847

circ → bibl.

kiwa
Partner for progress

MIMOSA

Milieu Indicatie Model voor Optimalisatie en Samenwerking in de wAterketen

VEWIN

stowa

Tauw

Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

RIZA Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling

Partner for progress

MIMOSA

Milieu Indicatie Model voor Optimalisatie en Samenwerking in de wAterketen

Opdrachtgevers
Vewin, Stowa, Riza.

Auteurs
Drs. ing. D.K. Voorhoeve Zeegers, Kiwa Water Research
Ir. E.C.M. van Doornum, Kiwa Management Consultants
dr. ir. J. Kluck, Tauw
ir. T.Flameling, Tauw

Bestelnummer
3661002022 (Novem)

Rapportnummer
03-039

Nieuwegein, december 2003

Aan dit project is in het kader van het Besluit milieusubsidies, regeling milieugerichte technologie een subsidie verleend uit het programma Stimulering Productgerichte Milieuzorg 2002 dat gefinancierd wordt door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Novem beheert dit programma.

©2003 Kiwa Management Consultants B.V.
Niets uit dit drukwerk mag verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Kiwa Management Consultants B.V. en/of de opdrachtgever, noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Kiwa Management Consultants B.V.
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 700
Fax 030 60 69 701
Internet www.kiwa.nl

Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van het project "Milieuprestatiesturing in de waterketen". Dit industrieel onderzoeksproject is in opdracht van de VEWIN, RIZA en STOWA uitgevoerd in het kader van het NOVEM subsidieprogramma Product Gerichte Milieuzorg (PMZ).
In de afgelopen drie jaar is met behoorlijke inspanning van de opdrachtnemers Kiwa MC, Kiwa Water Research en Tauw en vele (vertegenwoordigers van) waterketenpartners zoals de Unie van Waterschappen, RIONED , waterbedrijven, gemeenten en waterschappen, aan dit project gewerkt. Doel van het project was om tot een eenduidige en samenhangende benadering van de milieuaspecten in de waterketen te komen, zodat milieueffecten van voorgenomen maatregelen of wijzigingen in de waterketen inzichtelijk en daarmee stuurbaar zijn.
Resultaat van deze zoektocht is het instrument MIMOSA: Milieu Indicatie Model voor Optimalisatie en Samenwerking in de wAterketen.
Dit rapport beschrijft de manier waarop we tot dit model zijn gekomen, de modellering van milieuaspecten binnen de waterketen. Tevens bevat het de gebruikershandleiding voor MIMOSA.

Speciale dank gaat uit naar Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, gemeente Zaanstad en Provinciaal waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN) van het samenwerkingsverband Zaandam-Oost en Waterleidingmaatschappij Limburg (WML): bij beide hebben we MIMOSA aan de hand van een pilot kunnen testen en aanscherpen.

Opdrachtgevers, opdrachtnemers en pilot-deelnemers zien voor het model uitstekende toepassingsmogelijkheden in voorgenomen en toekomstige optimalisatieprojecten binnen de waterketen. Zij hebben zich voorgenomen het ontwikkelde model gedurende het jaar 2004 actief bij daarbij betrokken partijen te promoten. Begin 2005 zal het model en de toepasbaarheid ervan vervolgens worden geëvalueerd.

Namens opdrachtgevers en opdrachtnemers,

Kees Poortema (VEWIN)
Voorzitter Projectbegeleidingsgroep

© Kiwa Management Consultants B.V.

Samenvatting

Er zijn in het verleden vele instrumenten ontwikkeld die voor onderdelen in de waterketen zichtbaar maken of maatregelen tot een effectieve verbetering van de milieuprestaties leiden. Bij de inzet van deze instrumenten wordt steeds duidelijker dat de relaties met andere waterketen onderdelen en externe effecten onvoldoende in beeld zijn gebracht. De kans dat men daardoor over de gehele keten aan het sub-optimaliseren is, lijkt groot.
Doel van dit project was daarom het ontwikkelen van een beslissingsondersteunend instrument voor de gehele waterketen. Maatregelen dienen hiermee te kunnen worden geprioriteerd op basis van milieuaspecten (te meten met milieuprestatie-indicatoren) en kosten (financiële indicatoren). Het streven was het model zodanig vorm te geven dat het de waterketenpartners een handvat biedt om:

1. díe maatregelen te treffen die de meeste milieuwinst (en laagste kosten) opleveren voor de waterketen als geheel, en;
2. door onderling overleg ieders betrokkenheid bij de waterketen als geheel te stimuleren.

De projectorganisatie bestond uit een projectbegeleidingsgroep waarin de waterketen werd vertegenwoordigd door de VEWIN, STOWA, RIZA, Unie van Waterschappen en RIONED. Daarnaast was de uitvoering van het project in handen van Kiwa Management Consultants, Kiwa Water Research en Tauw.

De eerste stap in het project was het definiëren van de belangrijkste milieuaspecten binnen de waterketen. Deze aspecten zijn geclusterd in vier milieuthema's (zie onderstaande tabel).

Klimaatverandering Energiegebruik Directe emissies naar lucht van broeikas bevorderende gassen	**Stofstromen** Gebruik van hulpstoffen (voor verbetering proces) Emissies naar oppervlaktewater en bodem Procesgerelateerde afvalstoffen
Verstoring Ruimtegebruik	**Waterlast** Verdroging Te hoge grondwaterstand (overlast) Water op straat Verandering van waterkwaliteit

Voor ieder milieuaspect zijn een of meerdere prestatie-indicatoren benoemd. Naast milieuprestatie-indicatoren zijn financiële indicatoren bestudeerd. De Netto Contante Waarde bleek hier de meest geschikte indicator.

De waterketen met alle prestatie-indicatoren is in Excel gemodelleerd tot een instrument met de naam MIMOSA (Milieu Indicatie Model voor Optimalisatie en Samenwerking in de wAterketen).
MIMOSA is met name geschikt voor samenwerkingsverbanden binnen de waterketen die milieueffecten van verschillende scenario's van ingrepen in de waterketens willen doorrekenen. Het is een instrument dat, mede door het kwantitatieve karakter, helpt om beslissingen over verschillende ketenvarianten te ondersteunen.
De gebruikers van MIMOSA worden per ketenonderdeel gevraagd om getalswaarden op te geven voor de waterbalans (waterstromen) en bovengenoemde indicatoren (bijvoorbeeld in concentraties per waterstroom). Als hulpmiddel voor de gebruikers worden hiervoor defaultwaarden verstrekt, die procesafhankelijk zijn. Het instrument maakt met de opgegeven getalswaarden allereerst een berekening van de waterbalans, waarbij het dynamische proces van neerslag wordt meegenomen.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Vervolgens worden de overige balansen berekend, door de waterstromen te vermenigvuldigen met o.a. de concentraties. De balansen geven dus de vrachten weer (totaalsommen aan energieverbruik, chemicaliën, etc.). Hiermee wordt inzichtelijk gemaakt in welk deel van de waterketen de grootste hoeveelheden energie, chemicaliën, etc. zich bevinden (en waar eventueel met maatregelen de grootste winsten zijn te behalen).

MIMOSA is op werking, functionaliteit en gebruiksvriendelijkheid getest in twee pilots. Het betrof hier het doorrekenen van varianten van een duurzame waterketen (zoals afkoppeling, waterbesparing en decentrale drinkwaterproductie) voor het samenwerkingsverband Zaandam Oost en een onthardingsvraagstuk bij waterleidingmaatschappij Limburg.

De volgende conclusies over MIMOSA zijn op basis van dit project getrokken.
MIMOSA:

- maakt ketenbreed kijken mogelijk;
- spoort trends op;
- is lokaal en regionaal toepasbaar;
- verschaft een gevoel voor verhoudingen binnen de waterketen;
- maakt complexe vraagstukken kwantitatief inzichtelijk;
- dwingt gebruikers om plannen concreet te maken en experts hierbij te raadplegen;
- bevordert samenwerking in de waterketen doordat het gezamenlijk ingevuld moet worden;
- levert mogelijk input om sectorale benchmarks te integreren tot een benchmark voor de gehele waterketen.

Er zijn modelmatige en procesmatige aanbevelingen naar aanleiding van dit project te onderscheiden. De modelmatige aanbevelingen zijn:

- lay-out aanpassen;
- beveiligde schil in het programma aanbrengen;
- digitale handleiding of helpfunctie toevoegen;
- de gekozen financiële indicator evalueren;
- meerdere varianten mogelijk maken;
- een methode ontwikkelen om invoerbladen samen te voegen en te wijzigen
- niet kwantificeerbare onderdelen nader beschouwen;
- onderzoeken of milieueffecten van het gebruik van leidingmaterialen toch moet worden meegenomen in het model;
- positieve effecten van ontharding nader onderzoeken.

Procesmatige aanbevelingen zijn:

- de juiste experts en beslissers betrekken bij het project;
- voldoende doorlooptijd nemen;
- niet alleen de samenvattende grafieken, maar ook de invoerbladen betrekken in discussies rondom de resultaten;
- gevoeligheidsanalyse van invoer uitvoeren voor onzekere invoer door een extra variant te proberen;
- bij niet-kwantificeerbare onderdelen extra kritische kijken of de verschillende invoerbladen op eenzelfde manier zijn ingevuld;
- eventueel toepassen van Multi Criteria Analyse (MCA) voorafgaand aan besluitvorming
- verder ontwikkelen van MIMOSA aan de hand van nieuwe projecten.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Inhoud

1	**Inleiding**	**11**
1.1	Projectdoel	11
1.2	Uitgangspunten	11
1.3	Projectverloop	12
1.4	Doelgroep	13
1.5	Leeswijzer	13
2	**De waterketen; beschrijving en modellering van de onderdelen**	**15**
2.1	Inleiding	15
2.2	Winning en productie drinkwater	15
2.3	Distributie van water	17
2.4	Watergebruik	17
2.5	Inzameling van afvalwater (riolering)	18
2.6	Transport van afvalwater	19
2.7	Zuivering van Afvalwater	19
2.8	Kosten	22
3	**Handleiding**	**23**
3.1	Inleiding	23
3.2	Algemene modelbeschrijving	23
3.3	Modelopbouw	24
3.3.1	*Productie en Winning*	*25*
3.3.2	*Distributie*	*25*
3.3.3	*Gebruikers*	*26*
3.3.4	*Rioolstelsel*	*26*
3.3.5	*Transport*	*27*
3.3.6	*Zuivering*	*28*
3.3.7	*Kosten*	*28*
3.4	Resultaten	29

© Kiwa Management Consultants B.V.

4 Testen van het instrument: Pilots **31**

4.1 Inleiding 31

4.2 Case Zaandam-Oost 31

4.2.1 Aanpak pilot *31*

4.2.2 Resultaten *32*

4.3 Case ontharding 34

4.3.1 Aanpak pilot *34*

4.3.2 Resultaten *35*

5 Conclusies en aanbevelingen **37**

5.1 Conclusies 37

5.2 Aanbevelingen 37

Bijlage 1: Koperemissie uit drinkwaterleidingen **39**

Bijlage 2: defaultwaarden drinkwaterproductie **41**

Bijlage 3: Concentraties in waterstromen **43**

Bijlage 4: Zuivering afvalwater **45**

Bijlage 5: Netto Contante Waarde **55**

Bijlage 6: Literatuursearch ontharding **57**

© Kiwa Management Consultants B.V.

1 Inleiding

In de waterketen streeft men naar optimalisatie van milieumaatregelen. Afkoppelen van regenwater, waterbesparing door de consument of het duurzaam inrichten van een nieuwbouwwijk kunnen alle bijdragen aan de verbetering van de milieuprestatie van (een deel van) de waterketen. Maar hoe is vast te stellen of de gekozen maatregel wel de meest optimale is? Er is er momenteel al een aantal instrumenten dat voor onderdelen van de waterketen zichtbaar maken of maatregelen tot een effectieve verbetering van de milieuprestaties leiden. Deze instrumenten zijn vaak sectoraal of lokaal toepasbaar, maar geven geen informatie over de totale waterketen. Zo zijn er voor de verschillende delen van de waterketen benchmarkstudies ontwikkeld om de onderlinge prestaties te vergelijken. Voortvloeiend uit de bestuursafspraken voor het opstellen van afvalwaterplannen vinden ook Optimalisatiestudies Afvalwatersysteem (OA's) plaats. Hierin wordt op lokaal niveau een afweging gemaakt tussen de verbetering van het rioolsysteem en de RWZI (rioolwater zuiveringsinstallaties). Bij de inzet van deze instrumenten wordt steeds duidelijker dat de relaties met de andere waterketenonderdelen en externe effecten nog onvoldoende in beeld zijn gebracht. De kans dat men daardoor over de gehele waterketen aan het sub-optimaliseren is, lijkt groot.
Dit project is gestart met de ambitie een breed gedragen, eenduidige en samenhangende benadering van met de waterketen samenhangende milieuaspecten (in- en extern) te ontwikkelen.

1.1 Projectdoel

Het doel van dit project is gedefinieerd als het ontwikkelen van een instrument om maatregelen in de waterketen te kunnen prioriteren op basis van milieuaspecten (te meten met milieuprestatie-indicatoren) en kosten. Hierbij werd er naar gestreefd het instrument zodanig vorm te geven dat het de waterketenpartners een handvat biedt om:

1. díe maatregelen te treffen die de meeste milieuwinst (en laagste kosten) opleveren voor de waterketen als geheel, en;
2. door onderling overleg ieders betrokkenheid bij de waterketen als geheel te stimuleren.

De projectorganisatie bestond uit een projectbegeleidingsgroep waarin de waterketen werd vertegenwoordigd door de VEWIN, STOWA , RIZA, Unie van Waterschappen en RIONED. Daarnaast was de uitvoering van het project in handen van Kiwa Management Consultants, Kiwa Water Research en Tauw.

1.2 Uitgangspunten

Tijdens twee workshops in 2001 zijn, vanuit ieders specialiteit, door vertegenwoordigers van gemeenten, waterschappen, waterleidingbedrijven en provincies de volgende randvoorwaarden aan het instrument naar voren gekomen:

- lokaal/ regionaal toepasbaar;
- praktisch en herkenbaar;
- de benchmarks die door verschillende ketenpartners zijn of worden uitgevoerd, dienen als waardevolle input maar zijn niet leidend. Juist om de samenhang van milieubelasting van al deze ketenpartners in beeld te krijgen, moet er een stap verder worden gegaan.

De volgende uitgangspunten zijn verder vanuit de projectbegeleidingsgroep als volgt benoemd:

- op de praktijk toegesneden milieu-indicatoren (middels cases);

© Kiwa Management Consultants B.V.

- de waterketen zoveel mogelijk kwantitatief benaderen (objectief en reproduceerbaar);
- gezien de complexiteit van de waterketen met name trends zichtbaar maken (voor een nadere detailstudie kan dan bijvoorbeeld één van de eerder genoemde instrumenten gebruikt worden);
- niet verzanden in details, maar ook niet zo grof dat uitkomsten nietszeggend worden.

Vanuit deze uitgangspunten is gewerkt aan een beslissingsondersteunend instrument.

1.3 Projectverloop

Milieuthema's

De eerste stap in het project was het definiëren van de belangrijkste milieuaspecten in de waterketen. Dit gebeurde in een workshop met mensen uit de verschillende ketenonderdelen die met deze problematiek in de praktijk worden geconfronteerd. Vervolgens is gezocht naar een kader om deze milieuaspecten in te plaatsen. Het beste houvast boden de negen milieuthema's uit het NMP 3 (zoals verzuring, verspilling, verdroging etc). Gaande het project bleek dat het voor de waterketen heel goed mogelijk is om een aantal van deze milieuthema's te clusteren. Resultaat was de indeling in de volgende milieuthema's: klimaatverandering, stofstromen, verstoring en waterlast. De volgende indeling van milieuaspecten per milieuthema is uit dit proces voortgekomen:

Klimaatverandering Energiegebruik Directe emissies naar lucht van broeikas bevorderende gassen	**Stofstromen** Gebruik van hulpstoffen (voor verbetering proces) Emissies naar oppervlaktewater en bodem Procesgerelateerde afvalstoffen
Verstoring Ruimtegebruik	**Waterlast** Verdroging Te hoge grondwaterstand (overlast) Water op straat Verandering van waterkwaliteit

Tabel 1: milieuaspecten per milieuthema

Milieu-indicatoren

De gekozen milieuaspecten zijn doorvertaald naar prestatie-indicatoren. De keuze van deze indicatoren is steeds gericht geweest op de "grote vissen". Bij elke mogelijke indicator werd de vraag gesteld "Kan deze indicator relaties met andere ketenonderdelen zichtbaar maken?". Vanwege het ketenbrede karakter van het project zijn indicatoren die zich beperken tot één ketenonderdeel voor dit model minder interessant.

Naast milieuprestatie-indicatoren zijn financiële indicatoren bestudeerd. De Netto Contante Waarde bleek hier de meest geschikte indicator.

MIMOSA

Bovenstaande indicatoren zijn verwerkt tot een instrument met de naam MIMOSA. (Milieu Indicatie Model voor Optimalisatie en Samenwerking in de wAterketen). Het instrument bestaat uit invoerbladen per onderdeel van de waterketen, waarbij verschillende scenario's naast elkaar kunnen worden doorgerekend voor de genoemde indicatoren. Resultaten worden per milieuthema gepresenteerd.

