0,1	0,3
Pb	0,3 <sup>3</sup>	0,02	0,13 <sup>2</sup>	0,01	0,05?
Cu	0,1	0,01	0,07 <sup>2</sup>	0,02	0,05?

<sup>1</sup> afgeleid uit NWRW-emissiegegevens van het stelsel Bodegraven [7], uitgaande van 150 inwoners per ha v.o.

<sup>2</sup> deze waarden dienen te worden bepaald/geverifieerd door emissiemetingen.

<sup>3</sup> waarschijnlijk is deze waarde door de invoering van loodvrij benzine inmiddels veel lager; daarom is 0,05 als emissiefactor voorgesteld.

## 5.2 KWANTIFICERING VAN DE BASISINSPANNING

De mogelijkheid om de vuiluitworp van een gescheiden stelsel dat aan de basisinspanning voldoet te kwantificeren, roept de vraag op naar vergelijking met een state-of-the-art (=verbeterd) *gemengd* stelsel. In de twee meest rechtse kolommen van Tabel 14 is dit in beeld gebracht. Jaaremissies van een gemengd stelsel met randvoorziening zijn als zodanig niet gemeten. In plaats daarvan zijn de gegevens van het gemengde rioolstelsel van Bodegraven gebruikt, dat qua berging en pompoevercapaciteit ongeveer voldoet aan de basisinspanning. Het effect van een nageschakelde randvoorziening is apart verrekend.

Deze vergelijking geeft aan dat de jaarlijkse vuiluitworp van beide typen stelsels na uitvoering van verbeteringsmaatregelen op vrijwel hetzelfde emissieniveau uitkomt. Dit levert een belangrijke empirische basis voor een voor alle stelseltypen gelijklopende basisinspanning, die concrete toetswaarden voor de jaarlijkse vuilvrachten bevat. Een consistente formulering van de basisinspanning in termen van vuilemissie, die in de NWRW-rapportage ontbreekt, komt hiermee binnen bereik.



# 6

## CONCLUSIES

### 6.1 VOORDELEN VAN DE NIEUWE AANPAK VOOR SCHATTING VAN DE JAAREMISSIE

1. snelle methode, ook geschikt voor niet-standaard stelsels;
2. universele emissiefactoren gecombineerd met eenvoudige gebiedskenmerken;
3. directe vrachtbepaling; geen vermenging van meet- en rekengegevens;
4. getoetst aan internationale literatuur en Nederlandse veldgegevens;
5. analoge aanpak van jaaremissie gemengde stelsels is mogelijk;
6. bruikbaar voor zowel stofstroomstudies als evaluatie van alternatieve ontwerpen.

### 6.1 MOGELIJKE FOLLOW-UP

1. verantwoording van het primaire literatuuronderzoek, dat alleen is gerapporteerd in DWR-rapporten;
2. uitschrijven van de analoge benadering voor gemengde stelsels en integreren tot een generieke methode;
3. toepassen van de integrale benadering in een aantal te selecteren cases;
4. ontwerpen en uitvoeren meetprogramma lood en koper;
5. uitwerken, inbouwen en toepassen effectvoorspelling zuurstofhuishouding.

Met de uitvoering van de items 1 en 2 is een tijdsbesteding in de orde van 5 mandagen gemoeid. Item 3 zal, afhankelijk van de mogelijkheden om mee te liften met reeds verrichte of voorgenomen werkzaamheden 5 à 15 mandagen per case vergen.

De items 4 en 5 zullen meer inspanning vergen. Het is echter aan te bevelen om deze pas ter hand te nemen wanneer de resultaten van de items 1-3 daartoe aanleiding geven.

# 7

## REFERENTIES

1. Sluis van, J.W., *De POK verbergen. Optimalisatie van het afvalwatersysteem van Amsterdam*, 1995, DHV Water BV in opdracht van Riolering en Waterhuishouding Amsterdam. Projectgroep OASA.
2. CUWVO, *Aanbevelingen voor beperking van emissies uit rioolstelsels*. 1992, Subwerkgroep VI.
3. Clemens, F.H.L.R., *Hydrodynamic models in urban drainage: application and calibration*. 2001.
4. Sluis van, J.W., *Vuilemissie uit regenwateruitlaten. Aanzet tot kwantificering basisinspanning*. 2001, DHV Water BV in opdracht van DWR, sectoren Waterbeheer en Riolering Amsterdam.
5. Pagotto, C., M. Legret, and P.le. Cloirec, *Comparison of the hydraulic behaviour and the quality of highway runoff water according to the type of pavement*. Water Research (2000) **34**(18): p. 4446-4454.
6. Dijk van, J. and B. Boekee, *Helofytenfilter Erasmusgracht. Onderzoek naar de toepasbaarheid van een helofytenfilter als randvoorziening bij gescheiden stelsels*. 1999, DWR sector Waterbeheer Amsterdam.
7. Sluis van, J.W., D ten Hove and B. de Boer, *Eindrapport van het NWRW-onderzoek 1982-1987*. 1989, DHV Water BV in opdracht van Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit.
8. Clewits, M.R.A., H.A.T.M. van Wezel, *Regenwaterlozingen. Samenstelling en vrachten van deelstromen uit gescheiden stelsels*. 1997, DHV Water BV in opdracht van Riolering en Waterhuishouding Amsterdam, sector Riolering.
9. Clewits, M.R.A, *Factoranalyse OASA-VORK. Invloed van ombouw van gescheiden stelsels op de water- en stofbalansen in 11 stedelijke polders in Amsterdam*. 1996, DHV Water BV in opdracht van Riolering en Waterhuishouding Amsterdam, projectgroep OASA.

## BIJLAGE 1

# VOORGESCHIEDENIS

In het onlangs verschenen rapport van een studie naar emissiefactoren voor gescheiden rioolstelsel [4] is een analyse gemaakt van de omgevingsfactoren die van invloed zijn op de (jaarlijkse) vuilvracht die uit regenwateruitlaten wordt geloosd. Het is mogelijk gebleken om atmosferische invloed en verschillende typen verhard oppervlak in emissieverklarende variabelen te vertalen en de daarmee corresponderende emissiefactoren af te leiden. Hiervoor is gebruik gemaakt van internationale literatuurgegevens, voornamelijk uit de periode 1990-2000. Dit resultaat is tevens vergeleken met de NWRW-uitkomsten. De overeenstemming was treffend, zeker gezien in het licht van de spreiding van emissiewaarden die via computersimulatie worden verkregen.

Om houvast te krijgen voor het te voeren beleid is voor DWR tevens nagegaan hoe de emissie van een schoon gescheiden stelsel in een rustige woonwijk met inerte dakmaterialen zich verhoudt tot die van een verbeterd gescheiden stelsel. Deze waarden bleken goed overeen te stemmen! Daarmee was ook de vraag naar vergelijking met een state-of-the-art gemengd stelsel aan de orde. Ook deze waarden bleken voor verschillende soorten vervuiling verrassend dicht bij elkaar in de buurt te liggen. Hiermee ontstond een onverwacht perspectief op een consistente getalsmatige formulering van de basisinspanning, waarnaar de NWRW vergeefs heeft gezocht.

