

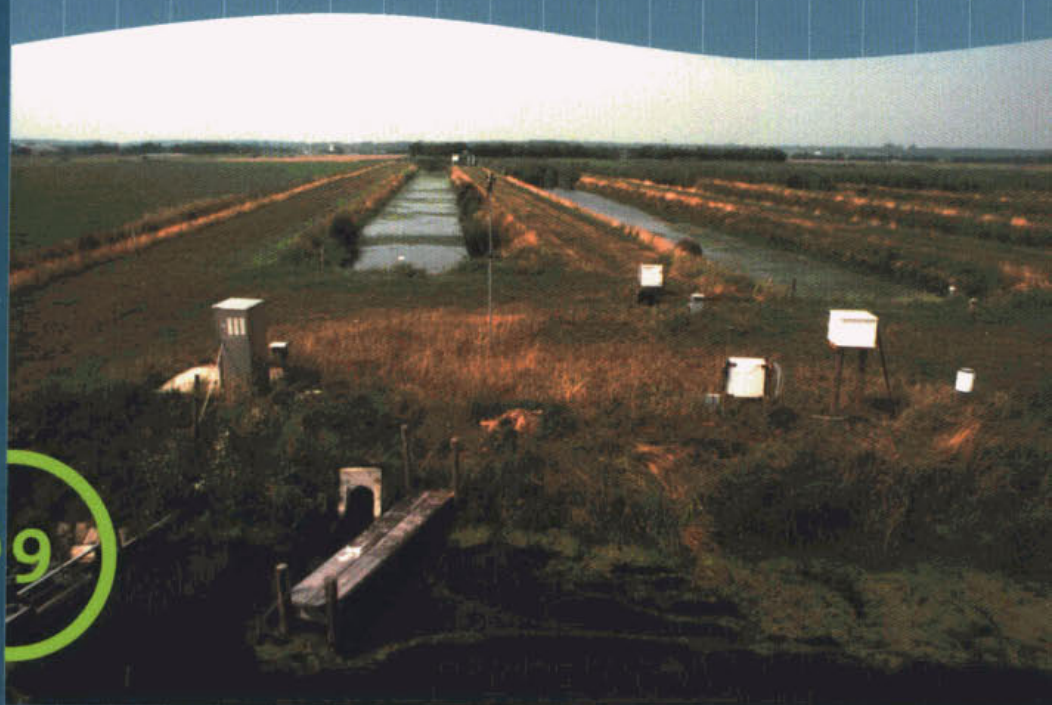
2001-09_handboek-zuiveringsmoerassen

stowa

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Handboek zuiveringsmoerassen voor licht verontreinigd water

200109



Handboek zuiveringsmoerassen
voor licht verontreinigd water

200109



Ten geleide

Zuiveringsmoerassen worden ingezet voor de kwaliteitsverbetering van oppervlakte- en afvalwater. Dit handboek, bestaande uit een rapport en een beslissingsondersteunend systeem (Decision Support System: DSS), richt zich op zuiveringsmoerassen voor water met lage concentraties verontreinigingen, zoals rwzi-effluent, neerslagafvoer en inlaatwater. Het doel van dit rapport en het DSS is om een overzicht te geven van de huidige inzichten in het functioneren van zuiveringsmoerassen en op basis hiervan de regionale waterbeheerder een handvat te geven bij de keuze van een zuiveringsmoeras, het type moeras en de grootte en het beheer van het moeras. Het rapport bevat een overzicht van de bestaande kennis van zuiveringsmoerassen. Het DSS bestaat uit een beslisboom, die op basis van het doel van de zuivering, de hydraulische belasting en de waterkwaliteit een type moeras adviseert. Verder wordt per type moeras een aantal rekenregels voor de dimensionering en het beheer van het moeras gegeven. Het DSS is een samenvatting van de recente literatuur en vormt een handreiking aan beheerders. De STOWA is niet aansprakelijk voor ontwerpen die op basis van de rekenregels worden gemaakt. Het schrijven van het handboek werd in 2000 door het bestuur van de STOWA opgedragen aan Witteveen+Bos. De STOWA is ervan overtuigd dat het handboek een bruikbaar instrument vormt om de kennis over zuiveringsmoerassen bij waterbeheerders te vergroten en om de keuze voor de aanleg van een zuiveringsmoeras te ondersteunen.

Utrecht, augustus 2001

ir. J.M.J. Leenen

Een rapport en een beslissingsondersteunend systeem

Het idee om moerassen te gebruiken voor waterzuivering is niet nieuw. Al sinds de jaren zeventig zijn in Nederland op beperkte schaal experimenten uitgevoerd met riet- en biezenvelden voor de zuivering van ruw afvalwater. Deze systemen werden helofytenfilters genoemd, omdat ze begroeid waren met hoog boven het water opgaande planten (helofyten) en omdat ze - in wisselende mate - het water schoner maakten (filter). Later kwamen helofytenfilters ook in beeld voor toepassing bij het zuiveren van licht verontreinigd water, zoals het effluent van een rwzi of het inlaatwater van een kwetsbaar natuurgebied. Op grond van veelal buitenlands onderzoek zijn destijds een aantal kansrijke situaties voor deze toepassing aangegeven.

In de afgelopen tien jaar zijn in ons land een aantal van deze zuiveringsmoerassen uitgetoetst en goed onderzocht. De kennis hierover is nu zodanig toegenomen, dat het verantwoord wordt geacht om de beschikbare informatie neer te leggen in een handboek. Het 'Handboek zuiveringsmoerassen voor licht verontreinigd water', dat voor u ligt, wil een handreiking zijn naar de waterbeheerder die

overweegt een waterkwaliteitsprobleem met een zuiveringsmoeras op te lossen. We spreken van een zuiveringsmoeras en niet meer van een helofytenfilter, omdat gebleken is dat naast riet-, biez- en lisdoddenvelden ook open waterbassins met een dichte ondergedoken watervegetatie een positieve invloed kunnen hebben op de kwaliteit van doorstromend water. In veel gevallen lijken combinaties van moerassen met helofyten en ondergedoken waterplanten zelfs de beste resultaten te geven.

Dit handboek bestaat uit twee gedeelten: een rapport en een beslissingsondersteunend systeem (Decision Support System: DSS), beide op CD-ROM. Het rapport beschrijft op bondige, maar complete wijze de huidige kennis op het gebied van zuiveringsmoerassen. Er wordt aandacht besteed aan de werking van zuiveringsmoerassen, aan de relatie tussen ontwerp en effectiviteit, aan de voetangels en klemmen bij de aanleg, de inrichting en het beheer van zuiveringsmoerassen en aan de kosten die ermee gemoeid zijn. Met het DSS kan de gebruiker nagaan of het inzetten van een zuiveringsmoeras in een concrete probleemsituatie zinnig is.

