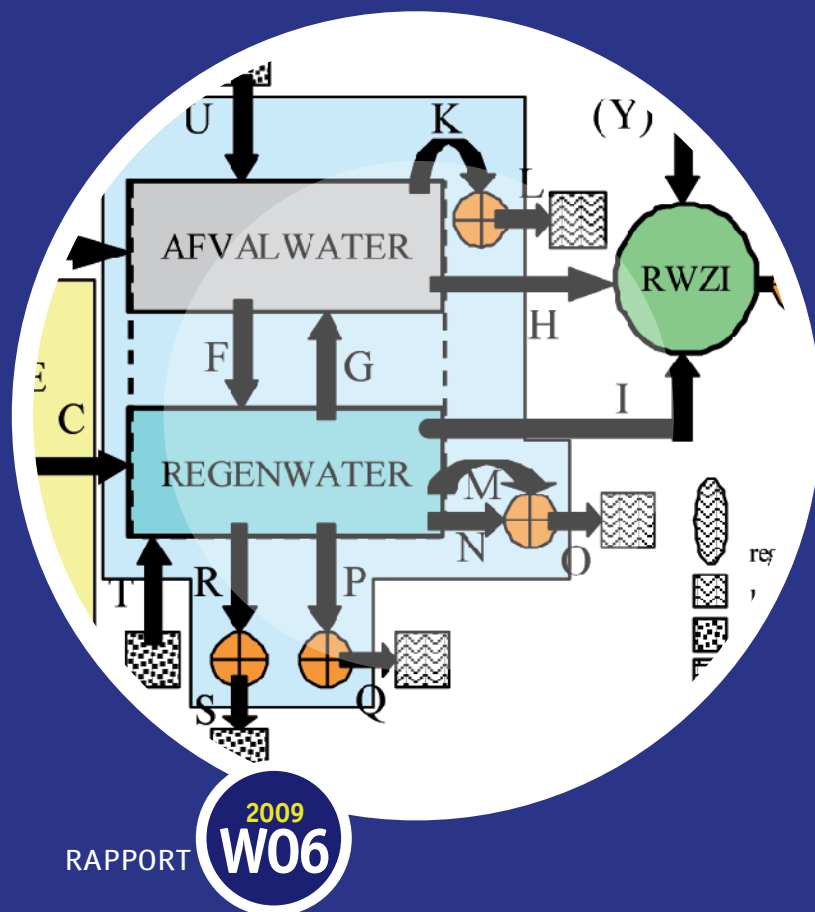


EMOS EMISSIEMODEL VOOR SYSTEEMKEUZE



RAPPORT

2009
W06

EMOS EMISSIEMODEL VOOR SYSTEEMKEUZE

RAPPORT

2009
W06

ISBN 978.90.5773.449.6



COLOFON

Utrecht, 2009

Uitgave

STOWA 2009
Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
Tel 030 2321199
Fax: 030 2321766
e-mail: stowa@stowa.nl
<http://www.stowa.nl>

Auteurs

Jan Zuidervliet, Marcel Glasbergen, Jelle de Jong (ARCADIS)

Ondersteuning

Hans Aalderink, Michel Moens (ARCADIS)
Jeroen Langeveld (Royal Haskoning)

Begeleiding

Bert Palsma	STOWA (opdrachtgever)
Jan Buijs	Hoogheemraadschap Delfland
Robin Bos	Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
Wilco Franken	Waterschap Zeeuws Vlaanderen
Martien Kaats	Waterschap Rijn en IJssel
Hans Grotenbreg	Gemeente Zaanstad
Henk de Heer	RIZA
Gerard Rijs	RIZA
Rino Vlaardingerbroek	Provincie Zuid-Holland

Deze publicatie is ook digitaal beschikbaar

Prepress/druk

Van de Garde | Jémé

STOWA

Rapportnummer 2009-W06
ISBN 978.90.5773.449.6

TEN GELEIDE

De afgelopen jaren is de reductie van de emissie van stoffen uit de riolering een belangrijk doel geweest voor beleid en maatregelen in de riolering. In dit rapport is een overzicht gegeven van een aantal vragen rond die emissiereductie. De invloed van rioleringsystemen, eigenschappen en beheer en onderhoud staan hierbij centraal. Het model, het basisschema dat hiervoor is gehanteerd is niets anders dan een eenvoudig boekhoudsysteem. Er gaat iets in (afvalwater, hemelwater etc.) en er komt iets uit (effluent, gescheiden hemelwater, overstortwater etc). Daartussen zit een rioleringsstelsel. Dat stelsel kennen we soms goed en soms minder goed. Aan de hand van dit boekhoudsysteem (EMOS) kan worden nagegaan of uw aannames, metingen, verwachtingen en uitgangspunten een logisch geheel vormen. Beheer, systeemkeuze of monitoring kunnen op basis van de resultaten worden aangepast.

Wij bevelen dit rapport van harte bij u aan.

Utrecht, september 2009

De directeur van de STOWA

Ir. J.M.J. Leenen.

SAMENVATTING

Aanleiding

De stedelijke wateropgave voor gemeenten vindt zijn basis in het rijksbeleid voor 'Waterbeheer 21^e eeuw' en de Kaderrichtlijn Water (KRW). Kortweg komen de doelstellingen neer op het vertragen van de afvoer van regenwater en verbetering van de waterkwaliteit in het oppervlaktewater. Eén van de maatregelen om aan de beleidsdoelstellingen te voldoen is afkoppelen van regenwater van de riolering.

Door regenwater uit het riool te halen:

- geeft men invulling aan de trits 'vasthouden-bergen-afvoeren,'
- voorkomt men lozingen van afvalwater uit gemengde rioolstelsels,
- verminderen de effluentvrachten van RWZI's,
- kan de waterkwaliteit van het oppervlaktewater verbeteren.

Om meer inzicht te verkrijgen in de emissie-effecten van het afkoppelen van regenwater en onder lokale omstandigheden tot een weloverwogen systeemkeuze te komen, heeft ARCADIS in opdracht van STOWA een onderzoek uitgevoerd met de volgende doelstellingen:

- 1 Het opstellen van een expertmodel (EMOS), waarmee voor diverse stoffen de emissies vanuit het totale afvalwatersysteem (riolering en RWZI) kunnen worden bepaald op grond waarvan een systeemkeuze van de riolering (inclusief afkoppelvraagstukken) kan worden gemaakt.
- 2 Het beantwoorden van een aantal onderzoeksvragen om meer inzicht te verwerven in de verschillende invloedsfactoren op de voornoemde systeemkeuze.
- 3 Het in beeld brengen van eventuele leemten in kennis.

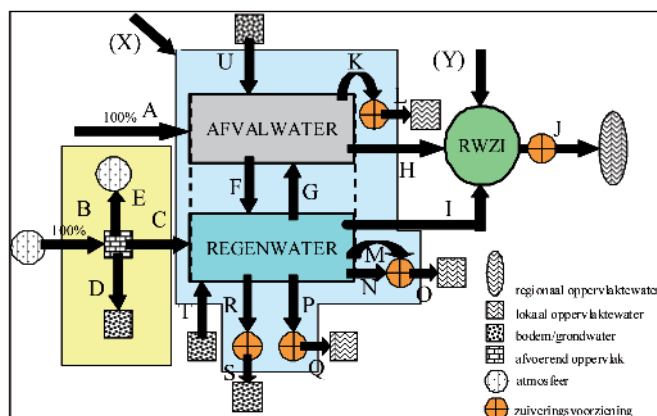
Samenvattend is EMOS een hulpmiddel voor maatregel – (emissie)effect relaties in de riolering. Het laat hiaten in kennis zien en geeft oplossingsrichtingen voor effectieve inspanningen in beheer en of investeringen.

In het voorliggende rapport wordt verslag gedaan van de resultaten van de eerste deelopdracht. In het rapport 'Invloed van de systeemkeuze op de emissies van het afvalwatersysteem' [STOWA 2009.31] worden de resultaten beschreven van het onderzoeksprogramma.

EMOS (EmissieModel voor Systeemkeuze)

Het model is gebaseerd op een bakbenadering en omvat het totale afvalwatersysteem (riolering en RWZI). Op die manier kan het gehele afstroomgebied naar een RWZI worden gemodelleerd. Voor de rioolstelsels kan gekozen worden uit 9 stelseltypen (gemengde en gescheiden) en alle denkbare combinaties. Ook voor randvoorzieningen biedt EMOS ruime mogelijkheden (BBB's, lamellenafscidders, wadi's, e.d.).

EMOS BASISSCHEMA



In bovenstaand schema is het basisschema weergegeven voor één rioolstelsel, aangesloten op de RWZI. De afvalwaterstroom A en hemelwaterstroom B worden door het gehele systeem gevolgd zodat bij de lozingspunten bekend is welk deel van de lozing waar vandaan komt (fractieberekeningen). Door de mengfactoren F en G kunnen de afvalwater- en regenwatercomponent gecombineerd worden tot een gemengd stelsel of kunnen bij gescheiden stelsels de effecten van foutaansluitingen worden onderzocht. De afvalwater- en regenwaterstromen zijn vrij definieerbaar in omvang en verloop.

Voor de emissieberekeningen kunnen aan de waterstromen vuilgehalten worden toegevoegd voor tien verschillende stoffen. Deze concentraties kunnen aan de bronstromen of aan lozingsvolumen worden gekoppeld. Het model is standaard uitgerust met literatuurwaarden voor de vuilconcentraties van acht verschillende stoffen, maar stoffen kunnen ook zelf gedefinieerd worden. Door de fractieberekeningen voor de waterstromen (zie hierboven) is het ook mogelijk om de emissies bij de lozingspunten te herleiden tot de bron. Op die manier kunnen effecten van bronmaatregelen beter in beeld worden gebracht.

Zuiveringsrendementen van randvoorzieningen en RWZI zijn als statische waarden gedefinieerd. De waarde hangt af van de beschouwde stof. In het STOWA-onderzoek 'Het effect van afkoppelen van hemelwater op de RWZI' [STOWA 2008.14] is de invloed van een variabele hydraulische belasting op de zuiveringsrendementen onderzocht. De relaties die daarbij zijn opgesteld worden in een volgende versie van EMOS opgenomen. Met deze functionaliteit kunnen de effecten van het afkoppelen op de zuiveringsrendementen worden meegerekend.

Toepassingsgebied

Door de integrale benadering van het hele afvalwatersysteem, de fractieboekhouding vanuit de drie bronnen en het brede scala van stoffen, kan EMOS voor uiteenlopende doeleinden worden toegepast. Het model kan worden ingezet bij onderzoeksprojecten, de vorming van beleid, strategie of visie, systeemoptimalisatie, gevoeligheidsanalyses, enz. Ook in het projectstadium kan het model worden benut, als het om de definitieve systeemkeuze voor het voorontwerp gaat. Bij toepassing van de bronbenadering kunnen ook de effecten van innovatieve ontwikkelingen (nieuwe sanitatie, diffuse bronnen, e.d.) of de invloed van ongewenste verschijnselen in de riolering (foutaansluitingen, rioolvreemd water, e.d.) worden verkend.

Stofselectie en vuilgehalten

Het model is standaard uitgerust met literatuurwaarden voor de vuilconcentraties van acht verschillende stoffen, die samen een breed spectrum aan eigenschappen vertegenwoordigen. Voor deze stoffen ook onder- en bovengrenzen voor de vuilgehalten opgenomen, zodat ook de range in optredende vuilvrachten inzichtelijk wordt.

STOFSELECTIE

Stof	Stofgroep
CZV	zuurstofbindende stoffen
P-totaal	nutriënten
Koper	zware metalen
Zink	zware metalen
Benzo(k)-fluorantheen	organische microverontreinigingen
Glyfosaat	bestrijdingsmiddelen
E-coli bacteriën	pathogene organismen
Oestron	hormonen

De verzamelde vuilgehalten zijn tot stand gekomen aan de hand van een literatuur-recherche. De belangrijkste bronnen waren het eindrapport van de NWRW [NWRW 1989], de STOWA-regenwaterdatabase [STOWA 2007] en de CBS-website [CBS 2007]. De omvang van de aangetroffen informatie was veelal zo beperkt dat hierop vrijwel geen statistische bewerkingen mogelijk waren.

Conclusies

EMOS is een gebruiksvriendelijk rekenmodel dat door zijn flexibele opzet geschikt is voor uiteenlopende toepassingen. Een deel van zijn onderscheidend vermogen ontleent het model aan de mogelijkheid om de water- en stofstromen vanaf de bron te volgen tot aan de lozingspunten van het afvalwatersysteem. Op deze manier is bekend uit welke bron de lozingsvolumen en emissies afkomstig zijn.

Voor de emissieberekeningen is het model uitgerust met defaultwaarden voor de vuilgehalten van acht representatieve stoffen. De vuilgehalten zijn verzameld uit een literatuur-recherche. De verzamelde meetgegevens vertonen echter een grote spreiding en zijn niet altijd compleet. Ook blijkt het lastig om de betrouwbaarheid ervan te beoordelen als gevolg van gebrekkige achtergrondinformatie. De inventarisatie heeft duidelijk gemaakt dat op dit vlak nog leemten in kennis bestaan. Om deze leemten in kennis op te vullen is een goed onderbouwd en landelijk onderzoeksprogramma nodig.

Het EMOS-model is - gratis - beschikbaar. Voor meer informatie zie <http://www.stowa.nl/Service/Publicaties/index.aspx>, rapport 2009-W-06.

DE STOWA IN HET KORT

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

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

Website: www.stowa.nl

EMOS EMISSIEMODEL VOOR SYSTEEMKEUZE

INHOUD

TEN GELEIDE
SAMENVATTING
STOWA IN HET KORT

1	AANLEIDING	1
2	MODELBSCHRIJVING	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Volumestromen	4
2.3	Rioleringssystemen	6
2.4	Stofstromen	8
	2.4.1 Bronbenadering	8
	2.4.2 Lozingsbenadering	8
2.5	Defaultwaarden voor modelparameters	8
2.6	Presentatie	9

	2.6.1	Tabellen	9
	2.6.2	Grafieken	10
	2.6.3	Interpretatiemodule	13
	2.7	Toepassingen	13
	2.8	Gebruiksvoorwaarden	15
3		STOFSELECTIE	17
	3.1	Inleiding	17
	3.2	Stofselectie	17
	3.3	Stofconcentraties	20
	3.4	Rendementen	25
4		CONCLUSIES	27
		BIJLAGE	
	1	Voorbeeld rekenresultaten in tabellen	29
	2	Stoffentabel – deelstromen en concentraties	34
	3	Stofeigenschappen en rendementen	36
	4	Literatuuroverzicht	37

1

AANLEIDING

De stedelijke wateropgave

De gemeenten staan voor een meervoudige wateropgave die in Nederland zijn weerga niet kent. In de eerste plaats de kwantitatieve opgave in het kader van 'Waterbeheer 21^e eeuw' op basis van de trits 'vasthouden-bergen-afvoeren'. De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) voegt daar een kwalitatieve component aan toe. Voor een aantal prioritaire stoffen gaat de KRW verder dan de MTR-waarden uit de Vierde Nota Waterhuishouding. Verder streeft het Rijk op de langere termijn naar een zo compleet mogelijke ontvlechting van waterketen en watersysteem (Rijkvisie, IBO Bekostiging waterbeheer, Herijking regenwaterbeleid). De redenering hiervoor is duidelijk: door het regenwater uit de (gemengde) riolering te halen door het afkoppelen van verhard oppervlak:

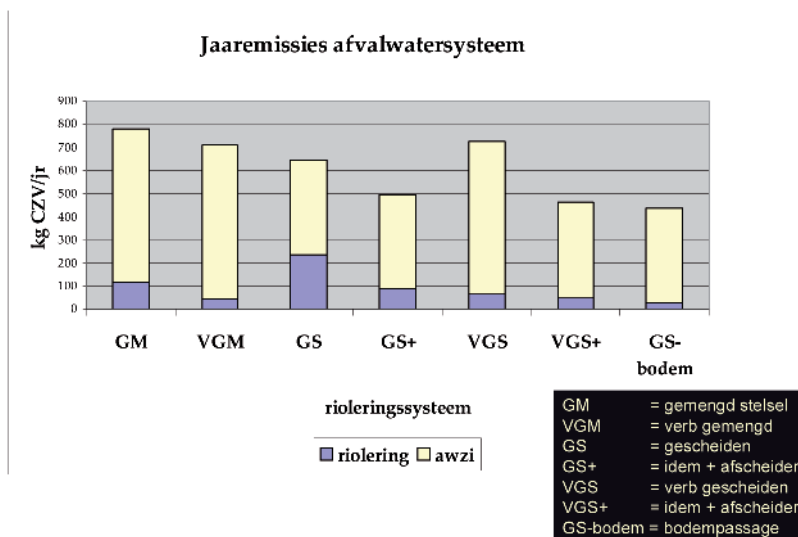
- kunnen we het bestaande rioleringsysteem klimaatbestendig maken;
- ontstaan er kansen om de beleving van water voor de burger te vergroten;
- vinden minder gemengde rioolozingen plaats en
- zullen daardoor problemen met de volks- en diergezondheid beperkt worden.

