

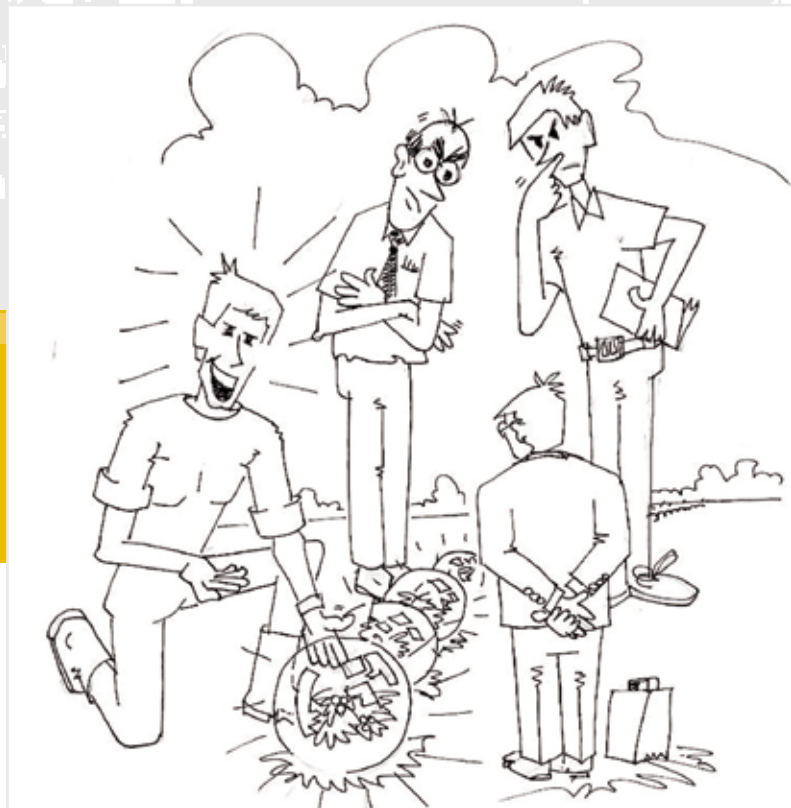


Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen

V. MaatregelWijzer Waterbeheer

M. Bleeker
P.F.M. Verdonchot

Alterra-rapport 1521, ISSN 1566-7197



Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen

Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen

V. MaatregelWijzer Waterbeheer

M. Bleeker

P.F.M. Verdonschot

Alterra-rapport 1521

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Bleeker M. & Verdonschot P.F.M. 2007. *Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen*. V. *MaatregelWijzer Waterbeheer*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1521. 90 blz.; 6 fig.; 15 ref.

Dit rapport is het vijfde in de reeks: 'Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen'. Het doel van deze studie was het maken van een ontwerp voor een instrument waarmee een water- of natuurbeheerder de hydrologische maatregel met het hoogste ecologisch rendement kan kiezen. Aan de hand van de resultaten verkregen uit de voorgaande 4 studies is gekozen voor het ontwikkelen van een expertsysteem. Het prototype van het expertsysteem MaatregelWijzer Waterbeheer is voor beken en sloten in dit rapport beschreven. Het programma bevat naast hydrologische maatregelen ook maatregelen voor het verbeteren van de waterkwaliteit en de morfologie en vormt daarmee een volledig maatregelenpakket voor waterbeheerdoeleinden. Op basis van een gekozen typologie en het bijhorend watertype wordt een vragenmodule gegenereerd waarmee bepaald wordt in welke mate een stuurfactor verstoord is en wat daarvan de oorzaken zijn. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van een pakket aan maatregelen dat voor verbetering van het water gebruikt zou kunnen worden. De stuurfactoren zijn geordend naar mate van belang en mate van verstoring, en de maatregelen zijn geordend naar mate van effectiviteit.

Trefwoorden: beek, ecologisch rendement, expertsysteem, hydrologie, maatregel waterbeheer, stuurfactor, sloot, typologie

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2007 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Literatuurstudie	11
1.3 Aquaherstel	12
1.4 Monitoring en evaluatie van herstelprojecten	13
1.5 Ontwerp expertsysteem	13
1.6 De applicatie	14
2 Bouw MaatregelWijzer Waterbeheer (MWW)	15
2.1 Inleiding	15
2.2 Input voor het expertsysteem	15
2.3 Output van de MWW	19
2.4 De kennisdatabase	20
2.5 Samenvatting	22
3 Handleiding MaatregelWijzer Waterbeheer (MWW)	25
3.1 Installatie	25
3.2 Opstarten	25
3.3 Selecteer het referentie watertype	25
3.4 Vragenmodule	26
3.5 Prioritering	27
3.6 Beschrijving maatregelen	28
4 Beschrijvingen van de maatregelen	29
4.1 Inleiding	29
4.2 Beschrijving van maatregelen	30
5 Workshop	67
5.1 Opmerkingen deelnemers	67
5.2 Algemene opmerkingen	68
5.3 Beschikbare informatie	68
5.4 Prioritering van de maatregelen	69
Literatuur	71
Bijlage 1 Referentietypen	73
Bijlage 2 Typologische samenhang	77
Bijlage 3 Prioritering van stuurfactoren	83
Bijlage 4 Prioritering van herstelmaatregelen in beken	85
Bijlage 5 Prioritering van herstelmaatregelen in sloten	89

Woord vooraf

Het Nederlandse peilbeheer was in het verleden vooral gericht op het zo snel mogelijk afvoeren van het water. Dit heeft geleid tot verdroging en eutrofiëring van oppervlaktewateren en natte natuurgebieden. Momenteel is in het waterbeheer een omslag gaande. Hierbij wordt het water zo lang mogelijk vastgehouden, wordt de afvoer vertraagd en wordt water geborgen om het in perioden van water schaarste te kunnen gebruiken. Om deze nieuwe benadering van de waterhuishouding te realiseren zijn hydrologische maatregelen nodig. Er is een groot aantal potentiële maatregelen. Het is moeilijk hieruit voor een bepaalde situatie een keuze te maken, omdat de ecologische effecten van een maatregel afgewogen moeten worden tegen de kosten en maatschappelijke belangen. Daarnaast spelen tegelijk steeds de aspecten van waterkwaliteit en morfologie.

Het doel van deze studie was het komen tot een operationeel instrument waarmee een water- of natuurbeheerder voor een bepaald oppervlaktewater de hydrologische- of andere maatregel kan kiezen met het hoogste ecologisch rendement. Uit voorgaande studies is naar voren gekomen dat een expertsysteem het meest geschikte type instrument is om dit doel te realiseren.

Deze studie heeft geresulteerd in een prototype expertsysteem, genaamd de Maatregelwijzer Waterbeheer, en toegespitst op beken en sloten. Het prototype is op cd-rom verkrijgbaar.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het DLO onderzoeksprogramma 'Veranderend Waterbeheer voor een duurzame Groene Ruimte' (417) van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. Het rapport is het vijfde en laatste deel in de reeks: 'Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen'.

Samenvatting

Jarenlang is het waterbeheer gericht geweest op ont- en afwatering. Dit beheer (inclusief inrichting) draagt sterk bij aan zowel wateroverlast in perioden van hevige regen als aan verdroging. Bovendien moet hierdoor in de zomer ten behoeve van de landbouw veel gebiedsvreemd water worden aangevoerd wat vaak eutrofiëring tot gevolg heeft. Daarom is in het waterbeleid en -beheer een omslag gaande waarbij het water zo lang mogelijk wordt vastgehouden, de afvoer wordt vertraagd en water wordt geborgen om de veiligheid te waarborgen. Ook kan het geborgen water in schaarse perioden gebruikt worden ter voorkoming van verdroging. Om dit te bereiken zijn tal van waterbeheersmaatregelen mogelijk. Behalve op de hydrologie hebben deze maatregelen ook effecten op de morfologie, de waterkwaliteit en het ecosysteem. Daarbij komt nog dat de Europese Kaderrichtlijn Water van de lidstaten eist dat de oppervlaktewateren in 2015 een goede ecologische kwaliteit hebben. Om dit te bereiken moet de situatie in een groot aantal Nederlandse wateren verbeterd worden. Hiervoor worden maatregelenpakketten opgesteld. Echter, de keuze van de meest effectieve maatregel (met een zo groot mogelijk ecologisch effect en zo laag mogelijke kosten) is geen eenvoudige. Er zijn veel maatregelen mogelijk, gericht op hydrologie, morfologie of waterkwaliteit. Er is op dit moment onvoldoende inzicht in het effect van diverse maatregelen op de ecologische kwaliteit van aquatische systemen. Om waterbeheerders in de toekomst in staat te stellen de beschikbare middelen effectiever aan te wenden, dient een instrument te worden ontwikkeld waarmee het effect van hydrologische maatregelen op de ecologie gekwantificeerd kan worden. Een expertsysteem dat voor een bepaalde situatie de meest geschikte maatregel weergeeft met het te verwachten effect zou de keuze van maatregelen vergemakkelijken.

Om te komen tot een dergelijk expertsysteem is begonnen met een uitgebreide literatuurstudie, vervolgens is een website voor waterbeheerders geoperationaliseerd. Vijf herstelprojecten zijn geëvalueerd om te onderzoeken of voldoende ecologisch rendement werd behaald en om de geschiktheid van maatregelen te evalueren. Vervolgens is een functioneel ontwerp voor het beoogde expertsysteem opgesteld.

In dit rapport is het uiteindelijke operationele expertsysteem beschreven dat is ontworpen voor het bepalen van de effectiviteit van beheersmaatregelen op oppervlaktewatersystemen; de zogenaamde **MaatregelWijzer Waterbeheer (MWW)**. De opbouw van de MWW is geschematiseerd weergegeven in figuur 3. Het betreft een prototype van de MaatregelWijzer Waterbeheer voor beken en sloten. Het programma bevat naast hydrologische maatregelen ook maatregelen voor het verbeteren van de waterkwaliteit en de morfologie en vormt daarmee een volledig maatregelenpakket voor waterbeheerdoeleinden.

Op basis van een gekozen typologie en bijhorend watertype wordt een vragenmodule gegenereerd waarmee bepaald wordt in welke mate een stuurfactor verstoord is en wat daarvan de oorzaken zijn. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van een

pakket aan maatregelen dat voor verbetering van het waterecosysteem gebruikt zou kunnen worden. De stuurfactoren zijn geordend naar mate van belang en mate van verstoring, en de maatregelen zijn geordend naar mate van effectiviteit.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Jarenlang is het waterbeheer gericht geweest op ont- en afwatering. Dit draagt veel bij aan zowel wateroverlast in perioden van hevige regen als aan verdroging. Bovendien moet als gevolg van versnelde waterafvoer in de zomer ten behoeve van de landbouw veel gebiedsvreemd water worden aangevoerd wat vaak eutrofiëring tot gevolg heeft. Daarom is in het waterbeleid en -beheer een omslag gaande (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 19 98; Commissie Waterbeheer 21^e eeuw 2000). Hierbij wordt het water zo lang mogelijk vastgehouden en wordt de afvoer vertraagd; niet alleen ten behoeve van afvoerregulering maar ook om de veiligheid te waarborgen. Ook kan het geborgen water in schaarse perioden gebruikt worden ter voorkoming van verdroging. Om dit te bereiken zijn tal van waterbeheersmaatregelen mogelijk. Behalve op de hydrologie hebben deze maatregelen ook effecten op de waterkwaliteit en het ecosysteem. Daarbij komt nog dat de Europese Kaderrichtlijn Water (Europese Commissie, 2000) van de lidstaten eist dat de oppervlaktewateren in 2015 een goede ecologische kwaliteit hebben. Om dit te bereiken moet de situatie in een groot aantal Nederlandse wateren verbeterd worden. Hiervoor worden maatregelenpakketten opgesteld. Echter, de keuze van de meest effectieve maatregel (met een zo groot mogelijk ecologisch effect en zo laag mogelijke kosten) is geen eenvoudige. Er zijn veel maatregelen mogelijk, gericht op hydrologie, morfologie of waterkwaliteit. Er is op dit moment onvoldoende inzicht in het effect van diverse maatregelen op de ecologische kwaliteit van aquatische systemen. Om waterbeheerders in de toekomst in staat te stellen de beschikbare middelen effectiever aan te wenden, dient een instrument te worden ontwikkeld waarmee het effect van hydrologische maatregelen op de ecologie gekwantificeerd kan worden. Een expertsysteem dat voor een bepaalde situatie de meest geschikte maatregel weergeeft met het te verwachten effect zou de keuze van maatregelen vergemakkelijken. Beheerders willen graag weten wat het eindresultaat is van de uit te voeren (herstel)maatregelen. De te behalen ecologische kwaliteit is dan goed af te wegen tegen de effectiviteit en de kosten van de (herstel)maatregelen.

Om te komen tot een dergelijk expertsysteem is begonnen met een uitgebreide literatuurstudie (paragraaf 1.2), vervolgens is een website voor waterbeheerders geoperationaliseerd (paragraaf 1.3). Vijf herstelprojecten zijn geëvalueerd om te onderzoeken of voldoende ecologisch rendement werd behaald en om de geschiktheid van maatregelen te evalueren (paragraaf 1.4). Vervolgens is een functioneel ontwerp voor het beoogde expertsysteem opgesteld (paragraaf 1.5).

1.2 Literatuurstudie

Voor het bouwen van een expertsysteem voor de keuze van de meest optimale hydrologische maatregel(en) is het nodig om kennis te verzamelen over het

ecologisch rendement van maatregelen. Hiermee is begonnen door het uitvoeren van een literatuuronderzoek naar de effecten van hydrologische maatregelen in het kader van vernatting en de-eutrofiëring op de aquatische natuur (Nijboer, 2004). Daaruit is gebleken dat er nog weinig bekend is over de relatie 'hydrologische maatregel-ecologisch effect'. Dit heeft verschillende redenen:

- Veranderingen recent opgetreden in het waterbeheer- en beleid zijn vaak nog niet in het uitvoeringsstadium. Er worden wel veel plannen gemaakt voor het nemen van hydrologische maatregelen zoals peilverhoging, instellen van een natuurlijk peil, waterconservering, etc.;
- In veel studies zijn de effecten van de geplande maatregelen gemodelleerd, maar deze zijn nog niet in het veld gemeten;
- Vaak zijn de effecten van de maatregelen alleen beschreven in termen van hydrologische effecten. De effecten op de aquatische organismen ontbraken in veel gevallen of waren niet eenduidig;
- In veel gevallen zijn combinaties van maatregelen uitgevoerd, waarbij hydrologische maatregelen gecombineerd worden met directe waterzuivering of baggeren. Het effect op het ecosysteem is dan niet terug te leiden tot de hydrologische maatregel.

Er is dus een grote kennisleemte, die langzaam aangevuld kan worden als meer meetgegevens beschikbaar komen.

1.3 Aquaherstel

De volgende stap in het project was het verzamelen van informatie over al uitgevoerde herstelprojecten. (bijvoorbeeld doelstelling, maatregelen, kosten, wat is gemonitord). Om een goed overzicht te krijgen van bestaande herstelprojecten en de informatie over deze projecten toegankelijk te maken, is begonnen met het maken van de database AQUAHERSTEL (<http://aquaherstel.wur.nl>). Deze database bevat inmiddels veel informatie van uitgevoerde herstelprojecten (Nijboer et al., 2004). De doelstelling van deze database is het uitwisselen van kennis en ervaring tussen waterbeheerders aan de hand van reeds uitgevoerde herstelprojecten. Waterbeheerders kunnen op deze manier vergelijkbare projecten opzoeken en een beeld krijgen van de kosten en effecten en eventueel contact opnemen met de uitvoerende organisatie. Dit kan ondersteuning bieden bij de keuze van maatregelen in een bepaalde situatie. Tevens biedt de database een goede mogelijkheid om alle projecten centraal te verzamelen, zodat informatie niet langer alleen versnipperd voorkomt. Tijdens het bouwen van de database is gebleken dat veel projecten die in het verleden zijn uitgevoerd, bij de huidige medewerkers van waterschappen niet meer bekend zijn. Het centraal opslaan van informatie over alle projecten kan voorkomen dat relevante informatie verloren gaat. De database wordt gebruikt als basis voor het te ontwikkelen expertsysteem. Dit te ontwikkelen expertsysteem zal voor een gegeven situatie een lijst geven met mogelijke maatregelen en daaraan gekoppeld de projecten waarin deze maatregelen eerder zijn uitgevoerd. Aangezien over effecten nog weinig bekend is, zal het expertsysteem geen kwantitatieve effecten van maatregelen geven, hooguit een prioritering gebaseerd op theoretische kennis.

1.4 Monitoring en evaluatie van herstelprojecten

De derde stap in het onderzoek betrof een evaluatie van vijf herstelprojecten (Nijboer et al., 2006). Het onderzoek had twee doelstellingen:

1. Onderzoeken of herstelprojecten ecologisch voldoende hebben opgeleverd. Er zijn vijf herstelprojecten geselecteerd waarvan gegevens beschikbaar waren. Met behulp van deze gegevens, afkomstig van monsters genomen voor en na het uitvoeren van herstelmaatregelen, is bepaald of er effecten zijn opgetreden.
2. Het analyseren van de geschiktheid van methoden voor het evalueren van herstelmaatregelen in verschillende situaties. Welke methoden laten effecten het beste zien?

ad. 1. De evaluatie is uitgevoerd door macrofaunagegevens van monsters genomen voor het uitvoeren van de herstelmaatregelen te vergelijken met gegevens verkregen na uitvoering van de maatregelen. Om te bepalen of effect is opgetreden zijn verschillende methoden gebruikt: beoordeling van de ecologische kwaliteit met de KRW macrofaunamaatlat en met het AQEM beoordelingssysteem, het tellen van doel- en indicatorsoorten uit het Aquatisch Supplement bij het Handboek Natuurdoeltypen, het tellen van zeldzame soorten en het toedelen van monsters aan de beken- of slotentypologie. De verschillende methoden lieten niet telkens dezelfde resultaten zien. Alleen het aantal zeldzame soorten nam in alle herstelprojecten toe. Het is daarom niet mogelijk een keuze te maken voor één methode.

ad. 2. De belangrijkste aanbevelingen voor het monitoren en evalueren van herstelprojecten waren:

- Gedurende 5 tot 10 jaar monitoren;
- Twee monsters per jaar nemen;
- Ook de nulsituatie gedurende minstens 3 jaar voorafgaand aan het uitvoeren van de maatregelen monitoren;
- Evenveel monsterpunten kiezen in het heringerichte traject en daarbuiten (bij beken);
- Monsterpunten kiezen in heringerichte sloten en niet-heringerichte sloten die verder vergelijkbaar zijn;
- Monsters per jaar met elkaar vergelijken;
- Niet alleen ecologische beoordelingsmethoden gebruiken maar ook kijken of het aantal bijzondere soorten is toegenomen (bijvoorbeeld zeldzame soorten, doelsoorten of indicatorsoorten);
- Meerdere methoden tegelijk gebruiken om de gegevens te analyseren.

1.5 Ontwerp expertsysteem

Vervolgens is een functioneel ontwerp voor een instrument waarmee water- of natuurbeheerders de hydrologische maatregel met het hoogste ecologisch rendement kunnen kiezen opgesteld (Nijboer & Groeneveld, 2004). Het ecologisch rendement wordt uitgedrukt in ecologische kwaliteit volgens de KRW methodiek en in mate van doelrealisatie volgens de Waternood methodiek.

Voor het functioneel ontwerp is een analyse van bestaande instrumenten in het waterbeheer uitgevoerd. Vooral decision support systemen (beslissingsondersteunend systeem) en expertsystemen (kennissysteem) zijn onderzocht. Het bleek dat een expertstelsel voor het doel van deze studie het meest geschikt is, omdat een expertstelsel gericht is op het gebruik van opgeslagen kennis, het niet gericht is op een klein gebied, het eenvoudige kennisregels gebruikt die ook om kunnen gaan met kwantitatieve gegevens en het gemakkelijk nog in een later stadium aan te vullen is met nieuwe gegevens.

Voor het beoogde expertstelsel is vervolgens een functioneel ontwerp gemaakt. Het stelsel bestaat uit een kennisdatabase waarin kennis wordt opgeslagen. Hierin zitten kennistabellen (met bijvoorbeeld maatregelen, rendementen, watertypen etc.) en relatietabellen waarin de relaties tussen bijvoorbeeld maatregelen, het gebied, het watertype en het rendement zijn weergegeven. De gebruiker geeft als input het watertype, de regio en de organismegroep waarvoor het rendement bepaald moet worden. Vervolgens zal de gebruiker een aantal vragen over het gebied moeten beantwoorden aan de hand waarvan de verstoringfactoren bepaald worden. Het programma selecteert vervolgens voor het gebied de geschikte maatregelen. Daarna bepaalt het programma welke van deze maatregelen in de betreffende situatie het hoogste ecologisch rendement zullen opleveren. Dit gebeurt door de relevante informatie uit de kennisdatabase te selecteren. De output die de gebruiker te zien krijgt bestaat uit de drie meeste geschikte (combinaties van) maatregelen met daarbij het te verwachten ecologisch rendement, de mate van doelrealisatie en de kosten. Voor deze drie aspecten wordt tevens een mate van onzekerheid weergegeven.

Om het stelsel operationeel te maken zijn veel gegevens nodig. Deels kunnen gegevens gehaald worden uit het voor dit project uitgevoerde literatuuronderzoek naar de effecten van hydrologische maatregelen op ecosystemen (Nijboer, 2004) en uit inventarisaties van projecten die lopen bij waterschappen (Nijboer et al., 2004).

Het zal moeilijk zijn om het stelsel met gekwantificeerde gegevens te vullen, omdat deze nog weinig beschikbaar zijn. Het expertstelsel zal daarom een open stelsel worden wat aangevuld kan worden met nieuwe informatie.

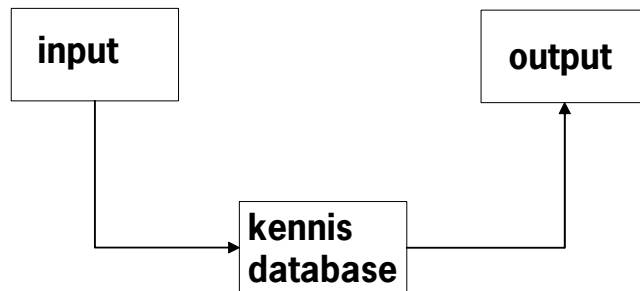
1.6 De applicatie

In dit rapport is een operationeel expertstelsel beschreven dat is ontworpen voor het bepalen van de effectiviteit van beheersmaatregelen op oppervlakte-watersystemen; de zogenaamde **MaatregelWijzer Waterbeheer** (MWW).

2 Bouw MaatregelWijzer Waterbeheer (MWW)

2.1 Inleiding

Bij het ontwerp van het expertsysteem is uitgegaan van een opbouw waarbij de output afhankelijk is van de input (gegeven door de beheerder) en een kennisdatabase (Nijboer & Groeneveld, 2004; figuur 1).



Figuur 1. Schematische weergave van het expertsysteem. De inputgegevens ingevoerd door de gebruiker worden gekoppeld aan een kennisdatabase waaruit een bepaalde output wordt geëxtraheerd (Nijboer & Groeneveld, 2004).

Om het programma operationeel te maken is dus een input en een output module nodig en dient de kennisdatabase gevuld te worden.

2.2 Input voor het expertsysteem

De input voor het systeem dient te bestaan uit de volgende onderdelen (Nijboer & Groeneveld, 2004):

- 1) Referentietypering van het oppervlaktewater.
- 2) De organismegroep waarover het ecologisch rendement gegeven dient te worden.
- 3) De toestand van het oppervlaktewater.
- 4) De te beoordelen maatregel.

Referentietypering van het oppervlaktewater

In de MWW zijn drie verschillende referentietypologieën opgenomen: de typologie uit het Aquatisch Supplementtype, uit de Natuurdoeltype systematiek en uit de Kaderrichtlijn watertype benadering (Nijboer & Groeneveld, 2004). In eerste instantie zijn alleen sloot- en beektypen opgenomen omdat hierover de meeste informatie wat betreft referentietypologie, organismegroepen en maatregelen beschikbaar waren. Het aantal watertypen kan in een later stadium uitgebreid worden. Er is geen verder onderscheid gemaakt naar verschillende regio's.