Wat kan een zuiveringsmoeras met licht verontreinigd water?

Bovendien kunnen er nadere gegevens uit de literatuur mee worden opgespoord. Het beslissingsondersteunend systeem is zoveel mogelijk direct gebaseerd op de resultaten van recent onderzoek. Omdat nog maar enkele praktijkgevallen goed zijn onderzocht, geeft het systeem de gebruiker alleen voor deze gevallen een gedetailleerd antwoord met specificaties van het benodigde oppervlak en de meest effectieve inrichting. Wanneer de gebruiker een probleem heeft waar minder over bekend is, geeft het systeem wel een kwalitatief advies, maar geen gedetailleerde specificaties.

Het handboek gaat over zuivering van water met relatief lage concentraties verontreinigingen, dus niet over afvalwaterzuivering. Er bestaat echter een aantal verschillende typen licht verontreinigd water, met karakteristieke watersamenstelling en vaak ook karakteristieke hoeveelheden te zuiveren water. Zo bevat het effluent van rwzi's nog redelijk hoge concentraties stikstof, fosfaat en bacteriële verontreiniging en wordt het in grote, fluctuerende hoeveelheden aangevoerd. Afhankelijk van de verblijftijd van het water in het zuiveringsmoeras, die veelal in de orde van enkele dagen ligt, is de belasting van het moeras met N en P vaak nog behoorlijk hoog. Het is dan ook onjuist om in dit geval te spreken van 'laagbelaste' zuiveringsmoerassen. Wanneer het gaat om zuivering van water dat in natuurgebieden moet worden ingelaten, is de aanvoer meestal seizoensgebonden en zijn de verblijftijden in een zuiveringsmoeras veel langer. De belasting met nutriënten is dan, op jaarbasis, heel laag.

Over de effectiviteit van zuiveringsmoerassen kunnen enkele algemene opmerkingen worden gemaakt. Voor het effluent van

een rwzi met chemische defosfatering is een combinatie van vloeivelden met helofyten en ondergedoken waterplanten de beste oplossing. De verblijftijd in het systeem moet groter zijn dan drie dagen, en het laatste compartiment moet er een zijn met ondergedoken waterplanten. In een dergelijk systeem bij de rwzi Evertsekoog op Texel bleek 25-40 procent van de stikstof in het effluent verwijderd te worden. Fosfaat werd veelal in het zomerseizoen verwijderd, maar in het winterseizoen weer nageleverd, zodat op jaarbasis weinig tot geen zuivering werd bereikt. De macro-ionensamenstelling van het water werd nagenoeg niet door het zuiveringsmoeras beïnvloed. Wel leverde het systeem uitstekende resultaten op voor wat betreft de bacteriële kwaliteit van het water. Ook leek het effluent van het zuiveringsmoeras qua zuurstofritmiek en planktonsamenstelling sterk op het ontvangende oppervlaktewater.

Voor toepassing van zuiveringsmoerassen bij het zuiveren van oppervlaktewater, bijvoorbeeld voor het inlaten in kwetsbare natuurgebieden, kan ook het beste een combinatie van vloeivelden met helofyten



Versterking van de natuur of muggenkweekplaats?

en ondergedoken waterplanten worden gebruikt. De helofytengedeelten kunnen zwevend stof afvangen, terwijl de open-watergedeelten voor een natuurlijke zuurstofritmiek zorgen. De open-watergedeelten kunnen ook de reservoirfunctie van het systeem versterken, zodat de verblijftijd vrij lang kan worden. Bij verblijftijden in de orde van tientallen dagen kunnen zowel voor N als voor P goede zuiveringsresultaten worden bereikt. Ook hier zal de macro-ionensamenstelling van het water vrijwel niet veranderen, zodat men verdacht moet blijven op interne eutrofiëring van het natuurgebied indien hoge concentraties sulfaat of chloride in het inlaatwater aanwezig zijn.

Over de effectiviteit van zuiveringsmoerassen voor riooloverstortwater is weinig met zekerheid bekend. In ieder geval moet een dergelijk systeem zo ontworpen zijn, dat er voldoende bergingscapaciteit is bij een overstort. Een combinatie van helofyten en ondergedoken waterplanten in een vloeiveld-ontwerp ligt ook hier het meest voor de hand. Er moet voor gewaakt worden dat bij een overstort het waterniveau niet zo hoog kan worden, dat de helofyten

afsterven, terwijl toch de overstort zoveel mogelijk in het systeem geborgen kan worden. Vanwege de zeer lange verblijftijden, zijn de verwachtingen met betrekking tot de waterzuivering hoog.

Met zuiveringsmoerassen voor water uit stadswijken en voor *run off* van wegen is in Nederland nog vrijwel geen ervaring opgedaan. Er lopen momenteel enkele nieuwe onderzoeken, waarbij verticaal doorstroomde infiltratievelden zijn aangelegd met helofytenbegroeiing. De verwachting is dat deze zowel voor zware metalen als voor PAK's in het water een goede zuivering op zullen leveren.

Versterken zuiveringsmoerassen de natuur? Dat ligt eraan! Als het moeras speciaal voor het zuiveringsdoel is aangelegd, is het ontwerp vaak functioneel en zijn in ieder geval de vegetaties aangeplant. Het systeem zal met nutriënten worden belast, hetgeen een voedselrijke situatie zal opleveren die weinig kansen biedt op het voorkomen van bijzondere of zeldzame plantensoorten. Wanneer in het moeras open-waterpartijen voorkomen, zullen deze bij niet te hoge nutriëntenbelasting aquatische levensgemeenschappen herbergen, die karakteristiek zijn voor voedselrijk water. Hoewel deze zeker ecologisch gezond kunnen zijn, zullen ze weinig kansen bieden voor zeldzame soorten. Toch moet gezegd worden, dat door een hierop toegesneden ontwerp een landschappelijk aantrekkelijk geheel kan worden aangelegd dat in bepaalde parkachtige situaties goed inpasbaar is.

Betere mogelijkheden voor de natuur zijn er bij het gebruik van zuiveringsmoerassen voor inlaatwater. Hier is meestal sprake van gebruik van reeds bestaande rietlanden of slootsystemen, zodat een grotere diversiteit aan soorten al aanwezig is.

