

ONTWIKKELING VAN EEN SYSTEEMGERICHTE ECOLOGISCHE STRESSANALYSE VOOR SLOTEN EN KLEINE KANALEN

▶▶ KIWK 2022-36



Kennisimpuls
WATERKWALITEIT

ONTWIKKELING VAN EEN SYSTEEMGERICHTE ECOLOGISCHE STRESSANALYSE VOOR SLOTEN EN KLEINE KANALEN

▶▶ KIWK 2022-36

Piet F.M. Verdonschot,
Gea H. van der Lee &
Ralf C.M. Verdonschot



▶▶ KIWK IN HET KORT

Dit rapport is geschreven in het kader van het project **Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit** van de Kennisimpuls Waterkwaliteit.

In de Kennisimpuls werken Rijk, provincies, waterschappen, drinkwaterbedrijven en kennisinstututen aan meer inzicht in de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater en de factoren die deze kwaliteit beïnvloeden. Daarmee kunnen waterbeheerders en andere partijen de juiste maatregelen nemen om de waterkwaliteit te verbeteren en de biodiversiteit te vergroten.

In het programma brengen partijen bestaande en nieuwe kennis bijeen, en maken ze deze kennis (beter) toepasbaar voor de praktijk. Hiermee verstevigen ze de basis onder het waterkwaliteitsbeleid. Het programma is gestart in 2018 en duurt vier jaar. Het wordt gefinancierd door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, STOWA, waterschappen, provincies en drinkwaterbedrijven.

Kennisimpuls Waterkwaliteit.

Beter weten wat er speelt en wat er kan.

▶▶ COLOFON

| | |
|---|---|
| Opdrachtgever | Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) |
| Auteurs | P.F.M. Verdonschot, G.H. van der Lee, R.C.M. Verdonschot (correspondentie: ralf.verdonschot@wur.nl) |
| Leesgroep | Arnold Osté, Ronald Gylstra, Roger Meijs, Sandra Roodzand, Marleen van Dusseldorp |
| Gebuikerscommissie Kennisimpuls waterkwaliteit | Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit |
| Rijkswaterstaat/WVL | Marjoke Muller |
| HH De Stichtse Rijnlanden (vrz) | Nikki Dijkstra |
| Ws Amstel, Gooi en Vecht/Waternet | Gerard ter Heerdt |
| Ws De Dommel | Ineke Barten |
| Ws Vechtstromen | Gertie Schmidt |
| Ws Hunze en Aa's | Hermen Klomp |
| Ws Rivierenland | Arnold Osté |
| HH Hollands Noorderkwartier | Sandra Roodzand |
| PBL | Peter van Puijenbroek |
| Ws Limburg | Esther de Jong |
| Hoogheemraadschap van Delfland | Roger Meijs |
| STOWA | Bas van der Wal |
| Vormgeving | Shapeshifter.nl Utrecht |
| Coverfoto | Sloot in de Wieden, Ralf Verdonschot |
| STOWA-rapportnummer | 2022-36 |
| ISBN | 978.94.6447.256.1 |
| DOI | https://doi.org/10.18174/570908 |
| Wijze van citeren | Verdonschot P.F.M., van der Lee G.H. & Verdonschot R.C.M. (2022). Ontwikkeling van een systeemgerichte ecologische stressanalyse voor sloten en kleine kanalen. Kennisdocument Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 54 pp. |
| Trefwoorden | Sloot, kanaal, boezemwater, multiple stressoren, knelpunten, maatregelen |
| Copyright | De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is kosteloos verkrijgbaar. |
| Disclaimer | Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteur(s) en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport. |

▶▶ VOORWOORD

Eén van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het verder ontwikkelen en toepasbaar maken van een instrumentarium voor het uitvoeren van ecologische stressanalyses. Eerder is hiervoor de SESA-methodiek (Systeemgerichte ecologische stressanalyse) ontwikkeld en toegepast op de laaglandbeken. De methode is ook geschikt voor laag-Nederland. In dit rapport is het concept voor de ontwikkeling van de SESA voor sloten en kleine kanalen uitgewerkt.

SESA is een methode om op basis van de huidige toestand van een oppervlaktewater en de herstelpotentie knelpunten binnen een hydrologische eenheid of polder in kaart te brengen en te kwantificeren. Hierbij worden vervolgens maatregelpakketten voorgesteld die nodig zijn om deze toestand te bereiken. Door oorzaken te zoeken op de schaal van de polder en deze te bekijken over een langere tijdschaal wordt de werking van het systeem en de bronnen van verstoring in beeld gebracht. Dit geeft een beter inzicht in waar de oorzaken van de problemen in de sloten en kleine kanalen te vinden zijn. Dit maakt het ingrijpen met maatregelen veel effectiever en maakt het daarnaast mogelijk gedifferentieerder te werk te gaan bij het herstellen van een poldersysteem. Tenslotte kunnen ook verschillende maatregelpakketten worden doorgerekend (scenario-analyses) en op hun effecten worden vergeleken. Met dit rapport ligt er een opzet voor de SESA-methodiek voor sloten en kleine kanalen. Door middel van cassussen bij waterbeheerders zouden we deze methodiek in de nabije toekomst verder kunnen uitwerken en in een tool kunnen omzetten.

Dr. Nikki Dijkstra (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)

Voorzitter gebruikerscommissie 'Systeemkennis ecologie en waterkwaliteit'

▶▶ SAMENVATTING

Eén van de doelen van de Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK) is het verder ontwikkelen en toepasbaar maken van een instrumentarium voor het uitvoeren van ecologische stress analyses. Eerder is hiervoor de SESA-methodiek (Systeemgerichte ecologische stressanalyse) ontwikkeld en toegepast op de laaglandbeken. In dit rapport is het concept voor de ontwikkeling van de Systeemgerichte Ecologische Stressanalyse (SESA) voor sloten en kleine kanalen uitgewerkt. Bij deze ontwikkeling is een begeleidingsgroep van waterbeheerders uit laag Nederland betrokken geweest en zijn het Wormer en Jisperveld (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) en de polder Zuid-Bijlmer (Waternet) als model poldersystemen gebruikt om de conceptuele ontwikkeling op te baseren.

SESA is een methode om op basis van de huidige toestand van een oppervlaktewater en de herstelpotentie knelpunten binnen een hydrologische eenheid of polder in kaart te brengen en te kwantificeren. Hieraan wordt vervolgens een streeftoestand gekoppeld en worden maatregelpakketten voorgesteld die nodig zijn om deze toestand te bereiken. Door oorzaken te zoeken op de schaal van de polder en deze te bekijken over een langere tijdschaal wordt de werking van het systeem en de bronnen van verstoring in beeld gebracht. Dit geeft een beter inzicht in waar de oorzaken van de problemen in de sloten en kleine kanalen te vinden zijn. Dit maakt het ingrijpen met maatregelen veel effectiever en maakt het daarnaast mogelijk gedifferentieerder te werk te gaan bij het herstellen van een poldersysteem. Tenslotte kunnen ook verschillende maatregelpakketten worden doorgerekend (scenario-analyses) en op hun effecten worden vergeleken.

Dit document beschrijft verschillende ontwikkelstappen in de parameterisering, structuur en werking van de SESA wat betreft: 1) De afbakening en werking van de polder (het macrosysteem), 2) De groepen van stressoren, 3) De wijze van berekenen, bijvoorbeeld wat betreft de keuze van stressoren en stressorklassen, 4) De biologische analyse en 5) Het kiezen van maatregelpakketten.

| | | |
|----------|--|----|
| | Kennisimpuls Waterkwaliteit in het kort | 3 |
| | Voorwoord | 5 |
| | Samenvatting | 6 |
| 1 | INLEIDING | 9 |
| 1.1 | Achtergrond | 9 |
| 1.2 | Doel en aanpak | 10 |
| 2 | HET MACROSYSTEEM | 11 |
| 2.1 | Afbakenen en indelen van het onderzoeksgebied | 11 |
| 2.2 | Abiotische referentie of systeemrandvoorwaarden | 17 |
| 2.3 | Biologische referentie | 18 |
| 3 | STRESSOREN | 19 |
| 3.1 | Het selecteren van stressoren | 19 |
| 3.2 | Systeemvoorwaarden | 20 |
| 3.3 | Hydrologie | 20 |
| 3.4 | Morfologie | 21 |
| 3.5 | Chemie | 21 |
| 3.6 | Biologie | 21 |
| 4 | BOUWSTENEN VAN DE SESA POLDER BEREKENING | 23 |
| 4.1 | Berekenen van de multiple stress | 23 |
| 5 | HET INVULLEN VAN STRESSORKLASSEN | 27 |
| 5.1 | Het macrosysteem | 27 |
| 5.2 | Chemische stress uit diffuse bronnen (externe belasting) | 30 |
| 5.3 | Retentie van nutriënten | 33 |
| 5.4 | Chemische stress uit puntbronnen (externe belasting) | 33 |
| 5.5 | Fysische stress (systeemvoorwaarden) | 36 |
| 5.6 | Hydrologische/hydraulische stress | 36 |
| 5.7 | Morfologische stress | 37 |
| 5.8 | Chemische stress in de watergang (interne belasting) | 38 |
| 5.9 | Stress door beheer en onderhoud | 38 |
| 5.10 | Omgaan met missende gegevens | 38 |
| 5.11 | Samenvatting | 48 |

▶▶ INHOUD

| | | |
|----------|--|----|
| 6 | BIOTISCHE ANALYSE | 40 |
| 6.1 | Inleiding | 40 |
| 6.2 | Macrofauna | 40 |
| 6.3 | Vissen | 43 |
| 6.4 | Macrofyten | 44 |
| 7 | VISUALISEREN VAN MULTIPLE STRESS EN DUIDEN VAN KNELPUNTEN | 45 |
| 8 | HET KIEZEN VAN MAATREGELPAKKETTEN (SCENARIO-ANALYSE) | 48 |
| 8.1 | Individuele maatregelen | 48 |
| 8.2 | Maatregelscenario's | 48 |
| 9 | INFORMATIEBRONNEN | 50 |
| | LITERATUUR | 51 |

►► 1 INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Het Nederlandse landschap met sloten en kanalen is ontstaan en wordt in stand gehouden door menselijke activiteiten. Vroeger bevatten veel van deze wateren een groot aantal soorten. Deze biodiversiteit was een gevolg van een grote variatie in milieu-omstandigheden op een korte afstand van elkaar, veroorzaakt door extensief, afwisselend en kleinschalig gebruik van het aanliggende landschap en een extensief beheer van de watergang. Het water was relatief voedselarm doordat er meer water werd afgevoerd (kwel en regenwater) dan er werd aangevoerd en de invloed van het landgebruik (bijv. bemesting) gering was.

Het huidige intensieve gebruik van land en water leidt in veel gevallen tot het ontstaan van ongunstige omstandigheden voor de ecologie. Dit is het gevolg van combinaties van stressoren die invloed uitoefenen op de levensgemeenschappen in de polderwateren (Peeters *et al.* 2014). Juist in een gemaakt landschap domineren stressoren, omdat het functioneren vrijwel volledig in dienst staat van het menselijk gebruik. Ook natuur binnen een polder ontkomt niet aan deze beïnvloeding, bijvoorbeeld via het waterpeil dat er gehanteerd wordt om menselijk gebruik van de overige delen mogelijk te maken. De ecologische kwaliteit van veel polderwateren is op dit moment dan ook vaak relatief laag en blijft ver achter bij de gewenste toestand. Echter zijn er lokaal nog steeds zeer waardevolle sloot- en kanaalecosystemen te vinden, vaak kwel afvoerende wateren in de overgangsgebieden rondom natuurterreinen, die een beeld geven van de soortenrijke ‘boerensloten’ zoals die in het verleden op veel grotere schaal aanwezig waren (Fig. 1.1).

FIGUUR 1.1

Een sloot met een goede ecologische kwaliteit in het Vechtplassengebied.



Om de oorzaken te achterhalen van het niet bereiken van de gewenste ecologische kwaliteit is een analyse nodig van de verschillende bronnen van stress binnen een netwerk van sloten en kanalen of een polder, de route die deze stressoren binnen het systeem afleggen vanaf de bronnen en de mate waarin iedere bron bijdraagt aan de totale stress op het ecosysteem.

Een benadering om een diagnose van stressoren uit te voeren is de systeemgerichte ecologische stressanalyse (SESA; Verdonschot *et al.* 2015). Deze is erop gericht om het inzicht in de structuur, de samenhang tussen stressfactoren en het ecologisch functioneren van het aquatisch ecosysteem te vergroten. Binnen een dergelijke stressanalyse worden de componenten in een compleet stroomgebied bekeken, met de omgevingsfactoren die werken op verschillende schalen en relevant zijn voor het voorkomen van organismen. Zo brengt een stressanalyse ook de oorzaken van knelpunten in beeld omdat specifiek wordt gekeken naar de bron van de stress. Hiermee kunnen combinaties van maatregelen worden bepaald die de stressoren aanpakken, rekening houdend met de werkingsschaal en positie in het hydrologische systeem. Omdat niet alles overal gerealiseerd kan worden door andere gebruiksfuncties, wordt met scenario's bepaald welk doelbereik (realistische streefbeeld) mogelijk is onder de te verwachten omstandigheden.

1.2 DOEL EN AANPAK

De SESA benadering is oorspronkelijk ontwikkeld voor laagland- en heuvellandbeken in de provincie Limburg (toen nog onder de naam stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse) en later binnen de KIWK in andere stromende wateren in Nederland toegepast (Verdonschot & Verdonschot 2021). In dit document wordt stapsgewijs de methode omschreven voor het uitvoeren van een SESA voor een gebied met sloten en kleine kanalen. Met kanalen worden lijnvormige wateren bedoeld met relatief kleine dimensies en geen intensieve scheepvaart.

Het doel is een aanzet te doen voor de ontwikkeling van een SESA voor sloten en kleine kanalen. Hiervoor zijn de conceptuele stappen van de abiotische en biotische cyclus beschreven, zoals uitgebreid toegelicht in het SESA-achtergronddocument van Verdonschot & Verdonschot (2021).

Bij de ontwikkeling is een begeleidingsgroep van waterbeheerders uit laag Nederland betrokken geweest en zijn het Wormer en Jisperveld (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) en de polder Zuid-Bijlmer (Waternet) als modelsystemen gebruikt om de conceptuele ontwikkeling op te baseren.

Omdat sloot- en kanaalsystemen geen natuurlijke systemen zijn, wordt in tegenstelling tot de SESA voor laaglandbeken geen oorspronkelijke situatie beschreven, maar wordt de goede ecologische kwaliteit als streefbeeld gebruikt naast een analyse van de huidige toestand (de aanwezige stressoren en biologie).

►► 2 HET MACROSYSTEEM

2.1 AFBAKENEN EN INDELEN VAN HET ONDERZOEKSGBIED

De sturende factor achter het (hydrologisch) functioneren van een poldergebied is de horizontale en verticale waterbeweging door het gebied. Feitelijk kan een poldergebied als een hydrologische eenheid worden beschouwd. Op een grote ruimtelijke en temporele schaal wordt een poldergebied begrensd door een hoofdwatersysteem met in- en uitlaten naar aanliggende boezems/kanalen/vaarten/riviertjes. Dit is een peilvak, waarbinnen een bepaald peilregime wordt gehanteerd door water in- of uit te laten, soms opgedeeld in vakken met elk hun eigen interne peil (onderbemaling) dat door de grondgebruikers zelf wordt gereguleerd (Fig. 2.1). De vakken zelf bestaan in de basis uit een netwerk van onderling verbonden hoofdsloten en zijsloten om het water te kunnen sturen, dat de vakken doorkruist.

FIGUUR 2.1

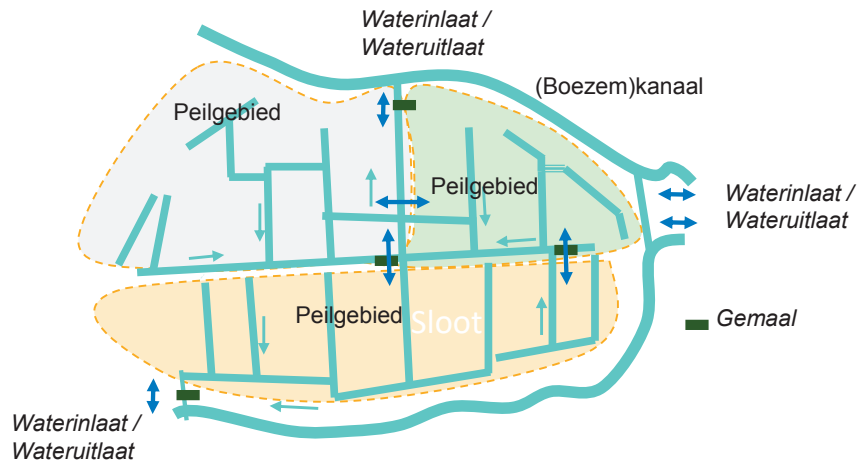
Watersysteem polder Wormer en Jisperveld met boven alle watergangen en plassen die met elkaar in open verbinding staan en een gelijk peil hebben. De onderste kaart geeft de vakken binnen de polder aan met een eigen peil (blauw, onderbemalingen), dat door de grondgebruikers wordt gereguleerd.



Grofweg kunnen drie typen polders worden onderscheiden aan de hand van de manier waarom water wordt in- en uitgelaten: het mengsysteem (Fig. 2.2A), het doorstroomsysteem (Fig. 2.2B) en het afvoersysteem (Fig. 2.2C). Dit laatste type, de (periodiek) stromende sloten wordt gevoed door regen- of kwelwater dat afstroomt en niet door inlaten. Dit is vergelijkbaar met een beekstelsysteem, daarom gaan we op deze laatste variant niet nader in maar verwijzen we naar de SESA laaglandbeken.

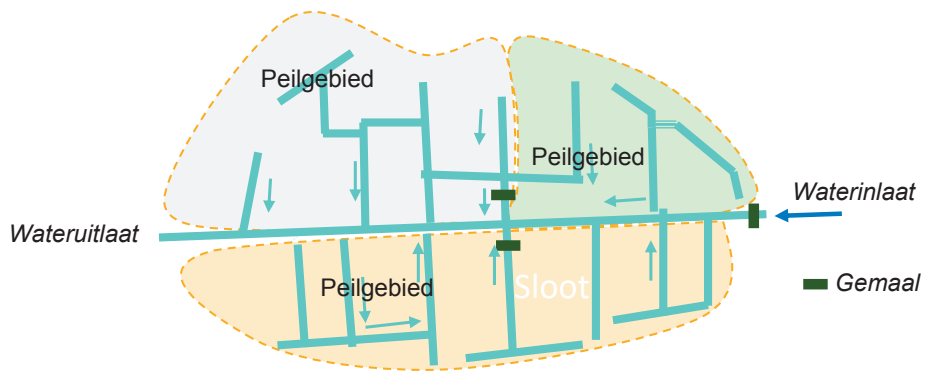
FIGUUR 2.2A

Voorbeeld van een mengsysteem met drie peilgebieden.



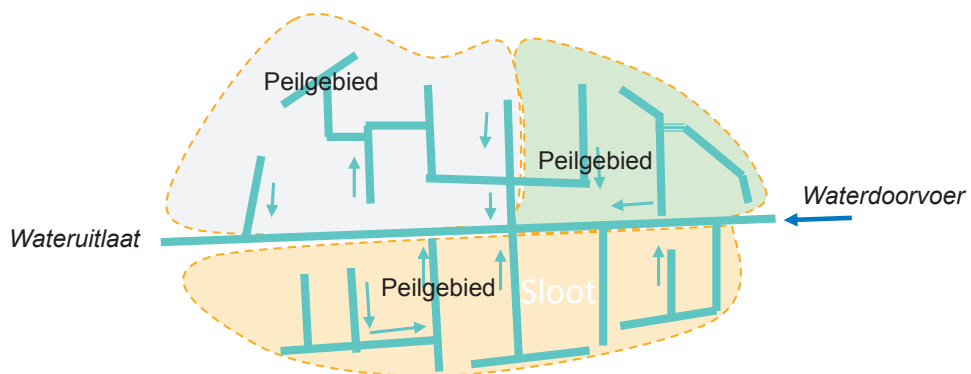
FIGUUR 2.2B

Voorbeeld van een doorstroomsysteem met drie peilgebieden.