De riolering van Amsterdam bestaat voor meer dan de helft uit gescheiden rioolstelsels. Deze stelsels worden beheerd door de sector Riolering Amsterdam van de Dienst Waterbeheer en Riolering (DWR). DWR voerde in de periode (1993-1997) het project Optimalisatie Afvalwatersysteem Amsterdam uit [1], onder andere voor het kiezen van een strategische aanpak van de gescheiden stelsels. Het OASA-project toonde aan dat in sommige stedelijke polders in Amsterdam de lozingen uit regenwateruitlaten van de gescheiden stelsels leiden tot vervuiling van oppervlaktewater en waterbodem. Het was echter duidelijk dat een integrale ombouwoperatie van gescheiden naar verbeterd gescheiden niet realistisch zou zijn. Er was dringend behoefte aan gegevens waarmee een gedifferentieerde aanpak kon worden geformuleerd en onderbouwd.

Vervolgens werd de invloed van verschillende bronnen van zink op de kwaliteit van de waterbodem onderzocht, toegespitst op de gescheiden stelsels. Ten behoeve hiervan werd een literatuuronderzoek verricht naar de emissiefactoren voor afstromend regenwater [8] en werden globale stofbalansen voor het oppervlaktewatersysteem per polder opgesteld [9]. De resultaten van het literatuuronderzoek zijn vergeleken met de uitkomsten van het NWRW-onderzoek, alvorens ze in de stofstroomstudies toe te passen.

Het onderhavige rapport beoogt mede deze voor DWR ontwikkelde benadering verder uit te bouwen en meer algemeen toe te passen bij stofstroomstudies en beoordeling van rioolstelsels op de emissie naar het oppervlaktewater.

# ACHTERGROND DOCUMENT BIJ SESRIO

## DEEL III PILOTS

### INHOUD

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>3</b>
1.1	Wat is SESRIO?	3
1.2	Waarom Pilots?	3
<b>2</b>	<b>WERKWIJZE</b>	<b>5</b>
2.1	Algemeen	5
2.2	Basisgegevens	5
2.3	Emissieberekeningen	5
2.4	Randvoorzieningen en andere verbeteringsmaatregelen	6
2.5	Gevoeligheid voor aard van verhard oppervlak	6

<b>3</b>	<b>PILOT WATERSCHAP REEST EN WIEDE</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	Toepassing	8
<b>3.2</b>	Werkwijze	8
<b>3.3</b>	Aanvullende aannamen	8
<b>3.4</b>	Presentatie resultaten	9
<b>4</b>	<b>PILOT WATERSCHAP AA EN MAAS</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	Toepassing	10
<b>4.2</b>	Werkwijze	10
<b>4.3</b>	Aanvullende aannamen	10
	4.3.1 Randvoorzieningen	11
	4.3.2 Verhad Oppervlak	11
<b>4.4</b>	Presentatie resultaten	11
<b>4.5</b>	Vergelijking met andere emissieschatting	13
<b>5</b>	<b>PILOT ZUIVERINGSSCHAP HOLLANDSE EILANDEN EN WAARDEN</b>	<b>15</b>
<b>5.1</b>	Toepassing	15
<b>5.2</b>	Werkwijze	15
<b>5.3</b>	Aanvullende aannamen	15
<b>5.4</b>	Presentatie resultaten	15
<b>6</b>	<b>PILOT GEMEENTE UTRECHT</b>	<b>17</b>
<b>6.1</b>	Toepassing	17
<b>6.2</b>	Werkwijze	17
<b>6.3</b>	Aanvullende aannamen	17
<b>6.4</b>	Presentatie resultaten	17
<b>6.5</b>	Vergelijking met andere eerdere emissieschatting	18
<b>7</b>	<b>CONCLUSIES</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>COLOFON</b>	<b>21</b>

# 1

## INLEIDING

### 1.1 WAT IS SESRIO?

SESRIO is een afkorting van Snelle EmissieSchatting RIOolstelsels. Het is een methodiek waarmee op basis van een minimum aan ingezamelde gegevens een snelle en betrouwbare schatting kan worden gegeven van de emissie van verontreinigingen naar oppervlaktewater vanuit gemengde en gescheiden rioolstelsels.

In dit rapport is de werkwijze weergegeven die is aangehouden bij de toepassing van de methodiek op een viertal pilots, en wordt ingegaan op de behaalde resultaten. Een gedetailleerde en onderbouwde beschrijving van de methodiek treft u aan in het hoofdrapport ((STOWA, 2005 #356)).

### 1.2 WAAROM PILOTS?

#### DOEL

Doel van het hier gerapporteerde onderzoek is te toetsen of de methodiek SESRIO breed toepasbaar is. Hiervoor is een viertal pilots uitgevoerd. Voor elk der pilots zijn benodigde gegevens aangevraagd en zijn emissieschattingen gemaakt volgens de in het hoofdrapport omschreven methodiek. Het onderzoek betreft vier rioleringsgebieden verspreid over Nederland zoals weergegeven in tabel 1.

#### ONDERZOEKSVRAGEN

De onderzoeksvragen die bij elk der pilots gesteld worden, zijn:

- Past de SESRIO-benadering bij deze case?
- Zijn de benodigde gegevens te vinden?
- Wat zijn extra aannamen die moeten worden gehanteerd?
- Bevalt het resultaat?
- Wat kan beter?

#### INTRODUCTIE PILOTS

In tabel 2 staan per SESRIO-pilot de contactpersonen weergegeven. Zij hebben bijgedragen aan het tot stand komen van de basisgegevens op basis waarvan de SESRIO-exercities zijn uitgevoerd. Met deze personen is bilateraal overleg gevoerd indien onduidelijkheden in de aangeleverde gegevensbestanden werden aangetroffen en is besloten welke aanvullende aannames bij uitwerking van de cases moesten worden genomen. In de rapportage per pilot in de volgende hoofdstukken is dit toegelicht.

De resultaten van de SESRIO-pilots zijn door genoemde contactpersonen verwerkt in betreffende projecten. Daar waar reeds eerdere emissieschattingen hadden plaatsgevonden, is in de voorliggende studie een vergelijking met de emissieschatting volgens SESRIO gemaakt.

TABEL 15 UITGEWERKTE PILOT-GEBIEDEN

Organisatie	Gemeenten	aantal deelstelsels (verbeterd) gemengd	aantal deelstelsels (verbeterd) gescheiden
Waterschap Reest en Wiede	Steenwijk	3	10
	Westerveld	21	3
Waterschap Aa en Maas	Deurne	11	4
	Someren	9	4
	Helmond	13	14
	Asten	7	2
Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden	Bergambacht	18	5
	Gouda	1	1
	Krimpen aan den IJssel	3	3
	Nederlek	14	2
	Ouderkerk	3	4
	Schoonhoven	5	3
	Vlist	13	1
Gemeente Utrecht	Utrecht	16	-
	De Meern	4	-
	Vleuten-De Meern	7	-
	Vleuten	2	1