Om de werking, de functionaliteit en de gebruikersvriendelijkheid van het instrument te testen zijn er twee pilots uitgevoerd: duurzame waterketen Zaandam-Oost en Ontharding bij Waterleidingmaatschappij Limburg.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Binnen dit project is een goed werkend functioneel ontwerp van MIMOSA ontwikkeld. Aanbevelingen om het tot een gebruiksvriendelijk instrument te maken worden in hoofdstuk vijf gegeven.

1.4 Doelgroep

MIMOSA is met name geschikt voor samenwerkingsverbanden binnen de waterketen die milieueffecten van verschillende scenario's van ingrepen in de waterketens willen doorrekenen. Het is daarmee een instrument dat mede door het kwantitatieve karakter helpt om beslissingen over verschillende ketenvarianten te ondersteunen.

1.5 Leeswijzer

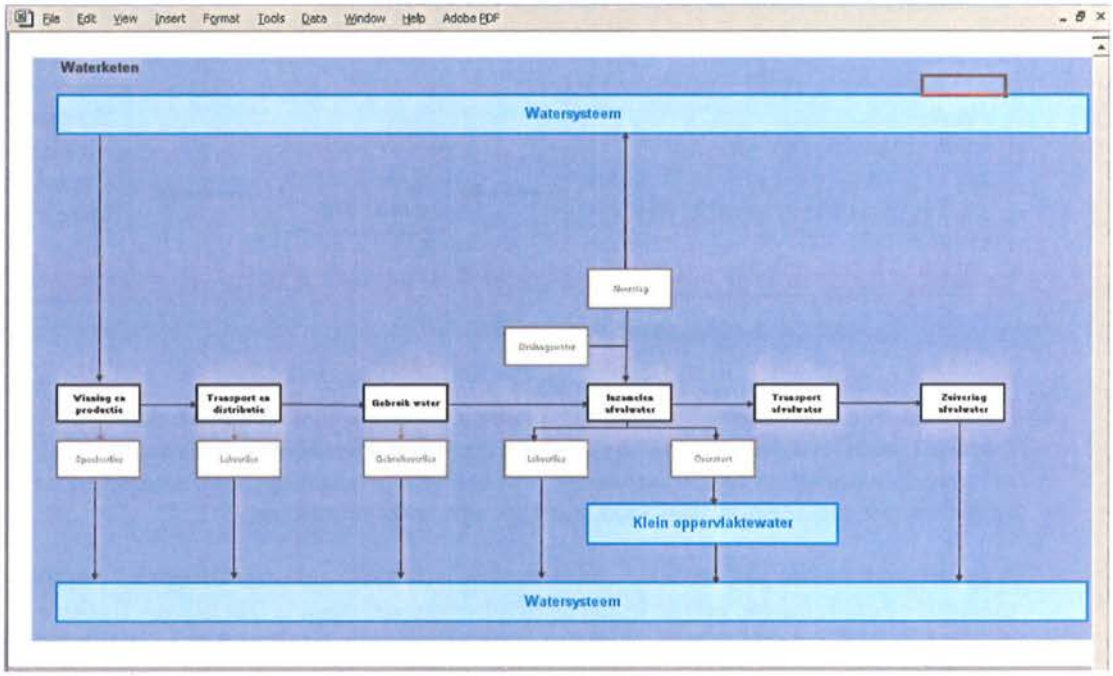
In het volgende hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de waterketen en beschreven hoe deze in MIMOSA is gemodelleerd. Hoofdstuk drie is een beknopte, praktische handleiding van het model. Hoofdstuk vier beschrijft de twee pilots waarin MIMOSA is getest. In het laatste hoofdstuk worden conclusies uit dit project getrokken en aanbevelingen voor vervolg gegeven.

© Kiwa Management Consultants B.V.

2 De waterketen; beschrijving en modellering van de onderdelen

2.1 Inleiding

De waterketen bestaat kort gezegd uit de winning en productie van drinkwater, het transport en de distributie van drinkwater, het gebruik van drinkwater, het inzamelen van afvalwater en neerslag, het transport van afvalwater en de zuivering van afvalwater. In onderstaande figuur is de waterketen weergegeven zoals deze in MIMOSA is geschematiseerd.



Figuur 1:De waterketen

Dit hoofdstuk geeft een korte beschrijving van elk onderdeel van de waterketen en van de wijze waarop de onderdelen zijn gemodelleerd in MIMOSA.

2.2 Winning en productie drinkwater

In Nederland zijn grond- en oppervlaktewater de bronnen van ons drinkwater. Ongeveer 60% van de totale afgeleverde hoeveelheid drinkwater is afkomstig uit grondwater en ongeveer 40% wordt direct of indirect aangeleverd door oppervlaktewater. Na de winning wordt het water gezuiverd door het waterbedrijf.

Zuivering grondwater

Grondwaterzuivering is in veel gevallen redelijk eenvoudig, omdat grondwater van nature een zeer goede en constante kwaliteit heeft. Grondwater neemt natuurlijke stoffen op uit de bodem, zoals ijzer en mangaan. Waar nodig worden deze deeltjes eruit gehaald tijdens de zuivering. Bevat het water na behandeling nog te veel kalk, dan wordt ontharding toegepast. Indien er nog ongewenste stoffen zijn achtergebleven, dan wordt het water nabehandeld met actieve koolfilters. Aan het eind van het zuiveringstraject verblijft het schone drinkwater in de reinwaterkelder.

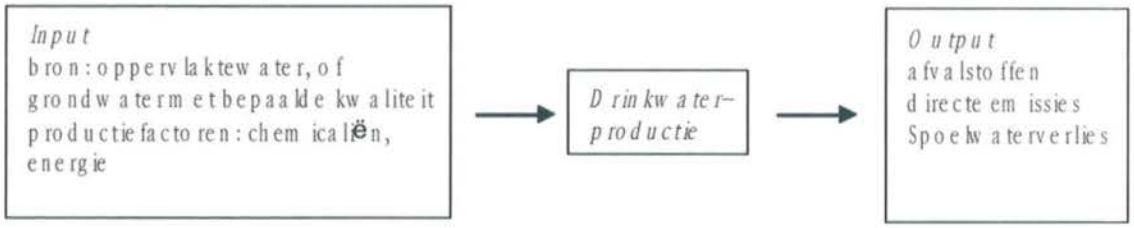
Zuivering oppervlaktewater

Bestrijdingsmiddelen, lozingen van (chemisch) afval, rioolwater en calamiteiten hebben een negatieve invloed op de kwaliteit van het oppervlaktewater.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Door de verontreinigingen is de zuivering van oppervlaktewater een stuk complexer dan die van grondwater. Temeer omdat de temperatuur en de concentraties van de verontreinigingen sterk kunnen variëren. Bovendien vergt de verwijdering van bacteriën en virussen extra zuivering.

Modellering drinkwaterproductie
De milieuthema's die in het begin van het project zijn gedefinieerd, hebben geleid tot de indeling van de gegevens die verzameld moeten worden voor het onderdeel drinkwaterwinning en productie. Het gaat hier onder andere om indicatoren die bij het thema Milieu uit de benchmark voor de waterbedrijven als relevant naar voren kwamen. In onderstaande figuur is te zien welke groepen milieu-indicatoren van belang zijn bij de productie van drinkwater. Voor de modellering van de drinkwaterproductie is uitgegaan van deze onderverdeling.



Figuur 2: Modellering drinkwaterproductie

De gegevens die verzameld dienen te worden zijn opgesplitst in waterbalans, kwaliteitsgegevens en winning- en productiefactoren. Hierbij worden van de gevraagde parameters totalen gevraagd van het hele productieproces, aangezien deze gegevens per procesonderdeel vaak moeilijk zijn te differentiëren.

Aan de hand van de pH, de SO_4^{2-} concentratie en de TAC wordt er berekend wat de maximale koperemissie van de koperen drinkwaterleidingen is (zie bijlage 1). Deze wordt gebruikt om een eventuele afname van koperemissie te berekenen in het geval van ontharding.

Energieverbruik wordt ingevuld in kWh per kubieke meter geproduceerd drinkwater. Er kan aangegeven worden welk percentage groene energie wordt gebruikt. Dit heeft geen effect op de berekende resultaten maar is bedoeld als extra informatie bij de discussie over de resultaten.

Het spoelwaterverlies (als percentage van de productie) komt in MIMOSA terug als een emissie naar het oppervlaktewater. Als dit naar de zuivering gaat, moet men dit in de discussie mee laten wegen. Op basis van het spoelwaterverlies en de hoeveelheid af pompstation volgt de omvang van de waterwinning.

Toevoeging van chemicaliën is verdeeld in vlokkingsmiddelen, onthardingschemicaliën en actieve kool. Deze groepen chemicaliën worden het meest gebruikt bij de zuivering en zijn ook in hoge mate verantwoordelijk voor de milieueffecten. Daarnaast is het mogelijk om het totaal aan overige gebruikte chemicaliën op te geven.

Er is bewust voor gekozen niet een lijst met gespecificeerde chemicaliën te vragen zoals bij de benchmark voor de waterbedrijven gebeurt. Het invullen hiervan is in de benchmark een zeer tijdrovende bezigheid gebleken.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Daarnaast bleek uit de resultaten van de benchmark dat de milieueffecten van de chemicaliën onderling niet ver uit elkaar liggen en in totaal kleiner zijn dan de milieueffecten van het energieverbruik[1]. Tenslotte is het chemicaliëngebruik bij de drinkwaterproductie relatief laag ten opzichte van het gebruik in de rest van de keten[2]. Al met al staat de inspanning die het vraagt een lijst in te vullen, niet in verhouding tot de differentiatie die met een dergelijke lijst aan aangebracht kan worden in de resultaten.
Chemicaliën worden ingevuld in kg per kubieke meter geproduceerd drinkwater.

Emissies naar de lucht worden samengevoegd ingevuld in kg per kubieke meter drinkwater(CO_2, H_2S en CH_4). Het aandeel van deze emissies in de totale milieueffecten is in de benchmark voor de waterbedrijven veel kleiner gebleken dan het aandeel van de energie of de chemicaliën.

De milieu-indicator waterlast is getalsmatig zeer lastig te kwantificeerbaar. Er is voor gekozen om waterlast onder te verdelen in vijf categorieën. Bij dit onderdeel kan waterlast op een schaal van 1 tot 5 (van sterke afname tot sterke toename) worden ingevuld.
In bijlage 2 zijn defaultwaarden voor de drinkwaterproductie opgenomen voor het geval niet alle praktijkgegevens voor handen zijn.

2.3 Distributie van water

Via distributieleidingen pompen de waterbedrijven het gezuiverde water naar de verbruikers toe. Daarvoor ligt er in de Nederlandse bodem een enorm distributienetwerk voor drinkwater. Via hoofdleidingen en aansluitleidingen komt het drinkwater uiteindelijk bij de verbruikers thuis. Pompinstallaties en watertorens zorgen voor voldoende druk. Dienstleidingen transporteren het water tussen de hoofdleiding en de watermeter, terwijl de binnenleidingen het water van de meter naar de tappunten in de woning brengt. De waterbedrijven zijn verantwoordelijk voor het beheer en de kwaliteit van alle leidingen tot aan de watermeter.

Modellering van transport en distributie van (drink)water
In het model zijn voor dit onderdeel naast de lekverliezen die van belang zijn voor de waterbalans, alleen de indicatoren energieverbruik en de kosten relevant.

2.4 Watergebruik

Tijdens het gebruik van water worden er stoffen aan het (drink)water toegevoegd waardoor het afvalwater wordt. Dit is de zogenaamde droogweerafvoer (d.w.a.). Het afvalwater gaat grotendeels naar de riolering. Een deel wordt rechtstreeks (ongezuiverd) in de bodem of op het oppervlaktewater geloosd.

Modellering watergebruik
Aan de hand van het gemiddelde gebruik per huishouden en het aantal huishoudens in het gebied wordt de omvang van het huishoudelijk gebruik berekend. De omvang van het overige gebruik volgt uit de waterbalans: aangeleverde water minus huishoudelijk verbruik.
Van het watergebruik gaat een deel als verlies naar de bodem en het oppervlaktewater. De gebruiker definieert de hoeveelheden als een percentage van het totale gebruik.
Door het gebruik van water worden er stoffen aan toegevoegd. Voor een aantal van deze stoffen zijn defaultwaarden beschikbaar (zie bijlage 3).

[1] water in zicht, VEWIN
[2] uitkomst pilots

© Kiwa Management Consultants B.V.

Vanwege het grote aandeel in het totale (aan watergebruik gerelateerde) energiegebruik, geeft MIMOSA ook de benodigde energie voor de verwarming van het water. De kosten hiervoor zijn voor de gebruikers en niet voor de beheerders van de keten.
De benodigde energie voor de verwarming van het water is bepaald als de som van het gemiddelde elektriciteitsverbruik voor de verwarming van water en het gemiddelde gasverbruik voor de verwarming van water[3]. Daarbij is het gasverbruik vertaald naar kWh (calorische waarde van 10 kWh per kuub gas en een rendement van 60% resulteert in 6 kWh per kuub gas). Het model berekent de uitstoot van CO_2 als gevolg van dit energieverbruik op basis van de aanname dat bij de productie van 1 kWh elektriciteit 0,57 kg CO_2 vrijkomt. Daarbij is aangenomen dat alle energie van conventionele energiebronnen afkomstig is.

2.5 Inzameling van afvalwater (riolering)

Rioolstelsels zamelen het afvalwater en regenwater in. De rioolstelsels voeren het water af naar het oppervlaktewater en/of het een hoofdgemaal vanwaar het transportsysteem (een ander onderdeel in MIMOSA) het naar de zuivering brengt. De drie belangrijkste typen rioolstelsels zijn:

- Gescheiden stelsel;
- Verbeterd gescheiden stelsel;
- Gemengd stelsel.

Modellering inzameling

De inzameling betreft regenwater en afvalwater. De hoeveelheid en de samenstelling van het huishoudelijk en mogelijk industrieel afvalwater (d.w.a.) volgen uit de invoerbladen "gebruik". De hoeveelheid neerslag en de stoffen die daarbij meekomen worden bepaald door het afvoerende oppervlak. Op basis van de omvang van het afvoerende oppervlak per type rioolstelsel bepaalt het model de hoeveelheid regenwater en stoffen die naar de RWZI of het oppervlaktewater gaan. Het model bevat standaardwaarden voor de concentraties van vervuilende stoffen in het regenwater dat van het oppervlak in het rioolstelsel komt (inloop). Zie bijlage 3 voor defaultwaarden van deze concentraties.

De neerslag is de 25 jarige reeks van 'De Bilt' (1955-1979) in stappen van 15 minuten. Gemiddeld is dat 800 mm/jaar. Hiervan komt 590 mm/jaar in het rioolstelsel. Op basis van de omvang van het afvoerende oppervlak per type rioolstelsel en de door de gebruiker op te geven kenmerken van de rioolstelsels, bepaalt MIMOSA de omvang van emissies naar het oppervlaktewater en de afvoer naar de zuivering. Daartoe zijn een groot aantal reeksberekeningen uitgevoerd met het meervoudig reservoirmodel Balans van Tauw[4]. Het jaarlijkse naar het oppervlaktewater overstortende volume uit de gemengde en verbeterd gescheiden stelsels is bepaald voor een hele reeks van combinaties van berging en pompovercapaciteit. Op basis van deze informatie bepaalt MIMOSA de emissie voor een specifieke situatie. Wat niet overstort wordt naar de zuivering afgevoerd.

Naast het regenwater en afvalwater zamelt het rioolstelsel mogelijk ook drainagewater in. De gebruiker geeft de hoeveelheid drainagewater op. Aangenomen is dat de concentratie van het inlopende drainagewater gelijk is aan de inloopconcentraties.

Het is mogelijke dat een gedeelte van het ingezamelde water niet bij de zuivering terechtkomt maar door lekken in het riool naar de bodem verdwijnt. De gebruiker geeft de omvang van de lekkage op. Aangenomen is dat de concentraties in het lekkende water gelijk zijn aan de concentraties in de d.w.a..

[3] www.milieucentraal.nl
[4] Handleiding BALANS, TAUW 2000

© Kiwa Management Consultants B.V.

De eerder genoemde typen rioolstelsels worden onderscheiden in MIMOSA:

1. Het gescheiden stelsel: het gescheiden stelsel voert regenwater rechtstreeks naar het oppervlaktewater af. De daarbij gebruikte concentraties zijn de inloopconcentraties. Daarnaast wordt de d.w.a. naar de zuivering afgevoerd. De concentraties volgen uit het watergebruik;
2. Het verbetert gescheiden stelsel: het verbeterd gescheiden stelsel voert bij beperkte neerslag alle neerslag samen met het afvalwater af naar de zuivering. Bij hevige neerslag stort regen over op het oppervlaktewater zonder zich eerst met de d.w.a. te mengen. Voor de concentraties van het overstortende water bij de verbeterd gescheiden stelsels worden de inloopconcentraties aangehouden. De d.w.a.-concentraties volgen uit het watergebruik;
3. Het gemengde stelsel: het gemengde stelsel voert bij regen een mengsel van regen en d.w.a. af naar de zuivering. Bij hevige regenval stort een gedeelte van dit mengsel over op het oppervlaktewater. De concentraties van het overstortende water dienen door te worden opgegeven. Defaultwaarden zijn beschikbaar (zie bijlage 3). De vracht die niet overstort wordt naar de zuivering afgevoerd. Indien een bergbezinkvoorziening aanwezig is, dient te worden opgeven met welk percentage de concentraties afnemen.

Gemalen van gemeente kunnen aanwezig zijn om het water naar het hoofdgemaal af te voeren. Voor de energiebalans worden deze meegenomen.