FIGUUR 2.2C

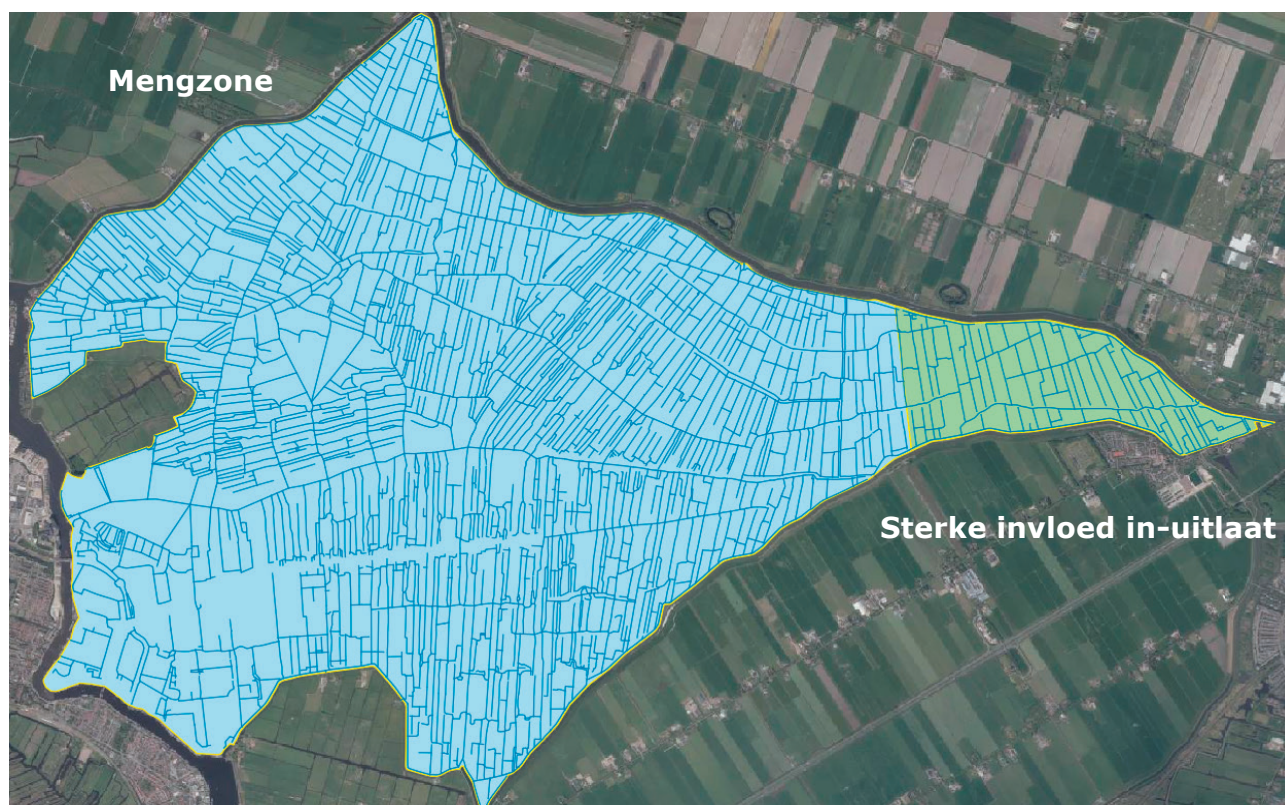
Voorbeeld van een afvoersysteem met alleen sloten die afvoeren. Er is geen inlaat mogelijk.



De weg die het water aflegt verschilt tussen het mengsysteem en het doorstroomsysteem. De typen verschillen daardoor zowel qua hydrologie als stoffenbalans. In het mengsysteem wisselt op dezelfde plek de in- en uitlaat van water (afhankelijk van het seizoen). Het water kent alleen een duidelijke stroomrichting nabij het gemaal, terwijl dieper in de polder alleen menging optreedt. Een voorbeeld is de polder Wormer-Jisperveld (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier; Fig. 2.3).

FIGUUR 2.3

Het Wormer en Jisperveld is een voorbeeld van een mengsysteem, met grote en snelle invloed van het gemaal op de samenstelling en stromingsrichting van het water bij het in- en uitlaatpunt (pijlen). Op basis van de gemeten chlorideconcentraties het gebied met sterke invloed van in- en uitlaatwater in groen aangegeven. Dieper in het gebied is alleen sprake van menging met trage veranderingen tot gevolg; dit is aangegeven in blauw.



In het doorstroomsysteem heeft het water een duidelijke route, omdat het in- en uitlaatpunt op verschillende plekken is gelegen. Een voorbeeld is de polder Zuid-Bijlmer (Waternet; Fig. 2.4).

De SESA start met het geografisch afbakenen en het indelen van de te analyseren hydrologische eenheid. De stappen omvatten:

1. Het begrenzen van het te bestuderen systeem.
2. Het aanwijzen van de te analyseren waterlichamen (één of meerdere, bijvoorbeeld de vaart of kanaal dat het gebied doorsnijdt).
3. Het opdelen van het systeem in peilgebieden (deelsystemen, autonome peilvakken).
4. Het indelen van de waterlichamen in segmenten aan de hand van de ligging van de peilgebieden.

De opdeling van het systeem in peilgebieden en de waterlichamen in segmenten is nodig om later een berekening te kunnen maken van de daarin aanwezige stressoren, de mate van stress die ze veroorzaken en de verdeling ervan over het

gebied. Deze opdeling is uiterst belangrijk, omdat de in de volgende stappen te verzamelen data hierop worden toegesneden. De opdelingen worden zo gekozen dat de uiteindelijke uitkomst van de analyse bruikbaar is voor het opstellen van realistische streefbeelden en het kiezen van uitvoerbare maatregelen. Hierbij is een minimale resolutie nodig om de variatie en diversiteit die in een landschap aanwezig is mee te nemen. Tegelijkertijd zal uiteindelijk niet elk segment een eigen streefbeeld krijgen. Vaak is enerzijds onvoldoende lokale data beschikbaar, anderzijds kunnen aaneengesloten segmenten met dezelfde of vergelijkbare kenmerken geaggregeerd worden binnen een peilgebied. Dit resulteert erin dat de schaal van analyse in de SESA kan verschillen tussen bijvoorbeeld een groter gebied met het doel het boezemsysteem te analyseren of juist op het niveau van geïsoleerde peilvakken voor een meer lokale analyse. Doorslaggevend voor de te kiezen schaal is de databeschikbaarheid.

Richtinggevend voor de ruimtelijke indeling binnen de SESA is het opdelen van het gebied op een schaal waarvoor een eigen waterbalans opgesteld kan worden, m.a.w. het definiëren van zoveel mogelijk sluitende hydrologische eenheden. Vaak wordt dit bepaald door de positionering van de in- en uitlaatpunten en afvoerwijze. Hierbij zijn ook de onderlinge verbindingen tussen peilgebieden van belang bij keuze van de begrenzing. Binnen het systeem worden (deel)gebieden of peilvakken onderscheiden. Zo kan een afwateringseenheid dus een peilvak, een hoogwatervoorziening (bijvoorbeeld rond bewoning) of een onderbemaling zijn. Vaak kan ieder terrestrisch perceel wat omgeven is of doorsneden wordt door één of meerdere sloten als een geïsoleerde hydrologische eenheid worden beschouwd, vooral wat betreft grondwaterstroming (Fig. 2.5).

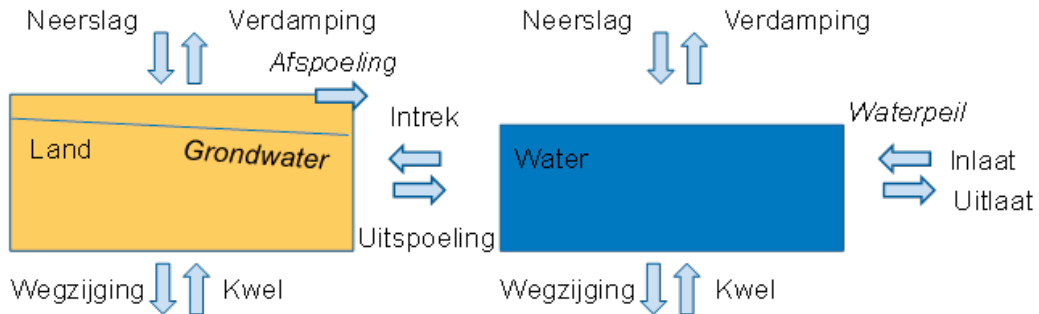
FIGUUR 2.4

Polder Zuid-Bijlmer (Waternet) is een voorbeeld van een doorstroomsysteem. De blauwe lijn geeft de route aan, geel de peilgebieden. De hoofdaanvoer van water in het watersysteem Zuid-Bijlmer komt aan de noordoostkant vanuit het Gein via inlaten de Gein en Gaasperpolder in. Vervolgens stroomt het naar het zuidwesten richting gemaal Hoge Dijk. Ook kan de Gaasperplas worden gevoed.



FIGUUR 2.5

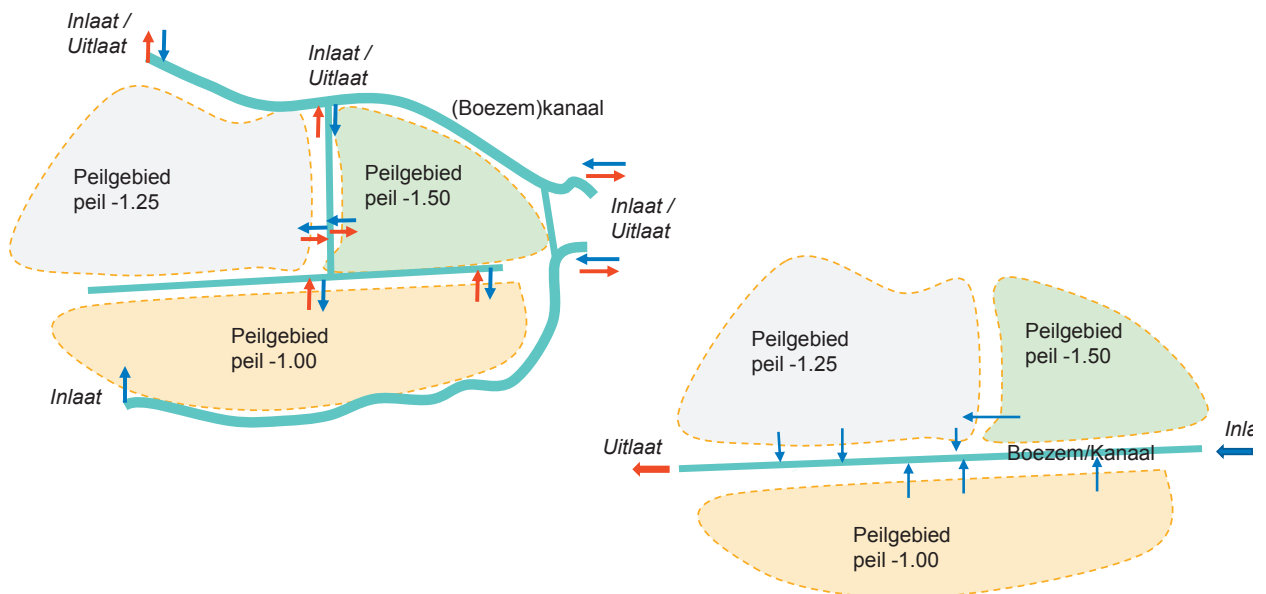
Vereenvoudigde schematisatie van de waterbalans van een landdeel en een waterdeel van een peilgebied en de interactie tussen beide onderdelen.



De uiteindelijke SESA-begrenzing van afwateringseenheden betreft in de praktijk meestal een haalbare begrenzing, die bepaald wordt door de beschikbaarheid van data. De grenzen van een peilgebied worden bepaald door de mogelijkheid om een waterbalans op te stellen. Bijvoorbeeld in geval van de aanwezigheid van windmolentjes en kleine gemalen waarvan onbekend is hoeveel water er verplaatst wordt kan een perceel of combinatie van percelen niet afzonderlijk als peilgebied worden meegenomen, omdat bijna altijd data ontbreken om een sluitende waterbalans op te stellen. Tanis *et al.* (2018) geven een voorbeeld van een opdeling (Fig. 2.6).

FIGUUR 2.6

Opdeling van een sloten en kanalenstelsel in afwateringseenheden, hier bepaald door de peilen (uit Tanis *et al.* 2018).



Voor de SESA is de waterbeweging binnen het systeem cruciaal omdat daarmee het transport van stoffen wordt bepaald. Een waterbalans kent een aantal termen/parameters (Tabel 2.1 en de rechterfiguur in Fig. 2.6).

TABEL 2.1*Termen in een waterbalans.*

| Term waterbalans | Parameter |
|------------------|--|
| In | Neerslag (mm) |
| | Kwel (mm/d) |
| | Inlaat vanuit boezem (m ³ /d) |
| | Inlaat vanuit omliggende polders (m ³ /d) |
| | Oppervlakkige afspoeling |
| | Ondiepe uitspoeling |
| | Toevoer door drainage |
| Uit | Verdamping (mm/d) |
| | Wegzijing/infiltratie (mm/d) |
| | Uitlaat naar omliggende polders |
| | Uitlaat naar boezem |
| Overig | Oppervlak open water (m ²) |
| | Fractie gedraineerd |
| | Gemiddelde diepte; t.b.v. berekening aanwezige watervolume (m) |
| | Peil (m+NAP) |

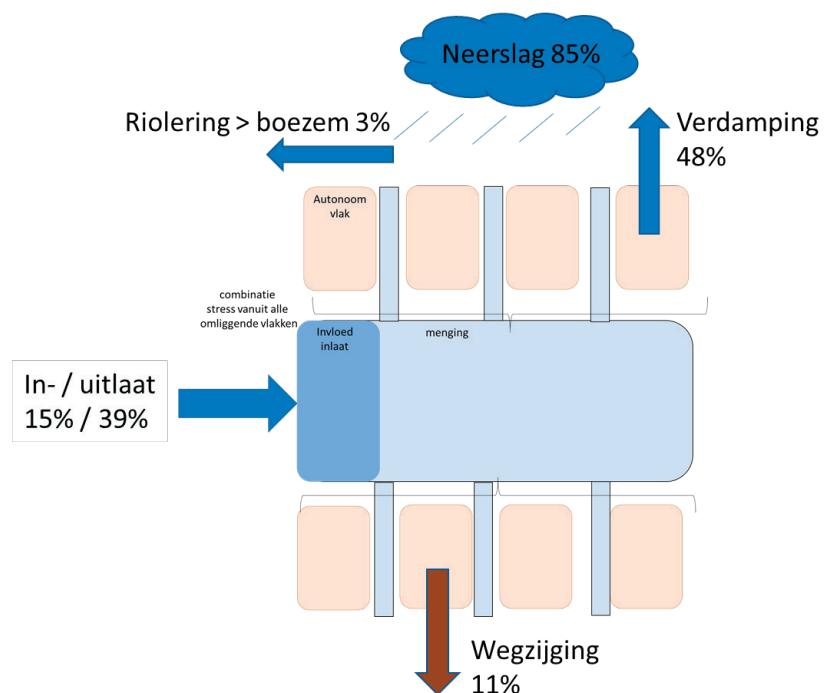
Om een waterbalans op te kunnen stellen en daarmee tevens de grenzen van een afwateringseenheid vast te stellen kunnen verschillende werkwijzen worden gevolgd. De aanpak, in volgorde van mate van nauwkeurigheid, is als volgt:

1. meetdata van alle/veel in- en uitlaatpunten,
2. balansdata van alle peilvakken,
3. balansdata van de hoofdpeilvakken of het totale systeem,
4. balansdata op basis van beschikbare chloridemetingen.

Een voorbeeld van een waterbalans voor het Wormer en Jisperveld wordt weergegeven in [Fig. 2.7](#).

FIGUUR 2.7

Waterbalans polder Wormer en Jisperveld (Van Boekel et al. 2014).



2.2 ABIOTISCHE REFERENTIE OF SYSTEEMRANDVOORWAARDEN

Allereerst worden op hoofdlijnen de milieu- of systeemrandvoorwaarden in de hydrologische eenheid vastgesteld. Deze randvoorwaarden zijn richtinggevend voor de mogelijkheden; ze reflecteren immers een mogelijk doel op lange termijn of punt aan de horizon. Binnen deze richting wordt, met in achtname van onomkeerbare veranderingen en ontwikkelingen in de nabije toekomst, later het ecologische doel op kortere termijn geformuleerd.

Door antwoord te geven op onderstaande vragen worden de systeemvoorwaarden ingevuld:

1. Wat zijn de ecologisch relevante randvoorwaarden die volgen uit klimaat, geohydrologie, geomorfologie en geochemie van het te onderzoeken systeem en wat is de samenhang?
2. Hoe zouden de aanwezige kunstmatige waterlichamen ecologisch functioneren op systeemniveau zonder verdere menselijke beïnvloeding dan het in stand houden van het systeem middels bijvoorbeeld peilbeheer en onderhoud?
3. Welke ontwikkelingen zijn er in de nabije toekomst te verwachten die inwerken op de systeemvoorwaarden (bijvoorbeeld klimaatverandering en de consequenties die hieruit volgen voor het systeem)?

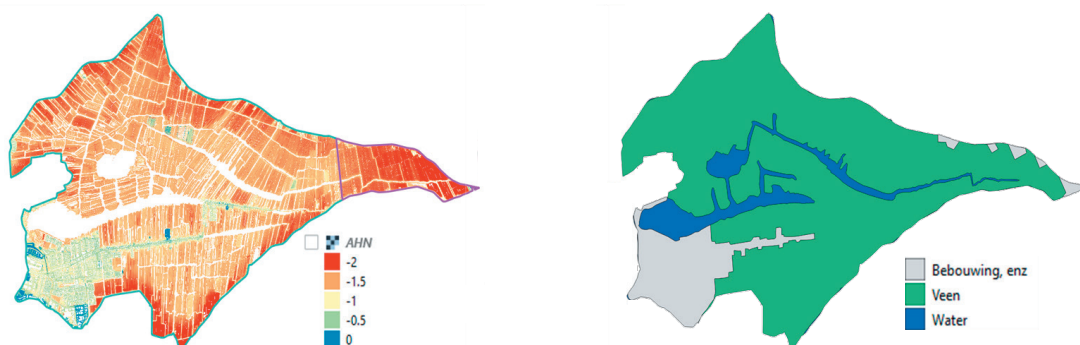
Het vaststellen van i) de toekomstige ontwikkelingen en ii) de situatie in nabijgelegen natte natuurgebieden (moerassen) zijn bij het beschrijven van het ecologisch functioneren van het grootste belang. Een projectie hiervan op het gebied is in de huidige toestand misschien lastig te visualiseren, maar komt in deze stap wel in beeld. Tijdens de analyse wordt ook de afweging gemaakt of deelgebieden in toekomst op andere wijze kunnen gaan functioneren, of dat inmiddels een onomkeerbare verandering in het landschap heeft plaatsgevonden. Gedacht kan worden aan bijvoorbeeld bodemdaling door veenafbraak of dat de systeemvoorwaarden van de toekomst grote wijzigingen onmogelijk maken, bijvoorbeeld als een dorp op een lage en dus natte plek is gebouwd. Deze stap geeft inzicht in potenties en beperkingen van doelen en maatregelen.

De systeemvoorwaarden geven een globaal beeld van het functioneren van een gebied op een hoog schaalniveau in ruimte en tijd. We noemen dit ook wel het macrosysteem. Het macrosysteem wordt beschreven op basis van de factoren:

1. Klimaat: neerslag en temperatuur zijn belangrijke systeemvoorwaarden.
2. Geologie: de geologische kaart geeft inzicht in de diepere bodemlagen i.v.m. grondwaterstromen en -samenstelling.
3. Geohydrologie: de geohydrologische informatie geeft inzicht in ondiepe en diepe grondwaterstromen.
4. Hoogtekaart (AHN): de AHN is vooral van belang voor het bepalen van de hoger en lager gelegen deelgebieden en percelen (Fig. 2.8).
5. Geochemie: de geochemische situatie geeft een indicatie voor de potentie van de aanwezigheid van mineralenrijke kwel, een belangrijke voorwaarde voor het voorkomen van kwelindicatoren.
6. Bodem: de bodemkaart duidt bijvoorbeeld aan waar veenvorming heeft plaatsgevonden of zandruggen aanwezig zijn (Fig. 2.8).
7. Oude landschapskaarten: deze oude kaarten kunnen helpen bij het reconstrueren van de oorspronkelijke polder onder extensievere omstandigheden en geven inzicht in de eigenschappen van het vroegere cultuurlandschap.

FIGUUR 2.8

Hoogtekaart (links) en bodemkaart (rechts) Wormer en Jisperveld. Deze kaarten bevatten gegevens die de systeemvoorwaarden aangeven.



Het macrosysteem is richtinggevend en wordt beschouwd als drager van het functioneren van het toekomstige watersysteem en het ecosysteem dat het bevat. Maatregelen die inspelen op de natuurlijke situatie en processen in het macrosysteem leveren het meest robuuste watersysteem op (denk aan het bouwen-met-natuur principe).

Grondwater-oppervlaktewatermodellen kunnen de geohydrologie sterk ondersteunen. Door alle menselijke ingrepen weg te nemen en het model de ecologisch gewenste situatie te laten doorrekenen kan in een poldergebied inzicht worden verkregen in de mogelijke sturing van in- en uitlaatwater, de grondwaterstromen en de plaatsen waar meer of minder kwel optreedt.

2.3 BIOLOGISCHE REFERENTIE

De biologische referentie bestaat uit een globale biologische beschrijving van het systeem op watertype-niveau.

Er zijn in het verleden uitgebreide beschrijvingen van referentietypen voor kunstmatige stilstaande waterlichamen opgesteld die voor de referentiebeschrijving bruikbaar zijn, zoals:

- Nederlandse slotentypologie (Nijboer *et al.* 2003; Fig. 2.9)
- Duinwateren (Janssen *et al.* 1998)
- Wateren in het rivierengebied (Nijboer & Verdonschot 1997)
- Wateren in Flevoland (Verdonschot & Jaarsma 2000)
- Wateren in het rivierengebied (Nijboer *et al.* 2000).
- Brakke binnenwateren (Beers van & Verdonschot 2000).
- Poelen (Jaarsma & Verdonschot 2000).
- Sloten (Nijboer 2000).
- Laagveenwateren (Higler 2000).
- Wingaten (Jaarsma & Verdonschot 2000).
- Regionale kanalen (Jaarsma & Verdonschot 2000).
- Zoete duinwateren (Verdonschot & Jansen 2000).

Ook is er een overzicht beschikbaar van (anekdotisch) historisch materiaal met beschrijvingen van de macrofauna, macrofyten en vissen in sloten, ontsloten uit verschillende archieven van Staatsbosbeheer, het voormalige Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, de bibliotheek van Alterra en privécollecties van hydrobiologische deskundigen.

FIGUUR 2.9

Referentiesloot met een hoge ecologische kwaliteit in de Wieden.