Uitgangspunt hierbij is dat afkoppelen gunstig is voor de waterkwaliteit van het oppervlaktewater en voor de doelmatigheid van de RWZI's.

Emissieproblematiek bij afkoppelen

Eenvoudige rekensommen leveren echter een wat genuanceerder beeld met betrekking tot de emissies. De berekeningen zijn uitgevoerd voor verschillende stelseltypen op basis van gebruikelijke kengetallen voor vuilgehalten in overstort- en regenwater. Figuur 1.1 toont de CZV-jaarvrachten uit zeven verschillende stelseltypen.

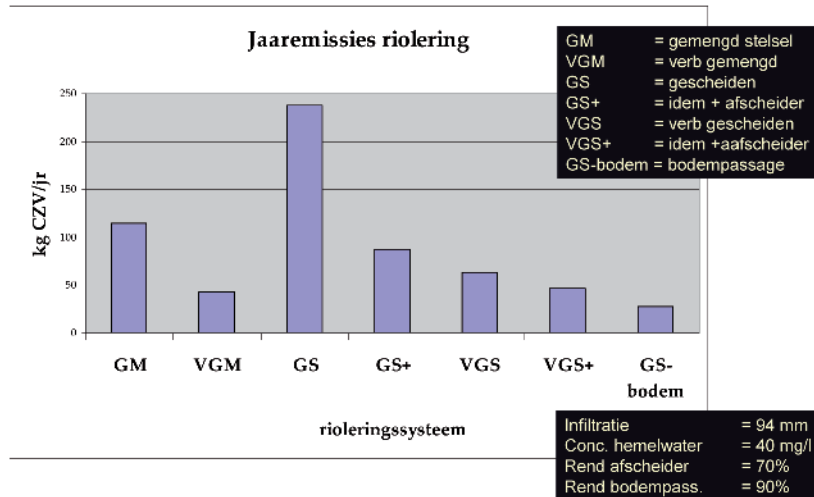
FIGUUR 1.1 CZV-JAAREMISSIES VAN EEN AFVALWATERSYSTEEM BIJ ZEVEN RIOLERINGSSYSTEMEN



In de eerste plaats valt op dat de effluentvrachten van de RWZI voor alle stelseltypen overheersend zijn ten opzichte van die uit de riolering. Door de grote afname van de aanvoer bij

afkoppelen neemt de effluentvracht van de RWZI sterk af. Dit leidt ook tot een afname van de totale emissies uit het afvalwatersysteem. Echter, voor de vrachten vanuit de riolering op het (kwetsbaarder) stedelijke water geldt het omgekeerde. Figuur 1.2 geeft alleen de emissies vanuit de verschillende stelseltypen weer, zodat de effecten van stelselkeuze op de emissies uit de riolering duidelijker tot uiting komen.

FIGUUR 1.2 CZV-JAAREMISSIES VAN ZEVEN RIOLERINGSSYSTEMEN



De vrachten vanuit de (verbeterd) gescheiden stelsels (GS, GS+, VGS) blijken hoger dan die van het verbeterd gemengde stelsel. Alleen bij toepassing van bodempassage (GS-bodem) ontstaat er een vergelijkbaar beeld. Hoewel de vuilgehalten in het geloosde hemelwater duidelijk lager zijn dan die in het gemengde overstortwater, zijn de emissies duidelijk hoger. De verklaring ligt blijkbaar in het verschil in lozingsvolume van de verschillende rioolstelsels.

Vanwege het tegenstrijdige effect van afkoppelen op de emissies van RWZI enerzijds en riooloverstorten/lozingspunten anderzijds, komt de voorkeur voor een bepaald rioleringssysteem uiteindelijk neer op het tegen elkaar afwegen van lokale aspecten in het oppervlaktewater. Hierbij is een goed inzicht in de te verwachten emissies essentieel.

Doelstelling

Dit eerste inzicht op basis van CZV-jaaremissies leidt tot de volgende vragen:

- Klopt het geschetste beeld voor CZV?
- Wat is het beeld als we andere stoffen in ogenschouw nemen?
- Hoe ziet het beeld eruit bij piekgebeurtenissen (zuurstofbindende stoffen)?
- Hoe gevoelig zijn deze opmerkelijke uitkomsten voor variaties in de invoergegevens?
- Wat zijn de voornaamste invloedsfactoren?

Om deze en andere vragen te beantwoorden heeft STOWA een opdracht geformuleerd met een driedelige doelstelling:

1. Het ontwikkelen van een expertmodel (EMOS), waarmee de emissies vanuit het totale afvalwatersysteem (riolering en RWZI) kunnen worden bepaald en dat dient ter ondersteuning van een afgewogen systeemkeuze in het kader van de omgang met regenwater.
2. Het beantwoorden van een aantal onderzoeksvragen om meer inzicht te verwerven in de verschillende invloedsfactoren op de voornoemde systeemkeuze.
3. Het in beeld brengen van eventuele leemten in kennis en deze te verwoorden in onderzoeksvragen.

Fasering van het totale project

Om aan bovenstaande doelstelling te voldoen is het project opgeknipt in vier fasen:

1. *Ontwikkelen van een expertmodel*
Het project is gestart met het ontwikkelen van een expertmodel, dat gebruiksvriendelijk en veelzijdig moet zijn. Het model moet breed toepasbaar zijn in het werkveld.
2. *Onderzoek en selectie van representatieve stoffen*
In de tweede fase van het project is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar relevante stoffen en de daarbij behorende vuilgehalten in de verschillende volumestromen binnen het afvalwatersysteem.
3. *Beantwoorden van onderzoeksvragen*
Met behulp van het emissiemodel zijn de onderzoeksvragen verkend en beantwoord. De resultaten leiden tot beter inzicht in relevante factoren die bij de omgang met regenwater een rol spelen.
4. *Opstellen van nadere onderzoeksvragen*
Voor de bij het onderzoek geconstateerde leemten in kennis zijn onderzoeksvragen geformuleerd voor nader onderzoek.

Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de resultaten van de eerste doelstelling, de ontwikkeling van het emissiemodel EMOS, en omvat de eerste twee fasen van het onderzoek. De resultaten van de tweede en derde doelstelling zijn opgenomen in een afzonderlijk rapport: 'Invloed van de systeemkeuze op de emissies van het afvalwatersysteem'. Dat rapport omvat de laatste twee laatste fasen van het onderzoek.

Het voorliggende deelrapport is als volgt opgebouwd:

Fase 1	Hoofdstuk 2	Beschrijft het EMOS expertmodel. De verschillende componenten van het model worden aan de hand van een modelschema toegelicht. Vervolgens gaat het hoofdstuk in op de rekenmethoden en presentatie van resultaten.
Fase 2	Hoofdstuk 3	Geeft de resultaten weer van het literatuuronderzoek naar relevante stoffen. De selectie van representatieve stoffen wordt toegelicht. Daarna volgt een beschrijving van stofconcentratie en een toelichting op rendementen van zuiveringen.
	Hoofdstuk 4	Bevat de conclusies voor dit deel van de opdracht.

In de bijlagen is uitgebreide informatie opgenomen over de achtergronden van de in EMOS opgenomen stofconcentraties.

2

MODELBSCHRIJVING

2.1 INLEIDING

EMOS (EmissieModel voor Systeemkeuze) is een rioleringsmodel op basis van een bakbenadering, waarbij de afvalwater- en regenwaterstromen vanaf de invoerpunten tot aan de lozingspunten afzonderlijk door het afvalwatersysteem worden gevolgd. Het model omvat het gehele afvalwatersysteem, zodat ook de effecten van afkoppelen op het effluent van de RWZI inzichtelijk kunnen worden gemaakt. De riolering is opgebouwd uit een afvalwater- en regenwatercomponent die, afhankelijk van het stelseltype, als één integrale bak (gemengde stelsels) of als twee afzonderlijke bakken (gescheiden stelsels) functioneren. De invoerstromen bestaan uit huishoudelijk afvalwater en regenwater. Voor het onderzoek is bedrijfsafvalwater buiten beschouwing gelaten¹, omdat de samenstelling hiervan erg divers kan zijn en de onderzoeksresultaten daardoor te sterk beïnvloed kunnen worden. Door aan de volumestromen uit literatuur bekende vuilgehalten toe te voegen, berekent het model op twee verschillende wijzen de emissies bij de lozingspunten. Paragraaf 2.4 geeft een toelichting op het verschil tussen beide methoden.

In de volgende paragrafen volgt een nadere uitleg van het model. In hoofdstuk 3 gaan we verder in op de selectie en vuilgehalten van stoffen.

2.2 VOLUMESTROMEN

Het EMOS-model is gebaseerd op een bakbenadering en bestaat uit een afvalwater- en regenwatercomponent. Het model is schematisch weergegeven in Figuur 2.3. Afhankelijk van het systeemtype functioneren beide componenten als één integrale bak (gemengde stelsels) of als twee afzonderlijke bakken (gescheiden stelsels). Het model onderscheidt de volgende componenten (de letters verwijzen naar Figuur 2.3 en Tabel 2.1):

- Invoerstromen
- A Huishoudelijk afvalwater.
- B Neerslag.
- C Rioolinloop.
- Oneigenlijke invoeren
- T Rioolvreemd water regenwatercomponent.
- U Rioolvreemd water afvalwatercomponent.
- Interacties
- F Foutaansluiting op regenwatercomponent.
- G Foutaansluiting op afvalwatercomponent / Mengfactor voor gemengde stelsels.
- H Influent RWZI (gemengd water).
- I Influent RWZI (regenwater).
- Lozingspunten
- D Neerslagverlies (infiltratie).
- E Neerslagverlies (plasvorming/verdamping).
- J Effluentlozing RWZI (evt. na nabehandeling).
- K Nooduitlaat vuilwaterstelsel/Overstort gemengd stelsel.

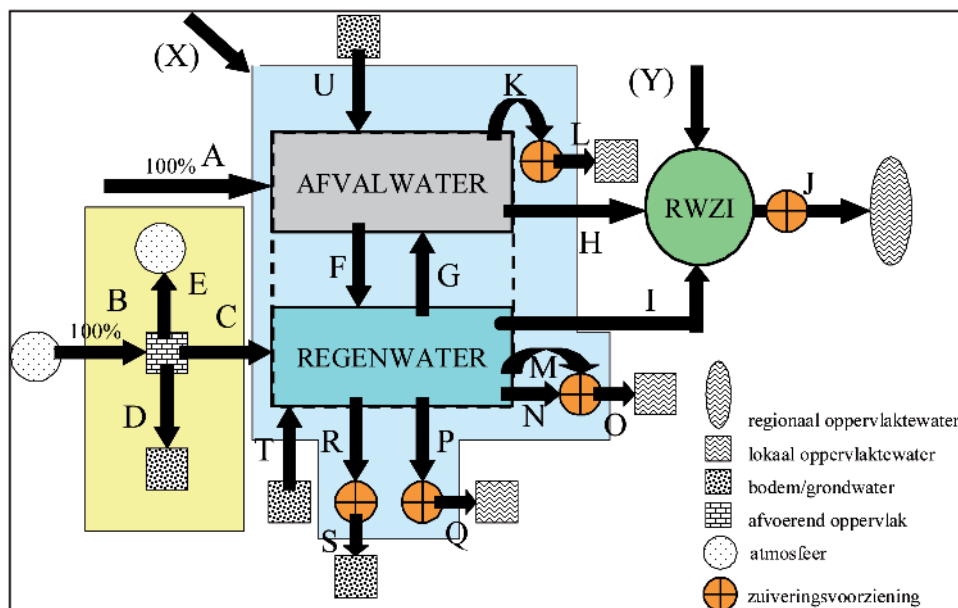
¹ Door de vrij definieerbare vuilconcentraties van de bronstromen kan bedrijfsafvalwater wel in het model worden meegenomen.

- L Randvoorziening verbeterd gemengd stelsel.
- M Overstort verbeterd gescheiden stelsel.
- N Lozing gescheiden stelsel.
- O Randvoorziening regenwaterlozing.
- P Afvoer naar bodempassage
- Q Lozing bodempassage.
- R Afvoer naar infiltratievoorziening.
- S Bodemlozing infiltratievoorziening.

EMOS kan maximaal 10 gebieden tegelijkertijd aan. Zo kunnen bijvoorbeeld voor één gebied 10 stelselvarianten in één keer worden vergeleken. Stelsels kunnen met behulp van de volumestromen X en Y worden doorgesloten, zodat ook het afstroomgebied van een RWZI geheel of gedeeltelijk kan worden doorgerekend.

De scheiding van het afvalwater- en regenwatertraject maakt het mogelijk om beide trajecten vanaf de bron afzonderlijk te volgen. Op die manier is op de lozingspunten bekend welk deel van het lozingsvolume uit welke bron afkomstig is. Dit biedt ook de mogelijkheid om stofstromen vanuit de bron door het systeem te volgen naar het lozingspunt (zie ook § 2.4).

FIGUUR 2.3 WATERSTROMEN IN EMOS (ZIE OOK TABEL 2.1)



Deelstromen

De hoofdinvoerstromen A en B zijn het afval- en regenwater. Daarnaast staat het model ook toe om oneigenlijke volumestromen (T en U) voor de invoer van bijvoorbeeld rioolvreemd water (lekkages of drainwater). Bij een negatief teken van deze invoeren hebben we te maken met uittredende volumens.

Bij een gescheiden afvoer van afvalwater en regenwater vertegenwoordigen de interactiestromen F en G het percentage foutaansluitingen voor beide componenten. Bij gemengde stelsels heeft de interactiestroom G een waarde van 100%, waardoor al het regenwater gemengd wordt met het afvalwater. Afhankelijk van het stelseltype vertegenwoordigen de interactiestromen H en I het influent van de RWZI.

De deelstromen D en E vertegenwoordigen de neerslagverliezen door verdamping en infiltratie. Het restant, de inloop C, vormt de belasting voor de regenwatercomponent.

Bij de lozingspunten van de riolering vertolken de deelstromen K, M, N, P en R de lozingen vanuit de rioolstelsels. Deelstroom K kan de lozing via een nooduitlaat van een vuilwaterstelsel zijn of de overstorting vanuit een gemengd stelsel. In het laatste kan de lozing via een bergbezinkvoorziening plaatsvinden (L). Deelstroom M vertegenwoordigt de overstorting van een verbeterd gescheiden stelsel, terwijl deelstroom N de directe lozing van een regenwaterstelsel betreft. In beide lozingen kan een randvoorziening, bijvoorbeeld in de vorm van een lamellenafscheider, worden opgenomen (O). Deelstroom P loost vanuit een regenwaterstelsel via een bodempassage (Q) op oppervlaktewater, terwijl deelstroom R op een infiltratievoorziening loost met afvoer naar de bodem (S).

Deelstroom J betreft de lozing van de RWZI, waarbij de mogelijkheid is geboden voor een nabehandeling van het effluent.

Compartimenten

Op de in totaal zeven lozingspunten onderscheidt het model vier compartimenten waarop de lozingen plaatsvinden:

- Regionaal oppervlaktewater, waarop de effluentlozing van de RWZI (J) plaatsvindt.
- Stedelijk of lokaal oppervlaktewater, waarop de rioollozingen L, O en Q (drainage) plaatsvinden.
- (stedelijke) Bodem, waarin de bodemlozingen D en S plaatsvinden;
- Atmosfeer voor de verdampte neerslag E.

EMOS houdt rekening met het feit dat aan het einde van de berekening zich nog water in het rioolstelsel bevindt. Deze hoeveelheid wordt toegerekend aan een vijfde compartiment 'Rioolberging'.

2.3 RIOLERINGSSYSTEMEN

EMOS onderscheidt drie basisstelsels:

- Gemengd stelsel (GM).
- Verbeterd gescheiden stelsel (VGS).
- Gescheiden stelsel (GS).

Nadat de gebruiker voor één van deze drie basisstelsels heeft gekozen, regelt EMOS de verdere invoerprocedure door als functie van het basisstelseltype invoervelden te openen of te verbergen. Op die manier zijn vergissingen nagenoeg uitgesloten. Door de nadere specificaties van de stelselkenmerken van de drie basistypen onderscheidt het model nog eens 6 substelsels:

- Verbeterd gemengd stelsel (VGM).
- Verbeterd gescheiden stelsel met afscheider en verlaagde pompoevercapaciteit (VGS+).
- Gescheiden stelsel met afscheider (GS+).
- Gescheiden stelsel met bodempassage (afvoer naar oppervlaktewater) (GS-bodem).
- Gescheiden stelsel met bovengrondse bodeminfiltratie (GS-inf/boven).
- Gescheiden stelsel met ondergrondse bodeminfiltratie (GS-inf/onder).