De meest nauwkeurigere indeling van de Natuurdoeltypen is beschreven in het 'Aquatisch Supplement'. Het Aquatisch Supplement vormt het achtergronddocument voor de (aquatische) Natuurdoeltypen. Het Aquatisch Supplement bestaat uit dertien

delen, waarvan elk deel een groep watertypen behandelt. Deze typologie is in de MWW applicatie opgenomen. Het betreft de Aquatisch Supplementtypen beschreven in het Aquatisch Supplement deel 2: beken (Verdonschot, 2000) en deel 6: sloten (Nijboer, 2000):

- AS02_01: Droogvallende bovenloopjes
- AS02_02: Droogvallende bovenlopen
- AS02_03: (Zwak) zure bovenloopjes
- AS02_04: (Zwak) zure bovenlopen
- AS02_05: (Zwak) zure middenlopen
- AS02_06: Snelstromende bovenloopjes
- AS02_07: Snelstromende bovenlopen
- AS02_08: Snelstromende middenlopen
- AS02_09: Snelstromende benedenlopen
- AS02_10: Snel stromende riviertjes
- AS02_11: Langzaam stromende bovenloopjes
- AS02_12: Langzaam stromende bovenlopen
- AS02_13: Langzaam stromende middenlopen
- AS02_14: Langzaam stromende benedenlopen
- AS02_15: Langzaam stromende riviertjes
- AS06_01: Brakke sloten
- AS06_02: (Zwak) zure zandsloten
- AS06_03: Zure hoogveensloten
- AS06_04: Oligo-mesotrofe zandsloten
- AS06_05: Mesotrofe veensloten
- AS06_06: Eutrofe veensloten
- AS06_07: Eutrofe kleisloten

De Aquatisch Supplementtypen zijn geaggregeerd in (aquatische) Natuurdoeltypen (Bal et al., 2001). Uit het Handboek Natuurdoeltypen zijn alle stromende watertypen opgenomen, behalve de typen die uitsluitend bronnen bevatten (NDT 3.2), de grotere wateren (> 30m; NDT 3.9 en NDT 3.10) en de getijdenwateren (NDT 3.11 en NDT 3.12). Daarnaast zijn van de stilstaande wateren de sloottypen opgenomen en het Natuurdoeltype 'licht tot matig brak stilstaand water' (NDT 3.13a), aangezien dit type licht brakke tot matig brakke sloten omvat. Het subtype 'sterk brak stilstaand water' (>10 mg Cl/l; NDT 3.13b) is buiten beschouwing gelaten, aangezien dit watertype qua flora- en faunasamenstelling te zeer van de zoete wateren verschilt. De in de MaatregelWijzer Waterbeheer opgenomen Natuurdoeltypen zijn:

- NDT 3.1: Droogvallende bron en beek
- NDT 3.3: Snelstromende bovenloop
- NDT 3.4: Snelstromende midden- en benedenloop
- NDT 3.5: Snelstromend riviertje
- NDT 3.6: Langzaam stromende bovenloop
- NDT 3.7: Langzaam stromende midden- en benedenloop
- NDT 3.8: Langzaam stromend riviertje
- NDT 3.13a: Licht tot matig brak stilstaand water
- NDT 3.15: Gebufferde sloot
- NDT 3.21: Zwakgebufferde sloot

Naast de Aquatisch Supplement- en Natuurdoeltypen zijn in de MWW die KRW typen opgenomen, die sloten en beken betreffen. Het gaat hier om alle stromendwatertypen (de zogenaamde R-typen) met uitzondering van de bronnen en de typen breder dan 25 meter. Van de stilstaand watertypen (de zogenaamde M-typen) betreft het de lijnvormige wateren kleiner dan 8 m breed, de zwak brakke wateren en de kleine brakke tot zoute wateren. De kleine, brakke tot zoute wateren zijn ook opgenomen aangezien het hier wateren van boven 3 mg Cl/l betreft, in tegenstelling tot het 'sterk brak stilstaand water' (NDT 3.13 b), dat wordt gekenmerkt door een chloridegehalte van boven de 10 mg Cl/l.

Om één van de bovengenoemde referentietypen te kiezen zijn in de MWW verschillende ondersteunende 'hulpmiddelen' opgenomen; namelijk de typebeschrijving, de typologische samenhang en de onderscheidende factoren (stuur- en sleutelfactoren).

Per referentietype is een korte omschrijving opgesteld (Bijlage 1) waarin de onderscheidende factoren tussen de typen zijn omschreven.

Daarnaast is de onderlinge samenhang tussen de referentietypen binnen iedere typologie in figuren weergegeven (Bijlage 2), met uitzondering van de NDT typen waar geen typologische samenhang voor beschikbaar is.

In het programma zijn ook de typebeschrijvingen opgenomen, met uitzondering van de typen M01, M02, M08 en M09 waarvan geen typebeschrijvingen beschikbaar zijn. De informatie met betrekking tot de onderscheidende factoren, de typologische samenhang en de typebeschrijving zijn gebaseerd op Elbersen et al. (2003) en Van der Molen & Pot (2006a en b) voor de KRW typen, op Bal et al. (2001) voor de NDT typen en op Verdonschot (2000) en Nijboer (2000) voor de AS typen.

Tevens is in de MWW een module opgenomen waarmee de gebruiker kan zien welke watertypen uit andere referentietypologieën vergelijkbaar zijn met het gekozen referentie watertype. De hiervoor gebruikte koppelingstabel (tabel met de onderlinge relaties tussen de typen zoals opgenomen in de drie typologieën) is opgenomen in Bijlage 3.

Ecologisch rendement organismegroep

Vanwege de geringe hoeveelheid informatie beschikbaar over het effect van maatregelen op de verschillende organismegroepen is de organismegroep specifieke informatie voorlopig uit het huidige prototype gelaten. Er is uitgegaan van een algemeen ecologisch rendement gebaseerd op expert judgement.

Huidige toestand van het oppervlaktewater

Voor het bepalen van de effectiviteit van de maatregelen is het van belang om de huidige toestand van het water zo specifiek mogelijk te bepalen (Nijboer & Groeneveld, 2004). Hiervoor is een vragenmodule in de MWW opgenomen waarmee de gebruiker op basis van vragen de verstoringen en de ernst van deze verstoringen kan bepalen.

De vragenmodule is opgebouwd naar (hoofd)factoren die verstoord kunnen zijn. Voor de beken betreft het de hoofdfactoren Strooming, Structuren en Waterkwaliteit, voor de sloten betreft het de hoofdfactoren Waterhuishouding, Structuren en Waterkwaliteit. Voor brakke sloten is daarnaast specifiek de hoofdfactor Zoutgehalte van belang. De hoofdfactoren kunnen op verschillende manieren verstoord zijn. Met behulp van de vragenmodule wordt binnen iedere hoofdfactor doorgevraagd om zo de meer specifiek verstoorde factor (veelal een stuurfactor) te achterhalen. De hoofd- en stuurfactoren zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. De hoofd- en stuurfactoren werkzaam in beken en sloten.

Watertype	Hoofdfactor	Stuurfactor
beken	stroming	basisafvoer
		afvoerdynamiek
		stuwing
	structuur	profiel
		onderhoud
		beschoeiing
		schaduw
	waterkwaliteit	nutriënten en organische belasting
		toxische stoffen
sloten	zoutgehalte	zoutgehalte (bij brakke wateren)
	waterhuishouding	waterpeil
	structuur	profiel
		onderhoud
		beschoeiing
	waterkwaliteit	nutriënten en organische belasting
		toxische stoffen

In de vragenmodule wordt gevraagd of een stuurfactor verstoord is en zo ja, in welke mate de verstoring aanwezig is. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar zwakke, matige en sterke verstoring.

Wanneer een stuurfactor verstoord is, kunnen hier verschillende oorzaken aan ten grondslag liggen. Van alle stuurfactoren is nagegaan wat de oorzaken van een verstoring kunnen zijn en deze mogelijke oorzaken zijn in de MWW vragenmodule opgenomen. De vragenmodule is zodanig opgebouwd dat eerst wordt gevraagd of een stuurfactor verstoord is en, indien dit het geval is, wordt daarna stapsgewijs achterhaald wat de oorza(a)k(en) van deze verstoring(en) zijn.

De te beoordelen maatregel

Het oorspronkelijke idee achter de MWW was dat de gebruiker een maatregel kon kiezen waarvoor het effect op het ecosysteem uitgerekend kon worden (Nijboer & Groeneveld, 2004). Er is momenteel echter te weinig informatie beschikbaar over de effecten van specifieke maatregelen. Daarom is deze optie (nog) niet beschikbaar in het prototype. Wel wordt aan de hand van de MWW vragenmodule, die de oorzaken van de problemen specificeert, een lijst met maatregelen gegenereerd.

2.3 Output van de MWW

In het oorspronkelijke ontwerp van het expertsysteem zou de output bestaan uit de volgende onderdelen (Nijboer & Groeneveld, 2004):

- 1) Eén of meerdere hydrologische maatregelen of combinaties van maatregelen
- 2) Het ecologisch rendement
- 3) De mate van doelrealisatie
- 4) De mate van onzekerheid bij het ecologisch rendement
- 5) De mate van onzekerheid bij de doelrealisatie
- 6) De kosten van de maatregel
- 7) Onzekerheid van de kosten

De maatregelen

Aan de hand van de antwoorden door de gebruiker gegeven bij het doorlopen van de vragenmodule worden de maatregelen gegenereerd die voor het specifieke water van toepassing zijn. Er is voor gekozen om alle maatregelen die van toepassing zouden kunnen zijn weer te geven in de output. Hierbij worden niet alleen hydrologische maatregelen, maar ook morfologische maatregelen en maatregelen die de waterkwaliteit verbeteren weergegeven.

Het ecologisch rendement met mate van onzekerheid

Het is niet mogelijk gebleken om een kwantitatief rendement weer te geven van de afzonderlijke maatregelen of combinaties van maatregelen. Er is daarom besloten om door expert judgement het relatieve effect van de verschillende maatregelen te bepalen. Hierbij worden per stuurfactor de maatregelen op effectiviteit gerangschikt weergegeven.

Aangezien het ecologisch rendement van de maatregelen (nog) niet kan worden bepaald, is het ook (nog) niet mogelijk om de mate van onzekerheid bij het ecologisch rendement weer te geven.

De mate van doelrealisatie met mate van onzekerheid

Aangezien het ecologisch rendement van de maatregelen (nog) niet kan worden bepaald, is het ook (nog) niet mogelijk om de mate van doelrealisatie van de maatregelen weer te geven.

Omdat de doelrealisatie (nog) niet kan worden bepaald, is het ook (nog) niet mogelijk om de mate van onzekerheid bij de doelrealisatie weer te geven.

De kosten van een maatregel met mate van onzekerheid

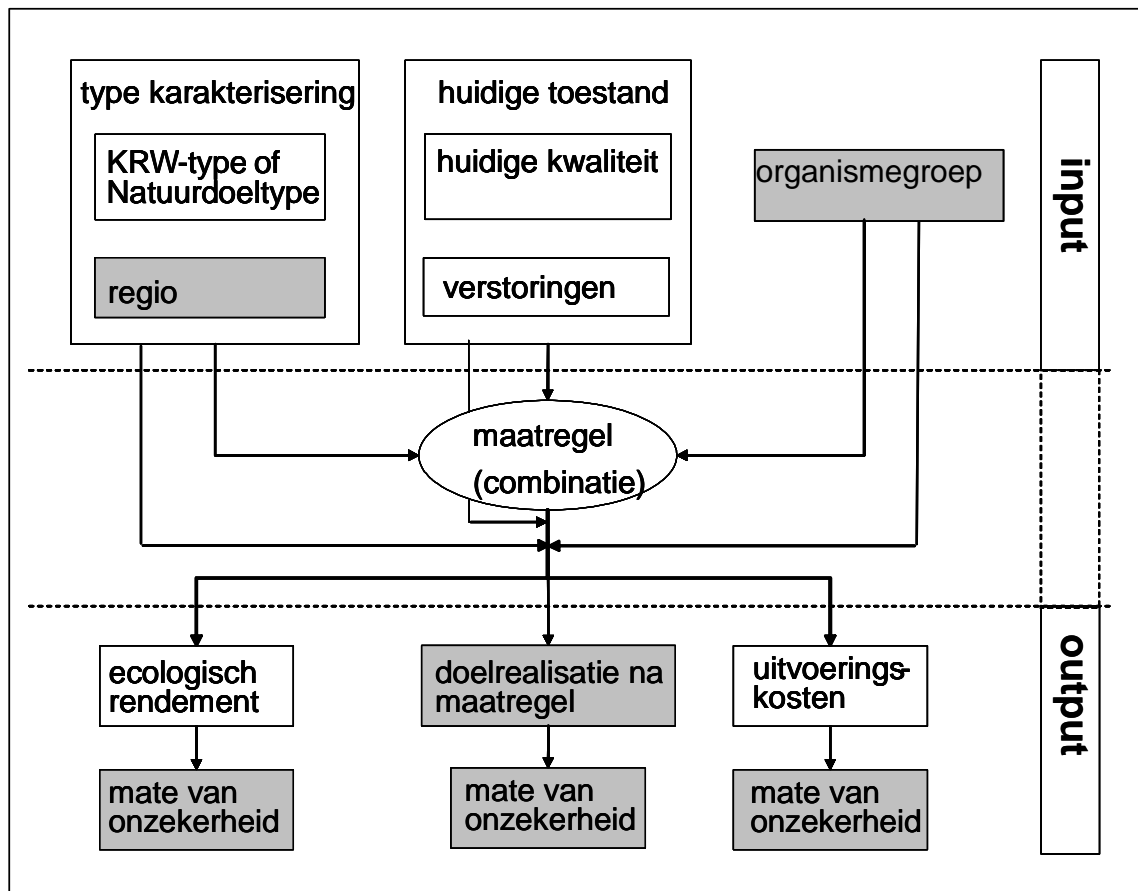
Er is momenteel niet genoeg informatie beschikbaar over de absolute kosten van de maatregelen. Er is echter wel een semi-kwantitatieve schatting van de kosten van de maatregelen gemaakt. Deze zijn opgenomen in de beschrijvingen van de maatregelen. Aangezien er (nog) geen informatie over de absolute kosten van de maatregelen beschikbaar is, is het ook (nog) niet mogelijk om de onzekerheid van de kosten op te nemen in het systeem.

Beschrijvingen van de maatregelen

Om het gebrek aan kwantitatieve gegevens over het effect van de maatregelen enigszins te ondervangen is besloten om in het prototype een uitgebreide beschrijving van de maatregelen op te nemen (hoofdstuk 4).

2.4 De kennisdatabase

De output is afhankelijk van de input en de informatie aanwezig in de kennisdatabase. De relaties tussen de input en outputgegevens staan weergegeven in figuur 2. In deze figuur is ook opgenomen welke onderdelen momenteel aanwezig zijn in het prototype en welke niet (in grijs).



Figuur 2. Schematisch overzicht van het oorspronkelijk MWW ontwerp met input, output en onderlinge relaties tussen beiden (Nijboer & Groeneveld, 2004). De onderdelen die niet in het prototype zijn opgenomen zijn in het grijs weergegeven.

De kennisdatabase bestaat uit kennistabellen en relatietabellen. De kennistabellen bevatten alle basisinformatie, terwijl de relatietabellen de onderlinge afhankelijkheid van de kennistabellen weergegeven.

Kennistabel input watertype

Er is een tabel opgenomen waarin alle watertypen zijn weergegeven met daaraan gekoppeld de typebeschrijving (zie paragraaf 2.2).

Kennistabel en relatietabel vragenmodule huidige toestand

Er is een vragenmodule opgesteld die is opgebouwd uit tabellen waarmee de huidige toestand van het water wordt bepaald. Afhankelijk van het type water wordt door de MWW een specifieke vragenmodule gegenereerd. Voor meer informatie over de opbouw van deze vragenmodule wordt verwezen naar paragraaf 2.2.

Kennistabel en relatietabel maatregelen

De kern van het programma wordt gevormd door de kennistabel met maatregelen. Deze lijst met maatregelen is gebaseerd op de verstoringen/problemen die kunnen spelen in de verschillende watertypen. Deze lijst met maatregelen is samengesteld op basis van de maatregelen genoemd in 'Beken stromen' (Verdonschot et al., 1995), het Aquatisch Supplement deel 2 (Verdonschot, 2000) en deel 6 (Nijboer, 2000) en de maatregelen opgenomen in de database AQUAHERSTEL (<http://aquaherstel.wur.nl>).

Welke maatregelen genomen kunnen worden hangt af van het type water en de verstoringen die daar spelen. Deze beide factoren worden vastgesteld met behulp van de vragenmodule.

Iedere maatregel is voorzien van een uitgebreide toelichting (hoofdstuk 4). De maatregelen zijn in de toelichting gegroepeerd naar categorie oplossingscategorie, zo zijn bijvoorbeeld de maatregelen 'aanleggen van poelen', 'het aankoppelen van een oude meander' en 'vergroten retentie' gegroepeerd onder naar de oplossingscategorie 'retentie vergroten'.

Kennistabel en relatietabel ecologisch rendement

Zoals vermeld in paragraaf 2.3 is het (nog) niet mogelijk om het effect van de maatregelen te kwantificeren. Toch is gekozen om, gebaseerd op expert judgement, een prioritering van mogelijke maatregelen op te stellen. Hiervoor zijn eerst de hoofdfactoren geprioriteerd waarna een inschatting is gemaakt van het belang van de stuurfactoren per watertype.

Voor beken heeft stroming de hoogste prioriteit (prioriteitsfactor 3), aangezien stroming het beekstelsysteem karakteriseert. Zonder stroming bevat een beek niet de karakteristieke beekflora en -fauna, maar de flora en fauna van stilstaande wateren, met name van sloten. Daarna is de morfologie (de structuren) van belang (prioriteitsfactor 2), aangezien de morfologie de habitats omvat van de beekorganismen. Als derde is de waterkwaliteit van belang (prioriteitsfactor 1) aangezien deze, wanneer deze afwijkt van de referentiesituatie evenals voor stroming en morfologie, het leefmilieu van de beekflora en -fauna nadelig beïnvloedt. Voor sloten is de waterkwaliteit het belangrijkste (prioriteitsfactor 3), aangezien deze in belangrijke mate de samenstelling van flora en fauna beïnvloedt. Daarna zijn de structuren van belang (prioriteitsfactor 2), aangezien de structuren de habitats voor de flora en fauna bepalen. Als derde is de waterhuishouding van belang (prioriteitsfactor 1), aangezien de mate van wisselingen in het waterpeil en de aan- en afvoer van water het leefmilieu van de flora en fauna beïnvloedt. Voor brakke sloten is een extra hoofdfactor van belang, namelijk het zoutgehalte (prioriteitsfactor

3). Deze hoofdfactor is bij brakke wateren het belangrijkste, alle andere hoofdfactoren zijn daaraan ondergeschikt.

Binnen iedere hoofdfactor spelen een aantal stuurfactoren. Verstoringen en het herstel grijpen in op de stuurfactoren. Naarmate een stuurfactor sterker verstoord is zullen maatregelen die deze verstoring opheffen of verminderen een groter ecologisch effect hebben. In de MWW vragenmodule wordt de gebruiker gevraagd een inschatting te maken van de mate van verstoring van de stuurfactoren.

Zowel de prioritering van een hoofdfactor voor het watertype als de verstoring van de stuurfactoren resulteren ieder in een factor die de mate van belang (prioriteringsfactor) of effect (verstoringfactor) aangeeft. De prioriteringsfactor van de hoofdfactor en de verstoringfactor van de stuurfactor worden bij elkaar opgeteld om core te berekenen. Een hoge score resulteert in een hoge prioriteit. In een beekstelsysteem is bijvoorbeeld de stuurfactor basisafvoer binnen de hoofdfactor Stroming (prioriteitsfactor 3) matig verstoord (verstoringfactor 2) en de stuurfactor nutriënten en organische belasting binnen de hoofdfactor Waterkwaliteit (prioriteitsfactor 1) sterk verstoord (verstoringfactor 3). Dit resulteert in een score van 5 voor basisafvoer en een score van 4 voor nutriënten en organische belasting. De stuurfactor basisafvoer heeft dus een hogere prioriteit dan de stuurfactor nutriënten en organische belasting. In Bijlage 4 zijn de verstoringfactoren voor de stuurfactoren weergegeven.

Naast de prioritering van de combinatie hoofd- en stuurfactoren is een ordening van de maatregelen naar effectiviteit per stuurfactor opgesteld. Wanneer een maatregel op meerdere stuurfactoren inwerkt komt de maatregel ook bij al deze stuurfactoren voor. De prioritering van de maatregelen naar effectiviteit is als volgt:

- 1) Maatregelen die over een groter gebied werken hebben een hogere prioriteit dan maatregelen die over een kleiner gebied effect hebben.
- 2) Maatregelen die probleemgericht zijn krijgen een hogere prioriteit dan maatregelen die effectgericht zijn.
- 3) Maatregelen die een stressor aanpakken die een grote invloed heeft op de stuurfactor krijgen een hogere prioriteit dan maatregelen die een stressor aanpakken die een kleinere invloed heeft op de stuurfactor.
- 4) Maatregelen die effectiever zijn in het opheffen van de stressor krijgen een hogere prioriteit dan maatregelen die minder effectief zijn.

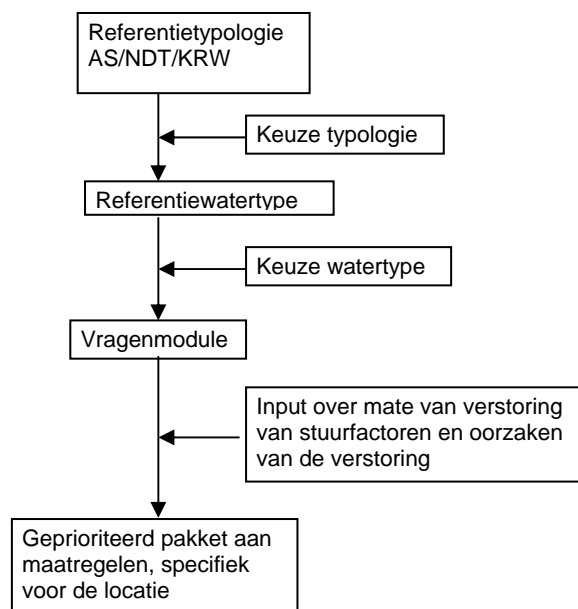
In Bijlage 5 en 6 zijn de maatregelen per stuurfactor naar prioriteit geordend.

2.5 Samenvatting

De uiteindelijke opbouw van het programma MaatregelWijzer Waterbeheer (MWW) is geschematiseerd weergegeven in figuur 3. Het betreft een prototype van de MaatregelWijzer Waterbeheer voor beken en sloten. Het programma bevat naast hydrologische maatregelen ook maatregelen voor het verbeteren van de waterkwaliteit en de morfologie en biedt daarmee een volledig maatregelenpakket voor waterbeheerdoeleinden.

Op basis van een gekozen referentietypologie en bijhorend referentie watertype wordt een vragenmodule gegenereerd waarmee bepaald wordt in welke mate een

stuurfactor verstoord is en wat daarvan de oorzaken zijn. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van een pakket aan maatregelen dat voor verbetering van het water gebruikt zou kunnen worden. De stuurfactoren zijn geordend naar belang en mate van verstoring, en de maatregelen zijn per stuurfactor geordend naar effectiviteit.



Figuur 3. Opbouw van het programma MWW

In de huidige MWW is de effectiviteit van de maatregelen, bij gebrek aan meer gegevens naar aanleiding van herstel projecten, gebaseerd op expert judgement. Om het programma verder te verbeteren is veel informatie nodig over de effectiviteit en het ecologisch rendement van de verschillende maatregelen op de verschillende organismegroepen. Het is dan ook van groot belang dat de effectiviteit van genomen maatregelen in de praktijk gemonitord wordt en ingevoerd wordt in de database AQUAHERSTEL (<http://aquaherstel.wur.nl>). Met deze informatie kan het programma verder uitgebreid worden. Daarnaast kan het programma ook uitgebreid worden met andere watertypen.

3 Handleiding MaatregelWijzer Waterbeheer (MWW)

3.1 Installatie

U kunt het programma installeren door de setup.exe te runnen.

3.2 Opstarten

Door het activeren van het MWW pictogram op de desktop of door het programma te kiezen uit het Start/Programs menu, wordt de applicatie opgestart. Na het opstarten van het programma verschijnt het venster **Selecteer referentie** (figuur 4).

3.3 Selecteer het referentie watertype



Figuur 4. Het selecteren van een referentietypologie en het referentiewaterstype.