De milieu-indicator waterlast kan bij dit onderdeel worden ingevuld in een van de vijf categorieën (van sterke afname tot sterke toename).

2.6 Transport van afvalwater

Het transportsysteem is in het algemeen eigendom van het waterschap. Het transportsysteem voert het afvalwater van de riolering af naar de zuivering.

Modellering transport afvalwater

De modellering van het transport van afvalwater is beperkt tot het doorvoeren van het water naar de juiste zuivering. Het model vraagt om invoer van de gebruiker voor de energiebalans en het kostenoverzicht.

2.7 Zuivering van Afvalwater

Bij de zuivering van afvalwater dient aan bepaalde emissie-eisen te worden voldaan. Het effluent wordt op het oppervlaktewater geloosd. Een deel van de biologische vervuiling wordt daadwerkelijk afgebroken. Wat niet wordt afgebroken komt terecht in het slib.
Er zijn verschillende typen zuiveringen. In MIMOSA zijn op basis van twee hoofdtypen zuivering (standaard-conventioneel en MBR) vijf typen zuivering gedefinieerd. De standaardtypen en de belangrijkste onderscheidende processen zijn:

Hoofdtype standaard-conventionele zuivering

Anno 2003 worden in Nederland voornamelijk laagbelaste tot ultra laagbelaste actief-slib systemen met conventionele nabezinktanks gebouwd om aan de strenge effluenteisen voor stikstof te kunnen voldoen. Een standaard zuivering is hier gedefinieerd als een actief-slib systeem met:

- conventionele nabezinktanks;
- voorbezinking;
- slibgisting;
- biologische fosfaatverwijdering.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Hoofdtype MBR type zuivering
Sinds enkele jaren is ook de membraanbioreactor (MBR) voor zuivering van huishoudelijk afvalwater in beeld. Een MBR reactor filtert het effluent waardoor het schoner is dan bij conventionele RWZI's. Een MBR heeft geen nabezinktanks en een MBR heeft een hoger actief-slib gehalte zodat de actief-slib tanks kleiner zijn. Bij een conventionele RWZI nemen nabezinktanks 1/3 tot 2/3 van het bebouwde oppervlak in beslag. Het ruimtebeslag van een MBR is dan ook geringer maar qua investering en energieverbruik is een MBR duurder dan conventionele RWZI's. Een MBR heeft een voorbezinkingsstap en een fijnrooster om verstopping van het filter te voorkomen.

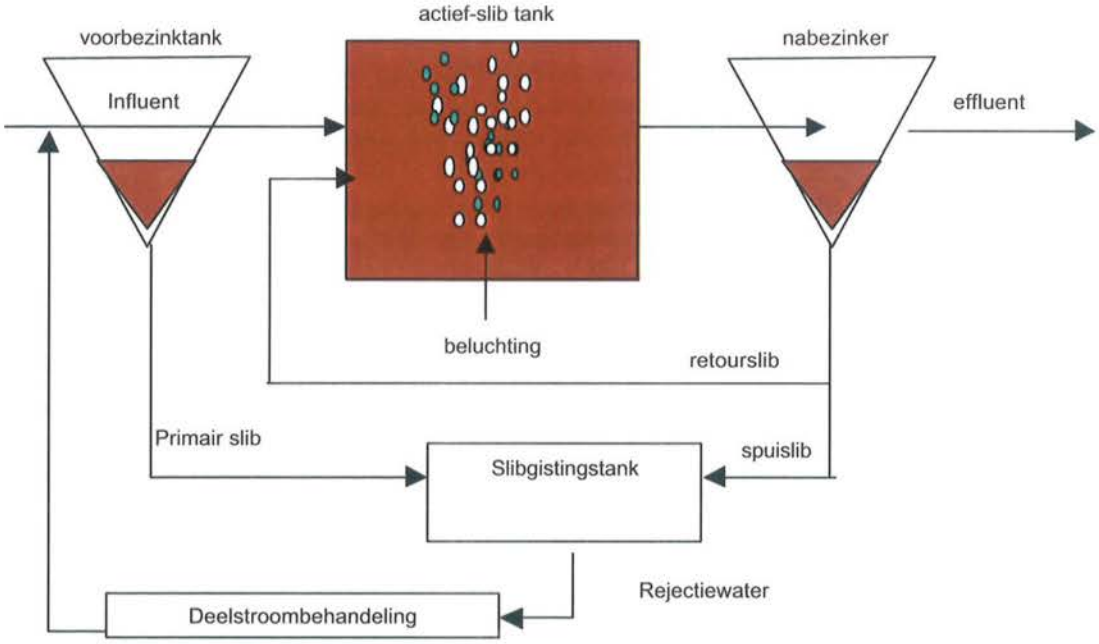
Voorbezinking
In de voorbezinking wordt normaal gesproken een groot deel van de zwevende stof vracht en van de BZV_5 in het influent verwijdert (primair slib). De actief-slibtanks kunnen kleiner worden ontworpen en het primaire slib kan worden vergist zodat energie kan worden teruggewonnen. Normaal gesproken wordt voorbezinking dan ook toegepast, maar bij kleine zuiveringen wordt de voorbezinking wel eens weggelaten omdat de kleinschalige verwerking van voorbezonken slib (primair slib) relatief duur is ten opzichte van een wat grotere actief-slibtank. Primair slib wordt ingedikt om het volume te verkleinen en in een slibgsitingstank vergist om biogas terug te winnen.

Deelstroombehandeling rejectiewater
De stikstofvracht in het effluent bepaalt voor een groot deel de grootte van de zuivering. Een aanzienlijk deel van de stikstofvracht komt vrij bij de verwerking van slib. Voor RWZI's met een grote centrale slibverwerking kan deelstroombehandeling een interessante optie zijn om de omvang van de actief-slibtanks te beperken en de kosten voor beluchting te verminderen. Voor RWZI's met veel stikstof en weinig organisch vuil is deelstroombehandeling verreweg het meest interessant omdat wordt voorkomen dat een extra organische koolstofbron aan het influent moet worden toegevoegd. Deze chemicaliën zijn in het model verder buiten beschouwing gelaten omdat het gebruik is te voorkomen door toepassing van deelstroombehandeling. Deelstroombehandeling met het SHARON/ANOMOX proces geeft een aanzienlijke vermindering van het energieverbruik van de zuivering, een kleiner actief-slib volume en minder slib. Deelstroombehandeling geeft net als MBR de mogelijkheid om compact te bouwen.

Slibgisting
Met slibgisting kan een aanzienlijk deel van de benodigde energie voor het zuiveringsproces worden teruggewonnen. Het organische materiaal wordt vergist en het biogas wordt opgevangen en met gasmotoren omgezet naar elektrische energie. Gisting op kleine schaal is relatief kostbaar en daarom wordt vaak centrale slibverwerking toegepast, waarbij ingedikt slib van verschillende zuiveringen bij elkaar wordt gebracht. In het model is de energieopbrengst van slibgisting van het totaal energieverbruik van de RWZI afgetrokken, ook als de slibgisting decentraal is.

Mogelijke extra RWZI onderdelen
Een standaard zuivering heeft in principe geen deelstroombehandeling, geen effluentpolishing, geen hoogwaardig hergebruik van het effluent en geen vergaande bestrijding van geur- en geluidshinder. Deze mogelijkheden zijn van grote invloed op de milieuprestaties van een RWZI. Bijlage 4 geeft een beschrijving van deze aanvullende processen. Deze onderdelen kunnen mogelijk later in MIMOSA worden opgenomen.

© Kiwa Management Consultants B.V.



Figuur 3: Onderdelen RWZI

Modellering zuivering
Voor MIMOSA zijn een vijftal wezenlijk verschillende zuiveringen naast elkaar gezet die zijn afgeleid uit de standaard conventionele zuivering of de MBR. De combinaties zijn vastgelegd in de onderstaande tabel. Deze tabel is niet uitputtend, andere technieken en combinaties zijn ook mogelijk, maar zijn minder voor de hand liggend en vallen buiten het kader van dit project.

Basistype zuivering	**Voor-bezinking**	**Actief-slib**	**Slib-gisting**	**Deelstroom-behandeling van het rejectiewater**
1 Standaard conventionele zuivering	Wel	Conventioneel	Ja	Nee
2. Compacte energiezuinige conventionele zuivering	Wel	Conventioneel	Ja	Ja
3 Typisch kleine zuivering	Nee	Conventioneel	Nee	Nee
4 MBR (goed effluent)	Wel	MBR	Ja	Nee
5 Energiezuinige MBR (goed effluent, maar nog nooit gebouwd)	Wel	MBR	Ja	Ja

Tabel 2: Basistype zuivering

Voor deze vijf typen zuivering zijn kenmerken ingevuld. Door selectie van het type zuivering berekent MIMOSA op basis van aanvoer en kentallen de milieuprestaties. Zie bijlage 4 voor een verdere verdieping en defaultwaarden.

De milieu-indicator waterlast kan bij dit onderdeel worden ingevuld in een van de vijf categorieën (van sterke afname tot sterke toename).

© Kiwa Management Consultants B.V.

2.8 Kosten

Voor het bepalen van het totale economische effect van een milieumaatregel wordt in MIMOSA de in de bedrijfseconomie breed toegepaste netto contante waarde methode (NCW) gehanteerd. Sinds 1994 gebruikt VROM deze methode voor het bepalen van milieukosten op macro en bedrijfsniveau[5].
Bij de NCW methode wordt de totale waarde van de toekomstige jaarlijkse operationele kosten en opbrengsten en besparingen en de eenmalige investeringsuitgaven verdisconteerd naar het jaar waarin de investering is gedaan. De netto contante waarde wordt hier als het kental voor de totale kosten van een maatregel, geïntegreerd over zijn gehele levensduur, gehanteerd.

Belangrijk te vermelden is dat de NCW methode de waterketen anders benadert dan de milieupresatie-indicatoren. Bij de milieuprestatie-indicatoren wordt naar de huidige en de toekomstige situatie gevraagd. Bij financiële indicatoren wordt alleen de maatregel zelf beschouwd (toekomstige investerings- en operationele kosten). De de vraag die hier centraal staat is: "welke maatregel is het meest rendabel qua kosten in de waterketen".

Op ieder invoerblad van MIMOSA wordt naar de kosten en de looptijd van de gekozen maatregel gevraagd. Na afloop van de looptijd vindt een nieuwe investering plaats, zodat over de totale rekenperiode maatregelen met verschillende looptijden vergelijkbaar zijn. De interne rentevoet dient vast gekozen te worden (bij een hoge rentevoet hecht men veel waarde aan inkomsten en uitgaven van het heden, een lage rentevoet wijst erop dat men meer in de toekomst vertrouwt). In bijlage 5 is de berekeningswijze van de netto contante waarde opgenomen.

[5] G.de Wit, Methodiek milieukosten, april 1998, CE

© Kiwa Management Consultants B.V.

3 Handleiding

3.1 Inleiding

Deze handleiding is bedoeld om de gebruikers te helpen bij het toepassen van MIMOSA. Het instrument in de huidige vorm is nog behoorlijk complex om in te vullen en zal in de toekomst gebruikersvriendelijker gemaakt kunnen worden door bijvoorbeeld een on-line handleiding (zie aanbevelingen hoofdstuk 5). De handleiding in dit rapport is voornamelijk een toelichting op de algemene bediening van het instrument. Een deel van de invoervelden wordt toegelicht.

3.2 Algemene modelbeschrijving

De waterketen met bijbehorende milieuprestatie-indicatoren en financiële indicatoren zijn gemodelleerd in Excel. Er kunnen vier verschillende scenario's naast elkaar kunnen worden doorgerekend. MIMOSA bevat een aantal verschillende soorten invoer- en resultaten bladen:

- modelopbouw;
- invoerbladen per onderdeel (één of meerdere bladen per onderdeel);
  - productie
  - distributie
  - gebruik
  - inzameling (of riolering)
  - transport
  - zuivering
- bladen "Grafieken 1" en "Grafieken 2" met verwijzing naar grafieken en tabellen;
- grafieken en tabellen.

De milieuprestatie-indicatoren worden berekend op basis van de ingevulde gegevens. De indicator waterlast wordt alleen kwalitatief beoordeeld. De invoercel kan uitgeklapt worden om zo de juiste keuze te kunnen maken. Deze milieuprestatie-indicator is opgesplitst in

- verdroging van natuur;
- grondwateroverlast;
- water-op-straat;
- problemen met oppervlaktewaterkwaliteit.

De beoordeling van deze punten dient te worden ingevuld op de bladen "productie", "riolering" en "zuivering". De mogelijke invoer is: "nvt", "sterke afname", "afname", "gelijk", "toename", "sterke toename". De tekst is zo gekozen dat een afname positief is.

Gebruik in grote lijnen

In een projectteam met deskundigen vanuit alle delen van de keten worden de huidige of referentie situatie en de te beoordelen varianten gedefinieerd. Vervolgens wordt in het tabblad "modelopbouw" de grove lay-out van het model ingevoerd. Het gaat hierbij om het aangeven van de onderdelen waaruit de keten bestaat en de percentages voor de verdeling van het water per onderdeel.

De varianten krijgen in grote lijnen dezelfde structuur. Na het invoeren van varianten worden invoerbladen automatisch aangemaakt. Nadat ook nog enige extra algemene invoer is gegeven kunnen de invoerbladen voor de afzonderlijke ketenonderdelen worden ingevuld. Dit dient te gebeuren door de verschillende deskundigen.
Nadat alle gegevens zijn ingevoerd, kunnen de resultaten voor de gehele keten worden beoordeeld en besproken in het projectteam. Om ieders invoer op waarde te kunnen schatten is het hierbij van belang ook de afzonderlijke invoerbladen met het gehele projectteam door te nemen.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Om de invoerbladen van de verschillende onderdelen te bereiken zijn er 'hyper-links' aangebracht op het tabblad "modelopbouw". Ook op alle invoerbladen van de ketenonderdelen zijn knoppen beschikbaar om door het model te navigeren:

- terug naar het tabblad "modelbouw";
- naar tabblad "grafieken";
- naar tabblad "grafieken 2".

Voorbereiding

Voor men begint met het invullen van MIMOSA, moet er eerst gedefinieerd worden wat de situatie is die bekeken gaat worden en welke varianten vergeleken zullen worden. Het is van belang dat de varianten een vergelijkbaar gebied qua inwoners bestrijken.
De kwaliteit van de resultaten staat of valt bij de kwaliteit van de invoergegevens. Een gedegen projectteam met deskundigen vanuit alle delen van de keten is noodzakelijk om de kwaliteit van de resultaten te kunnen waarborgen. Indien voornamelijk gewerkt wordt met de defaultwaarden, zonder deskundige kwaliteitsborging, is de betrouwbaarheid van de resultaten voor specifieke situaties gering.

Invoer op elk blad

Op ieder invoerblad dient, naast de datum, de naam en de organisatie van de gebruiker te worden ingevoerd. Daarnaast wordt gevraagd om een omschrijving op te geven van het betreffende onderdeel van de waterketen (de productielocatie/bron, deel van gemeente, transportsysteem, zuivering).
Alleen de witte velden kunnen en moeten ingevuld worden. Indien gegevens onbekend zijn kunnen de defaultwaarden als leidraad gebruikt worden.
De blauwe velden zijn waarden die door het model berekend worden. Deze worden zichtbaar of verborgen door op de knop "invoer/uitvoer" te drukken.

Registratie herkomst invoer

Het is van belang goed bij te houden wat de herkomst van ingevulde gegevens is. Daartoe bestaat de mogelijkheid aan elke cel opmerkingen toe te voegen ("insert comment" binnen het Excel menu). Binnen Excel kunnen alle opmerkingen in één keer zichtbaar gemaakt worden of verborgen worden.

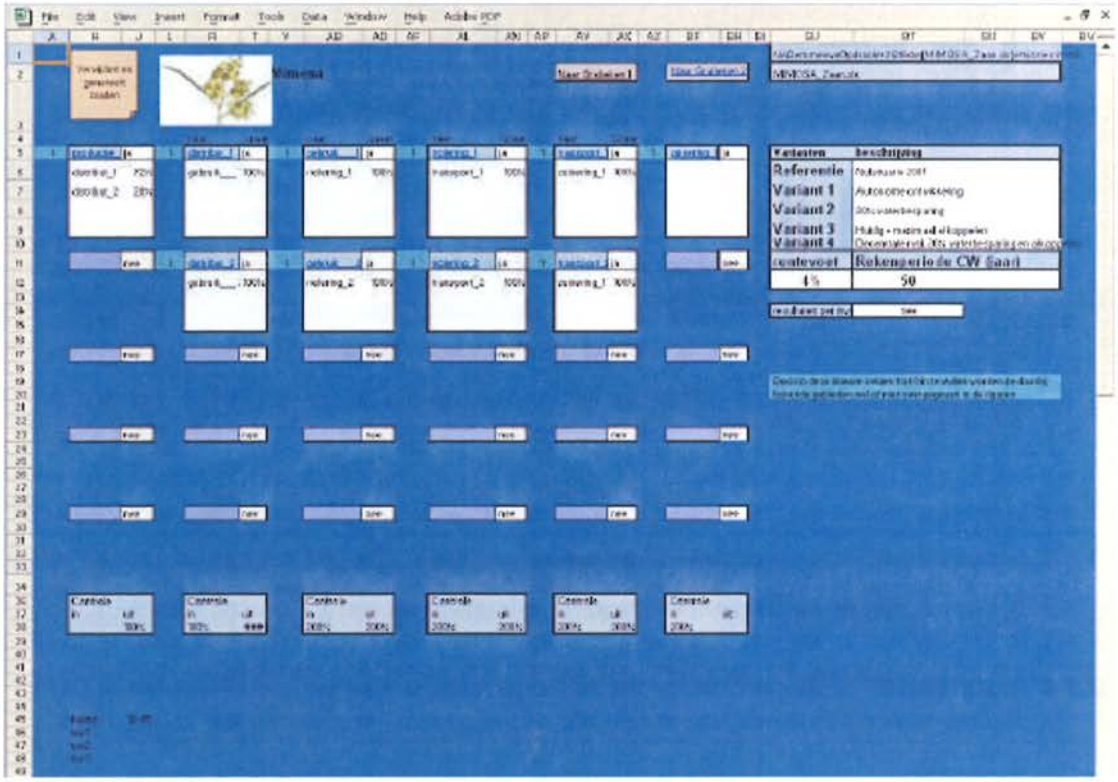
3.3 Modelopbouw

De te beschouwen waterketen zal veelal bestaan uit meerdere productielocaties, transportgebieden, gemeenten, rioleringsstelsels en/of afvalwaterzuiveringsistallaties. Door "ja" of "nee" in te vullen in het tabblad "modelopbouw" kan gekozen worden voor een of meerdere bladen per waterketenonderdeel. De voorgeprogrammeerde invoervelden van de onderdelen worden automatisch actief. Men dient aan te geven hoeveel water (in procenten) uit het desbetreffende blad naar het volgende procesonderdeel gaat. Het invoerblad geeft aan of de percentages correct tot 100% zijn verdeeld.
Men dient voor de verschillende varianten dezelfde opbouw (van het tabblad "modelopbouw") te hanteren en te variëren in de kenmerken per onderdeel.