Zuiveringsmoerassen: een goedkope oplossing?

Wanneer de belasting niet te groot is, kan de verblijftijd van het water lang genoeg worden om het systeem te laten functioneren zonder schade aan de levensgemeenschappen.

Voorzichtigheid is geboden bij het gebruik van zuiveringsmoerassen voor verwijdering van toxische componenten. De verwijdering leidt vrijwel altijd tot accumulatie van deze stoffen in het moeras. Het is raadzaam om het moeras in dat geval altijd als een zuiveringsinrichting te blijven beschouwen die zoveel mogelijk van zijn omgeving moet worden geïsoleerd. Sanering van componenten van het systeem kan nodig zijn. Helaas is hierover in kwantitatieve zin nog vrijwel niets bekend.

Het aanleggen van moerassen geeft nogal eens aanleiding tot de vrees dat overlast van muggen zou kunnen ontstaan.

Muggen gedijen vooral goed in ondiep, geïsoleerd en stagnerend water. Heeft het zuiveringsmoeras geen waterlaag, zoals in sommige verticaal doorstroomde systemen het geval is, dan is er in het geheel geen muggenprobleem. In andere geval-

len kan het risico sterk worden ingeperkt door te zorgen dat het water niet in (gedeelten van) het moeras kan stagneren. Bij het ontwerp moet dan gezorgd worden voor vrij smalle, lange, in één richting doorstroomde watergangen.

Ook vermindert het risico door ondiepe gedeelten altijd te verbinden met diepere gedeelten (50 cm of meer), zodat larvetende vissen alle delen van het systeem kunnen bereiken. Het eenmaal per jaar laten uitdrogen van de bodem (herfst) is nog een manier om muggen te bestrijden. In de praktijk leiden zuiveringsmoerassen die goed ontworpen zijn, vrijwel nooit tot een muggenprobleem.

Een belangrijke kostenfactor bij de aanleg en het onderhoud van zuiveringsmoerassen is de grondprijs. Die varieert sterk. Ook maakt het nogal wat uit of een zuiveringsmoeras nieuw wordt aangelegd, of bestaat uit een bestaand watersysteem dat een ander beheer heeft gekregen. Wanneer een slootsysteem anders wordt geschakeld om water vóór de inlaat in een natuurgebied een lange weg door sloten te laten afleggen, zullen de kosten bijvoorbeeld niet zo hoog zijn.

Voor een volledig nieuw aangelegd zuiveringsmoeras is een goed geëvalueerd voorbeeld beschikbaar, het zuiveringsmoeras achter de rwzi Evertsekoog op Texel. De investeringskosten van dit systeem (1994) bedroegen 250.000 Euro, waarvan ongeveer 50.000 Euro voor meet- en onderzoeksopstellingen. De jaarlijkse onderhouds- en kapitaalkosten worden geschat op 45.000 Euro. De nazuivering van het effluent kost daarmee bij de ontwerpverblijftijd van twee dagen ongeveer 0,04 Euro per m³. De belangrijkste functies van dit systeem waren verregaande desinfectie en het verkrijgen van een natuurlijke zuurstofritmiek. Andere, meer technologische methoden om hetzelfde doel te bereiken zouden ten minste tweemaal zo duur zijn.

Het Handboek: enkele richtlijnen

Voor meer informatie over zuiveringsmoerassen kunt u terecht in de onderdelen van het handboek: het rapport en het beslissingsondersteunend systeem. Ze zijn te vinden op de bijgeleverde CD-ROM. In het rapport treft u hoofdstukken aan over zuiveringsprocessen, typen zuiveringsmoerassen en ontwerpcriteria voor dimensionering en inrichting. Ook wordt een beeld geschetst van de technische aspecten bij aanleg en beheer, de kosten van dergelijke systemen en de meest effectieve monitoring van hun functioneren.

In het beslissingsondersteunend systeem kunt u interactief gegevens invoeren over een casus met betrekking tot waterzuivering, waarvoor u de inzet van een zuiveringsmoeras overweegt. Het systeem geeft op grond van de ingevoerde watersamenstelling aan wat de herkomst van het water is, en of de samenstelling aansluit bij standaardgevallen waarvoor het systeem berekeningen kan uitvoeren. Indien er inderdaad voldoende over het ingevoerde watertype bekend is, geeft het systeem aan voor welke doeleinden een zuiveringsmoeras zinvol kan zijn. Voorts wordt aangegeven welke inrichting het

meest geschikt is en hoe groot het benodigde oppervlak is. Het systeem bevat ook een matrix van uit de literatuur samenvatte kennis, waarin gemakkelijk op onderwerp gezocht kan worden.

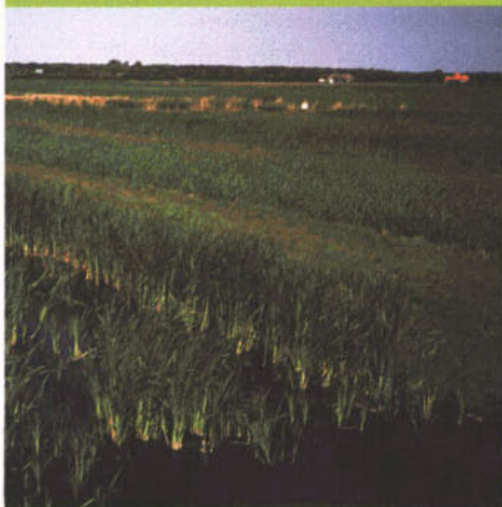
Een toekomst met meer kennis: helpt u mee?

Dit handboek is slechts een eerste aanzet tot het bundelen van kennis over zuiveringsmoerassen voor licht verontreinigd water. Er is op dit moment vooral algemene, kwalitatieve informatie beschikbaar. Het aantal in Nederland goed onderzochte situaties is nu nog op de vingers van één hand te tellen. De ervaringen met zuiveringsmoerassen zijn echter zodanig positief, dat verwacht mag worden dat deze toepassing meer ingang zal gaan vinden. De STOWA is er sterk voorstander van, dat de geleidelijk toenemende ervaringen van ontwerpers en gebruikers op gezette tijden toegankelijk gemaakt worden. U kunt hieraan een bijdrage leveren door rapporten, gegevens en kennisdocumenten over zuiveringsmoerassen in Nederland te zenden aan de STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Het beslissingondersteunend systeem

van het Handboek zuiveringsmoerassen voor licht verontreinigd oppervlaktewater

Het beslissingondersteunend systeem (Decision Support System: DSS) en het bijbehorende rapport richten zich op zuiveringsmoerassen voor water met lage concentraties verontreinigingen. Zij geven een overzicht van de huidige inzichten en bieden regionale waterbeheerders een handvat bij de keuze voor een zuiveringsmoeras. Het rapport is een weerslag van de huidige kennis van zuiveringsmoerassen voor licht verontreinigd water. Hieronder wordt uitleg gegeven over de achtergrond en werking van het beslissingondersteunend systeem. Meer informatie over het DSS wordt gegeven in de samenvatting. Een praktische handleiding met uitleg over elke stap is te vinden in de helpfuncties van het DSS.