In het venster **Selecteer Referentie** (figuur 4) kunt u het gewenste referentiewaterstype selecteren. Bij **Typologie** kunt u selecteren of u als referentie typologie de Aquatisch Supplement (AS), een Natuurdoel- (NDT) of Kaderrichtlijn Water typologie (KRW) wilt gebruiken als referentie. Na de keuze voor een typologie kunt u bij **Type** een keuze voor een specifiek referentiewaterstype binnen de gekozen referentietypologie maken. Hierbij dient u uiteraard uit te gaan van de gewenste situatie en niet van de huidige situatie. In deze versie van het programma zijn alleen

de referentiewatertypen van beken en sloten opgenomen. De **Naam** en een korte **Omschrijving** worden gelijk met de keuze van het **Type** weergegeven. In Bijlage 1 van dit rapport zijn de typen en hun beschrijving opgenomen.

Onder de knop **Typologische samenhang** bevindt zich de schematische weergave van de onderlinge samenhang en de onderscheidende factoren tussen de referentiewatertypen. Voor zowel de Aquatisch Supplement typen als de KRW typen is er een referentie boom beschikbaar voor de beken en voor de sloten. Voor de NDT typen is een dergelijke boom niet beschikbaar. In Bijlage 2 zijn de referentie bomen opgenomen. Onder de knop **Type beschrijving** is een volledige beschrijving van het geselecteerde type te vinden. De beschrijvingen zijn gebaseerd op Elbersen et al. (2003), Van der Molen en Pot (2006a en b) voor de KRW typen, Bal et al. (2001) voor de NDT typen en Verdonshot (2000) en Nijboer (2000) voor de AS typen.

Wanneer u een referentiewatertype heeft gekozen, start u de vragenmodule met **Start**.

3.4 Vragenmodule

Na de keuze van het referentiewatertype wordt een **vragenmodule** opgestart om te bepalen welke stressoren in welke mate een rol spelen in het betreffende water (paragraaf 2.2; figuur 5). In het scherm is het gekozen **referentiewatertype** weergegeven. Daaronder zijn de **hoofdfactor**, de **stuurfactor** en het **thema** weergegeven, die aangeven waar de vragen over gaan. U dient te antwoorden met **Ja** of **Nee**, of met **1**, **2** of **3**. Na het geven van een antwoord op een vraag kunnen:

- vervolgvragen verschijnen om het probleem nader te definiëren of;
- maatregelen worden gegenereerd of;
- gaat u verder naar een ander thema, stuurfactor of hoofdfactor.

In de balk onderin het vragenscherm staat weergegeven hoe ver u gevorderd bent in de vragenmodule.

Met de knop **Overzicht maatregelen** kunt u een overzicht van de tot dan toe gegenereerde maatregelen geprioriteerd oproepen (zie paragraaf 3.5). Met de knop **Info maatregelen** kan nadere informatie over de maatregelen opgevraagd worden.

MaatregelWijzer Waterbeheer - 2/2

Referentie: NDT-3.7b, Neutrale, langzaam stromende midden- en benedenloop

Hoofdfactor: Stroming

Stuurfactor: Afvoerdynamiek

Thema: Drainage

Vraag: Zijn er drainagebuizen, greppels en/of sloten in het gebied aanwezig?

Antwoord: Ja Nee

Maatregelen: Verwijder drainagesystemen en/of demp greppels en sloten óf verminder de drainagegraad óf koppel de greppels/sloten/drainagebuizen af.
Leg een hydrologische bufferzone aan

Terug Verder

Overzicht maatregelen Info maatregelen Sluiten

Figuur 5. Invoer voor de vragenmodule.

3.5 Prioritering

Aan de hand van de **vragenmodule** wordt een lijst met **maatregelen** gegenereerd, die specifiek van toepassing is op het betreffende water. Deze maatregelen zijn naar effectiviteit gerangschikt en opvraagbaar met de knop **overzicht maatregelen** (figuur 6). Voor een nadere toelichting wordt verwezen naar paragraaf 2.4 en Bijlage 4, 5 en 6).

In sommige gevallen zijn er verschillende uitvoeringen van een bepaalde maatregel die mogelijk verschillen in effectiviteit. Deze staan beschreven in de uitgebreide beschrijvingen onder de knop **info maatregelen** (zie paragraaf 3.6 en hoofdstuk 4) van de maatregelen. De uitvoeringen met een hogere effectiviteit hebben uiteraard een hogere prioriteit dan die met een lagere effectiviteit.

Referentie
NDT-3.7b, Neutrale, langzaam stromende midden- en benedenloop

Score	Stuurfactor	Prioriteit	Maatregel
6	Stroming, Afvoerdynamiek	1	Verwijder drainagesystemen en/of demp greppels en sloten óf verminder de drainagegraad óf koppel de
		2	Leg een hydrologische bufferzone aan
		3	Maak ploegvoren dwars op de afstroomrichting indien de afstroom van akkerland afkomstig is
		4	Ontwikkel een loofbos of een houtwal op de oevers
		5	Ontwikkel loofbos op de oevers
		6	Leg een oeverwalleetje aan, eventueel in combinatie met een houtwal
		7	Ontwikkel meandering/natuurlijk lengteprofiel
		8	Vergroot de retentie door bijv.: - vasthouden van water in sloten en greppels (bovenstrooms) - verhogen grondwaterpeil (bovenstrooms) - aankoppelen oude meanders (benedenstrooms) - aanleggen poelen (benedenstrooms)
5	Structuur, Onderhoud	1	Laat deze werkzaamheden zoveel mogelijk achterwege.
5	Stroming, Basisafvoer	1	Koppel het bovenstroomse traject aan op de beek
		2	Infiltrateur extra gezuiverd effluent
4	Structuur, Profiel	1	Ontwikkel meandering/natuurlijk lengteprofiel
		2	Verklein het profiel (beekbodem verhogen, versmalling of accoladeprofiel aanleggen)
		3	Ontwikkel micromeanders
		4	Verbeter de substraatvariatie door bijv.: - Aanleggen van een asymmetrisch oeverprofiel - Aanbrengen van grindbedden als deze van nature aanwezig waren - Aanleggen van overhangende oevers/steilranden en depositiezones. Terughalen van zand, wanneer de beek door deze insidings te grind is overvloedig

Omschrijving Opslaan Terug

Figuur 6. Overzicht van maatregelen per stuurfactor, geordend naar mate van effectiviteit (score).

3.6 Beschrijving maatregelen

Van alle maatregelen zijn uitgebreide beschrijvingen gemaakt met informatie over de achtergrond, de stuurfactoren waarop ze werken, de effecten, de toepassing, de ontwikkelingsperiode en de kosten. Deze informatie is op te vragen via de knop **Overzicht maatregelen** en via de knop **Info maatregelen** in de vragenmodule. In de beschrijvingen is een koppeling opgenomen met de website AQUAHERSTEL (<http://aquaherstel.wur.nl>). De complete beschrijvingen zijn ook opgenomen in hoofdstuk 4.

4 Beschrijvingen van de maatregelen

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft mogelijke maatregelen die genomen kunnen worden om verstoorde beken en sloten te herstellen. De beschrijvingen van de maatregelen zijn gebaseerd op informatie uit de Aquatische Supplementen deel 2: beken (Verdonschot, 2000) en deel 6: sloten (Nijboer, 2000), uit 'Beken Stroom' (Verdonschot et al., 1995), op een literatuuronderzoek naar de effecten van hydrologische maatregelen (Nijboer, 2004) en op expert judgement. De beschrijvingen zijn als volgt opgebouwd:

Naam

Achtergrondinformatie over de maatregel.

Stuurfactoren

Overzicht van stuurfactoren waar de maatregel op ingrijpt met een onderscheid naar de volgende factoren:

- 1) Hoofdfactor Stroming; waaronder de stuurfactoren basisafvoer, afvoerdynamiek en stuwning. Deze factoren gelden alleen voor beken.
- 2) Hoofdfactor Structuren (=morfologie); waaronder de stuurfactoren profiel, beschoeiing, onderhoud en schaduw. Deze factoren gelden zowel voor beken als voor sloten, behalve de stuurfactor schaduw, die uitsluitend geldt voor beken.
- 3) Hoofdfactor Stoffen (=Waterkwaliteit); waaronder de stuurfactoren nutriënten en organische belasting, en toxische stoffen. Deze factoren gelden voor zowel beken als sloten.
- 4) Hoofdfactor Waterhuishouding; waaronder de stuurfactor waterpeil. Deze factor geldt alleen voor sloten.

Effecten

Beschrijving van de effecten van de maatregel op het aquatisch systeem met in sommige gevallen een verwijzing naar andere maatregelen.

Toepassing

Beschrijving van de toepassingsmogelijkheden van de maatregel.

Ontwikkelingsperiode

Geschatte tijdsperiode nodig om (i) de maatregel uit te voeren en (ii) de effecten van de maatregel volledig tot uiting te laten komen.

Kosten

Geschatte kosten in kwalitatieve termen van gering, matig en aanzienlijk.

4.2 Beschrijving van maatregelen

Accoladeprofiel aanleggen

Bij het aanleggen van een accoladeprofiel wordt in een brede, ondiepere beekbedding een diepere, smallere beekbedding gelegd.

Stuurfactoren

Stroming: afvoerdynamiek.

Structuur: profiel.

Effecten

Door het aanleggen van een accoladeprofiel (twee-fasenbedding) verbeteren de stromingspatronen en de structuren van de beek. In het smallere gedeelte van het accoladeprofiel ontstaat meer variatie in het stromingsprofiel en een heterogeen substraatmozaïek. Daarnaast wordt bij piekafvoeren de bredere bedding benut, waardoor het negatieve effect van piekafvoeren wordt verminderd. Het aanleggen van een accoladeprofiel is een effectgerichte maatregel en wordt bij voorkeur alleen uitgevoerd wanneer effectievere maatregelen voor de vermindering van de afvoerdynamiek, zoals het bevorderen van infiltratie (infiltratie regenwater bevorderen), het vergroten van de retentie (retentie vergroten) of de ontwikkeling van meandering (meandering ontwikkelen) niet haalbaar zijn.

Toepassing

Deze maatregel wordt voornamelijk toegepast wanneer piekafvoeren lokaal voor problemen zorgen.

Ontwikkelingsperiode

Een accoladeprofiel kan redelijk snel worden aangelegd. Na de aanleg treedt het positieve effect op de stroming direct op. Het kan enige jaren duren voordat de levensgemeenschap zich volledig aan de veranderde situatie heeft aangepast.

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Morfologisch: twee-fasen-bedding aanleggen.

Bergingscapaciteit gebiedseigen water vergroten

Bij het, tot voor kort gangbare, omgekeerd peilbeheer wordt 's winters water afgevoerd, waardoor de grond langer bebouwd kan worden en wordt 's zomers gebiedsvreemd water aangevoerd, vanwege een tekort aan water in de zomer. Aangezien het aangevoerde water een andere chemische samenstelling heeft, heeft dit invloed op de waterkwaliteit in de sloten. Bovendien komen de tegennatuurlijke peilwisselingen de slootgemeenschap niet ten goede. Om de kwaliteit van het slootwater te waarborgen, de aanvoer van gebiedsvreemd water in de zomer te

verminderen en sterke peilwisselingen te voorkomen kan gebruik worden gemaakt van het vergroten van de bergingscapaciteit voor het gebiedseigen water.

Stuurfactoren

Waterpeil: waterpeil.

Stoffen: nutriënten en organische belasting.

Effecten

Door de bergingscapaciteit te vergroten verminderen peilwisselingen en is de inlaat van gebiedsvreemd water minder snel nodig. Hierdoor blijft de samenstelling van het water gebiedseigen. Deze maatregel is een effectieve en relatief gemakkelijke maatregel met een hoog rendement. De grotere berging van water in het gebied kan problemen opleveren voor de bestaande landbouw, maar er zijn mogelijkheden om de landbouw aan te passen aan het waterpeil.

Toepassing

De bergingscapaciteit kan vergroot worden door het waterpeil te verhogen (bijvoorbeeld door het aanleggen van stuwen met vistrappen), door de drainage te verminderen (bijvoorbeeld door verondiepen van sloten) en door het verlengen van de weg die het water moet afleggen om van het centrum van het gebied naar de randen te komen en omgekeerd. Met deze laatste maatregel wordt de isolatie van het gebied vergroot (met andere woorden het doorspoelen van een slotenstelsel met gebiedsvreemd water moet zoveel mogelijk vermeden worden). Daarnaast kan door het regelen van de inlaat van gebiedsvreemd water, waarbij op het juiste moment water in de boezem wordt ingelaten, ervoor gezorgd worden dat het gebiedseigen water minder snel wegvloeit.

Ontwikkelingsperiode

Het uitvoeren van peilwijzigingen kan snel (afgezien van juridische en bestuurlijke processen) geschieden, het verminderen van drainage of het wijzigen van de weglengte in slotenstelsel kost iets meer tijd. Het duurt enige jaren voordat de positieve effecten volledig in de samenstelling van de levensgemeenschap tot uiting komen.

Kosten

Gering tot matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Hydrologisch: aanvoerwater omleiden, constant stuwpeil aanleggen, gebiedseigen water conserveren, gebiedsvreemd water inlaat verminderen/stopzetten, isoleren, peilbeheer flexibel, peilbeheer grondwater gestuurd, peilbeheer optimaliseren, stuw plaatsen en waterinlaat verplaatsen.

Hydromorfologisch: watergang afkoppelen.

Bufferzone aanleggen

Bij sloten en beken is vaak sprake van directe instroom van allerlei stoffen (nutriënten, chemische middelen etc.) vanuit aanliggende bewerkte gronden. Om dit zoveel mogelijk te voorkomen kan een bufferstrook van 5-10 meter worden aangelegd, waar geen bemesting en chemische bestrijding plaatsvindt.

Stuurfactoren

Stoffen: Nutriënten en organische belasting en evt. toxische stoffen.

Effecten

Door een bufferzone aan te leggen verbetert de waterkwaliteit. De bufferzone resulteert in een afname van het productief areaal voor de landbouw, maar zorgt, naast de positieve effecten op de sloot of beek, ook voor een hogere natuurwaarde van de akker- weilandranden.

Bij voorkeur worden stroken van 10 m gebruikt, maar smallere stroken hebben ook al effect.

Toepassing

De bufferstrook kan bestaan uit bijvoorbeeld een strook riet of ruigtebegroeiing of kan ingezaaid worden met gras of een kruiden- en bloemenmengsel. Bij beken kan gedacht worden aan het ontwikkelen van houtige begroeiing (houtige vegetatie ontwikkelen).

Ontwikkelingsperiode

Na aanleg zal de waterkwaliteit na enige tijd verbeteren. Het zal enige jaren duren voordat de levensgemeenschap volledig aan de veranderde situatie is aangepast.

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Waterkwaliteit: bufferzone aanleggen.

Drainage (open of gesloten) verwijderen/verminderen

Door de directe afwatering via drainage systemen (sloten, greppels of drainagebuizen) op de beek wordt het water versneld afgevoerd, wat kan leiden tot verdroging van het systeem enerzijds, en piekafvoeren anderzijds. Piekafvoeren kunnen leiden tot een geërodeerd dwarsprofiel en het wegspoelen van habitat-structuren en organismen. Het water dat de drainagesystemen afvoeren kan ook vervuild zijn, afhankelijk van het gebruik van de gedraineerde gronden (bijvoorbeeld met nutriënten in het geval van landbouwgronden). Ook wanneer het drainage-systeem niet op de beek zelf afwatert, maar wel het inzigsgebied van de beek draineert, leidt dit tot problemen in de vorm van verdroging.

Stuurfactoren

Stroming: basisafvoer en afvoerdynamiek.

Stoffen: nutriënten en organische belasting, evt. toxische stoffen.

Effecten

Verwijderen van drainage pakt de kern van het verdrogingsprobleem aan en zorgt voor een hogere basisafvoer. Daarnaast kan het zorgen voor een vermindering van piekafvoeren (bij directe afwatering op de beek) en daarmee een verbetering van de habitatstructuren. Wanneer sprake is van directe afwatering op een beek met vervuild water, kan de verwijdering ook zorgen voor een verbetering van de waterkwaliteit.

Het effect op de afvoer hangt af van het verschil tussen de oorspronkelijke drainagegraad en daarbij behorende grondwaterstand, en de gerealiseerde grondwaterstand. Piekafvoeren kunnen afnemen tot een natuurlijk niveau. Er kan ook een redelijke mate van effect op de waterkwaliteit optreden, afhankelijk van de mate van vervuiling van het drainagewater. Dit is echter geen structurele oplossing, aangezien de vervuiling uiteindelijk via het grondwater alsnog bij de beek terecht kan komen. Het verminderen van de drainagegraad zal een geringer effect op de basisafvoer en de afvoerdynamiek hebben dan het verwijderen van drainage.

Toepassing

De mogelijkheden tot het verwijderen van drainagesystemen zijn afhankelijk van de gebruiksfunctie van de omliggende gronden, vaak gekoppeld aan bepaalde grondwaterstandseisen. Maar deze maatregel is in landbouwgebieden (soms met enige aanpassingen, bijvoorbeeld het telen van een ander gewas) en natuurgebieden vaak toch haalbaar. In watergangen die voor het aanwezige grondgebruik nodig zijn, kan de drainagegraad worden verminderd, waarbij afstemming tussen grondgebruik en waterbeheer dient plaats te vinden, bijvoorbeeld in de vorm van een andere gewasteelt of door het sluiten van beheersovereenkomsten. Wanneer het verwijderen of verminderen van de drainage niet mogelijk is kan gedacht worden kan het vergroten van de retentie (retentie vergroten).

Drainagebuizen dienen verwijderd te worden en sloten en greppels kunnen actief gedempt worden. De meeste sloten en greppels zullen echter, wanneer het normale onderhoud wordt gestaakt, na verloop van jaren verlanden. Bijkomend voordeel van dergelijke passieve verwijdering is dat de bodem in verlande sloten afwijkt in structuur en aanleiding geeft tot de ontwikkeling van een afwijkende levensgemeenschap. Verlanden kan worden bevorderd door stuwen of schotten te plaatsen. Een verminderde drainage kan gerealiseerd worden door het verondiepen van sloten en greppels of door peilverhoging. Ook het aanpassen van het onderhoud van sloten, bijvoorbeeld door gedeeltelijk te schonen en/of te baggeren, kan een vertraging in het watertransport opleveren. Drainerende watergangen kunnen ook van een beek afgekoppeld worden, waarmee de landbouwstromen van de natuurstromen worden gescheiden. Dit heeft enerzijds effect op de afvoerdynamiek en anderzijds op de waterkwaliteit van de beek.

Ontwikkelingsperiode

De tijdsinvestering voor actieve verwijdering of vermindering van drainage is kort. Wanneer gebruik wordt gemaakt van passieve verlanding kan de ontwikkelingstijd jaren bedragen. Het kan enige jaren duren voor het effect van de maatregel volledig tot uiting komt in de samenstelling van de levensgemeenschap.

Kosten
Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL
Hydrologisch: drainage verwijderen.
Hydromorfologisch: watergang afkoppelen.

Effluent infiltreren

In plaats van het effluent van RWZI's via het oppervlaktewater af te voeren kan het worden gezuiverd en geïnfiltrerd. Dit is een hydrologische maatregel om de gemiddelde grondwaterstand te verhogen. Hiermee kunnen verdrogingsproblemen verminderd worden.

Stuurfactoren
Stroming; basisafvoer en afvoerdynamiek.

Effecten
Door het effluentwater te infiltreren wordt de gemiddelde grondwaterstand verhoogd en wordt de basisafvoer van de beek op termijn hoger. Wanneer het effluent eerst door de beek werd afgevoerd zorgt het tevens voor vertraging van de afvoer en voor een verbetering van de waterkwaliteit van de beek, maar er is tegelijk een verhoogde kans op droogvallen.

Toepassing
Deze maatregel kan worden ingezet wanneer door verdroging de grondwaterstand in een gebied te laag is en andere, probleemgerichte maatregelen, zoals het verwijderen van de drainage (drainage (open of gesloten) verwijderen/verminderen) of het bevorderen van infiltratie van regenwater (infiltratie regenwater bevorderen), niet/onvoldoende toegepast kunnen worden. De maatregel vergroot de kans op vervuiling van het freatische grondwatersysteem door voedingsstoffen en microverontreinigingen. Dit laatste is vanuit de gebiedskwaliteit ongewenst en moet worden voorkomen. Het gebruik van effluent stelt daarom hoge eisen aan de kwaliteit en extra zuivering is noodzakelijk. Er dient ook rekening te worden gehouden met een vergrote, nadelige kans op droogvallen van de beek wanneer het effluent oorspronkelijk via de beek werd afgevoerd (sommige beken zijn in hun afvoer sterk afhankelijk van het effluent).

Ontwikkelingsperiode
Het kost enige tijd infiltratie voorzieningen te realiseren. Het duurt meerdere jaren voordat de effecten op de levensgemeenschap zichtbaar worden.

Kosten
Hoog.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL
Hydrologisch: gezuiverd effluent hergebruiken.

Helofytenfilter aanleggen

Een helofytenfilter is een combinatie van planten (vooral biezten of riet die in de waterbodem wortelen), aangehechte bacteriën en epifyten die voedingsstoffen uit het passerende water opnemen, en waartussen zich epifauna bevindt en waar zwevende stof kan bezinken.

Stuurfactoren

Stoffen: nutriënten en organische belasting.

Effecten

Door het aanleggen van een helofytenfilter kan de vervuiling van aangevoerd water worden teruggedrongen. Voor het zuiveringsrendement is zowel de verblijftijd als de nutriëntenbelasting per oppervlakte-eenheid van belang. Over het rendement van helofytenfilters lopen de meningen en ervaringen sterk uiteen. Helofytenfilters nemen ruimte in, de zuiverende werking vindt met name plaats in het zomerhalfjaar en door wegzijging kan grondwaterverontreiniging optreden. Dit laatste kan worden voorkomen door het filter van het grondwater af te sluiten. In bepaalde perioden van het jaar kan nalevering van nutriënten optreden. Verder bieden de helofytenfilters levensmogelijkheden aan allerlei moerasorganismen.

Toepassing

Een helofytenfilter moet afgestemd zijn op de hoeveelheid toegevoerd water, de belasting met nutriënten en op het na te streven zuiveringsrendement. Het beheer moet gewaarborgd zijn. Helofytenfilters zijn met name inzetbaar bij puntbronnen van niet te grote omvang, vooral als de belasting is geconcentreerd in het zomerhalfjaar. Daarnaast wordt het in beginsel mogelijk geacht helofytenfilters in te zetten bij het zuiveren van landbouwwater (hiermee wordt bedoeld water dat uit landbouwgebied afkomstig is en dat sterk belast is met nutriënten), voorbezonken huishoudelijk afvalwater van individuele woningen (huishoudelijke lozingen saneren) en water afkomstig van overstorten (overstorten saneren). Als gevolg van oplading van de bodem moet mogelijk al na enkele jaren de bagger worden verwijderd. Uiteraard moet de vegetatie regelmatig worden geoogst.

Het principe van een helofytenfilter kan ook worden toegepast door de weg van het aangevoerde water te verlengen, aangezien de waterplanten in de sloot de voedingsstoffen uit het water op nemen en het water hierdoor armer aan voedingsstoffen wordt.

Ontwikkelingsperiode

Het duurt enkele jaren voordat het helofytenfilter zich volledig heeft ontwikkeld en optimaal functioneert. Daarna vindt regelmatig terugzetting plaats door maaien en baggeren.

Kosten

Hoog. De kosten van het verlengen van de weg van aangevoerd water zijn matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Waterkwaliteit: helofytenfilter aanleggen.

Horse-shoe wetlands aanleggen

Veel ondiep geïnfiltrerd water, inclusief opgeloste stoffen, wordt via drainagesystemen afgevoerd naar het oppervlaktewater. Deze drainagesystemen vormen (talrijke) puntbronnen van voedingsstoffen. Door het aanleggen van horse-shoe wetlands tussen de uitmonding van de drainagesystemen en de beek of sloot kan de nutriëntenbelasting worden verminderd.

Stuurfactoren

Stoffen: nutriënten en organische belasting.

Effecten

Door het aanleggen van een horse-shoe wetland kan de vervuiling van het aangevoerde water worden teruggedrongen. Omdat drainagewater doorgaans arm is aan zwevende stoffen, is het bezinkingseffect bij horse-shoe wetlands verwaarloosbaar. Wel worden nutriëntengehalten verlaagd. Daarnaast hebben horse-shoe wetlands een gering vertragend effect op de afvoer van het water. Verder bieden horse-shoe wetlands levensmogelijkheden aan allerlei moerasorganismen. De mate van reductie in nutriëntgehalten is afhankelijk van het (groei-)seizoen.