▶▶ 3 STRESSOREN

3.1 HET SELECTEREN VAN STRESSOREN

De SESA benadering voor sloten en kanalen verschilt van die voor beken omdat beken in één richting afstromen, terwijl de stroomrichting in sloten en kanalen kan variëren of niet duidelijk is. In een beekstroomgebied treedt een cumulatief effect van stressoren van boven- naar benedenstrooms. In een gebied met sloten of kanalen is de stroming meer diffuus en er treedt veelal een meerzijdige waterbeweging op, door een veranderende richting van de waterbeweging, door wind en menging. Menging kan optreden op lokale schaal in een individuele sloot, maar ook op een hogere schaal in de ontvangende groter gedimensioneerde watergangen. Aangezien deze watergangen vaak weer water toeleveren aan een volgend peilvak, kan zo een accumulatie van stress optreden. Belangrijk binnen de SESA benadering is een beeld te krijgen van deze geschaalde mengings- en cumulatieve stresseffecten.

De SESA deelt een gebied in over 4 schaalniveaus:

- Het macrosysteem (regio),
- Het te onderzoeken gebied, bijvoorbeeld een polder,
- De peilgebieden,
- De watergangen en directe oeverzone, onderverdeeld naar het hoofdwatersysteem (primaire watergangen) en de perceel sloten (secundaire of tertiaire watergangen).

Het macrosysteem omvat een lange ruimte en tijdschaal en betreft de geologie, geomorfologie en het klimaat van een regio. In het door de mens gemaakte sloten en kanalen landschap zijn de geografische ligging, de aanwezige watertypen, de ondergrond en het klimaat van belang. In essentie de weinig veranderlijke onderdelen van het systeem. De veranderlijkheid op de langere termijn wordt gevormd door bijvoorbeeld bodemdaling als gevolg van afbraak van veen, klimaatverandering en wijzigingen in de gegraven vormen van het oppervlaktewater (zie vorig hoofdstuk).

Binnen het macrosysteem bestaat het landschap vaak uit polders, waarbij een individuele polder als afgebakende hydrologische eenheid kan worden beschouwd. Binnen de polders liggen complexen met percelen die afwateren op het hoofdsysteem; samen vormen deze een peilgebied. Soms is er sprake van aparte peilgebiedjes die door de gebruikers van de percelen worden gereguleerd. Tenslotte liggen in de peilgebieden de individuele wateren. Het water omvat de waterkolom, de waterbodem en de aangrenzende oever met een onderverdeling naar hoofdwatersysteem (primair) en perceel sloten (secundair en tertiair).

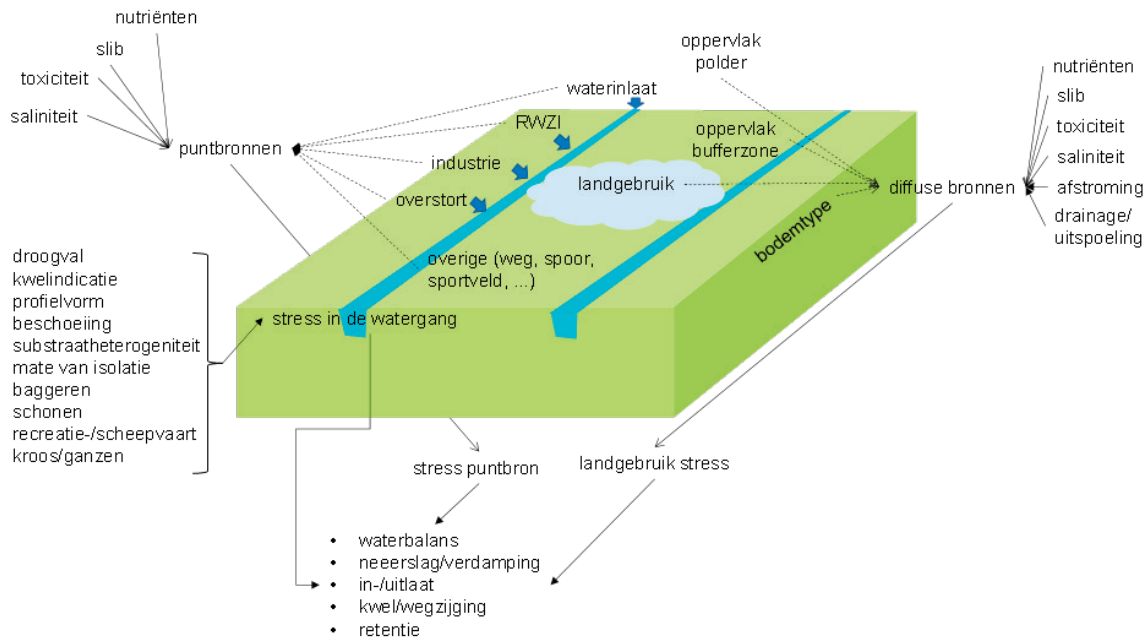
In de SESA sloten en kanalen wordt als werkbare tijdschaal een periode van circa 10-20 jaar gehanteerd.

Om de stressoren met hun werkingsschaal in beeld te brengen gebruikt SESA het 5S-model. Dit model vereenvoudigt het complexe ecosysteem, is hiërarchisch opgebouwd en omvat de 4 hierboven genoemde schaalniveaus. De componenten waaruit het 5S-model is opgebouwd zijn: systeemvoorwaarden, stroming (hydrologie), structuren (morfologie), stoffen (chemie) en soorten (biologie).

De stressoren worden binnen de SESA in 3 groepen verdeeld: de (externe) diffuse bronnen, de (externe) puntbronnen en de (interne) bronnen in het waterlichaam (Fig. 3.1). De selectie van stressoren geeft een beeld van die factoren die voor de doelgemeenschappen binnen een bepaalde range als stressoren kunnen worden ervaren. Hierbij wordt erop gelet dat er geen overlappende stressoren worden meegenomen, aangezien dit zou leiden tot een overwaardering van de stress. Stressoren die niet zijn meegenomen vanwege deze (gedeeltelijke) overlap zijn bijvoorbeeld puntmetingen voor chemie in oppervlaktewater en bodem, omdat die al opgenomen zijn als punt- en diffuse bronnen.

FIGUUR 3.1

Potentiële stressoren in een peilgebied.



3.2 SYSTEEMVOORWAARDEN

De variabelen die op systeemchaal de toestand bepalen zijn:

- Neerslag,
- Verdamping,
- Windwerking (loopbagger en klei),
- Historisch landgebruik (veenaafgraving).

Diffuse bronnen (intern) op systeemchaal worden gevormd door:

- Veenafbraak (nalevering uit de bodem afhankelijk van de mate van drooglegging en historische bodemoplading),
- Brakke kwel (saliniteit, bij diepere mariene ondergrond).

3.3 HYDROLOGIE

Het hydrologische systeem kan worden beschreven aan de hand van een waterbalans, waarbij de watervolumes m.b.t. de posten neerslag, verdamping, inlaat, uitlaat, afspoeling, uitspoeling, kwel en infiltratie zijn opgenomen. Verder zijn de verblijftijden relevant, die kunnen worden onderverdeeld als 0-10 (zeer kort), 11-25 (kort), 30-60 (matig), 61-100 (lang) en >100 dagen (zeer lang).

Hieraan gekoppeld kan de diffuse beïnvloeding verlopen via:

- Afspoeling,
- Drainage (uitspoeling),
- Peil(wisseling) als gevolg van peilbeheer en peilbesluiten,
- Verschil tussen boezempeil en polderpeil en grondwaterstanden (in m.n. landbouwpolders),
- Afstand/weglengte tussen inlaat en uitlaat,
- Waterbeweging door schepen (type en dichtheidsafhankelijk effect),
- Waterbeweging door windwerkingen,
- Wateronttrekking,
- Land-water verhouding.

3.4 MORFOLOGIE

Relevante morfologische componenten zijn:

- Bodemtypes,
- Breedte en diepte van de watergangen (ook i.r.t. watertype),
- Dikte sliblaag,
- Mate van slibaanwas,
- Beheer en onderhoud (maaaien, baggeren),
- Beschadigingen bodem door waterbeweging recreatievaart (dichtheidsafhankelijk effect), beroepsvaart (groot effect) (ook biologie),
- Aanwezigheid beschoeiingen,
- Hoogteligging peilvakken.

3.5 CHEMIE

Er worden diffuse bronnen en puntbronnen onderscheiden die invloed uitoefenen op de waterkwaliteit:

Diffuse bronnen zijn de:

- Af- en inspoeling vanaf percelen, die volgt uit combinatie landgebruik en bodemtype (als bron nutriënten, slib, toxiciteit),
- Nalevering uit de waterbodem,
- Lozingen door recreatievaart, beroepsvaart,
- Dichtheid bodemwoelende organismen (ook biologie).

Puntbronnen worden gevormd door:

- Inlaten: waterkwaliteit (herkomst) inlaatwater ten opzichte van 'intern' water i.r.t. aandeel in de waterbalans,
- Rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZIs),
- Overstorten/stedelijke lozingen,
- Industriële lozingen,
- Overige puntbronnen (bijvoorbeeld afwatering spoorlijnen, rijkswegen).

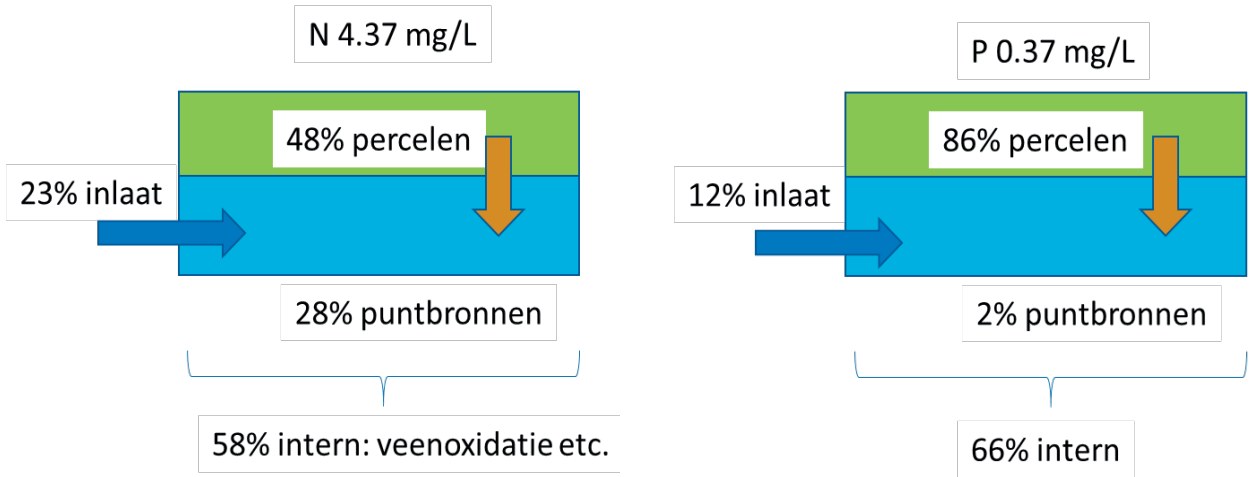
Wanneer deze informatie wordt gecombineerd met de hydrologische informatie uit de waterbalans kan een stoffenbalans voor de polder worden opgesteld. Een voorbeeld van zo'n stoffenbalans wordt gegeven in [Fig. 3.2](#) voor het Wormer en Jisperveld.

3.6 BIOLOGIE

De belangrijkste biologische gegevens voor de SESA zijn de data van macrofauna, vissen en macrofyten, maar ook gegevens over algen kunnen ondersteunende informatie geven. De polder moet meetpunten bevatten met een redelijke dekking/spreiding over het te bestuderen gebied om op systeemsgeschaal uitspraken te kunnen doen (voorbeeld polder Zuid-Bijlmer; [Fig. 3.3](#)). Om ook uitspraken te kunnen doen over te verwachten soorten zijn recente gegevens (bijv. vanaf het jaar 2000) nodig van meetpunten in twee zones rondom het te bestuderen gebied; voor macrofauna bijvoorbeeld een zone over een afstand tot 5 km en een van 5 tot 15 km ten opzichte van het gebied en gegevens van verbonden watergangen.

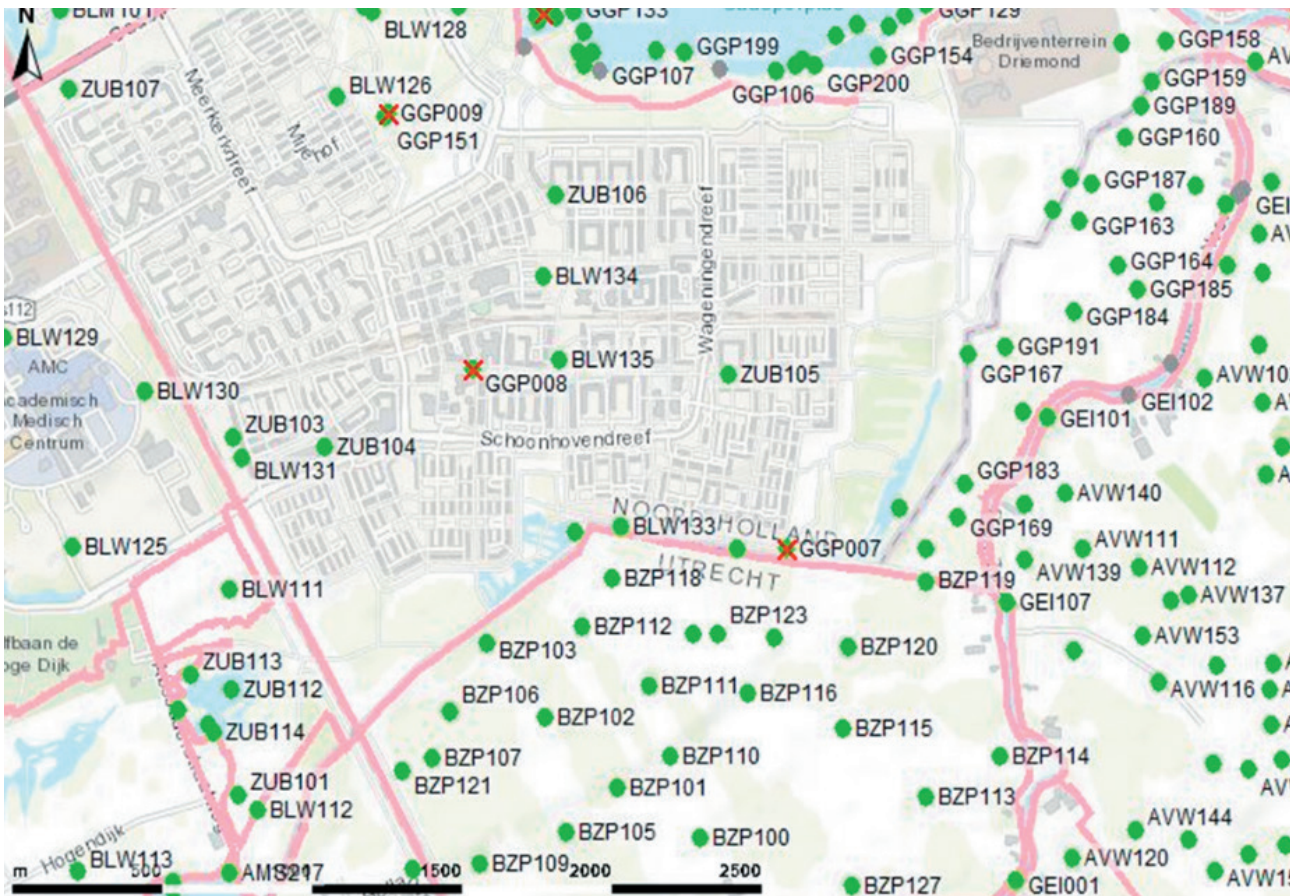
FIGUUR 3.2

Stoffenbalans Wormer en Jisperveld voor stikstof (N) en fosfor (P) met daarbij gemiddelde jaarconcentratie in de polder en de relatieve verdeling over de verschillende bronnen.



FIGUUR 3.3

Meetpunten waterplanten (groen) in de polder Zuid-Bijlmer en omgeving.



►► 4 BOUWSTENEN VAN DE SESA POLDER BEREKENING

4.1 BEREKENEN VAN DE MULTIPLE STRESS

De kwaliteit van oppervlaktewater wordt voor een belangrijk deel bepaald door de hydrologie; het water is immers de drager van stoffen. Het land-water-transport via af- en uitspoeling is hierbij sturend en dit vindt met name plaats op perceelschaal. In sloten en kanalen bepaalt de mens via het peilbeheer het karakter van het toestromende water, alhoewel in droge perioden kwel meer kans zal krijgen dan in natte perioden. Daarbij speelt in droge perioden ook een sterke invloed van de inlaat van water van elders (grote rivieren, IJsselmeer, Markermeer). Tijdens natte perioden speelt ondiep uitspoelend grondwater en afspoelend regenwater een belangrijkere rol.

De inlaat en uitlaat van water is in sloten en kanalen relevant. De route van het inlaatwater door een stelsel van watergangen wordt meestal bepaald door een zo kort mogelijke route van het inlaatpunt naar het uitlaatpunt. Zijwatergangen, zeker kopsloten en perceelsloten, worden echter niet of nauwelijks door dit inlaatwater beïnvloed. Deze watergangen worden alleen bereikt als het 'eigen' water is verdampt of geïnfiltrerd, een situatie die in Laag-Nederland weinig voorkomt. Vanaf het inlaatpunt mengt het ingelaten water zich met het reeds aanwezige water, dat al sterk veranderd is door de uit- en afspoeling van het aanliggende land. Wanneer het landgebruik van een gebied vooral bestaat uit intensieve agrarische gebruiksvormen, dan neemt de concentratie van stoffen gewoonlijk in de richting van de uitlaat toe. Omgekeerd kan in een gebied met een groot areaal natuur met sterke relatief voedselarme kwel- en regenwatervoeding (bijv. Nieuwkoopse plassen) de concentratie van stoffen in de richting van de uitlaat juist afnemen door verdunning en omzetting.

Bij het opstellen van de water- en stoffenbalans en daarmee de impact van chemische stressoren is het van belang de mate van verspreiding en menging in het watersysteem te kennen. Aangezien inlaatwater zich niet door het gehele netwerk van watergangen verspreidt en de bijdrage van het inlaatwater aan de balans sterk kan verschillen, is een volledig gemengde benadering te onnauwkeurig om een realistisch beeld te kunnen scheppen. Differentiatie is dus nodig. De eerste belangrijke factor hiervoor is de verblijftijd. Poldernetwerken hebben bijvoorbeeld een gemiddelde verblijftijd van 1-3 weken, maar de variatie tussen polders en seizoenen is zeer groot en systeemafhankelijk (bijvoorbeeld doorspoelen om de zoutgehalten laag te houden of blauwalgen te bestrijden). Daarbij is de verblijftijd in het hoofdsysteem (de weg van in- naar uitlaat) gemiddeld dagen tot een week en in de perceelsloten gemiddeld enkele maanden. De ruimtelijke verdeling is daarmee het tweede belangrijke element.

TABEL 4.1

Voorbeeld van een verdeling van de stress over het een polder. Aanname is dat gemalen met een in- en uitlaafunctie in het zomerhalfjaar als inlaat functioneren en in het winterhalfjaar als uitlaat.

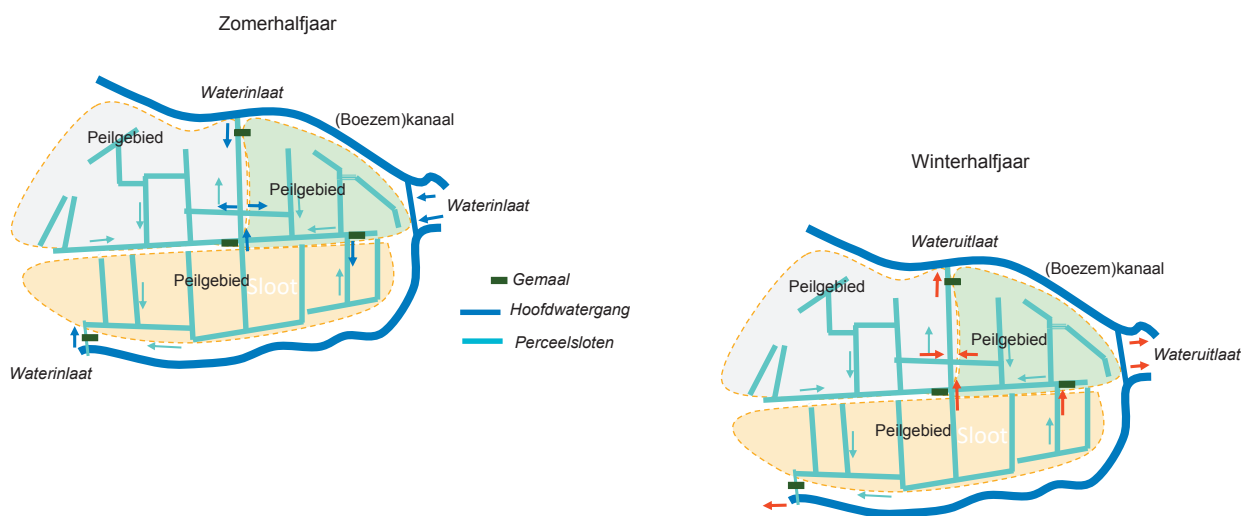
| Periode | Zomer | 'Gedrag' stress | Winter | 'Gedrag' stress |
|------------------|--|---|--|---|
| Watergangen | | | | |
| Hoofdwatgang(en) | matig korte verblijftijd, langzame uitdoving van de stress van het inlaatwater | alle terrestrische diffuse en puntbronnen en interne bronnen worden vermenigvuldigd met een verblijftijd en worden opgeladen/verdund door de perceelsloten een factor toe te kennen | zeer korte verblijftijd, matige uitdoving van de stress van het inlaatwater | alle terrestrische diffuse en puntbronnen en interne worden vermenigvuldigd met een verblijftijd en worden opgeladen/verdund door de perceelsloten een factor toe te kennen |
| Perceelsloten | lange verblijftijd, nauwelijks uitdoving van het inlaatwater | terrestrische diffuse en puntbronnen en interne bronnen accumuleren | matig korte verblijftijd, langzame uitdoving van de stress van het inlaatwater | terrestrische diffuse en puntbronnen en interne bronnen spoelen uit met een bepaalde factor |

Om de ruimtelijke verdeling in beeld te brengen moet een hoge informatieresolutie worden nagestreefd, wat neerkomt op het opdelen van het systeem in peilgebieden of peilvakjes. Of dit in de praktijk ook mogelijk is wordt bepaald door de beschikbaarheid van meetgegevens. Daarnaast is de verblijftijd sterk afhankelijk van de neerslag en kan als gevolg daarvan sterk variëren tussen de zomer (relatief lang) en de winter (relatief kort).