Hoe werkt het beslissingsondersteunend systeem?

DE CD BEVAT DE VOLGENDE ONDERDELEN:

- Rapport 'Zuiveringsmoerassen voor licht verontreinigd oppervlaktewater', als PDF-file
- Acrobat programma waarmee u na installatie op uw computer het rapport kunt uitprinten
- Het beslissingsondersteunend systeem (DSS) als Excel 97-file.
- Een retourformulier voor aanvullende informatie over zuiveringsmoerassen. Voeg uw ervaringen toe!

PROGRAMMA-EISEN

Het DSS werkt in Excel 97 in een Windows 95 omgeving, te zijner tijd zal er een Excel 2000-versie op de STOWA-internetsite beschikbaar komen (www.stowa.nl). Bij het openen van het programma zal informatie over macro's verschijnen. Hierbij kiest u voor de optie 'macro's activeren'. Het DSS bevat geen virussen en het is veilig om de macro's te activeren.

Het beslissingsondersteunend systeem (DSS) adviseert de gebruiker over het meest geschikte type zuiveringsmoeras en het bevat rekenregels voor de bepaling van het oppervlak en het beheer van het moeras. Het advies voor een bepaald type zuiveringsmoeras is gebaseerd op het doel van de zuivering en op de herkomst van het water (zie de beslisboom achterin dit boekje, aan de binnenzijde van de flap). Het doel van de zuivering heeft betrekking op de te zuiveren stoffen. De herkomst van het water heeft te maken met de eigenschappen van het water, zoals hydraulische belasting, de frequentie van de belasting, de stoffen die in het water voorkomen en de concentratieranges waarin de stoffen voorkomen. Het DSS onderscheidt de volgende herkomsten van water:

- oppervlaktewater;
- rwzi-effluent;
- overstort;
- neerslagafvoer van verharde oppervlakken, van woonwijken en wegen.

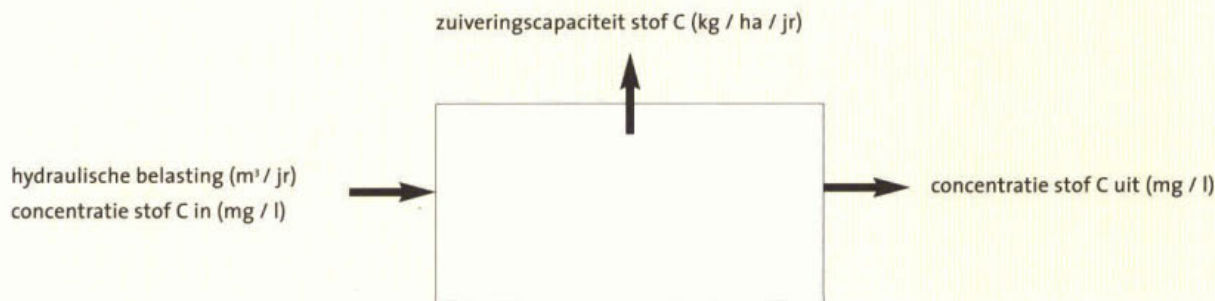
De door de gebruiker ingevoerde gegevens (hydraulische belasting, frequentie, concentraties van stoffen) over het te

zuiveren water worden vergeleken met gegevens uit studies van zuiveringsmoerassen, overige literatuur en 'expert-judgement'. Het doel van deze vergelijking is om te toetsen of het door de gebruiker te zuiveren water voldoende overeenkomt met het 'standaard' water uit de studies naar zuiveringsmoerassen, overige literatuur en 'expert-judgement'. Primair wordt hierbij gekeken naar de doelstof(fen), dat wil zeggen: de te zuiveren stoffen die de gebruiker heeft opgegeven. De concentraties van de overige stoffen worden wel vergeleken met het 'standaard' water, maar zijn niet doorslaggevend voor het resultaat van de toetsing van de herkomst van het water. Als het water van de gebruiker afwijkt, is het niet verantwoord om op basis van het DSS een advies te geven en is nader onderzoek gewenst. Als het water wel overeenkomt met een bepaalde 'standaard' herkomst water, dan wordt een advies gegeven voor een bepaald type zuiveringsmoeras. Bij een aantal doelen van de zuivering van water, namelijk de inbreng van zuurstofrijkheid, de reductie van het gebiedsvreemde karakter van water en de reductie van pathogenen, is niet de herkomst van het

water doorslaggevend bij de keuze voor een bepaald type zuiveringsmoeras, maar het doel van de zuivering. Als één van die doelen wordt opgegeven door de gebruiker, wordt op basis van het doel een advies gegeven.

Het is voor een aantal typen zuiveringsmoerassen mogelijk het benodigde oppervlak en het beheer van het moeras te bepalen, op basis van de zuiveringscapaciteit van het moeras per oppervlakte-eenheid (zie figuur 1). Er wordt voor de bepaling van de zuiveringscapaciteit uit-

gegaan van goed onderzochte moerassystemen in Nederland voor een aantal verschillende herkomsten van water. De zuiveringscapaciteit hangt af van het type zuiveringsmoeras en van het toegepaste beheer ten aanzien van vegetatie, vegetatiebeheer, verblijftijd en peilbeheer. In de onderzochte systemen is geen gebruik gemaakt van de toevoeging van bindende stoffen aan de bodem. De zuiveringscapaciteit kan maximaal zijn of lager, indien één of meerdere beheersfactoren niet optimaal zijn.