Toepassing

Horse-shoe wetlands kunnen worden toegepast bij sloten en beken die beïnvloed worden door met nutriënten verrijkt drainagewater. Ze kunnen als onbeschaduwde delen worden ingepast in beekbegeleidende bufferstroken of in een slotensysteem. Ook kunnen greppels en kleine sloten dwars op de beek of sloot in een horse-shoe wetland uitmonden of zelf als zodanig functioneren. Elk horse-shoe wetland heeft een oppervlakte van minimaal 10 bij 8 meter. Horse-shoe wetlands nemen slechts weinig ruimte in. De vegetatie moet regelmatig worden geoogst.

Ontwikkelingsperiode

Het duurt enkele jaren voordat het wetland zich volledig heeft ontwikkeld.

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Waterkwaliteit: helofytenfilter aanleggen.

Houtige vegetatie ontwikkelen

Een natuurlijke beek wordt bijna altijd begeleid door bomen. De boomkronen en worteling zijn van directe invloed op het beekcotoop (beïnvloeding van de vorm en het klimaat in de beek). De bomen zorgen voor schaduw. Daarnaast zijn ingewaaide bladeren en takken en de aanwezigheid van omgevallen bomen in de beek een randvoorwaarde voor de ontwikkeling van een natuurlijk beekstelsel.

Stuurfactoren

Structuur: schaduw.

Stroming: basisafvoer en afvoerdynamiek.

Effecten

Houtige begroeiing zorgt voor het vastleggen van de vorm van de beekbedding, biedt habitat en brengt variatie aan in het stromingspatroon. Bovendien kunnen de bomen als obstakels in de stroom een bron van morfologische microdynamiek zijn, die op termijn het proces van het ontstaan van meanders bevorderen. Verder voeren ze organisch materiaal naar de beek, een belangrijk functioneel aspect. De beekvorm wordt gedurende zeer lange tijd gestabiliseerd door boomgroei op de oever. Bomen geven schaduw en beperken daardoor de groei van macrofyten en algen, zowel in het water als op de oevers. Daarnaast vlakken bomen temperatuurschommelingen af en zorgen daarmee voor een meer constant microklimaat in de beek. Bomen creëren bovendien belangrijke bufferzones voor water en stoffen. De nadelige effecten van beschaduwing van naast gelegen landbouwgebied worden meestal meer dan gecompenseerd door het voordeel van het verminderen van windeffecten. Verder houdt de bosbodem water vast, hetgeen een vertraging geeft van de oppervlakkige en ondiepe afstroming naar de beek. De mate van effect is afhankelijk van de lengte van het traject waarover de houtige vegetatie ontwikkeld wordt.

Toepassing

Behalve bij hoogveenbeken, benedenlopen en riviertjes, is de aanwezigheid van loofbos op beekoevers een natuurlijke situatie. Het gebruik van loofbomen verdient de voorkeur boven naaldbomen, aangezien de aanwezigheid van loofbomen de natuurlijke situatie representeert. Daarnaast zorgen naaldbomen voor meer verdamping dan loofbomen, waardoor met de omzetting van naaldbomen naar loofbomen ook hydrologische winst wordt geboekt. Bosontwikkeling kan bijna overal worden toegepast voor de bevordering van beschaduwing van de beek, het vergroten van de habitatvariatie, het afvlakken van het afvoerpatroon en als bufferzone. Er is veel ruimte om de beek nodig om de ontwikkeling naar bos mogelijk te maken. Desnoods kan gebruik gemaakt worden van de ontwikkeling van een houtwal.

De omvorming van korte vegetaties naar opgaand bos verloopt spontaan wanneer het maai-beheer wordt beëindigd. Dergelijke passieve ontwikkeling verdient de voorkeur vanwege de natuurlijke selectie van geschikte beplanting. Bijkomend voordeel is dat de levensgemeenschap zich geleidelijk aan de veranderende situatie kan aanpassen. Boomaanplant versnelt weliswaar de ontwikkeling naar bos/houtwal, maar mist de voordelen van geleidelijke ontwikkeling en natuurlijke selectie van geschikte begroeiing. Bij boomaanplant is het van groot belang dat de boomkeuze aansluit bij de natuurlijke begroeiing. (Machinaal) onderhoud aan de bosbestanden dient achterwege gelaten te worden.

Ontwikkelingstijd

De positieve effecten beginnen na ongeveer 10 jaar op te treden, maar kan meer dan 30 jaar duren voor het effect van de ontwikkeling van loofbos volledig tot uiting komt.

Kosten

Wanneer er simpelweg gestaakt wordt met het onderhoud van de korte vegetatie kan dit een kostenbesparing opleveren. Bovendien hoeft het ontwikkelde bos of houtwal ook nauwelijks onderhouden te worden en wordt het beekonderhoud aanzienlijk verminderd en goedkoper. Wanneer een gedeelte van de aanliggende gronden aangekocht moet worden is dit de voornaamste kostenpost.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Morfologisch: houtige vegetatie laten ontwikkelen/aanplanten.

Huishoudelijke lozingen saneren

Sommige huishoudens zijn nog niet aangesloten op het riool en lozen direct op het oppervlaktewater. Hierdoor wordt het ontvangende oppervlaktewater vervuild met nutriënten en organische stof.

Stuurfactoren

Stoffen: nutriënten en organische belasting.

Effecten

Door de lozingen te saneren verbetert de waterkwaliteit. De mate van effect is afhankelijk van de hoeveelheid geloosd water en de mate van vervuiling van dit geloosde water.

Toepassing

Om deze vervuiling te voorkomen kunnen de betreffende huishoudens het best aangesloten worden op het riool. Is dit (nog) niet mogelijk, dan kan de vervuiling met behulp van een IBA (individuele behandeling afvalwater) teruggedrongen worden. IBA's zijn er in verschillende klassen, waarbij of alleen de vaste stof wordt opgeslagen en gedeeltelijk wordt afgebroken (klasse 1), ook zwevende stof wordt aangepakt (klasse 2), of naast slib en zwevende stof tevens stikstof wordt aangepakt (klasse 3a). Klasse 3b verwijdert ook fosfaat. Hoe hoger de klasse hoe groter de verbetering. De laatste klasse verdient uiteraard de voorkeur. De IBA kan ook in combinatie met een helofytenfilter worden toegepast (helofytenfilter aanleggen).

Per 1 januari 2005 mag er geen ongezuiverd afvalwater meer geloosd worden. De gemeente is verantwoordelijk voor het aanleggen van riolering. Indien de gemeente ontheffing heeft gekregen voor bepaalde percelen is de bewoner zelf verantwoordelijk voor het zuiveren van het afvalwater door middel van een IBA (individuele behandeling afvalwater).

Ontwikkelingsperiode

Na aanleg zal de waterkwaliteit direct verbeteren en zal het één tot meerdere jaren duren voor een beekstelsel zich hierop volledig heeft aangepast.

Kosten

De kosten van aansluiting op de riolering zijn aanzienlijk, de kosten van de IBA's variëren van €1500 (klasse 1) tot €6500 (klasse 3) (de kosten van de aanleg zijn hierbij buiten beschouwing gelaten).

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Waterkwaliteit: huishoudelijke lozingen opheffen.

Hydrologische bufferzone aanleggen

Menselijke invloeden op de grondwaterstand en op grondwaterstromen hebben vaak negatieve gevolgen. Er wordt water aan het beekstelsysteem onttrokken of water wordt op een andere wijze, meestal versneld, afgevoerd. Een hydrologische bufferzone is een brede zone langs beide zijden van de beek waar onttrekkingen zijn verboden, drainerende watergangen zijn verwijderd en waar de oppervlakkige afstroming is verminderd.

Stuurfactoren

Stroming: basisafvoer en afvoerdynamiek.

Effecten

Een bufferzone, mits van voldoende omvang, kan de basisafvoer van een beek verhogen, pieken aftoppen en/of voorkomen dat een traject voor bepaalde tijd droog komt te vallen.

Toepassing

Hydrologische bufferzones worden toegepast bij half-natuurlijke en multifunctionele beken. Plaatselijke grondwateronttrekking kan worden voorkomen door de hydrologische bufferzone met een verordening of het niet verlenen van vergunning, te vrijwaren van onttrekking. Vooral in intensief gebruikte landbouwkundige gebieden is een hydrologische bufferzone in de vorm van een aangewezen beschermingszone een effectieve bescherming. In de bufferzone dienen hoge grondwaterstanden te worden geaccepteerd en mag de beek eventueel inunderen. De hydrologische bufferzone kan tegelijkertijd ook gebruikt worden als bufferzone tegen de instroom van stoffen (bufferzone aanleggen).

Ontwikkelingsperiode

Het duurt enige jaren voordat de effecten volledig tot uiting komen (matig).

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Hydrologisch: hydrologische bufferzone aanleggen.

Industriële lozingen saneren

Industriële lozingen hebben invloed op de waterkwaliteit van beken en sloten.

Stuurfactoren

Stoffen: nutriënten en organische belasting, toxische stoffen.

Effecten

Sanering van industriële lozingen zorgt voor een verbetering van de waterkwaliteit. De mate van verbetering hangt af van de mate van vervuiling die de lozingen veroorzaken en welke stoffen geloosd worden.

Toepassing

Industriële lozingen zijn aan regels gebonden en nadere normering en handhaving kan de vervuiling door de industrie verder beperken. Ook kan de industrie verplaatst worden naar minder kwetsbare gebieden.

Ontwikkelingsperiode

Het verscherpen en handhaven van regels m.b.t. industriële lozingen is een continu proces. Het duurt enige jaren voordat de effecten volledig tot uiting komen (matig).

Kosten

Hoog.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Geen.

Infiltratie regenwater bevorderen

In de bebouwde omgeving wordt een groot deel (circa 50%) van de neerslag via rioolstelsels direct afgevoerd (overstorten) naar het oppervlaktewater. Deze versnelde waterafvoer leidt tot een vergroting van de wisselingen in het afvoerpatroon en een vermindering van de berging, hetgeen kan leiden tot verdroging.

Stuurfactoren

Stroming: basisafvoer en afvoerdynamiek.

Stoffen: nutriënten en organische belasting, toxische stoffen.

Effecten

Met de infiltratie van regenwater wordt de bergingscapaciteit van de bodem in bebouwd gebied beter benut en neemt de wisseling in afvoer en/of peil in het ontvangende oppervlaktewater af. Belangrijk ander voordeel is dat de overstort-frequentie van rioolstelsels afneemt.

Toepassing

Veelal is het grondwaterpeil onder bebouwd gebied voldoende laag om een stijging probleemloos toe te laten. Soms kan een verhoging van de gemiddelde grond-

waterstand op lagere plaatsen leiden tot nattere kruipruimten in de winterperiode. Ook moet rekening worden gehouden met mogelijke vervuiling door het infiltrerende water. Een (verbeterd) gescheiden rioolstelsel biedt goede mogelijkheden om neerslagwater op te vangen in (stads-)vijvers waar het kan infiltreren. Een dergelijke vijver fungeert als een retentiebekken. Het gebruik van regentonnen, regenreservoirs en het direct infiltreren van dakafvoeren biedt eveneens een belangrijke bijdrage. Om de infiltratiesnelheid te vergroten kunnen speciale infiltratievoorzieningen worden toegepast zoals de aanleg van infiltratiebekkens (eventueel met een grindbodem) en wadi's (droge ondergrondse grindbeddingen) waarin water van een aantal gebouwen, een deel van een wijk en/of verhard oppervlak wordt verzameld en geïnfiltreerd. Dit laatste worden vaak in combinatie met infiltratievijvers toegepast. Op sommige plaatsen kan het toepassen van meer open vormen van bestrating (b.v. grastegels) worden overwogen. Uiteraard vormt het uitgangspunt om in de toekomst de bebouwing aan het grondwater aan te passen en niet omgekeerd.

Ontwikkelingsperiode

Een gescheiden rioolstelsel vraagt een grote tijdsinvestering. Beperkte maatregelen, zoals bijvoorbeeld het gebruik van regentonnen zijn echter op korte termijn te realiseren en leveren ook al een verbetering op. De hydrologische effecten treden direct op, maar het kan meerdere jaren duren voor het effect van de maatregel volledig tot uiting in de levensgemeenschap komt.

Kosten

Bij de aanleg van een volledig gescheiden rioolstelsel zijn de kosten aanzienlijk, maar deze zijn geringer bij het uitvoeren van de beperkte maatregelen.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Hydrologisch: infiltratie bevorderen.

Inundatiezones ontwikkelen

Piekafvoeren kunnen leiden tot de vorming van een ongewenst dwarsprofiel en het wegspoelen van habitatstructuren en flora en fauna. Door de beek de gelegenheid te geven om bij hoge afvoeren op bepaalde plaatsen buiten haar oevers te treden kunnen piekafvoeren voorkomen worden en kan het water langer in het stroomgebied worden vastgehouden. Zo ontstaat een inundatiezone waar een deel van het beekwater tijdelijk wordt geborgen en de kans krijgt opnieuw te infiltreren (met name in poelen en plassen) of waar het vertraagd terugvloeit naar een beek. Inundatiezones geven een beek ruimte om een meer gevarieerd profiel te ontwikkelen. In inundatiezones kan, afhankelijk van het aanwezige reliëf, een grote variatie ontstaan in de vochttoestand van de bodem (van vochtig tot aquatisch (stilstaande poelen)). Dit kan rijke en gevarieerde ecosystemen opleveren. Inundatiezones vormen tijdens hoge afvoeren een belangrijke luwtezone waarin veel organismen kunnen verblijven. Inundatiezones vlakken benedenstroomse afvoerpieken af. In het inundatiegebied kan meanderontwikkeling (meandering/natuurlijk lengteprofiel ontwikkelen) de ruimte krijgen.

Stuurfactoren

Stroming: afvoerdynamiek.

Toepassing

In midden- en benedenlopen kunnen inundatiezones, gelegen in natuurlijke laagten, karakteristiek en oorspronkelijk zijn. Mogelijk moeten hiertoe wallen of dijkjes plaatselijk worden verwijderd. In sommige gevallen is te overwegen laagten te creëren door maaiveldverlaging. Bij het realiseren van inundatiezones speelt, naast diversiteitsverhoging, de dimensionering een belangrijke rol. Bij beekherstelplannen dient allereerst onderzocht te worden of het een natuurlijke dan wel opgeleide beek (beken die niet in de laagstgelegen delen van het stroomdal liggen) betreft. Bij in het verleden opgeleide beken bestaat het risico dat de beekloop zich na het doorsteken van de omkading op den duur in z'n geheel verplaatst naar de laagste delen in het landschap. Vaak zal het nodig zijn de inundatiezone zelf te voorzien van een kade of oeverwal. Ook kunnen bij een opgeleide beek de vroegere vloeivelden als inundatiezone gaan dienen. De vorming van inundatiezones kan, indien kades of oeverwallen aanwezig zijn, eenvoudig zijn door het doorsteken hiervan.

Ontwikkelingsperiode

Na aanleg zal het 5 tot 10 jaar duren voordat de zone is ontwikkeld. Het hydrologisch effect wordt meteen bereikt.

Kosten

De voornaamste kosten betreffen het aankopen van omliggende gronden.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Hydrologisch: inundatiezone ontwikkelen.

Kwelstromen behouden

Aanwezigheid van kwel heeft een grote invloed op de beek. Het draagt bij aan de basisafvoer van de beek en bepaalt voor een groot deel de waterkwaliteit. Het dient te worden voorkomen dat door ploegen, herstelingsrepen of andere graafwerkzaamheden de kwelstromen verstoord worden.

Stuurfactoren

Stroming: basisafvoer.

Effecten

Door de kwelstromen te behouden kan de basisafvoer op peil worden gehouden. Bij verstoring kan de beek droogvallen.

Toepassing

Het dient te worden voorkomen dat bij bovenloopjes de kwelstromen verstoord worden door ploegen, herstelingsrepen of andere graafwerkzaamheden.

Kosten

Geen.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Geen.

Meandering/natuurlijk lengteprofiel ontwikkelen

De structuur van de beek is zeer belangrijk voor de ecologische waarde. Meandering zorgt voor stromingsvariatie wat tevens leidt tot een verscheidenheid aan habitats. Meandering is één van de eerste voorwaarden om een natuurlijk beekstelsel te kunnen ontwikkelen.

Stuurfactoren

Structuur: profiel en habitatvariatie.

Effecten

Ontwikkeling van meanders heeft naast effecten op de structuur ook een vertragend effect op de afvoer van water en kan verdroging tegengaan. De mate van effect is afhankelijk van de lengte van het traject waarover hermeandering plaatsvindt.

Toepassing

De voorkeur gaat uit naar de ontwikkeling van meanders over het gehele beektraject of op zijn minst over meerdere kilometers. Wanneer er geen ruimte is voor hermeandering kan door het creëren van micromeanders (micromeanders ontwikkelen) de variatie in stroomsnelheid en aan habitats worden verhoogd. Meanders kunnen op passieve wijze worden gerealiseerd of op actieve wijze door middel van graven. Bij voorkeur wordt er bij meanders geen zandvang aangelegd omdat in een meanderende beek erosie en sedimentatie in evenwicht zijn en een zandvang dit proces kan verstoren. Wanneer het aanleggen van zandvang onvermijdelijk is leg dan zand- en slibvang gescheiden aan.

Passieve hermeandering

Bij passieve meanderontwikkeling of het achterwege laten van beheer wordt de beek de vrijheid gegeven om zich autonoom morfologisch te ontwikkelen. Door niets te doen ontstaan variaties in stroomsnelheden als gevolg van bijvoorbeeld takken die in de beek vallen, ontwikkeling van waterplanten en oevervegetatie, en lokale variaties in de beddingvorm. Hierdoor treden lokale verschillen in erosie en sedimentatie op, waarbij zandbanken en stroomkuilen ontstaan die op hun beurt ook weer het stromingspatroon beïnvloeden. Dit leidt tot een grotere variatie in beddingdimensies, bodemreliëf en samenstelling van het beddingmateriaal. Vaak zijn mogelijkheden aanwezig voor inundaties door de vergrote weerstand in het tracé. Als de beekbodem zich geleidelijk verhoogt leidt dit tot verhoging van de grondwaterstanden en vergroting van de grondwaterberging. Het proces van morfologische ontwikkeling verloopt sneller naarmate de stroomsnelheid en daarmee het sedimenttransporterend vermogen groter zijn.

Er bestaat echter onzekerheid omtrent de ontwikkelingstermijn en het eindresultaat. Onder Nederlandse omstandigheden (geringe terreinhelling, geringe stroomsnelheden en betrekkelijk samenhangend beddingmateriaal) verloopt een autonome morfologische ontwikkeling langzaam. Deze wordt extra vertraagd als de dimensies veel te groot zijn waardoor de beek maar zelden voldoende kracht opbouwt om te eroderen. Bij overdimensionering dient de maatregel gepaard te gaan met verondiepen en verkleinen van het profiel. Bij een langzame ontwikkeling heeft de levensgemeenschap tijd om zich geleidelijk aan te passen en is de kans op een evenwichtig systeem groter dan bij gegraven meandering. Door actief micromeanders aan te leggen (micro-meanders ontwikkelen) kan de beek gestimuleerd worden om te gaan meanderen.

De passieve hermeandering kan worden overwogen in beken waar voldoende ruimte aanwezig is, bijvoorbeeld in natuurgebieden en beken met brede oeverstroken. Als niet de gehele beek de vrije loop kan worden gelaten, dient rekening te worden gehouden met eventuele boven- en/of benedenstroomse effecten. Vaak worden vanuit andere functies in het stroomgebied eisen aan peilen en sedimentvrachten gesteld. Een voorwaarde voor een zinvolle toepassing is dat er voldoende water aanwezig is om het proces op gang te brengen en de beek te handhaven. Het opheffen van één of meerdere stuwen en, indien aanwezig, het verwijderen van oever- en bodemverdediging geven dit proces een belangrijke impuls.

Actieve hermeandering

Bij het graven van meanders wordt, in tegenstelling tot de passieve meanderontwikkeling, het tracé meanderend of kronkelend aangelegd. Door de aanleg van meanders zal de beeklengte toenemen en het verhang afnemen. Als de beddingdimensies worden verkleind, waardoor de stroomsnelheid gelijk blijft, treedt geen ongewenste verhoogde sedimentatie op. Bovendien blijft de morfologische dynamiek klein en worden de beddingvariatie en -samenstelling vergroot. Het voordeel van het graven van meanders is dat op korte termijn het lengte- en dwarsprofiel verbeteren en dat het resultaat meer voorspelbaar is. De natuurlijke morfologische processen kunnen na uitvoering ongestoord plaatsvinden. Voor het stimuleren en/of graven van meanders is ruimte nodig. Indien sprake is van een stuw benedenstrooms van het meanderende deel dan kan sedimentatie optreden. Deze maatregel leidt tot meer variatie in habitats en kan zinvol zijn in beken (beektrajecten) waar ongewenste erosie optreedt. Bij het graven van meanders kan in principe elk gewenst tracé worden gekozen. Zowel vanuit waterbeheerstechnisch als ecologisch oogpunt gaat de voorkeur meestal uit naar een ontwerp waarbij de morfologische processen (stabiliteit en morfodynamiek) binnen de natuurlijke marges van het betreffende gebied liggen (een stabiel en relatief laag-dynamisch ontwerp). De keuze van het tracé en de beddingdimensies luisteren nauw. Er dient rekening gehouden te worden met de natuurlijke breedte/diepte ratio en de sinuositeit (mate van meandering). Het best kan gebruik worden gemaakt van de karakteristieken van een natuurlijk(er) traject in de beek, een vergelijkbare beek of historische gegevens. In de praktijk wordt vaak gekozen voor het herstel van een voormalige situatie terwijl de hydrologie meestal is gewijzigd. Dit kan tot onevenwichtige hydromorfologische situaties leiden. Overigens dient het graven van meanders te worden beschouwd als een eerste aanzet om de natuurlijke morfologische processen te laten plaatsvinden. Kort na de aanleg zal de beek kaal en

erosiegevoelig zijn. Bij hoge afvoeren leidt dit tot sedimentverplaatsing en oevererosie. Dit kan worden beperkt door een gefaseerde uitvoering en/of beperkt door de aanleg van een, mogelijk tijdelijke, nevengeul, zandvang of inundatiezones. Door middel van het onderhoud of het achterwege laten daarvan kan worden bijgestuurd.

Als vervanging van een stuw kunnen altijd meanders worden aangelegd. Bij beken die de neiging hebben om te gaan vlechten of een zeer grote afvoerdynamiek hebben zal deze maatregel minder succesvol kunnen zijn.

Ontwikkelingsperiode

Het passief ontwikkelen van meandering duurt lang tot zeer lang en is afhankelijk van de uitgangssituatie.

Bij het graven van meanders kan het meerdere jaren duren voor dat de beek en de levensgemeenschap zich heeft aangepast.

Kosten

de kosten voor het passief ontwikkelen van meanders zijn gering, wanneer de aankoop van aangrenzende gronden buiten beschouwing wordt gelaten.

De kosten voor het graven van meanders zijn matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Hydromorfologisch: beek graven, beekloop omleggen, hermeandering, meanders passief laten ontwikkelen, oude meander aankoppelen, oude meander uitgraven, oude waterloop herstellen, watergang aankoppelen, watergang graven.

Toevoer van meststoffen verminderen

Bemesting van landbouwgronden in de omgeving van een beek veroorzaakt voedselverrijking van het grond- en oppervlaktewater. Door (over)bemesting tegen te gaan kan verdere verrijking van het oppervlaktewater voorkomen worden. De termijn waarop deze effecten zich zullen manifesteren is afhankelijk van de verblijftijd van het water (van enkele jaren bij oppervlakkige en ondiepe afstroming tot enkele honderden jaren bij diepe grondwaterstromen). Het huidige grondwater is op veel plaatsen inmiddels verrijkt. Nalevering vanuit het grondwater kan bij het herstellen van beken en sloten het effect van de maatregel verminderen of er voor zorgen dat deze niet direct tot uiting komt. Het verlagen van de toevoer van meststoffen komt de levensgemeenschappen ten goede.

Stuurfactoren

Stoffen: nutriënten en organische belasting.