De laatste twee stelsels onderscheiden zich in de wijze waarop het water naar de infiltratievoorziening wordt geleid. Bij bovengrondse bodeminfiltratie vindt dat op maaiveldniveau

plaats, bij ondergrondse bodeminfiltratie door middel van een aanvoerriool. In het eerste geval bestaat er geen kans op foutaansluitingen of rioolvreemd water, terwijl daar in het laatste geval wel kans op bestaat. Verder zijn beide stelseltypen voor EMOS in principe gelijk.

De negen rioleringsystemen zijn onder te verdelen in gemengde en gescheiden systemen. De gescheiden systemen kunnen verder worden opgesplitst in verbeterd gescheiden en afgekoppelde systemen. Tabel 2.1 geeft hiervan een overzicht. Bij afgekoppelde systemen stroomt geen regenwater naar de RWZI en kunnen we dus over 100% afkoppeling spreken. Alle GS-varianten vallen hieronder. Bij verbeterd gescheiden stelsels wordt circa 75% van de jaarlijkse rioolinloop naar de RWZI afgevoerd, waardoor we slechts over een gescheiden systeem kunnen spreken. Bij gemengde systemen gaat zelfs 90 tot 95% van het regenwater naar de RWZI.

TABEL 2.1 RELATIE TUSSEN DEELSTROMEN EN STELSELTYPEN.

Waterstroom		Gemengde systemen		Gescheiden systemen						
				Afkoppeld				Verbeterd		
		GM	VGM	GS	GS+	GS-bodem	GS-inf/boven	GS-inf/onder	VGS	VGS+
A	Huishoudelijk afvalwater									
B	Neerslag									
C	Inloop regenwater									
D	Neerslagverlies door infiltratie									
E	Neerslagverlies door plasvorming/verdamping									
F	Foutaansluitingen op regenwatercomponent									
Ga	Foutaansluitingen op vuilwatercomponent									
Gb	Mengfactor gemengd stelsel									
H	Influent RWZI gemengd water									
I	Influent RWZI regenwater									
J	Effluent RWZI (evt. na nabehandeling)									
Ka	Nooduitlaat vuilwaterstelsel									
Kb	Overstort gemengd stelsel									
L	Randvoorziening verbeterd gemengd stelsel									
M	Overstort verbeterd gescheiden stelsel									
N	Lozing gescheiden stelsel									
O	Randvoorziening regenwaterlozing									
P	Afvoer naar bodempassage									
Q	Lozing bodempassage									
R	Afvoer naar infiltratievoorziening									
S	Bodemlozing infiltratievoorziening									
T	Rioolvreemd water regenwatercomponent									
U	Rioolvreemd water afvalwatercomponent									

Tenslotte staat EMOS toe dat er nog allerlei combinaties worden gespecificeerd, zoals het afkoppelen van verhard oppervlak bij gemengde rioolstelsels of het toepassen van zowel afscheiders als bodempassages bij gescheiden systemen.

2.4 STOFSTROMEN

EMOS berekent de emissies bij de lozingspunten op basis van het principe:

$$EMISSIE = VOLUME * VUILGEHALTE$$

De lozingsvolumen worden op basis van een bakmodellering berekend. Een verdeling van dit totale lozingsvolumen over de verschillende lozingspunten is daardoor niet mogelijk. Om dat te bewerkstelligen kunnen bijvoorbeeld de verdeelsleutels uit hydrodynamische berekeningen worden benut.

Voor de vuilgehalten worden literatuurwaarden gehanteerd (zie verder hoofdstuk 3). Het model onderscheidt zich door de vuilgehalten zowel aan de inkomende als de uitgaande volumestromen te kunnen koppelen. We spreken van bronbenadering en lozingsbenadering.

2.4.1 BRONBENADERING

Bij de bronbenadering worden vuilgehalten van stoffen aan de twee onderscheiden invoerstromen A (droogweerafvoer) en C (inloop) toegevoegd. Door beide volumestromen met de daaraan gekoppelde concentraties door het systeem te volgen, kan bij de lozingspunten zowel de uit elke bron afkomstige vuilvracht als de totale vuilvracht met gemiddeld vuilgehalte berekend worden.

De processen in de riolering (adsorptie, dispersie, sedimentatie, reesuspensie, afbraak, e.d.) zijn niet meegenomen. Daarom moet aan de rekenuitkomsten geen absolute waarde worden toegekend. De uitkomsten hebben een relatieve waarde, maar kunnen het inzicht in het effect van allerlei invloedsfactoren vergroten, zoals die van foutaansluitingen in gescheiden rioolstelsels.

De verwachting is dat de bronbenadering betrouwbaarder resultaten levert voor opgeloste inerte stoffen (zoals glyfosaat, oestron, e.d.) dan voor geadsorbeerde stoffen (zoals zware metalen en PAK's). De vermelde processen in de riolering hebben immers minder invloed op deze stoffen. Dat neemt niet weg dat ook voor opgeloste stoffen geldt dat de relatieve waarde van de rekenuitkomsten groter is dan de absolute waarde.

2.4.2 LOZINGSBENADERING

Bij de lozingsbenadering berekent het model de emissies door de lozingsvolumen (K, M, N, P en R) te vermenigvuldigen met vuilgehalten die in de literatuur voor vergelijkbare lozingspunten vermeld staan. Het effect van eventuele randvoorzieningen komt tot uiting door de berekende vrachten te onderwerpen aan de opgegeven zuiveringsrendementen. De invloed van interne processen en omstandigheden is impliciet verdisconteerd in de meetwaarden uit de vakliteratuur. Het aandeel van die impliciete factoren in de meetwaarde is vanuit het betreffende onderzoek niet bekend. Een gevoeligheidsanalyse op de resultaten kan dan inzicht verschaffen in de betekenis van dergelijke factoren.

2.5 DEFAULTWAARDEN VOOR MODELPARAMETERS

Voor een groot aantal modelparameters is EMOS uitgerust met defaultwaarden. Voor neerslaggegevens wordt uitgegaan van een 25-jarige regenreeks (1955-1979) van de KNMI.

Voor de transformatie van neerslag naar rioolinloop is de standaardset van hydrologische parameters overgenomen uit module C2110 van de Leidraad Riolering [RIONED C2100]. Voor de verdeling van het totale afvoerende oppervlak over de verschillende typen is de standaard verdeling van de CIW aangehouden [CIW2001]. Tabel 2.2 geeft een overzicht van de algemene uitgangspunten voor de hydrologische modelparameters met bronvermelding.

TABEL 2.2 UITGANGSPUNTEN ALGEMENE MODELPARAMETERS.

Modelparameter	Uitgangspunt	Bron
Neerslag	25-jarige regenreeks voor De Bilt (1955 – 1979)	[RIONED C2100]
Verdamping	Conform module C2100 Leidraad Riolering	
Plasvorming		
Infiltratie		
Vertraging		
Patroon droogweerafvoer		
Verdeling afvoerend oppervlak	Eenduidige basisinspanning CIW	[CIW 2100]

Verder is het model standaard uitgerust met stofconcentraties voor een achttal stoffen. Voor elke stof zijn drie vuilgehalten in de bron- en lozingsstromen opgenomen: een rekenwaarde (gemiddelde of mediaan), een ondergrens- en bovengrenswaarde. De stofconcentraties zijn ontleend aan een literatuurrecherche. In hoofdstuk 3 gaan we nader in op de stofselectie en de in de literatuur aangetroffen vuilgehalten.

De gebruiker van EMOS heeft alle vrijheid om alle defaultwaarden te vervangen door specifieke waarden. Ook kunnen de geselecteerde stoffen worden vervangen of aangevuld met andere stoffen.

2.6 PRESENTATIE

EMOS levert een grote hoeveelheid rekenuitkomsten. Met behulp van grafieken en tabellen worden de resultaten voor de gebruiker inzichtelijk gemaakt. Bovendien is het rekenmodel aangevuld met een interpretatietool, EMOSint. Deze tool is een hulpmiddel voor de gebruiker om de omvangrijke rekenuitvoer in tabellen van EMOS op snelle wijze te kunnen doorgronden. In deze paragraaf worden deze hulpmiddelen beschreven.

2.6.1 TABELLEN

Alle rekenresultaten worden per deelgebied opgeslagen in tabellen. Deze getalsmatige vastlegging vormt tevens de basis voor de grafische weergave en de interpretaties in EMISint. Per rekensessie worden vier resultatenbladen aangemaakt, twee met de kwantitatieve uitkomsten en twee met de kwalitatieve uitkomsten. Op het ene blad staan de uitkomsten per inkomende en uitgaande deelstroom plus de uitkomsten per lozingscompartiment (regionaal/stedelijk oppervlaktewater, bodem en atmosfeer). Op het tweede blad is daarnaast ook de bron aangegeven (afvalwater, regenwater, rioolvreemd water). Dit tweede blad is overigens alleen van toepassing bij het gebruik van de bronbenadering. De volumens worden in de tabellen in m³ en mm aangegeven, de emissies in gewichten en concentraties.

Tabellen 2.3 en 2.4 geven de opbouw weer van bovengenoemde tabellen. In Bijlage 1 zijn voorbeelden van de bladen met tabellen opgenomen.

TABEL 2.3 OPBOUW RESULTATENTABELLEN (LOZINGS- EN BRONBENADERING).

Rioolsysteem	Stelselnaam	
Stelseltype	Stelseltype	
Deelstroom	Volume (m ³)/Vracht	Volume (mm)/Concentratie
Inkomende deelstromen		
Uitgaande deelstromen		
Milieucompartiment		

TABEL 2.4 OPBOUW RESULTATENTABELLEN (ALLEEN BRONBENADERING).

Riolsysteem	Stelselnaam					
	Stelseltype					
Stelseltype	DWA		RWA		Rioolvreemd	
Deelstroom	Vol.(m3) /Vracht	Vol.(mm) /Conc.	Vol.(m3) /Vracht	Vol.(mm) /Conc.	Vol.(m3) /Vracht	Vol.(mm) /Conc.
Inkomende deelstromen						
Uitgaande deelstromen						
Milieucompartiment						

2.6.2 GRAFIEKEN

Uit de in bovenstaande tabellen cijfermatig opgeslagen rekenresultaten genereert EMOS drie basisgrafieken, waarin de rekenuitkomsten worden gerelateerd aan:

- compartimenten (omvang volumens, emissies en vuilgehalten per compartiment);
- lozingspunten (omvang, emissies en vuilgehalte per lozingspunt);
- invoerbronnen (idem met bronvermelding).

De basisgrafieken zijn zowel voor de kwantitatieve als de kwalitatieve berekening beschikbaar. In onderstaande paragrafen worden de drie basisgrafieken beschreven.

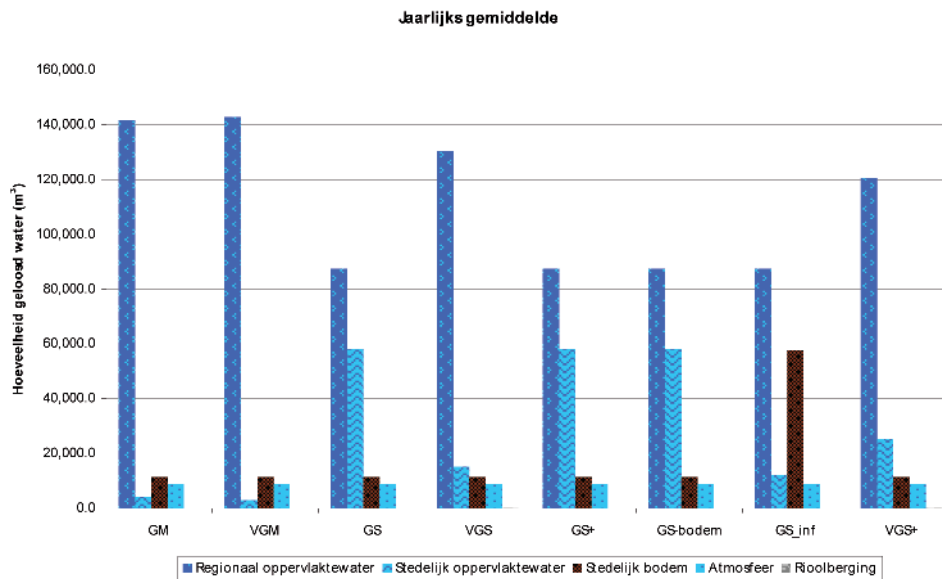
Compartimenten

In de eerste grafiek wordt voor de doorgerekende stelsels onderscheid gemaakt naar de verschillende compartimenten waarop wordt geloosd. De lozingen zijn niet onderscheiden naar bron (afvalwater versus regenwater).

De kwantitatieve rekenuitkomsten worden uitgedrukt in kubieke meters of millimeters, de vrachten in kilogrammen of grammen en de vuilgehalten in milli-, micro- of nanogrammen per liter. Voor *Escherichia coli* gelden specifieke eenheden: aantal kve (kolonie vormende eenheden) en aantal kve per 100 ml.

Regionaal oppervlaktewater is toegewezen als lozingspunt voor het effluent van de RWZI (J). *Stedelijk oppervlaktewater* ontvangt de lozingen van de rioolstelsels via de overstorten en/of uitlaten (L, O en Q). Onder *Stedelijke bodem* staan de water-/stofstromen aangegeven die hun weg vinden naar de bodem (D en S, eventueel aangevuld met U en T als deze negatief (ex-filtratie) zijn). Een bodempassage (Q) is in het model geen stroom die loost op de bodem, omdat na het passeren van de bodempassage het water op het oppervlaktewater terecht komt. Onder *Atmosfeer* staat de verdamping (E) uit het inloopmodel vermeld.

FIGUUR 2.4 VOORBEELDGRAFIEK VAN LOZINGSVOLUMEN VERDEELD OVER DE VIER ONDERSCHIEDEN COMPARTIMENTEN

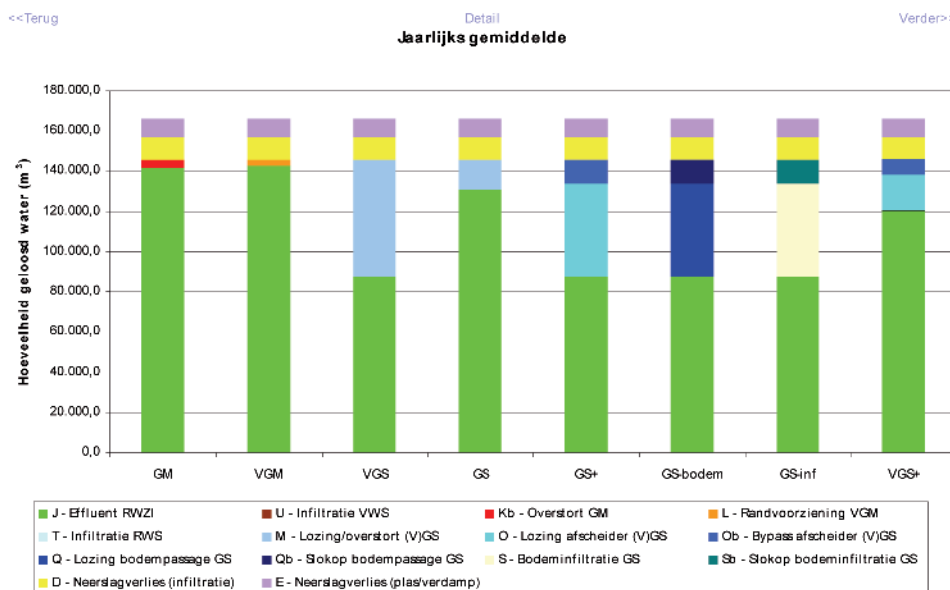


Voor een gesloten waterbalans is ten slotte nog *Rioolberging* opgenomen. Dit is de hoeveelheid water die aan het eind van het gekozen jaar nog in de rioolring aanwezig is. Bij de keuze voor jaarlijks gemiddelde is dat de gemiddelde hoeveelheid aan het eind van elk van de doorgerekende jaren. Over het algemeen is deze post ten opzichte van de andere vier verwaarloosbaar klein.

Lozingspunten

Waar in de compartimentengrafiek alle lozingen naar een bepaald compartiment gesommeerd zijn, is in de lozingspuntengrafiek de totale lozing gesommeerd. In de grafiek is per stelseltype de totale hoeveelheid water of vracht aangegeven, onderverdeeld naar lozingspunt.