Op het tabblad "modelopbouw" dient men de gegevens die voor de gehele ketenvergelijking gelden aan te geven:

- namen van de verschillende varianten;
- keuze tussen presentatie van resultaten in hoeveelheid per inwoner of hoeveelheid per inwoner per jaar;
- de rekenperiode en;
- de rentevoet.

© Kiwa Management Consultants B.V.



Figuur 4: Screenshot modelopbouw MIMOSA

Wanneer men op de knop "verwijdert of genereert invoerbladen" drukt, genereert het model vervolgens invulbladen voor de desbetreffende onderdelen. Tevens worden de ingevulde percentages doorgevoerd.

Als de invoerbladen zijn gegenereerd, kunnen deze door de verschillende deskundigen worden ingevuld. Via de 'links' op het tabblad "modelopbouw" springt men eenvoudig naar de verschillende invoerbladen.

3.3.1 Productie en Winning

Aan de hand van de ingevulde hoeveelheid water vanaf het pompstation en het spoelwaterverlies wordt de hoeveelheid gewonnen water berekend.

De kwaliteit op het invoerblad productie is van belang voor de koperemissie.

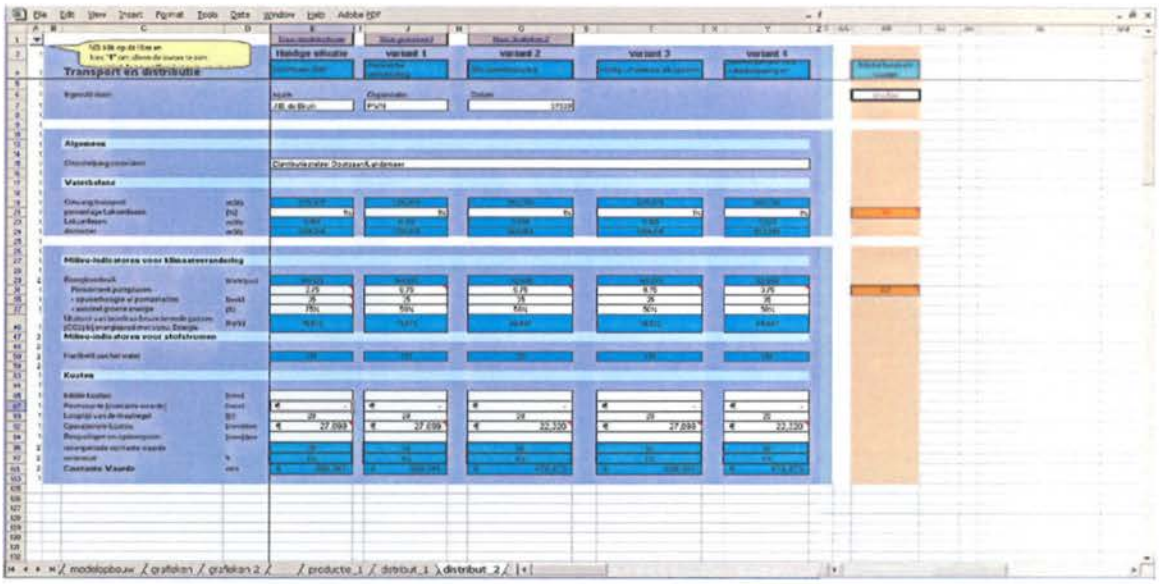
Op het tabblad productie wordt gevraagd naar een aantal winning- en productiefactoren. Voor deze factoren zijn defaultwaarden aangegeven voor de winning en productie van drinkwater uit oppervlaktewater, dan wel uit grondwater. Deze defaultwaarden zijn gemiddelde Nederlandse waarden, bij die bedrijven waar de gevraagde parameter voorkomt. Het is dus wel noodzakelijk om te weten welke processtappen er in een variant aanwezig zijn wen welke stoffen worden toegevoegd.

3.3.2 Distributie

Op het tabblad distributie dient men de lekverliezen in te vullen, waarna MIMOSA de hoeveelheid getransporteerd water berekent.

Aan de hand van de op te geven opvoerhoogten en rendementen van de pompen wordt het energieverbruik voor de distributie van het drinkwater berekend.

© Kiwa Management Consultants B.V.



Figuur 5: Screenschot invoerblad Transport en distributie

3.3.3 Gebruikers

Op het tabblad 'Gebruik' dient men aan te geven wat het gemiddelde gebruik per huishouden is en het aantal huishoudens. Op basis van deze twee getallen berekent MIMOSA de omvang van het overige gebruik. Het is raadzaam te controleren of deze hoeveelheden overeenkomen met de verwachting.

Door het gebruik van water worden er stoffen aan toegevoegd. Hiervoor dienen waarden te worden ingevuld. Voor een aantal van deze stoffen zijn defaultwaarden beschikbaar (zie bijlage 3).

3.3.4 Rioolstelsel

De invoer bestaat uit het totale afvoerende oppervlak met een onderverdeling naar het type rioolstelsel:

- gemengd stelsel,
- verbeterd gescheiden stelsel en;
- gescheiden stelsel (directe emissie van regen naar oppervlaktewater).

Voor de concentraties van vervuilende stoffen in het inlopende water zijn defaultwaarden beschikbaar. De gebruiker kan deze aanpassen.
Het is aannemelijk dat de concentratie van zink in de toekomst af zal nemen, omdat minder uitlogende materialen zullen worden gebruikt. De gebruiker dient zelf de concentraties in te vullen.

Verder geeft de gebruiker in m^3 de berging in de verschillende typen rioolstelsels en mogelijke bergbezinkvoorzieningen. Het programma geeft ter controle de waarde in mm (ten opzichte van het aangesloten afvoerende oppervlak). Voor de gemengde en gescheiden systemen dienen bovendien de pompovercapaciteiten te worden opgegeven.

De hoeveelheid afvalwater (d.w.a.) in het systeem volgt uit de afvalwaterproductie bij de gebruikers. Daarnaast dient men als percentage van de d.w.a. in liter per inwoner een drainagevolume op te geven. Dit is water dat vanuit de ondergrond in het rioolstelsel loopt.

Het lekwater is een percentage van de droog weer afvoer (huishoudelijk en industrieel).

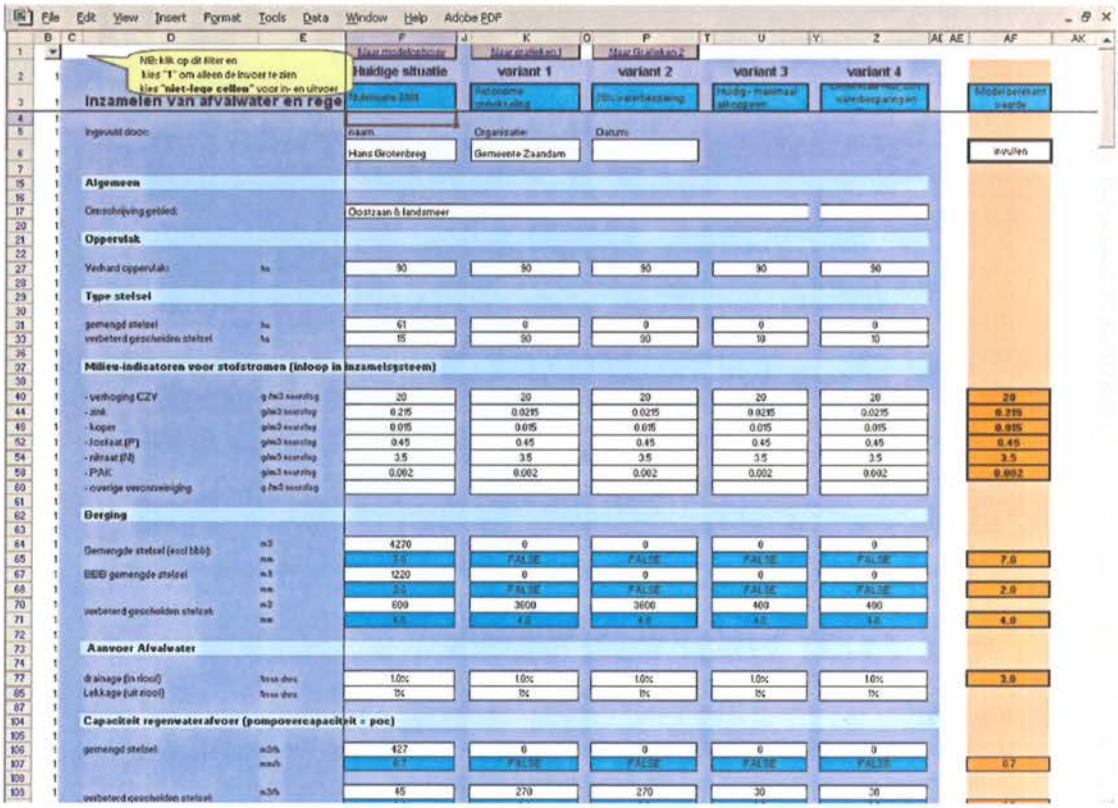
© Kiwa Management Consultants B.V.

Op basis van de berging in het rioolstelsel uitgedrukt in mm en de pompovercapaciteit vanuit een stelsel uitgedrukt in mm per uur, berekent MIMOSA de emissie naar het oppervlaktewater en de afvoer naar de zuivering. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat de concentraties van het overstortende water gelijk zijn aan door de gebruiker op te geven waarden. Ook hiervoor zijn defaultwaarden gegeven. De vracht naar het oppervlaktewater volgt door vermenigvuldiging van deze concentraties met het jaarlijkse overstortings volume. De vracht die naar de zuivering wordt afgevoerd volgt uit de massabalans.

De waarden die zijn aangegeven bij "inloop direct" betreffen de vrachten van stoffen die binnenlopen in een gescheiden stelsel en die daarmee rechtstreeks naar het oppervlaktewater zullen worden afgevoerd.

Indien er een bergbezinkvoorziening is bij een gemengd stelsel, dient de gebruiker ook aan te geven met welk percentage de mogelijke vervuiling in de concentraties verminderen. Indien geen voorziening aanwezig is, is het invoerveld grijs.

Water op straat kan met MIMOSA niet kwantitatief worden berekend en beoordeeld. De gebruiker geeft zelf aan of de kans op water op straat in de varianten groter of kleiner is geworden ten opzichte van de referentie situatie.



Figuur 6: Sreenshot invoerblad Rioolstelsel

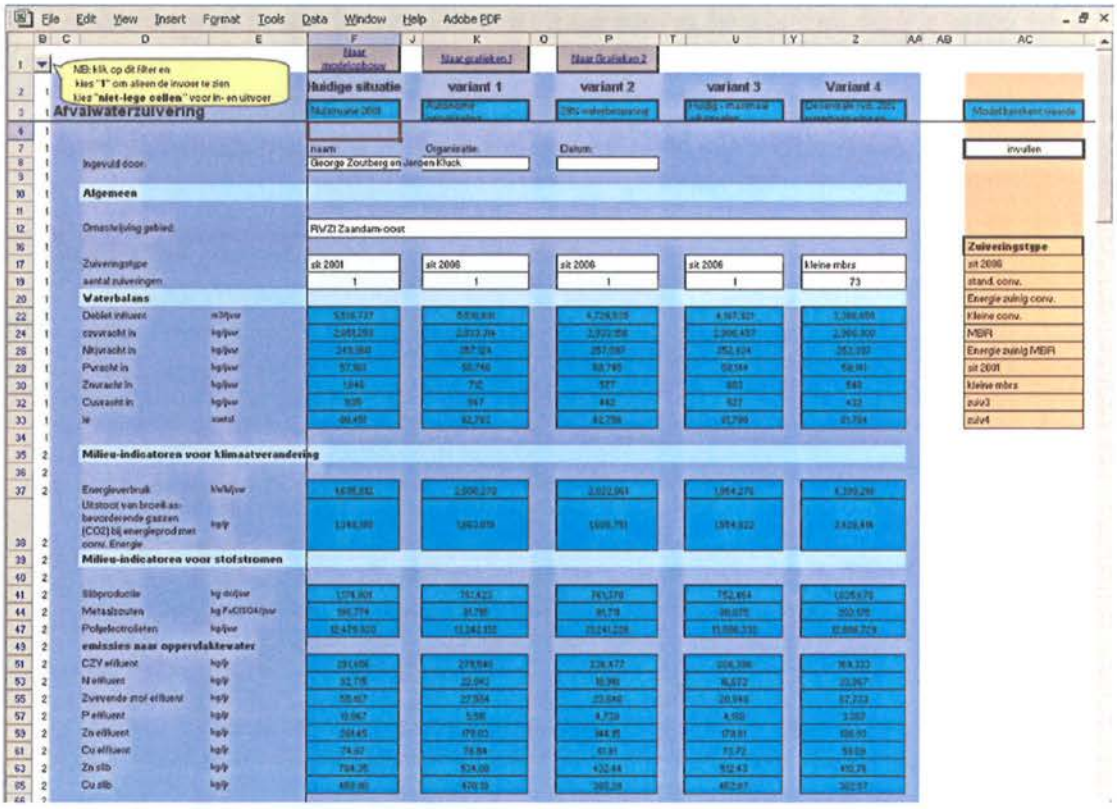
3.3.5 Transport

Op basis van de d.w.a. en de pompovercapaciteit in de aangesloten rioleringsgebieden berekent het model de piekafvoer door de transportsystemen en de jaarlijkse hoeveelheden.

© Kiwa Management Consultants B.V.

3.3.6 *Zuivering*

Op het blad "afvalwaterzuivering" kan de gebruiker alleen het type zuivering en de kosten aangeven. De overige invoer voor de zuivering wordt berekend door het model en volgt uit de invoer op het blad met de standaardwaarden voor de zuivering: "defaultwaarden zuivering afvalwater".
Op het blad "defaultwaarden zuivering afvalwater" zijn reeds vijf standaardzuiveringen ingevuld. Daarnaast kan de gebruiker in vijf overige zuiveringen zelf waarden toevoegen zodat zijn eigen zuivering in de huidige situatie of verwachte zuiveringen worden beschreven. De invoer bestaat onder andere uit de effluentconcentraties en het energiegebruik (onderverdeeld naar de beluchting, overig en terugwinning bij de slib gisting). Op basis van de aanvoer van de transportsystemen berekent MIMOSA de emissie vanuit de zuivering en het energiegebruik.



Figuur 7: Screenshot invoerblad Afvalwaterzuivering

3.3.7 *Kosten*

Op ieder invoerblad van de onderdelen van de waterketen worden de volgende gegevens met betrekking tot de kosten gevraagd:

- Initiële kosten (€): dit betreft de aanschaf van de milieumaatregel en wordt meteen uitgegeven. Meestal is er ook sprake van bijkomende kosten die gemaakt dienen te worden om de maatregel op te starten. Deze dienen hier te worden opgeteld bij het initiële investeringsbedrag en vormen de initiële kosten. In het algemeen kan onder bijkomende kosten worden verstaan: voorbereidingskosten, installatiekosten, notariskosten en de bouwrente.
- Restwaarde (€)
- Operationele kosten (€/ jaar): deze bestaan uit onderhoud (vaak geschat op 10% van het initiële investeringsbedrag), exploitatiekosten, energiekosten, kosten van grond- en hulpstoffen, reststofverwerking en overige kosten. Operationele kosten dienen rechtstreeks verband te houden met de investering.

© Kiwa Management Consultants B.V.

De jaarlijkse kosten kunnen in de praktijk per jaar verschillen. In MIMOSA dient een constante waarde te worden opgegeven.

- Besparingen en opbrengsten (€/jaar): deze bestaan bijvoorbeeld uit vermindering van energiekosten, grondstoffen en/of overige besparingen en kunnen zich ook jaarlijks voordoen. Opbrengsten kunnen ontstaan door de verkoop van rest- en bijproducten, lagere verzekeringspremies, etc.