Effecten

Door vermindering van de toevoer van meststoffen treedt een verbetering van de waterkwaliteit op. De mate van effect is afhankelijk van de mate van vermindering van de meststoffentoevoer.

Toepassing

Het verminderen van de toevoer van meststoffen kan zowel bij beken en sloten met aanliggende landbouwgronden toegepast worden. Door verwerving van gronden en het wijzigen van het grondgebruik, de vermindering van de dosering en de wetgeving en controle hierop, kan de toevoer van meststoffen naar het oppervlaktewatersysteem tegengegaan worden. Vaak is sprake van overbemesting en kan de dosering van meststoffen verminderd worden tot een niveau waarop nauwelijks meer mest wordt opgebracht dan door het gewas kan worden opgenomen. Bij voorkeur wordt de mestgift bij wetgeving in de toekomst geregeld. Plaatselijk bieden beheersovereenkomsten mogelijkheden. Gronden die het dichtst bij het te herstellen oppervlaktewater liggen komen het eerst in aanmerking voor reductie van de bemesting. Daar zijn de effecten van de oppervlakkige en ondiepe afstroming ook het meest van invloed. Ook sanering van het infiltratiegebied behoort tot de mogelijkheden. Naast het tegengaan van de (over)bemesting, kunnen ook maatregelen genomen worden, die de oppervlakkige afstroom tegengaan of het inwaaien van meststoffen tegengaan (houtige vegetatie ontwikkelen). Ook door het scheiden van de landbouw- en natuurwaterstromen kan het effect van de nutriëntenverrijking op beken en sloten tegengegaan worden.

Ontwikkelingsperiode

Afhankelijk van de aanvoerroute van de meststoffen kan herstel veel (diepe grondwaterstromen) tot enige jaren (alleen oppervlakkige afspoeling) voordat de effecten op de watergemeenschap tot uiting komen

Kosten

Gering.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Waterkwaliteit: toevoer van meststoffen verminderen.

Hydrologisch: waterstromen landbouw-natuur scheiden.

Micromeanders ontwikkelen

Autonome morfologische processen op microschaal (binnen de beekbedding) kunnen worden gestimuleerd door selectief onderhoud van de bedding. Deze methode is gebaseerd op de invloed van organische structuren (takken, bladpakketten) en water- en oeverplanten op de stroomsnelheid. Door het laten liggen van organische structuren en/of het selectief maaien treedt variatie in de stroomsnelheid op. Waar structuren en/of vegetatie achterblijven ontstaat vertraging van de stroomsnelheid waardoor lokaal fijn materiaal sedimenteert. In geulen tussen organische structuren en gemaaide watervoerende delen van de bedding treden stroomversnellingen en lokale erosie op. Door zodanig te maaien dat het watervoerende deel van de bedding licht slingert ontstaat micromeandering. Organische structuren leiden van nature vaak tot micromeandering. Wanneer voldoende ruimte langs de beek aanwezig is dan wordt op termijn hermeandering van de gehele loop gestimuleerd (meandering ontwikkelen). Ook door het aanbrengen van stoorobjecten zoals boomstammen of driehoeksribben kan de variatie in stroomsnelheden, en daarmee de substraatvariatie verhoogd worden.

Stuurfactoren

Structuur: profiel en habitatvariatie.

Effecten

Door lokale variatie in stroomsnelheid, erosie en sedimentatie neemt de morfodynamiek toe en worden de variaties in de beddingvorm en de samenstelling van het beddingmateriaal groter. Doordat zowel erosie als sedimentatie in hetzelfde traject optreden is sprake van een zeker evenwicht en morfologische stabiliteit. Het effect op de gemiddelde stroomsnelheid en de waterpeilen in de beek is sterk afhankelijk van het verhang. Als het verhang groot is veranderen gemiddelde stroomsnelheid en waterpeilen weinig. Bij een gering verhang neemt de gemiddelde stroomsnelheid af en stijgt het bovenstroomse peil wat tot hogere grondwaterstanden leidt.

Toepassing

Selectief onderhoud ten behoeve van micromeandering is vrijwel overal verantwoord, toepasbaar en goedkoop. Toepassing van deze maatregel vergt een geringe verandering in de wijze van onderhoud en geeft een grote ecologische winst in met name meer multifunctionele beken. Een voordeel is de vergrote variatie in stromingsprofiel en morfologie. Ook het onderhoud wordt goedkoper omdat het te onderhouden oppervlak kleiner is of het onderhoud achterwege kan worden gelaten. Het resterende onderhoud vraagt wel een meer deskundige, gerichte en soms handmatige aanpak. Ook door het aanbrengen van stoorobjecten in de stroom, zoals boomstammen, takken of driehoeksribben kan micromeandering verkregen worden. Het toepassen van deze methode kan een begin zijn voor hermeandering (meandering ontwikkelen). Wanneer dit niet gewenst is moet de overliggende zijde wellicht beschermd worden tegen afkalving.

Ontwikkelingsperiode

Binnen een jaar kan al effect optreden en de verdere ontwikkeling van de levensgemeenschap kan enige jaren in beslag nemen.

Kosten

Gering bij aanleg, maar de onderhoudskosten zullen iets stijgen.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Morfologisch: micromenaders actief ontwikkelen, stoorobjecten aanbrengen.

Natuurlijk profiel creëren

Bij sloten zijn oevervormen vaak star en recht. Dit zorgt voor een lagere diversiteit in flora en fauna. Daarnaast zijn sloten vaak overgedimensioneerd, waarbij ze dieper en breder aangelegd zijn dan noodzakelijk. Dit zorgt voor een grotere watervoering en kan drainerend werken.

Stuurfactoren

Structuur: profiel en habitatvariatie.

Effecten

Door een meer natuurlijk profiel te creëren ontstaat meer variatie in habitats, met als gevolg een hogere biodiversiteit.

Toepassing

Door het variëren van de dimensies, zowel breedte als diepte, het aanleggen van een flauw talud of het ontwikkelen van plasbermen kan een meer divers profiel gecreëerd worden. Ook dient beschoeiing verwijderd te worden om een meer natuurlijk profiel te creëren. Meestal kan dit zonder problemen, zeker als het verwijderen van beschoeiing gepaard gaat met de aanleg van een flauw talud. Wanneer het verwijderen van de beschoeiing niet mogelijk is, dan dienen in ieder geval uitklimplaatsen gecreëerd te worden. Overdimensioneren van de sloot dient te worden voorkomen omdat anders het gebied sterker gedraineerd gaat worden.

Ontwikkelingsduur

Gering.

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Morfologisch: flauwe oevertaluds aanleggen, natuurvriendelijke oevers aanleggen, watergang herinrichten.

Hydrologisch: natte milieus creëren.

Hydromorfologisch: profiel verruimen, watergang verbreden, watergang verdiepen met de opmerking dat deze 3 niet zonder meer leiden tot een natuurlijker profiel.

Nevengeul aanleggen

Onder het aanleggen van een nevengeul (ook wel by-pass, overlaat of omleiding genoemd) wordt het graven van een waterloop parallel aan de beek verstaan, waarbij de beekloop gehandhaafd blijft. Het water van de beek wordt over twee takken verdeeld (in sommige gevallen met behulp van een verdeelwerk), waardoor hoge afvoeren in de beek kunnen worden gereduceerd. Er zijn natte nevengeulen, die het gehele jaar water voeren, en droge nevengeulen, die alleen bij hoge afvoeren water voeren. Deze laatste fungeren als droge overlaten en verdienen de voorkeur omdat ze de oorspronkelijke beek zoveel mogelijk intact laten..

Stuurfactoren

Stroming: afvoerdynamiek.

Effecten

Het aanleggen van een nevengeul is een effectgerichte maatregel. Het is een oplossing om een natuurlijk beektraject van piekafvoeren te vrijwaren en/of ongewenste inundaties te voorkomen. Tijdens piekafvoeren zullen debiet, stroomsnelheid en sedimenttransport in de eigenlijke beek lager zijn, waardoor drift van organismen vermindert. Doordat de piekafvoeren afnemen zal in de beek de morfologische

stabiliteit toenemen. Een voordeel is dat het onderhoud van de beek kan worden beperkt door de extra afvoercapaciteit die de nevengeul biedt. Verder kan een drogenevengeul een nieuw habitat bieden aan organismen van vochtige en natte milieus en een natte nevengeul kan een geschikt habitat vormen voor amfibieën. Zowel een droge als een natte nevengeul hebben enig onderhoud nodig voor het behoud van hun hydrologische functie.

Toepassing

Om piekafvoeren tegen te gaan moet in eerste instantie gebruik gemaakt worden van probleemoplossende maatregelen, zoals het verwijderen van drainage (drainage (open of gesloten) verwijderen) of het infiltreren van regenwater (infiltreren regenwater bevorderen). Wanneer dit niet mogelijk is zou de aanleg van een nevengeul uitkomst kunnen bieden. Het verdient de voorkeur om nevengeulen zo ondiep mogelijk aan te leggen om extra drainage te voorkomen. Een nevengeul wordt vaak in een buitenbocht aangelegd, juist voorbij het midden van de bocht en met een geringe hoek tussen de as van de nevengeul en de as van de beek. Een nevengeul kan recht of kronkelend (meanderend) worden aangelegd. Als met een toevoerdrempel of verdeelwerk van stenen (hoogte afhankelijk van gewenste afvoer door nevengeul) wordt gewerkt dient dit met natuurvriendelijke materialen te geschieden.

Ontwikkelingsperiode

Het hydrologisch effect treedt direct op na aanleg. Het zal nog meerdere jaren duren voor de levensgemeenschap zich volledig heeft aangepast.

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Hydromorfologisch: nevengeul aanleggen.

Hydrologisch: afvoerwater omleiden.

Oevers beschermen

Betreding van oevers door mensen of vee zorgt voor een bedreiging van oevervegetaties van sloten. Hierdoor blijft deze begroeiing in een pionierstadium. Ook bronnen en bovenloopjes worden bedreigd door betreding.

Stuurfactoren

Structuur: profiel.

Effecten

Door het beschermen van de oevervegetatie kan deze zich goed ontwikkelen. Bij beken zorgt bescherming van de oevers voor een extra natuurlijke substraatvariatie.

Toepassing

De oever kan beschermd worden door het aanbrengen van afrastering. Bij sloten die gebruikt worden als drinkplek kan de afrastering zodanig aangelegd worden dat op

bepaalde plaatsen drinkplekken gecreëerd worden. Wanneer (voornamelijk bij beken) betreding door mensen plaats vindt kan, naast het plaatsen van afrastering, ook voorlichting gegeven worden over de kwetsbaarheid van het gebied, bijvoorbeeld door het plaatsen van borden.

Ontwikkelingsperiode

Kort.

Kosten

Gering.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Geen.

Onderhoud achterwege laten (beken)

Een belangrijke maatregel in natuurlijke beken is het achterwege laten van onderhoud. Onderhoud hoort niet thuis in een natuurlijk beekstelsel. Alleen door onderhoud achterwege te laten kunnen de beekspecifieke habitats zich ontwikkelen. Ingevallen bomen en takken mogen niet uit de beek worden verwijderd om de natuurlijke beekprocessen te garanderen.

Stuurfactoren

Structuur: onderhoud.

Effecten

Door onderhoud achterwege te laten ontstaat een natuurlijke variatie aan habitats. De aanwezigheid van takken en bomen is een randvoorwaarde voor de natuurlijke beekprocessen. Het achterwege laten van onderhoud kan ook bijdragen aan het herstel van retentie in de beek, aan de vorming van meanders, aan lengte- en dwarsprofielontwikkeling, aan verhoging van de interne dynamiek en variatie en aan vergroting van de biodiversiteit. De mate van effect is afhankelijk van de lengte van het traject waarover het onderhoud wordt gestaakt.

Toepassing

In een natuurlijke beek hoort onderhoud niet thuis en dient dus bij alle natuurlijke beken achterwege gelaten te worden. In tegenstelling tot sloten, waar onderhoud noodzakelijk is om verlanding te voorkomen, wordt in natuurlijke beken de vegetatiegroei beperkt door de stroming en bestaat geen gevaar voor dichtgroeien. Deze maatregel dient in het hele beektraject plaats te vinden.

Ontwikkelingsperiode

Geen.

Kosten

Geen. Werkt zelfs kostenbesparend vanwege het gebrek aan kosten voor onderhoud en schoning.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Morfologisch: onderhoud geen.

Onderhoud optimaliseren

Sloten verlanden als ze niet beheerd worden. Om dit te voorkomen moet regelmatig onderhoud gepleegd worden, waarbij de sloten geschoond en/of gebaggerd worden. Dit is ook van belang voor de afvoer van het water. Echter de optimale ecologische fase van de levensgemeenschap in de sloot manifesteert zich in het volwassen successiestadium, welke niet bereikt wordt wanneer er te frequent geschoond en/of gebaggerd wordt. Baggeren verstoort zelfs in hoge mate de aquatische gemeenschap. Het is daarom van belang het onderhoud zodanig toe te passen dat een optimale biodiversiteit ontstaat zonder dat de afvoerende functie van de sloot in het geding komt.

Stuurfactoren

Structuur: onderhoud.

Effecten

Wanneer het onderhoud geoptimaliseerd wordt zorgt dit voor een zo hoog mogelijke biodiversiteit zonder dat de afvoerende functie minder wordt.

Toepassing

Bij het optimaliseren van onderhoud is het van belang per sloot(type) te bekijken wat het optimale onderhoudsregime is. Per sloot is de tijdsduur van dichtgroei en het ophopen van slib verschillend. Het is bij zowel schonen en baggeren van belang dat het pas plaatsvindt wanneer het echt nodig is. De schonings- en baggerfrequentie is dus maatwerk! Per sloot moet beoordeeld worden of schoning en/of baggeren al noodzakelijk is.

Bij geringe plantengroei moet schoning uitgesteld worden. In sloten in natuurgebieden kan 1x schonen in de twee tot vier jaar voldoende zijn. Het maaisel dient afgevoerd te worden, zodat er geen inspoeling van nutriënten van het (afbrekende) materiaal op de kant kan plaatsvinden. Ook is het van belang slechts een gedeelte van de sloot te schonen, zodat kolonisatie van het geschoonde deel weer snel kan plaatsvinden. Door slechts een gedeelte van de sloot te schonen ontstaan bovendien naast elkaar verschillende successiestadia, wat een hogere biodiversiteit oplevert. Hierbij kan bijvoorbeeld de ene oever, of een gedeelte van de ene oever, de ene keer geschoond worden, en de volgende keer een volgend stuk, bijvoorbeeld in het voorjaar en in het najaar, of in het ene jaar en in het volgend jaar. Ook kan slechts een gedeelte van de macrofyten verwijderd worden, bijvoorbeeld het verwijderen van de helofyten wanneer deze zich te ver naar het midden uitbreiden. Wanneer 1 keer per jaar geschoond wordt, verdient het de voorkeur in het voorjaar te schonen. Op deze manier wordt een gedifferentieerde vegetatie bevorderd en blijft de doorstromingscapaciteit min of meer gelijk.

Baggeren dient alleen te gebeuren wanneer zich een te dikke laag organisch materiaal op de bodem heeft opgehoopt. De ophoping van slib gebeurt in verschillende mate in verschillende sloten en de optimale frequentie van baggeren verschilt dan ook per

sloottype. Bij brakke sloten is eens in de 7 jaar voldoende, bij zure zandsloten eens in de 20 jaar, bij hoogveensloten is baggeren helemaal niet nodig, bij zandsloten wanneer het slib zich heeft opgehoogd, bij mesotrofe veensloten eens in de 10 jaar en bij eutrofe veensloten eens in de 8 jaar. Tevens dient maar een aantal sloten per keer gebaggerd te worden. Dit zou in kunnen houden dat er meer sloten aangelegd moeten worden om voldoende afwatering te waarborgen. Het slib en maaisel dient afgevoerd te worden, zodat er geen inspoeling van nutriënten kan plaatsvinden.

Ontwikkelingsperiode

Het ontwikkelen van een optimaal onderhoudsregime kost enige jaren. In deze periode zal ook het effect op de slootgemeenschap geleidelijk zichtbaar worden.

Kosten

Het ontwikkelen van een optimaal onderhoudsregime kost in eerste instantie tijd en geld, maar eenmaal ontwikkeld leidt het vaak tot een lagere onderhoudsfrequentie en levert het derhalve tijd en geld op.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Waterkwaliteit: baggeren.

Morfologisch: maaibeheer-vegetatieontwikkeling, oever natuurvriendelijk beheren, onderhoud gedifferentieerd, watervegetatie natuurvriendelijk beheren.

Oorspronkelijk stroomgebied herstellen

Van veel beken is een deel van het oorspronkelijke stroomgebied afgekoppeld wat tot een vermindering van de afvoer heeft geleid. Voor de afvoer van het water uit het afgekoppelde deel van het stroomgebied zijn meestal extra watergangen gegraven. Deze extra gegraven watergangen draineren de omgeving en voeren een deel van het oorspronkelijke beekwater af. Hierdoor is de afvoer van de oorspronkelijke beek sterk gereduceerd. Door de afgekoppelde deelstroomgebieden opnieuw aan te sluiten en de extra watergangen te dempen wordt de oorspronkelijke toestand hersteld.

Stuurfactoren

Stroming: basisafvoer.

Effecten

Door het oorspronkelijk stroomgebied te herstellen zal bij gelijkblijvende beddingdimensies een toename van stroomsnelheden en een verhoging van waterstanden optreden. Tevens neemt de variatie in stroomsnelheden en morfologie toe, met als gevolg een grotere variatie in beddingdimensies en samenstelling van het beddingmateriaal. Afhankelijk van de grootte en de eigenschappen van het opnieuw aangesloten deelstroomgebied (hydrologie, bodemopbouw, begroeiing, verhard oppervlak, drainagedichtheid, etc.) veranderen ook de basisafvoer en de piekafvoeren. De waterstanden in het traject benedenstrooms stijgen doorgaans na aansluiting. Doordat de drainage bovenstrooms vermindert kunnen eveneens de grondwaterstanden aldaar stijgen.

Toepassing

Bij het aansluiten van een afgekoppeld bovenstrooms traject moet er rekening gehouden worden met de hydrologie en de waterkwaliteit van het bovenstroomse gedeelte. Indien het deelstroomgebied een groot verhard oppervlak, weinig begroeiing en/of een grote drainagedichtheid heeft, zal de basisafvoer afnemen en zullen de piekafvoeren toenemen. In zulke gevallen is aankoppelen veelal minder gewenst. In dergelijke gevallen is het beter eerst het bovenstroomse gebied te verbeteren door bijvoorbeeld bevorderen infiltratie van regenwater (infiltratie regenwater bevorderen), verwijderen van de drainage (drainage (open of gesloten) verwijderen/verminderen), het bevorderen van de retentie (retentie bevorderen) of de aanleg van inundatiezones (inundatiezones aanleggen). Hierna kan alsnog aansluiting plaats vinden.

Ontwikkelingsperiode

Het aansluiten van het bovenstroomse gebied en de eventuele aanpassing daarvan, kan redelijk wat tijd in beslag nemen. De effecten zullen daarna direct optreden, het aanpassen van het ecosysteem op de gewijzigde situatie zal enige jaren duren.

Kosten

Gering.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Hydrologisch: bovenloop aankoppelen, stroomgebied herstellen.

Oppervlakkige afstroom tegengaan

Wanneer er sprake is van veel oppervlakkige afstroom, kan dit bij beken zorgen voor piekafvoer. Bij zowel beken en sloten kan het afstromende water bovendien met stoffen vervuild zijn en daarmee de waterkwaliteit nadelig beïnvloeden.

Stuurfactoren

Stoffen: nutriënten en organische belasting.

Stroming: afvoerdynamiek.

Effecten

Het tegengaan van oppervlakkige afstroom zorgt ervoor dat er geen snelle toevoer van regenwater meer plaats kan vinden en gaat piekafvoer omlaag, tegelijk zal de instroom van vervuilende stoffen verminderen. De mate van effect is afhankelijk van de mate van vermindering van de instroom van water en stoffen.

Toepassing

Oppervlakkige afstroom kan tegengaan worden door het aanleggen van loofbos of een houtwal op de oevers (houtige vegetatie ontwikkelen). Vooral bij beken heeft dit de voorkeur vanwege de voordelige effecten van deze maatregelen. Ook een oeverwal, eventueel in combinatie met een houtwal, vermindert de afstroom. Bij akkers kunnen de ploegvoren dwars op de afstroomrichting gemaakt worden om oppervlakkige afstroom tegen te gaan. Bij sloten kan tevens gedacht worden aan het vergroten van de filterfunctie van de oevervegetatie door gebruik te maken van plantensoorten die snel

nutriënten op kunnen nemen en door het verbreden van de oeverzone. Een mogelijkheid is bijvoorbeeld de ontwikkeling van een strook riet, mits dit gebiedseigen is. Dit laatste is goed te combineren met het aanleggen van een bufferzone (bufferzone aanleggen).

Ontwikkelingsperiode

De ontwikkelingsperiode is kort, behalve bij het aanleggen van bos. Het duurt enkele jaren voordat de effecten volledig tot uiting komen in het ecosysteem.

Geschatte kosten

Gering.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Geen.

Overstorten saneren

Overstorten werken onregelmatig en veroorzaken daardoor een discontinue verstoring van de stroming, de zuurstofhuishouding en de levensgemeenschap. Bovendien zorgen ze voor een verontreiniging met slib, nutriënten en microverontreinigingen. De frequentie en grootte van de piekmissies bepalen de mate van het ecologisch effect.

Stuurfactoren

Stoffen: nutriënten en organische belasting, toxische stoffen.

Stroming: afvoerdynamiek.

Effecten

Het opheffen van een overstort geschiedt door de aanleg van een gescheiden rioolstelsel, waarbij het regenwater wordt geïnfiltreerd (infiltratie regenwater bevorderen). Hiermee wordt niet alleen de directe verstoring van het oppervlaktewater opgeheven, maar wordt ook de grondwatervoorraad vergroot wat verdrogingsproblemen verkleint. Het verminderen van de overstortfrequentie, bijvoorbeeld door het creëren van een grotere berging in het stelsel, leidt ook al tot ecologische verbetering. Door het aanbrengen van randvoorzieningen, zoals helofytenfilters (helofytenfilter aanleggen), groene buffers en bergingsbassins, kan het afvoerpatroon afgevlakt en de waterkwaliteit verbeterd worden. Ook kan gedacht worden aan het verplaatsen van overstorten. De mate van effect hangt af van de mate van vermindering van de overstortfrequentie.

Toepassing

Het opheffen van de overstort door de aanleg van een gescheiden rioolstelsel heeft de voorkeur. Wanneer dit echter niet mogelijk is kunnen het verplaatsen van de overstorten, het vergroten van de berging en het aanbrengen van randvoorzieningen ook als maatregelen genomen worden.

Ontwikkelingsperiode

Het opheffen van overstorten door het ontwikkelen van een gescheiden rioolstelsel vraagt een grote tijdsinvestering. Minder drastische maatregelen, zoals bijvoorbeeld het vergroten van de berging, het verplaatsen van de overstort of het aanleggen van randvoorzieningen hebben een kortere ontwikkelingstijd. De hydrologische en waterkwaliteitseffecten zijn direct na aanleg zichtbaar. Het kan enkele jaren duren voordat de positieve effecten volledig zichtbaar worden in het ecosysteem.

Kosten

De kosten zijn bij de aanleg van een gescheiden rioolstelsel aanzienlijk, maar de overige maatregelen zijn voor beperktere kosten te realiseren.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Waterkwaliteit: overstort opheffen, overstorten/inlaat saneren.

Profiel verkleinen

Door normalisatie is de beek vaak verdiept en verbreed om meer water af te kunnen voeren. Dit is ten koste gegaan van de stroomsnelheid, de natuurlijke variatie daarin en de daarbij behorende variatie in habitats.

Stuurfactoren

Structuur: profiel en habitatvariatie.

Effecten

Bij voorkeur wordt het profiel verkleind door de beekbodem te verhogen en de beek zelf zijn bedding te laten vormen, maar als dat niet mogelijk is vanwege drooglegging dan kan het profiel ook verkleind worden door het profiel te versmallen. Wanneer het profiel wordt verkleind door een accoladeprofiel aan te leggen (accoladeprofiel aanleggen), heeft dit slechts een gering effect.