TABEL 16 CONTACTPERSONEN EN CONTEXT VAN DE PILOT

Contactpersoon	SESRIO-Pilot	bijdrage aan project
Arnold Lassche en Chris De Blois (RIZA)	WS Reest en Wiede	Emissiestudie nutriënten in landelijk gebied
Erik Matla en Ronnie van Boekel	WS AA en Maas	Emissiebeheersplan deelgebied Zuid
Teije Dalstra en Henk Smit	ZHEW	Gebiedsstudie Krimpenerwaard
Erwin Rebergen	Ingenieursbureau Utrecht	Waterplan Utrecht

# 2

## WERKWIJZE

### 2.1 ALGEMEEN

Voor deze pilot-studies zijn gegevens verzameld en aangeleverd door de in Tabel 15 aangegeven beheerders. Bij de toepassing van SESRIO voor deze pilot-gebieden, wordt gebruik gemaakt van de karakteristieken per onderscheiden deelstelsel. DHV heeft daarvoor een standaard-format aangereikt. Dit is echter niet in alle gevallen gebruikt. De emissieberekeningen worden gedaan per deelstelsel. Er worden vier typen stelsel onderscheiden, te weten: gemengd (GM), verbeterd gemengd (VGM), gescheiden (GS) en verbeterd gescheiden (VGS). De berekeningsresultaten worden in dit rapport gepresenteerd als gesommeerde jaarvrachten voor deze typen, uitgesplitst naar gemeenten.

### 2.2 BASISGEGEVENS

- Voor gemengde (GM) en verbeterd gemengde (VGM) stelsels is gebruik gemaakt van het verhard oppervlak (Ah) en de berging (B) in het stelsel. Het gaat hier om de totale berging per deelstelsel inclusief eventuele randvoorzieningen.
- Bij gescheiden (GS) en verbeterd gescheiden (VGS) deelstelsels is uitgegaan van het opgegeven verhard oppervlak en, voor zover van belang, de onderverdeling daarvan in schone en/of vuile daken en rustige en/of drukke wegen. Veelal is uitgegaan van een verdeling die overeenkomt met het landelijk gemiddelde omdat gebiedsspecifieke informatie ontbrak.

Voor een snelle emissieschatting van riolering kan volstaan worden met een minimum aan informatie zoals in Tabel 17 is weergegeven.

TABEL 17 BENODIGDE GEGEVENS PER TYPE STELSEL VOOR EEN EMISSIESCHATTING MET SESRIO

	Gemengd stelsel	Gescheiden stelsel
Afvoerend verhard oppervlak	ja	ja
Aard verhard oppervlak		ja
Rioolberging	ja	

### 2.3 EMISSIEBEREKENINGEN

De emissieberekening per stof vindt per deelstelsel plaats op basis van een vermenigvuldiging van het afvoerend oppervlak met een emissiefactoren. De emissiefactoren zijn gespecificeerd per deelstelsel:

- Voor (verbeterd) gemengde stelsels zijn de emissiefactoren afhankelijk van de berging inclusief randvoorziening (zie 2.3.1);
- Emissiefactoren voor (verbeterd) gescheiden stelsels zijn afhankelijk van het type oppervlak (vervuild of schoon dak; drukke of rustige wegen);



- De emissieberekening van verbeterd gemengde stelsels houdt wel rekening met volumereductie door bergingsvergroting maar niet met het bezinkingsrendement van randvoorziening;
- De emissieberekening van verbeterd gescheiden stelsels houdt geen rekening met het emissiereducerend effect van aanvullende verbeteringsmaatregelen.

### 2.3.1 RANDVOORZIENINGEN EN ANDERE VERBETERINGSMAATREGELEN

Voor randvoorzieningen aan gemengde stelsels wordt in SESRIO nog geen rekening gehouden met het emissiereducerend effect van sedimentatie. Wel wordt in rekening gebracht de volumereductie van overstorting uit gemengde stelsels als gevolg van een grotere berging door de aangelegde randvoorziening. Als de eindgebruiker rekening wenst te houden met het emissiereducerend effect van randvoorzieningen (bijvoorbeeld als gevolg van sedimentatie), kan er nog een nabewerking van de resultaten plaats vinden door een overall reductiepercentage op de emissieberekeningen toe te passen.

Voor de SESRIO-berekeningen van gemengde stelsels maakt het dus geen verschil of het gaat om deelstelsels met of zonder randvoorzieningen, zolang de totale berging maar in rekening is gebracht.

Ook voor gescheiden stelsel met aanvullende verbeteringsmaatregelen wordt in de SESRIO-berekeningen geen emissiereductie in rekening gebracht. Ook hier wordt een extra interpretatieslag van de eindgebruiker gevraagd.

### 2.3.2 GEVOELIGHEID VOOR AARD VAN VERHARD OPPERVLAK

Om een indruk te geven in hoeverre de emissieberekeningen worden beïnvloed door de keuze van de verdeling van type verhard oppervlak, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Gebiedsspecifieke informatie voor één van de pilots (WS Aa en Maas) wijst uit dat in Deurne van het dakoppervlak ongeveer 70% als “bestaand dak met zink” en 30% als “nieuw dak zonder zink” is te typeren. In een gevoeligheidsanalyse is bekeken wat er uit de emissieberekeningen komt als deze verhoudingen anders liggen.

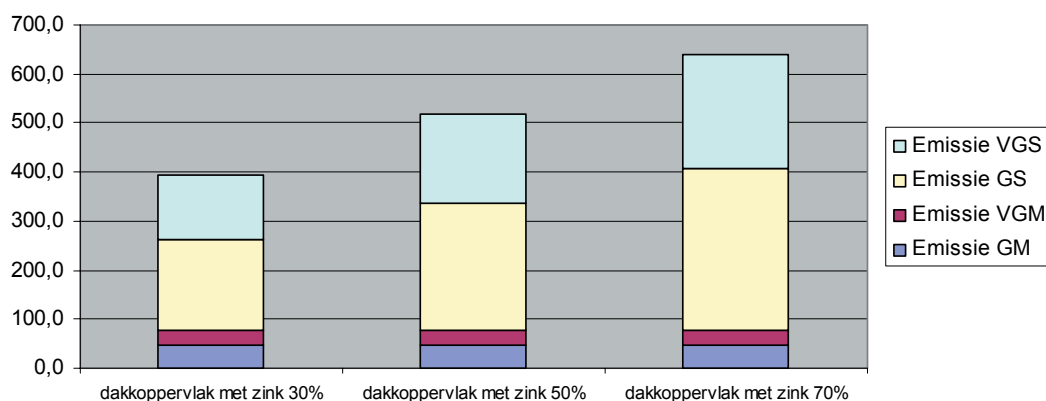
In Tabel 18 is het resultaat voor een willekeurige situatie weergegeven voor de emissieberekening van zink. Bij deze voorbeeldberekening is voor de emissiereductie van de aanvullende maatregelen aan het VGS een rendement van 30% meegenomen. Voor het verbeterd gemengde stelsel is alleen de emissiereductie als gevolg van de bergingstoename (4 mm) meegenomen. Uit het resultaat blijkt dat een andere verhouding van type dakoppervlak aanzienlijk scheelt in de emissieschatting voor (verbeterd) gescheiden stelsels. Bij het omkeren van de verhoudingen 70/30 naar 30/70 blijkt de emissieschatting van zink voor de (verbeterd) gescheiden deelstelsels nagenoeg gehalveerd te worden. Ook voor de totale emissie vanuit het rioolstelsel zijn de verschillen aanzienlijk.