Een SESA voor sloten en kanalen zou opgebouwd kunnen worden met losse modules voor het zomer- en het winterhalfjaar en gesplitst voor het hoofdstromingssysteem en de perceelssloten buiten dit systeem (Tabel 4.1, Fig. 4.1). Een alternatief zou een gemiddeld 'jaar' benadering kunnen zijn.

FIGUUR 4.1

Waterstromen in een gebied (polder) tussen en van en naar peilgebieden in het zomer- en het winterhalfjaar.



4.1.1 Ruimtelijke indeling

De multiple stress wordt allereerst per peilgebied berekend. Ruimtelijk gezien zijn er verschillende 'compartimenten' die kunnen bijdragen aan de multiple stress die de ecologie binnen een peilgebied ondervindt (Fig. 4.1):

- Multiple stress uit het terrestrisch deel (land) van het peilgebied,
- Multiple stress afkomstig uit of aanwezig in de waterlichamen in het peilgebied,
- Multiple stress aangevoerd vanaf één of meerdere inlaatpunten,
- Multiple stress afkomstig uit of aanwezig in het ontvangende waterlichaam.

4.1.2 Berekenen multiple stress per peilgebied

Omdat de hydrologische processen sturend zijn in sloten en kanalen is de invloed van stress steeds afhankelijk van de relatieve bijdrage uit de verschillende bronnen die aanwezig zijn. Deze worden bepaald door het type en de intensiteit van de stress en het oppervlak/aandeel van een stressor ten opzichte van het geheel. Voor stoffen (nutriënten, slib, toxische stoffen) speelt vaak het bodemtype een belangrijke rol.

Een aantal uitgangspunten bij de berekening van de stress zijn:

- De hydrologische parameters nodig voor het berekenen van de multiple stress kunnen met grond- en oppervlaktewatermodellen worden berekend per gebiedsoppervlak van de afwateringseenheid. Alternatief is een simpele neerslag-afvoer relatie.
- Voor de diffuse chemische stress afkomstig uit afwateringseenheid wordt het oppervlakte-aandeel van de combinatie landgebruik - bodemtype in de berekening opgenomen.

- Voor de overige categorieën (o.a. morfologie, fysische stress, beheer en onderhoud) wordt de multiple stress per stressgroep berekend en al dan niet gewogen. De berekening is onderdeel van het SESA sloten en kanalen rekenmodel en heeft overeenkomsten met de benadering in de SESA beken.
- De inlaat kan een belangrijke bijdrage leveren aan de stress, maar kan ook verdunnend werken. Hier kan gekozen worden voor een stressbepaling op basis van de gemeten fysisch-chemische samenstelling, of kan het resultaat zijn van een andere SESA uitgevoerd voor het herkomststelsel.
- Neerslag is een verdunnende factor in de berekening.

De precieze uitwerking wordt op basis van empirische gegevens vastgesteld. Daarvoor moeten in de toekomst pilotstudies plaatsvinden.

Nadat per afwateringseenheid de gesommeerde multiple stress per hoofdgroep is berekend, wordt het relatieve aandeel bepaald. Hiervoor wordt het aandeel van de uitlaat uit de betreffende eenheid t.o.v. het totale watervolume van het systeem berekend voor de chemische (diffuus en puntbronnen), fysische, hydraulische en morfologische stress en de stress door beheer en onderhoud. De multiple stress berekening koppelt vervolgens de verschillende peilgebieden binnen het systeem aan elkaar, waarbij een retentiefactor en nalevering wordt opgenomen voor de (tijdelijke) opname en vrijkomen van stoffen door bodem(bio)chemische processen en organismen. Omdat de morfologie en het beheer en onderhoud waterlichaam-specifieke condities zijn wordt hiervoor geen aandeel berekend.

4.1.3 Wegen van stressoren

De stressoren staan in verband met de ecologische sleutelfactoren in het 5S-Model. Daarbij volgen ze ook de hiërarchie die aanwezig is in de volgorde van de factoren in dit model. Dat betekent automatisch dat stressoren niet allen even zwaar drukken op het aquatische systeem, maar dat de stress gewogen kan worden naar hiërarchische positie, watertype en bekende mate van effect (intensiteit). Wordt een dominant kritische waarde van een parameter overschreden, bijvoorbeeld een maximale temperatuur waarboven dieren of planten dood gaan, dan krijgt deze parameter een allesoverheersend gewicht.

Systeemvoorwaarden zijn in sloten en kanalen van groter belang dan chemische factoren en chemische factoren weer belangrijker dan morfologische factoren. De ranges waarbinnen factoren geen stress opleveren en de waarden daarbuiten (waar de factoren minder of meer stress opleveren) kunnen worden afgeleid van biologische informatie, zoals bijvoorbeeld beschikbaar is in beoordelingssystemen.

De stressklassen kunnen worden gewogen om tot een overall multiple stress-score per hoofdfactorgroep te komen.

Cumulatieve, synergistische, antagonistische en andere ongelijk verdeelde effecten zijn (nog) niet meegenomen, omdat deze effect-interacties nog vrijwel onbekend zijn. Daarom zijn interacties lineair meegenomen.

Stressoren werken ook niet langs de volledige ranges die mogelijk in de natuur zouden kunnen voorkomen. Zo speelt zuurstof alleen een belangrijke rol voor de macrofauna bij concentraties lager dan 6 mg/l en wordt de rol van zuurstof dominant wanneer waarden lager dan 2 mg/l worden bereikt. Het opnemen van grenswaarden in de stressklassen zou daarom extra behulpzaam zijn (Tabel 4.2). Bij het bepalen van de stressklassen is hier ten dele wel al in voorzien, door de grenzen van de stressorklassen hierop af te stemmen (niet-lineair).

Validatie van de berekeningen zal in de toekomst moeten uitwijzen in hoeverre de gewichten in de SESA correct zijn toegedeeld.

TABEL 4.2

Voorbeeld van grenswaarden van milieufactoren in sloten en kanalen in het zomerhalfjaar.

| Parameter | Grenswaarde (voorwaarde van meenemen in weging) |
|--|---|
| <i>Systeemvoorwaarden:</i> | |
| Wartertemperatuur | >16°C |
| <i>Stroming/hydrologie:</i> | |
| Droogval | < 25 jaar permanent watervoerend |
| Peilfluctuatie | < half-natuurlijk |
| <i>Structuren:</i> | |
| Aanwezigheid natuurlijke land-water overgangen | < 50% |
| Intensiteit schoning/onderhoud | tenminste 1 keer per 1-2 jaar |
| <i>Stoffen:</i> | |
| Aanwezigheid overstorten | Aanwezig |
| Landgebruik | Intensiever dan natuurlijk grasland |
| Zuurstofgehalte | < 6 mg/l |
| Chloridegehalte | > 300 mg/L |
| Belasting met zware metalen vanuit effluent | > NEC |

►► 5 HET INVULLEN VAN STRESSORKLASSEN

De mate van stress die door iedere stressor wordt veroorzaakt, m.a.w. het negatieve effect op de aquatische ecologie, is in de SESA gestandaardiseerd naar vijf klassen. Idealiter is de classificatie van stress een watertype-specifieke standaardisatie, daar het watertype bepaalt in welke mate een stressor invloed heeft op de doelgemeenschap. Deze watertype-gebonden specificatie wordt vervat in het toekennen van gewichten per watertype.

Voor de invulling van de stressklassen kan bijvoorbeeld de abiotische classificering achter de WEW-preferentielijst (Verberk *et al.* 2012) worden gebruikt, waarbij de stressklassen gebaseerd worden op de respons (vaak over langere termijn) van de biota. Een combinatie van de preferenties van de doelgemeenschap geeft een range van geprefereerde aanwezige omgevingsfactoren. Aan afwijkende ranges van de omgevingsfactoren kunnen stressorklassen worden toegewezen. Ook kan gebruik worden gemaakt van reeds gepubliceerde stress-classificeringen, zoals de grenzen in het werk 'Waterplanten en waterkwaliteit' (Bloemendaal & Roelofs 1988) en de grenzen benoemd in het 'EKOO' systeem (Verdonschot 1990).

Specifieke studies gebaseerd op gemeenschappen, zoals de slotentypologie (Nijboer *et al.* 2003) en publicaties over biologische responsen op bijvoorbeeld extremen, zoals verbrakking, droogval en hypertrofie (algenbloei, kroosbedekking), geven extra inzicht in de preferenties van soorten en gemeenschappen in verschillende watertypen en daarmee indicaties van de ranges van milieufactoren waaronder stress voor een bepaalde soort of gemeenschap optreedt. Ook dit draagt bij aan het vaststellen van potentiële klassengrenzen.

Voor de stressoren zijn ranges van stressklassen gedefinieerd op een schaal van 0 (= geen stress) tot -5 (= veel stress). In sommige gevallen oefent een stressor positieve invloed uit; in dat geval is er van stress geen sprake meer en wordt een positieve score toegekend.

5.1 HET MACROSYSTEEM

5.1.1 (Geo-)hydrologische stress

De (geo-)hydrologische stressoren afkomstig uit het terrestrisch deel van het peilgebied betreft de (grond)waterstromen van afspoeling, uitspoeling en kwel. Voor het berekenen van deze parameters zijn vaak regionale grond- en oppervlakte-watermodellen beschikbaar. De parameterisering is als volgt:

- Afspoeling of runoff (m^3/d). Runoff is de afvoer van neerslag (geen sneeuw) die niet snel genoeg kan infiltreren en bovendien niet kan worden geborgen op het maaiveld naar het oppervlaktewaterlichaam,
- Uitspoeling of drainage (m^3/d). Drainage is de afvoer van grondwater via drainagemiddelen (drains, greppels).

De mate dat deze hydrologische stressoren invloed uitoefenen is afhankelijk van de grootte van het bijbehorende peilgebied. Een groter gebied levert immers in potentie meer water. Er dient nog onderzocht te worden hoe deze processen te kwantificeren. Voor af- en uitspoeling zijn geen gekwantificeerde maten voor ecologische relevantie beschikbaar.

Aangezien sloten en kleine kanalen kunstmatige systemen zijn kan voor de natuurlijkheid gekeken worden naar sloten en kanalen gelegen in natuurgebieden of naar een vergelijkbaar watertype onder natuurlijke omstandigheden. Deze situatie kan dan vergeleken worden met de situatie in agrarische of urbane omgeving.

5.1.2 (Geo)morfologische stress

In sloot- en kanaalsystemen speelt geomorfologische stress nauwelijks een rol, behalve bij situaties zoals diepe afgravingen (Fig. 5.1) of het afgraven of laten veraarden van veenlagen door te lage peilen met bodemdaling tot gevolg. Dit laatste effect komt echter terug als diffuse chemische stress via het vrijkomen van stoffen en slib (bagger).

FIGUUR 5.1

Hoogteverschil tussen polders ten westen van Purmerend, met in het midden het Wormer en Jisperveld, waarbij de laagst liggende polders blauw zijn gekleurd. De hoogte heeft onder andere invloed op de kwelstromen.



Veranderingen in de terreinhoogte hebben hooguit op perceelniveau invloed op de oppervlakkige afstroming.

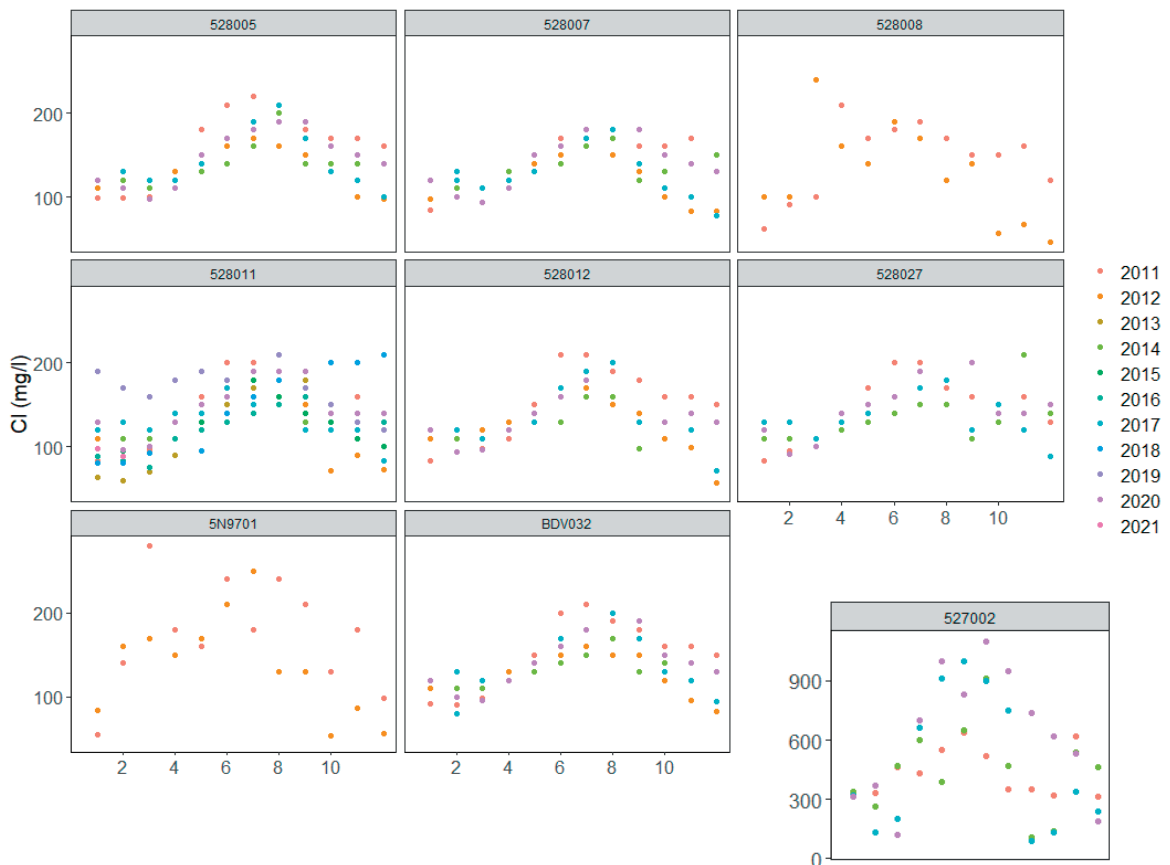
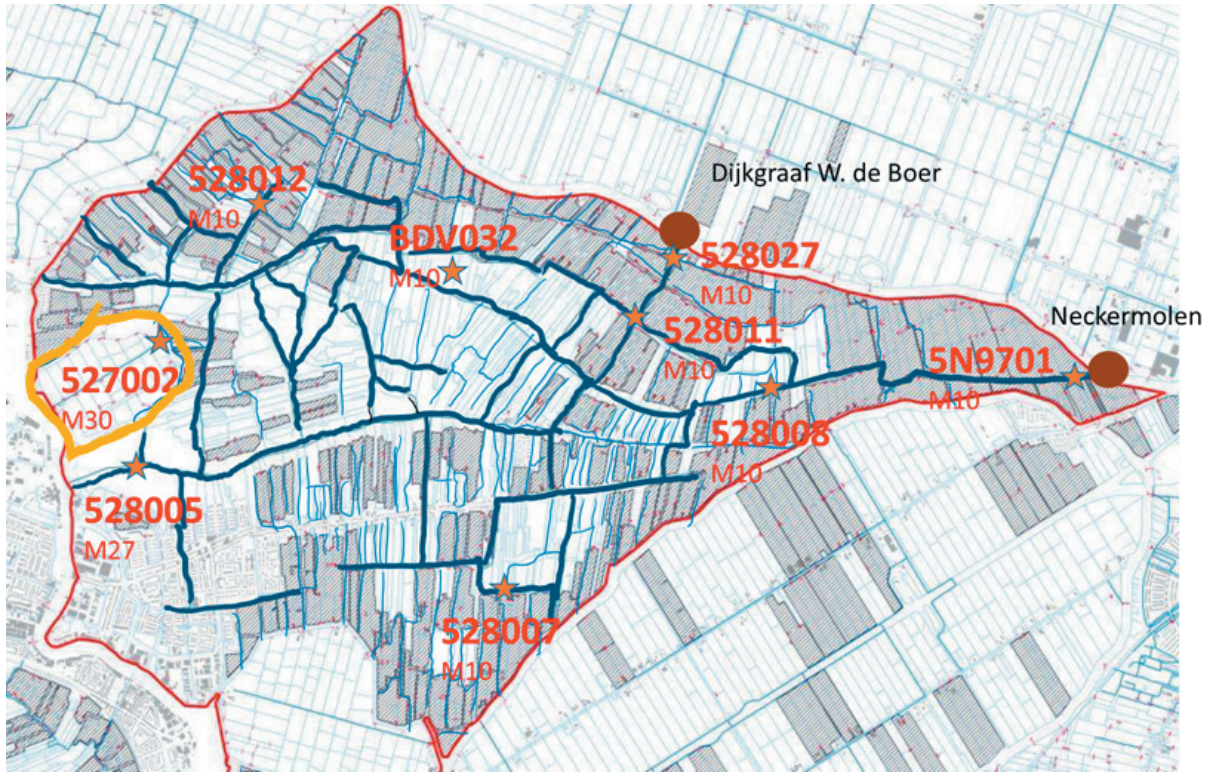
Tussen polders kunnen door inklinking als gevolg van het gehanteerde peilbeheer wel grotere hoogteverschillen ontstaan, die leiden tot wijzigingen en omkering van de kwel-infiltratie situatie.

5.1.3 (Geo)chemische stress

De (geo)chemische stress, zoals de natuurlijke achtergrondbelasting, is vooral van belang in relatie tot zilte kwel uit de diepere bodemlagen (Fig. 5.2). Verzilting is in veel polders een belangrijk aandachtspunt (hoge stressklasse). Sterkere verzilting leidt tot het verdwijnen van soorten die gevoelig zijn voor een verhoogde saliniteit (Beers van & Verdonschot 2000). Bij een mariene geologische ondergrond en een, vaak in de zomer, optredende kwelstroom kan verzilting leiden tot chloridegehalten die de drempel van 300 mg Cl/l overschrijdt. Voor organismen is dit de bovengrens van het zoete water, waardoor overschrijdingen tot stress of zelfs het verdwijnen van soorten leidt. De stressorclassificatie voor zoete systemen volgt de Venice-classificatie.

FIGUUR 5.2

Zoute kwel in diepgelegen peilgebied Schaalsmeer (geel omrand, 527002) in het Wormer en Jisperveld, zie ook Fig. 5.1. In de hoger gelegen polder is een fluctuatie door het jaar heen zichtbaar die verband houdt met de bijdrage van de hoeveelheid neerslagwater aan de waterbalans.



5.2 CHEMISCHE STRESS UIT DIFFUSE BRONNEN (EXTERNE BELASTING)

Als ecologisch relevante chemische stressfactoren zijn nutriënten, slib, toxische stoffen en soms ook het chloridegehalte van belang. Chemische stressoren afkomstig van het landgebruik zijn diffuus en betreffen vanaf het land getransporteerde stoffen: nutriënten, slib en toxische stoffen. In gebieden waar landbouw overheerst is de diffuse toevoer van stoffen vaak de dominante bron van stoffen in het oppervlaktewater (Drewry *et al.* 2006). Deze toevoer vindt plaats via oppervlakkige afspoeling vanaf het land en via uitspoeling door drainage en via het grondwater, m.a.w. het volgt de daar aanwezige waterstromen, zie ook Fig. 3.2 met de stoffenbalans voor het Wormer en Jisperveld. Deze toevoer komt zowel uit actuele (het huidige landgebruik) als historische bronnen (nalevering door historisch landgebruik of processen zoals de veraar- ding van veenbodems).

De in- en uitstroom van een peilgebied is het resultaat van bronnen op het land en retentie op het land en in de perceel- sloten. Bronnen omvatten de toevoer van water met stoffen naar het waterlichaam, bijvoorbeeld door bemesting op de landbouwpercelen in het peilgebied. Retentie is de vermindering van de hoeveelheid stoffen (bijvoorbeeld nutriënten) tijdens de weg die ze afleggen naar en in het waterlichaam voordat het water het uitstroompunt heeft bereikt. Retentie treedt op door tijdelijke en permanente opslag in de terrestrische bodem als gevolg van biochemische reacties, in orga- nismen (bijvoorbeeld opname door waterplanten), in de waterbodem (sedimentatie) en door emissies naar de atmosfeer (bijvoorbeeld denitrificatie).

5.2.1 Af- en uitspoeling van nutriënten

Nutriënten in het water kunnen zowel een directe (voedingsstof, toxische werking) als een indirecte stressor zijn, bijvoor- beeld hoge concentraties nutriënten die leiden tot extreme variaties in het zuurstofgehalte en de zuurgraad. Voor het beheergebied van HHNK geldt, bij wijze van voorbeeld, dat de uit- en afspoeling gemiddeld het meeste bijdraagt aan de stikstofbelasting van het oppervlaktewater, variërend van 49% (laagveengebieden) tot 82% (droogmakerijen). Inlaatwater draagt 8-28% bij. In de laagveengebieden draagt ook de atmosferische depositie op open water (een aanzienlijk oppervlak) significant bij (16%). De bijdrage van overige bronnen (RWZI's, overige landbouwemissies, directe kwel naar oppervlak- tewater, industriële lozingen en overige bronnen) ligt tussen de 6-18%. Afhankelijk van het deelgebied kan de bijdrage van deze bronnen echter beduidend hoger liggen. Net als voor stikstof is het grootste gedeelte van de fosforbelasting afkomstig van de uit- en afspoeling (58-85%), gevolgd door de bijdrage van inlaatwater (8-34%). De bijdrage van de andere bronnen is beperkt (van Boekel *et al.* 2015).