Door verkleining van het doorstroomde profiel gaat de gemiddelde stroomsnelheid omhoog, worden de fluctuaties in de stroomsnelheid vergroot, worden morfologische processen in gang gezet en ontstaat weer een natuurlijke variatie in habitats. Of erosie optreedt is afhankelijk van het verhang, de korrelgrootteverdeling van het beddingmateriaal en met name van het materiaal waarmee wordt aangevuld. Bij een beek met een gering verhang kan bovenstrooms van het traject waar profielverkleining plaatsvindt, de stroomsnelheid afnemen en kan opstuwing optreden. Dit leidt tot waterconservering (toename van de berging in het grondwater).

Wanneer verkleining van het profiel niet mogelijk is, kan ook door middel van het aanbrengen van objecten in de stroom (micromeanders ontwikkelen) de stroomsnelheid en de variatie daarin worden verhoogd.

Toepassing

Profielverkleining kan bij genormaliseerde systemen vrijwel overal worden toegepast. De effecten van profielverkleining zijn sterk afhankelijk van de mate waarin het doorstroomde profiel wordt verkleind en van het verhang. Verkleining van het doorstroomde profiel is op meerdere manieren te realiseren, door verondiepen of door versmallen van het profiel (aanvulling met grond). Verondiepen dient niet gepaard te

gaan met verbreden, dit doet het gewenste effect gedeeltelijk teniet. Bij beken met een gering verhang kan het beste bovenstrooms worden begonnen. Bij het verondiepen kan de kans op droogvallen van de beek toenemen. Treedt in het begin erosie op dan betekent dit dat benedenstrooms tijdelijk meer sediment wordt aangevoerd. Tijdelijke zandvangen kunnen dit probleem oplossen, maar leg dan wel een gescheiden slibvang aan. Ook door het laten ontwikkelen van vegetatie wordt getransporteerd materiaal vastgehouden en treedt stabilisatie op.

Het is meestal niet nodig om een zandvang aan te leggen.

Ontwikkelingsperiode

De profielverkleining dient geleidelijk, verspreid over meerdere trajecten te worden uitgevoerd. De beek zal zich geleidelijk mee ontwikkelen.

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Hydromorfologisch: oorspronkelijke afmetingen aanbrengen, profiel verkleinen, watergang verondiepen.

Morfologisch: watergang herinrichten, twee-fasen bedding aanleggen.

Profielverdediging verwijderen

Vastgelegde profielen belemmeren een vrij verloop van morfologische processen en het vrij ontstaan en verdwijnen van microhabitats. Het verwijderen van beschoeiing en bodemverstevigende materialen geeft de beek weer vrijheid. Ook bij sloten heeft verwijdering van de beschoeiing een positief effect op de habitatvariatie.

Stuurfactoren

Structuur: profiel en habitatvariatie.

Effecten

Bij beken kan het verwijderen van de profielverdediging het ontstaan van zandbanken in de hand werken en aanleiding zijn voor spontane meanderontwikkeling. De variatie van morfologische patronen en daarmee habitatstructuren neemt sterk toe wat ten goede komt aan de levensgemeenschap. Bij sloten zorgt verwijdering van de beschoeiing tot een natuurlijker oeverhabitat en vergroot het de substraatvariatie en daarmee de biodiversiteit.

Toepassing

Het verwijderen van oever- en bodemverdediging veroorzaakt op korte termijn een verstoring van het actuele morfologische evenwicht. Een tijdelijk verhoogd zandtransport is een gevolg van het zoeken van het systeem naar een nieuw morfologisch evenwicht. De mate van erosie en sedimentatie is mede afhankelijk van het verhang, de (in)stabiliteit en structuur van het materiaal waaruit ontmantelde oevers en bodems bestaan en met het sedimenttransporterend vermogen van de beek. Dit 'wilde' gedrag zal zich in de loop der tijd dan ook weer stabiliseren. Voor eventuele

loopverplaatsing en/of afkalving van oevers is ruimte langs de beek nodig. Wanneer eerst wordt gezorgd voor een gelijkmatiger afvoerloop, voordat oever- en bodemverdedigingswerken worden verwijderd, is de kans op een minder gewenst neveneffect kleiner (stuurfactor afvoerdynamiek). Overmatige oeverafslag kan door toepassing van een tijdelijke vorm van oeverversteving (bijvoorbeeld wiepen) worden voorkomen en dient als overbrugging totdat de oevervegetatie (aangeplant of zich spontaan ontwikkelend) voldoende is ontwikkeld om de functie van de oeververdediging over te nemen. Om de natuurlijke oeververdediging door middel van planten kans te geven verdient het geleidelijk verwijderen van de verdedigingsstructuren de voorkeur. Beschoeiing of stenig materiaal kan in gedeelten worden verwijderd of worden verzwakt waardoor het (voorlopig) achterblijvende deel overmatige erosie tegengaat, maar wel plaats voor oeverplanten biedt. Ook kan het beschoeiingsmateriaal worden vervangen door materiaal dat gemakkelijk vergaat zoals wilgentakken of niet verduurzaamd hout. Het verwijderen van de profielverdediging kan overal worden overwogen, behalve waar de vastlegging noodzakelijk is bijvoorbeeld ten behoeve van de handhaving van kunstwerken (bruggen, wegen en dergelijke). Een combinatie met hydrologische maatregelen is aan te bevelen (drainage (open of gesloten) verwijderen/verminderen, infiltratie regenwater bevorderen, inundatiezone ontwikkelen, retentie vergroten). De combinatie met het ontwikkelen van meanders (meandering ontwikkelen) en het toepassen van beekbegeleidende beplanting (houtige vegetatie ontwikkelen) ligt voor de hand. Ook zandverplaatsing en zandafzetting kunnen positief bijdragen aan het ontstaan van zandbanken.

Naast beschoeiing dient ook eventueel aanwezig vuil en puin opgeruimd te worden.

Bij sloten veroorzaakt verwijdering van oeververdediging zelden problemen, zeker niet als het gepaard gaat met het aanleggen van een flauwer talud (natuurlijk profiel creëren).

Creëer uitklimplaatsen als de beschoeiing beslist moet worden gehandhaafd. Bij riviertjes kan, indien dit noodzakelijk is, de beschoeiing vervangen worden door golfbrekers.

Ontwikkelingsperiode

Het verwijderen van de profielverdediging dient bij voorkeur verspreid over verschillende jaren te geschieden.. Het beekstelsel zal zich geleidelijk mee ontwikkelen.

Kosten

Gering.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Morfologisch: beschoeiing verwijderen, oever vastleggen.

Retentie vergroten

Een versnelde afvoer van water door drainage- en rioleringsystemen en kanalisering zorgt in natte perioden voor een teveel aan water. Dit leidt vaak tot piekafvoeren, terwijl in droge perioden verdrogingsproblemen optreden.

Stuurfactoren

Stroming: basisafvoer en afvoerdynamiek.

Effecten

Door retentie worden zowel piekafvoeren en verdroging bestreden. Retentiesystemen worden verder gebruikt om het zandtransport te verminderen. Het water kan eventueel worden gebruikt voor herinfiltratie. Oude meanders en poelen vergroten tevens de abiotische en biotische variatie. Eenzijdig aangekoppelde meanders kunnen als rust- of paaiplek voor beekorganismen dienen, poelen vormen vooral een leefgebied voor amfibieën.

De mate van het effect op de piekafvoer hangt af van de hoeveelheid water die opgevangen dient te worden tijdens een piekafvoer en de watercapaciteit van de vijver. De naleveringsmogelijkheden en daarmee het effect op debiet van de vijvers/bekkens is, gezien de inhoud, beperkt.

Toepassing

De voorkeur wordt gegeven aan het bovenstrooms vasthouden van water in sloten en greppels of door het verhogen van het grondwaterpeil. Meer benedenstrooms kunnen retentiesystemen in de vorm van retentiebekkens, bergingsbassins, poelen en oude meanders, (en in mindere mate in de vorm van nevengeulen en inundatie gebieden) een gedeelte van de neerslag tijdelijk opslaan. Het aanleggen van retentiesystemen is een effectgerichte maatregel en voor het aanpakken van verdroging en piekafvoer wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van probleemgerichte maatregelen zoals het vasthouden van het water in het bovenstroomse gebied (zie ook drainage (open of gesloten) verwijderen/verminderen of infiltratie regenwater bevorderen). Wanneer dit echter niet wenselijk of mogelijk is kunnen retentiesystemen aangelegd worden om het water afkomstig van drainagesystemen of overstorten op te vangen en daarna weer geleidelijk vrij te geven. De chemische en biologische samenstelling van het stilstaande water verandert echter wel en wordt daardoor beekvreemd. Om de afvoer voldoende af te kunnen vlakken zijn vaak zeer grote oppervlakken nodig. Het realiseren van retentie als compensatie van effecten van verharde oppervlakken is haalbaar.

Bij voorkeur worden bestaande poelen en oude meanders aan de beek gekoppeld. Wanneer nieuwe retentiesystemen worden aangelegd moet erop gelet worden dat het vaak (te) grote ruimtebeslag past in het kleinschalige karakter van bovenstroomse gebieden.

Ontwikkelingsperiode

De ontwikkelingsperiode kan lang zijn wanneer land aangekocht moet worden, maar is anders kort en beslaat dan slechts de tijd van aanleg. De hydrologische effecten op het beekstelsel zijn direct na aanleg functionerend. Het duurt enkele jaren voor het hele beekecosysteem zich heeft aangepast.

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Morfologisch: poelen aanleggen.

Hydrologisch: Retentie vergroten, retentiebekkens aanleggen

RWZI verbeteren

Lozingen van afvalwater (effluent) van een RWZI leiden tot verontreiniging van het ontvangende oppervlaktewater. Hierbij moet gedacht worden aan de (rest-)lozing van zuurstofbindende stoffen en nutriënten, de lozing van bacteriën en andere micro-organismen en de lozing van restslib en microverontreinigingen. Deze lozingen hebben in de regel belangrijke effecten op de aquatische levensgemeenschappen.

Stuurfactoren

Stoffen: nutriënten en organische belasting, toxische stoffen.

Effecten

Het verminderen of stoppen van de lozingen leidt in kwalitatieve zin tot verbetering van de omstandigheden voor aquatische organismen, maar kan echter ook leiden tot droogvallen. Wanneer het effluent verder gezuiverd wordt komt dit ook de kwaliteit van het water ten goede en is er geen nadelig verdrogingseffect.

Toepassing

Om het vervuulende effect van het effluent te verminderen kan gedacht worden aan het opheffen van een RWZI door twee RWZI's samen te voegen, of om de RWZI te verplaatsen naar een minder kwetsbaar gebied. Dit zorgt echter alleen voor een verplaatsing van het probleem. Beter is het om de vervuiling te beperken door de RWZI te verbeteren met verdergaande stikstof- en fosfaatverwijdering en nageschakelde technieken om zwevende stof en daarmee microverontreinigingen te beperken. Bij het formuleren van aanvullende effluenteisen moet de aandacht uitgaan naar die factoren die voor het functioneren van het watersysteem het meest kritisch zijn. Bij beken gaat het vooral om zuurstofbindende stoffen, ammoniak (toxiciteit), voedingsstoffen, microverontreinigingen en slib. Slibafzettingen hebben een zeer nadelig effect op het substraat in de beek. Daarnaast kan gestreefd worden naar de aanleg van buffervoorzieningen voor de opvang van calamiteiten. Derde- en vierde-traps zuivering, zoals fosfaatverwijdering en/of optimalisatie van nitrificatie-denitrificatie processen en andere oplossingen moeten zoveel mogelijk worden toegepast. Nazuivering in helofytenfilters (helofytenfilter aanleggen) is te overwegen. RWZI's moeten zodanig worden geconstrueerd dat ook bij groot onderhoud een ongestoorde procesvoering is gegarandeerd. Verder moet een voldoende lage verhouding tussen regenwater- en droogweeraanvoer zijn gewaarborgd. Mogelijkheden voor een verbeterde procesgang van de RWZI bieden verbeterd gescheiden stelsels en regenwaterinfiltratie (infiltratie regenwater bevorderen).

Ontwikkelingsperiode

Het verbeteren van de RWZI duurt enige tijd. Het effect op de waterkwaliteit is direct zichtbaar. Het duurt nog enige jaren voor de beek of sloot zich volledig heeft aangepast.

Kosten

De kosten van het verbeteren van de RZWI zijn hoog, maar nog altijd goedkoper dan het saneren van de beekbodem. Er kunnen kosten bespaard worden door twee (of meer RZWI's) samen te voegen en deze ene uit te rusten met verbeterde zuiveringsmethoden.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Waterkwaliteit: RWZI opheffen, RWZI verbeteren.

Stuw verwijderen/vervangen

Stuwen zijn aangelegd voor het peilbeheer, dat wil zeggen om water vast te kunnen houden dan wel af te kunnen laten. Stuwen kunnen echter belangrijke barrières voor de migratie van aquatische organismen vormen. Ook veranderen stuwen het stromende water in een aaneenschakeling van min of meer stilstaande panden, vooral in perioden met lage afvoeren.

Stuurfactoren

Stroming: stuwling.

Effecten

Door het verwijderen van stuwen krijgt de beek weer zijn natuurlijke stromende karakter terug. Het verwijderen van de stuw resulteert in een toename van de stroomsnelheid en een daling van het bovenstroomse peil.

Toepassing

In natuurlijke en half-natuurlijke beken horen stuwen niet thuis. Met het verwijderen van een stuw wordt het te overbruggen verval en daarmee de stroming over de beek verdeeld en gelijkmatiger. Het verdwijnen van een stuw maakt ook het zandtransport regelmatig en geeft de beek de gelegenheid een toestand van morfologische stabiliteit te bereiken. Voor het verwijderen van stuwen is een geïntegreerde aanpak nodig. Wanneer men zomaar de stuwen in een beek zou verwijderen, zou de beek in veel gevallen het water versneld afvoeren en droogvallen. Voordat stuwen kunnen worden verwijderd zal er door waterconserverende maatregelen voor moeten worden gezorgd dat het stroomgebied zelfstandig in staat is voldoende water vast te houden. Mogelijkheden zijn het ontwikkelen van meanders (meandering ontwikkelen) en het uitvoeren van waterconserveringsmaatregelen in het stroomgebied (retentie bevorderen, drainage (open of gesloten verwijderen/verminderen, infiltratie regenwater bevorderen, wateronttrekking wijzigen, hydrologische bufferzone aanleggen etc)).

Door bij het opheffen van een stuw meanders te graven neemt de beeklengte toe en het bodemverhang af, wat resulteert in een afname van de stroomsnelheid en in een geringe stijging van het bovenstroomse peil. Door het stimuleren of graven van meanders kunnen de nadelige effecten van het verwijderen van de stuw deels worden ondervangen. Indien de beddingdimensies worden verkleind, zal de gemiddelde stroomsnelheid toenemen.

In multifunctionele beken kunnen stuwen vervangen worden door een vispassage, een zogenaamde cascdestuw of door bodemsprongen met keien. Bij voorkeur wordt een

dergelijke passage of stuw ontworpen in kleine trapjes over een aanzienlijk deel van de beek. Het ontwerpen van cascadestuwen over korte afstand leidt slechts tot een geringe verbetering. Passages en cascades moeten worden beschouwd als kunstwerken en de aanleg gaat dikwijls gepaard met de introductie van gebiedsvreemde materialen (bijvoorbeeld grote stenen). Stuwen kunnen plaatselijk ook worden vervangen door, eveneens onnatuurlijke, bodemvallen en lage drempels (steen- of grindkorven). Ook bij een gewijzigd onderhoud zoals het (gedeeltelijk) laten staan van de watervegetatie, kan een opstuwing van > 20 cm en daarmee waterconservering worden verkregen.

Wanneer het niet mogelijk is de stuw te verwijderen, kan deze voorzien worden van een vispassage. Vispassages hebben echter alleen zin wanneer op termijn oorspronkelijke karakteristieken van het beekmilieu, zoals meandering, permanente stroming en een goede waterkwaliteit, kansen krijgen om zich bovenstrooms van de passage in belangrijke mate te herstellen of actief hersteld te worden.

Ontwikkelingsperiode

Het verwijderen van stuwen kan vaak niet 'op stel en sprong' worden gerealiseerd en voor het geheel ontstuwen van een beek moet rekening gehouden worden met een ontwikkelingsperiode van minstens 5 tot 10 jaar.

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Hydrologisch: stuw verwijderen.

Soorten: cascades aanleggen, vispassages aanleggen.

Substraatvariatie verbeteren

Bij het normaliseren van beken is de natuurlijke substraatvariatie verdwenen. Hierdoor ontbreken de typische beekhabitats en daarmee de typische beekbiota. Door substraatvariatie te verbeteren krijgen beeksoorten weer een kans zich te vestigen.

Stuurfactoren

Structuur: habitatvariatie.

Effecten

Het verhogen van de substraatvariatie zorgt voor een hogere biodiversiteit. De mate van effect hangt af van in hoeverre de nieuwe situatie de natuurlijke situatie benadert.

Toepassing

Er kunnen verschillende maatregelen genomen worden om de substraatvariatie te verhogen:

Steile en overhangende oevers inrichten

Steile oevers komen in alle natuurlijke beken voor. De meest voor de hand liggende plaats is de buitenbocht van een meander, waar door erosie een dal-, es- of terrasrand is aangesneden. Ook op plekken met boomwortels ontstaan steile en vaak zelfs overhangende oevers met een grote erosiebestendigheid. Boven het water vormen steile en overhangende oevers een potentiële vestigingsplaats voor planten, zoals mossen en varens, en dieren zoals holenbroedende vogels (ijsvogel) en onder water wordt schuilgelegenheid geboden aan vissen en macrofauna (schaduw; 'uit het zicht' voor predatoren). Bij het graven van een steilwand of overhangende oever is de kans op een duurzame situatie klein. De morfologische omstandigheden moeten geschikt zijn. Bij voorkeur worden andere processen zo beïnvloed dat het ontstaan van dergelijk structuurvormen wordt bevorderd. Voor het ontstaan van een steilwand is een bochtstroming nodig op een locatie met een hogere rand, waarbij de stroming over genoeg vermogen beschikt om de oever te eroderen. Overhangende oevers ontstaan op vergelijkbare wijze door onderspoeling (erosie) van de oevervegetatie, vaak bomen. Bomen kunnen overal worden toegepast.

Stroomkuilen en zandbanken aanleggen

Bij voorkeur wordt het ontstaan van stroomkuilen en zandbanken slechts geïnitieerd. In andere gevallen kan aanleg worden overwogen. Voorwaarden voor zinvolle toepassing van stroomkuilen en zandbanken zijn de aanwezigheid van grof beddingmateriaal (grof zand en grind), een geringe sedimentlast en voldoende afvoer. In Nederland is de toepassing van deze maatregel interessant in de sterker hellende gebieden, vooral waar grof materiaal (grind in stuwwallen, plateau-randen, langs oude rivierterrassen en dergelijke) aan het oppervlak komt. De plaats waar stroomkuilen en zandbanken worden gestimuleerd of aangelegd is cruciaal. Doorgaans worden de beste resultaten verkregen door vergelijkbare min of meer natuurlijke beektrajecten te bestuderen. Verder is uit ervaring in het buitenland gebleken dat stroomkuilen niet te groot moeten worden gemaakt. Als de beek voldoende sedimenttransporterend vermogen heeft zou op den duur in principe een min of meer slingerend tracé kunnen ontstaan.

Asymmetrisch profiel aanleggen

Door het asymmetrische profiel te herstellen wordt de natuurlijke variatie in de beddingdimensies hersteld en ontstaat meer variatie in stroomsnelheid en samenstelling van het beddingmateriaal. De hierdoor ontstane gradiënten bieden ontwikkelingsmogelijkheden voor diverse organismen. Afhankelijk van het (sedimenttransporterend) vermogen van de beek kunnen door de variatie in de stroomsnelheid zandbanken en stroomkuilen ontstaan, wat op termijn kan resulteren in een lichte meandering.

Het aanbrengen van asymmetrische profielen is overal toepasbaar. In beken met een grote sedimentlast of waarvan de oevers bestaan uit onsamenhangend materiaal kunnen mogelijk erosieproblemen optreden. Als de breedte bovenin het profiel sterk is vergroot kan bij beken waarin veel sedimenttransport optreedt veel fijn materiaal (slib) worden afgezet op het sedimentatie-talud. Indien de gerealiseerde breedte/diepte-verhouding (b/d-ratio) sterk afwijkt van de b/d-ratio die in overeenstemming is met de lokale omstandigheden is de kans groot dat de beek deze gaat aanpassen en de ingreep te niet doet. In beide gevallen is profiel-verkleining (profiel verkleinen) dan sterk aan te raden.

Indien de aanleg gepaard gaat met een overdimensionering dan leidt aanleg gelijktijdig tot een negatief effect op de waterconservering en wordt de ingreep afgeraden. In combinatie met de aanplant van bomen kan het benodigde onderhoud worden beperkt.

Naast bovenstaande maatregelen kan ook het terugbrengen van zand, wanneer de bodem door insnijding te grindig is geworden, of het aanbrengen van grindbedden, wanneer deze van nature aanwezig waren maar bij de normalisatie verwijderd zijn, toegepast worden.

Ontwikkelingsperiode

Het aanleggen van de structuren kan in korte tijd gebeuren, maar er dient bij voorkeur voor gekozen te worden, bijvoorbeeld bij overhangende oevers ontwikkelen, de ontwikkeling te stimuleren. Dan duurt het ontwikkelen langer, maar geeft vaak betere resultaten. De maatregelen hebben na aanleg of na de ontwikkeling een direct positief effect op de stromingsvariatie en zuurstofvoorziening. Effect op de variëteit aan habitatstructuren op de bodem is in de orde van maanden. Kolonisatie van soorten hangt af van de aanwezigheid van deze soorten bovenstrooms en kan variëren van 1 tot 10 jaar.

Kosten

Gering tot matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Morfologisch: asymmetrisch profiel aanleggen, oever steil en overhangend maken, pool-riffle systemen ontwikkelen, stroomkuilen en zandbanken aanleggen.

Toxische verontreiniging tegengaan

De aanwezigheid van toxische stoffen in het aquatische systeem kan zeer destructieve gevolgen hebben. De verontreiniging met toxische stoffen in het aquatische systeem moet daarom vermeden worden.

Stuurfactoren

Stoffen: toxische stoffen.

Effecten

Het tegengaan van toxische verontreiniging komt de waterkwaliteit en de aquatische levensgemeenschap ten goede.

Toepassing

Uitgangspunt is het voorkómen van toxische lozingen door bijvoorbeeld de industrie of via RZWI's. Ook dient het gebruik van chemische middelen op de oever en watergang of het gebruik van bestrijdingsmiddelen in het infiltratiegebied vermeden te worden. Daarnaast kunnen microverontreinigingen optreden door dakgoten, uitspoeling a.g.v. verdroging/verzuring, nalevering uit belaste bagger en dergelijke. Deze bronnen dienen opgespoord en verwijderd te worden. Wanneer een verontreinigde bodem of oever aanwezig is kan deze verwijderd worden, dit is echter zeer kostbaar.

Ontwikkelingsperiode

Na het stoppen van lozingen of gebruik van chemische middelen kan het, afhankelijk van de stof, kort tot zeer lang duren voordat de stof uit het systeem is verdwenen. Bij bepaalde stoffen in stilstaande wateren zal de stof alleen actief verwijderd kunnen worden. Het watersysteem zal zich geleidelijk aanpassen.

Kosten

Matig. Het saneren van bodem of oever is zeer kostbaar.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Waterkwaliteit: microverontreiniging terugdingen, waterbodembodem saneren.

Verschralen

Wanneer de omliggende gronden in het verleden bemest zijn en daardoor verrijkt, kan er vanuit deze gronden nog sprake zijn van inspoeling van nutriënten. Om deze inspoeling tegen te gaan kunnen de aanliggende gronden verschraald worden door te maaien en het maaisel af te voeren, door gebruik te maken van grazers, of door de verrijkte toplaag af te schrapen.

Stuurfactoren

Stoffen: nutriënten en organische belasting.

Effecten

Door verschralen kan nalevering van voedingsstoffen vanuit de aanliggende gronden voorkomen worden en verbetert de kwaliteit van het water.

Toepassing

Verschralen kan worden toegepast bij beken en sloten. Wanneer gebruik wordt gemaakt van grazers dient de oever wel beschermd te worden tegen betreding, bijvoorbeeld door middel van afrastering (oever beschermen). Bij sterke verrijking duurt het langer voordat met verschraling de verrijking verdwenen is. Er zou dan gekozen kunnen worden voor het afgraven van de voedselrijke toplaag. Dit is echter een kostbare ingreep en verwijdert de zaadbank en het bodemleven, kan bovendien het bodemprofiel beschadigen, en de kwelstromen verstoren. Het verschraalde gedeelte kan ook gebruikt worden als inundatiezone bij beken (inundatiezone aanleggen) mits het beekwater niet weer extra voedingsstoffen aanvoerd.