TABEL 18 GEVOELIGHEIDSANALYSE VAN EMISSIESCHATTING MET SESRIO VOOR ZINK (G/JAAR) VOOR HET PERCENTAGE DAKOPPERVLAK MET ZINK

A [ha]	0,25	0,25	0,25	0,25	1	
B [mm]	7	11	--	--	--	
	Emissie GM	Emissie VGM	Emissie GS	Emissie VGS	Emissie Totaal	eenheid
dakkoppervlak met zink 30%	48,3	28,8	186,3	130,4	<b>393,7</b>	[g/jaar]
dakkoppervlak met zink 50%	48,3	28,8	258,8	181,1	<b>517,0</b>	[g/jaar]
dakkoppervlak met zink 70%	48,3	28,8	331,3	231,9	<b>640,2</b>	[g/jaar]
<i>rustige straat : drukke wegen = 80% : 20%</i>						
overall rendement Emissiereductie (VGS-GS)/GS [%]	30%					

De resultaten worden hieronder ook in histogramvorm gepresenteerd.

AFBEELDING 3 EMISSIEFACTOR ZINK IN AFHANKELIJKHEID VAN PERCENTAGE DAKOPPERVLAK MET ZINK



De aanname voor de procentuele verdeling van het type dakoppervlak heeft dus grote invloed op het eindresultaat van de emissieschatting.

# 3

## PILOT WATERSCHAP REEST EN WIEDE

### 3.1 TOEPASSING

Uitwerking en resultaten van deze pilot stonden ten dienste van een gebiedsstudie uitgevoerd door Waterschap Reest en Wiede in samenwerking met RIZA. Deze gebiedsstudie richtte zich op een emissieschatting van nutriënten totaal fosfaat en totaal stikstof voor landelijk gebied. Om dit beeld compleet te maken, is in het kader van deze pilot de SESRIO-methodiek toegepast op de in het studiegebied liggende rioleringsstelsels van dorpskernen vallend onder de gemeenten Steenwijkerland en Westerveld.

### 3.2 WERKWIJZE

De karakteristieken van deelstelsels binnen de gemeenten Steenwijkerland en Westerveld zijn door het waterschap aangeleverd in een Excel-sheet. Het betreft hier een uitgebreide lijst van deelstelsels waarvoor maar ten dele gegevens zijn ingevoerd. Voor een groot aantal kernen of dealkernen gaat het om drukriolering. Deze deelstelsels zijn niet meegenomen.

Over de inhoud van deze sheet en over de aanpak van de verdere verwerking bij ontbrekende gegevens is regelmatig contact geweest tussen DHV en het waterschap. Het ging om verhelderende uitleg en maken van afspraken over hoe om te gaan met ontbrekende gegevens. Verder is door DHV tekst en uitleg gegeven over de gevolgde werkwijze en de resultaten, dit ten behoeve van de rapportage van de gebiedsstudie van Waterschap Reest en Wiede.

Bij navraag omtrent ontbrekende gegevens gaf het waterschap aan dat de SESRIO benadering alleen voor die gebieden hoefde te worden uitgevoerd waar karakteristieken voor waren ingevuld. Verder is in tweede instantie besloten om, naast gemengde stelsels, ook een analyse van de emissies van nutriënten door gescheiden stelsels te maken.

### 3.3 AANVULLENDE AANNAMEN

Als gevolg van het ontbreken van gegevens en onduidelijkheden in de geleverde gegevensbestanden zijn in overleg met het waterschap de volgende aannamen gedaan.

- Type stelsel “verb. g”. in de dataset van Steenwijkerland = gelijk aan verbeterd gescheiden stelsel,
- Verdeling verhard oppervlak voor alle gescheiden stelsels: 46% dakoppervlak, 54% wegoppervlak (naar analogie van BRP kern Steenwijk)
- Alleen die deelstelsels waarvan de karakteristieken vermeld waren in aangeleverde Excel-sheets (verhard oppervlak en evt. berging) zijn doorgerekend resulterend in:
  - Westerveld : 23 deelstelsels waarvan 15 gemengd (waarvan 2 deels verbeterd); 5 verbeterd gemengd; 3 verbeterd gescheiden.
  - Steenwijkerland: 13 deelstelsels waarvan 3 gemengd (kernen Eesveen, Tuk en Steenwijk), 1 gescheiden (Nw Gagels I) en 9 verbeterd gescheiden.

### 3.4 PRESENTATIE RESULTATEN

In Tabel 19 zijn de resultaten van de SESRIO voor de pilot Reest en Wiede weergegeven, gesommeerd voor alle deelstelsels binnen de gemeenten Steenwijkerland en Westerveld.

TABEL 19

SAMENVATTING SESRIO-PILOT WATERSCHAP REEST EN WIEDE

<i>type stelsel</i>	<i>[ha]</i> <i>Ah</i>	<i>[m3]</i> <i>B</i>	<i>[mm]</i> <i>B</i>	<i>[kg/jaar]</i> <i>Ptot</i>	<i>[kg/jaar]</i> <i>Ntot</i>
<b>Gemeente Steenwijkerland</b>					
gemengd rioolstelsel	103,0	3.426	3,3	318	1.253
verbeterd gemengd rioolstelsel	-	-	-	-	-
gescheiden rioolstelsel	3,7	-	-	2	19
verbeterd gescheiden rioolstelsel	67,9	2.783	4,1	34	341
<b>Totaal</b>	<b>174,6</b>	<b>6.209</b>	<b>3,6</b>	<b>354</b>	<b>1.613</b>
<b>Gemeente Westerveld</b>					
gemengd rioolstelsel	38,5	4.283	11,1	66	233
verbeterd gemengd rioolstelsel	29,5	3.569	12,1	44	149
gescheiden rioolstelsel	-	-	-	-	-
verbeterd gescheiden rioolstelsel	4,0	123	3,1	2	20
<b>Totaal</b>	<b>72,0</b>	<b>7.975</b>	<b>11,1</b>	<b>112</b>	<b>402</b>

De berekeningsresultaten van deze methodiek zijn gebruikt in de studie: *Integrale afwegings-systematiek voor stroomgebieden ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water. Hoofdrapport: met toepassing op de Vledder- en Wapserveensche Aa.* (RIZA-rapport, in voorbereiding)

# 4

## PILOT WATERSCHAP AA EN MAAS

### 4.1 TOEPASSING

De resultaten van SESRIO worden door Waterschap Aa en Maas gebruikt ter vergelijking met resultaten van een eerder uitgevoerde emissieinventarisaties t.b.v. het emissiebeheerplan van deelgebied Zuid. Doel van de emissieschattingen tweeledig:

- het prioriteren van de brongerichte emissiereducerende maatregelen en
- het toetsen of gebruik van meer gebiedsspecifieke en gedifferentieerde kentallen bij SESRIO voor emissieschattingen tot andere resultaten leidt dan bij gebruik van landelijk gemiddelde kentallen, zoals gebruikt in een eerdere studie voor Noord-Brabantse waterschappen.