MIMOSA berekent vervolgens de netto contante waarde van de kosten.

3.4 Resultaten

Als alle tabbladen zijn ingevuld, ontstaat er een overzicht van alle relevante milieu-gegevens in de waterketen. Dit kan dienen als discussiestuk. Alle blauwe velden kunnen hierbij een rol spelen; deze dienen inzicht te geven in het functioneren van het betreffende onderdeel van het systeem. Bovendien dienen ze ter controle van de ingevulde waarden.

De resultaten van de meest voor de hand liggende onderwerpen waarover gesproken zal worden, worden gepresenteerd in tabel of grafiekvorm. Door op de smile-knop te drukken wordt of de grafiek of de tabel zichtbaar.
De grafieken tonen voor een bepaald aspect de omvang in elk onderdeel van de keten. Daarbij zijn standaard de verschillende lijnen in de keten samengevoegd. D.w.z. indien er twee productie locaties zijn, dan geven de grafieken de sommatie van beide locaties.

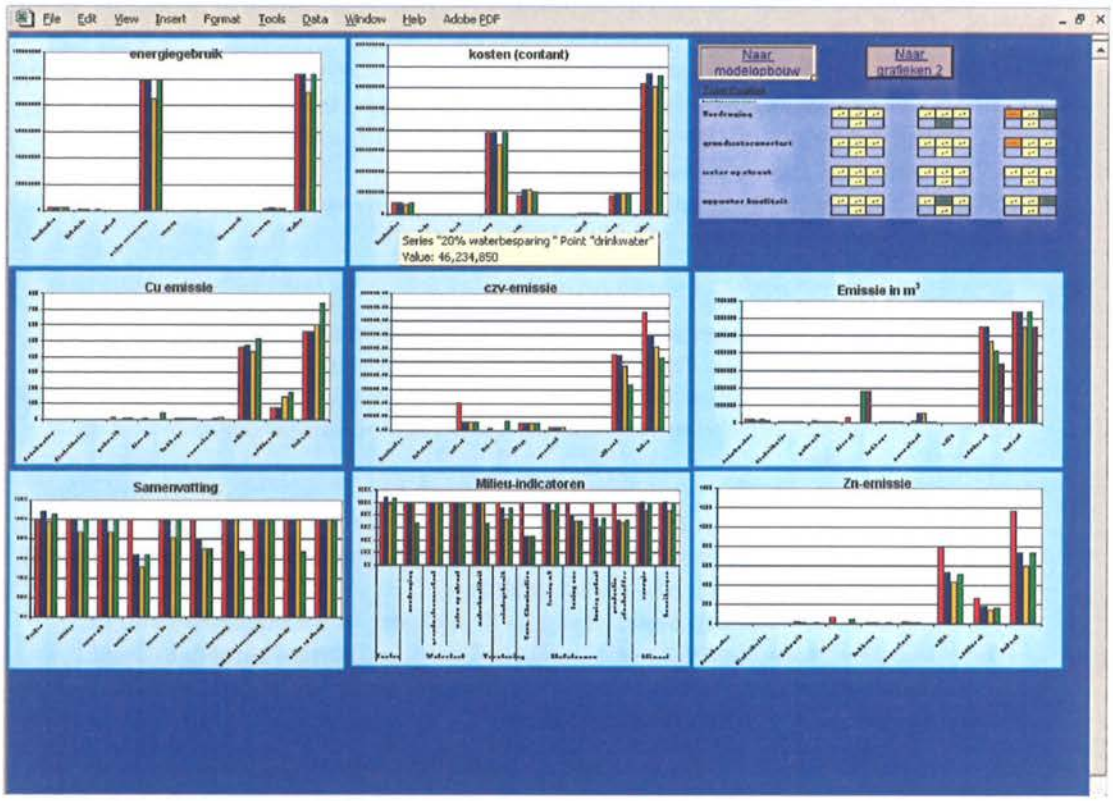
De tabbladen "grafieken" en "grafieken 2" geven een overzicht van de grafieken en tabellen (zie volgende pagina). Door op de grafieken te klikken wordt de grafiek of tabel groter weergegeven. Voor de volgende resultaten worden grafieken/tabellen gegenereerd:

- Energie
- Productie broeikasgas (Naast de broeikasgasproductie die rechtstreeks vrijkomt bij een onderdeel, presenteert de grafiek "broeikasgas" ook de broeikasgasproductie die vrijkomt indien de benodigde energie op conventionele wijze wordt gegenereerd)
- Chemicaliëngebruik
- Afvalstoffen
- Emissie czv
- Emissie water
- Emissie zink
- Emissie koper
- Waterlast
- Ruimtegebruik
- Kosten
- Alle milieu-indicatoren

Voor de grafieken/tabellen kosten, energie en broeikasgas geldt dat door op het zonnetje op het scherm te klikken het effecten van verwarming van gebruikswater in huis kan worden aan- of uitgezet. De verwarming van water bij de huishoudens kost namelijk zeer veel energie in verhouding tot het energiegebruik in de rest van de keten.

De resultaten kunnen worden uitgedrukt in hoeveelheid per inwoner per jaar of per jaar. Dit kan worden gekozen in het tabblad modelopbouw.

© Kiwa Management Consultants B.V.



Figuur 8: Screenschot uitvoerblad 'Grafieken 2'

Vergelijking van varianten

Het is van belang op verschillende de niveaus de uitkomsten te beoordelen en te bespreken:

- op basis van de blauwe velden op de invoerbladen
- op het niveau van de onderdelen van de keten
- voor de gehele keten.

Daarbij is het van belang de achtergronden van de rekenregels, de aannames van het model en de achtergronden van de invoer te kennen en te bespreken. Het is vervolgens mogelijk om met de resultaten een eigen Multi Criteria Analyse uit te voeren.

© Kiwa Management Consultants B.V.

4 Testen van het instrument: Pilots

4.1 Inleiding

MIMOSA heeft door middel van onder andere een aantal workshops invulling gekregen: hoe wordt de waterketen gedefinieerd, wat zijn de milieuaspecten die van belang zijn in die waterketen, hoe kan op een overzichtelijke manier data verzameld worden en vertaald naar milieuprestatie-indicatoren en kosten.

Om de werking, de functionaliteit en de gebruiksvriendelijkheid van het instrument te testen, is er praktijkervaring opgedaan. Vanuit de workshops hebben zich twee pilots aangediend: waterketen Zaandam-Oost (een samenwerkingsproject van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK), de gemeente Zaanstad en het Provinciaal waterleidingbedrijf Noord -Holland (PWN) en ontharding in Limburg voor Waterleidingmaatschappij Limburg (WML).

4.2 Case Zaandam-Oost

Voor de eerste pilot zijn voorbeelden gebruikt uit een bestaand waterketenproject: duurzame waterketen zuiveringskring Zaandam. Niet van alle onderdelen van de waterketen waren gegevens bekend. Bij ontbrekende getallen zijn waarden geschat, waardoor terughoudendheid geboden is bij het trekken van harde conclusies ten aanzien van de locale situatie.

4.2.1 Aanpak pilot

De activiteiten bij deze pilot zijn in grote lijnen de volgende geweest:

1. Een bijeenkomst van het projectteam milieuprestatiesturing waarin op basis van tevoren verstrekte informatie het model is ingevuld en de daarbij gerezen vragen zijn geïnventariseerd. Deze zijn gecommuniceerd met de projectleider van het team Zaandam-Oost. Vervolgens is de samenstelling van deelnemers aan de volgende werkgroep bepaald.
2. Twee werkbijeenkomsten waarin de benodigde gegevens voor het model op locatie zijn verzameld en beoordeeld. Hier is besloten in welke gevallen is gewerkt met specifieke waarden voor het project en in welke gevallen met defaultwaarden (ontleend aan landelijke of anderszins door onderzoek ondersteunde algemene kengetallen of cijfers).
3. Een berekeningssessie, waarin de gegevens werden ingevoerd en de berekeningen werden gemaakt.
4. Evaluatie van de resultaten door de werkgroep samengesteld uit de projectorganisatie Zaandam Oost en de projectbegeleidingsgroep milieuprestatiesturing.
5. Aanpassing van het functioneel ontwerp van MIMOSA op basis van de geëvalueerde berekeningen, met als doel de algemene toepasbaarheid van MIMOSA te vergroten.
6. Een terugkoppeling van resultaten en aanpassing van het functioneel ontwerp naar bovengenoemde werkgroep met als doel de bespreking van de resultaten met toeleveranciers van informatie waarin het draagvlak voor het werken met het model kan worden getoetst en zo mogelijk verbeterd.
7. De validatie van het functioneel ontwerp door de projectbegeleidingsgroep milieuprestatiesturing in samenspraak met de werkgroep Zaandam-Oost.

Gebiedsafbakening en varianten

In de pilot is de hele zuiveringskring Zaandam Oost beschouwd. Hierbinnen vallen zowel het stedelijk gebied van Zaandam, als de landelijke gebieden Landsmeer en Oostzaan. PWN is leverancier van het drinkwater in dit gebied.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Het gebied bevat de volgende aantallen inwoners en huishoudens.

Gebied	Inwoners	Huishoudens
Zaandam-Oost	55.700	21.000
Oostzaan	9.100	3.700
Landsmeer	10.200	4.100
Totaal	75.000	28.800

Tabel 3: Aantallen inwoners en huishoudens zuiveringskring Zaandam Oost

Overige kentallen zijn te vinden in het rapport 'Keten in Kaart'[6]

Omdat men in deze pilot het effect van veranderingen in beleid wilde inventariseren, zijn in de varianten de maatregelen in extreme mate doorgevoerd en zijn de maatregelen in het hele gebied doorgevoerd, ook al gebeurt dat in de praktijk waarschijnlijk in eerste instantie voor een deelgebied.
De kosten zijn berekend per jaar, teruggerekend voor een periode van vijftig jaar.

In de modellering zijn twee parallelle sporen opgenomen, één van het stedelijk gebied Zaandam-oost, dat direct aan de RWZI ligt en een van het overige gebied; voornamelijk Oostzaan en Landsmeer.
De volgende varianten zijn doorgerekend:

1. Huidige situatie
2. Autonome ontwikkeling (overal verbeterd gescheiden riool) en aanpassingen van de zuivering volgens de plannen voor 2006.
3. 20% waterbesparing
4. Maximaal afkoppelen (circa 20%, het vuilste oppervlak, blijft op verbeterd gescheiden stelsel aangesloten)
5. 20% waterbesparing, afkoppelen en decentrale afvalwaterzuivering (met membraanbioreactoren op wijkniveau).

4.2.2 *Resultaten*

Bevindingen van de werkgroep

De werkgroep Zaandam-Oost was positief over MIMOSA. Het model gaf goed inzicht in de milieuaspecten van de varianten en trends konden goed zichtbaar gemaakt worden. Daarnaast werd duidelijk welke posten of emissies daadwerkelijk van belang waren en welke verwaarloosbaar waren ten opzichte van posten en emissies in andere onderdelen van de waterketen.

Het werken met MIMOSA bevorderde de samenwerking tussen de verschillende actoren. Kanttekening die hierbij geplaatst wordt is dat men meer doorlooptijd nodig had dan tijdens de pilot voorhanden was om het model nuttig in te kunnen zetten voor het project Zaandam Oost. Het moment van de pilot was niet gunstig gezien de voortgang van het project Zaandam Oost, beter was geweest als er later in het Zaandam Oost traject was samengewerkt. Er is te weinig tijd geweest om de kwaliteit van gegevens te waarborgen. Het bleek erg moeilijk te zijn goede gegevens snel boven water te krijgen. Het tijdsaspect is in de aanbevelingen meegenomen.

De doelstelling om mensen uit de hele waterketen om de tafel te krijgen is gehaald. De groep mensen die het model in moest vullen vond zichzelf echter te licht . Een rioleringsexpert, een controller en een decentrale-zuiveringsexpert werden nog gemist.

Men was nog niet geheel tevreden over de verwerking van kosten in het model; deze werden op verschillende manieren geïnterpreteerd. Men zou de kosten bij voorkeur invullen als exploitatiekosten.

[6] Verzameling gegevens Keten in Kaart; WA-WB20020497 dossier T8182-01-001 DHV water; sept. 2002.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Op dit moment wordt in het model alles teruggerekend naar de netto contante waarde, maar in de praktijk bleek deze indicator niet aan te spreken, bovendien zijn de benodigde gegevens erg moeilijk boven water te halen. Dit aspect is in de aanbevelingen meegenomen.

Aanpassingen MIMOSA
De belangrijkste toevoegingen aan het model die tijdens deze pilot zijn doorgevoerd zijn:
- het mogelijk maken om meer dan een lijn te modelleren, m.a.w. meerdere productielocaties, gebruikers, rioolstelsels etc;
- defaultwaarden voor meer soorten afvalwaterzuiveringen;
- verbeterde vraagstelling in de invoerbladen;
- duidelijker invoer door keuze voor presentatie van alleen invoer, of in- en uitvoer;
- verbeterde presentatie van de resultaten (meer grafieken, mogelijkheid resultaten per jaar of per inwoner per jaar);
- invoer van drinkwaterproductie aangepast;
- ontwikkeling presentatie van de niet-kwantitatieve onderdelen;

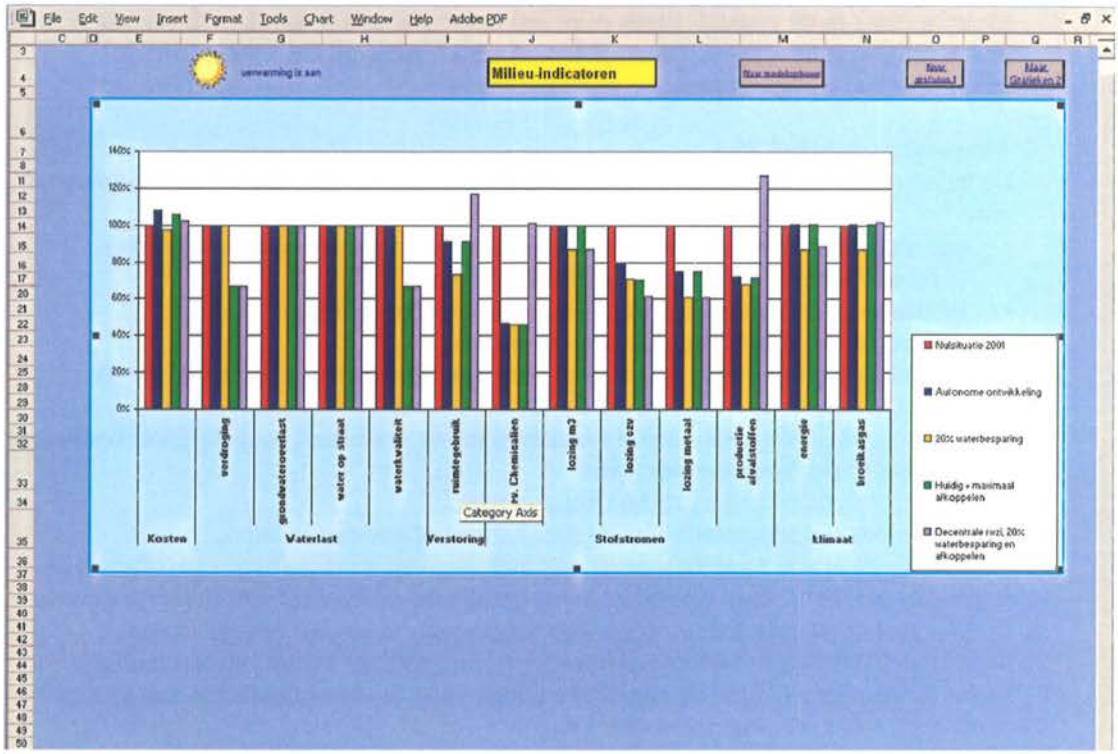
Zoals bij vrijwel alle modellen geldt ook hier: garbage in is garbage out, oftewel de resultaten vallen of staan bij wat er in het model wordt gestopt aan invoergegevens. Er is getracht om voor toekomstige gebruikers waar mogelijk zoveel mogelijk defaultwaarden aan te bieden in het model. Het gaat hier echter om landelijke gemiddelden, terwijl juist de specifieke lokale situaties interessant zijn om te bepalen of een variant al dan niet interessant is.

Uitkomsten MIMOSA
Bij de beschouwing van de resultaten hoort een discussie en uitleg over op welke punten de varianten precies van elkaar verschillen en over wat door het model wordt berekend en welke aannames daarbij gelden. Dit is in de vergaderingen met de pilotgroep aan de orde gekomen. Enige resultaten volgen hieronder met als doel het functioneren en de soort resultaten van MIMOSA te tonen.

Zeer duidelijk komt naar voren dat het energiegebruik voor water verwarming bij de gebruikers vele malen groter is dan het overige energiegebruik in de hele keten. Ook in de kosten en broeikasgas komt dit naar voren. Daarmee komt waterbesparing (bij gebruikers) als zeer belangrijke maatregel naar voren. De effecten hiervan laten zich in de hele keten zien:
- de energiebesparing en broeikasreductie als gevolg van 20% waterbesparing is zelfs groter dan het energiegebruik in de rest in de keten. Daarbij is verrekend dat waterbesparing voor toiletspoeling geen reductie van het energiegebruik geeft;
- ook als het energiegebruik voor verwarming van water niet wordt beschouwd, geeft waterbesparing een energiebesparing in de gehele keten.