SESA maakt gebruik van een eenvoudige benadering waarbij de belasting op het oppervlaktewater is afgeleid van het type landgebruik en het hoofdbodemtype (Fig. 5.3). Dit zijn twee macroscopische karakteristieken waarmee een goede voor- spelling kan worden gedaan van de belasting van het oppervlaktewater (De Wit 1999). Het landgebruik wordt verdeeld naar hoofdgrondgebruik (Fig. 5.4). Het bodemtype is verdeeld in zand, klei en veen, die elk een ander gedrag vertonen wat betreft uit- en afspoeling van stoffen. Naast deze twee factoren spelen ook grondwaterstand en aanwezigheid van buffer- stroken een rol. Databeschikbaarheid bepaalt of hier gebruik van kan worden gemaakt.

Bronnen van informatie die meegenomen zijn bij het vaststellen van de stressklasse zijn voor de afspoeling van fosfor en stikstof: De Koeijer & Wossink 1990, Kruijne 1997, STOWA 2003, Bouwmans *et al.* 2003, Pieterse 2003, Willems *et al.* 2005, Niemeyer *et al.* 2007, Schouwman *et al.* 2008, Blann 2009 en Groenendijk 2016. De omzetting leunt sterk op de scenario- studie van Schouwman *et al.* (2002) voor de Nederlandse situatie voor het jaar 2018. Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in Fig. 5.4, waarin voor het Wormer en Jisperveld een stress-score voor chemische diffuse bronnen is toegekend per indi- vidueel peilgebiedje op basis van de combinatie bodemtype en landgebruik.

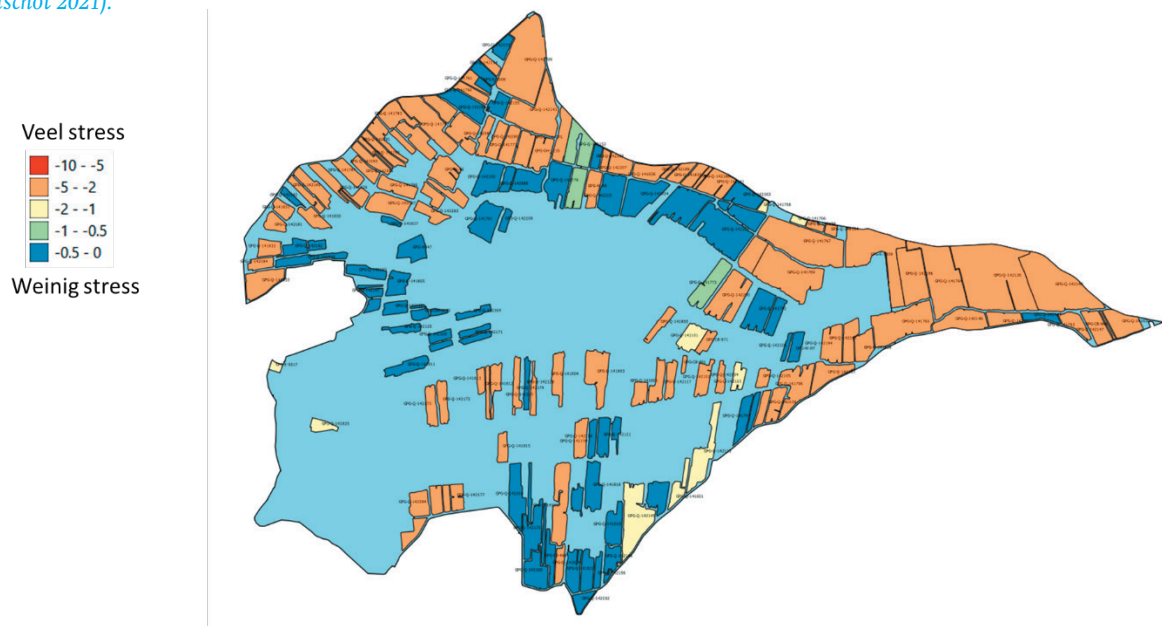
FIGUUR 5.3

Voorbeeld combinatie landgebruik en bodemtype peilgebied in het Wormer en Jisperveld, waaraan vervolgens een stress-score kan worden toegekend.



FIGUUR 5.4

Voorbeeld stress-score chemische stress nutriënten uit diffuse bronnen voor autonome peilgebiedjes Wormer en Jisperveld op basis combinatie landgebruik en bodemtype aan de hand van de SESA stress classificatie. Voor de berekeningswijze wordt verwezen naar Verdonschot & Verdonschot 2021).



5.2.2 Afspoeling van slib

Slib is van indirecte invloed op het zuurstofgehalte en de nutriëntenhuishouding. Een negatief effect op de ecologie kan ook ontstaan door instabiliteit van de waterbodem (intern gegenereerd) als gevolg van een toename van slib en bedekking van de oorspronkelijke bodem. Over de afspoeling van slib (extern gegenereerd), en vooral van de aan slib gebonden nutriënten en toxische stoffen, is erg weinig literatuur beschikbaar. Dos Reis Oliveira *et al.* (2018) zagen dat in runoff-sediment op zwak hellende zandgronden het percentage organisch materiaal significant afnam tussen bos ($62\% \pm 11$), grasland ($44\% \pm 2$) en bouwland ($25\% \pm 8$). De C/N-ratio was hoger in bos (17 ± 1) dan in grasland (14 ± 0.5) en bouwland (14 ± 1), terwijl het anorganisch fosfaat hoger was in bouwland (19 ± 5) dan in grasland (10 ± 6) en bos (3 ± 0.5). In de relatief vlakke polders zal de hoeveelheid slibafspoeling echter laag zijn.

Op basis van de metingen zijn stressklassen aan het landgebruik toegekend en voor de sloten en kanalen met 1 klasse verlaagd ten opzichte van de beken omdat het vlakke gebieden betreft. Voor bebouwd gebied is een lage stressklasse gekozen, omdat het slib er deels afspoelt, maar ook deels in het riool verdwijnt.

5.2.3 Af- en uitspoeling van toxische stoffen

Toxische stoffen zoals bestrijdingsmiddelen en zware metalen kunnen al bij kleine hoeveelheden (>0.1 µg/L) de structuur en het functioneren van aquatische levensgemeenschappen aantasten door dodelijke en ecosysteem-gerelateerde effecten (Blann 2009). Er is nog veel onduidelijkheid over welke bestrijdingsmiddelen voor welk organisme in welke mate toxisch zijn.

De huidige belasting met zware metalen van de bodem is met name afkomstig van bemesting. Alleen voor lood en arseen speelt de atmosferische depositie een belangrijke rol. Door de sterke binding van zware metalen aan bodemdeeltjes accumuleren belastingen over langere tijd en daarom is de historische belasting van grote invloed op de huidige concentraties van zware metalen in het grondwater en dus in het naar het oppervlaktewater afstromende water. Het huidig bodemgebruik heeft dus minder invloed op de huidige belasting. Op basis van Römken *et al.* (2003) is de belasting met zware metalen bij verschillende vormen van landgebruik geïnclassificeerd.

Voor de belasting met bestrijdingsmiddelen is de cumulatieve milieubelasting door Snoo & Vijver (2012) omgezet in Milieu-Indicator-Punten (MIP) voor de milieubelasting van oppervlaktewater door drift bij gewasbescherming en het aantal norm-overschrijdende stoffen van de ecotoxicologische norm (MKN/MTR). Hieruit is het aantal stoffen en de chronische milieubelasting opgenomen in de stressorclassificatie. Voor bebouwd gebied gaan we ervan uit dat een deel van de belasting naar het riool verdwijnt. Op basis van deze metingen is een stressklasse toegeëld.

Samenvattend zijn van de diffuse chemische parameters 33 landgebruikstypen gecombineerd met 3 hoofdbodemtypen (correctiefactor afhankelijk van bodem is van groot naar klein zand>veen>klei) tot 99 combinaties van stressoren voor nutriënten, slib, toxische stoffen in de SESA opgenomen (Tabel 5.1).

TABEL 5.1

Samenvattend overzicht van de landgebruik gerelateerde diffuse chemische stress door af- en uitspoeling van nutriënten, slib en toxische stoffen, zoals gebruikt in de SESA. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Landgebruik | Range klasse | | |
|--------------------------|--------------|--------|------------|
| | Nutriënten | Slib | Toxiciteit |
| Bouwland | -5 - -4 | -5 | -5 - -2 |
| Glastuinbouw | -4 | -5 | -5 |
| Boom- en fruitkwekerijen | -4 | -5 | -3 |
| Intensief grasland | -3 | -3 | -1 |
| Extensief grasland | -1 | -1 | 0 |
| Bebouwd | -2 - 0 | -1 - 0 | -3 - 0 |
| Infrastructuur | -2 | -1 | -3 |
| Natuur | 0 | 0 | 0 |

5.2.4 Atmosferische depositie open water

De aanvoer van fosfor met atmosferische depositie wordt in de EmissieRegistratie en door het CBS sinds 1995 op 0 gesteld; van der Bolt *et al.* (2012) gaan uit van 0-1%. Echter directe atmosferisch depositie kan meer bijdragen als het open water in oppervlak toeneemt (bij in laagveengebieden tot 16 % (van Boekel *et al.* 2013, 2015), 8-11% (van der Bolt *et al.* 2012) en 4-5% (PBL 2020). We gaan ervan uit dat deze depositie redelijk gelijk over een poldergebied is verdeeld en daarnaast een beperkt aandeel (vaak <5%) heeft in de totale aanvoer door diffuse bronnen. Deze is daarom niet standaard opgenomen in de analyse. Alleen voor grotere open wateroppervlakten wordt de term meegenomen.

5.2.5 Overige emissies o.a. verkeer, vervoer, huishoudelijke lozingen

Voor de emissies van verkeer en vervoer nemen we aan dat deze vooral op verhard oppervlak een rol spelen en oppervlakkig afspoelen (kleiner deel) en terecht komen in de RWZI's, het riool (overstorten) en via afgekoppeld regenwater (groter deel). Deze emissies komen vooral aan de orde bij urbaan "verhard" landgebruik en puntlozingen (RWZI, overstort en regenwaterlozingen). Daar waar deze emissies direct of op bermsloten e.d. uitkomen worden ze wel meegenomen (zie puntlozingen). Verkeersintensiteit en bijvoorbeeld de hoeveelheid bruggen die zorgen voor grotere mate van verspreiding naar het oppervlaktewater zijn nog niet meegenomen in de bepaling.

5.2.6 Historische belasting en nalevering uit de bodem

De regionale historische bijdragen van fosfor (P) en stikstof (N) aan de belasting van het oppervlaktewater is 3-5%, 0.5-2.5%, 3% en 1.5-6.1%, 0.5-4.9%, 1.4-1.7%, 0.1-4.6% en 1.9-5.4% voor N en 1-2%, 3-22%, 5%, 1.6-13.7%, 0.6-7.7%, 3.1-5.5%, 0.2-9.0% en 1.4-3.6% voor P voor Friesland (van Boekel *et al.* 2016), voor Schieland (Schipper *et al.* 2019), voor Heerhugowaard (van Boekel *et al.* 2014), voor droogmakerijen, jonge klei, jonge klei met duinzand, laagveen en keileem (van Boekel *et al.* 2015). De cijfers duiden op een beperkte bijdrage van de historische belasting en daarom wordt deze niet meegenomen.

De regionale nalevering uit de bodem van fosfor (P) en stikstof (N) aan de belasting van het oppervlaktewater varieert per locatie in een orde van grootte van 3-5%, 4-26%, 11.6-27.2%, 1.9-21.7%, 6.9-14.2%, 0.3-27.2% en 7.2-13.8% voor N en 1-2%, 9-45%, 11.1-29.4%, 0-27.8%, 7.5-12.7%, 0.7-48.1% en 4.6-10.3% voor P voor Friesland (van Boekel *et al.* 2016), voor Schieland (Schipper *et al.* 2019), voor droogmakerijen, jonge klei, jonge klei met duinzand, laagveen en keileem (van Boekel *et al.* 2015). De cijfers duiden op een potentieel aanzienlijke bijdrage van de belasting. Is de nalevering bekend, dan wordt deze als stressor meegenomen of geschat op basis van deze cijfers.

5.3 RETENTIE VAN NUTRIËNTEN

Van de totale P-belasting van het regionale oppervlaktewater komt voor P ca. 40% en voor N ca. 30% niet tot afvoer naar de Rijkswateren als gevolg van retentie in het systeem. De retentie die optreedt vanaf de haarvaten van het watersysteem wordt in het algemeen voor P op 50% gezet voor alle bronnen samen en in alleen de regionale wateren op circa 30% voor N en 40% voor P (Groenendijk *et al.* 2016).

Retentie van nutriënten wordt in de berekeningen voor poldergebieden meegenomen als een 35% reductie van stress voor ieder peilgebied.

5.4 CHEMISCHE STRESS UIT PUNTBRONNEN (EXTERNE BELASTING)

5.4.1 RWZI's

Veel stoffen komen in hogere concentraties in het RWZI-effluent voor dan de voor deze verbindingen geldende streef- en/of grenswaarden voor oppervlaktewateren. Dat betekent dat de RWZI's bijdragen aan de belasting van het oppervlaktewater, naar schatting circa 9% voor N en 15% voor P (Groenendijk *et al.* 2016). Om hieraan een stressklasse te verbinden moeten de stofgehalten in het effluent van de RWZI vergeleken worden met de ecologische eisen die het ontvangend water stelt en de afvoer van dat ontvangend systeem. Naarmate dat verschil groter is zal de stressklasse hoger zijn.

Indien de belasting per component bekend is kunnen RWZI's een aangepaste stressscore krijgen voor elk van de stressoren die wordt overschreden. Dit is nog niet nader ingevuld voor de afzonderlijke stressoren. Indien de algehele belasting ook niet bekend is, worden de waarden op maximaal gesteld (Tabel 5.2).

TABEL 5.2

Overzicht van de chemische stress uit een RWZI. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Parameter | Range | Klasse |
|--|--------|----------|
| Ratio: debiet RWZI / debiet ontvangend water | >3 - 0 | -5 t/m 0 |
| Alternatieve optie (per stressor score) | | |
| Nutriënten | -5 | 1 klasse |
| Slib | -5 | 1 klasse |
| Toxicanten | -5 | 1 klasse |
| Saliniteit | -3 | 1 klasse |

5.4.2 Overstorten

Als er heftige buien vallen kunnen overstorten in werking treden en komt het teveel aan regenwater en ongezuiverd afvalwater uit het riool in het oppervlaktewater terecht. De levensgemeenschap wordt, weliswaar tijdelijk en lokaal, negatief beïnvloed via verstikking (organische belasting zorgt voor daling zuurstofconcentratie), vergiftiging (direct door een concentratieverhoging van voor de levensgemeenschap in de beek schadelijke stoffen, indirect via stoffen die vrijkomen bij zuurstofloosheid) en verslibbing door het overstortende slib. Daarnaast kunnen hydrologische effecten, zoals hydraulische stress (piekafvoer) en morfologische aantasting optreden, maar over de gevolgen daarvan is weinig bekend.

De eigenlijke impact van een overstort hangt af van de samenstelling, frequentie en het volume van de vuiluitworp t.o.v. het debiet van het ontvangende water (Tabel 5.3).

TABEL 5.3

Samenvattend overzicht van de chemische stress uit overstorten opgenomen in de SESA. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Parameter | Range | Klasse |
|---|---------------------------|---------------|
| Aantal overstortingen/jaar | >18 - 0 | -5 t/m 0 |
| Debiet overstort / debiet ontvangend waterlichaam | op droge watergang/>2 - 0 | -5 t/m 0 |
| Alternatieve optie | | |
| Aantal overstorten per segment waterlichaam naar dimensies: | | |
| Smal <3 m | >2 - 0 | -5 t/m -3 / 0 |
| Middel 3-8 m | >3 - 0 | -5 t/m -2 / 0 |
| Breed >8 m | >4 - 0 | -5 t/m 0 |

5.4.3 Industriële puntlozingen

Binnen het poldergebied worden ook alle industriële lozingen meegenomen. Deze kunnen een bron zijn van bijvoorbeeld verhoogde concentraties ammonium, zware metalen en andere toxische stoffen, sulfaat, chloride, fosfor, calcium en bicarbonaat. Ook historische lozingen kunnen nog een bijdrage aan de stress leveren indien nalevering plaats vindt vanuit de bodem, de oeverzone of stortplaatsen nabij de watergang.

Toxiciteit voor toxische stoffen kan worden uitgedrukt in de PNEC-waarde, de 'predicted no-effect concentration'. Boven deze waarde zijn er geen negatieve effecten van blootstelling binnen een ecosysteem.

Lozingen kunnen een aparte stressklasse krijgen voor elk van de stressoren die een overschrijding laat zien (Tabel 5.4).

TABEL 5.4

Overzicht van de chemische stress uit industriële lozingen. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Parameter | Range | Klasse |
|--------------------|--|----------------------|
| Zware metalen | >2*PNEC- =<PNEC | -5 t/m 0 |
| Overige toxicanten | aanpassen aan stoffen met als terugval optie: -5 | -5 t/m 0 of 1 klasse |
| Nutriënten | -5 | 1 klasse |
| Saliniteit | -5 | 1 klasse |

5.4.4 Overige puntbronnen

Chemische stress uit andere puntbronnen betreft bijvoorbeeld kassen, wanneer deze geen onderdeel uitmaken van landgebruik (meestal wel), of andere lozingen, zoals uit visvijvers. Voor de emissies van verkeer en vervoer (waar deze emissies direct of op berm- en spoorloten e.d. uitkomen) worden ze wel meegenomen (Tabel 5.5).

TABEL 5.5

Overzicht van de chemische stress uit overige. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Parameter | Range | | | | Klasse |
|-----------------------|------------|------|------------|------------|----------|
| | nutriënten | slib | toxiciteit | Saliniteit | |
| Infrastructuur | | | | | |
| Wegwater | 0 | -1 | -2 | -1 | 1 klasse |
| Bermsloot snelweg | 0 | -1 | -2 | -1 | 1 klasse |
| Snelweg | 0 | -1 | -2 | -1 | 1 klasse |
| Bermsloot | 0 | -1 | -2 | -1 | 1 klasse |
| Spoorsloot | -1 | 0 | -2 | 0 | 1 klasse |

5.4.5 Waterinlaat/-aanvoer (gebiedsvreemd water)

Waterinlaat is een toevoerpost in de waterbalans, die vooral in droge perioden van belang is en daarbij een relatief groot aandeel in kan nemen. De chemische samenstelling van het inlaatwater t.o.v. die van het ontvangend water kan sterk verschillen. Het water kan rijker zijn aan bijvoorbeeld nutriënten, bicarbonaat, sulfaat, calcium, enzovoorts. Waterinlaat kan naast directe eutrofiëring door toevoer van voedselrijk water of de-eutrofiëring door toevoer van voedselarm(er) water leiden tot afbraak van organisch materiaal, zuurstoftekorten, interne eutrofiëring, interne de-eutrofiëring (in minerale (zand)bodems kan door toegenomen hardheid bij hogere pH fosfaat neerslaan met calciumcarbonaat en treedt P-immobilisatie op), ijzergetekort, sulfidetoxiciteit en ammoniumtoxiciteit (Vermaat *et al.* 2013).

Er zijn voor de SESA sloten en kanalen twee opties:

- Het berekenen van de stress die het inlaatwater oplevert door een regionale SESA analyse van het inlaatstelsel.
- Het afleiden van de stress uit de chemische samenstelling van het inlaatwater.

Wanneer bekend is wat de chemische samenstelling van het inlaatwater is, dan kan deze worden “vertaald” naar de mate van stress (Tabel 5.6).

TABEL 5.6

Overzicht van de chemische stress uit waterinlaat. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Parameter | Range | Klasse |
|---------------------------|--------------------|----------------------|
| Kwaliteitseffect | sterk - niet | -5 t/m 0 (4 klassen) |
| Alternatieve optie | | |
| Fosfor (mgP/l) | Vollenweider range | 5 klassen |
| Stikstof (mgN/l) | Vollenweider range | 5 klassen |
| Sulfaat (mg/l) | >19 - <10 | 3 klassen |
| Alkaliniteit (meq/l) | ->2 - <1 | 3 klassen |
| Ca+Mg (mg/l) | >180 - <80 | 3 klassen |

5.5 FYSISCHE STRESS (SYSTEEMVOORWAARDEN)

5.5.1 Temperatuur

De factor temperatuur is sterk afhankelijk van het watertype. In polderwateren volgt de temperatuur van het water in belangrijke mate de luchttemperatuur. Het water warmt snel op en dit kan leiden tot stratificatie, wat weer kan resulteren in een zuurstoftekort in de onderste waterlaag als gevolg van respiratie in het sediment. Globaal worden voor organismen in stilstaande wateren als optimum jaargemiddelde waarden van circa 20 °C en maxima tussen de 26 °C en meer dan 30 °C aangehouden. Blijft de watertemperatuur echter langdurig boven de 30 °C dan beschouwen we dit als lethaal voor veel soorten van stilstaand water (Tabel 5.7).