### 4.2 WERKWIJZE

In het beheersgebied van Waterschap Aa en Maas is voor een viertal kernen een inschatting van emissies van riolering gemaakt. De gegevens met de rioleringskenmerken zijn in een vooraf toegezonden template in Excel door het waterschap ingevuld. Bij de gegevens over gescheiden stelsels is onderscheid gemaakt in oppervlak van daken en wegen.

Het waterschap heeft op basis van een GIS-analyse voor de gemeente Deurne bepaald:

- het areaal wegen in de 4 verbeterd gescheiden deelstelsels,
- het areaal dakoppervlak in deze 4 deelstelsels
- het areaal aan dakoppervlak dat zinkdelen bevat (berekend als 70% (opgave gemeente) van het totaal areaal).

Het bijeenbrengen van deze gegevens bleek voor het waterschap een tijdrovend karwei en leverde niet de bedoelde resultaten op. Vooral het bepalen van de arealen specifiek oppervlak bleek een probleem.

### 4.3 AANVULLENDE AANNAMEN

In de gebieden met verbeterd gescheiden deelstelsels bevonden zich geen wegen met meer dan 10.000 voertuigbewegingen per etmaal. Daarom zijn alleen rustige wegen meegenomen in de analyse.

Een Gis-analyse is door het waterschap alleen uitgevoerd voor de gemeente Deurne. De reden hiervan is dat de analyse ingewikkeld en tijdrovend bleek te zijn. De informatie moest worden samengesteld uit verschillende vlakken die niet zomaar op elkaar aansloten. Er is voor deze analyse de top 10 vlakkenkaart en top 10 huizenkaart gebruikt. Deze kaart blijkt voor analysedoeleinden niet erg geschikt.

Na een kwaliteitscontrole door DHV van de gegevens (berging randvoorzieningen) en de GIS-inventarisatie Deurne (voor de zink-analyse) rezen er twijfels over de juistheid c.q. bruikbaarheid van de gegevens. DHV heeft een aantal malen met het waterschap gecommuniceerd. Deels ging het om onduidelijkheden van betekenis van enkele gegevens en deels over vermoede onjuistheden. Uiteindelijk is in gezamenlijk overleg besloten om een aantal aanpassingen in de aangeleverde gegevens door te voeren.

#### 4.3.1 RANDVOORZIENINGEN

De randvoorzieningen, zoals in de van het waterschap ontvangen tabel weergegeven, leken aan de grote kant. Dit blijkt in Noord-Brabant te kloppen, met uitzondering van de randvoorziening voor Dorp II van Someren. Deze laatste is herverdeeld naar rato van verhard oppervlak over de deelstelsels Dorp I, Noord & Sluis en Dorp II.

#### 4.3.2 VERHARD OPPERVLAK

De GIS-analyse Deurne blijkt verwarrende legenda-onderdelen te bevatten. Hieruit lijkt een verhouding van tussen 1:2 en 1:30 tussen oppervlak daken en oppervlak wegen te zitten. Er zijn vermoedelijk thema's uit elkaar overlappende kaartlagen samengenomen. Door dubbel-tellingen wordt vermoedelijk de verhouding daken/wegen scheefgetrokken.

Voorts blijken de totaaloppervlakken uit deze GIS-analyse bij lange na niet overeen te komen met de verharde oppervlakken in de informatiematrix van Deurne. Er is daarom in overleg met het waterschap besloten om alleen gebruik te maken van de getallen uit de aangeleverde informatiematrices. De verdeling tussen dakoppervlak en wegooppervlak is uitgevoerd volgens de standaard die wordt aangehouden in het NWRW-onderzoek met betrekking tot Neerslag, inloop, overstort model (thema 4.5). Hierbij is als gemiddelde verhouding 45% daken en 55% wegen op basis van 17 deelgebieden in vier steden aangehouden.

Van de 45% dakoppervlak is weer 70% toegekend aan de categorie "bestaand dak met veel zink" en 30% aan "nieuw schoon dak". Van de categorie wegen is voor alle kernen 100% toegekend aan de categorie "rustige straat".

#### 4.4 PRESENTATIE RESULTATEN

In tabel 20 zijn de berekeningsresultaten voor de kernen in het beheersgebied van Waterschap Aa en Maas samengevat. Deze gegevens zijn in het emissiebeheersplan van het waterschap meegenomen om bronnen van verontreiniging binnen het beheersgebied te prioriteren.

TABEL 20

SAMENVATTING SESRIO-PILOT WATERSCHAP AA EN MAAS

gemeente	type stelsel	Emissie										
		[ha] Ah	[m3] B	[mm] B	(kg/a) BZV	(kg/a) CZV	(kg/a) Stikstof	(kg/a) Tot-P	(kg/a) Droogrest	(g/a) Lood	(g/a) Zink	(g/a) Koper
Deurne	GM	98,47	4.744	4,8	8.956	37.824	1.786	436	79.161	26.231	74.100	23.129
Deurne	VGM	148,6	15.833	10,7	3.213	18.190	806	234	6.924	10.136	18.531	9.733
Deurne	GS											
Deurne	VGS	57,43	1.396	2,4	695	2.814	289	28	5.485	12.210	67.681	4.192
Deurne	Totaal	305	21.973	7,2	12.864	58.828	2.880	698	91.569	48.576	160.312	37.054
Someren	GM	3,4	646	19,0	48	321	14	4	-117	160	196	161
Someren	VGM	115,3	11.075	9,6	2.697	14.883	663	190	7.608	8.448	16.229	8.050
Someren	GS	2,25			27	110	11	1	215	478	2.652	164
Someren	VGS	38,16	871	2,3	462	1.870	192	19	3.644	8.113	44.972	2.786
Someren	Totaal	159	12.592	7,9	3.235	17.185	880	214	11.350	17.199	64.048	11.161
Asten	GM	25,51	1.461	5,7	1.355	6.157	286	73	9.969	4.038	10.460	3.635
Asten	GS											
Asten	VGM	94,73	9.394	9,9	2.230	12.281	547	156	6.395	6.980	13.455	6.648
Asten	VGS	12,03	422	3,5	146	589	60	6	1.149	2.558	14.177	878
Asten	Totaal	132	11.277	8,5	3.731	19.027	893	236	17.512	13.575	38.093	11.160
Helmond	GM	448,7	39.747	8,9	10.948	59.626	2.662	757	34.509	34.165	67.231	32.431
Helmond	GS											
Helmond	VGM	355,4	29.152	8,2	9.267	49.476	2.217	624	33.840	28.763	58.645	27.142
Helmond	VGS	123,2	4.857	3,9	1.491	6.037	619	61	11.766	26.192	145.191	8.994
Helmond	Totaal	927	73.756	8,0	21.706	115.140	5.498	1.441	80.115	89.120	271.067	68.567

GM	gemengd	Ah = verhard oppervlak
VGM	verbeterd gemengd	B = Berging (inclusief eventuele randvoorzieningen)
GS	gescheiden	
VGS	verbeterd gescheiden	

#### 4.5 VERGELIJKING MET ANDERE EMISSIESCHATTING

In het kader van een emissiestudie voor de provincie Noord-Brabant (ENB) is door de gezamenlijke waterschappen van de provincie een emissie-inventarisatie uitgevoerd.