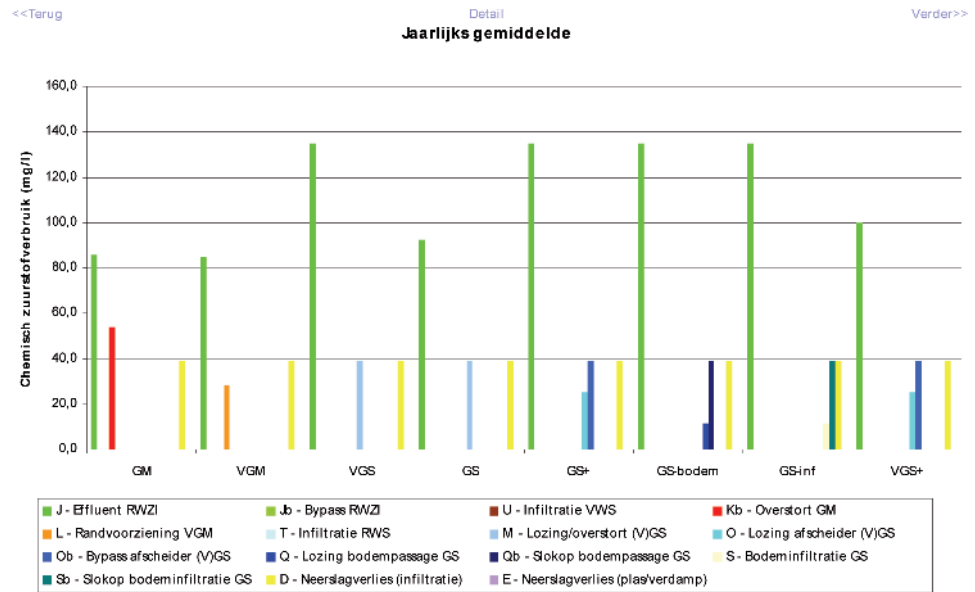
FIGUUR 2.5 VOORBEELDGRAFIEK VAN DE LOZINGSVOLUMEN PER RIOOLINGSSYSTEEM VERDEELD OVER IN TOTAAL 13 LOZINGSPUNTEN



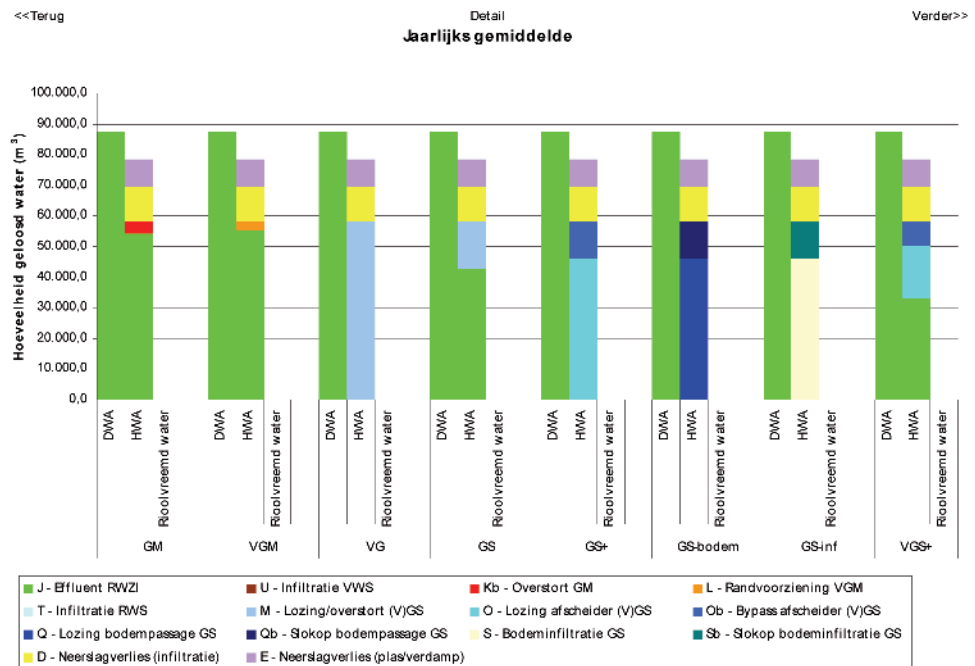
De grafiek is beschikbaar voor de geloosde watervolumen, vrachten en concentraties. In deze grafiek is, net als in de compartimentgrafiek, geen onderscheid naar bron gemaakt. Voor deze grafiek is een detailgrafiek beschikbaar, waarin de lozing van de RWZI op regionaal water ontbreekt. Hierdoor ontstaat een beter inzicht in de lozingen op stedelijk water en stedelijke bodem.

De opmaak van de lozingspuntengrafiek wijkt af als men kiest voor een weergave van de concentraties. Omdat de gesommeerde concentratie over alle lozingspunten geen zinnige informatie oplevert, worden de concentraties per lozingspunt apart weergegeven.

FIGUUR 2.6 VOORBEELDIGRAFIEK VOOR DE CONCENTRATIES IN DE VOLUMESTROMEN PER LOZINGSPUNT



FIGUUR 2.7 VOORBEELDIGRAFIEK VOOR DE LOZINGSVOLUMEN PER LOZINGSPUNT MET VERWIJZING NAAR DE BRONNEN DWA, HWA OF RIOOLVREEMD WATER (INFILTRATIES T/U)



Invoerbronnen

Net als bij de lozingspuntengrafiek levert de brongrafiek gesommeerde informatie per stelsel, maar dan gerelateerd aan de drie mogelijke bronnen (DWA, HWA, rioolvreemd water). Onder de 'DWA-kolom' zijn alle lozingen opgenomen die via het afvalwatertraject tot afstroming komen, onder de 'HWA-kolom' alle lozingen die via het regenwatertraject tot afstroming komen en onder de kolom 'Rioolvreemd water' zijn de oneigenlijke invoeren U en T verzameld. Ook voor deze grafiek is een detailgrafiek aanwezig om de dominante rol van het RWZI-effluent eruit te filteren.

Deze grafiek wordt alleen bij toepassing van de bronbenadering aangemaakt, omdat bij de lozingsbenadering de relatie met de bron ontbreekt. Bij selectie van concentraties wordt hier, net als bij de lozingspuntengrafiek, geen gestapelde grafiek weergegeven, maar wordt per bron en per lozingspunt een concentratie getoond.

2.6.3 INTERPRETATIEMODULE

De interpretatiemodule EMOSint is aan EMOS toegevoegd als hulpmiddel om snel inzicht te krijgen in de uitgebreide rekenresultaten. Uit elke resultatentabel maakt EMOSint een overzichtstabel aan waarin voor elk compartiment de emissierangorde van de door-gerekende varianten van laag naar hoog wordt aangegeven. De gebruiker kan kiezen of de rangorde betrekking heeft op volumens (m^3 of mm), vrachten (kg of g of kve) of vuilgehalten (mg/l of $\mu g/l$ of $kve/100ml$). Om de rangorde per compartiment inzichtelijker te maken kan de gebruiker aan elke variant een kleur toekennen. Tabel 2.5 is een voorbeeld van de emissierangorde. Andere voorbeelden van overzichtstabellen zijn opgenomen in bijlage 4 t/m 11 van dit rapport.

TABEL 2.5 VOORBEELDTABEL VAN DE EMISSIERANGORDE VOOR KOPER PER COMPARTIMENT

Cu		SHEET JD_Absolute_Cu_10jr							
Omschrijving		Tienjarige regenreeks 1965 - 1966, totaalwaarden Cu jaarlijks gemiddelde, hoeveelheden (kg en $\mu g/l$)							
kg	Regionaal oppervlaktewater	Stedelijk oppervlaktewater	Stedelijk bodem	Atmosfeer	Totaal				
Kleinste lozing	GS	0,88 VGM	0,19 GM	0,23 GM	0 VGM	1,8			
	GS+	0,88 GS_inf	0,30 VGM	0,23 VGM	0 VGS	1,9			
	GSbodem	0,88 VGS	0,38 GS	0,23 GS	0 VGS+	2,0			
	GS_inf	0,88 GM	0,38 VGS	0,23 VGS	0 GS_inf	2,0			
	VGS+	1,2 VGS-	0,54 GS+	0,23 GS+	0 GSbodem	2,0			
	VGS	1,3 GSbodem	0,88 GSbodem	0,23 GSbodem	0 GM	2,0			
	GM	1,4 GS+	1,2 VGS+	0,23 GS_inf	0 GS+	2,3			
Grootste lozing	VGM	1,4 GS	1,5 GS_inf	0,60 VGS+	0 GS	2,6			

2.7 TOEPASSINGEN

EMOS kan voor vele uiteenlopende doeleinden worden toegepast. De grote voordelen zijn de integrale benadering van het gehele afvalwatersysteem en de fractieboekhouding vanuit de drie bronnen. Daardoor is het mogelijk om inzicht te krijgen in de wederzijdse beïnvloeding tussen enerzijds de zuivering en riolering en anderzijds tussen huishoudelijk afvalwater en regenwater. Het onderstaande schema geeft aan voor welk doel en op welk niveau EMOS ingezet kan worden.

Doel	Landelijk	Regionaal	Lokaal
Onderzoek	x	x	x
Beleid/Strategie/Visie	x	x	x
Systeemoptimalisatie		x	x
Gevoeligheidsanalyses		x	x
Projectmatig			x
Toetsing			x

EMOS is door de uitgebreide mogelijkheden om allerlei modelparameters specifiek in te stellen zeer geschikt om allerlei onderzoeksvragen te beantwoorden. Zo kunnen innovatieve ontwikkelingen op hun effect worden getoetst of kan de invloed van interne factoren worden verkend. Voor landelijke of regionale beleidsontwikkelingen kunnen de emissie-effecten vooraf worden verkend. Bij het uitstippelen van een regionale of lokale strategie of visie kan het model ingezet worden bij gevoeligheidsanalyses. De integrale benadering van het totale afvalwatersysteem maakt het model ook een uitstekend hulpmiddel bij OAS-studies of andere onderzoeken om het afvalwatersysteem te optimaliseren. EMOS kan ook worden ingezet in het projectstadium, waarbij het gaat om de definitieve systeemkeuze in het voorontwerpstadium. Ten slotte kan het model diensten bewijzen om eerder geproduceerde rekenuitkomsten nog eens op hun betrouwbaarheid te toetsen. Onderstaande alinea's beschrijven een aantal specifieke kenmerken van EMOS.

Vergelijking met hydrodynamische rekenmodellen

EMOS voert de hydraulische berekeningen uit op basis van een bakbenadering van de rioolstelsels. Ten opzichte van een hydrodynamisch rekenmodel, zoals InfoWorks, MOUSE of SOBEK, houdt EMOS geen rekening met de putinhoud. Dit betekent dat de overstortvolumen over het algemeen wat groter zullen uitvallen dan bij voornoemde rekenmodellen, die op strengniveau rekenen. Bovendien gaat EMOS uit van één overstort of lozingspunt per stelsel, waardoor de waterverdeling over de lozingspunten (zeker in hellende gebieden) niet gemiddeld kan worden.

De rekenuitkomsten van EMOS hebben in absolute zin een lagere betrouwbaarheid dan uitkomsten van hydrodynamische rekenmodellen. Echter, de integrale benadering van het totale afvalwatersysteem maken EMOS tot een uitstekend hulpmiddel om varianten met elkaar te kunnen vergelijken.

Bovendien zijn berekeningen al uit te voeren als slechts de hoofdkenmerken van de stelsels bekend zijn. Rekenbestanden op strengniveau zijn niet nodig.

Flexibiliteit

Het model EMOS is zo flexibel mogelijk opgezet, zonder dat dit leidt tot problemen bij het doorrekenen. Nagenoeg alle denkbare parameters kunnen aangepast worden. Op die plaatsen waar defaultwaarden uit de Leidraad Riolering zijn toegepast, is een waarschuwing ingebouwd als de handmatig ingevoerde waarde afwijkt van de waarde uit de Leidraad.

Ook heeft het model een hoge graad van vrijheid met betrekking tot de kenmerken van de systemen. Zo kan bij gemengde rioolstelsels ook een deel van het verhard oppervlak worden afgekoppeld, waarbij tevens kan worden aangegeven hoe met het afgekoppelde regenwater moet worden omgegaan (afscheider, bodempassage, e.d.).

Lokaal maatwerk

Voor dit onderzoek is alleen gerekend met individuele rioolstelsels die elk afzonderlijk op de zuivering lozen. Het is ook mogelijk een koppeling te maken tussen verschillende bakjes door het gemaal niet te koppelen aan de RWZI, maar te laten injecteren op een ander, benedenstrooms gelegen bakje. Op deze manier kan een hele gemeente of zuiveringskring met het model worden doorgerekend. Het is (nog) niet mogelijk verschillende bakjes op elkaar te laten overstorten (bijvoorbeeld via een interne overlaat).

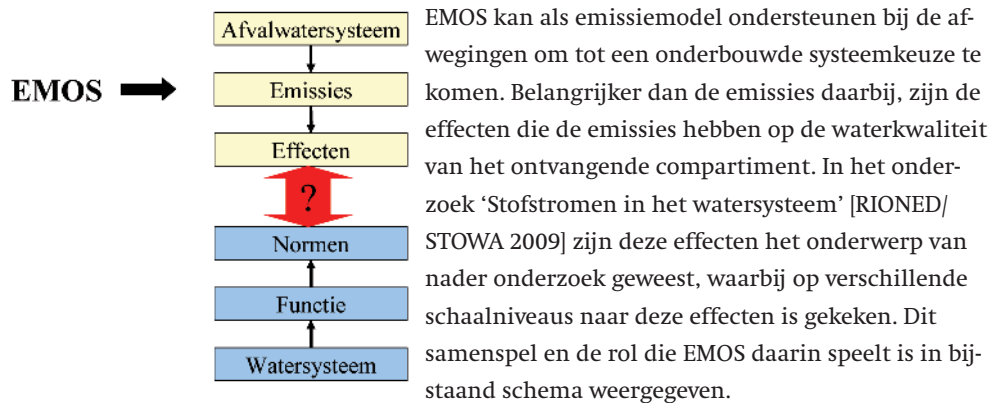
Pieklozingen en -emissies

In de huidige vorm kunnen resultaten voor elk van de doorgerekende jaren dan wel het jaarlijkse gemiddelde worden berekend en gepresenteerd. Het is nog niet mogelijk om op

basis van doorgerekende neerslagreeks een statistische bewerking uit te voeren, waardoor vrachten en concentraties voor piekemissies kunnen worden bepaald. Het is wel mogelijk om in plaats van een volledige neerslagreeks een afzonderlijke gebeurtenis door te rekenen, waarmee alsnog de piekemissie kan worden bepaald.

Effecten en emissies

ROL VAN EMOS IN AFWEGINGSPROCES RONDOM DE SYSTEEMKEUZE VOOR HET AFVALWATERSYSTEEM



Nabehandeling effluent

EMOS biedt de mogelijkheid om aan een conventionele RWZI een nabehandelingstrap toe te voegen, een zandfilter of defosfateringsinstallatie. Deze mogelijkheid stelt het model in staat rekening te houden met eventuele maatregelen vanuit de Kaderrichtlijn Water.

Omdat er vele mogelijkheden zijn voor een extra zuiveringstrap is hiervoor geen default rendement opgenomen.

Nieuwe sanitatie

Gescheiden sanitatie wordt steeds actueler. Bij gescheiden sanitatie worden de verschillende stromen in het huishoudelijk afvalwater (zoals douchewater, urine, fecaliën) bij de bron gescheiden. Door het vervangen van de defaultwaarden voor de stofconcentraties in huishoudelijk afvalwater kan het effect van gescheiden sanitatie vraagstukken worden verkend.

2.8 GEBRUIKSVORWAARDEN

Bij de start van de ontwikkeling van EMOS hebben de volgende gebruiksgrenzen als uitgangspunt gegolden:

- regenreeks 25 jaar, kwartiergegevens;
- tien bakjes;
- tien stoffen.