Ontwikkelingsperiode

Bij verschralen kan het meerdere jaren duren voordat de verrijking verdwenen is. Bij afschrapen is de verrijking meteen verdwenen, maar kost het veel tijd voordat het bodemleven en/of de zaadbank hersteld is. Het duurt enige jaren voordat de effecten zichtbaar worden op levensgemeenschap.

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Waterkwaliteit: maaienveld verlagen, verschromen oeverlanden, verwijderen verontreinigde oeverbodem.

Wateronttrekking stoppen/verminderen

(Grond)waterwinning veroorzaakt een verlaging van de gemiddelde grondwaterstand. Dit kan leiden tot het droogvallen van beken en sloten en tot verdroging in het beekdal. De effecten van waterwinningen zijn vaak regionaal. Het verminderen, verplaatsen of opheffen van een grondwaterwinning kan de gemiddelde grondwaterstand doen stijgen en leiden tot vergroting van de kwelstromen. Dit komt de afvoer van de beek en de grondwaterstand in het beekdal ten goede en zorgt voor een betere watervoering in sloten.

Stuurfactoren

Stroming: basisafvoer.

Toepassingen

Winnings kunnen worden verplaatst of verminderd. Verplaatsen van winningen dient altijd plaats te vinden van verdrogingsgevoelige gebieden naar locaties waar de effecten geringer zijn (bijvoorbeeld uiterwaarden van grote rivieren). Er kan ook overgegaan worden op oppervlaktewaterwinning of oeverwaterwinning. Bij verticale verplaatsing, verplaatsing naar diepere watervoerende lagen, moeten de effecten vooraf worden onderzocht.

Wateronttrekking door de landbouw kan voorkomen worden door een verhoogde grondwaterstand te bewerkstelligen. Dit kan bereikt worden door bijvoorbeeld de drainage te verminderen (drainage (open of gesloten) verwijderen/verminderen) of de infiltratie van regenwater te vergroten (infiltratie regenwater bevorderen). In sommige gevallen kan daarnaast gezuiverde effluent gebruikt worden om te beregenen of kunnen verordeningen uitgebracht worden om beregenen te beperken.

Bij industriële winning kan koelwater eventueel opnieuw worden geïnfiltrerd. Door water te zuiveren en te hergebruiken kan de grondwateronttrekking sterk worden gereduceerd. Soms is het mogelijk over te gaan van grondwaterwinning op aangevoerd oppervlaktewater of oeverwaterwinning.

Ontwikkelingsperiode

Het kan meerdere jaren duren voor het effect van de maatregel volledig tot uiting komt.

Kosten

Matig.

Vergelijkbare maatregelen AQUAHERSTEL

Hydrologisch: wateronttrekking wijzigen.

5 Workshop

5.1 Opmerkingen deelnemers

Na het gereed komen van het prototype MWW is een workshop georganiseerd waarin waterbeheerders, natuurbeheerders en andere geïnteresseerden in de gelegenheid zijn gesteld het prototype te testen. Hierbij is specifiek aan de deelnemers gevraagd om opmerkingen en eventuele verbeterpunten aan te geven. De opmerkingen zijn opgenomen in tabel 2. In de tabel is bij iedere opmerking vermeld wat er met de opmerkingen is gebeurd of gaat gebeuren.

Tabel 2. Opmerkingen bij het programma MWW naar aanleiding van de workshop.

Opmerking	Verwerking
Algemeen	
Bouw de vragenmodule om tot watertype te komen uit Waternood-DAN ook in MWW in?	Deze optie wordt in de toekomst meegenomen.
Geef ook een scherm met de gerelateerde typen zoals dat in Waternood-DAN zit.	Is in de nieuwe versie opgenomen.
Is er een eenvoudige manier om bij de uitleg van de maatregelen te komen?	Deze informatie staat onder de help knop in de vragenmodule -> help knop hernoemd naar info maatregelen.
Het samenstellen van een maatregelenpakket verloopt sneller op basis van eigen inzicht. Programma is wel nuttig in overleg met anderen.	Zie paragraaf 5.2.
Selecteer referentie	
De referentieboom past niet in zijn geheel op het scherm.	Is in de nieuwe versie aangepast.
Slootbeken stromen < 10cm/s ipv AS type 10-50 cm/s, kan daarom geen apart type slootbeken en een type kanaalbeken worden opgenomen voor gebieden met weteringen ed. zoals Salland, Veluwe en Vallei?	Deze wateren zijn niet opgenomen in de gebruikte typologieën en zijn daarom ook niet beschikbaar in MWW. In de toekomst kunnen wel andere typen toegevoegd worden.
Vragenmodule	
Verzoek om meer kwantificering en duidelijkere beschrijvingen (vragen, mate van betekenis?).	Zie paragraaf 5.3.
Kan het programma antwoorden vasthouden, ook indien je terug gaat binnen een sessie?	Is in de nieuwe versie opgenomen.
Indien AS02-12 en R05 is gekozen verschijnt geen vraag, maar wel direct een maatregeladvies en daarna pas 1ste vraag: dit is verwarrend.	Is in de nieuwe versie aangepast.
De vragenmodule springt terug naar het begin bij type AS02_12.	Is in de nieuwe versie verholpen.
Het is soms onduidelijk wat er met de vraag wordt bedoeld, of waar de vervolgvragen heen gaan -> Kan er geen extra scherm komen met de gehele vragenmodule en welke antwoorden op de vragen gegeven zijn?	Wordt overwogen bij ellicht te overwegen bij een toekomstige aanpassing.
Maatregelen	
Welk accoladeprofiel is bedoeld? Kan een b/d verhouding worden gegeven en wat is de relatie met de afvoer?	Zie paragraaf 5.3.

Geen onttrekkingen is geen oplossing.	Het onttrekken van water vormt een belangrijk probleem. Deze onttrekkingen kun wel degelijk worden verminderd door bijvoorbeeld een efficiënter gebruik van water te maken (door bijvoorbeeld gebruik te maken van een gescheiden systeem en gebruik te maken van regenwater).
Vertrapping van slootoevers hoeft niet altijd negatief te zijn?	Vraagstelling is veranderd in: Vindt er sterke betreding plaats van de oevers door vee?
Prioritering	
Score (laag= weinig belangrijk) in de maatregeltabel is precies tegenovergesteld becijferd t.o.v. de prioritering (laag=hoge prioriteit)	Zie paragraaf 5.4.
Is het mogelijk een overall prioritering van de maatregelen te geven?	Zie paragraaf 5.4.

5.2 Algemene opmerkingen

Het programma MWW is door de deelnemers over het algemeen als nuttig ervaren, vooral om de resultaten te gebruiken in besprekingen met derden en in overleg met besturen. Het programma ondersteunt de keuze voor maatregelen in dergelijke overleggen.

Als hulp bij het opstellen van een maatregelenpakket wordt het programma minder interessant gevonden, aangezien hier toch vooral op de eigen ervaring wordt afgestaan. Het zou in dat opzicht interessant kunnen zijn voor mensen met minder ervaring met het opstellen van maatregelpakketten of om de blik te verruimen.

Het programma momenteel voornamelijk gebaseerd op expert-judgement, waarover de waterbeheerders zelf ook beschikken. Het is echter de bedoeling het programma in de toekomst verder te verfijnen door gegevens over de effecten van maatregelen uit herstelprojecten, wanneer deze beschikbaar worden, op te nemen. Een dergelijk verfijnd programma kan ook voor ervaren waterbeheerders een hulp bij het samenstellen van maatregelpakketten vormen.

5.3 Beschikbare informatie

Momenteel is er in het programma informatie beschikbaar over referentietypen en maatregelen. De informatie over maatregelen is voornamelijk beschrijvend van aard. De informatie kan in de toekomst uitgebreid worden met meer uitvoeringstechnische informatie.

Daarnaast is er behoefte om informatie op te kunnen vragen over de vragen of over de betekenis van specifieke woorden. Het wordt bovendien wenselijk gevonden om een kwantificering toe te voegen aan de vragen waarbij om een inschatting van de ernst van de verstoring wordt gevraagd. Deze opmerkingen zullen in de verdere ontwikkeling worden meegenomen.

5.4 Prioritering van de maatregelen

De prioritering van maatregelen is gebaseerd op een verstoringsfactor van de stuurfactor en een prioriteringsfactor van de maatregelen die bij die stuurfactor behoren. De verstoringsfactor van de stuurfactor is berekend op basis van het belang van de stuurfactor en de mate van verstoring van die factor in het systeem (Bijlage 4). Deze verstoringsfactor geeft dus een actuele waarde weer van de verstoring. De maatregelen zijn geordend naar prioriteit per stuurfactor. De maatregelen zijn dus wel ten opzichte van elkaar geordend op belangrijkheid maar hebben geen objectieve overall score. Een maatregel met prioriteit 5 bij de ene stuurfactor hoeft niet dezelfde betekenis te hebben als een maatregel met prioriteit 5 bij een andere stuurfactor. Wanneer een stuurfactor maar 5 maatregelen heeft is prioriteit 5 laag, terwijl bij een stuurfactor met 20 maatregelen prioriteit 5 redelijk hoog is. De verstoringsfactor van de stuurfactoren geeft dus meer informatie dan een eventuele prioritering van deze factoren. Er is vooralsnog toch gekozen voor een verstoringsfactor bij de stuurfactoren en een prioriteringsfactor bij de maatregelen. Aangezien de prioriteringen van de maatregelen bij verschillende stuurfactoren geen gelijke waarde hebben is nader onderzoek nodig om een overall prioritering van de maatregelen op te kunnen stellen.

Literatuur

Bal D., Beije H.M., Fellingier M., Haveman R., van Opstal A.J.F.M. & van Zadelhoff F.J., 2001. Handboek Natuurdoeltypen, Tweede geheel herziene editie. Expertise-centrum LNV, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

Commissie Waterbeheer 21^e eeuw, 2000. Waterbeleid voor de 21^e eeuw. Geef water de ruimte en aandacht die het verdient. Advies van de Commissie Waterbeheer 21^e eeuw. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.

Didderen K. & Verdonschot P.F.M., 2006. Waternood; Aquatische ecologie en de doelbenadering. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport concept.

Elbersen J.W.H., Verdonschot P.F.M., Roels B. & Hartholt J.G., 2003. Definitiestudie KaderRichtlijn Water (KRW); I. Typologie Nederlandse Oppervlakte wateren. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 669.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998. Vierde Nota Waterhuishouding Regeringsbeslissing. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.

Nijboer R.C., 2000. Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 6, Sloten. Rapport EC-LNV nr. AS-06, Wageningen.

Nijboer R.C., 2004. Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen. I. Literatuurstudie naar hydrologische maatregelen en de effecten op sloot- en beekecosystemen. Alterra rapport 1066, Alterra, Wageningen.

Nijboer R.C. & Groeneveld R., 2004. Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen. II. Mogelijkheden en ontwerp van het systeem. Intern rapport, Alterra, Wageningen.

Nijboer R.C., van Diepen L.T.A., & Higler L.W.G., 2004. Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen: III Inventarisatie van hydrologische herstelprojecten. Alterra-rapport 1067, Alterra, Wageningen.

Nijboer R.C. & Bosman J., 2006. Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen: IV Bepaling van ecologische effecten van herstelmaatregelen. Alterra-rapport 1366, Alterra, Wageningen.

Verdonschot P. F. M., 2000. Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 2, Beken. Rapport EC-LNV nr. AS-02, Wageningen.

Verdonschot P.F.M., Driessen O., van der Hoek W. & de Klein J., 1995. Beken stromen : leidraad voor ecologisch beekherstel. Utrecht, Stowa. 236 p.

Verdonschot P.F.M., Nijboer R.C., Jaarsma N.G., Van der Molen D.T, Geilen N., Backx J., Beers P.W.M., Higler B., Aarts H.P.A., Janssen S.N. & Arts G.H.P., 2000. Aquatisch Supplement deel 1 t/m 13. Rapport EC-LNV nr AS-01 t/m AS-13, Wageningen.

Van der Molen D.T. & Pot R. (redactie), 2006a. Referenties en conceptmaatlaten voor Rivieren voor de Kaderrichtlijn water, update april 2006. STOWA, Rapportnummer 2004-43.

Van der Molen D.T. & Pot R. (redactie), 2006b. Referenties en conceptmaatlaten voor Meren voor de Kaderrichtlijn water, update april 2006. STOWA, Rapportnummer 2004-42.

Bijlage 1 Referentietypen

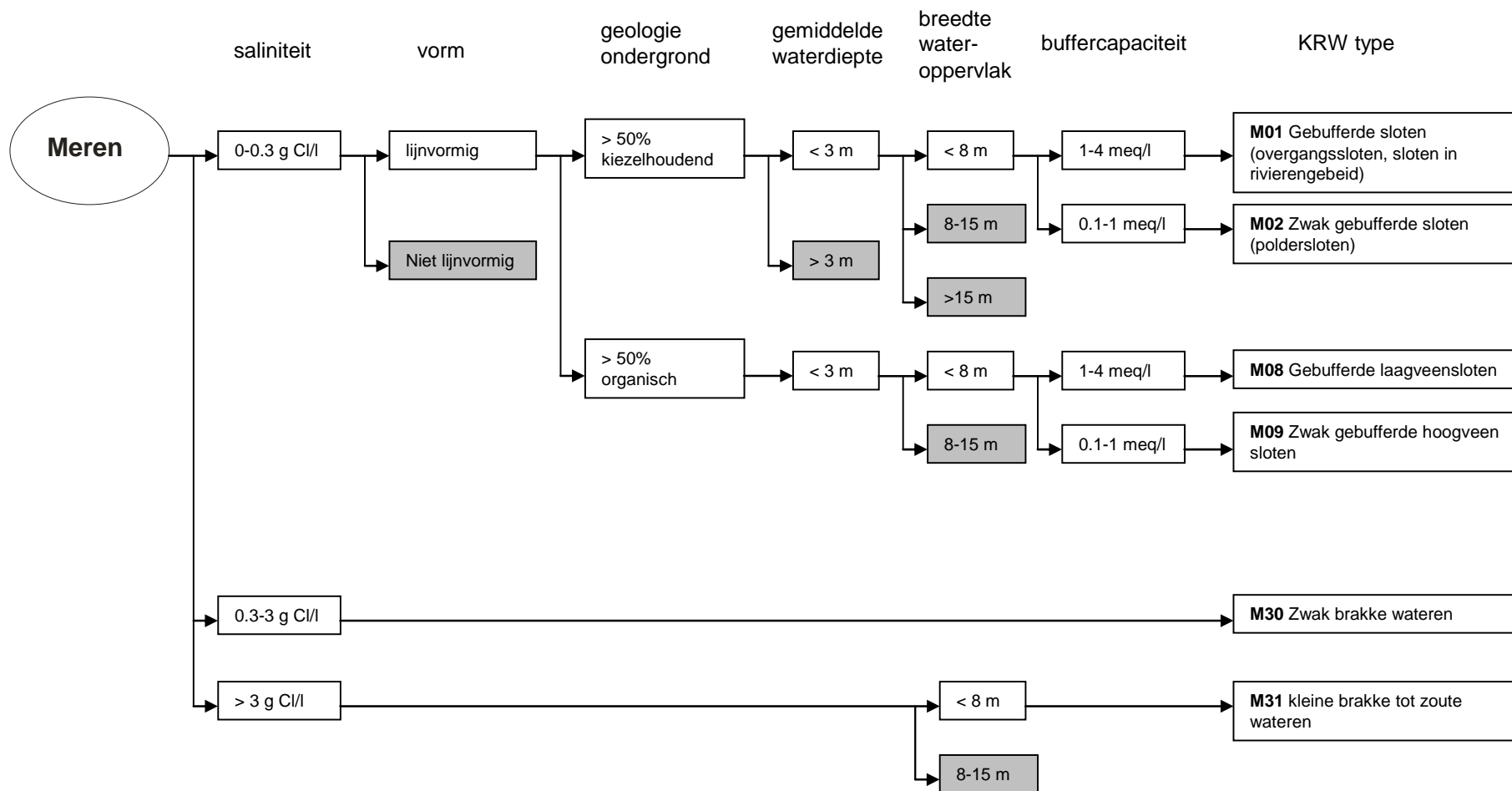
typologie	hoofdgroep	typecode	typenaam	korte beschrijving
KRW	M – typen (stilstaande wateren)	M01	gebufferde sloten (overgangssloten, sloten in rivierengebied)	stilstaand, chloridegehalte < 0.3 g/l, lijnvormig, > 50% kiezelhoudend, < 3 m diep, < 8 m breed, 1 - 4 meq/l buffercapaciteit
		M02	zwak gebufferde sloten (poldersloten)	stilstaand, chloridegehalte < 0.3 g/l, lijnvormig, > 50% kiezelhoudend, < 3 m diep, < 8 m breed, 0.1 - 1 meq/l buffercapaciteit
		M08	gebufferde laagveensloten	stilstaand, chloridegehalte < 0.3 g/l, lijnvormig, > 50% organisch, < 3 m diep, < 8 m breed, 1 - 4 meq/l buffercapaciteit
		M09	zwak gebufferde hoogveensloten	stilstaand, chloridegehalte < 0.3 g/l, lijnvormig, > 50% organisch, < 3 m diep, < 8 m breed, 0.1 - 1 meq/l buffercapaciteit
		M30	zwak brakke wateren	stilstaand, chloridegehalte 0.3 - 3 g/l.
		M31	kleine brakke tot zoute wateren	stilstaand, chloridegehalte > 3 g/l.
	R – typen (stromende wateren)	R03	droogvallende langzaam stromende bovenloop op zand	stroming < 50cm/s (verhang < 1m/km), > 50% kiezelhoudend, 0 - 3 m breed droogvallend.
		R04	permanente langzaam stromende bovenloop op zand	stroming < 50cm/s (verhang < 1m/km), > 50 % kiezelhoudend, 0 - 3 m breed permanent.
		R05	langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand	stroming < 50cm/s (verhang < 1m/km), > 50 % kiezelhoudend, 3 - 8 m breed
		R06	langzaam stromend riviertje op zand/klei	stroming < 50cm/s (verhang < 1m/km), > 50 % kiezelhoudend, 8 - 25 m breed
		R09	langzaam stromende bovenloop op kalkhoudende bodem	stroming < 50cm/s (verhang < 1m/km), > 50 % kalkhoudend, 0 - 3 m breed
		R10	langzaam stromende middenloop op kalkhoudende bodem	stroming < 50cm/s (verhang < 1m/km), > 50 % kalkhoudend, 3 - 8 m breed
		R11	langzaam stromende bovenloop op veenbodem	stroming < 50cm/s (verhang < 1m/km), organisch, 0 - 3 m breed
		R12	langzaam stromende middenloop/benedenloop op veenbodem	stroming < 50cm/s (verhang < 1m/km), organisch, 3 - 8 m breed
		R13	snelstromende bovenloop op zand	stroming > 50 cm/s (verhang > 1m/km), kiezelhoudend, 0 - 3 m breed
		R14	snelstromende midden/benedenloop op zand	stroming > 50 cm/s (verhang > 1m/km), kiezelhoudend, 3 - 8 m breed
		R15	snelstromend riviertje op kiezelhoudende bodem	stroming > 50 cm/s (verhang > 1m/km), kiezelhoudend, 8 - 25 m breed
		R17	snelstromende bovenloop op kalkhoudende bodem	stroming > 50 cm/s (verhang > 1m/km), kalkhoudend, 0 - 3 m breed
R18	snelstromende midden/benedenloop op kalkhoudende bodem	stroming > 50 cm/s (verhang > 1m/km), kalkhoudend, 3 - 8 m breed		

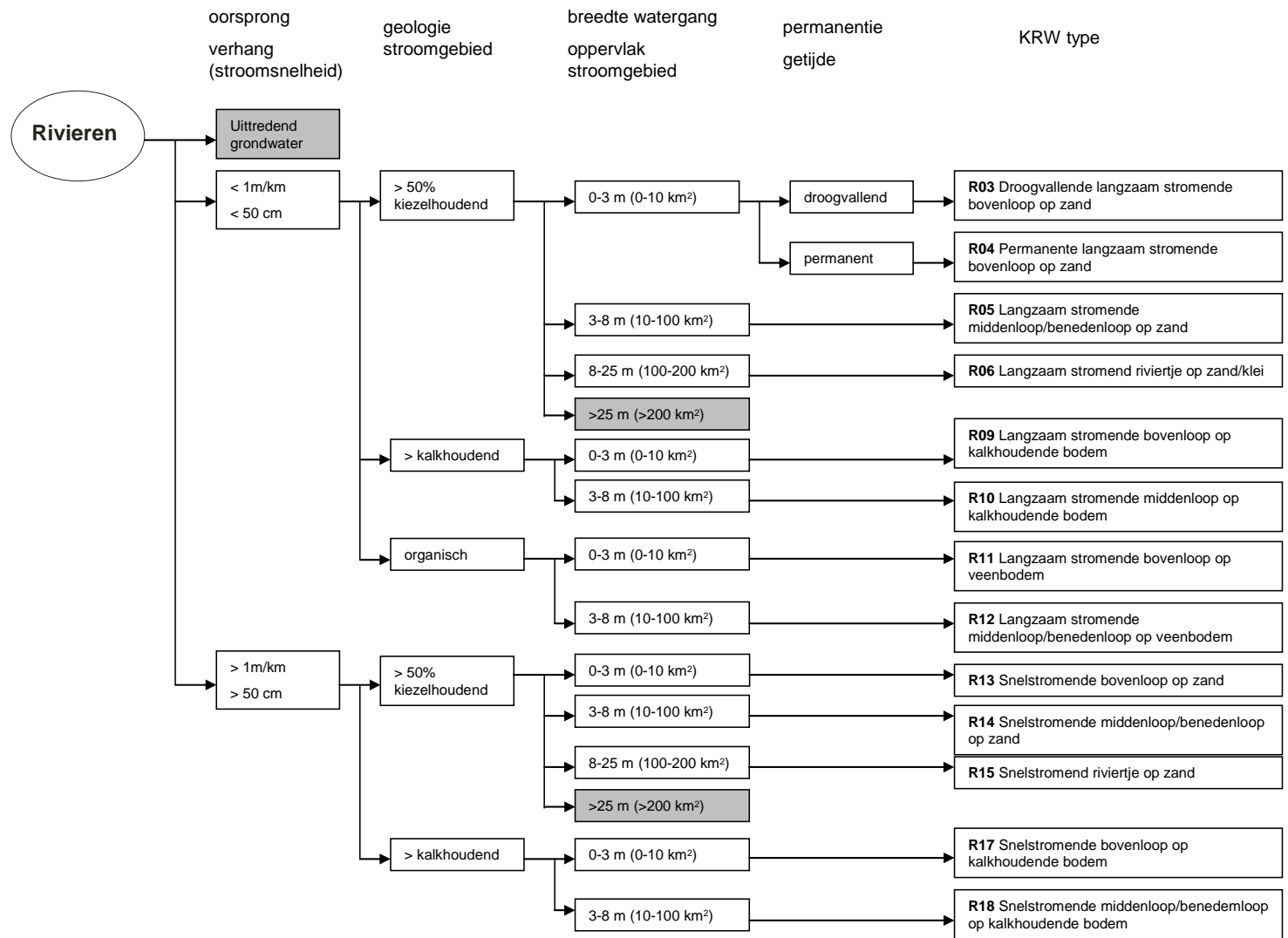
typologie	hoofdgroep	typecode	typenaam	korte beschrijving
NDT	stromende wateren	NDT-3.1	droogvallende bron en beek	sterk afhankelijk van regenwater en daardoor in de zomer droogvallend (max. 10 weken)
		NDT-3.3	snelstromende bovenloop	bovenloop (< 3 m breed), stroomsnelheid 30 - 80 cm/s op plaatsen met een sterk reliëf; in heuvelland en op steile flanken en terrasranden op de hogere zandgronden
		NDT-3.4	snelstromende midden- en benedenloop	midden- en benedenlopen (2 - 15 m breed), stroomsnelheid 30 - 70 cm/s op plaatsen met een sterk reliëf; in heuvelland en op steile flanken en terrasranden op de hogere zandgronden
		NDT-3.5	snelstromend riviertje	rivertje (10 - 30 m breed), stroomsnelheid 30 - 80 cm/s vormt de verbinding tussen de benedenloop van de beek en de rivier. in limburg, op plaatsen met sterk reliëf.
		NDT-3.6	langzaam stromende bovenloop	bovenlopen (< 3 m breed), stroomsnelheid 10 - 50 cm/s, op plaatsen met een zwak reliëf op de hogere zandgronden.
		NDT-3.6a	zwak zure, langzaam stromende bovenloop	bovenloop (< 3 m breed), stroomsnelheid 10 - 50 cm/s, matig zuur tot zwak zuur, oligotroof tot mesotroof
		NDT-3.6b	neutrale, langzaam stromende bovenloop	bovenloop (< 3 m breed), stroomsnelheid 10 - 50 cm/s, zwak zuur tot neutraal, mesotroof tot zwak eutroof
		NDT-3.7	langzaam stromende midden- en benedenloop	midden- en benedenlopen (2 - 10 m breed), stroomsnelheid 10 - 50 cm/s, op plaatsen met een zwak reliëf op de hogere zandgronden.
		NDT-3.7a	zwak zure, langzaam stromende midden- en benedenloop	midden- en benedenlopen (2 - 5 m breed), matig zuur tot zwak zuur, mesotroof tot zwak eutroof. op plaatsen met een zwak reliëf op de hogere zandgronden
		NDT-3.7b	neutrale, langzaam stromende midden- en benedenloop	midden- en benedenlopen (2 - 10 m breed), zwak zuur tot neutraal, mesotroof tot matig eutroof. op plaatsen met een zwak reliëf op de hogere zandgronden
		NDT-3.8	langzaam stromend riviertje	rivertje (10 - 30 m breed), stroomsnelheid 10 - 50 cm/s, vormt de verbinding tussen de benedenloop van de beek en de rivier. op plaatsen met een zwak reliëf op de hogere zandgronden, met uitlopers in het laagveengebied, en in het rivierengebied
	stilstaande wateren	NDT-3.13a	licht tot matig brak stilstaand water	chloride gehalte 1000 - 10000 mg/l
		NDT-3.15	gebufferde sloot	smal (0.5 - 8 m breed) lijnvormig water. neutraal tot basisch, mesotroof tot eutroof. voornamelijk in klei- en veengebieden
		NDT-3.21	zwakgebufferde sloot	smal (0.5 - 8 m breed) lijnvormig water, zwak zuur tot neutraal, oligotroof tot mesotroof, in beperkte mate op de hogere zandgronden en op de overgang naar het laagveengebied
AS	beken	AS02_01	droogvallende bovenloopjes	droogvallend, < 1,5 m breed
		AS02_02	droogvallende bovenlopen	droogvallend, 1 - 3 m breed
		AS02_03	(zwak) zure bovenloopjes	permanent, ph 4.5 - 6.5, < 1.5 m breed
		AS02_04	(zwak) zure bovenlopen	permanent, ph 4.5 - 6.5, 1 - 3 m breed
		AS02_05	(zwak) zure middenlopen	permanent, ph 4.5 - 6.5, 2 - 5 m breed
		AS02_06	snelstromende bovenloopjes	permanent, ph 6.5 - 8.5, stroomsnelheid 30 - 60 cm/s, < 1.5 m breed
		AS02_07	snelstromende bovenlopen	permanent, ph 6.5 - 8.5, stroomsnelheid 30 - 80 cm/s, 1 - 3 m breed
		AS02_08	snelstromende middenlopen	permanent, ph 6.5 - 8.5, stroomsnelheid 30 - 70 cm/s, 2 - 5 m breed