In aanvulling op de basisgegevens van de rioolstelsels van Deurne, Someren, Asten en Helmond heeft waterschap Aa en Maas de resultaten van de ENB voor het deelgebied "Oude Astense Aa en Kleine Aa1" in Excel-sheet aangeleverd.

In de veronderstelling dat het deelgebied Zuid in de SESRIO-pilot overeenkomt met het deelstroomgebied "Oude Astense Aa en Kleine Aa1" uit de Noord-Brabantse emissiestudie is hier een vergelijking gemaakt tussen de resultaten van beide resultaten getotaliseerd voor het gehele gebied.

Een overzicht van de vergelijking van de resultaten van de SESRIO-studie met de resultaten van de ENB-studie is weergegeven in Tabel 21. Er blijken grote verschillen op te treden tussen beide benaderingen. De verschillen zijn niet systematisch. Sommige schattingen komen redelijk tot goed overeen. Opvallend is dat de emissieschattingen voor nutriënten door de methodiek SESRIO lager uitvallen dan bij gebruik van landelijke kentallen.

TABEL 21 VERGELIJKING VAN RESULTATEN VAN DE EMISSIESTUDIE NOORD-BRABANT (ENB) MET DE BENADERING VOLGENS SESRIO VOOR HET GEBIED ZUID IN BEHEERSGEBIED VAN WATERSCHAP AA EN MAAS.

Emissies riolering	Stikstof kg/a	Fosfaat kg/a	Zink kg/a	Koper kg/a
<b>Gemengde Stelsels</b>				
A1 ENB (overstorten)	26.526	4.559	115	65
A2 SESRIO (gemengd)	8.980	2.474	259	111
<b>Gescheiden stelsels</b>				
B1 ENB (regenwaterriolen)	1.671	43	40	10
C1 ENB (afgekoppeld)	7.383	191	175	43
B1+C1 ENB (rwa+afgekoppeld)	9.054	234	215	53
B2 SESRIO (gescheiden)	1.171	115	275	17
<b>Totaal bijdrage riolering</b>				
A1+B1 ENB (totaal riolering)	28.198	4.602	155	75
A2+B2 SESRIO (totaal riolering)	10.151	2.589	534	128

overige bronnen in ENB-studie

RWZI's	392.025	38.080	1.618	407
landbouw(gronden)	886.827	105.504	603	14
overige gronden	87.971	2.639	286	8
extern	172.063	51.807	1.091	183
overig	65.326	5.486	99	65

Een verklaring van het verschil vergt een nadere beschouwing van de in de ENB-studie gehanteerde uitgangspunten voor de berekening. Het betreft hier een 'lump-sum' benadering op basis van een stofstromenmodel. In dit stofstromenmodel dienen over het gehele onderzoeksgebied gesommeerde variabelen, zoals inwoners en gerioleerd oppervlak, als invoer. Hiermee wordt een theoretische instroom naar de riolering berekend. Vervolgens is een vast percentage van deze stofstroom als emissie naar water in rekening gebracht. Dit is in globale emissiestudies een gebruikelijke theoretische benadering. De SESRIO-benadering daarentegen is gebaseerd op gemeten emissies die zijn vertaald naar emissiefactoren in afhankelijkheid van gebiedsspecifieke stelselkenmerken. Dit laatste pleit voor het gebruik van de methode SESRIO op het moment dat gebiedsspecifieke informatie over de rioolstelsels beschikbaar is.

Ter volledigheid zijn in Tabel 21 de jaarvrachten van overige bronnen uit de ENB-studie gepresenteerd. Voor de stoffen koper en zink blijkt de bijdrage van emissie uit de riolering zeker niet verwaarloosbaar, waarmee het belang van een goede emissieschatting onderstreept wordt.



# 5

## PILOT ZUIVERINGSSCHAP HOLLANDSE EILANDEN EN WAARDEN

### 5.1 TOEPASSING

De resultaten van de SESRIO-exercitie worden verwerkt in een gebiedsstudie naar emissies in de Krimpenerwaard. De hier gegenereerde resultaten voldoen aan de verwachtingen en zijn geschikt voor het beoogde gebruik.

### 5.2 WERKWIJZE

Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden heeft de karakteristieken van een zevental kernen ter beschikking gesteld in een overzichtelijk Excel-bestand.

Doordat het zuiveringsschap het gegevenspakket RIOKEN operationeel heeft, kon men deze gegevens snel ter beschikking stellen.

In het bestand met karakteristieken van deelstelsels is geen onderscheid gemaakt naar daken en wegen en ook geen onderscheid naar typen daken (met of zonder zink) en type wegen (naar verkeersintensiteit). Een SESRIO-exercitie met gescheiden (en verbeterd gescheiden stelsels) vraagt echter wel een dergelijke verdeelsleutel bij emissieschatting voor zware metalen. Voor het gebruik van SESRIO in deze pilot zijn aanvullende aannamen gedaan.

### 5.3 AANVULLENDE AANNAMEN

Het ontbreken van informatie over gebiedsspecifieke verdelingen van typen verhard oppervlak per deelstelsel, is bij de andere pilots opgelost door het toepassen van een gebiedsspecifieke verdeelsleutel voor daken en wegen en één voor type oppervlak. Helaas is er voor het gebied van ZHEW een dergelijke sleutel niet voorhanden. Daarom is in overleg met het ZHEW uitgeweken naar landelijk gemiddelden voor deze verdeelsleutels waarbij als onderverdeling 45% daken en 55% wegen is aangehouden (uit NWRW thema 4.3 onderzoek) en een verdeling van daken in 70% met zink en 30% zonder zink (analoog aan de pilot voor waterschap Aa en Maas). Net als bij de emissieberekeningen voor waterschap Aa en Maas zijn alle wegoppervlakken gerangschikt onder type 'rustige straat'.

Bij de verwerking en controle van de aangeleverde gegevens bleken nog wat onvolkomenheden. Navraag bij de leveranciers van deze gegevens leverde na analyse als conclusie dat bij het produceren van de tabel met stelselgegevens een aantal gegevens verkeerd zijn overgenomen in de tabel. Er is vervolgens een gevalideerde tabel nagezonden die opnieuw is verwerkt.

### 5.4 PRESENTATIE RESULTATEN

De resultaten van de emissieschatting met SESRIO zijn weergegeven in tabel 22 gesommeerd voor de onderscheiden stelseltypen in een zevental gemeenten.