5.5.2 Licht

Licht (klimatologische variabele) is een belangrijke systeemvoorwaarde. De variabele licht heeft vooral effect op het ecologisch functioneren van oppervlaktewateren. Licht wordt vooral beïnvloed door de mate van troebelheid door rondzwevende deeltjes (slib, algen), bijvoorbeeld door opwerveling door de waterstroming bij inlaten, scheepvaart en bodemwoelende vissen en kreeften. Verder wordt de hoeveelheid licht beïnvloedt door beschaduwing, bijvoorbeeld door steile oevers, oevertvegetatie, drijvende of drijfbladplanten of door bebouwing of overhangende bomen. De beschaduwing door drijvende planten, zoals kroos, beschouwen we als onderdeel van nutriënten stress (hypertrofie, zuurstofloosheid) om het dubbel tellen van stressoren in de SESA te voorkomen. Drijfbladplanten zijn meestal een natuurlijke component in het systeem.

TABEL 5.7

Overzicht van de fysische stress. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Parameter | Range | Klasse |
|---|----------|-----------|
| Temperatuur (°C) | | |
| Watergang | >28 °C | |
| i.c.m. overschrijdingsfrequentie per jaar | >6 - 0 | 3 klassen |
| Licht | | |
| Aanwezigheid fijn slib i.c.m. grotere watergang | aanwezig | -5 |

5.6 HYDROLOGISCHE/HYDRAULISCHE STRESS

Voor de hydraulische omstandigheden in een waterlichaam zijn de dynamiek en extremen ecologisch van groot belang. De belangrijkste parameters zijn:

- Afvoerdynamiek door waterinlaat (Tabel 5.8).
- Waterbeweging door windwerking (golfslag).
- Droogval: de watergang valt droog in perioden met weinig neerslag of sterke onderbemaling van het peilvak.

Waterbeweging kan invloed hebben door of opwerveling en erosie van het bodemsubstraat of sedimentatie van fijn slib en het ontstaan van gebrek aan zuurstof en bedekken/verslibben van het bodemsubstraat. Droogval leidt tot afbraak van organisch materiaal in het bodemsubstraat tijdens droogstand en het vrijkomen van voedingsstoffen na terugkeer van het water.

TABEL 5.8

Overzicht van de hydraulische stress. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Parameter | Range | Klasse |
|---|-----------------------------|------------|
| Waterbeweging | | |
| Stroomsnelheid periodiek >5 cm/s | >20 cm/s; >10 cm/s; >5 cm/s | -5; -3; -1 |
| Turbulentie met slibverplaatsing door windwerking | | |
| Sedimentverplaatsing door golfslag vaarbewegingen | Zie licht-windwerking | - |
| Droogval | Aanwezig | -5 |

5.7 MORFOLOGISCHE STRESS

Natuurlijke watergangen hebben smalle maar onregelmatige oevers die in de breedterichting de overgang tussen land en water vormen. Daarnaast verschillen ze in de lengterichting pleksgewijs in de breedte en diepte van de watergang. Ook de vegetatie kan verschillen van plek tot plek, van ijl tot sterk begroeid met waterplanten. Dergelijke variatie blijft alleen in stand door extensief onderhoud. Dit referentiebeeld is zichtbaar op de historische schoolplaten waarop de boerensloot is afgebeeld. Dit beeld zien we heden ten dage nauwelijks terug in het veld. Toch hanteren we dit als ijkpunt voor de morfologische aspecten van polderwatergangen, die overigens veel sterker gelden voor perceelsloten en veel minder voor kanalen en boezemwateren.

- Beschoeiing speelt een negatieve rol, omdat het zorgt voor harde land-water-overgangen.
- De aanwezigheid van een sliblaag, die het oorspronkelijk bodemsubstraat bedekt, wordt als substraatstress opgenomen.
- De watervegetatie wordt niet gescoord onder de parameter morfologie, omdat het een gevolg is van de voedselrijkdom.
- De begroeiing van de oever is wel van belang en vooral een gevolg van het beheer.
- Morfologische stress kan onderverdeeld worden naar twee watertypen, kleine en grote watergangen (Tabel 5.9).

TABEL 5.9

Overzicht van de morfologische stress. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Parameter | Range | Klasse |
|---------------------------------|---|-------------|
| Profiel | | |
| Vorm land-water overgang | steil profiel tot graduele overgang/moeras/plasdras | 3-5 klassen |
| Breedtevariatie | geen (overal dezelfde breedte) - zeer groot (>20% variatie) | 3-5 klassen |
| Dieptevariatie | steil - onregelmatig | 4 klassen |
| Beschoeiing | tweezijdig - geen (incl. lokaal) | 3 klassen |
| Substraat | | |
| Sliblaag | aanwezig of in dikte gekwantificeerd | 3-5 klassen |
| Oeverbegroeiing | | |
| Structuur van de oevervegetatie | kale oever - ruigte begroeiing | 3 klassen |
| Aanwezigheid houtige begroeiing | afwezig - aanwezig | 0 - -5 |

5.8 CHEMISCHE STRESS IN DE WATERGANG (INTERNE BELASTING)

De waterbodem is een belangrijk reservoir van nutriënten en kan een aanzienlijke interne belasting veroorzaken. De wijze waarop deze parameter in de stressberekening wordt meegenomen moet nog nader worden onderzocht.

5.9 STRESS DOOR BEHEER EN ONDERHOUD

Sloten en kanalen moeten onderhouden worden maar de intensiteit en frequentie kan tot op zekere hoogte worden afgestemd op het aquatische ecosysteem. Voor de stress gelden alleen die onderhoudsvormen waarbij het onderwatertalud en de onderwaterbodem te intensief of te frequent worden gemaaid, of die waarbij aanwezige structuren worden verwijderd door te baggeren. Naarmate de frequentie en intensiteit van het onderhoud toeneemt, neemt de mate van stress ook toe. Naast de frequentie van het onderhoud kan ook de fasering ervan, zoals in blokken of afwisselend maaien (extensiever), onderdeel van de mate van stress of het ontbreken daarvan zijn. Wanneer bij het maaien een significant percentage van de vegetatie (>20%) wordt gespaard, wordt een positieve klasse toegekend (Tabel 5.10). Doorspoelen wordt niet bij beheer en onderhoud maar bij inlaat uitgewerkt.

TABEL 5.10

Overzicht van stress door beheer en onderhoud. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Parameter | Range | Klasse |
|--|----------------------------|-----------------|
| Maaibeheer | | |
| Schoningsfrequentie watergang (keren per jaar) | >2x - 2x - 1x - 1x per 2jr | -5 - -3 - 1 - 0 |
| Of indien minder bekend: | | |
| Schoning | ja - nee | 2 klassen |
| Baggeren | | |
| Bagger frequentie | 5, 10, 15, 20 jaar of meer | -5 - 0 |

5.10 Omgaan met missende gegevens

Natuurlijk komt het voor dat er voor stressoren in peilgebieden waarvoor een inschatting van de stress wordt gemaakt niet alle benodigde gegevens beschikbaar zijn. In dat geval wordt naar een manier gezocht om de beschikbare data te interpoleren (bijvoorbeeld tussen meetpunten voor morfologie) of uit alternatieve bronnen data te halen. Eventueel kan een stressor in zijn geheel worden weggelaten uit het model.

5.11 Samenvatting

Samenvattend leidt de bovenstaande opsomming per stressorgroep en de bijhorende processen tot een lijst met parameters waarmee een SESA polder kan worden opgebouwd (Tabel 5.11).

TABEL 5.11

Indeling naar schaal van stressorgroep, relevante processen en parameters in de SESA sloten en kanalen. In het te ontwikkelen rekenmodel moeten de exacte klassengrenzen worden opgenomen.

| Schaal | Stressorgroep | Proces | Parameter |
|-----------------------------------|----------------------------------|--|---|
| Systeem | (Geo)hydrologische Stress | Versnelde doorvoer / stroomsnelheid | Posten waterbalans |
| | (Geo)morfologische Stress | Veenafbraak | Afbraaksnelheid (leidt tot bodemdaling) |
| | (Geo)chemische Stress | Verziltig | Chloridegehalte |
| Peilgebied | Chemische stress diffuse bronnen | Af- en uitspoeling van nutriënten | Landgebruik, bodem |
| | | Afspoeling van slib | Landgebruik, bodem |
| | | Afspoeling van toxische stoffen | Landgebruik, bodem |
| | | Atmosferische depositie open water | N-vracht |
| | | Overige emissies | var. |
| | | Historische belasting en nalevering uit de terrestrische bodem | N, P |
| | Chemische stress puntbronnen | RWZI lozing | RWZI |
| | | Overstort lozing | Overstort |
| | | Industriële lozing | Lozingstype |
| | | Waterinlaat | Waterinlaat |
| | | Overige puntbronnen | zoals spoor- en bermsloten |
| | Hydrologische stress | Peilbeheer | Waterstand |
| | Interne stress waterlichaam | Fysische systeemstress | Temperatuurverloop |
| Lichtbeschikbaarheid | | | Lichtextinctie |
| Hydrologische/hydraulische stress | | Hoeveelheid waterbeweging | Frequentie en intensiteit, variatie in richting |
| | | Droogval | Frequentie en intensiteit |
| | | | |
| Morfologische stress | | Vorm land-water overgang | Klassen |
| | | Breedtevariatie | Klassen |
| | | Dieptevariatie | Klassen |
| | | Aanwezigheid beschoeiing | Type |
| | | Dikte sliblaag | cm |
| | | Structuur van de oevervegetatie | Klassen |
| | | Houtige begroeiing | Klassen |
| Chemische stress (nalevering) | | Nalevering uit waterbodem (sliblaag) | Waterbodemkwaliteit |
| Stress Beheer & onderhoud | | Maaibeheer | Schoning |
| | Baggeren | Baggeren | |

▶▶ 6 BIOTISCHE ANALYSE

6.1 INLEIDING

De biotische analyse heeft als doel overzichten op te stellen van de soorten die in de huidige situatie aanwezig zijn en die te verwachten zijn nadat knelpunten zijn aangepakt. Deze overzichten kunnen systeem, peilgebied of watertype specifiek worden opgesteld voor alle KRW-organismegroepen: vissen, macrofauna, water- en oeverplanten en algen.

Voorlopig is ervoor gekozen om alleen de indicatieve taxa per KRW-watertype te analyseren en niet de complete soortenlijst (Van der Molen *et al.* 2018). KRW-indicatoren zijn voor de macrofauna van sloten en kanalen bijvoorbeeld aangeduid als positieve soorten, welke kunnen worden gekoppeld aan bepaalde milieu- of habitatpreferenties, of gilden in het geval van vissen. De reden om niet voor alle taxa te kiezen is, naast de zeggingskracht van indicatoren over de toestand van het systeem, dat het juist deze taxa zijn die gewenst zijn wanneer ze ontbreken in bepaalde trajecten (doelsoorten) en daarmee beter gebruikt kunnen worden bij het opstellen van de doelen/streefbeelden.

Voor de organismegroepen worden telkens drie stappen doorlopen:

- 1.) Eerst wordt gekeken naar de gemeenschappen van deze organismegroepen die nu of in het recente verleden in het gebied zijn gevonden (*Welke soorten komen nu in het gebied voor?*) en wordt de ecologische toestand waarin deze gemeenschappen zich bevinden bepaald (*Wat zegt dit over de toestand van het systeem?*). Deze analyse resultaten (multiple stress geïndiceerd door de organismen) worden ook vergeleken met de abiotische stress.
- 2.) In de volgende stap wordt afgeleid wat er potentieel haalbaar is in het gebied door te onderzoeken welke doelsoorten het gebied zouden kunnen koloniseren op de korte tot langere termijn en wordt verder gekeken naar de indicatiewaarden van deze soorten ten opzichte van de soorten die al in het gebied voorkomen (*Wat kan hier? Welke zijn gewenste soorten en wat zijn hun milieueisen?*).
- 3.) Tenslotte geeft de vergelijking van de huidige toestand, met de gewenste soorten en hun milieu-eisen een indicatie van de aan te pakken knelpunten in het gebied (*Wat knelt hier?*).

6.2 Macrofauna

6.2.1 Wat is hier: de huidige macrofauna soortenpoule

Voor de analyse van de macrofauna wordt rondom ieder water in het netwerk van verbonden watergangen een zone van 1 km breed geprojecteerd op een kaart. De zone van 1 km is gekozen omdat daarbinnen de meeste verplaatsingen van macrofauna zich afspelen. Alle macrofauna-monsterpunten binnen deze zone I worden geselecteerd over alle jaren. Dit zijn de watergangen en de geïsoleerde wateren. Juist de geïsoleerde wateren kunnen een belangrijke bron van bronpopulaties zijn.

Daarna wordt gekeken op basis van de KRW-maatlatten voor alle aanwezige typen wateren welke positieve taxa er in de monsters binnen deze zone I voorkomen. Deze taxa worden aangeduid vervolgens als de indicatoren en vormen de soortenpoule van het gebied.

Op basis van deze gegevens worden per locatie de aantallen indicatoren geteld. De locaties met de hoogste gemiddelde aantallen duiden voor het onderzoek de potentiële biodiversiteitshotspots aan. Vanuit deze locaties kan het systeem in de toekomst worden ge(her)koloniseerd. Het aantreffen van specifieke indicatoren is niet alleen afhankelijk van de milieu-omstandigheden in het habitat maar ook van de trefkans. Indicatoren zijn vaak relatief zeldzaam waardoor de trefkans laag is; naarmate er vaker op een locatie bemonsterd wordt neemt de kans toe dat een taxon aangetroffen wordt. Daarom wordt niet gewerkt met het totale aantal maar met het gemiddeld aantal indicatoren per monster per locatie.

De kwaliteitstoestand wordt m.b.v. de KRW-score per locatie en per tijdsperiode van bijvoorbeeld 10 of 20 jaar berekend. Hieruit kan worden afgeleid of er veranderingen in de tijd zijn opgetreden in de ecologische kwaliteit en mogelijk kunnen de veranderde soorten duiden waarom deze veranderingen zijn opgetreden. Hierbij moet wel rekening gehouden worden

met een verschil in berekening en gebruikte indicatoren in de verschillende maatlatten wanneer locaties in verschillende watertypen worden vergeleken; een directe vergelijking tussen punten van hetzelfde watertype geeft een betrouwbaarder beeld dan een vergelijking tussen watertypen. Ook moet bij oudere data rekening worden gehouden met de taxonomie zoals die op dat moment gebruikt werd, wat vertekenend kan werken omdat in de loop van de tijd soorten beter worden herkend door betere determinatiekennis en -literatuur.

Om aan te geven wat de aanwezigheid van de positieve taxa voor de verschillende watertypen zegt over de milieutoestand van de wateren in het stroomgebied/waterbeheereenheid worden een aantal sleutelfactoren geïdentificeerd op basis van de milieu- en habitatpreferenties van de macrofauna (Verberk *et al.* 2012). Omdat gebruik wordt gemaakt van positieve taxa, worden alleen positieve indicaties gebruikt zoals een preferentie voor ionenarm, oligosaproof of oligotroof water. Andere nuttige indicatiewaarden zijn bijvoorbeeld voor sloten: temperatuurgevoeligheid, habitatvoorkeur moeras, tolerantie voor droogval en geprefereerde zuurgraad.

De indicatiewaarden in de lijst met de milieu- en habitatpreferenties zijn verdeeld over verschillende klassen volgens de zogenoemde ‘fuzzy coding’ techniek: afhankelijk van de habitat- en milieupreferentie van een taxon (meestal soort) zijn 10 punten verdeeld over de relevante klassen per parameter. Bijvoorbeeld een taxon met een voorkeur voor mesotroof water, maar die ook wel op eutrofe plekken voorkomt krijgt de score: mesotroof = 8 punten, eutroof = 2 punten. Voor de toestandsindicatie worden de relevante klassen per preferentie geselecteerd en waar nodig samengevoegd. Wordt hoog gescoord in de geselecteerde klasse, dan zegt dit iets over de omstandigheden aldaar.

Vervolgens wordt gekeken op welke locaties deze indicatoren voorkomen in het poldergebied, om zo de wateren of delen daarvan te identificeren met relatief goede milieu-omstandigheden. Hiervoor wordt per preferentie het gemiddelde aantal indicatoren per monster waargenomen sinds 2000 (de laatste 20 jaar) gebruikt. Deze trajecten zouden kunnen dienen als bron van kolonisten voor andere trajecten waar door maatregelen de omstandigheden verbeterd worden.

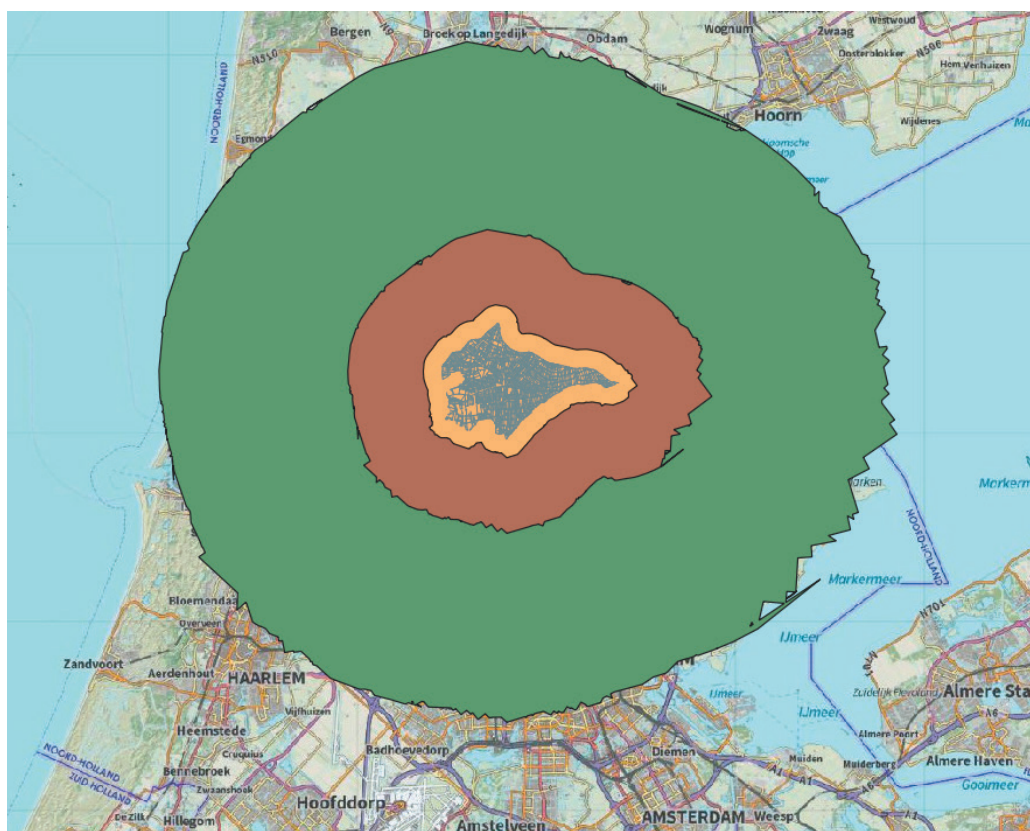
6.2.2 Wat kan hier: de potentiële doelsoorten macrofauna

Zoals gezegd spelen de meeste verplaatsingen van macrofauna zich binnen de zone van 1 kilometer ten opzichte van het water af, waarbij dieren zowel parallel aan een lijnvormig water of lateraal vanaf het water kunnen verplaatsen, bijvoorbeeld tussen een watergang en een geïsoleerd nabij gelegen plas of moeras en omgekeerd. Verplaatsingen in het water zijn het allerbelangrijkst. Verplaatsingen langs en vanaf een water vinden veelal vliegend plaats (vnl. waterinsecten), terwijl niet-insecten andere dispersiestrategieën kennen, zoals meeliften met andere organismen (mijten op insecten, bloedzuigers en slakken met watervogels etc.) of kruipen (bv. kreeften). De kans is het grootst dat de doelsoorten die al in het gebied aanwezig zijn op korte termijn wateren die door het nemen van maatregelen geschikt zijn geworden als leefgebied koloniseren. Op de iets langere termijn kunnen ook soorten die elders binnen het gebied voorkomen koloniseren. Er zijn echter ook mogelijkheden voor kolonisatie van buiten het gebied, de slagingskans hiervan hangt van veel verschillende factoren af, zoals bijvoorbeeld het landschap en de barrières hierin, de grootte van bronpopulaties die kolonisten leveren en de weersomstandigheden.

Om te bepalen welke doelsoorten niet in het gebied voorkomen maar er wel te verwachten zijn omdat ze in de aangrenzende gebieden voorkomen, worden allereerst alle monsterpunten binnen een zone van 5 km geselecteerd: zone II. Vijf km is de afstand waarbinnen nog regelmatige dispersie plaatsvindt (Sundermann *et al.* 2011) en op basis waarvan we verwachten dat wanneer de juiste omstandigheden aanwezig zijn soorten op relatief korte tot iets langere termijn deze wateren weten te bereiken. Daarnaast worden ook de monsterpunten binnen een zone van 15 kilometer geselecteerd: zone III (Fig. 6.1). Succesvolle dispersie vanuit zone III is veel minder waarschijnlijk en de kans op kolonisatie door deze soorten is dan ook een lange-termijn-proces.

FIGUUR 6.1

Dispersiecontouren macrofauna rond het Wormer en Jisperveld. Grijs is slotenstelsel, 1 km buffer (oranje), 1-5 km (bruin) en 5-15 km (groen).



In de volgende stap wordt gekeken welke additionele kenmerkende taxa en positief dominante taxa die indicatief zijn voor de watertypen die in het poldergebied voorkomen te vinden zijn binnen een straal van 1-5 kilometer en 5-15 kilometer. Dit zijn de doeltaxa die horen bij de streefbeeld en op de korte tot langere termijn. Hierbij worden alleen taxa waargenomen vanaf 2000 meegeteld. Taxa van voor 2000 zijn waarschijnlijk verdwenen uit de regio. Met de indicaties voor watertype kan afgeleid worden in welk watertype ieder taxon thuishoort.