Kosten voor transport van water zijn ondergeschikt aan de overige kosten. Hierdoor is er wat dat betreft geen groot kostenvoordeel voor decentrale oplossingen.
De autonome ontwikkeling geeft ketenbreed slechts beperkte verschillen met de huidige situatie. Hogere kosten zijn het gevolg van een uitbreiding van de zuivering en het ombouwen van de riolering naar verbeterd gescheiden stelsels. Met die hogere kosten worden de emissies kleiner.
Afkoppelen leidt in tegenstelling tot de autonome ontwikkeling wel tot een aanzienlijke reductie van de regenwateraanvoer naar de zuivering. De bulk van het water is echter d.w.a. en die wordt alleen door waterbesparing beïnvloed.
De decentrale variant heeft de belangrijke voordelen van waterbesparing en afkoppelen. Door de duurdere en meer energie gebruikende kleine RWZI's lijken de voordelen ketenbreed beperkt.
De resultaten dienen echter vooral aanzet te zetten tot denken en het nader uitwerken van kansrijke en relevante onderdelen. Daarom MIMOSA geeft inzicht in de belangrijke factoren en biedt het de mogelijkheid de gevoeligheid voor bepaalde invoer te controleren.

© Kiwa Management Consultants B.V.



Figuur 9: Screenshot uitvoerblad 'Milieu-indicatoren' voor Zaandam Oost

4.3 Case ontharding

De tweede pilot was een vraag van Waterleidingmaatschappij Limburg (WML). Er zijn in Limburg twee onthardingsfabrieken gebouwd waarmee het drinkwater zachter en daarmee comfortabeler voor de klant is. Bij de huidige wijze van benchmarken door de waterleidingbedrijven wordt ook gekeken naar een milieuparameter. In die parameter levert het ontharden van drinkwater door waterleidingbedrijven geen positieve bijdrage vanwege het chemicaliënverbruik en het energieverbruik. Kennelijk worden de voordelen verderop in de waterketen niet gemeten en meegenomen in de afweging en wordt op deze wijze het negatieve resultaat verkregen voor de ontharding.
De doelstelling van deze pilot was het bepalen of het mogelijk, nuttig en relevant is ontharding mee te nemen in dit model. Tevens diende te worden bepaald hoe ontharding kon worden gemodelleerd. Als varianten zijn de situatie voor en na ontharding ingevoerd in MIMOSA.

4.3.1 Aanpak pilot

Door middel van een interview met Henk Brink (onthardingsdeskundige Kiwa) en een literatuuronderzoek, is gezocht naar een aantal relaties tussen ontharding en effecten van ontharding (zie ook bijlage 6):

- wasmiddelen- en Schoonmaakmiddelengebruik;
- onderhoud cq levensduur apparaten;
- energiegebruik bij warmwaterinstallaties;
- koperconcentratie in drinkwater;
- effecten op de procesvoering RWZI als gevolg van veranderde samenstelling van het water.

Het bleek moeilijk te zijn om harde, te modelleren relaties te vinden over deze onderwerpen. Voor de pilot zijn wel bruikbare gegevens gevonden om de situatie in Limburg mee door te rekenen en de negatieve effecten af te zetten tegen de positieve effecten elders in de keten.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Zo zouden de kosten van een huishouden met 70 euro per jaar afnemen doordat er minder was- en schoonmaakmiddelen gebruikt worden, neemt het energieverbruik bij gasgestookte geisers af na ontharding en kan er iets gezegd worden over de maximale koperemissie van de waterleidingen.
Over onderhoud en levensduur van apparaten zijn geen kwantitatieve gegevens bekend en er worden geen effecten waargenomen op de procesvoering RWZI als gevolg van veranderde samenstelling van het water.

Gebiedsafbakening en varianten
Het betrof twee onthardingsfabrieken, een pelletreactor en een ontharding met kalkmelk (Heerlen en Maastricht), twee voorzieningsgebieden met verschillende hardheden. In beide fabrieken wordt tot 9 Duitse graden onthard (Verder is wettelijk verboden). Om de calcium en magnesium uit het water te halen, zijn meer chemicaliën en energie nodig, ook voor het terugpompen van het water naar het voorzieningsgebied. Voordelen voor het milieu zijn:

- minder kalkafzetting in apparatuur, waardoor minder slijtage en minder energie bij de klant,
- De consument heeft minder wasmiddelen en schoonmaakmiddelen nodig,
- De koperafgifte van de leidingen wordt mogelijk verminderd.

De afvalstof van de pelletreactor, de kalkkorrels, worden bij rookgasontzwaveling ingezet, kalkslib uit de andere reactor kan eventueel ingezet worden in de baksteenindustrie.

4.3.2 Resultaten

Aanpassingen MIMOSA
Er is een relatie gevonden tussen enkele kwaliteitsparameters (die verband houden met ontharding) en de maximale koperemissie van koperen waterleidingen. In het model wordt bij niet-onthard water uitgegaan van een gemiddelde koperafgifte in Nederland[7] [$Cu_{Gem\ voor}$]. Daarnaast wordt berekend wat de maximale koperemissie is vóór en na een onthardingsstap: [$CU_{Max\ voor}$], [$Cu_{Max\ na}$]. De gemiddelde koperemissie na ontharding [$Cu_{Gem.na}$] wordt berekend uit:

$$[CU_{Max\ voor}] : [Cu_{Max\ na}] = [CU_{Gem\ voor}] : [Cu_{Gem\ na}].$$

De gevolgen van ontharding in de waterketen zijn moeilijk te modelleren. Wel zijn aspecten beschreven waarop gelet kan worden en waar in de praktijksituatie aan gemeten kan worden om zo toch een volledig beeld te krijgen.

Uitkomsten MIMOSA
Uit de grafieken volgt dat het energiegebruik en de kosten bij de gebruikers door ontharding aanzienlijk afnemen. De extra kosten en energiegebruik bij de productie van water zijn aanzienlijk kleiner dan het voordeel bij de gebruikers.
Volgens de huidige wijze van modelleren heeft ontharding een zeer groot effect op de koperconcentraties. Dit uit zich vooral in de aanvoer naar de RWZI. Mede vanwege de wijze van modelleren, zijn deze resultaten nog zeer voorlopig. Er waren geen gegevens beschikbaar om dit resultaat te valideren.

[7] ontleend aan kopervrachten in Nederland, CBS

© Kiwa Management Consultants B.V.

5 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de gehouden workshops, bijeenkomsten van de projectbegeleidingsgroep en de pilots worden de volgende conclusies getrokken en kan een aantal aanbevelingen worden gegeven.

5.1 Conclusies

De pilots zijn erg vruchtbaar geweest voor de ontwikkeling van MIMOSA. Doordat mensen uit het werkveld het model moesten gaan vullen, werd snel duidelijk waar in de omschrijving dingen misten of onduidelijk waren zodat deze aangepast konden worden.
Het model maakt ketenbreed kijken mogelijk en trends in de keten kunnen goed opgespoord worden. Zo kan men in een oogopslag zien waar men bijvoorbeeld de grootste winst op energiebesparing in de waterketen is te bereiken. De resultaten verschaffen een gevoel voor verhoudingen binnen de keten. Complexe vraagstukken worden kwantitatief inzichtelijk gemaakt.
Het model dwingt de gebruikers om plannen concreet te maken en experts hierbij te raadplegen. Als dat gedaan wordt, is het model erg functioneel.
Samenwerken is absoluut noodzakelijk om het model goed in te kunnen vullen. Tegelijkertijd bevordert de opbouw van het model deze samenwerking. Het mes snijdt dus aan twee kanten.
Mogelijk kan het model de input leveren voor een integrale benchmark in de waterketen.

5.2 Aanbevelingen

Er zijn twee soorten aanbevelingen te onderscheiden: wat moet er nog aan het model aangepast worden, oftewel modelmatige aanbevelingen, en waar dient op gelet te worden tijdens het gebruik van het model, oftewel procesmatige aanbevelingen.

Modelmatig:
Om het instrument gebruiksvriendelijk te maken zou de lay-out moeten worden aangepast zodat de kleuren bij presentatie goed onderscheidend zijn en het geheel een professioneler uiterlijk krijgt. Bovendien kan een beveiligde schil eromheen voorkomen dat er formules in het model gewijzigd worden of koppelingen beschadigd raken. Een digitale handleiding of helpfunctie met koppelingen vanuit de invoerbladen zal het invullen vereenvoudigen.

De kosten worden nu uitgedrukt in een netto contante waarde. Deze bleek in de pilots niet aan te spreken. Er zou over nagedacht moeten worden of de kosten op een andere manier uitgedrukt beter uitgedrukt kunnen worden.

Op dit moment is er de mogelijkheid om drie varianten naast de huidige situatie te beschouwen. In de praktijk blijkt dat de mogelijkheid om meer varianten in te vullen gewenst is.

Het model bestaat uit een excelfile met verschillende invoerbladen. In de praktijk zullen de invoerbladen door verschillende personen ingevuld worden. Het ontwikkelen van een methode om de verschillende aangeleverde bladen samen te voegen in het hoofd model is daarom gewenst. Ook een methode voor de wijziging van invoer is daarbij gewenst.

De presentatie van de niet kwantificeerbare onderdelen moet nogmaals kritisch worden beschouwd. Wellicht dat een tabel een overzichtelijker beeld geeft.

© Kiwa Management Consultants B.V.

De milieueffecten van het gebruik van leidingmaterialen in de keten worden in MIMOSA nu niet meegenomen. Dit is een beslissing van de projectbegeleidingsgroep geweest op basis van de inspanning die het kost om benodigde gegevens boven water te krijgen en het feit dat dit in de milieubenchmark voor de waterbedrijven ook niet meegenomen wordt. Onderzoek naar de omvang van deze effecten ten opzichte van andere milieueffecten in de keten zou moeten onderbouwen of dit gerechtvaardigd is.

De pilot ontharding heeft gediend om te zien of bepaalde relaties de moeite waard zijn om verder te onderzoeken. Hieruit is gebleken dat een aantal positieve effecten in de keten niet zondermeer verwaarloosbaar is:

- vermindering van koper uit waterleidingen in de keten en dus uiteindelijk in het slib en effluent;
- vermindering van energieverbruik door de consument voor warmwater voorziening;
- vermindering van gebruik (en dus kosten) aan was- en schoonmaakmiddelen.

Deze aspecten dienen nader onderzocht te worden.

Procesmatig:
MIMOSA is een instrument dat trends helpt ontdekken en de discussie tussen actoren op gang te kan brengen. Hierbij dient voldoende doorlooptijd te worden ingecalculeerd. Om het instrument te gebruiken dient een werkgroep samengesteld te worden, bij voorkeur bestaande uit experts en beslissers en een begeleider die het model kent. Het doorlopen van hele traject met deze werkgroep stimuleert de betrokkenheid van de deelnemers. Het is van groot belang dat de juiste mensen aan tafel zitten, zowel bij het invullen als bij het interpreteren van de resultaten.

Aangeraden wordt niet alleen de samenvattende grafiek te beschouwen, maar ook de invoerbladen, met daarop de berekende milieuprestatie-indicatoren in de discussie rondom de resultaten te betrekken; niet alles wordt in grafieken uitgedrukt en er ligt nog een schat aan informatie in de berekende resultaten op de invoerbladen (blauwe velden).

Bij het beoordelen van de niet kwantificeerbare onderdelen dient extra kritisch te worden gekeken of de verschillende bladen oftewel onderdelen van de keten op eenzelfde manier zijn ingevuld.

Keuzes vinden vaak plaats in bestuurlijke kringen, waarbij een zogenaamde Multi Criteria Analyse (MCA) gebruikt kan worden. Een MCA bewijst zijn diensten als ondersteunend instrument voor de discussie die voorafgaat aan besluitvorming. Door een brainstorm over criteria, het verdelen van gewichten en een persoonlijke score van scenario's op criteria kunnen de verschillen in argumenten worden waargenomen en besproken door deelnemende bestuurders.

MIMOSA zou bij een aantal projecten gebruikt dienen te worden om zo ideeën voor wijziging en verbetering binnen een breder kader op te pakken.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Bijlage 1: Koperemissie uit drinkwaterleidingen

De koperemissie uit de koperen waterleidingen is als volgt in MIMOSA gemodelleerd:

Landelijk is de kopervracht vanuit koperen leidingen in huishoudens bekend: 121 ton/jaar[8]. Deze noemen we[$Cu_{gem\ voor}$].

Om de kopervracht na ontharding te berekenen [$Cu_{gem\ na}$] wordt gebruik gemaakt van de maximale koperemissie voor en na ontharding.

Deze maximale koperemissie is afhankelijk van de kwaliteit van het water en is te berekend volgens de formule[9]:

Cu_{max} (mg/l)= 0,52 TAC (mmol/l) – 1,37 pH + 2[SO_4^{2-}](mmol/l) + 10,2

De koperemissie uit de koperen waterleidingen na ontharding wordt tenslotte berekend volgens:
[$Cu_{gem\ voor}$]: [$Cu_{gem\ na}$] = [$Cu_{max\ voor}$] : [$Cu_{max\ na}$]

[8] H.Brink e.a.Prognose van de koperemiisie uit het waterleidingnet in de periode 1990 tot 2010; SWE 95.011/RIZA 95.045; Nieuwegein; 1995.
[9] Th.J.J.van den Hoven, ir. M.W.M. van Eekeren; Optimal Composition of Drinking water, Kiwa rapport 100; Nieuwegein ;1988.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Bijlage 2: defaultwaarden drinkwaterproductie

In onderstaande tabel zijn van de productiefactoren de defaultwaarden voor een gemiddeld drinkwaterbedrijf gegeven. Er is onderscheid gemaakt tussen oppervlaktewater dan wel grondwater als bron. De gegevens zijn gemiddelden voor Nederland wanneer van de betreffende zuiveringsstap gebruik wordt gemaakt. Het is niet mogelijk een bedrijf samen te stellen door al deze defaultwaarden in te vullen; hiervoor is meer kennis van de opbouw van de productie locatie noodzakelijk.

	Bron: oppervlaktewater	**Bron: grondwater**	**Eenheid**
Energie	0.5170	0.4947	kWh/m³ geproduceerd
Vlokkingsmiddelen Onder vlokkingsmiddelen worden verstaan ijzerchloride, ijzersulfaat, vlokhulpmiddelen en aluminiumhoudende chemicaliën.	0.0425	0.0023	kg/ m³ geproduceerd
Onthardings chemicaliën (Onder deze categorie vallen: natronloog, soda, kalk, kalkmelk)	0.0518	0.0171	kg/ m³ geproduceerd
Actieve kool	0.0192	0.001	Kg/ m³ geproduceerd
Afvalstoffen, onderverdeeld in sterk ijzerhoudend slib, sterk kalkhoudend slib en kalkkorrels	0.007 0.007 0.048	0.0445	Kg d.s./ m³ geproduceerd
% afvalstoffen dat wordt hergebruikt	75.3	93.5	%
Emissies naar de lucht	0.0011	0.025	Kg/ m³ geproduceerd
Verdroging Verdroging wordt uitgedrukt in ha verdroogd gebied en is die oppervlakte waar meer dan 5 cm grondwaterstanddaling optreedt in verdrogingsgevoelig gebied in gedefinieerde natuurgebieden (verdrogingskaart van Nederland)	0,6		m2/m3
Ruimtegebru ik, totaal en exclusief	1 / 0,16		m2/m3

Tabel 4: Defaultwaarden drinkwaterproductie

© Kiwa Management Consultants B.V.

Bijlage 3: Concentraties in waterstromen

Onderstaande meetgegevens zijn afgeleid van verschillende onderzoeken. Afhankelijk van de situatie kan de concentratie afwijken. Vandaar dat getracht is een onder en bovengrens aan te geven. Op basis van een gemiddelde is een model defaultwaarde afgeleid.

Stof	Minimum µg/l	maximum µg/l	gemiddelde µg/l	Model defaultwaarde µg/l
CZV	13000	67000	20000	20000
P	118	1930	476	450
N-kj	1000	6000	3500	3500
Zn	10	500	214	215
Cu	0.2	25	13	15
Pb	4	1400	338	350
Pak	0.1	12	2.55	2.0

Tabel 5: Inloop-water [10]

Stof	Minimum µg/l	Maximum µg/l	gemiddelde µg/l	Model defaultwaarde µg/l
CZV	572000	834000	741000	750000
P	-	-	13000	15000
Ntot	57000	69000	65000	65000
Zn	147	195	177	175
Cu	58	192	135	135
Pb	Nb	Nb	nb	nb
Pak	0.9	0.9	0.9	0.9

Tabel 6: Instroom huishoudelijkafvalwater[11]

Stof	Minimum µg/l	Maximum µg/l	gemiddelde µg/l	Model defaultwaarde µg/l
CZV	27000	989000	163000	165000
P	270	7000	1969	1900
Ntot	1800	36000	14000	14000
Zn	147	195	177	175
Cu	14	2000	26	25
Pb	Nb	Nb	nb	nb
Pak	Nb	Nb	nb	nb

Tabel 7: Uitstroom via overstorten gemengd[12]

[10] Kwaliteit van rioolwater in Nederland,17-6-2003, Tauw

[11] Water in de stad: gescheiden waterstromen, Tauw 11-4-1997

[12] Eindrapport NWRW, 1989

© Kiwa Management Consultants B.V.

Bijlage 4: Zuivering afvalwater

Het zuiveringsmodel heeft 5 typen zuiveringen en bestaat dus uit 5 sets van basiskentallen. Deze basis sets worden beïnvloed door het influent en mogelijke extra zuiveringsonderdelen. Hierbij wordt zoveel mogelijk met eenvoudige optellingen en aftrekkingen toegewerkt naar een berekening van de milieuprestatie. Vertrekpunt is de milieuprestatie van de standaardzuivering gedefinieerd in paragraaf 2.8 van het hoofdrapport.