typologie	hoofdgroep	typecode	typenaam	korte beschrijving
		AS02_09	snelstromende benedenlopen	permanent, pH 6.5 - 8.5, stroomsnelheid 30 - 70 cm/s, 4 - 15 m breed
		AS02_10	snelstromende riviertjes	permanent, pH 6.5 - 8.5, stroomsnelheid 30 - 80 cm/s, 10 - 30 m breed
		AS02_11	langzaam stromende bovenloopjes	permanent, pH 5.5 - 7.5, stroomsnelheid 10 - 40 cm/s, < 1.5 m breed
		AS02_12	langzaam stromende bovenlopen	permanent, pH 5.5 - 7.5, stroomsnelheid 10 - 50 cm/s, 1 - 3 m breed
		AS02_13	langzaam stromende middenlopen	permanent, pH 5.5 - 7.5, stroomsnelheid 10 - 50 cm/s, 2 - 5 m breed
		AS02_14	langzaam stromende benedenlopen	permanent, pH 5.5 - 7.5, stroomsnelheid 10 - 50 cm/s, 4 - 10 m breed
		AS02_15	langzaam stromende riviertjes	permanent, pH 6.5 - 8.5, stroomsnelheid 10 - 50 cm/s, 10 - 30 m breed
	sloten	AS06_01	brakke sloten	chloride gehalte > 300 mg/l
		AS06_02	(zwak) zure zandsloten	zand, pH 5.5 - 6.5
		AS06_03	zure hoogveensloten	hoogveen, pH < 5.5
		AS06_04	oligo- tot mesotrofe zandsloten	zand, pH 6.5 - 7.5
		AS06_05	mesotrofe veensloten	veen, pH 6.5 - 7.5, mesotroof
		AS06_06	eutrofe veensloten	veen, pH 6.5 - 8.5, eutroof
		AS06_07	kleisloten	klei, pH 7.5 - 8.5

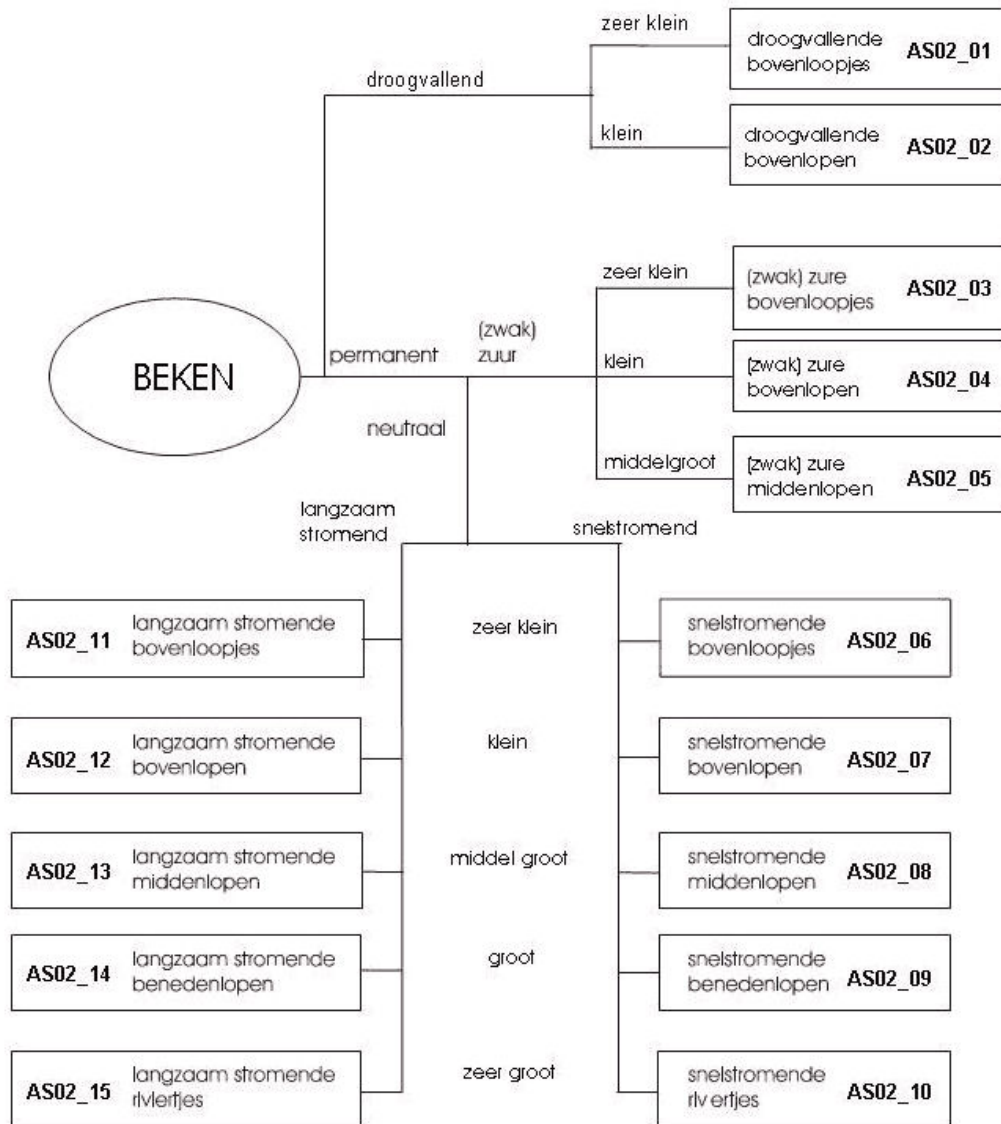
Bijlage 2 Typologische samenhang

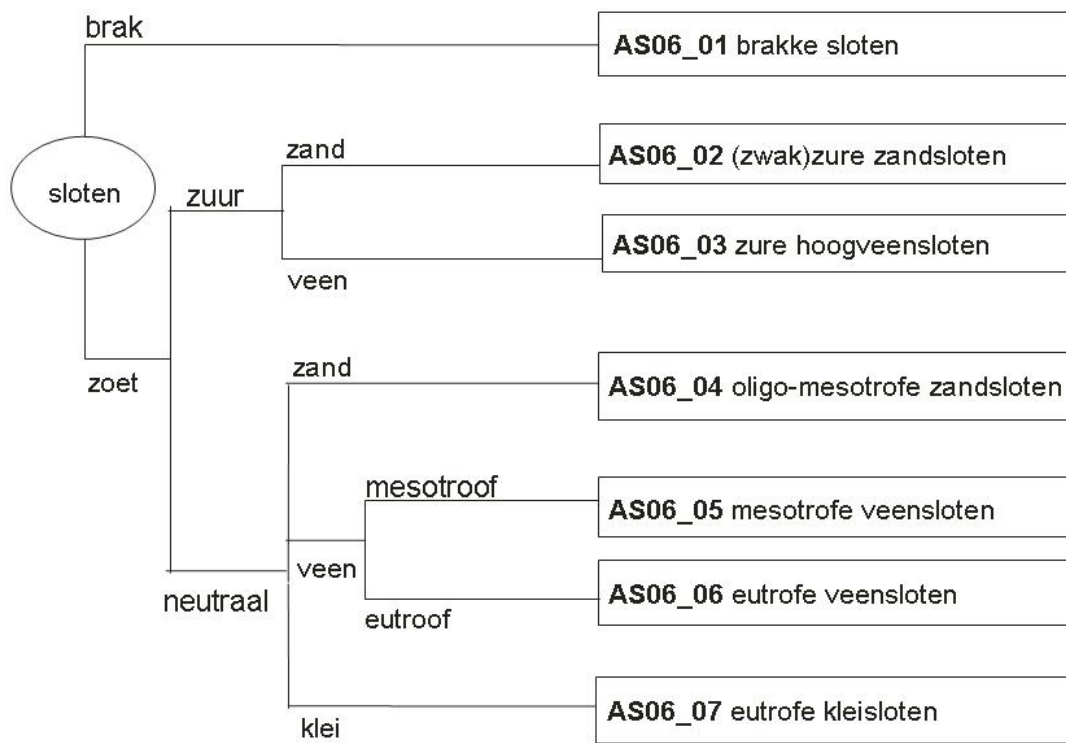
KRW referentietypen





Aquatisch Supplement referentietypen





Koppeling van de referentietypen van de verschillende referentietypologieën

De koppeling van de verschillende referentietypologieën is gebaseerd op de koppeling die is gemaakt voor het programma Waterlood (Didderen & Verdonshot 2006). Hier zijn de typen M01, M02, M08 en M09 aan toegevoegd.

AS_Code	KRW_Code	NDT_Code
	M31	NDT-3.13
AS02_01	R03	NDT-3.1
AS02_02	R03	NDT-3.1
AS02_03	R04	NDT-3.6
AS02_03	R11	NDT-3.6
AS02_03	R04	NDT-3.6a
AS02_03	R11	NDT-3.6a
AS02_04	R04	NDT-3.6
AS02_04	R11	NDT-3.6
AS02_04	R04	NDT-3.6a
AS02_04	R11	NDT-3.6a
AS02_05	R05	NDT-3.7
AS02_05	R12	NDT-3.7
AS02_05	R05	NDT-3.7a
AS02_05	R12	NDT-3.7a
AS02_06	R13	NDT-3.3
AS02_06	R17	NDT-3.3
AS02_07	R13	NDT-3.3
AS02_07	R17	NDT-3.3
AS02_08	R14	NDT-3.4
AS02_08	R18	NDT-3.4
AS02_09	R14	NDT-3.4
AS02_09	R18	NDT-3.4
AS02_10	R15	NDT-3.5
AS02_11	R04	NDT-3.6
AS02_11	R09	NDT-3.6
AS02_11	R04	NDT-3.6b
AS02_11	R09	NDT-3.6b
AS02_12	R04	NDT-3.6
AS02_12	R09	NDT-3.6
AS02_12	R04	NDT-3.6b
AS02_12	R09	NDT-3.6b
AS02_13	R05	NDT-3.7
AS02_13	R10	NDT-3.7
AS02_13	R05	NDT-3.7b
AS02_13	R10	NDT-3.7b
AS02_14	R05	NDT-3.7
AS02_14	R05	NDT-3.7b
AS02_15	R06	NDT-3.8
AS06_01	M30	NDT-3.13

AS06_01	M30	NDT-3.13a
AS06_02	M02	NDT-3.21
AS06_03	M09	NDT-3.28
AS06_03	M09	NDT-3.44
AS06_04	M02	NDT-3.21
AS06_05	M08	NDT-3.15
AS06_05	M08	NDT-3.21
AS06_06	M08	NDT-3.15
AS06_07	M01	NDT-3.15

Bijlage 3 Prioritering van stuurfactoren

De prioritering van stuurfactoren is gebaseerd op de prioriteitsfactor van de hoofdfactoren en de mate van verstoring (verstoringfactor) van de stuurfactor. Bij de prioriteitsfactor is 3 de hoogste score en 1 de laagste score. Bij de mate van verstoring staat verstoringfactor 3 voor ernstig, 2 voor matig en 1 voor zwak. Op grond van de score worden de stuurfactoren op prioriteit gerangschikt, waarbij de hoogste score de hoogste prioriteit heeft.

watertypen	hoofdfactoren	stuurfactoren	prioriteitsfactor	verstoringfactor	score
beken	stroming	basisafvoer	3	3	6
				2	5
				1	4
		afvoerdynamiek	3	3	6
				2	5
				1	4
		stuwing	3	3	6
				2	5
				1	4
	structuur	profiel	2	3	5
				2	4
				1	3
		onderhoud	2	3	5
				2	4
				1	3
		profielverdediging	2	3	5
				2	4
				1	3
		schaduw	2	3	5
				2	4
				1	3
waterkwaliteit	nutriënten en organische belasting	1	3	4	
			2	3	
			1	2	
	toxische stoffen	1	3	4	
			2	3	
1	2				
sloten	zoutgehalte	zoutgehalte (bij brakke sloten)	7	0	7
	waterkwaliteit	nutriënten en organische belasting	3	3	6
				2	5
				1	4
		toxische stoffen	3	3	6
				2	5
				1	4
	structuur	profiel	2	3	5
				2	4
				1	3
		onderhoud	2	3	5
				2	4
				1	3
	profielverdediging	2	3	5	
			2	4	
			1	3	
	waterhuishouding	waterpeil	1	3	4
				2	3
1				2	

Bijlage 4 Prioritering van herstelmaatregelen in beken

Stuurfactor	Maatregel	Prioriteit
Basisafvoer	Voorkom aantasting als gevolg van ploegen, herstelingsrepen e.d.	1
	Koppel het bovenstroomse traject aan op de beek	2
	Verplaats de winning naar een minder kwetsbaar gebied.	3
	Verminder de hoeveelheid wateronttrekking.	4
	Verminder de wateronttrekkingen door:	5
	- Beperk beregening door verordening	5
	- Beregen met niet toxisch verontreinigd effluent	5
	- Verhogen van de grondwaterstand	5
	Verminder de wateronttrekking door:	6
	- Verplicht de industrie niet-verontreinigd-(koel)water opnieuw te infiltreren.	6
	- Vervang grondwater door aangevoerd oppervlaktewater.	6
	- Verplaatsen van de industrie.	6
	- Verplicht de industrie gebruikt water te zuiveren en hergebruiken.	6
	Leg een hydrologische bufferzone aan om het effect van waterwinningen en wateronttrekkingen tegen te gaan.	7
Infiltreer extra gezuiverd effluent	8	
Afvoerdynamiek	Verwijder drainagesystemen en/of demp greppels en sloten óf verminder de drainagegraad óf koppel de greppels/sloten/drainagebuizen af.	1
	Leg een hydrologische bufferzone aan	2
	Bevorder de infiltratie van regenwater in de grond d.m.v.:	3
	- open bestrating	4
	- rechtstreekse afvoer van daken in de bodem	5
	- gescheiden riolering met regenwatervijvers	6
	Verlaag overstortfrequentie door vergroting van de berging	7
	Verplaats de overstort(en)	8
	Maak ploegvoren dwars op de afstroomrichting indien de afstroom van akkerland afkomstig is	9

	Ontwikkel een loofbos of een houtwal op de oevers	10
	Ontwikkel loofbos op de oevers	11
	Zet naaldbos om in loofbos	12
	Leg een oeverwallepje aan, eventueel in combinatie met een houtwal	13
	Ontwikkel meandering/natuurlijk lengteprofiel	14
	Vergroot de retentie door bijv.:	15
	- vasthouden van water in sloten en greppels (bovenstrooms)	15
	- verhogen grondwaterpeil (bovenstrooms)	15
	- aankoppelen oude meanders (benedenstrooms)	15
	- aanleggen poelen (benedenstrooms)	15
	Leg een inundatiezone aan	16
	Leg een accoladeprofiel aan	17
	Leg een nevengeul aan	18
Stuwing	Vervang de stuw door meandering	1
	Vervang de stuw door bodemsprongen met keien, vistrappen, verlengde cascades o.i.d.	2
Profiel	Ontwikkel meandering/natuurlijk lengteprofiel	1
	Verklein het profiel (beekbodem verhogen, versmalling of accoladeprofiel aanleggen)	2
	Ontwikkel micromeanders	3
	Verbeter de substraatvariatie door bijv.:	4
	- Aanleggen van een asymmetrisch oeverprofiel	4
	- Aanbrengen van grindbedden als deze van nature aanwezig waren	4
	- Aanleggen van overhangende oevers/steilranden en depositiezones.	4
	- Terugbrengen van zand, wanneer de beek door diepe insnijding te grindig is geworden	4
	- Ontwikkelen van stroomkuilen en zandbanken	4
	Breng afrastering aan	5
	Wijs mensen door voorlichting op de kwetsbaarheid van het gebied (bijv. borden aanbrengen)	6
Beschoeiing	Zorg voor een gelijkmatigere afvoerdynamiek (indien van toepassing) en verwijder de beschoeiing	1
	Verwijder reeds aanwezig vuil en puin	2

	Vervang de beschoeïing door oeververdedigende beplanting zonodig tezamen met tijdelijke oeververdediging en/of grind/stenen op zeer kwetsbare plaatsen.	3
Onderhoud	Laat deze werkzaamheden zoveel mogelijk achterwege.	1
Schaduw	Laat (machinaal) onderhoud aan de bosbestanden achterwege.	1
	Ontwikkel een loofbos of een houtwal op de oevers	2
Nutriënten en Organische belasting	Ga (over)bemesting tegen door:	1
	-verandering van grondgebruik.	1
	-verwerving van gronden,	1
	-wetgeving en controle,	1
	Ga lozing van voedingsstoffen tegen door normering, wetgeving en controle.	2
	Saneer het infiltratiegebied met behulp van wetgeving.	3
	Verscherp effluentnormen en verbeter de RWZI.	4
	Verplaats de industrie	5
	Verschraal de aanliggende gronden	6
	Verplaats effluentlozing naar een minder kwetsbaar punt.	7
	Verplaats de overstort(en)	8
	Aansluiten op de riolering	9
	Wanneer aansluiten op de riolering (nog) niet mogelijk is, aanleg septic tanks, evt in combinatie met een helofytenfilter	10
	(Na)zuivering m.b.v. helofytenfilters of moerasbosjes.	11
	Verlaag overstortfrequentie door vergroting van de berging	12
	Bevorder de infiltratie van regenwater in de grond d.m.v.:	13
	- gescheiden riolering met regenwatervijvers	13
- rechtstreekse afvoer van daken in de bodem	13	
- open bestrating	13	
Breek de drainagebuizen af of demp de greppels en sloten	14	
Verbreek de verbinding met de beek, en scheid hierdoor de landbouw waterstromen van de natuurwaterstromen	15	
Leg horse-shoe wetlands aan	16	
Leg een bufferzone aan waar niet bemest mag worden	17	

	Leg een oeverwalleetje aan, eventueel in combinatie met een houtwal	18
	Leg een houtwal aan	19
	Maak ploegvoren dwars op de afstroomrichting indien de afstroom van akkerland afkomstig is	20
Toxische stoffen	Ga lozing van toxische stoffen tegen door normering, wetgeving en controle.	1
	Voorkom eventuele toxische lozingen	2
	Stop met het gebruik van chemische middelen op de oever of in de watergang	3

Bijlage 5 Prioritering van herstelmaatregelen in sloten

Stuurfactor	Maatregelen	Prioriteit
Zoutgehalte	Laat geen gebiedsvreemd water in zodat de brakke kwel meer invloed krijgt	1
Profiel	Breng verschil in dimensies aan in de breedte en diepte van de sloot	1
	Creer een onregelmatig talud	2
	Leg plasbermen aan	3
	Verminder de hellingshoek van het talud	4
	Breng afrastering aan, evt met drinkplekken	5
Beschoeiing	Verwijder de beschoeiing	1
Onderhoud	Zorg voor een optimaal onderhoudsregime	1
Nutriënten en Organische belasting	Ga overbesteding tegen door wetgeving en controle	1
	Ga lozing van voedingsstoffen tegen door normering, wetgeving en controle.	2
	Verschep effluentnormen en verbeter de RWZI.	3
	Verplaats de industrie	4
	Verplaats effluentlozing naar een minder kwetsbaar punt.	5
	Aansluiten op de riolering	6
	Scheid gebiedseigen en ingelaten water	7
	Reguleer de inlaat	8
	Voorkom doorspoeling	9
	Verleng de weg van het ingelaten water	10
	Wanneer aansluiten op de riolering (nog) niet mogelijk is, aanleg septic tanks, evt in combinatie met een helofytenfilter	11
	Verschraal de aanliggende gronden	12
	Leg bufferstroken aan, bijv. een strook riet of onbemest akker	13
	Vergroot de filterfunctie van de oevervegetatie	14
	(Na)zuivering m.b.v. helofytenfilters of moerasbosjes.	15
	Leg een oeverwal of houtwal aan, of beide	16
	Maak ploegvoren dwars op de afstroomrichting indien de afstroom van akkerland afkomstig is	17
	Hoog het waterpeil in de sloten op	18

	Bevorder de infiltratie van regenwater in de grond d.m.v.:	19
	- gescheiden riolering met regenwatervijvers	19
	- rechtstreekse afvoer van daken in de bodem	19
	- open bestrating	19
	Verlaag overstortfrequentie door vergroting van de berging	20
	Bagger gefaseerd en voer de bagger af	21
	Pas gefaseerd schoning en baggeren toe	22
	Voer maaisel en bagger af	23
Toxische stoffen	Ga lozing van toxische stoffen tegen door normering, wetgeving en controle.	1
	Spoor de bron op bijv.:	2
	-dakgoten,	2
	-uitspoeling a.g.v. verdroging/verzuring,	2
	-nalevering uit belaste bagger,	2
	-e.d.	2
	Beperk het gebruik van chemische middelen op de oever en in de watergang	3
Verwijder de verontreinigde oever- en/of waterbodem en breng schone bodem terug.	4	
Waterpeil	Voorkom/verminder wateronttrekking in het inrijgebied	1
	Maak de berging van gebiedseigen water zo groot mogelijk door:	2
	- Ophogen van het waterpeil	2
	- Verminderen van de drainage	2
	- Vergroting van de isolatie	2