Welke van de theoretisch te verwachten taxa daadwerkelijk zouden kunnen voorkomen in het onderzoeksgebied wordt naast bereikbaarheid (dispersiemogelijkheden, grootte bronpopulaties) gebaseerd op de te realiseren verbeteringen in de abiotiek en habitatkwaliteit. Met een analyse van de milieu- en habitatpreferenties van de taxa die op dit moment nog niet in de te herstellen polder of deel daarvan voorkomen wordt een beeld verkregen van de knelpunten en de kansen.

Waarom komt de ene indicatorsoort nu wel voor in het te herstellen water voor en de andere niet? Globaal gezien zijn er twee mogelijkheden, ten eerste dat de ontbrekende soorten het waterlichaam niet kunnen bereiken door de aanwezigheid van barrières of het ontbreken van kolonisten (zeer kleine populaties die daardoor weinig dispersie vertonen). Het vaststellen van barrières is lastig, omdat de kennis over de manier waarop en over welke afstanden aquatische organismen zich verspreiden zeer beperkt is. De afstand van enkele kilometers zou in theorie door de meeste soorten overbrugd moeten kunnen worden, maar in de praktijk lijkt deze laterale dispersie beperkt ten opzichte van de verplaatsingen binnen het poldergebied. Waarschijnlijk is ook de populatiegrootte in deze relevant: vaak worden meer indicatieve taxa relatief weinig waargenomen. Alleen herintroducties of translocaties van soorten kunnen hier meer duidelijkheid in scheppen, zoals bijvoorbeeld in 2014 op de Veluwe gebeurd is (Verdonschot *et al.* 2015).

Ten tweede speelt habitatgeschiktheid een cruciale rol; wanneer een soort het onderzoeksgebied bereikt moet er wel een geschikte plek aanwezig zijn waar deze zich kan vestigen. Echter, het vaststellen of de habitat geschikt is voor een soort vraagt of specifieke kennis van alle eisen die de soort stelt in termen van abiotische (fysisch-chemische, morfologische, hydrologische) en biotische (predatie, competitie) omstandigheden op de ruimtelijke en tijdschaal relevant voor alle levensstadia van de soort. Wat dit aspect betreft zijn er nog veel kennishiaten. Zijn er wel preferenties bekend, dan geeft dit nog slechts globale informatie over de eisen die de soorten stellen. Om vast te stellen aan welke randvoorwaarden nu niet wordt voldaan waardoor bepaalde soorten niet voorkomen zouden veel meer preferenties en traits moeten worden bekeken (en in combinatie met elkaar) om dit beter in beeld te brengen. Echter, voor veel soorten is deze informatie momenteel niet beschikbaar. Wel kan worden gekeken welke soorten vaak samen voorkomen, waaruit kan worden afgeleid dat deze soorten vergelijkbare eisen stellen aan de habitat.

6.3 VISSSEN

6.3.1 Wat is hier: de huidige vissen soortenpoule

Alle data uit bevissingen die zijn verricht in het gehele gebied binnen en buiten de reguliere waterschapsmonitoring worden verzameld. Vervolgens worden de soorten met een indicatieve waarde geselecteerd. Deze indicatieve waarde wordt afgeleid van de gilden waartoe de soorten behoren.

Ook voor vissen kunnen op basis van aantallen soorten biodiversiteitshotspots worden geduïd (zie macrofauna). Hierbij moet altijd rekening worden gehouden met de veel grotere 'home range' van vissen. Door deze grote verplaatsingen in de ruimte zegt een enkele locatie weinig over de toestand, beter is op de schaal van trajecten of watergangennetwerk te kijken. Op het moment dat alle habitatelementen die een vis nodig heeft om zijn levenscyclus te doorlopen aanwezig zijn wordt aan de milieu- en habitateisen voldaan en kan worden gesproken van volledige binding met het systeem. Soms vervult een traject of watergang juist een belangrijke rol voor een deel van de levenscyclus (paai en opgroeihabitat), bijvoorbeeld voor naar zee migrerende soorten. Het is belangrijk deze verschillen in beeld te hebben.

Vervolgens wordt op basis van de vissamenstelling de KRW-kwaliteitsscore voor de reguliere KRW monsters berekend. Voor sloten en kanalen is de vissenmaatlat opgebouwd uit de deelmaatlaten soortenrijkdom en abundantie. Deze gebruiken informatie van verschillende ecologische gilden die gekoppeld zijn aan de toestand van het systeem.

Verschillen in de visstand ten opzichte van het verleden geven de veranderingen in de tijd weer, wat informatie kan geven over potentiële knelpunten of het opheffen daarvan.

6.3.2 Wat kan hier: de potentiële doelsoorten vissen

Bij het onderzoek naar de mogelijkheden voor vissoorten in de toekomst spelen drie componenten een rol: 1.) het versterken van de populaties van de al aanwezige soorten, 2.) het stimuleren van vestiging van incidentele/zwervende soorten en 3.) het stimuleren van vestiging van ontbrekende soorten. Het versterken van populaties en het stimuleren van incidenteel voorkomende soorten wordt gebaseerd op de milieu-eisen van de betreffende soorten.

Ten opzichte van bijvoorbeeld de macrofauna-indicatoren is er zeer veel bekend over de milieu- en habitatpreferenties van vissen met betrekking tot fysisch-chemische waterkwaliteit en de eisen die gesteld worden aan de morfologie en hydrologie. De schaal (in ruimte en tijd) waarop vissen van het landschap gebruik maken is echter groot, wat betekent dat voor de meeste soorten waterlichaam en vaak zelfs meerdere gebieden overstijgend (regionaal) gekeken moet worden naar deze eisen. Beter kan gekeken worden naar de verspreidingscapaciteit en milieu-eisen van de individuele soorten en om per soort de kansen op terugkeer af te leiden. Voor een specifieke habitatanalyse voor de verschillende levensstadia van een deel van de vissoorten kan bijvoorbeeld de vissenatlas worden gebruikt.

Wat betreft ontbrekende soorten worden eveneens de beperkingen in het gebied onderzocht, echter wordt ook gekeken naar het leefgebied van de bronpopulaties en de connectiviteit tussen dit leefgebied en het onderzoeksgebied. Naast de milieu- en habitateisen is door het grote ruimtegebruik van vissen de connectiviteit binnen en tussen gebieden/hydro-

logische eenheden een cruciaal aspect bij het bepalen van de kansen voor soorten. Hierbij spelen de aanwezigheid van barrières en vispassages een grote rol. Barrières betreffen niet alleen stuwen maar ook grote ongeschikte leefgebieden zoals havens, gemalen en zwaar vervuilde trajecten.

6.4 MACROFYTEN

6.4.1 Wat is hier: de huidige macrofyten soortenpoule

Om een beeld te krijgen van de vegetatie kunnen waterschapsdata (opnamen biologische monitoring, o.a. KRW-meetpunten) en aanvullende vegetatiegegevens uit de Nationale Databank Flora en Fauna (NDFB) worden gebruikt. Het gebruik van deze combinatie is noodzakelijk om een volledig beeld te krijgen van de aanwezigheid van doelsoorten, omdat de waterschapsmonitoring vaak niet toereikend is door de beperkte gebiedsdekking en wijze van inventariseren (KRW-opnamen versus planteninventarisaties van bijv. terreinbeherende organisaties, pgo's) en de locaties die bezocht zijn (vaste meetpunten langs grotere wateren versus specifiek op de 'beste' of bekende plekken zoeken naar soorten). De waterschapsdata wordt wel als uitgangspunt gebruikt voor de analyses om de aanpak vergelijkbaar te houden met de andere organismegroepen.

Omdat gegevens vaak proefvlak-opnamen betreffen is het noodzakelijk deze op te splitsen in twee groepen: 1.) waarnemingen in het water en de oevers van de watergangen, en 2.) waarnemingen in de perceelstroken en andere wateren in de peilgebieden die op de te onderzoeken watergang afwateren. De eerste groep wordt gebruikt voor de analyse van de huidige toestand, de andere set gegevens wordt gebruikt voor de analyse van de mogelijkheden in de toekomst (bron van kolonisten). Daarnaast kunnen, zoals bij beide vorige organismegroepen, tijdsperiodes worden onderscheiden om veranderingen te duiden, bijvoorbeeld de periode voor het jaar 2000 en de periode vanaf 2000.

Vervolgens wordt een selectie gemaakt van de doelsoorten gebaseerd op de KRW-indicatoren en eventueel aangevuld met provinciale doelsoorten. Voor de indicerende plantensoorten worden een aantal milieueisen gebruikt (CBS-lijst 1987, Verdonchot *et al.* 2003). Het gaat om bijvoorbeeld een preferentie voor oligo- tot mesotrofe omstandigheden en een lage zuurgraad. Typische slootplanten bijvoorbeeld prefereren maximaal een matige voedselrijkdom en een lage tot neutrale pH.

De ecologische kwaliteit wordt berekend met behulp van de deelmaatlat soortensamenstelling waterplanten. Daarnaast wordt het gemiddeld aantal positieve indicatoren op de meetlocaties berekend en kunnen opnieuw biodiversiteitshotspots worden geïdentificeerd.

6.4.2 Wat kan hier: de potentiële doelsoorten macrofyten

Om te bepalen welke indicatieve plantensoorten nu niet (meer) in de wateren in het onderzoeksgebied voorkomen, maar wel te verwachten zijn wanneer de omstandigheden geschikt zijn, wordt gebruik gemaakt van de vegetatiegegevens uit met name uit de NDFB-database van de peilgebieden. Deze database omvat de overige wateren en natte plekken in een gebied, waaronder poelen en plassen, sloten, greppels, broekbossen, moerassen en veengebieden. Hierbij nemen we aan dat deze plekken als belangrijkste bron kunnen dienen voor de verspreiding van de indicatorsoorten en waar vandaan op relatief korte termijn door de korte afstand de soorten te verwachten zijn. Of planten zich makkelijk binnen het onderzoeksgebied kunnen verspreiden vanuit de overige wateren is overigens onduidelijk.

Planten die zich via het water verspreiden, via plantfragmenten en/of drijvende zaden, verspreiden zich alleen door te liften op de longitudinale waterbeweging. Verspreiding vanuit geïsoleerde wateren is voor dit type planten niet mogelijk. Alleen planten met zaden die via de lucht of meeliftend met dieren of maaimaterieel verplaatst kunnen worden zijn in staat zich in meerdere richtingen binnen of tussen poldergebieden te verplaatsen. Hier staat wel tegenover dat plantenzaden zich in de zaadbank in de ondergrond kunnen bevinden (afkomstig van historische vegetaties, sommige soorten hebben zaden die lang kiemkrachtig blijven) en via deze weg alsnog op plekken kunnen opduiken.

Om in beeld te krijgen welke eisen de ontbrekende indicatorsoorten stellen wordt een opsomming gemaakt van de milieu-indicaties van deze soorten.

7 VISUALISEREN VAN MULTIPLE STRESS EN DUIDEN VAN KNELPUNTEN

De toepassing van een SESA sloten en kleine kanalen begint met de invoer. De invoerfile bestaat uit een eenvoudige matrix met sloot- en kanaalsegmenten in de rijen en de in te voeren parameters in kolommen (Fig. 7.1).

FIGUUR 7.1

Screenshot van een voorbeeld SESA-matrix voor laaglandbeken.

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X | Y | AA | AB | AC | AD | AE | AF | AG | AH | AI | AJ | AK |
|----|---------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|---|-----------------------------------|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|---|--|--|-----------------------|------------------------------|----------------------|
| 1 | Naam van het (deel)stroomgebied | Typing van het (deel)stroomgebied | Segmentcode van het (deel)stroomgebied | Totaal jaarflow afwateringsgebied | Totaal jaarflow van het (deel)stroomgebied afstromend, voor afwateringsgebieden is dit de water (km ³) waartypen | Totaal jaarflow afwateringsgebied | Totaal jaarflow afwateringsgebied | Totaal jaarflow afwateringsgebied | Totaal jaarflow afwateringsgebied | Totaal jaarflow afwateringsgebied | De afvoer van grondwater via drainage middelen | De afvoer van grondwater (geen stream) die niet wordt gebogen op het kanaal, maar het | Totaal jaarflow afwateringsgebied | De afvoer van water vanuit het regionale grondwater naar de beekbodem | De afvoer van grondwater via drainage middelen | De afvoer van grondwater (geen stream) die niet wordt gebogen op het kanaal, maar het | De afvoer van grondwater via drainage middelen | De afvoer van grondwater (geen stream) die niet wordt gebogen op het kanaal, maar het | De afvoer van grondwater via drainage middelen | De afvoer van grondwater (geen stream) die niet wordt gebogen op het kanaal, maar het | De afvoer van grondwater via drainage middelen | De afvoer van grondwater (geen stream) die niet wordt gebogen op het kanaal, maar het | Aanwzigheid van toezicht van rioolwaterzuivering | overtreden | Aantal waarden in (deel)stroomgebied | Aantal waarden in (deel)stroomgebied | Aantal waarden in (deel)stroomgebied | Aantal waarden in (deel)stroomgebied | Gemiddelde water temperatuur in de beek | Hoogte punt van het beekbed en de beekaggraat | Langte van het beekbed en de beekaggraat | Leedrechtie project van het beekbed en de beek | Bestelvoor in de beek | Jaarlijkse afvoer in de beek | Zomerflow in de beek |
| 2 | 1001 Voorste Diep | Afwateringsgebied | 1001 R5 | 1002 | 6,888,036 | | | | | | -772,280 | -103,021 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 1 NA | 0 | 0 | 0 | 1 | 10.93 | 1167 | 0-20% | 2157.210923 | 60456.15109 | 10947.04 | | | |
| 3 | 1002 Voorste Diep | Afwateringsgebied | 1002 R5 | 1003 | 6,559,003 | | | | | | -742,384 | -98,385 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 0 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.93 | 729 | 0-20% | 2144.809837 | 60108.60885 | 10884.109 | | | |
| 4 | 1003 Voorste Diep | Afwateringsgebied | 1003 R5 | 1004 | 13,667,165 | | | | | | -49,302 | -3,602 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 0 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.93 | 1047 | 0-20% | 4383.573664 | 122850.292 | 22245.000 | | | |
| 5 | 1004 Voorste Diep | Afwateringsgebied | 1004 R5 | 1005 | 18,281,756 | | | | | | -772,000 | -69,219 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 3 NA | 0 | 0 | 0 | 1 | 10.93 | 6007 | 0-20% | 5814.375218 | 162948.7144 | 29505.784 | | | |
| 6 | 1005 Voorste Diep | Afwateringsgebied | 1005 R5 | 3001 | 19,352,411 | | | | | | -148,207 | -16,060 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 0 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 10.93 | 1827 | 0-20% | 6154 | 17247 | 312 | | | |
| 7 | 2001 Achterste Diep | Afwateringsgebied | 2001 R5 | 2002 | 9,681,575 | | | | | | -352,391 | -354,043 | 6,141,148 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 1 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.08 | 5139 | 0-20% | 8026.429675 | 78128.8102 | 18489.894 | | | |
| 8 | 2002 Achterste Diep | Afwateringsgebied | 2002 R5 | 2003 | 13,726,984 | | | | | | -208,571 | -192,356 | 8,262,995 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 1 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.08 | 1726 | 0-20% | 11380.24229 | 110774.6315 | 26215.825 | | | |
| 9 | 2003 Achterste Diep | Afwateringsgebied | 2003 R5 | 2004 | 17,031,825 | | | | | | -180,464 | -135,542 | 10,212,413 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 1 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.08 | 3537 | 0-20% | 14120.09387 | 137444.1911 | 32527.419 | | | |
| 10 | 2004 Achterste Diep | Afwateringsgebied | 2004 R5 | 3001 | 18,461,073 | | | | | | -73,541 | -63,923 | 11,002,432 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 0 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.08 | 1351 | 0-20% | 15305 | 148978 | 352 | | | |
| 11 | 3001 Hunze | Afwateringsgebied | 3001 R5 | 3002 | 38,431,358 | | | | | | -86,239 | -308,937 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 1 NA | 0 | 0 | 1 | 11.51 | 2255 | 0-20% | 41718.56906 | 344082.6596 | 73529.692 | | | | |
| 12 | 3002 Hunze | Afwateringsgebied | 3002 R5 | 3003 | 41,754,069 | | | | | | -491,117 | -1,656,355 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 7 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.51 | 3936 | 0-20% | 49371.90448 | 407205.8707 | 87018.967 | | | |
| 13 | 3003 Hunze | Afwateringsgebied | 3003 R5 | 3004 | 49,978,688 | | | | | | -729,012 | -2,556,060 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Aanwezig | 8 NA | 0 | 0 | 0 | 1 | 11.51 | 2891 | 0-20% | 52738.09037 | 434968.476 | 92951.787 | | | |
| 14 | 3004 Hunze | Afwateringsgebied | 3004 R5 | 3005 | 53,464,857 | | | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 1 NA | 0 | 2 | 0 | 0 | 11.51 | 5164 | 0-20% | 53252.90657 | 439214.5307 | 93859.159 | | | |
| 15 | 3005 Hunze | Afwateringsgebied | 3005 R5 | 3006 | 53,464,857 | | | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 0 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.51 | 2750 | 0-20% | 53252.90657 | 439214.5307 | 93859.159 | | | |
| 16 | 3006 Hunze | Afwateringsgebied | 3006 R5 | 3007 | 56,202,357 | | | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 2 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.51 | 8219 | 0-20% | 56223 | 463711 | 990 | | | |
| 17 | 3007 Hunze | Afwateringsgebied | 3007 R5 | | 56,202,357 | | | | | | 0 | 0 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 1 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | 11.51 | 655 | 0-20% | 56223 | 463711 | 990 | | | |
| 18 | 4001 De Beek | Zijbeek | 4001 R5 | 5004 | | | | | | | | -52,293 | 0 | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 1 NA | 1 | 0 | 0 | 0 | 11.6 | 3316 | 0-20% | | | | | | |
| 19 | 5001 Leiding 2 | | 5001 M6 | 5002 | | | | | | | | 12,903,087 | | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 5 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | | 7328 | | | | | | | |
| 20 | 5002 Leiding 2 | | 5002 M6 | 5003 | | | | | | | | 12,903,087 | | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 6 NA | 1 | 0 | 0 | 0 | | 2624 | | | | | | | |
| 21 | 5003 Leiding 2 | | 5003 M6 | | | | | | | | | 26,645,000 | | | | | | | zie apart bestand | zie apart bestand | Afwezig | 9 NA | 0 | 0 | 0 | 0 | | 4474 | | | | | | | |

SESA maakt berekeningen van de abiotische stress. De scores uit de abiotische analyse van multiple stress kunnen ruimtelijk worden weergegeven op een kaart. De EKR-scores op basis van de verschillende biologische groepen (macrofauna, planten, vissen) kunnen eveneens op kaart worden aangegeven. Beide kaarten kunnen dan, als validatiestap, plekgewijs worden vergeleken om te zien of de resultaten passend zijn. Voor een meer gedetailleerde validatie van de (individuele) stressoren, of groepen daarvan, wordt gebruik gemaakt van de biotiek, bijvoorbeeld door de stressorwaarden te vergelijken met de indicaties van de indicatieve soorten of soortgroepen met een fictief voorbeeld (Fig. 7.2) en een voorbeeld van het Wormer-Jisperveld (Fig. 7.3).

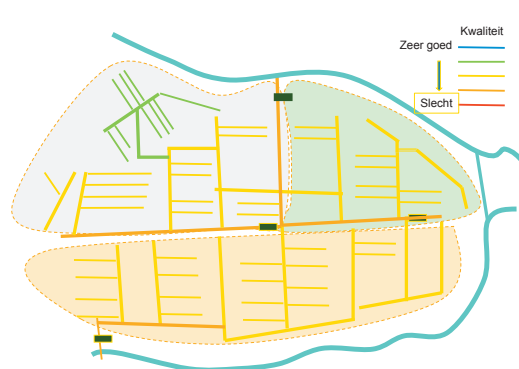
FIGUUR 7.2A

Voorbeeld van een fictief sloten en kanalen netwerk met in kleur de totale berekende stress-score.



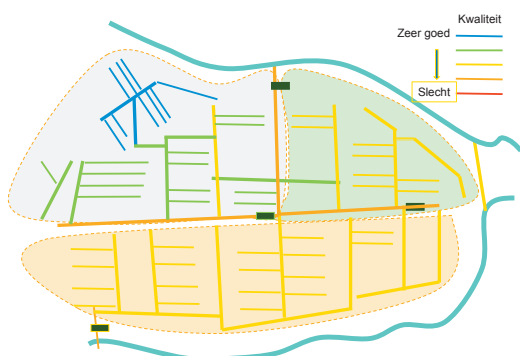
FIGUUR 7.2B

Voorbeeld van een fictief sloten en kanalen netwerk met in kleur de berekende hydrologische stress-score.



FIGUUR 7.2C

Voorbeeld van een fictief sloten en kanalen netwerk met in kleur de berekende morfologische stress-score.



FIGUUR 7.2D

Voorbeeld van een fictief sloten en kanalen netwerk met in kleur de berekende chemische stress-score.



FIGUUR 7.2E

Voorbeeld van een fictief sloten en kanalen netwerk met in kleur de berekende biologische EKR-score.