Beperkingen bij Excel 2003

Daarnaast is bewust gekozen voor Excel 2003 als user-interface, omdat vrijwel iedereen daarover beschikt op zijn of haar werkplek. Het hydraulische rekenhart van EMOS is ontwikkeld op basis van Matlab, wat integraal in het Excel-model is opgenomen. Tijdens de ontwikkeling van de software bleken (ondefinieerbare) beperkingen van Excel 2003 dusdanige belemmeringen op te werpen dat bovenstaande uitgangspunten voor de modelomvang niet haalbaar bleken te zijn. Deze beperkingen hebben zonder uitzondering te maken met de geheugentoe wijzing vanuit Excel. Onder Excel 2007 treden deze beperkingen niet op. Het gebruik van Excel onder de versie 2003 brengt dus enkele beperkingen met zich mee, zoals:

- Het maximum aantal tegelijkertijd door te rekenen deelgebieden blijft beperkt tot 8.
- De toegestane omvang van de door te rekenen regenreeks blijkt computerafhankelijk te zijn. De limiet ligt veelal bij een 10-jarige regenreeks met een resolutie van 15-minuten.
- Bij een geringer aantal deelgebieden dan 8 kan over het algemeen een langere regenreeks worden doorgerekend dan 10 jaar.

Het EMOS-model is - gratis - beschikbaar. Voor meer informatie zie <http://www.stowa.nl/Service/Publicaties/index.aspx>, rapport 2009-W-06.

3

STOFSELECTIE

3.1 INLEIDING

Emissieberekeningen voor riolering zijn tot op heden veelal beperkt gebleven tot CZV (chemisch zuurstof verbruik) en BZV (biologisch zuurstof verbruik). Hoewel deze stoffen van groot belang zijn voor een goede (ecologische) waterkwaliteit, zijn er tal van andere stoffen die de waterkwaliteit beïnvloeden en, mede onder invloed van de KRW, meer aandacht vragen. Om EMOS een brede toepassing te geven, is het mogelijk gemaakt om eigen stoffen en stofconcentraties in te voeren in het model. Om de gebruiker tegemoet te komen, zijn voor een aantal stoffen defaultwaarden voor de vuilgehalten in de verschillende deelstromen van het model ingevoerd. Deze defaultwaarden zijn gebaseerd op literatuuronderzoek. Dit hoofdstuk behandelt de selectie van deze stoffen, een bespreking van de gevonden meetwaarden en conclusies en aanbevelingen over de beschikbaarheid van deze kwaliteitsgegevens in het afvalwatersysteem.

3.2 STOFSELECTIE

Selectiecriteria

Om de relevantie van de geselecteerde stoffen te waarborgen, zijn in nauw overleg met de begeleidingsgroep voor elke stof de volgende criteria gehanteerd:

- Levert de stof problemen op in het oppervlaktewater (en/of de bodem)?
- Bedreigt de stof de volks- en diergezondheid?
- Bevindt de stof zich in de afvalwaterketen?
- Bevindt de stof zich in regenwater?
- Zijn van de stof voldoende literatuurgegevens beschikbaar?
- Zijn van de stof de zuiveringsrendementen genoegzaam bekend?
- Zijn van de stof de eigenschappen (opgelost/geabsorbeerd) bekend?

De eerste twee criteria zijn pragmatisch benaderd. De bekende concentraties in oppervlaktewater zijn vergeleken met de normen uit de Nederlandse en Europese wet- en regelgeving. Hierbij is er vanuit gegaan dat de stof problemen oplevert en/of de volks- en diergezondheid bedreigt, als de normen overschreden worden.

Stofgroepen

Daarnaast is de wens geuit om met EMOS een breed scala aan onderzoeksvragen te kunnen verkennen. Om daaraan tegemoet te komen is minimaal één representant uit elk van de volgende stofgroepen opgenomen:

- zuurstofbindende stoffen;
- nutriënten;
- metalen;
- organische microverontreinigingen;
- bestrijdingsmiddelen;
- geneesmiddelen (hormoon verstorende stoffen);
- hygiënische betrouwbaarheid.

De groep 'zuurstofbindende stoffen' is enerzijds opgenomen omdat het zuurstofgehalte nog steeds een belangrijk knelpunt kan zijn in de waterkwaliteit en anderzijds omdat de huidige emissieberekeningen voor riolering tot CZV en BZV beperkt blijven. Er is dus veel vergelijkingsmateriaal. Nutriënten zijn al lange tijd een belangrijke probleemstof in het oppervlaktewater en zullen dat nog lange tijd blijven. De zware metalen vormen een belangrijke toxische bedreiging voor het ecosysteem en krijgen ook in KRW-verband veel aandacht. Dat laatste geldt ook voor 'organische microverontreinigingen', zodat een vertegenwoordiger van deze stofgroep niet mag ontbreken. Verder wekken 'bestrijdingsmiddelen' en 'geneesmiddelen' een sterk groeiende belangstelling, mede doordat de stoffen slecht afbreekbaar zijn en deze stoffen steeds vaker in organismen worden aangetroffen. De stoffen die deel uitmaken van de groep 'hygiënische betrouwbaarheid' worden van oudsher sterk in verband gebracht met rioolozingen. Het inzicht ontstaat echter dat ook andere bronnen tot hoge concentraties pathogene organismen in oppervlaktewater kunnen leiden.

E-coli bacteriën, als indicator voor de pathogene organismen, sterven af als ze te lang buiten het lichaam van een gastheer zijn. Net als CZV, leveren deze bacteriën dus vooral korte termijn effecten op. Dit in tegenstelling tot de vertegenwoordigers van de andere stofgroepen die vooral een cumulerend effect hebben. Voor E-coli en CZV geldt daarom dat vooral de piekvrachten de invloed op het ontvangende water bepalen. De jaarvrachten zijn minder interessant. Zoals in het voorgaande hoofdstuk is aangegeven is EMOS echter niet ontworpen om piekvrachten te berekenen (zie § 2.7). Deze beperking kan worden ondervangen door in plaats van een regenreeks een individuele (maatgevende) bui door te rekenen.

Randvoorwaarden

Om de effecten van stoffeigenschappen te kunnen verkennen is van belang dat binnen de stofselectie minimaal één stof voldoet aan één van de volgende randvoorwaarden:

- de bron voor de stof is voornamelijk regenwater;
- de bron voor de stof is voornamelijk huishoudelijk afvalwater;
- de stof komt voornamelijk in opgeloste vorm voor;
- de stof komt voornamelijk in geabsorbeerde vorm voor;
- de stof heeft een hoog zuiveringsrendement op de RWZI;
- de stof heeft een laag zuiveringsrendement op de RWZI.

Tenslotte is er bij de selectie ook gelet op de omvang van de beschikbare informatie over de betreffende stof.

Resultaat

Tabel 3.6 geeft het resultaat weer van de stofselectie onder vermelding van de belangrijkste toepassing in de laatste kolom. Elk van de stoffen representeert op grond van zijn eigenschappen een zeker toepassingsgebied. Uiteraard komen in de selectie stoffen voor die zich onderscheiden op verschillende eigenschappen. Voor de duidelijkheid is er voor gekozen om elke eigenschap eenmaal te koppelen aan een enkele stof.

TABEL 3.6 STOFSELECTIE EN STOFEIGENSCHAPPEN

Stof	Stofgroep	DWA / RWA ¹	Opgelost/ geadsorbeerd	Rendement RWZI	Toepassing
CZV	zuurstof-bindende stoffen	90%/10%	52%/48%	85%	algemeen ²
P-totaal	nutriënten	90%/10%	50%/50%	80%	afvalwater
Koper	zware metalen	90%/10%	25%/75%	90%	geadsorbeerd
Zink	zware metalen	20%/80%	40%/60%	80%	regenwater
Benzo(k)-fluorantheen	organische microveront-reiingen	40%/60%	5%/95%	90%	hoog rendement
Glyfosaat	bestrijdings-middelen	10%/90%	95%/5%	35%	laag rendement
E-coli bacteriën	hygiënische betrouwbaarheid	90%/10%	-	90%	volks-gezondheid
Oestron	hormonen	90%/10%	95%/5%	85%	opgelost

1 Verhouding in de aanwezigheid van de stof in (huishoudelijk) afvalwater en regenwater op basis van de jaarvrucht.

2 CZV is van algemeen belang gezien de relatief brede beschikbaarheid van gegevens over deze stof

Toelichting bij de stofkeuze

- De gekozen indicator CZV is op zich een minder interessante stofgroep, omdat het effect op jaarbasis nauwelijks interessant is. Deze stof is toch opgenomen in de selectie vanwege de grote 'historische waarde' en herkenbaarheid.
- Als representant voor nutriënten is de keuze gevallen op P-totaal. Deze keuze is arbitrair. Voor sommige waterschappen is de N-totaal concentratie van groter belang, vooral in gebieden waar brak water een rol speelt. Uiteindelijk is toch voor P-totaal gekozen, omdat deze stof in Nederland in de meeste gevallen limiterend is voor het bereiken van een goede ecologische kwaliteit. Ook worden de normen uit NW4 (MTR 0,15 mg-P/l en VR 0,05 mg-P/l) regelmatig niet gehaald. Deze normen worden mogelijk zelfs aangescherpt. Ten slotte bestaat er een overwicht aan literatuur ten gunste van P-totaal.
- Met de inwerkingtreding van de nieuwe Zwemwaterrichtlijn van de EU (richtlijn 2006/7/EG) is gekozen om de zwemwaterkwaliteit vast te stellen aan de hand van twee bacteriën: intestinale enterokokken en escherichia coli (E-coli). Deze organismen geven een betere indicatie van de hygiënische betrouwbaarheid dan de oude parameters, zoals fecale coliformen, waarvan de normen zijn vervallen. De verwachting is dan ook dat de achterstand in meetwaarden ten opzichte van de oude parameters snel zal worden ingehaald. Van de nieuwe normen bleek ten slotte meer bekend te zijn over de Escherichia coli dan de Intestinale enterokokken, zodat de keuze op de E-coli is gevallen. Verder zijn de volgende feiten van toepassing:
 - E-coli komen zowel voor in huishoudelijk afvalwater als in regenwater;
 - het in de tabel aangegeven zuiveringsrendement op E-coli van een RWZI is weliswaar hoog, maar slechts door enkele literatuurwaarden onderbouwd;
 - er zijn weliswaar aanwijzingen dat E-coli bacteriën zich adsorberen aan zwevend materiaal, er is vooralsnog gekozen voor een neutrale opstelling.
- Glyfosaat, is één van de weinige bestrijdingsmiddelen die in stedelijk gebied is toegestaan. Tevens is het een opgeloste stof die uitsluitend in regenwater zit.
- Oestron is opgenomen als representant van de groep hormoon verstorende stoffen. Een groep die door toegenomen gebruik en de toenemende complete waterkwaliteit, als een actuele probleemgroep kan worden gezien. De stof Oestron komt in opgeloste vorm voor in huishoudelijk afvalwater.
- Benzo(k)flurantheen is een PAK. Binnen het stedelijke gebied is verkeer de voornaamste bron. Andere bronnen voor deze stof zijn natte depositie, scheepswanden en gecreosoteerd hout. De stof komt voor in regenwater en heeft een sterk adsorberend vermogen.
- Van de stoffen glyfosaat, benzo(k)fluorantheen en oestron zijn weinig meetwaarden

bekend. Zo is het vuilgehalte voor oestron in huishoudelijk afvalwater afgeleid uit influentgegevens van de RWZI.

- Van veel prioritaire KRW-stoffen zijn weinig effluentgegevens van RWZI's bekend.

Normen

Voor controle op de Nederlandse en Europese normen voor waterkwaliteit is de volgende wet- en regelgeving gebruikt:

- KRW ('prioritaire en prioritair gevaarlijke stoffen' en 'De Rijn- en Maasrelevante stoffen');
- 4e Nota Waterhuishouding;
- Europese zwemwaterrichtlijn 2002.

Voor de stoffen waar (nog) geen wettelijke overschrijdingsnormen zijn vastgesteld (bijvoorbeeld het hormoon Oestron) is op basis van literatuuronderzoek [STOWA 2004-w-4] bepaald of het huidige voorkomen van de stof een waarschijnlijke bedreiging vormt voor de volks- en diergezondheid of aan de andere kant problemen in het oppervlaktewater veroorzaakt.

Onderstaande tabel geeft de normen voor de geselecteerde stoffen [STOWA 2005.28].

TABEL 3.7 NORMEN UIT DE NEDERLANDSE EN EUROPESE WET- EN REGELGEVING

Stof		4 ^e nota (VR)	4 ^e nota (MTR)	KRW (FHI)	Zwemwaterrichtlijn
CZV	µg/l	-	-	-	-
P-totaal	µg/l	50 ²	150	¹	-
Koper ³	µg/l	1,1	3,8	-	-
Zink ³	µg/l	12	40	-	-
Benzo(k)-fluoranthen ³	µg/l	0,002	0,2	0,0054	-
Glyfosaat	µg/l	0,23	23	-	-
E-coli	kve/l	-	-	-	2500

1 Voor een groot aantal wateren in Nederland is de P-totaal concentratie één van de belangrijke knelpunten voor het bereiken van een goede ecologische kwaliteit of het maximaal ecologisch potentieel. In verband hiermee wordt voor het RWZI effluent een norm voor P_t aangehouden van 2 mg/l (<100.000 ie's) of 1 mg/l (>100.000 ie's). Waterschappen kunnen van de mogelijkheid gebruik maken om gebiedsbreed 75% verwijdering te bereiken.

2 Landelijke streefwaarde (in tegenstelling tot achtergrond concentratie Noordzee).

3 Totaal concentraties (in tegenstelling tot opgelost).

3.3 STOFCONCENTRATIES

Uit literatuuronderzoek zijn voor de acht geselecteerde stoffen de concentraties in de belangrijkste deelstromen van EMOS verzameld. In onderstaande tekst wordt veelvuldig verwezen naar de betreffende literatuurbronnen. Bijlage 4 geeft een totaaloverzicht van gebruikte literatuur.

Stoffentabel

De resultaten van het literatuuronderzoek zijn opgenomen in de Tabel 3.8, die ook in bijlage 2 is opgenomen. De lettercodes in de kolommen verwijzen naar de deelstromen uit het modelschema van Figuur 2.3 en Tabel 2.1.

De stoffentabel op de volgende pagina is opgedeeld in drie verticale banden: bronbenadering en lozingsbenadering met daartussen de band toetsingswaarden. De linkerband bestaat uit twee kolommen die de bronnen van EMOS vertegenwoordigen: huishoudelijk afvalwater en regenwater. De rechterband omvat de lozingspunten van het afvalwatersys-

TABEL 3.8 OVERZICHT DEFAULTWAARDEN STOFCONCENTRATIES DEELSTROMEN

OVERZICHT DEFAULTWAARDEN STOFCONCENTRATIES DEELSTROMEN								
		BRONBENADERING	TOETSINGSWAARDEN	LOZINGSBENADERING				
CZV	Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, futaansluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS	
	A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J	K, Uexf	M, N, P, R, Texf	
	ondergrens [mg/l]	700	24	364	36		148	36
	rekenwaarde [mg/l]	900	39	550	48	43	259	48
bovengrens [mg/l]	1100	75	1300	69		389	69	
Ptotaal	Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, futaansluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS	
	A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J	K, Uexf	M, N, P, R, Texf	
	ondergrens [mg/l]	15,0	0,2	6,3	0,3	0,5	2,1	0,3
	rekenwaarde [mg/l]	20,0	0,3	8,0	0,4	2,0	3,1	0,4
bovengrens [mg/l]	30,0	0,5	13,0	0,6	29,0	4,8	0,6	
Koper	Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, futaansluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS	
	A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J	K, Uexf	M, N, P, R, Texf	
	ondergrens [μ g/l]	50	8		9		67	9
	rekenwaarde [μ g/l]	65	20	79	25	10	92	25
bovengrens [μ g/l]	75	45		53	95	113	53	
Zink	Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, futaansluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS	
	A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J	K, Uexf	M, N, P, R, Texf	
	ondergrens [μ g/l]	120	47		88		357	88
	rekenwaarde [μ g/l]	150	110	228	289	46	431	289
bovengrens [μ g/l]	175	292		459	210	472	459	
Benzo(k)fluor-anthen	Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, futaansluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS	
	A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J, Jb	K, Uexf	M, N, P, R, Texf	
	ondergrens [μ g/l]	0	8,0E-03					
	rekenwaarde [μ g/l]	0	1,0E-02			1,0E-01		
bovengrens [μ g/l]	0	4,0E-02			2,5E-01			
E-coli	Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, futaansluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS	
	A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J, Jb	K, Uexf	M, N, P, R, Texf	
	ondergrens [kve/100 ml]	6,0E+06	6,8E+03	5,0E+01		1,0E+00		
	rekenwaarde [kve/100 ml]	1,0E+07	1,2E+04			2,0E+04		
bovengrens [kve/100 ml]	1,0E+09	2,4E+04	7,9E+05		5,5E+04			
Glyfoaat	Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, futaansluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS	
	A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J, Jb	K, Uexf	M, N, P, R, Texf	
	ondergrens [μ g/l]	0	2,4					
	rekenwaarde [μ g/l]	0	4,4			4,0		
bovengrens [μ g/l]	0	6,1			4,6			
Oestron	Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, futaansluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS	
	A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J, Jb	K, Uexf	M, N, P, R, Texf	
	ondergrens [ng/l]	60	0	40		2		
	rekenwaarde [ng/l]	113	0	75		5		
bovengrens [ng/l]	225	0	150		30			

teem in drie kolommen: het effluent van de RWZI, de gemengde overstorten en de regenwaterlozingen. De vuilgehalten in de linkerband zijn van belang voor de bronbenadering (zie paragraaf 2.4.1), die in de rechterband voor de lozingsbenadering. In de middelste band zijn de influentconcentraties opgenomen voor gemengd afvalwater of alleen hemelwater. Deze concentraties hebben alleen een functie om de rekenresultaten van de bronbenadering in deze deelstroom hieraan te kunnen toetsen.