Figuur 1. Schematische voorstelling hydraulische belasting, concentratie en zuiveringscapaciteit van zuiveringsmoeras

Tabel 1 Concentratieranges voor Verschillende Herkomst Water

Herkomst water	stikstof (NH4-N)	stikstof (Kj-N)	stikstof (N tot)	fosfaat (P tot)	BZV	CZV	zwevend stof	Cd	Cu	Pb	Ni	Zn	Cr	Hg	As	ind. PAK's	som PAK 10
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
Oppervlaktewater	0.3-0.5	-	0.3-0.8	0.3-1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rwzi-effluent	0.7-1.2	2.2-3.6	4.5-7.5	0.5-2	2.7-4.5	25-45	2-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Overstort (gescheiden stelsel)	-	-	4-6	0.2-0.4	4-6	40-60	71-119	0.2-1.9	15-108	2-285	1.7-35	3-1060	0.13-33	-	-	-	0.7-13.4*
Neerslagafvoer (neerslag)	1.9-2.0	4.2-5.0	-	0.3-0.45	5.6-9.4	14-69	20-47	0.35-0.7	7.6-32.9	54-76.9	4.5-11.6	257-361	3-3.9	0.05-0.09	2.2-3.2	0.02-0.6	-
Afstromend wegwater	0.45-0.75	1.4-2.1	-	0.34-0.56	77-410	4.5-6.7	28-225	0.1-0.9	23.8-126	9.5-85.4	2.6-2.7	58.7-137	1.4-15	0.06-0.10	0.45-0.75	0.1-1.6	-

* totaal PAK

Tabel 2 Hydraulische Belasting voor Verschillende Herkomst Water en Gegevensbronnen

Herkomst water	hydraulische belasting m ³ / d	frequente belasting	bron hydraulische en kwaliteitsgegevens
Oppervlaktewater	0-600*	continuu	Meuleman 1999
Rwzi-effluent	1000-10000	continuu	Schreijer et al. 2000
Overstort (gescheiden stelsel)	0-200**	discontinuu	Van Dijk & Boeke 1999, NWRW 1989
Neerslagafvoer (woonwijk)	0-200**	discontinuu	De Graaf et al. 1997
Afstromend wegwater	0-200**	discontinuu	De Graaf et al. 1997

* inlaatwater hydraulische belasting vooral in zomerhalfjaar
** neerslagafvoer (overstort, woonwijk, wegwater) per gebeurtenis per ha op basis van extreme zomerbui: 30 mm, 60% afspoeling

Het gebruik van het DSS: beslisboom voor de keuze voor een zuiveringsmoeras

Aan het DSS ligt een beslisboom ten grondslag. Hieronder worden de stappen aangegeven waarmee de gebruiker in het DSS door de beslisboom wordt gevoerd, wat er door de gebruiker ingevuld moet worden en wat er op basis daarvan uit het DSS rolt. Bij de beslisboom horen enkele tabellen. Die worden hieronder eveneens besproken.

1 STAP ÉÉN: KEUZE VAN HET DOEL VAN DE ZUIVERING

De gebruiker kiest het zuiveringsdoel dat voor hem van toepassing is. Er kan slechts één doel ingevuld worden.

2 STAP TWEE: INVOER

De gebruiker vult de hydraulische belasting (m^3/d) in, de frequentie van de belasting (discontinu of continu) en de concentraties van het te zuiveren water (mg/l of $\mu g/l$). Hierbij moet men in ieder geval de concentraties invullen van de stoffen die gezuiverd moeten worden, de doelstoffen. Concentraties van andere stoffen kunnen ingevuld worden. Als de doelstoffen overeenkomen, maar de overige stoffen niet, zal het systeem toch de herkomst van het water bepalen. In tabel 1 en 2 staan de ranges voor de concentraties van stoffen en voor de hydraulische belasting, die gelden voor een 'standaard' water van genoemde herkomst (zie binnenzijde flap van deze pagina). De stoffen waarvoor geen concentratieranges zijn weergegeven, worden niet meegenomen in de afweging.

De ranges in tabel 1 en 2 zijn bepaald op basis van literatuurwaarden en 'expert-judgement'. De ranges zijn deels gebaseerd op studies over het functioneren van zuiveringsmoerassen (Schreijer et al. 2000, Van Dijk & Boeke 1999, De Graaf et al. 1997) of uit waterkwaliteitsstudies waarin de waterkwaliteit van een bepaald type water is beschreven (NWRW 1989, Tweede rioleringsnota 1999). De vetgedrukte ranges zijn gebaseerd op gemiddelde waarden, waarbij ranges zijn afgeleid door 25 procent van de gemiddelde waarde te nemen. De debietranges waarbinnen de rekenregels voor zuiveringsmoerassen voor oppervlaktewater en rwzi-effluent toepasbaar zijn, zijn op basis van 'expert-judgement' breder gemaakt dan de ranges uit literatuurstudies.

3 STAP DRIE: HERKOMST WATER

De gebruiker geeft de herkomst van het te zuiveren water op.

4 STAP VIER: DE TOETSING VAN HET WATER

De gebruiker toetst nu de herkomst van zijn te zuiveren water op basis van de ingevoerde gegevens. Het DSS vergelijkt de ingevoerde gegevens met de ranges in tabel 1 en 2. Alleen de in stap één opgegeven doelstoffen worden bij de toetsing meegenomen. Als de ingevoerde karakteristieken overeenkomen, geeft het DSS een advies voor een type zuiveringsmoeras. Als de ingevoerde karakteristieken niet overeenkomen, kan geen type zuiveringsmoeras geadviseerd worden. De reden kan bijvoorbeeld zijn dat de opgegeven concentratie(s) of hydraulische belasting hoger is dan op basis van de literatuurranges verantwoord wordt geacht. In die situaties is nader onderzoek gewenst naar de mogelijkheden om het water door middel van een moeras te zuiveren.

5 STAP VIJF A: DE KEUZE VAN HET ZUIVERINGSMOERAS OP BASIS VAN DE HERKOMST VAN HET WATER

Hieronder wordt per type water informatie over het geschikte zuiveringsmoeras gegeven:

RWZI-EFFLUENT

Voor de nabehandeling van rwzi-effluent wordt over het algemeen gekozen voor het toepassen van een voorbezinksloot, gevolgd door een vloeiveld in de vorm van een slotensysteem met helofyten en ondergedoken waterplanten. Deze keuze is gebaseerd op de continue aanvoer van water en de mogelijkheid om met behulp van ondergedoken waterplanten een natuurlijke zuurstofdynamiek in het water te brengen. Uit praktische (maai-beheer) en hydraulische overwegingen (menging en doorstroming) wordt gekozen voor een slotensysteem.

OPPERVLAKTEWATER

Voor de reductie van nutriënten uit oppervlaktewater is ervaring opgedaan met een vloeiveld, dat aangelegd is als een lange sloot begroeid met waterplanten. In de buurt van een natuurgebied kunnen esthetische overwegingen een rol spelen bij de keuze van een type zuiveringsmoeras. Oppervlaktewater kan ook gezuiverd worden met een vloeiveld in de vorm van een slotensysteem, waarin zowel helofyten als ondergedoken waterplanten groeien.