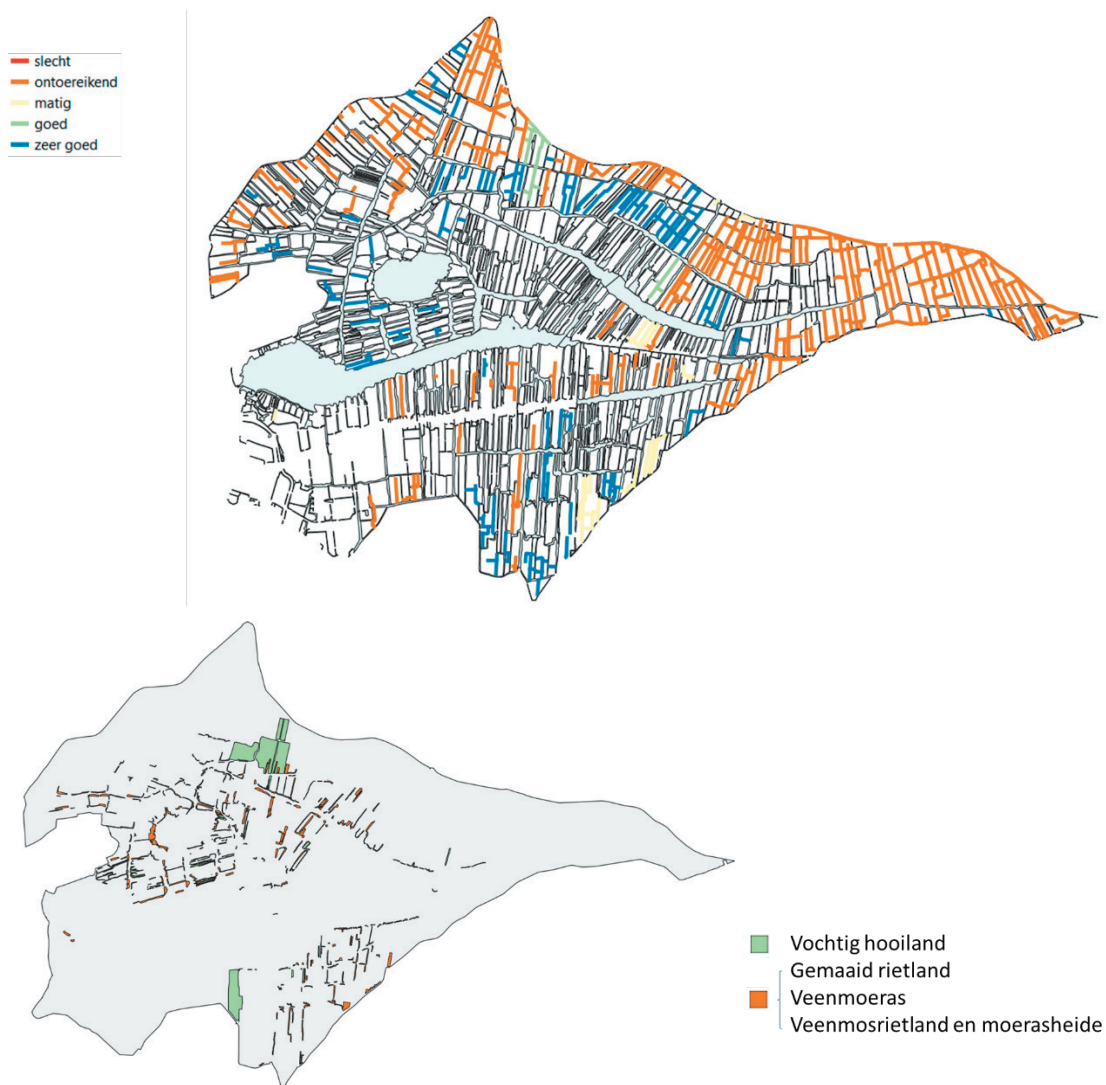


Met de kaart met multiple stress-scores kunnen de specifieke knelpunten worden gevonden door de berekening achter de stresscores per peilgebied en per stressorgroep (zie Figuren 7.2A-D) te bekijken en de oorsprong van de stress-score te identificeren. Deze oorzaken kunnen ook visueel inzichtelijk worden gemaakt door de afzonderlijke bijdragen van ieder van de stressoren en peilgebieden ruimtelijk weer te geven.

Vervolgens kunnen maatregelpakketten worden opgesteld om de probleemgebieden aan te pakken.

FIGUUR 7.3

Diffuse chemische stress (boven) en terrestrische natuurdoeltypen (onder) in het Wormer en Jisperveld. Door de informatie uit beide bronnen te combineren kan een validatie worden uitgevoerd van de kwaliteitsinschatting.



►► 8 HET KIEZEN VAN MAATREGELPAKKETTEN (SCENARIO-ANALYSE)

8.1 INDIVIDUELE MAATREGELLEN

8.1.1 Hydrologische maatregelen

Vasthouden van water door de aanleg van (bijvoorbeeld) brede, ondiepe, natuurvriendelijke oeverzones (berging). Bij maatregelen ter bestrijding van de verdroging kan onderscheid worden gemaakt tussen interne en externe maatregelen.

Interne maatregelen

- Hoger peil in de winter waardoor er minder fosfaatmobilisatie optreedt en oeverplanten zich kunnen vestigen.
- Peiloptimalisatie afgestemd op de meest kwetsbare functie in het peilvak (vaak natuur) of inrichten apart peilvak.

Externe maatregelen

- Hoogwaterzone of hydrologische bufferzone rondom polder/peilvak om wegzijging tegen te gaan.
- Kwelscherm, bijvoorbeeld tussen een natuurgebied en dieper gelegen landbouwgebied om weglekken uit het natuurgebied te verminderen.

8.1.2 Morfologische maatregelen

Twee belangrijke morfologische maatregelen zijn:

- Aanleg van land-water overgangen
- Verwijderen van een voedselrijke sliblaag

8.1.3 Maatregelen chemische waterkwaliteit

Potentiële maatregelen om de chemische waterkwaliteit te verbeteren zijn:

- Beëindigen van de inlaat van voedselrijk water uit de boezem of andere voedselrijke wateren.
- Waterstand verhogen, waardoor de mineralisatie van de veenbodem afneemt.
- Stoppen van lozingen van ongezuiverd afvalwater van woningen en gebouwen.
- Verspreide bebouwing/boerderijen voorzien van een septic tank.
- Voorkomen van afspoeling van mest van het vee nabij oppervlaktewater.
- Wegvangen van vis om vertroebeling van het water tegen te gaan.
- Reguleren overbesteding door vogels door isolatie van de kolonies (bijvoorbeeld aalscholvers en reigers of door regulatie graas en slaapplekken (eenden, ganzen).
- Voorzuiveren van vervuild water (helofytenfilter, moeras) of water betrekken van elders (schoon kwelwater of regenwater).

8.2 MAATREGELSCENARIO'S

De methode voor het in kaart brengen van multiple stress in de huidige situatie kan ook worden gebruikt om de effecten van maatregelscenario's in beeld te brengen. De scenario's kunnen de ideale situatie, enkele poldergebied-dekkende maatregelen of combinaties van maatregelen bevatten.

Maatregelpakketten kunnen in scenario's worden samengevat zoals:

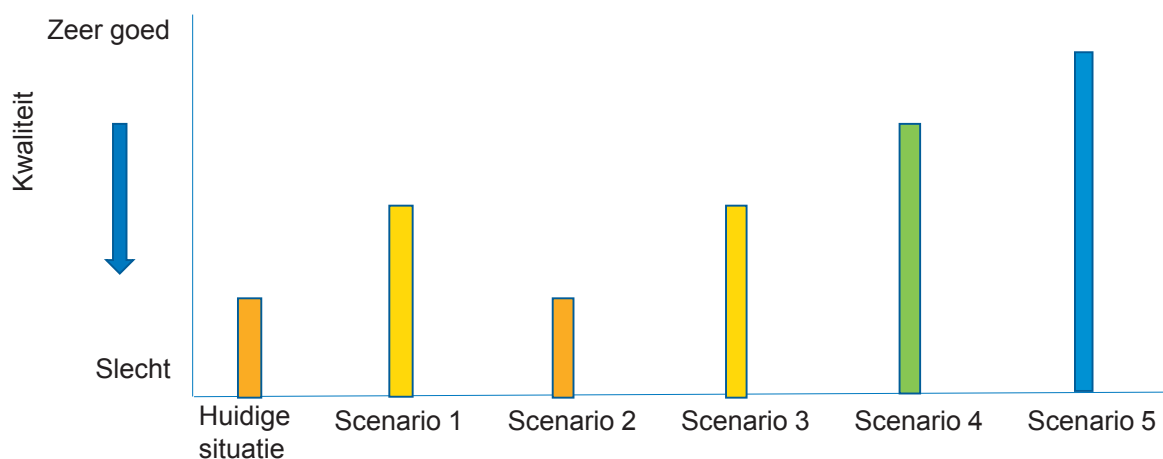
- Scenario 1: Mestgift terugbrengen naar evenwichtsbemesting.
- Scenario 2: Verminderen van nutriëntengift en bestrijdingsmiddelen.
- Scenario 3: Verminderen giften nutriënten en bestrijdingsmiddelen en verbreden land-water overgang.
- Scenario 4: Scenario 3 plus het water vast houden.
- Scenario 5: Stoppen giften nutriënten en bestrijdingsmiddelen, verbreden land-water overgang en natuurlijk peil instellen.

Dergelijke scenario's leiden ieder tot een berekening van de verschillende stressoren. De SESA-modelaanpassingen worden gedaan in de scores voor de stressoren die door ieder van de geselecteerde maatregelen wijzigen en in de gebieden die door de betreffende maatregel(en) worden beïnvloed. Er wordt bij de berekeningen uitgegaan van een optimale effectiviteit op het moment van de effectbepaling.

De berekend totale stress per scenario wordt vervolgens t.o.v. elkaar grafisch weergegeven (Fig. 8.1).

FIGUUR 8.1

Resultaten van scenario-berekeningen uitgedrukt voor de berekende totale stress.



Voor elk scenario kan vervolgens de berekende ruimtelijke verdeling van multiple stressorscores worden weergegeven en vergeleken met de huidige situatie. De klassegrenzen geven daarbij de relatieve intensiteit van de stress en kunnen worden uitgedrukt als een gestandaardiseerde "EKR"-score.

▶▶ 9 INFORMATIEBRONNEN

Bronnen van informatie voor de SESA sloten en kleine kanalen kunnen onder andere zijn:

Hydrologie en morfologie

- Droogleggingskaart (bepaald hydrologie en veenafbraak, maar hangt ook samen met bodem- en landgebruik)
- Legger
- Hoogtekaart (AHN)
- Bodemkaart

Difuse en puntbronnen

- BRP perceelsinventarisatie
- NNI info mest, bodemafbraak, sulfaat, ijzer
- Landgebruikskaart (LGN)
- Mestboekhoudinggegevens zouden iets kunnen zeggen over bemestingsniveaus (evt. beschikbaar vanuit IVM)

Biologie

- Biologische monitoringsdata waterschappen
- NDFF data

►► LITERATUUR

- Beers P.W.M. van & Verdonschot P.F.M. (2000): Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 4, Brakke binnenwateren. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Rapport AS-04, EC-LNV. Alterra, Wageningen. 80 pp.
- Blann, K. L., Anderson, J. L., Sands, G. R., & Vondracek, B. (2009). Effects of agricultural drainage on aquatic ecosystems: a review. *Critical reviews in environmental science and technology*, 39(11), 909-1001.
- Bloemendaal F. & Roelofs, J. G. M. (1988). Waterplanten en waterkwaliteit. F. H. J. L. Bloemendaal (Ed.). Utrecht: Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.
- Boumans, L., Fraters, D., & Van Drecht, G. (2004). Nitrate leaching by atmospheric N deposition to upper groundwater in the sandy regions of the Netherlands in 1990. *Environmental monitoring and assessment*, 93(1-3), 1-15.
- CBS (1987). Botanisch basisregister. CBS Voorburg/Heerlen.
- De Koeijer, T. J. & Wossink, G. A. A. (1990). Emissies van meststoffen en bestrijdingsmiddelen in de akkerbouw. Landbouwuniversiteit.
- de Snoo, G. R., & Vijver, M. G. (2012). Bestrijdingsmiddelen en waterkwaliteit. Universiteit Leiden, Centrum voor Milieuwetenschappen (CML).
- dos Reis Oliveira, P. C., Kraak, M. H., van der Geest, H. G., Naranjo, S., & Verdonschot, P. F. (2018). Sediment composition mediated land use effects on lowland streams ecosystems. *Science of the Total Environment*, 631, 459-468.
- Drewry, J. J., Newham, L. T. H., Greene, R. S. B., Jakeman, A. J. & Croke, B. F. W. (2006). A review of nitrogen and phosphorus export to waterways: Context for catchment modelling. *Marine and Freshwater Research*. <https://doi.org/10.1071/MF05166>
- Groenendijk, P., van Boekel, E., Renaud, L., Greijdanus, A., Michels, R., & de Koeijer, T. (2016). Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren: het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit-en afspoeling uit landbouwgronden (No. 2749). Wageningen Environmental Research.
- Groenendijk, P., van Boekel, E., Renaud, L., Greijdanus, A., Michels, R., & de Koeijer, T. (2016). Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren: het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit-en afspoeling uit landbouwgronden (No. 2749). Wageningen Environmental Research.
- Higler, B. (2000). Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 7, laagveenwateren; achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland' (No. AS-07). EC-LNV.
- Jaarsma N.G. & Verdonschot P.F.M. (2000): Biodiversiteit van wateren in Flevoland. Wageningen, Alterra, (2000): Alterra rapport 034, Wageningen. 105 pp.
- Jaarsma N.G. & Verdonschot P.F.M. (2000): Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 5. Poelen. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Rapport AS-05, EC-LNV. Alterra, Wageningen. 59 pp.
- Jaarsma N.G. & Verdonschot P.F.M. (2000): Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 8. Wingaten. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Rapport AS-08, EC-LNV. Alterra, Wageningen. 63 pp.
- Jaarsma N.G. & Verdonschot P.F.M. (2000): Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 10. Regionale kanalen. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Rapport AS-10, EC-LNV. Alterra, Wageningen. 59 pp.
- Janssen S.N., Verdonschot P.F.M. & Arts G.H.P. (1998): Typologie van zoete duinwateren gebaseerd op macrofauna, macrofyten, diatomeeën en milieuvariabelen. IBN rapport 390. 200 pp.
- Kruijne, R. (1997). Perceelonderzoek naar het effect van beekbegeleidende bufferstroken op de stikstof- en fosforbelasting van de Mosbeek.
- Niemeyer, M., Niemeyer, T., Fottner, S., Härdtle, W., & Mohamed, A. (2007). Impact of sod-cutting and choppering on nutrient budgets of dry heathlands. *Biological Conservation*, 134(3), 344-353.

- Nijboer R.C. & Verdonschot P.F.M. (1997): Habitatsystemen als graadmeter voor natuur in de zoete rijkswateren. Natuurverkenningen '97, Achtergronddocument 2B, Informatie- en KennisCentrum Natuurbeheer, Wageningen. 148 pp.
- Nijboer, R. C. (2000). Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 6, sloten; achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland' (No. AS-06). EC-LNV.
- Nijboer, R. C. (2000). Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren deel 6, sloten; achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland' (No. AS-06). EC-LNV.
- Nijboer, R. C., Verdonschot, P. F. M., & van den Hoorn, M. W. (2003). Macrofauna en vegetatie van de Nederlandse sloten; een aanzet tot beoordeling van de ecologische toestand. Alterra, Wageningen. Rapport nr. 688.
- Peeters, E.T.H.M., Veraart, A.J., Verdonschot, R.C.M., van Zuidam, J.P., de Klein, J.J.M., Verdonschot, P.F.M. (2014) Sloten; ecologisch functioneren en beheer. KNNV Uitgeverij, Zeist. 155 p.
- Pieterse, N. M., Bleuten, W., & Jørgensen, S. E. (2003). Contribution of point sources and diffuse sources to nitrogen and phosphorus loads in lowland river tributaries. *Journal of Hydrology*, 271(1-4), 213-225. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00350-5](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00350-5)
- Römkens, P. F. A. M., Bonten, L. T. C., Rietra, R. P. J. J., Groenenberg, J. E., Plette, A. C. C., & Bril, J. (2003). Uitspoeling van zware metalen uit landbouwgronden; schatting van de bijdrage van uitspoeling uit landbouwgronden aan de belasting van het oppervlaktewater: modelaanpak en resultaten (No. 2003.018). Alterra.
- Schipper, P., van Gerven, L., van Boekel, E., Renaud, L., & Ros, G. (2019). Herkomst Nutriënten in het landelijk gebied van Schieland (No. 2969). Wageningen Environmental Research.
- Schoumans, O. F., Roelsma, J., Oosterom, H. P., Groenendijk, P., Wolf, J., Van Zeijts, H., ... & Van der Meer, H. G. (2002). Nutriëntenemissie vanuit landbouwgronden naar het grondwater en oppervlaktewater bij varianten van verliesnormen; modelberekeningen met STONE 2.0; clusterrapport 4: deel 1 (No. 552). Alterra.
- Schoumans, O. F., Willems, J., & van Duinhoven, G. (2008). 30 Vragen en antwoorden over fosfaat in relatie tot landbouw en milieu. Alterra.
- STOWA (2003). Diffuse belasting van oppervlaktewater met nutriënten uit de veehouderij (DOVE): grasland op zand. STOWA, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer.
- Sundermann, A., Stoll, S., Haase, P. (2011) River restoration success depends on the species pool of the immediate surroundings. *Ecological Applications* 21:1962-1971.
- van Boekel, E. M. P. M., Bogaart, P. W., van Gerven, L. P. A., van Hattum, T., Kselik, R. A. L., Massop, H. T. L., ... & van der Bolt, F. J. E. (2013). Evaluatie landbouw en KRW: evaluatie meststoffenwet 2012: deelrapport ex post (No. 2326). Alterra.
- van Boekel, E. M. P. M., Groenendijk, P., & Renaud, L. V. (2016). Bronnen van nutriënten in het oppervlaktewater in het beheergebied van Wetterskip Fryslân: studie naar de herkomst en beïnvloedbaarheid van stikstof en fosfor in het oppervlaktewater voor zes polders in het beheergebied van Wetterskip Fryslân (No. 2727). Alterra, Wageningen-UR.
- van Boekel, E. M. P. M., Roelsma, J., Massop, H. T. L., Mulder, H. M., Jansen, P. C., Renaud, L. V., ... & Schipper, P. N. M. (2015). Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK: Hoofdrapport: Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water-en nutriëntenbalansen voor het beheergebied van HHNK (No. 2475). Alterra, Wageningen-UR.
- van Boekel, E. M. P. M., Roelsma, J., Massop, H. T. L., Mulder, H. M., Jansen, P. C., Renaud, L. V., & Hendriks, R. F. A. (2014). Achtergrondconcentraties in het oppervlaktewater van HHNK: Deelrapport 26: Analyse achtergrondconcentraties voor stikstof en fosfor op basis van water-en nutriëntenbalansen voor deelgebied Anna Paulownapolder Laag (No. 2475.26). Alterra, Wageningen-UR.
- Van der Bolt, F. J. E., Schoumans, O. F., van Boekel, E. M. P. M., Bogaart, P. W., Broers, H. P., Grift, B., ... & van Tol-Leenders, T. P. (2012). Ontwikkeling van de bodem-en waterkwaliteit: evaluatie Meststoffenwet 2012: eindrapport ex-post (No. 2318). Alterra, Wageningen-UR.
- Verberk, W. C. E. P., Verdonschot, P. F. M., van Haaren, T., van Maanen, B. (2012). Milieu- en habitatpreferenties van Nederlandse zoetwatermacrofauna. WEW Themanummer 23, Van de Garde-Jémé, Eindhoven. 32 pp.

- Verdonschot P.F.M. & Verdonschot R.C.M. (2021). Ecologische systeembenadering en ecologische systeemanalyse. Rapport Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 129 pp.
- Verdonschot P.F.M. & Verdonschot R.C.M. (2021). Stroomgebiedsbrede Ecologische SysteemAnalyse van het stroomgebied van de Groote Molenbeek. Notitie Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen
- Verdonschot, P. F. M. (1983). Ecologische karakterisering van oppervlaktewater in Overijssel. H2O 16: 574-579.
- Verdonschot, P. F. M., Nijboer, R. C., Higler, L. W. G., & van den Hoek, T. H. (2003). Selectie van indicatoren voor oppervlaktewateren; invulling van indicatieve macrofauna, macrofyten en vissen voor Kaderrichtlijn Water typen (No. 865). Alterra.
- Verdonschot, P.F.M. & Jansen S.N. (2000): Natuurlijke levensgemeenschappen van de Nederlandse binnenwateren. Deel 12. Zoete duinwateren. Achtergronddocument bij het 'Handboek Natuurdoeltypen in Nederland'. Rapport AS-12, EC-LNV. Alterra, Wageningen. 78 pp.
- Verdonschot, P.F.M., Verdonschot, R.C.M., Besse-Lototskaya, A (2015) ESF stromende wateren en stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse. H2O online 27 augustus 2015. 6 p.
- Verdonschot, R. C. M., van Oosten-Siedlecka, A. M., Ter Braak, C. J. F. & Verdonschot, P.F.M. (2015). Macroinvertebrate survival during cessation of flow and streambed drying in a lowland stream. *Freshwater Biology* 60(2): 282-296.
- Vermaat, J. E., Harmsen, J., Hellman, F. A., Geest, H. van der., Klein, J. J. M. de, Konsten, S., Smolders, A. J. P., Verhoeven, J. T. A., Mes, R.G. & Ouboter, M. (2013). Sulfaatbronnen in het Hollandse veenlandschap. *Landschap: tijdschrift voor Landschapsecologie en Milieukunde*, 30(1), 4-13.
- Willems, W., Beusen, A. H. W., Renaud, L. V., Luesink, H. H., Conijn, J. G., Oosterom, H., Schoumans, O. F. (2005). Nutriëntenbelasting van bodem en water - Verkenning van de gevolgen van het nieuwe mestbeleid. Bilthoven.



Kennisimpuls
WATERKWALITEIT