In principe zijn voor elke stof en elke deelstroom drie waarden in de tabel opgenomen: een rekenwaarde en een onder- en bovengrens. In sommige vakjes zijn geen concentraties vermeld, wat betekent dat hiervoor in de literatuur geen waarden zijn gevonden. Daar waar nulwaarden zijn vermeld, betekent dat de betreffende stof in die deelstroom niet voorkomt (voorbeelden: oestron in regenwater of glyfosaat in huishoudelijk afvalwater). Een aantal opgenomen waarden zijn verkregen door omrekening van de gegeven waarden naar de gewenste eenheid. Hierop wordt onder het kopje 'Bronnen' nader ingegaan.

Door de opzet van het model enerzijds en het ontbreken van detailgegevens anderzijds hebben sommige stromen in de bronbenadering gelijke concentraties toebedeeld gekregen. In de praktijk zullen deze stromen naar verwachting ook vergelijkbare concentraties hebben. Zo zullen de vuilgehalten in deelstromen C ('Inloop regenwater') en D ('Neerslagverlies door infiltratie') vergelijkbare vuilgehalten hebben omdat het beide afstromend regenwater betreft. Dergelijke aan elkaar gerelateerde deelstromen zijn in de kolommen gebundeld.

Voor neerslag (B) zijn geen waarden verzameld, omdat het model gevoed wordt door de inloop (C). Voor rioolvreemd water (Ta en Ua) en de nooduitlaat van de vuilwaterriolering (Ka) zijn geen waarden verzameld in de veronderstelling dat dergelijke waarden in de literatuur niet aanwezig zijn. Bovendien mag voor rioolvreemd water worden aangenomen dat deze concentraties relatief laag zullen zijn door de filterende werking van de bodem.

Voor de stromen Ta en Ua is een concentratie verondersteld van nul.

Bronnen

In bijlage 3 zijn tabellen opgenomen waarin de in de stoffentabel opgenomen waarden zijn onderbouwd onder verwijzing naar de desbetreffende literatuurbronnen in bijlage 12).

Voor *huishoudelijk afvalwater* (A, F) zijn een groot aantal literatuurbronnen geraadpleegd. De meeste gegevens zijn beschikbaar voor CZV en P-tot. Voor de zware metalen zijn aanzienlijk minder gegevens beschikbaar, voor E-coli nauwelijks en voor oestron geen. De waarden in de stoffentabel voor de laatste stof zijn verkregen door een omrekening van de influentwaarden (H). De concentratie in het afvalwater is berekend op basis van het uitgangspunt dat het regenwater aanleiding geeft tot een verdunningsfactor 1,5 van het afvalwater. Verder waren een groot aantal omrekeningen nodig om de gewenste eenheid te verkrijgen, meestal op basis van de aanname dat een inwoner per etmaal 120 liter drinkwater verbruikt.

De concentraties in de *regeninloop* (C, D, G) zijn overgenomen uit de regenwaterdatabase van STOWA [STOWA 2007]. De in de stoffentabel opgenomen waarden zijn verkregen uit de vaststelling van de mediaanwaarden en de 25% en 75% percentielwaarden.

Zink

Voor zink leidt deze statistische bewerking tot een opmerkelijke situatie: de *mediaanwaarde* in de rioolloop D bedraagt 110 µg/l, terwijl in het geloosde regenwater van het gescheiden stelsel (GS) een rekenwaarde (als *gemiddelde*) is vastgesteld van maar liefst 289 µg/l, terwijl het om ongeveer dezelfde volumens gaat. Uit de tabel voor rioolloop in bijlage 3 blijkt echter dat er voor zink een groot verschil bestaat tussen de gemiddelde (110 µg/l) en mediaanwaarde (297 µg/l). Dit duidt op een grote invloed van extreme zinkgehalten in de rioolloop. Het zou dus kunnen dat het hoge zinkgehalten in het lozingsvolume van het gescheiden rioolstelsel kan worden verklaard als gemiddelde van slechts enkele gemeten (extreme) waarden.

Vanzelfsprekend zijn voor oestron nulwaarden vermeld omdat deze stof niet in regenwater voorkomt.

Voor het *influent* (H) en *effluent* (J) van de RWZI zijn bij het Centraal Bureau Statistiek [CBS 2007] veel waarden terug te vinden. Het probleem is dat deze waarden gemiddelden zijn, waarin ook de effecten van bedrijfsmatige lozingen zijn verwerkt en dat EMOS zich beperkt tot huishoudelijk afvalwater. Bij de vergelijking van CBS-waarden en rekenuitkomsten van de bronbenadering moet men hierop dus bedacht zijn. Dit geldt ook voor het gebruik van de CBS-effluentwaarden bij de toepassing van de lozingsbenadering. Naast de CBS bron zijn ook enkele STOWA bronnen benut, terwijl voor *regenwaterinfluent* (I) de NWRW als bron heeft gediend [NWRW 1989].

Voor de *gemengde overstorten* (K) zijn voor al de waarden uit het NWRW-onderzoek uit de vorige eeuw benut [NWRW 1989]. De waarden die in de stoffentabel zijn opgenomen, zijn verkregen uit de gemiddelde waarden van de vier onderzoeksgebieden. De laagste gemiddelde waarde is als ondergrens gebruikt, de hoogste als bovengrens. De rekenwaarde is verkregen uit het gewogen gemiddelde van de vier gebieden op basis van het verhard oppervlak als weegfactor. Recenter verkregen meetresultaten zijn dus niet benut, omdat in veel gevallen het betreffende meetonderzoek betrekking had op stelsels met speciale kenmerken, waarvan de representativiteit bedenkelijk is. Voor de stoffen benzo(k)flurantheen, glyfosaat, E-coli en oestron zijn geen literatuurwaarden gevonden.

Voor *geloosd regenwater* (M, N, P, Q, R, S) is het NWRW-onderzoek weer de belangrijkste bron geweest [NWRW 1989]. In vergelijking met de gemengde overstorten waren hierbij minder gegevens beschikbaar. Op dit moment wordt op enkele plaatsen meetonderzoek gedaan naar regenwaterlozingen, zodat hierover op korte termijn wel meer gegevens beschikbaar komen. Voor de stoffen benzo(k)flurantheen, glyfosaat, E-coli en oestron zijn ook weer geen literatuurwaarden gevonden.

Bewerkingen

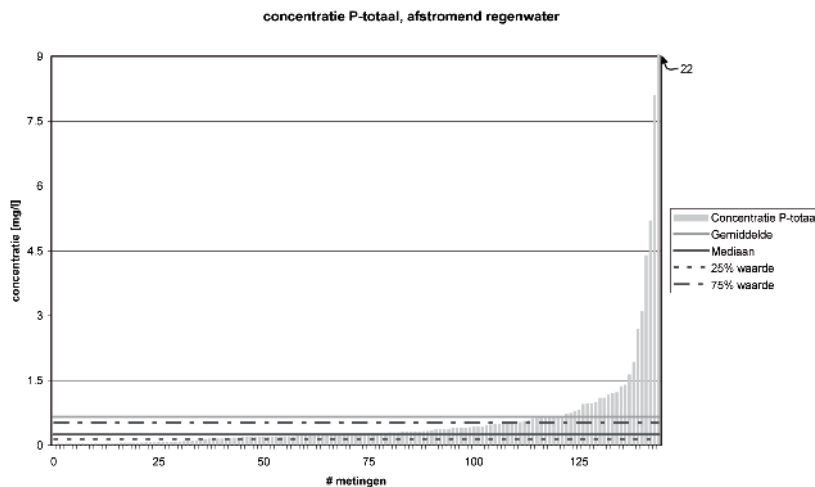
De vermelde waarden zijn meestal gekozen uit een beperkte hoeveelheid literatuurwaarden waarop een valide statistische bewerking onmogelijk was. De oorzaak hiervan ligt in het ontbreken van de individuele monsterwaarden, de bewerkelijkheid van de beschikbare gegevens of de verscheidenheid aan gebruikte meetmethodes. Dit is van toepassing op de deelstromen huishoudelijk afvalwater (A, F), influentgegevens en effluentgegevens (H, I, J) en twee rioollozingen (B, U).

Spreiding van meetgegevens

Voor die stoffen waarvoor monsterwaarden beschikbaar zijn, valt op dat de spreiding tussen de minimale en maximale waarden bijzonder groot is. In een enkel geval tot een factor 250 (zie bijlage 3: Effluent P-totaal min. = 0,12 mg/l, Effluent P-totaal max. = 22 mg/l). Figuur 3.8 laat zien dat deze extreme waarden echter zeer sporadisch optreden. Daarom is er voor gekozen om, indien mogelijk, de mediaan waarde te hanteren als rekenwaarde om de invloed van de extreme waarden te elimineren. De 25% en 75% percentiel waarden zijn vervolgens bepaald voor de onder- en bovengrens van het in beschouwing te nemen interval.

Deze methode is alleen toegepast voor de rioolinloop, infiltratie en foutaansluitingen (C, D, G). De waarden zijn bepaald uit meetgegevens die voor woonwijken zijn opgeslagen in de STOWA-database voor regenwater [STOWA 2007].

FIGUUR 3.8 CONCENTRATIE P-TOTAAL, AFSTROMEND REGENWATER. METINGEN STOWA-REGENWATER DATABASE



Voor de gemengde overstorten (K) en regenwaterlozingen (M, N, P, Q, R, S) zijn in principe ook voldoende gegevens beschikbaar om een vergelijkbare statistische bewerking te ondergaan [NWRW 1989]. De gehanteerde werkwijze (zie kopje 'Bronnen') levert echter zoveel overeenkomst met de huidige praktijk [CIW 2001] dat hiervan is afgezien.

Voor de andere deelstromen waren onvoldoende gegevens beschikbaar om één of andere vorm van statistische bewerking te rechtvaardigen. De rekenwaarden hebben doorgaans betrekking op gemiddelden, soms bepaald uit slechts enkele literatuurwaarden. Uit de literatuurbronnen is niet altijd duidelijk op te maken hoe de daarin vermelde minimale en maximale concentraties tot stand zijn gekomen. In de tabellen van Bijlage 3 zijn daarom vier categorieën onderscheiden: extreem laag, laag, hoog en extreem hoog. De extreme waardes representeren de daadwerkelijke maximaal gemeten waarde. In het voorbeeld van P-totaal (zie Figuur 3.8) is dit voor extreem hoog dus 22 mg/l. De beide andere waardes, laag en hoog, zijn de waardes die na een zekere bewerking de range aangeven waarbinnen de concentraties redelijkerwijs verwacht kunnen worden (boven- en ondergrens in stoffentabel).

Betrouwbaarheid

Uit het literatuuronderzoek is naar voren gekomen dat de beschikbare data over vuilgehalten en zuiveringsrendementen fragmentarisch is en doorgaans slecht gedocumenteerd. Zo is vaak onduidelijk of er sprake is van analysegegevens uit steekmonsters, volumeproportionele monsters of verzamemonsters. Ook de condities waaronder de gegevens zijn verzameld zijn vaak niet beschreven.

Ook de beschikbaarheid van gegevens verschilt sterk per stof. Zo zijn er voor P-totaal in de rioolloop (C) bijvoorbeeld 171 meetwaarden beschikbaar, terwijl voor andere stoffen in het geheel geen meetwaarden beschikbaar zijn.

Actualiseren van defaultwaarden voor vuilgehalten

In EMOS zijn voor de acht geselecteerde stoffen defaultwaarden voor de vuilgehalten opgenomen, afkomstig uit het uitgevoerde literatuuronderzoek. Duidelijk is gebleken dat de kwaliteit en consistentie van de meetgegevens te wensen overlaat, voor de ene stof meer dan voor de andere. Het ligt in de bedoeling om met enige regelmaat de defaultwaarden in EMOS aan te passen, als nieuwe, meer betrouwbare informatie uit meetonderzoek is voortgekomen.

Toetsing aan stofselectie

Wanneer de meetwaarden uit Tabel 3.8 worden vergeleken met de waarden uit Tabel 3.6 valt op dat de verhouding DWA/RWA sterk verschilt. Voor CZV is de verhouding 'huishoudelijk afvalwater/rioolloop' in Tabel 3.8 ongeveer 15:1, terwijl in Tabel 3.6 de verhouding DWA/RWA ongeveer 9:1 is. De reden hiervan is dat de beide tabellen andere meetwaarden vertegenwoordigen. Tabel 3.6 geeft aan welk deel van de jaarlijkse vracht (massa per jaar) van een gegeven rioolstelsel afkomstig is uit het DWA en welk deel uit het RWA. Tabel 3.8 geeft de concentraties van gebeurtenissen (massa per volume-eenheid).

3.4 RENDEMENTEN

Naast de defaultwaarden van de vuilgehalten voor acht stoffen in de verschillende deelstromen in het afvalwatersysteem, zijn in EMOS ook rendementen van de randvoorzieningen en de RWZI als functie van de stof in het model opgenomen. Net als bij de stofconcentraties geldt dat sommige rekenwaarden zijn gebaseerd op metingen en andere op aannames en berekeningen. Tabel 3.9 toont voor elke randvoorziening het vastgestelde rendement als functie van de stof. De tabel is ook opgenomen in bijlage 10. De waarden in de gearceerde vakjes zijn berekend op basis van de rendementen van een stof met vergelijkbare stoffeigenschappen.

TABEL 3.9 STOFFEIGENSCHAPPEN EN RENDEMENTEN

OVERZICHT DEFAULTWAARDEN STOFFEIGENSCHAPPEN								
	CZV	P-totaal	Koper	Zink	Benzo(k)fluor antheen	E-coli	Glyfosaat	Oestron
aandeel DWA	90%	90%	90%	20%	40%	90%	10%	90%
aandeel regenloop	10%	10%	10%	80%	60%	10%	90%	10%
aandeel opgelost	52%	50%	25%	40%	5%	-	95%	95%
aandeel geabsorbeerd	48%	50%	75%	60%	95%	-	5%	5%
OVERZICHT DEFAULTWAARDEN RENDEMENTEN								
AWZI	85%	80%	90%	80%	90%	90%	35%	85%
BBB ⁽¹⁾	45%	23%	34%	27%	43%	45%	2%	2%
helofytenfilter (horizontaal infiltrat)	50%	40%	40%	50%		80%		
infiltratie (greppel/wadi) ⁽³⁾	70%	10%	50%	70%	95%	90%	5%	5%
helofytenfilter (vloeiveld)	30%	40%	20%	45%		80%		
lamellenafscheider ⁽²⁾	35%	14%	21%	17%	27%	28%	1%	1%
groene berging						50%		
retentiepond	40%	55%		60%				

meetwaarde
berekend

⁽¹⁾ Berekend door aandeel geabsorbeerd te vermenigvuldigen met 45% bezinkingsrendement.

⁽²⁾ Berekend door aandeel geabsorbeerd te vermenigvuldigen met 28% bezinkingsrendement. Bezinkingsrendement gebaseerd op artikel in H2O (Arnhem, 2007)

⁽³⁾ Berekend door aanname dat 100% van geabsorbeerd wordt verwijderd.

In tegenstelling tot de stofconcentraties zijn voor de rendementen geen minimale en maximale waarden bepaald. De belangrijkste reden hiervoor is een tekort aan literatuurgegevens.

Ook dient te worden opgemerkt dat de gebruikte rendementen in het model onafhankelijk zijn van de belasting op de randvoorziening of RWZI (vaste rendementen). In werkelijkheid blijkt het rendement afhankelijk te zijn van het vuilgehalte en de debietfluctuatie in het influent van de voorziening. Dit geldt ook voor het rendement van de RWZI. Bij gemengde en verbeterd gescheiden stelsels varieert de aanvoer naar de RWZI sterk onder invloed van het al dan niet optreden van neerslag. Deze wisselende belasting kan aanzienlijke gevolgen hebben voor het gemiddelde rendement, zeker als de betreffende RWZI als zwaar belast wordt ten opzichte van de ontwerpcapaciteit. Het is daarom aan te bevelen het zuiveringsrendement als variabele (afhankelijk van het aanbod en de stof) in EMOS te modelleren. Het ligt in de bedoeling om de resultaten van het onderzoek 'Het effect van afkoppelen van hemelwater op de RWZI' [STOWA 2008.14] voor dit verschijnsel in EMOS in te bouwen.