OVERSTORT

Bij een overstort vanuit een gemengd rioelstelsel kan men zuivering door een vloeiveld toepassen. Dit systeem verwijdert efficiënt organische stof. In een vloeiveld kan met onder-

gedoken waterplanten bovendien de inbreng van zuurstofritmiek in het water gestimuleerd worden. Er kan vanwege de discontinue belasting en de betere vastlegging van fosfaat ook voor een infiltratieveld gekozen worden. Maar hiermee is in Nederland nog geen ervaring opgedaan; de berging van water kan een probleem vormen.

WEGWATER EN HEMELWATER STEDELIJK GEBIED

Voor de zuivering van weg- en hemelwater wordt een infiltratieveld aanbevolen. Vanwege de discontinue belasting en de gewenste vastlegging van verontreinigingen in de bodem wordt voor een verticaal systeem gekozen.

5b STAP VIJF B: DE KEUZE VAN HET ZUIVERINGSMOERAS OP BASIS VAN HET ZUIVERINGSDOEL

Bij een aantal zuiveringsdoelstellingen, zoals het inbrengen zuurstofritmiek, het reduceren van het gebiedsvreemde karakter van water en het reduceren van pathogenen, hangt de keuze voor het type zuiveringsmoeras niet af van de herkomst van het te zuiveren water. Voor deze doelen is het dus niet mogelijk een type zuiveringsmoeras te adviseren op basis van de herkomst van het water. Als dat zuiveringsdoel is ingevuld, is het niet nodig om de gegevens van het water in te vullen en wordt automatisch een advies gegeven. Om zuurstofritmiek in het water te brengen moeten ondergedoken waterplanten ingezet worden. Een vloeiveld is dus het meest geschikt. Om pathogene organismen te reduceren moet in een zuiveringsmoeras een minimale verblijftijd van drie dagen gerealiseerd worden. Het veranderen van het gebiedsvreemde karakter van water is niet mogelijk in een zuiveringsmoeras.

6 STAP ZES: DE SELECTIE VAN REKENREGELS EN OPPERVLAKTEBEPALING VAN HET ZUIVERINGSMOERAS

Als een bepaald type zuiveringsmoeras geadviseerd wordt, kan in een aantal gevallen het benodigde moerasoppervlak worden berekend op basis van een geselecteerde zuiveringscapaciteit. Hiervoor zijn de volgende rekenregels beschikbaar:

OVERZICHT REKENREGELS

De zuiveringscapaciteit van een zuiveringsmoeras wordt uitgedrukt als de hoeveelheid stof die het zuiveringsmoeras per hectare kan zuiveren in één jaar. De zuiveringscapaciteit voor pathogene micro-organismen wordt niet, zoals de andere componenten, in kilogram per hectare per jaar uitgedrukt, maar als percentage verwijdering (% E.coli/ha/jr). Ook voor stoffen waarvoor geen uitvoerige balansstudies zijn uitgevoerd, zoals voor metalen en PAK's, is op basis van de verlaging van de concentratie een reductiepercentage gegeven in plaats van een zuiveringscapaciteit.

VLOEIVELD VOOR RWZI-EFFLUENT EVERSTEKOOG, TEXEL

Op Texel is een vloeiveld aangelegd in de vorm van een slotensysteem, voor de nabehandeling van rwzi-effluent. De jaarlijkse belasting bedraagt 5000 kg N/ha/jr en 700 kg P/ha/jr. Daarnaast bevat het effluent van de rwzi ook organisch materiaal, pathogene micro-organismen en zware metalen. In de sloten groeien aan het begin helofyten en aan het eind ondergedoken waterplanten. In dit systeem is gevarieerd met een aantal stuurvariabelen, namelijk: de invloed van de verblijftijd (één, twee of tien dagen) en verschillende soorten vegetatie (Riet of Lisdodde). De weergegeven zuiveringscapaciteit is inclusief infiltratie van verontreinigingen naar het grondwater.

REKENREGELS EVERSTEKOOG

verblijftijd 2 dagen									
zuiveringscapaciteit	←	vegetatie: vegetatiebeheer: peilbeheer: verblijftijd: diepte:	riet voor in sloten / ondergedoken waterplanten achterin 1 x per jaar maaien constante waterstand 0,6 dag in sloten helofytendeel 20 cm / waterplantendeel 50 cm	→	1400 kg -55 kg >99 % 60-94 %	N / ha / jr P / ha / jr* E.coli MS2 fagen			
verblijftijd 2 dagen									
zuiveringscapaciteit	←	vegetatie: vegetatiebeheer: peilbeheer: verblijftijd: diepte:	lisdodde voor in sloten / ondergedoken waterplanten achterin 1 x per jaar maaien constante waterstand 0,6 dag in sloten helofytendeel 20 cm / waterplantendeel 50 cm	→	1250 kg -62 kg - % - %	N / ha / jr P / ha / jr* E.coli MS2 fagen			
verblijftijd 2 dagen									
zuiveringscapaciteit	←	vegetatie: vegetatiebeheer: peilbeheer: verblijftijd: diepte:	hele systeem: voorbezinksloot / riet en lisdodde voor in sloten, ondergedoken waterplanten achterin / afvoersloot 1 x per jaar maaien constante waterstand 2 dagen: 1,1 voorbezink / 0,6 sloten / 0,1 afvoersloot helofytendeel 20 cm, waterplantendeel 50 cm	→	1250 kg 55 kg 97,5 % 42 % 67 % 60 % 29 % 20 %	N / ha / jr P / ha / jr E.coli MS2 fagen Cd / ha / jr Cu / ha / jr Zn / ha / jr Ni / ha / jr			

* Negatieve zuiveringscapaciteit, dus nalevering van P, waarde niet geschikt voor oppervlaktebepaling

verblijftijd 1 dag

zuiveringscapaciteit

vegetatie: riet voor in sloten / ondergedoken waterplanten achterin
vegetatiebeheer: 1 x per jaar maaien
peilbeheer: constante waterstand
verblijftijd: 0,8 dagen
diepte: helofytendeel 20 cm / waterplantendeel 50 cm