Type zuivering
Het model heeft als basis de 5 verschillende basistypen zuivering waarvan er 1 als input gekozen moet worden. Aan elk type zuivering is een set kentallen voor de milieuprestatie verbonden.

Influent
De gegevens van het influent komen als output uit het transport en rioleringsmodel. Deze output is de input van het zuiveringsmodel. Onderstaande tabel geeft het overzicht.

Influent	eenheid	symbool
Gemiddelde vuilwateraanvoer	m3/dag	Q
Maximale vuilwateraanvoer (RWA)	m3/uur	RWA
concentratie		
Zwevend stof	mg/l	[ZS][13]
Chemische zuurstof bindende stoffen	mg/l	[CZV]
Kjeldahl stikstof	mg/l	[N-Kj]
totaal fosfor	mg/l	[P]
koper	ug/l	[Cu]
zink	ug/l	[Zn]

Tabel 8: Output riolering/input zuiveringsmodel

De output van het rioleringsmodel is de basis voor de algoritmes van het zuiveringsmodel.

Standaard kentallen
De standaard kentallen geven uitdrukking aan de milieuprestaties van de RWZI. De standaard kentallen zijn allemaal uitgedrukt in waarden per inwonerequivalent. Een inwonerequivalent is voor een RWZI meer maatgevend dan het debiet dat verwerkt wordt. Er zijn dus meer standaard kentallen bekent uitgedrukt per inwonerequivalent dan per verwerkte hoeveelheid afvalwater.
De standaard kentallen per type zuivering zijn gebaseerd op een standaard samenstelling van het afvalwater zoals opgenomen in tabel 2. Sommige van de standaard kentallen voor de milieuprestaties zijn gekoppeld aan dit standaard influent. Deze standaard kentallen worden gecorrigeerd voor het influent vanuit het rioleringsmodel. Zo wordt bijvoorbeeld het standaard kental voor het chemicaliëngebruik beïnvloed door de P-vracht.

Het standaard influent, uitgedrukt in karakteristieken van het afvalwater per ie, zijn opgenomen in onderstaande tabel.

[13] Zwevend stof ontbreekt in het transport en rioleringsmodel. Het zwevend stof gehalte wordt daarom berekenend op basis van het CZV gehalte. [ZS] = [CZV] x 0.64 (2,5 CZV/BZV x 1,6 ZS/BZV = 0,64 ZS/CZV)

© Kiwa Management Consultants B.V.

Influent	symbool		
Gemiddelde vuilwateraanvoer m3/ie.dag	Qst	0,20	DO RWZI Amsterdam West
Maximale vuilwateraanvoer m3/ie.uur	RWAst	0,06	
g ZS/ie.dag	ZS_st_ie	150	VO RWZI Eindhoven
g CZV/ie.dag	CZV_st_ie	PM	
g N-Kj/ie.dag	N-Kj_st_ie	PM	
g P/ie.dag	P_st_ie	1,2	DO RWZI Amsterdam West
mg Cu/ie.dag	Cu_st_ie	PM	
mg Zn/ie.dag	Zn_st_ie	PM	

Tabel 9: Karakteristieken afvalwater per standaard ie

Algoritme inwonerequivalenten
In het zuiveringsmodel is het aantal inwonerequivalenten (ie's) dus een maatgevende parameter. Het aantal ie (n_ie) wordt met het volgend algoritme berekend:

algoritme : n_ie(CZV, N_Kj) = Q x ([CZV] + 4,57 x [N -Kj]) / 136 (aantal ie's)

Thema klimaatverandering
Algoritme energieverbruik
De berekening van de energievraag wordt voor 2/3 bepaald door de beluchting. De beluchting wordt bepaald door organische vuilvracht (CZV of BZV) en de aangevoerde stikstof. De overige 1/3 is voor overige, waaronder het mengen en transporteren van afvalwater en slib en de verwarming van de bedrijfsgebouwen. Gesteld wordt in dit model dat de energievraag lineair afhankelijk is van de organische vuilvracht (CZV of BZV), de aangevoerde stikstof en het debiet. Het algoritme wordt:

P(ie) = n_ie x (P_b_ie + (Q/n_ie)/Q_st_ie x P_o_ie)- P_bg_ie) (kWh/jaar)

P_b_ ie = standaard energieconsumptie voor de beluchting per ie per jaar.
P_o_ie = standaard energieconsumptie voor overige voorzieningen per m3 influent per jaar.
P_bg_ie = biogasopbrengst per zuiveringstype per ie per jaar

De energieconsumptie is berekend op basis van de volgende gegevens en aannamen:
- Over het algemeen is 2/3 van het energieverbruik voor de beluchting en is 1/3 voor het transport van het afvalwater (inclusief influentgemaal). De energie voor het transport van het afvalwater is voor alle zuiveringstype gelijk verondersteld.
- Uit CBS gegevens blijkt dat gemiddeld[14] 32% van de energie voor de afvalwaterzuivering wordt teruggewonnen door slibgisting. Tussen de verschillende zuiveringstypen zijn beperkte verschillen. Ten opzichte van de standaard conventionele zuivering zijn de volgende aannames gemaakt:
  - Een kleine conventionele RWZI zonder voorbezinking heeft circa 2/3 minder biogasopbrengst omdat een groter deel van het organische vuil in de aeratietank naar CO_2 wordt omgezet.
  - Een MBR heeft 10% meer biogasopbrengst omdat een groter deel van het organische vuil als primair slib wordt afgevangen.
- Het energieverbruik voor de beluchting is lineair afhankelijk van het aantal ie's, het energieverbruik voor het transport is lineair afhankelijk van de gemiddelde vuilwaterafvoer (Q).

[14] Gemiddelde van rwzi's met enkeltraps gistingsinstallaties in Nederland in 1997.

© Kiwa Management Consultants B.V.

- Het gemiddelde energieverbruik van een zeer laag belaste conventionele actief-slibinstallaties is 19 kWh/ie.jaar. Deze waarde is het gemiddelde van de waarde in het handboek Koot: 90 MJ/ie.jaar[15] (54 g BZV/ie.dag); het geprognosticeerde energieverbruik van de nieuwe nog te bouwen zuivering Eindhoven (750.000 ie a 136 g TZV/ie.dag): 51 MJ/ie.jaar[16] en de CBS statistiek van 1997: 87 MJ/ie.jaar (a 136 g TZV/ie.dag) voor installaties met een enkeltraps gisting.
- Deelstroombehandeling voor stikstofverwijdering geeft volgens het STOWA onderzoek[17] een reductie van 40% zuurstof nodig ten opzichte van conventionele stikstofverwijdering in de deelstroom. De deelstroom vormt gemiddeld 10-20% van de hoofdstroom zodat grofweg 5 a 10% beluchtingsenergie bespaard kan worden. In deze besparing is ook het voorkomen van een extra organische koolstofbron aan het influent meegenomen. Uitgangspunt is dan ook dat deelstroombehandeling alleen wordt toegepast als het influent onvoldoende organische koolstofbron bevat voor conventionele stikstofverwijdering. De grens is arbitrair gesteld bij een CZV/N verhouding van 8 in het ruwe influent[18]. Alleen onder die voorwaarde is het reëel om 10% minder beluchtinsgenergie te veronderstellen. In het geval dat het influent voldoende organisch vuil bevat is de gerealiseerde besparing kleiner dan 5% ten opzichte van de conventionele route. De besparing op het zuurstofverbruik door een kleiner actief-slib volume en het extra zuurstofverbruik ten gevolge van een verminderde denitrificatie zijn buiten beschouwing gelaten.
- Afwezigheid van een voorbezinking leidt tot een hoger energieverbruik. Uit het STOWA onderzoek naar duurzame ontwikkeling[19] is overgenomen dat afwezigheid van een voorbezinking leidt tot een stijging van het energieverbruik voor de beluchting met circa 50% ten opzichte van een laag belaste conventionele zuivering met voorbezinking.
- Een MBR geeft enerzijds een iets lager energieverbruik doordat de voorbehandeling ook het fijne gesuspendeerde organische vuil wordt verwijderd[20]. Aan de andere kant is er meer energie nodig vanwege de beluchting van de membranen en de extra drukval over het membraan. Het extra energieverbruik voor de beluchting van de membranen is zeer fors. Dit deel wordt bepaald door de hydraulische belasting en is sterk afhankelijk van de RWA die over de membranen wordt geleidt. Een ruwe schatting voor een MBR heeft is een energieverbruik van 1 of minder dan 1 kW per behandelde m^3 water[21]. Het standaard debiet in deze studie is 0,2 m3/dag. het jaarlijks energieverbruik is dan 73 kW/ie.jaar. MBR reactoren worden soms als hybride reactoren gebouwd, waarbij maar een deel van de RWA over de reactor wordt geleid. De energieopname voor de drukval is zeer gering[20]. Aangenomen is dat de benodigde energie voor het overige deel ten opzichte van de standaard conventionele zuivering 10 maal hoger ligt vanwege de benodigde beluchting van de membranen.

Uitgangspunt is de standaard conventionele zuivering met een energieverbruik 12,7 kWh/ie.jaar voor de beluchting en 6,4 kWh/ie.jaar voor het overige energieverbruik. Van het totale energieverbruik (19,1 kWh/ie.jaar) is de opbrengst voor de slibgsisting afgetrokken (6,1 kWh/ie.jaar) zodat een totaal energieverbruik van 13,0 kWh/ie.jaar resteert.

---

[15] Koot, Behandeliing van afvalwater, 1980 [blz 99], de waarde is voor ie's a 54 gr BZV^5 per dag, de waarde is omgerekend naar 136 g TZV per ie per dag door vermenigvuldiging met 136/180.
[16] Definitief Ontwerp Eindhoven, deze rwzi krijgt 6 m diepe tanks met een efficiente bellenbeluchting en is relatief energiezuinig. De rwzi zal op zijn vroegst in 2006 gereed zijn.
[17] STOWA rapport 2000-25, Het gecombineerde SHARON/ANAMMOXproces.
[18] Zonder deelstroombehandeling is N-verwijdering mogelijk vanaf een BZV/N verhouding in het voorbezonken van ongeveer 2,5. Op basis van een CZV/BZV verhouding van 2,5 en een verwijdering van 33% van de CZV in de voorbezinking is de kritische CZV/N verhouding ongeveer 8 (2,5 x 2,5 x 1,33 = 8,3).
[19] STOWA rapport 96-15, het zuiveren van stedelijk afvalwater in het licht van duurzame milieuhygienische ontwikkeling.
[20] STOWA onderzoek 2002 11b, 5% tot 25% minder BZV_5
[21] STOWA onderzoek 2002 11b, side study Pre-treatment.

© Kiwa Management Consultants B.V.

De energie verbruiken voor de andere zuiveringstypen zijn berekend door procentuele aanpassingen ten opzichte van de standaard conventionele zuivering. Deze aanpassingen zijn in de onderstaande tabel aangegeven.

Basistype zuivering	Afkorting	Beluchting	Overig	Slibgisting
		%		%
1 Standaard conventionele zuivering	SCZ	100	100	100
2 Energiezuinige conventionele zuivering	ECZ	-10		
3 Kleine conventionele zuivering	KCZ	50		-66
4 MBR	MBR		+1000	10
5 Energiezuinige MBR	EMBR	-20		

Tabel 10: Energiehuishouding ten opzichte van de standaard conventionele zuivering

De kleine conventionele zuivering gebruikt de meeste energie door de geringe slibgisting en de hoge zuurstofvraag. De MBR met deelstroombehandeling is het meest energiezuinig.

Basistype zuivering	Afkorting	Totaal	Beluchting	Transport	Slibgisting
Symbool			P_b_ie	P_o_m3	P_bg_ie
Eenheid		kWh/ie.jaar	kWh/ie.jaar	kWh/ie.jaar	kWh/ie.jaar
1 Standaard conventionele zuivering	SCZ	13,0	12,7	6,4	-6,1
2 Energiezuinige conventionele zuivering	ECZ	11,7	11,5	6,4	-6,1
3 Kleine conventionele zuivering	KCZ	23,4	19,1	6,4	-2,1
4 MBR	MBR	11,1	11,5	64	-6,7
5 Energiezuinige MBR	EMBR	10,4	10,2	6,4	-6,1

Tabel 11: Standaard energieconsumptie

Algoritme directe emissies naar lucht
De belangrijkste directe emissies naar lucht komen o.a vanaf de beluchtingstank. Dit moet nog nader worden uitgewerkt.

Thema stofstromen
Algoritme slibproductie
De slibproductie van een RWZI is sterk afhankelijk van het zwevend stof in het influent, de slibbelasting en de slibverwerking. In dit model is rekening gehouden met een variabel zwevend stof gehalte en verschillen in slibverwerking.

De standaardslibproductie is gebaseerd op een standaard influent en standaard slibbelasting van het actief-slibsysteem. Het standaard kental voor de slibproductie moet daarom worden aangepast voor het zwevend stof gehalte. Het zwevend stof wordt aan het actief-slib geadsorbeerd en wordt voor een deel omgezet in biomassa, CO_2 en water, of blijft als inert materiaal in de slibvlokken aanwezig. Gesteld kan worden dat de slibproductie lineair toeneemt als de zwevend stof vracht toeneemt. Aangenomen is dat:
1- 50% van de slibproductie ontstaat uit zwevend stof, de andere 50% ontstaat uit opgeloste bestanddelen.
2- 60% van het zwevend stof in slib wordt omgezet in slib.

De stellingen 1 en 2 leiden tot het volgende algoritme voor de slibproductie:

G(ie) = (G_ie + (([ZS]xQ/n_ie – ZS standaard)/ ZS standaard x 0,6 x 0,5) x G _ie) x n_ie

© Kiwa Management Consultants B.V.

ZS standaard = standaard zwevend stof gehalte ruw influent (100 g ds/ie.dag[22])
G_ie = standaard slibproductie per ie

De standaard slibproductie voor een laagbelaste conventionele zuivering is 85 g ds vers slib of 55 g ds per ie uitgegist slib[15]. Aangenomen is dat een MBR vanwege de verbeterde voorzuivering en het lagere zwevend stof gehalte iets meer slib produceert.

		standaard G_ie
Basistype zuivering	afkorting	kg ds/ie/jaar
1 Standaard conventionele zuivering	SCZ	20
2 Energiezuinige conventionele zuivering	ECZ	20
3 Kleine conventionele zuivering	KCZ	31
4 MBR	MBR	22
5 Energiezuinige MBR	EMBR	22

Tabel 12: Standaard slibproductie

NB in het model is de standaardwaarde per zuivering genomen: totale slibproductie is het standaard getal x n_ie

Algoritme metaalzouten en PE
In het zuiveringsproces zijn de twee voornaamste hulpstoffen:
metaalzouten voor de (aanvullende) chemische defosfatering
polyelectroliet (PE) voor de slibverwerking (gebruik van $FeCl_3$ i.p.v. PE voor slibverwerking is buiten beschouwing gelaten).

De dosering van de metaalzouten is in principe bijna altijd nodig voor de binding van fosfaat, maar er zijn flinke verschillen mogelijk. Bij een zuivering met biologische bio-P verwijdering wordt fosfaat aan het slib gebonden. Bij een daarop volgende verwerking van het slib zal bijna altijd een deel van dit fosfaat weer vrijkomen en dat deel wordt als chemisch gebonden slib afgescheiden.

De kentallen voor de standaardverbruiken van metaalzouten zijn gebaseerd op een standaard hoeveelheid fosfor per inwonerquivalent. Als deze hoeveelheid afwijkt moeten de kentallen worden aangepast. Verondersteld is in dit model dat de toe- of afname van de metaalzoutdosering lineair is met de toe- of afname van de vracht fosfor in het influent. Deze veronderstelling is gebaseerd op het feit dat de dosering van het metaalzout doorgaans is gebaseerd op een molaire verhouding van 1 op 1 met het chemisch te binden deel fosfaat. Het algoritme voor metaalzouten wordt:

Me(ie) = Me_st_ie x [P] x Q / P standaard) (mol Me/dag)

Me_st_ie = standaard metaal dosering = 0,01 mol Me per ie per dag (0,3 mol Me/mol P, 1,2 g P/ie. dag, molmassa P 39 g/mol)
P_st_ ie = standaard fosfor vracht in ruw influent = 1,2 g P/ie.dag

Slib is makkelijker te verwerken door toevoeging van PE. Het verbetert onder ander de slibindikking- en ontwatering. De dosering van PE is per installatie en per slibsoort verschillend, maar de dosering is in principe altijd lineair afhankelijk van de droge stof vracht slib. Het algoritme voor PE wordt:

PE(ie) = standaard PE_ie x G(ie)/G_ie

standaard PE_ie = dosering actieve PE per ie = afhankelijk van type zuivering (als voorbeeld is 425 x 10^{-6} g/ie/dag ingevoerd op basis van 85 g ds slib per ie per dag en 5 ppm actieve PE dosering)

[22] Aangenomen waarde van 500 mg ds/l en 0,200 m^3 vuilwateraanvoer per ie per dag.

© Kiwa Management Consultants B.V.