4

CONCLUSIES

Het EMOS-model is - gratis - beschikbaar. Voor meer informatie zie <http://www.stowa.nl/Service/Publicaties/index.aspx>, rapport 2009-W-06.

Om meer inzicht te verwerven over de gevolgen van de omgang met regenwater is in opdracht van STOWA het rekenmodel EMOS (EmissieModel voor Systeemkeuze) ontwikkeld. Het model is uiterst flexibel van opzet, zodat het voor de meest uiteenlopende doeleinden kan worden ingezet. Een deel van zijn onderscheidend vermogen ontleent het model aan de mogelijkheid om de water- en stofstromen vanaf de bron op zijn weg door het afvalwatersysteem te volgen, zodat bij de lozingspunten bekend is uit welke bron de lozingsvolumen en emissies afkomstig zijn. Voor de emissieberekeningen is het model uitgerust met defaultwaarden voor de vuilgehalten van acht representatieve stoffen. De vuilgehalten zijn verzameld uit een literatuuronderzoek. De bevindingen van stofselectie en -inventarisatie leiden tot de volgende conclusies:

- Voor de geselecteerde stoffen is de beschikbaarheid van literatuurgegevens zeer verschillend. Bovendien varieert de aanwezigheid per deelstroom sterk. Voor CZV en P-totaal zijn de meeste gegevens beschikbaar, voor de zware metalen duidelijk minder, terwijl gegevens over de vier overige stoffen nauwelijks aanwezig zijn.
- De literatuurbronnen, waaruit de gegevens voortkomen, geven weinig achtergrondinformatie over het uitgevoerde onderzoek, waardoor de betrouwbaarheid van de meetgegevens te wensen overlaat.
- De beperkte omvang van de beschikbare meetgegevens laat veelal geen uniforme statistische bewerking toe. Mede daardoor zijn de aangegeven ranges in de vuilgehalten onevenwichtig.
- Van de stof(groepen) benzo(k)fluorantheen, E-coli, glyfosaat en oestron zijn (nog) te weinig meetgegevens beschikbaar om de lozingsbenadering (vuilgehalten toegekend aan de lozingsvolumen) te kunnen toepassen. Voor de bronbenadering (vuilgehalten toegekend aan de bronvolumen) zijn wel bruikbare gegevens beschikbaar of kan een redelijke afleiding worden gedaan (oestron).
- In de literatuur is weinig bekend over de rendementen van randvoorzieningen als functie van de stof. Veel in EMOS opgenomen defaultwaarden zijn afgeleid uit een bewerking van het bekende rendement voor een andere stof en de verhouding tussen stoffeigenschappen (bijvoorbeeld absorptievermogen) van beide stoffen.
- De invloed van debietfluctuaties op het zuiveringsproces zijn voor de meeste stoffen niet goed bekend. Daarom zijn in EMOS vaste waarden toegepast voor het rendement van de RWZI. Dit kan verschillen tussen rekenuitkomsten en meetwaarden mede verklaren.

Aanbevelingen

Vooral de resultaten van de stofselectie geven aanleiding tot de volgende aanbevelingen:

- Het stimuleren van goed gestructureerd en gedocumenteerd meetonderzoek om de leemten in relevante kennis aan te vullen. Om dit onderzoeksprogramma te stroomlijnen is in opdracht van RIONED en STOWA het onderzoek 'Stofstromen in het watersysteem' [RIONED/STOWA] opgestart, dat als een vervolg op het EMOS-onderzoek kan worden beschouwd.

- Parallel aan het EMOS-onderzoek is de beïnvloeding van het zuiveringsrendement door fluctuaties in het influent voor een groot aantal stoffen onderzocht. Het verdient aanbeveling om de resultaten van het STOWA onderzoek 'Balanceren van stoffen in de afvalwaterketen' [STOWA 2009.31] te zijner tijd in EMOS in te bouwen.
- Om het EMOS-model actueel te houden moeten met enige regelmaat beter onderbouwde vuilgehalten uit toekomstig onderzoek de huidige defaultwaarden voor de vuilgehalten vervangen.

Het EMOS-model is - gratis - beschikbaar. Voor meer informatie zie <http://www.stowa.nl/Service/Publicaties/index.aspx>, rapport 2009-W-06.

BIJLAGE 1

VOORBEELD REKENRESULTATEN IN TABELLEN

Deelstroom	Rioolstelsel		Volume												VGS				
	Stelseltype		GM		VGM		GS		VGS		GS-		GS-bodem		GS-Inf		VGS-		
	Gemengd	mm	Gemengd	mm	Gescheiden	mm	Gescheiden	m3	mm	Gescheiden	mm	Gescheiden	m3	mm	Gescheiden	m3	mm		
A	Huishoudelijk afvalwater	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7
B	Hemelwater	78432.8	784.3	78432.8	784.3	78432.8	784.3	78432.8	784.3	78432.8	784.3	78432.8	784.3	78432.8	784.3	78432.8	784.3	78432.8	784.3
C	Inloop hemelwaterstelsel	0.0	0.0	0.0	0.0	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9
D	Neerslagverlies door infiltratie	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6
E	Neerslagverlies door plasvorming/verdamping	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7
F	Foutaansluiting vuilwaterstelsel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ga	Foutaansluiting hemelwaterstelsel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gb	Mengfactor hemelwater/afvalwater	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9
Ta	Infiltratie hemelwaterstelsel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ua	Infiltratie vuilwaterstelsel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Totaal inkomend	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6
H	Influent RWZI vuil/gemengd water	141698.1	1417.0	142897.9	1429.0	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7
J	Influent RWZI hemelwater	0.0	0.0	0.0	0.0	42945.8	429.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32861.5	328.6
J	Effluent RWZI	141698.1	1417.0	142897.9	1429.0	87672.0	876.7	130617.8	1306.2	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	120533.5	1205.3
Ja	Extra zuiveringsrap RWZI	141698.1	1417.0	142897.9	1429.0	87672.0	876.7	130617.8	1306.2	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	120533.5	1205.3
Jb	Bypass extra zuiveringsrap RWZI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ka	Nooduitlaat vuilwaterstelsel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kb	Nooduitlaat hemelwaterstelsel	4165.1	41.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kc	Overstort gemengd stelsel	0.0	0.0	4173.6	41.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
L	Effluent randvoorziening gemengd stelsel	0.0	0.0	2965.4	29.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M	Lozing/overstort (verbeterd) gescheiden stelsel	0.0	0.0	0.0	0.0	58191.3	581.9	15231.3	152.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
N	Lozing op zuiveringsvoorziening	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58191.3	581.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25298.2	253.0
Nb	Lozing bypass zuiveringsvoorziening	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12075.7	120.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7684.3	76.8	
O	Effluent randvoorziening hemelwater	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46115.5	461.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17613.9	176.1	
P	Lozing op bodempassage	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Q	Lozing bodempassage	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Qb	Lozing bypass bodempassage	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
R	Afvoer naar infiltratievoorziening	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58191.3	581.9	0.0	0.0
S	Infiltratievoorziening bodemlozing	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46115.5	461.2	0.0	0.0
Sb	Lozing bypass infiltratievoorziening	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12075.7	120.8	0.0	0.0
Tb	Exfiltratie hemelwaterstelsel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ub	Exfiltratie vuilwaterstelsel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Totaal uitgaand	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6	145863.3	1458.6

MILIEUCOMPARTIMENTEN																			
Invoer	166104.8	1661.0	166104.8	1661.0	166104.8	1661.0	166104.8	1661.0	166104.8	1661.0	166104.8	1661.0	166104.8	1661.0	166104.8	1661.0	166104.8	1661.0	166104.8
Regionaal oppervlaktewater	141698.1	1417.0	142897.9	1429.0	87672.0	876.7	130617.8	1306.2	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	87672.0	876.7	120533.5
Stedelijk oppervlaktewater	4165.1	41.7	2965.4	29.7	58191.3	581.9	15231.3	152.3	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	58191.3	581.9	25298.2
Stedelijk bodem	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2	113.6	11364.2
Atmosfeer	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5	88.7	8874.5
Rooilberging	4.5	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Waterbalanscontrole	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Deelstroom	Volume																	
	GM						VGM						GS					
	Gemengd			Roofvreesmd			Gemengd			Roofvreesmd			DWA			Gescheiden		
	m3	mm	DWA	m3	mm	HWA	m3	mm	HWA	m3	mm	DWA	m3	mm	HWA	m3	mm	Roofvreesmd
A	87672,0	876,7	0,0	0,0	0,0	87672,0	876,7	0,0	0,0	0,0	87672,0	876,7	0,0	0,0	87672,0	876,7	0,0	0,0
B	0,0	0,0	78432,8	784,3	0,0	0,0	0,0	78432,8	784,3	0,0	0,0	0,0	0,0	78432,8	784,3	0,0	0,0	0,0
C	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
D	0,0	0,0	11364,2	113,6	0,0	0,0	0,0	11364,2	113,6	0,0	0,0	0,0	0,0	11364,2	113,6	0,0	0,0	0,0
E	0,0	0,0	8874,5	88,7	0,0	0,0	0,0	8874,5	88,7	0,0	0,0	0,0	0,0	8874,5	88,7	0,0	0,0	0,0
F	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ga	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Gb	0,0	0,0	58191,3	581,9	0,0	0,0	0,0	58191,3	581,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ua	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ua	87672,0	876,7	58191,3	581,9	0,0	0,0	87672,0	876,7	58191,3	581,9	0,0	87672,0	876,7	58191,3	581,9	0,0	0,0	0,0
H	87600,5	876,0	54097,6	541,0	0,0	0,0	87628,8	876,3	55269,1	552,7	0,0	87672,0	876,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
J	87600,5	876,0	54097,6	541,0	0,0	0,0	87628,8	876,3	55269,1	552,7	0,0	87672,0	876,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ja	87600,5	876,0	54097,6	541,0	0,0	0,0	87628,8	876,3	55269,1	552,7	0,0	87672,0	876,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ka	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kb	71,5	0,7	4093,7	40,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kc	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
L	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,2	0,4	2922,2	29,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
O	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ob	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
S	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sb	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ub	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ub	87672,0	876,7	58191,3	581,9	0,0	0,0	87672,0	876,7	58191,3	581,9	0,0	87672,0	876,7	58191,3	581,9	0,0	0,0	0,0

MILIEUCOMPARTIMENTEN																		
Invoer	87672,0	876,7	78432,8	784,3	0,0	0,0	87672,0	876,7	78432,8	784,3	0,0	87672,0	876,7	78432,8	784,3	0,0	0,0	0,0
Regionaal oppervlaktewater	87600,5	876,0	54097,6	541,0	0,0	0,0	87628,8	876,3	55269,1	552,7	0,0	87672,0	876,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stedelijk oppervlaktewater	71,5	0,7	4093,7	40,9	0,0	0,0	43,2	0,4	2922,2	29,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stedelijk bodem	0,0	0,0	11364,2	113,6	0,0	0,0	0,0	0,0	11364,2	113,6	0,0	0,0	0,0	11364,2	113,6	0,0	0,0	0,0
Atmosfeer	0,0	0,0	8874,5	88,7	0,0	0,0	0,0	0,0	8874,5	88,7	0,0	0,0	0,0	8874,5	88,7	0,0	0,0	0,0
Rooiberging	0,1	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Waterbalanscontrole	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Resultaten

Deelstroom	Rooisysteem		Volume											
	Stelseltype	GM Gemengd kg	VGM Gemengd kg	GS Gescheiden kg	VGS mg/l	GS Gescheiden kg	VGS mg/l	GS+ Gescheiden kg	GS+ Gescheiden mg/l	GS-bodem Gescheiden kg	GS-inf Gescheiden kg	VGS+ Gescheiden kg	VGS+ Gescheiden mg/l	
A	Huishoudelijk afvalwater													
B	Hemelwater													
C	Inloop hemelwaterselsel													
D	Neerslagverlies door infiltratie	443,2	443,2	443,2	39,0	443,2	39,0	443,2	39,0	443,2	39,0	443,2	39,0	
E	Neerslagverlies door pilsomring/verdamping	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
F	Foutaansluiting vuilwaterselsel													
Ga	Foutaansluiting hemelwaterselsel													
Gb	Mengfactor hemelwater/afvalwater													
Ta	Infiltratie hemelwaterselsel													
Ua	Infiltratie vuilwaterselsel													
	Totaal Inkomend													
H	Influent RWZI vuilgemengd water	77934,0	79593,8	48219,6	550,0	48219,6	550,0	48219,6	550,0	48219,6	550,0	48219,6	550,0	
I	Influent RWZI hemelwater	0,0	0,0	0,0	0,0	2061,4	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1577,4	48,0	
J	Effluent RWZI	5093,0	6144,6	43,0	3769,9	43,0	5616,6	43,0	3769,9	43,0	3769,9	43,0	5182,9	
Ja	Extra zuiveringstrap RWZI	6093,0	6144,6	43,0	3769,9	43,0	5616,6	43,0	3769,9	43,0	3769,9	43,0	5182,9	
jb	Bypass extra zuiveringstrap RWZI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ka	Nooduitlaat vuilwaterselsel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Kb	Overstort gemengd selsel	1078,8	259,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Kc	Overstort gemengd selsel; naar randvoorziening	0,0	1081,0	259,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
L	Effluent randvoorziening gemengd selsel	0,0	0,0	422,4	142,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
M	Lozing/overstort (verbeterd) gescheiden selsel	0,0	0,0	0,0	0,0	2793,2	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
N	Lozing op zuiveringsvoorziening	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2793,2	48,0	0,0	0,0	1214,3	48,0	
Nb	Lozing bypass zuiveringsvoorziening	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
O	Effluent randvoorziening hemelwater	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
P	Lozing op bodempassage	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Q	Lozing bodempassage	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Qb	Lozing bypass bodempassage	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
R	Afvoer naar infiltratievoorziening	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
S	Infiltratievoorziening bodemlozing	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Sb	Lozing bypass infiltratievoorziening	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Tb	Exfiltratie hemelwaterselsel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Ub	Exfiltratie vuilwaterselsel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	Totaal uitgaand													
MILIEUCOMPARTIMENTEN														
Invoer														
R Regionaal oppervlaktewater	6093,0	43,0	6144,6	43,0	3769,9	43,0	5616,6	43,0	3769,9	43,0	3769,9	43,0	5182,9	
S Stedelijk oppervlaktewater	1078,8	259,0	422,4	142,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Stedelijk bodem	443,2	39,0	443,2	39,0	443,2	39,0	443,2	39,0	443,2	39,0	1107,9	443,2	39,0	
Atmosfeer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Rooiberging														
Waterbalanscontrole														