1950 kg N / ha / jr
-85 kg P / ha / jr*

verblijftijd 1 dag

zuiveringscapaciteit

vegetatie: lisodde voor in sloten / ondergedoken waterplanten achterin
vegetatiebeheer: 1 x per jaar maaien
peilbeheer: constante waterstand
verblijftijd: 0,8 dagen
diepte: helofytendeel 20 cm / waterplantendeel 50 cm

1710 kg N / ha / jr
-59 kg P / ha / jr*

verblijftijd 10 dagen

zuiveringscapaciteit

vegetatie: riet voor in sloten / ondergedoken waterplanten achterin
vegetatiebeheer: 1 x per jaar maaien
peilbeheer: constante waterstand
verblijftijd: 9,3 dagen
diepte: helofytendeel 20 cm / waterplantendeel 50 cm

430 kg N / ha / jr
17 kg P / ha / jr

verblijftijd 10 dagen

zuiveringscapaciteit

vegetatie: lisodde voor in sloten / ondergedoken waterplanten achterin
vegetatiebeheer: 1 x per jaar maaien
peilbeheer: constante waterstand
verblijftijd: 9,3 dagen
diepte: helofytendeel 20 cm / waterplantendeel 50 cm

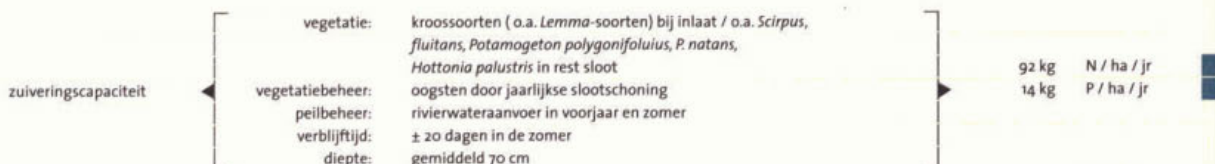
370 kg N / ha / jr
15 kg P / ha / jr

* Negatieve zuiveringscapaciteit, dus nalevering van P, waarde niet geschikt voor oppervlaktebepaling

REKENREGELS DE MEIJE

VLOEIVELD VOOR OPPERVLAKTEWATER DE MEIJE

In de provincie Utrecht wordt gedurende het jaar water door een lange sloot (ongeveer 4 km) geleid, alvorens het in het zomerhalfjaar in natuurgebied de Meije wordt ingelaten (Meuleman 1999). De sloot is aangelegd door ingrepen in een bestaand slotensysteem. De waterplanten zijn niet uitgezet, maar vanzelf tot ontwikkeling gekomen. De jaarlijkse belasting van het zuiveringsmoeras is 118 kg N/ha en 15 kg P/ha. In de eerste kilometer groeien vooral kroossoorten die niet veel bijdragen aan de verwijdering van nutriënten en door hun schaduw de ontwikkeling van andere soorten waterplanten remmen.



VLOEIVELD/WORTELZONESYSTEEM VOOR OVERSTORT GESCHIEDEN RIOOLSTELSEL ERASMUSGRACHT, AMSTERDAM

In Amsterdam is in 1994 bij de Erasmusgracht een vloeiveld/wortelzonesysteem aangelegd als randvoorziening bij een gescheiden rioolstelsel (Van Dijk & Boekke 1999). Het zuiveringsmoeras is aangelegd als een eiland in de gracht. Het regenwater wordt eerst opgevangen in een bezinkbassin, een afgescheiden stuk oppervlaktewater. Van hieruit stroomt het water over een lager deel, dat als vloeiveld functioneert. Het middelste deel functioneert als wortelzonesysteem. Het zuiveringsmoeras is beplant met Riet. Het filterdeel is 0,072 ha groot. De totale oppervlakte is 0,13 ha. De jaarlijkse belasting bedraagt 5,8 kg N/ha/jr en 0,75 kg P/ha/jr.

Bij het ontwerp was rekening gehouden met een hogere afvoer van regenwater. De hydraulische belasting van het systeem is hierdoor lager dan verwacht en de verblijftijden zijn veel langer. Het Riet groeit niet goed door de lage concentraties stof en door watertekort. Dit wordt veroorzaakt doordat het water vanwege zettingsproblemen op grote diepte door het zuiveringsmoeras stroomt. Ook vond er in droge periodes door lekkage bij de stuwen terugstroming van grachtwater in het bezinkbassin plaats. Deze vermenging van filterwater met grachtwater heeft geleid tot onzekerheden bij het bepalen van de werking

van het zuiveringsmoeras. Voor sommige waterkwaliteitsparameters (zoals zwevend stof) wordt de zuivering waarschijnlijk overschat, voor andere (zoals totaal-stikstof) onderschat.

De gepresenteerde percentages zijn gemiddelden van twee jaar. Door de overdimensionering van het systeem is de verwijdering in het bezinkbassin groter dan in het zuiveringsmoeras zelf. Vooral voor PAK, stikstof en chroom lopen de verwijderingspercentages in het zuiveringsmoeras in de verschillende jaren sterk uiteen. Arseen en kwik worden nauwelijks verwijderd. Voor het totale systeem zijn de verwijderingspercentages voor de overige stoffen hoog. Ondanks de zeer lage belasting met nutriënten worden nutriënten verwijderd en treedt geen nalevering op.

REKENREGELS ERASMUSGRACHT

zuiveringscapaciteit moeras	vegetatie: vegetatiebeheer: peilbeheer: verblijftijd: diepte: riet niet bekend constant* > 5 dagen* n.v.t	54 % N 44 % P 28 % zwevend stof 41 % Cd 71 % Cu 26 % Cr - % Zn 43 % Ni 66 % Pb 33 % PAK 3,1 kg 0,3 kg N / ha / jr P / ha / jr
zuiveringscapaciteit bezinkbassin	vegetatie: vegetatiebeheer: peilbeheer: verblijftijd: diepte: - n.v.t. constant* * n.v.t	71 % N 36 % P 80 % zwevend stof 62 % Cd 85 % Cu 87 % Cr 85 % Zn 77 % Ni 80 % Pb 88 % PAK 4,1 kg 0,3 kg N / ha / jr P / ha / jr
zuiveringscapaciteit bezinkbassin + moeras	vegetatie: vegetatiebeheer: peilbeheer: verblijftijd: diepte: riet niet bekend constant* > 5 dagen* n.v.t	80 % N 64 % P 85 % zwevend stof 68 % Cd 96 % Cu 92 % Cr 86 % Zn 87 % Ni 94 % Pb 92 % PAK 4,6 kg 0,5 kg N / ha / jr P / ha / jr

* Door problemen als lekkage over de stuw en terugstroom vanuit de gracht was het peil niet altijd constant en verblijftijd moeilijk te bepalen.