	Metaalzout	PE
	Me_ie	PE_ie
	mol Me/ie.dag	g/ie.dag
1 Standaard conventionele zuivering	0.01	425 x 10^-6
2 Energiezuinige conventionele zuivering	0.01	425 x 10^-6
3 Kleine conventionele zuivering	0.01	425 x 10^-6
4 MBR	0.01	425 x 10^-6
5 Energiezuinige MBR	0.01	425 x 10^-6

Tabel 13: Standaard stofstromen

Algoritme emissies naar oppervlaktewater
De emissies naar het oppervlaktewater zijn per stof en per installatie verschillend. De emissies van CZV, N-totaal, Zwevend stof en Ptotaal zijn gekozen gekoppeld aan het type zuivering dat is gekozen. De CZV emissiewaarden zijn gekozen op basis van een expert judgement. De emissiewaarden voor N-kj, P (m.u.v. van MBR) zijn overeenkomstig het Lozingenbesluit. De overige ZS en P emissiewaarden zijn gekozen op basis van een expert judgement.

De emissie van koper en zink zijn berekend op basis van de verdeling tussen opgelost en geadsorbeerd aan zwevend stof. In tabel 6 is berekend hoeveel Cu en Zn in een actief-slib installatie gemiddeld wordt verwijderd en wat de gemiddelde gehalten van deze zware metalen in het slib en in het effluent zijn. De berekeningen zijn gebaseerd op CBS gegevens en een expert judigement voor het gemiddeld ZS gehalte in het effluent.

	symbool	eenheid	Cu	Zn	bron
influent		ton/jaar	154	368	(CBS 97)
effluent		ton/jaar	21	93	(CBS 97)
verwijdering		%	86	75	
verwijdering in slib/jaar		ton/jaar	133	275	
afzet van zuiveringsslib		ton/jaar	359.000	359.000	(CBS 97)
metaal gehalte slib	[Me_slib]	ug/mg ds	0.370	0.766	
debiet		milj. m3/dag	5	5	(CBS 97)
totaal effluentgehalte		ug/l	12,5	55,4	
gemiddeld zwevend stof gehalte	[ZS]st_eff	mg ds/l	20	20	(expert judgement)
geadsorbeerd metaal in effluent		ug/l	7	15	
opgelost metaalgehalte in effluent		ug/l	5	40	

Tabel 14: Berekening geadsorbeerd en opgelost Cu en Zn effluent rwzi (CBS 1997)

De emissiewaarden staan uitgewerkt in de onderstaande tabel. De emissiewaarden voor koper en zink zijn berekend op basis van de volgende formule:

Me_effluent = totaal effluentgehalte – ([ZS]st_eff - [ZS]eff) x [Me_slib]

Voorbeeld voor Cu emissie vanuit een MBR:
Me_effluent=totaal effluentgehalte – ([ZS]st_eff - [ZS]eff) x [Me_slib]=12,5-(20-0)*0,37=5,1 ug/l

Met behulp van bovenstaande formule en de ZS gehalten zijn voor de verschillende zuiveringstype standaard verwijderingpercentages voor koper en zink berekend.

© Kiwa Management Consultants B.V.

	emissie					
stof	CZV	N-tot	ZS	Ptotaal	Cu	Zn
symbool	[CZV]eff	[N_tot]eff	[ZS]eff	[Ptot]eff	[Cu]eff	[Zn]eff
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	verwijdering	verwijdering
1 Standaard conventionele zuivering	50	10	20	1	86	75
2 Energiezuinige conventionele zuivering	50	10	20	1	86	75
3 Kleine conventionele zuivering	75	15	20	1	86	75
4 MBR	30	10	0	0,5	94	82
5 Energiezuinige MBR	30	10	0	0,5	94	82

Tabel 15: Standaard emmissiewaarden en verwijderingsprecentages

Het algoritme voor de effluentemissie van de stoffen CZV, N-totaal, Zwevend stof en Ptotaal wordt als volgt:

stof(ie) = [stof]eff, type zuivering x Q /1000 (kg/dag)

Thema verstoring
Verstoring heeft betrekking op geur- en geluidshinder en op ruimtebeslag.

Algoritme geur- en geluidshinder
Geur- en geluidshinder is bij een RWZI uit te drukken als een contour die om de zuivering heen getrokken wordt. Deze contour is uit te drukken in een ruimtebeslag waarbinnen normaal gebruik van de grond niet meer mogelijk is. De zuivering wordt gezien als een cirkelvormig oppervlak met een straal r (r_terrein RWZI). Daaromheen wordt een geur- en geluidscontour getrokken (x_geur en geluid) zodat het oppervlak kan worden berekend. Het algoritme voor geur-en geluidshinder is:

Opp(ie) = ((r_terrein rwzi + x_geur en geluid)^2 - (r_terrein rwzi)^2)x pie (m^2)

Voor de verschillende type zuivering is uitgegaan van een standaard contour. De veronderstelling is dat bijvoorbeeld een RWZI met voorbezinking en slibgisting een grotere geur-en geluidscontour heeft dan een kleine MBR zonder slibgisting. In onderstaande tabel zijn de veronderstelde contouren opgenomen.

	afstand
	m
1 Standaard conventionele zuivering	100
2 Energiezuinige conventionele zuivering	100
3 Kleine conventionele zuivering	50
4 MBR	75
5 Energiezuinige MBR	75

Tabel 16:Geur en geluidscontour

Algoritme ruimtebeslag
Het ruimtebeslag van een zuivering is sterk afhankelijk van de toegepaste technologie en de bouwconstructies. Voor dit model is uitgegaan van standaard zuiveringsonderdelen. Elk van deze standaardonderdelen heeft een bepaald ruimtebeslag, die afhankelijk is van de binnenkomende vuilvracht, de slibvracht of het RWA uurdebiet. De ontwerpuitgangspunten zijn verzameld in de onderstaande tabel

© Kiwa Management Consultants B.V.

	type zuivering	ontwerp	algoritme	output
voorbezinktank	1, 2, 4, 5	4 m3 influent/m2.uur	RWA/4	m2 voorbezinktank
actief-slib tank conventioneel	1,3	0,02 gCZV/m².dag[23]	[CZV] x Q /0,02	m2 actief-slibtank
actief-slib tank compact	2	0,022 gCZV/m².dag[24]	[CZV] x Q /0,022	m2 actief-slibtank
deelstroombehandelings tank	2, 5	1/800[25] m2/influent m3	Q/800	m2 deelstroombehandelingstank
actief-slib tank MBR	4,5	0,04 gCZV/m².dag[26]	[CZV] x Q /0,04	m2 actief-slibtank
nabezinktank	1, 2, 3	0,5 m3 influent/m2.uur	Q/(0,5 x 24)	m2 nabezinktank
slibgisting	1, 2,4,5	0,00015 m2/g ds.dag[27]	G(ie)x0,00015	m2 gistingstank

Tabel 17: Ontwerpuitgangspunten ruimtebeslag installaties

Naast de genoemde onderdelen zijn er op de RWZI nog meer onderdelen die ruimte in beslag nemen. Dit zijn onder andere het bedrijfsgebouw, parkeerplaatsen, opslag plaatsen, gemalen en/of vijzelgebouwen en andere voorzieningen. Deze onderdelen komen bij alle type zuiveringen voor en zijn verzameld in een overallfactor voor het ruimtebeslag.

Het algoritme voor het ruimtebeslag is per type zuivering anders. De algoritmen kunnen vanuit de bovenstaande tabel worden samengesteld. Onderstaand is een overzicht van de vijf algoritmen gegeven

	ruimtebeslag installatie
Symbool	Opp_installaties(ie)
eenheid	m2
1 Standaard conventionele zuivering	RWA/4 +[CZV] x Q /0,02 + Q/(0.5 x 24) + G(ie)x0,00015
2 Energiezuinige conventionele zuivering	RWA/4 + Q/800 + Q/(0.5 x 24) + G(ie)x0,00015
3 Kleine conventionele zuivering	[CZV] x Q /0,02 + Q/(0.5 x 24)
4 MBR	RWA/4 + [CZV] x Q /0,04 + G(ie)x0,00015
5 Energiezuinige MBR	RWA/4 + Q/800 + [CZV] x Q /0,04 + G(ie)x0,00015

Tabel 18: Ruimtebeslag installatie

Om de overall factor toe te passen moet het gezamenlijk oppervlak van de installaties worden teruggerekend naar een cirkelvormig oppervlak. De straal van dit oppervlak moet met 40% worden vergroot voor de berekening van het totale ruimtebeslag van de zuivering

Het algoritme voor het ruimtebeslag wordt als volgt:

$$Opp_rwzi(ie) = (((Opp_installaties/Pie)^{0.5})x1,4)^2 \times Pie$$

Aanvullende of afwijkende zuiveringstechnieken
De 5 basis type zuiveringen hebben in principe geen effluentpolishing (voor zover bij de MBR type nog nodig), geen hoogwaardig hergebruik van het effluent en geen vergaande bestrijding van geur- en geluidshinder. Deze mogelijkheden zijn van grote invloed op de milieuprestaties van een RWZI.

[23] Slibbelasting 0,05 g BZV5/dag, CZV/BZV=2,5, 4 g ds/l, waterhoogte 4 m.
[24] Aangenomen is dat de stikstofvracht 20% lager uitvalt, waardoor de CZV belasting 10% hoger kan worden genomen.
[25] verblijftijd reactor 1 dag (SHARON principe), deelstroom is 1/200 van hoofdstroom, hoogte tank 4 m.
[26] Slibbelasting 0,05 g BZV5/dag, CZV/BZV=2,5, 4 g ds/l, waterhoogte 4 m.
[27] hydraulische verblijftijd ingedikt slib 30 dagen, ds gehalte ingedikt slib 50 kg ds/m3, hoogte slibgistingstank 4 m.

© Kiwa Management Consultants B.V.

De effecten op de milieuprestatie en de daaraan gerelateerde kosten kunnen inzichtelijk gemaakt worden, maar dan moet het model verder worden uitgebouwd. In deze fase van het model blijft het bij een beschouwing van de mogelijke stappen die toegevoegd kunnen worden en een globale indicatie van de invloed op de milieuprestatie.

Effluentpolishing
Effluentpolishing kan voor verschillende doeleinden worden toegepast. Verbeteren van de effluentkwaliteit voor zwevend stof of stikstof of fosfaat of een combinatie van deze stoffen. Effluentpolishing in combinatie met conventioneel actief-slib leidt tot een verbeterde effluentkwaliteit, richting MTR. Effluentpolishing in combinatie met een MBR is niet zinvol omdat daarmee nauwelijks nog extra rendement wordt gehaald, met uitzindering van de verwijdering van zware metalen maar dit gaat dan in de richting van hoogwaardig hergebruik. Effluentpolishing opent mogelijkheden voor laagwaardig hergebruik van effluent, maar vergroot o.a. het energieverbruik en het ruimtebeslag van een RWZI.

Hoogwaardig effluent hergebruik
Hoogwaardig hergebruik is het maken van een hogere waterkwaliteit dan bij effluentpolishing Te denken valt aan desinfectie of zelfs nanofiltratie voor hergebruik in zeer waterarme gebieden. De milieuprestaties lopen navenant uiteen; vergroting van o.a. het energieverbruik en het ruimtebeslag van een RWZI.

Maatregelen tegen geur-en geluid.
RWZI's zijn berucht vanwege geluid-, maar met name geuroverlast. Technologisch gezien is het voorkomen van geur en geluidsemissies goed mogelijk. De RWZI Dokhaven (Rotterdam) ligt midden in een woonwijk en is een goed voorbeeld van een 0-emmissie zuivering. De RWZI is onder de grond gebouwd en heeft een omvangrijke luchtzuivering en ook een groot energie- en chemicaliënverbruik.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Bijlage 5: Netto Contante Waarde

De volgende algoritmes worden gebruikt[28]:

Berekening lineaire afschrijving:

$$A_j = \frac{(I - R)}{k}$$

waarbij:
A_j= afschrijvingsbedrag per jaar (€/ jaar)
I = Initiële kosten in €
R = Restwaarde in €
k = geschatte economische levensduur (looptijd van de maatregel) in aantal jaren

$$E_j = A + O_j + B_j$$

Waarbij:
E_j= netto jaarlijkse kosten van een maatregel (€/ jaar)
A= afschrijvingsbedrag per jaar (€/ jaar)
O_j = Operationele kosten (€/ jaar)
B_j = Besparingen en opbrengsten (€/ jaar)
Berekening Netto Contante Waarde:

$$NCW = \sum_{j=1}^{j=k} \frac{?E_j}{(1+r)^{j-1}}$$

Waarbij:
NCW = totale netto contante waarde van de kosten voor de veronderstelde levensduur van een maatregel
k = looptijd van de maatregel, in aantal jaren
E_j= netto jaarlijkse kosten van een maatregel (€/ jaar)
r = interne rentevoet van de organisatie

[28] G. de Wit, Methodiek milieukosten, april 1998, CE

© Kiwa Management Consultants B.V.

Bijlage 6: Literatuursearch ontharding

Wasmiddelengebruik
Het wasmiddelengebruik van de consument wordt gedeeltelijk bepaald door de hardheid van het water, maar ook door gewoonte. De hardheid van het water wordt bij het doseringsvoorschrift meestal ingedeeld in 3 categorieën: kleiner dan 10, 10 tot 16 en groter dan 10 Duitse graden. Als het water onthard wordt van tussen de 10 en de 16 tot onder de 10 Duitse graden (1,8 mmol) zou een kwart tot een derde minder gedoseerd kunnen worden. Als het van boven de 16 tot onder de 10 Duitse graden onthard wordt zou een derde tot de helft minder gedoseerd hoeven te worden. Bij door Kiwa uitgevoerde studies is echter gebleken dat als gevolg van het consumentengedrag in de praktijk maar 30% van de consumenten daadwerkelijk minder waspoeder gaat doseren, en de uiteindelijke gemiddelde besparing van wasmiddel dan neerkomt op 10%.

Het fosfaatgehalte van de wasmiddelen is tegenwoordig teruggebracht tot 0. Het detergentengehalte in het afvalwater is niet te meten bij het zuiveringsschap[29].
Consequenties voor het model van relatie hardheid / wasmiddelengebruik
Het wasmiddelengebruik bij ontharding neemt met 10% af(op 10 kg vloeibaar wasmiddel per huishouden per jaar)[30]. Dit dient de gebruiker zelf in te vullen.

Schoonmaakmiddelengebruik
Over de relatie tussen hardheid en schoonmaakmiddelengebruik zijn geen onderzoeksgegevens bekend. Er wordt in dit verband gedacht aan bijvoorbeeld het gebruik van anti-kalk producten die bij minder kalkafzetting minder gebruikt zullen worden. De kalkafzetting van het water is echter niet alleen afhankelijk van de hardheid, maar ook van de pH, het carbonaat en organische stof gehalte. Zo kan het zijn dat bij een lagere pH zelfs een grotere kalkafzetting wordt aangetroffen[31]. In Zuid Limburg is echter wel een positief effect van ontharding op de kalkafzetting te verwachten. Hoe groot dit effect is, zou op basis van consumentenonderzoek bepaald kunnen worden, maar dit was niet haalbaar binnen dit project.

Consequenties voor het model van relatie hardheid / schoonmaakmiddelen gebruik
Na ontharding kan een kostenbesparing worden ingevuld van 70 euro per huishouden per jaar op schoonmaakmiddelen inclusief wasmiddelen[32].

Onderhoud cq levensduur apparaten
Er zal minder onderhoud gepleegd hoeven worden aan apparaten waar minder kalkafzetting is (groot verschil bij bijvoorbeeld gasgeisers) en de levensduur zal verlengd worden bij minder kalkafzetting. Ook hier geldt echter dat de kalkafzetting van meer parameters afhankelijk is dan van de hardheid en dat het moeilijk te kwantificeren is wat het mindere onderhoud en de langere levensduur voor invloed heeft op de milieuprestatie-indicatoren.

Consequenties voor het model van relatie hardheid / Onderhoud cq levensduur apparaten
Er zal geen rekening worden gehouden in het model met minder onderhoud aan apparatuur of langere levensduur als gevolg van ontharding.

Energiegebruik bij warmwaterinstallaties
Het energiegebruik bij de bereiding van warmwater kan bij doorstroomapparaten zoals gasgeisers en worden beïnvloed door kalkafzetting. Het energiegebruik kan bij een gasgeiser tot 15% meer kosten bij kalkafzetting.

---

[29] Interview H.Brink Kiwa
[30] L.Puijker e.a.; Winst milieubelasting bij invoering van een integraal huishoudwater systeem Milieu-LCA; KWR 02.088; Kiwa dec 2002.
[31] PWN
[32] J.Kragt, Voordelen voor ontharding voor de consument, WML 2003.

© Kiwa Management Consultants B.V.

Bij een gasboiler kunnen de energiekosten zelfs met 20 tot 50% verhoogd worden. Bij elektrische boilers maakt kalkafzetting geen verschil in het energieverbruik[33].

Consequenties voor het model van relatie hardheid / Energieverbruik bij warmwaterinstallaties
In de pilot zal als gevoeligheidsanalyse uitgegaan worden van een gasboiler en maximale energiebesparing.

Koperconcentratie in drinkwater
We gaan uit van een standaard koperemissie in huizen in Nederland (CBS). Aan de hand van de kwaliteit van het water wordt de Cu_{max} voor en na ontharding berekend (zie bijlage 1). Er wordt vervolgens aangenomen dat de standaardemissie afneemt met de zelfde verhouding als de afname van de Cu_{max}.

RWZI
Er zijn geen effecten te verwachten op de procesvoering RWZI als gevolg van veranderde samenstelling water bij verschillende hardheden[34].

[33] Merkel 1998
[34] interview Henk Brink

© Kiwa Management Consultants B.V.