Resultaten per deelstroom

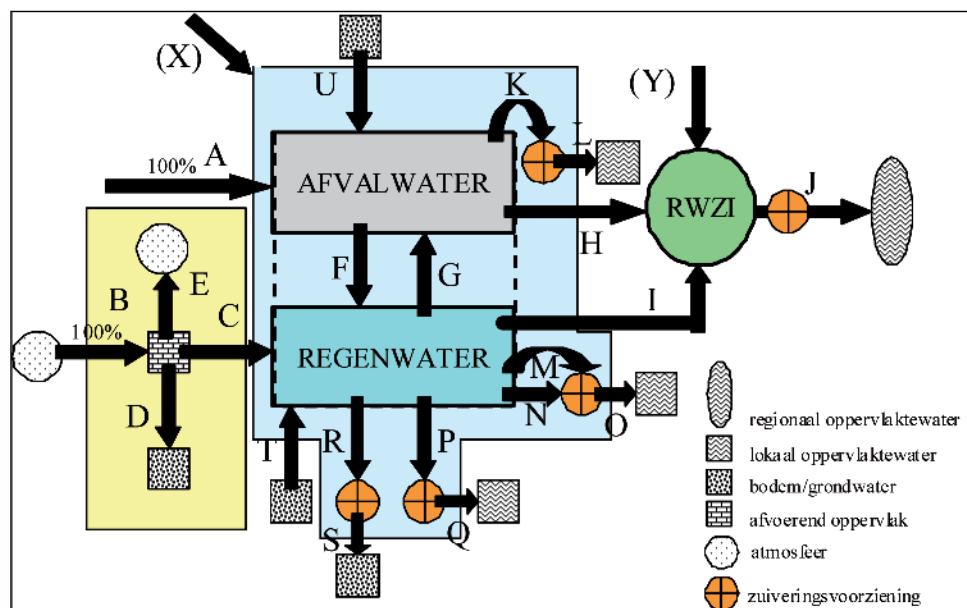
Volume	Roelstelsysteem Stelseltype	GM						VGM						GS					
		Gemengd			Roelstroom			Gemengd			Roelstroom			Ceescheiden			Roelstroom		
		DWA	HWA	Rooivremd	DWA	HWA	Rooivremd	DWA	HWA	Rooivremd	DWA	HWA	Rooivremd	DWA	HWA	Rooivremd			
		kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg	mg/l	kg			
A	Huishoudelijk afvalwater	78904,8	900,0	0,0	0,0	0,0	78904,8	900,0	0,0	0,0	0,0	78904,8	900,0	0,0	0,0	0,0			
B	Hemelwater																		
C	Inloop hemelwaterstelsel																		
D	Neerslagverlies door infiltratie			443,2	39,0	0,0			443,2	39,0	0,0			443,2	39,0	0,0			
E	Neerslagverlies door plasvorming/verdamping			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			
F	Foutaansluiting vuilwaterstelsel			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			
Ga	Foutaansluiting hemelwaterstelsel			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			
Gb	Mengfactor hemelwater/afvalwater			2269,5	39,0	0,0			2269,5	39,0	0,0			2269,5	39,0	0,0			
Ta	Infiltratie hemelwaterstelsel			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			
Ua	Infiltratie vuilwaterstelsel			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			
	Totaal inkomend	78904,8	2269,5	0,0	0,0	0,0	78904,8	2269,5	0,0	0,0	0,0	78904,8	2269,5	0,0	0,0	0,0			
H	Influent RWZI vuil/gemengd water	78540,5	900,0	2109,8	39,0	0,0	78865,9	900,0	2155,5	39,0	0,0	78904,8	900,0	0,0	0,0	0,0			
I	Influent RWZI hemelwater	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
J	Effluent RWZI	11826,1	135,0	316,5	5,9	0,0	11829,9	135,0	323,3	5,9	0,0	11835,7	135,0	0,0	0,0	0,0			
Ja	Extra zuiveringstrap RWZI	11826,1	135,0	316,5	5,9	0,0	11829,9	135,0	323,3	5,9	0,0	11835,7	135,0	0,0	0,0	0,0			
Jb	Bypassextra zuiveringstrap RWZI			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			
Ka	Nooduitlaat vuilwaterstelsel			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0			
Kb	Overstort gemengd stelsel	64,3	900,0	159,7	39,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Kc	Overstort gemengd stelsel naar randvoorziening	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,6	900,0	160,0	39,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
L	Effluent randvoorziening gemengd stelsel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4	495,0	62,7	21,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
M	Lozingloversort (verbeterd) gescheiden stelsel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
N	Lozing op zuiveringsvoorziening	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Nb	Lozing bypass zuiveringsvoorziening	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
O	Effluent randvoorziening hemelwater	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
P	Lozing op bodempassage	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Q	Lozing bodempassage	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Qb	Lozing bypass bodempassage	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
R	Afvoer naar infiltratievoorziening	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
S	Infiltratievoorziening bodemlozing	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Sb	Lozing bypass infiltratievoorziening	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Tb	Exfiltratie hemelwaterstelsel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Ub	Exfiltratie vuilwaterstelsel	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Totaal uitgaand	11890,4	476,1	1793,2	39,0	0,0	11851,3	386,0	1883,3	39,0	0,0	11835,7	2269,5	0,0	0,0	0,0			
MILEUCOMPARTIMENTEN																			
	Invoer	78904,8	900,0	2127,7	34,6	0,0	78904,8	900,0	2127,7	34,6	0,0	78904,8	900,0	2127,7	34,6	0,0			
	Regionaal oppervlaktewater	11826,1	135,0	316,5	5,9	0,0	11829,9	135,0	323,3	5,9	0,0	11835,7	135,0	0,0	0,0	0,0			
	Stedelijk oppervlaktewater	64,3	900,0	159,7	39,0	0,0	21,4	495,0	62,7	21,5	0,0	0,0	0,0	2269,5	39,0	0,0			
	Sedelijk bodem	0,0	0,0	443,2	39,0	0,0	0,0	0,0	443,2	39,0	0,0	0,0	0,0	443,2	39,0	0,0			
	Atmosfeer	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Rooiberging	0,1	900,0	0,2	39,0	0,0	0,1	900,0	0,2	39,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Sofbalanscontrole/zuivering	67014,3		1793,2		0,0	67053,4		1883,3		0,0	67069,1		0,0		0,0			

BIJLAGE 2

STOFFENTABEL – DEELSTROMEN EN CONCENTRATIES

Toelichting

1. De lettercodes in de kolommen verwijzen naar de volumestromen in het EMOS-modelschema.
2. In een aantal vakjes zijn geen concentraties vermeld, wat betekent dat er in de literatuur hiervoor geen waarden zijn gevonden.
3. Daar waar nulwaarden zijn vermeld, betekent dat de betreffende stof in die deelstroom niet voorkomt (voorbeelden: oestron in regenwater of glyfosaat in huishoudelijk afvalwater).
4. De in de tabel vermelde waarden voor oestron in huishoudelijk afvalwater zijn afgeleid uit in influent gemeten waarden door deze waarden met een factor 1,5 te vermenigvuldigen. Deze factor komt overeen met de verhouding van de jaarvolumes DWA en regenwater in het influent (DWA = 877 mm; HWA = 582 mm).



OVERZICHT DEFAULTWAARDEN STOFCONCENTRATIES DEELSTROMEN								
		BRONBENADERING		TOETSINGSWAARDEN		LOZINGSBENADERING		
CZV		Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, foutsluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS
		A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J	K, U,exf	M, N, P, R, Texf
	ondergrens [mg/l]	700	24	364	36		148	36
	rekenwaarde [mg/l]	900	39	550	48	43	259	48
bovengrens [mg/l]	1100	75	1300	69		389	69	
Ptotaal		Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, foutsluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS
		A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J	K, U,exf	M, N, P, R, Texf
	ondergrens [mg/l]	15,0	0,2	6,3	0,3	0,5	2,1	0,3
	rekenwaarde [mg/l]	20,0	0,3	8,0	0,4	2,0	3,1	0,4
bovengrens [mg/l]	30,0	0,5	13,0	0,6	29,0	4,8	0,6	
Koper		Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, foutsluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS
		A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J	K, U,exf	M, N, P, R, Texf
	ondergrens [µg/l]	50	8		9		67	9
	rekenwaarde [µg/l]	65	20	79	25	10	92	25
bovengrens [µg/l]	75	45		53	95	113	53	
Zink		Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, foutsluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS
		A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J	K, U,exf	M, N, P, R, Texf
	ondergrens [µg/l]	120	47		88		357	88
	rekenwaarde [µg/l]	150	110	228	289	46	431	289
bovengrens [µg/l]	175	292		459	210	472	459	
Benzo(k)fluor-antheen		Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, foutsluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS
		A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J, Jb	K, U,exf	M, N, P, R, Texf
	ondergrens [µg/l]	0	6,0E-03					
	rekenwaarde [µg/l]	0	1,0E-02			1,0E-01		
bovengrens [µg/l]	0	4,0E-02			2,5E-01			
E-coli		Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, foutsluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS
		A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J, Jb	K, U,exf	M, N, P, R, Texf
	ondergrens [kve/100 ml]	6,0E+06	6,8E+03	5,0E+01		1,0E+00		
	rekenwaarde [kve/100 ml]	1,0E+07	1,2E+04			2,0E+04		
bovengrens [kve/100 ml]	1,0E+09	2,4E+04	7,9E+05		5,5E+04			
Glyfosaat		Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, foutsluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS
		A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J, Jb	K, U,exf	M, N, P, R, Texf
	ondergrens [µg/l]	0	2,4					
	rekenwaarde [µg/l]	0	4,4			4,0		
bovengrens [µg/l]	0	6,1			4,6			
Oestron		Huishoudelijk afvalwater	Rioolinloop, infiltratie, foutsluiting	Influent RWZI gemengd	Influent RWZI hemelwater	Effluent RWZI	Lozing gemengd stelsel	Lozing (V)GS
		A, F	C, D, Ga, Gb	H	I	J, Jb	K, U,exf	M, N, P, R, Texf
	ondergrens [ng/l]	60	0	40		2		
	rekenwaarde [ng/l]	113	0	75		5		
bovengrens [ng/l]	225	0	150		30			

BIJLAGE 3

STOFEIGENSCHAPPEN EN RENDEMENTEN

OVERZICHT DEFAULTWAARDEN STOFEIGENSCHAPPEN								
	CZV	P-totaal	Koper	Zink	Benzo(k)fluor antheen	E-coli	Glyfosaat	Oestron
aandeel DWA	90%	90%	90%	20%	40%	90%	10%	90%
aandeel regeninloop	10%	10%	10%	80%	60%	10%	90%	10%
aandeel opgelost	52%	50%	25%	40%	5%	-	95%	95%
aandeel geabsorbeerd	48%	50%	75%	60%	95%	-	5%	5%
OVERZICHT DEFAULTWAARDEN RENDEMENTEN								
AWZI	85%	80%	90%	80%	90%	90%	35%	85%
BBB ⁽¹⁾	45%	23%	34%	27%	43%	45%	2%	2%
helofytenfilter (horizontaal infiltrat	50%	40%	40%	50%		80%		
infiltratie (greppel/wadi) ⁽³⁾	70%	10%	50%	70%	95%	90%	5%	5%
helofytenfilter (vloeiveld)	30%	40%	20%	45%		80%		
lamellenafscheider ⁽²⁾	35%	14%	21%	17%	27%	28%	1%	1%
groene berging						50%		
retentiepond	40%	55%		60%				

maatwaarde
berekend

⁽¹⁾ Berekend door aandeel geabsorbeerd te vermenigvuldigen met 45% bezinkingsrendement.

⁽²⁾ Berekend door aandeel geabsorbeerd te vermenigvuldigen met 28% bezinkingsrendement. Bezinkingsrendement gebaseerd op artikel in H2O (Arnhem, 2007)

⁽³⁾ Berekend door aanname dat 100% van geabsorbeerd wordt verwijderd.

BIJLAGE 4

LITERATUUROVERZICHT

Literatuurlijst

Rapporten

Aanduiding	Titel
CANADA 1989	Canadian water quality guidelines, appendix V. (1989)
CAS 2006	Gemeente Castricum, Beschouwing monitoringsdata rioolstelsel Castricum. (2006)
CIW 2001	Commissie Integraal Waterbeheer, Riooloverstorten, deel 2, Eenduidige basisinspanning, Nadere uitwerking van de definitie van de basinspanning
CUWVO 1992	CUWVO, Coördinatiecommissie uitvoering wet verontreiniging oppervlaktewateren werkgroep VI (1992), Overstortingen uit rioolstelsels en regenwaterlozingen. Aanbevelingen voor het beleid en de vergunningsverlening. (1992)
DELFT 2005	TU Delft, "Promotie onderzoek TU Delft, door Cathelijne Flamink. Heeft studie niet afgerond.". 2005
Grontmij 2004	Grontmij Nederland bv, Regenwaterbehandeling - Waarom, wanneer en waarmee. (2004)
KOOT 1977	Koot, Inzameling en transport van rioolwater. (1977)
NWRW 1987	NWRW, Invloed overstortwater Vijver te Loenen. (1987)
NWRW 1989	NWRW, Eindrapportage en evaluatie van het onderzoek 1982 - 1989. (1989)
RIONED 1999	RIONED, Onderzoek naar de effecten van een verbeterd stelselontwerp op de vuilemissie en waterkwaliteit - Meetlocatie Dorp-Coost te Stolwijk, gemeente Vlist. (1999)
RIONED 2002	RIONED, Effectiviteit Vuiluitsluitend Rioolstelsel. Meetproject Vuiluitsluitend Rioolstelsel Het Heilige Land Delft. (2002)
RIONED C2100	RIONED, Leidraad Riolerings, moduloe C2100: Rioleringsberekeningen, hydraulisch functioneren
RIONED-13	RIONED/STOWA: Oppervlaktewater: wat zijn relevante emissies? (RIONED-reeks 13)
RIZA 2002	RIZA, Estrogens and xeno-estrogens in the aquatic environment of the Netherlands - Occurrence, potency and biological effects. (2002)
RIZA 2004a	RIZA, Richtgetallen overstorten voor bacteriële belasting van oppervlaktewater. (2004)
RIZA 2004b	RIZA, Richtgetallen voor emissiebronnen voor zwembewaterprofiel. Handreiking voor waterbeheerders. (2004)
RIZA 2005	RIZA, Richtgetal afstromend regenwater - Meetprogramma 2005; E.Coli en intestinale enterokokken. (2005)
STORA 1985	STORA, Het inwonerequivalent getoetst. (STORA rapport 1985-04)
STOWA 2003.15	STOWA, Verwijdering van hormoonverstorende stoffen in rioolwaterzuiveringsinstallaties. (2003-15)
STOWA 2003.8	STOWA, Rioolvreemd water, onderzoek naar hoeveelheden en oorsprong afvalwater (2003-8)
STOWA 2004-w-4	STOWA, Prioritering hormoonverstorende stoffen voor waterbeheerders (2004-w-4)
STOWA 2005.14	STOWA, Anaeroboc treatment of concentrated wasiewater in DESAR conceptis. (2005-14)
STOWA 2005.28	STOWA, Verkenning zuiveringstechnieken en KRW. (2005-28)
STOWA 2005.20	STOWA, DWAAAS, vervolgonderzoek rioolvreemd water (2005-20)
STOWA 2005.23	STOWA, Kwaliteitsaspecten infiltreren stedelijk water beter bekeken. (2005-23)
STOWA 2005.32	STOWA, Verkennende monitoring van hormoonverstorende stoffen en pathogenen op RWZIs met aanvullende zuiveringstechnieken. (2005-32)
STOWA 2006.18	STOWA, Anders omsgaan met huishoudelijk afvalwater. (2006-18)
STOWA 2008.14	STOWA, Het effect van afkoppelen van hemelwater op de RWZI (2008-14)
STOWA 2009-W-06	STOWA, EMOS- EmissieModel voor Systeemkeuze (2009 - publicatie in voorbereiding)
STOWA 2009-31	STOWA, Invloed van de systeemkeuze op de emissies van het afvalwatersysteem (2009 - publicatie in voorbereiding)
TILBURG 1999	Gemeente Tilburg, Praktijkonderzoek naar de vuilemissie van een verbeterd, gemengd rioolstelsel. (1999)
VROM 1988	VROM, Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing (IBA) (1988; ISEN 90 346 1707 6)
VROM 1991	VROM, Individuele behandeling van afvalwater bij verspreide bebouwing (IBA). (Publicatierieks Milieubeheer 1991/7)

Artikelen

Aanduiding	Auteur(s), Titel, Blad
Arnhem 2007	Liefing, H., J. Langeveld, H. Velthorst, I. Hoekstra-Berkhout, 'Behandeling van regenwater uit gescheiden rioolstelsels: eerste resultaten EU-pilotonderzoek in Arnhem', H ₂ O, 2007, nr. 10 (2007)
BELFROID 1999	Belfroid, A.C., Horst, A. van der, Vethaak, A.D., Schif, A.J., Rijs, G.B.J., Wegener, J. en Cofino, W.P., 'Analysis and occurrence of estrogenic hormones and their glucuronides in surface water and waste water in the Netherlands', Science of the Total Environment, 225, 101-108. (1999)
VROM 1982	Chardon, G.M., L.J.E. Duijssers, A. Tukkers, 'Infiltratie van huishoudelijk afvalwater en bodemverontreiniging', H ₂ O, 1982, nr.7 (1982)

Internet

Aanduiding	Omschrijving
CBS 2007	CBS, http://statline.cbs.nl/StatWeb/start.asp?LA=n&DM=SLNL&ip=Search%2FSearch [gemiddelde van de meejaren 2001-2004]
HHID 2006	email contact Hoogheemraadschap van Delfland, 11-2006
RIZA 2006a	email contact RIZA, 11-12-2006
RWS 2007	email contact Rijkswaterstaat 16 januari 2007
STOWA 2007	STOWA, Concept Regenwaterdatabase. (2007)

Model/onderzoek

Aanduiding	Omschrijving
RIZA 2006b	RIZA, Synamica v1.2 (2006)
NORIS	NO Rainwater In Sewers. Internationaal onderzoeksprogramma naar de mogelijkheden van afkoppelen. HHNK werkt mee aan een

stowa

STICHTING
TOEGEPAST ONDERZOEK WATERBEHEER

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