INFILTRATIEVELD VOOR WEGWATER / HEMELWATER

Op basis van verschillende studies (De Graaf et al. 1997) is ook voor metalen een range van verwijderingspercentages afgeleid. De verwijdering van metalen varieert nogal in verschillende studies, waardoor de reductieranges voor de metalen vrij groot zijn. De verwijdering van metalen in een zuiveringsmoeras kan niet gegarandeerd worden, omdat deze onder andere afhankelijk is van de lokale belasting en de bindingscapaciteit van de gebruikte bodem. Bovendien is in Nederland nog weinig praktijkervaring opgedaan met dit type zuiveringsmoerassen. De concentraties van nutriënten in neerslag kunnen zeer laag zijn. Verwijdering van nutriënten zal dan ook geen doelstelling zijn.

In de genoemde literatuurstudie wordt berekend dat voor de zuivering van het afstromend water van 1 ha verhard oppervlak 180 m² infiltratieveld nodig is. Maar dit oppervlak is samen met de ranges voor verwijdering voor de verschillende metalen uit verschillende literatuurbronnen onvoldoende om een betrouwbare rekenregel af te leiden. Daarom worden hier alleen de ranges voor verwijdering gepresenteerd. Als er zuiveringsresultaten bekend zijn van Nederlandse toepassingen van wegwaterfilters, zouden deze in de toekomst als rekenregel opgenomen kunnen worden.

REKENREGELS INFILTRATIEVELD WEGWATER

zuiveringscapaciteit	[	vegetatie:	riet	]	?	kg	N / ha / jr
		vegetatiebeheer:	maaien		?	kg	P / ha / jr
	[	peilbeheer:	waterlaag 29 cm	]	-	kg	BZV / ha / jr
		verblijftijd:	3,5 dagen		-	kg	CZV / ha / jr
		diepte:	60 cm		> 90 %	%	E. Coli
zuiveringscapaciteit metalen	[	vegetatie:	riet	]	55-100	%	Cd
		vegetatiebeheer:	maaien		40-71	%	Cr
	[	peilbeheer:	waterlaag 29 cm	]	63-96	%	Cu
		verblijftijd:	3,5 dagen		67-96	%	Zn
		diepte:	60 cm		1	%	As
					56	%	Hg
					15-90	%	Ni
					76-98	%	Pb

OPPERVLAKTEBEPALING ZUIVERINGSMOERAS

Als de zuiveringscapaciteit per oppervlakte-eenheid voor een stof in een type zuiveringsmoeras bekend is, kan met de volgende formule eenvoudig de benodigd moerasoppervlakte berekend worden (vergelijking 1):

$$1) \text{ oppervlakte zuiveringsmoeras (ha) } = \frac{\text{te verwijderen hoeveelheid stof C (kg / jr)}}{\text{zuiveringscapaciteit stof C (kg / ha / jr)}}$$

Dit betekent in de praktijk dat alleen op basis van stikstof- en fosfaatverwijdering oppervlaktes berekend kunnen worden.

De belasting wordt berekend uit de gemiddelde jaarlijkse influentconcentratie en de jaarlijkse hydraulische belasting (vergelijking 2). Bij een niet-continue belasting, zoals bij overstorten, worden de maatgevende concentratie en afvoer aangehouden.

$$2) \text{ belasting stof C (kg / jr) } = 10^{-3} \times \text{concentratie (mg / l)} \times \text{hydraulische belasting (m}^3 \text{ / jr)}$$

Om de te verwijderen hoeveelheid van een stof te berekenen moet van de belasting van het systeem de doelbelasting worden afgetrokken (vergelijking 3). De doelbelasting is afhankelijk van de hydraulische belasting en de gewenste concentratie in het effluent van het zuiveringsmoeras. De doelbelasting voor de verschillende stoffen wordt berekend op basis van de doelwaarden.

$$3) \text{ te verwijderen hoeveelheid stof C (kg / jr) } = \text{belasting} - \text{doelbelasting}$$

De berekende oppervlakte is de netto-oppervlakte aan zuiveringsmoeras, dus het deel waar daadwerkelijk helofyten of waterplanten groeien. Daarnaast is - afhankelijk van het type zuiveringsmoeras - nog ruimte nodig voor de aanleg van bijvoorbeeld dijkes voor onderhoud. Dit wordt besproken in hoofdstuk 5 van het handboek.

STAP ZEVEN: LITERATUUROVERZICHT

Naast de beslisboom, bevat het DSS een matrix met geraadpleegde literatuurbronnen. De matrix bestaat uit een grote tabel met verticaal de kenmerken van zuiveringsmoerassen en horizontaal de literatuurbronnen. U kunt kenmerken selecteren, waarvan u de beschikbare informatie uit de literatuur wilt zien. In het literatuuroverzicht van het DSS zijn alleen die bronnen opgenomen, die nieuwe informatie over specifieke onderwerpen leveren. De meeste in het handboek geciteerde bronnen zijn niet in het overzicht opgenomen, omdat de informatie uit deze bronnen meer algemene kennis over zuiveringsmoerassen bevat.

COLOFON

Het projectteam bestond uit ir. J.S. Slood en dr. C.M. Lorenz van Witteveen+Bos en dr. J.T.A. Verhoeven van de Universiteit Utrecht. Het project is namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit drs. M. Schreijer van het Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen, drs. J. L.P.M. van der Pluijm van Van der Pluijm Water & Milieumanagement, drs. H.J.C. Hoogenboom van het Hoogheemraadschap van Delfland en drs. B. van der Wal van de STOWA.

UITGAVE
Stowa
Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030 232 11 99
fax 030 232 17 66
e-mail stowa@stowa.nl
<http://www.stowa.nl>

TEKST
Carolín Lorenz,
Witteveen + Bos

EINDREDACTIE
Bert-Jan van Weeren,
Deventer

VORMGEVING
Nicoline Caris BNO
Amsterdam

DRUKWERK
Drukkerij Elco,
Amsterdam

FOTOGRAFIE
Ruud Kampf
Dries Jacobs
Simon Smit

BESTELLEN
Publicaties en het
publicatieoverzicht van
de STOWA kunt u
uitsluitend bestellen bij:

Hageman fulfilment
Postbus 1110,
3300 CC Zwijndrecht,
tel 078 629 33 32,
fax 078 610 42 87
e-mail hff@wx.nl,

o.v.v. ISBN- of bestelnummer
en een duidelijk afleveradres.

ISBN 90-5773-119-3