TABEL 22 SAMENVATTING SESRIO-PILOT KRIMPENERWAARD ZHEW

gemeente	type stelsel	(ha) Ah	(m3) B	(mm) B	Emissie							
					(kg/a) BZV	(kg/a) CZV	(kg/a) Stikstof	(kg/a) Tot-P	(kg/a) Droogrest	(g/a) Lood	(g/a) Zink	(g/a) Koper
Bergambacht	GM	17,13	1.561	9,1	438	2.352	105	30	1.535	1.361	2.747	1.287
Bergambacht	VGM	18,69	1.740	9,3	436	2.407	107	31	1.215	1.365	2.616	1.301
Bergambacht	GS	8,71	489	5,6	105	427	44	4	832	1.852	10.265	636
Bergambacht	VGS	2,66			32	130	13	1	254	566	3.135	194
Bergambacht	totaal	47,2	3.790	8,0	1.011	5.315	270	66	3.836	5.143	18.762	3.418
Gouda	GM	1,3	58	4,5	56	263	12	3	360	167	410	152
Gouda	VGM											
Gouda	GS											
Gouda	VGS											
Gouda	totaal	1,3	58	4,5	56	263	12	3	360	167	410	152
Krimpen a/d IJssel	GM	154,42	16.971	11,0	3.186	18.324	809	236	5.520	10.094	17.868	9.739
Krimpen a/d IJssel	GS	12,5			151	613	63	6	1.194	2.658	14.731	913
Krimpen a/d IJssel	VGM											
Krimpen a/d IJssel	VGS	14,5			175	711	73	7	1.385	3.083	17.088	1.059
Krimpen a/d IJssel	totaal	181,4	16.971	9,4	3.512	19.647	945	250	8.098	15.834	49.687	11.710
Nederlek	GM	71,9	6.015	8,4	1.819	9.710	435	122	6.649	5.645	11.514	5.327
Nederlek	GS	0,43			5	21	2	0	41	91	507	31
Nederlek	VGM											
Nederlek	VGS	0,43			5	21	2	0	41	91	507	31
Nederlek	totaal	72,8	6.015	8,3	1.829	9.752	440	123	6.731	5.828	12.527	5.390
Ouderkerk	GM	24,18	1.756	7,3	690	3.591	162	45	2.953	2.127	4.529	1.992
Ouderkerk	GS	0,91	34	3,7	11	45	5	0	87	193	1.072	66
Ouderkerk	VGM											
Ouderkerk	VGS	3,47			42	170	17	2	331	738	4.089	253
Ouderkerk	totaal	28,6	1.790	6,3	743	3.806	184	47	3.371	3.058	9.691	2.312
Schoonhoven	GM	75,97	6.568	8,6	1.900	10.272	459	130	6.354	5.918	11.807	5.605
Schoonhoven	GS											
Schoonhoven	VGM											
Schoonhoven	VGS	1,53			19	75	8	1	146	325	1.803	112
Schoonhoven	totaal	77,5	6.568	8,5	1.919	10.347	467	131	6.500	6.243	13.610	5.717
Vlist	GM	41,8	3.617	8,7	1.104	5.871	263	74	4.131	3.422	7.022	3.226
Vlist	GS											
Vlist	VGM											
Vlist	VGS											
Vlist	totaal	41,8	3.617	8,7	1.104	5.871	263	74	4.131	3.422	7.022	3.226

# 6

## PILOT GEMEENTE UTRECHT

### 6.1 TOEPASSING

De resultaten van de SESRIO exercitie dienen ter ondersteuning bij het bepalen van maatregelen voor vermindering van de vuiluitwerp van gemengde stelsels in Utrecht. Hiertoe zijn de resultaten uit SESRIO vergeleken met de resultaten van emissieberekeningen volgens de volumebenadering. De berekeningen volgens de volumebenadering zijn en blijven voor de gemeente Utrecht leidend voor het prioriteren van maatregelen. De SESRIO resultaten worden gebruikt om inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid en gevoeligheid van de berekeningen volgens de volumebenadering.

### 6.2 WERKWIJZE

Ten behoeve van de SESRIO-exercitie voor de rioleringsgebieden die in beheer zijn van Ingenieursbureau (IB) Utrecht zijn gegevens aangeleverd van gemengde deelstelsels. Helaas bleek het voor de leverancier van deze gegevens niet mogelijk om tijdig de karakteristieken van gescheiden stelsels te ontsluiten. De emissieberekeningen vonden plaats middels de omschreven methodiek in de rapportage over gemengde stelsels.

### 6.3 AANVULLENDE AANNAMEN

In de aangeleverde gegevens staan alle deelstelsels in Utrecht gekarakteriseerd als gewoon gemengd stelsel zonder randvoorzieningen. Uitzondering hierop vormt één deelstelsel in Vleuten. De gemiddelde berging van de gezamenlijke deelstelsels in Utrecht is 8,3 mm. Het gaat hier om stelsels met een hoge berging zonder randvoorzieningen. Bijna de helft van de gemengde deelstelsels heeft een berging van bijna 10 mm of meer.

### 6.4 PRESENTATIE RESULTATEN

De resultaten van de emissieschattingen voor IB Utrecht zijn weergegeven in tabel 23. De getallen zijn gesommeerd per cluster van de door het IB Utrecht aangehouden indeling in deelgebieden. Voor de gemeente Utrecht gaat het in totaal om 16 deelgebieden met een berging variërend tussen 2,7 mm en 11,8 mm. Voor de gemeente De Meern worden in het BRP 2002 vier deelgebieden onderscheiden met een berging variërend tussen 5,2 mm en 6,2 mm.

TABEL 23: SAMENVATTING SESRIO-PILOT GEMEENTE UTRECHT

gemeente	type stelsel	(ha) Ah	(m3) B	(mm) B	Emissie							
					(kg/a) BZV	(kg/a) CZV	(kg/a) Stikstof	(kg/a) Tot-P	(kg/a) Droogrest	(g/a) Lood	(g/a) Zink	(g/a) Koper
Basisrioleringsplan Utrecht 1997												
Utrecht	GM	1429,65	118.559	8,3	42.263	217.844	9.834	2.715	190.578	129.954	281.048	121.364
Utrecht	VGM											
Utrecht	GS											
Utrecht	VGS											
Utrecht	Totaal	1.430	118.559	8,3	42.263	217.844	9.834	2.715	190.578	129.954	281.048	121.364
Basisrioleringsplan De Meern 2002												
De Meern	GM	39,8	2.250	5,7	1.393	6.881	313	84	7.667	4.236	9.782	3.907
De Meern	VGM											
De Meern	GS											
De Meern	VGS											
De Meern	Totaal	39,8	2.250	5,7	1.393	6.881	313	84	7.667	4.236	9.782	3.907
Basisrioleringsplan Vleuten-De Meern 1995												
Vleuten-De Meern	GM	29,77	1.489	5,0	1.230	5.856	269	71	7.788	3.705	9.018	3.381
Vleuten-De Meern	GS											
Vleuten-De Meern	VGM											
Vleuten-De Meern	VGS											
Vleuten-De Meern	Totaal	29,8	1.489	5,0	1.230	5.856	269	71	7.788	3.705	9.018	3.381
Basisrioleringsplan Vleuten 1998 inclusief uitgevoerde maatregelen t/m 2002												
Vleuten	GM	2,8	133	4,8	125	585	27	7	833	375	931	340
Vleuten	GS											
Vleuten	VGM	33	3.210	9,7	744	4.154	185	53	1.868	2.337	4.389	2.235
Vleuten	VGS											
Vleuten	Totaal	35,8	3.343	9,3	869	4.739	211	60	2.701	2.712	5.321	2.576

## 6.5 VERGELIJKING MET ANDERE EERDERE EMISSIESCHATTING

Op basis van berekende jaarlijkse overstortvolumina uit basisrioleringsplannen (BRP) voor Utrecht (1997) en De Meern (2002) is door de IB Utrecht een inschatting van de BZV-uitwerp per jaar gemaakt, gebruikmakend van één vaste concentratie. De resultaten van deze schatting voor Utrecht liggen aanzienlijk lager dan de SESRIO schattingen, terwijl die voor De Meern juist aanzienlijk hoger liggen (zie tabel 24). Er zijn diverse oorzaken van deze verschillen aan te wijzen:

- De oorzaak van dit verschil kan deels liggen in de gemiddeld veel hogere berging van de stelsels in Utrecht. In het SESRIO-hoofdrapport is immers aangegeven dat bij hoge waarden voor de berging, SESRIO een grotere waarde voor de emissie voorspelt dan de volumebenadering, terwijl bij een kleine berging in het stelsel de volumebenadering juist tot hogere emissiewaarden leidt.
- Een niet onbelangrijk verschil tussen de stelsels van De Meern en Utrecht zit in de pompovercapaciteit (poc). De gemiddelde poc voor het gehele stelsel van Utrecht bedroeg in de berekening 0,7 mm/h. In de berekening van De Meern bedroeg de gemiddelde pompovercapaciteit ongeveer 0,35 mm/h. Aanzienlijk lager dus. Dit verklaart vermoedelijk mede waarom de SESRIO-uitkomst voor De Meern aanzienlijk lager ligt dan de emissie volgens de volumebenadering. De methode SESRIO houdt immers geen rekening met de variabele poc.

- Bij de volumebenadering zijn de rioolstelsels van Utrecht doorgerekend met een geavanceerd bakkenmodel, terwijl voor het stelsel van De Meern een strengenberekening is uitgevoerd. Ook dit kan tot andere resultaten leiden.

TABEL 24 VERGELIJKING VAN SESRIO-BEREKENING MET VOLUMEKENADERING UIT BRP.

Gemeente	Deelstelsel	type	[ha]	[mm]	emissie BRP [kg BZV/jr]	emissie SESRIO [kg BZV/jr]	specifieke emissie		SESRIO/BRP
							BRP [kg.ha/jr]	SESRIO [kg.ha/jr]	
Utrecht	Overvecht	GM	174,51	10,6	2.474	3.688	14,2	21,1	149%
Utrecht	Hagelstraat	GM	78,2	9,6	632	1.780	8,1	22,8	282%
Utrecht	Kanaalweg	GM	133,42	9,6	2.944	3.038	22,1	22,8	103%
Utrecht	Thomas a Kempisweg	GM	39,84	4	3.080	1.873	77,3	47,0	61%
Utrecht	Kardinaal de Jongweg	GM	86,08	10,1	1.181	1.886	13,7	21,9	160%
Utrecht	Korte Baanstraat	GM	126,92	8,4	1.470	3.204	11,6	25,2	218%
Utrecht	Baden Powellweg	GM	131,27	9,8	1.732	2.942	13,2	22,4	170%
Utrecht	Europaplein	GM	68,65	11,8	1.055	1.341	15,4	19,5	127%
Utrecht	Prof. Fuchslaan	GM	55,6	7,9	976	1.473	17,6	26,5	151%
Utrecht	Neutronweg	GM	83,55	2,7	4.372	5.598	52,3	67,0	128%
Utrecht	Rio Brancodreef	GM	46,32	4,6	1.193	1.926	25,7	41,6	161%
Utrecht	Veemarkt	GM	16,51	5	520	639	31,5	38,7	123%
Utrecht	Atoomweg	GM	32,75	3,6	699	1.690	21,3	51,6	242%
Utrecht	Zuilen/Ondiep	GM	187	10,1	3.774	4.097	20,2	21,9	109%
Utrecht	Catharijne	GM	86,12	3,7	2.782	4.338	32,3	50,4	156%
Utrecht	Lauwerecht/Tuinwijk	GM	82,91	6	2.721	2.749	32,8	33,2	101%
Utrecht	Totaal	GM	1429,7	8,3	31.602	42.263	22,1	29,6	134%
De Meern	De Meern-Noord	GM	5,4	5,9	340	182	62,9	33,6	53%
De Meern	De Meern-Centrum	GM	15,3	5,4	1.112	554	72,7	36,2	50%
De Meern	De Meern-Zuid	GM	11,2	6,2	603	361	53,8	32,3	60%
De Meern	De Meern-Oost	GM	7,9	5,2	408	296	51,6	37,4	72%
De Meern	Totaal	GM	39,8	5,6	2.463	1.393	61,9	35,0	57%

< 75%
75% - 125%
>125%

# 7

## CONCLUSIES

Na uitwerking van de 4 pilots komen, teruggrijpend op de gestelde onderzoeksvragen, de volgende zaken aan de orde.

*Past SESRIO bij de onderzoeksvraag van de pilotprojecten?*

*Antwoord: Ja, want ...*

- De methodiek SESRIO is gemakkelijk toepasbaar voor gemengde stelsels en levert zeer snel resultaten die goed bruikbaar zijn in de hier uitgewerkte pilotprojecten.
- Resultaten van SESRIO zijn opgenomen in rapportage van waterschap Reest en Wiede
- De emissieschattingen uit de pilot voor Waterschap Aa en Maas en Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden worden meegenomen in de prioritering van aan te pakken bronnen in het emissiebeheerplan
- De resultaten van SESRIO voor de stelsels in Utrecht en De Meern leveren inzicht in de betrouwbaarheid en de gevoeligheid van de eerder uitgevoerde emissieschattingen.

*Zijn benodigde invoergegevens te vinden?*

*Antwoord: Dit varieert per pilot*

- De benodigde gegevens voor het uitvoeren van een emissieschatting bleken voor gemengde stelsels bij de diverse beheerders goed te ontsluiten. Voor Zuiveringsschap Hollandse eilanden en Waarden geldt in het bijzonder dat het gebruik van RIOKEN aan de snelle gegevensuitwisseling heeft bijgedragen.
- Bij vragen over de inhoud van de bestanden is snel en adequaat gereageerd door de toeleverende instanties.
- Voor gescheiden stelsels bleek gebiedsspecifieke informatie over de verhouding daken en wegen en vooral gebiedspecifieke informatie over de categorieën dakoppervlak moeilijk te achterhalen. In die gevallen is gekozen voor een benadering met een landelijk gemiddelde verdeelsleutel. Deze keuze is sterk bepalend voor het eindresultaat.

*Wat kan beter?*

- Standaardisatie van gegevensuitwisseling met een duidelijker legenda en aanduiding van eenheden leidt tot efficiëntere gegevensverwerking. Aanlevering van gegevens dient daarom bij voorkeur plaats te vinden in het aangereikte format.
- Validatie van gegevens voorafgaand aan verwerking in SESRIO is een must. Deze validatie heeft plaatsgevonden bij DHV en heeft bij drie pilots aanleiding gegeven tot wijziging van de uitganggegevens.
- Het meenemen van het effect van randvoorzieningen of andere verbeteringsmaatregelen op de emissie van een stelsel kan worden gerealiseerd door het toepassen van een overall reductiecoëfficiënt per deelstelsel. Dit vergt expert judgement over de effectiviteit van de genomen maatregelen.

**EINDCONCLUSIE:**

Gebleken is dat, als gebiedsspecifieke informatie van de rioolstelsels beschikbaar is, met de methode SESRIO snel inzicht verkregen wordt in de emissies van de diverse deelstelsels naar water.