

Van Slimmer meten en meer weten, naar kosteneffectieve maatregelen en een betere waterkwaliteit



Versie	6, zonder bedragen 16 januari 2022
Opstellers	STOWA, projectteam EBEO, Bas van der Wal

0 Inhoud

1	De aanleiding voor het project	3
2	Hoe monitoren we nu en wat zijn daarvan de tekortkomingen?.....	4
2.1	Beperkte beoordeling van de ecologische toestand.....	4
2.2	Beperkte beoordeling van de chemische toestand	4
2.3	Beperkte kijk op de werkelijkheid	4
2.4	Hoge kosten.....	5
2.5	Zeer beperkte diagnostische waarde	5
2.6	Beperkte waarde voor (beleidsmatige) communicatie.....	5
3	Een revisie van de ecologische monitoring- en beoordelingssystematiek.....	6
3.1	...Voor toestand- en trendmonitoring.....	6
3.2	...En voor operationele monitoring: diagnostiek	7
3.2.1	EBEO plus sleutelfactoren: sterke diagnostische combinatie.....	7
3.2.2	Hoe verhouden EBEO en de sleutelfactorensystematiek zich tot SESA?	8
3.3	...Dat aansluit bij andere beleidsterreinen	9
3.4	...Dat kosteneffectiever is	9
3.5	...Dat gebruik maakt van de nieuwste kennis, inzichten en methodieken.....	9
3.6	...Dat voldoet aan belangrijke randvoorwaarden	10
4	De aanpak: hoe gaan we het doen?.....	10
4.1	Algemeen.....	10

4.2	Expertsessies	11
4.3	Gebiedsgerichte pilots	11
4.4	Risicoanalyse & risicobeheersing.....	12
4.5	Organisatie	12
4.6	Communicatie en omgevingsmanagement	13
4.7	Planning.....	14
5	Voorbeelden	15
5.1	Voorbeeld waterplanten.....	15
5.2	Voorbeeld macrofauna	17
5.3	Voorbeeld vissen	18
5.4	Voorbeeld toxiciteit	20
6	Kosten	22
BIJLAGEN		24
Bijlage 1. EBEOSYS 2.0: Meerwaarde van gebruik biologische monitoringsgegevens voor het waterbeheer		25
Bijlage 2. Notitie indicatiewaarden macrofauna in relatie tot diagnostische beoordeling ecologische waterkwaliteit		29
Bijlage 3. Achtergrond eDNA metabarcoding vissen waterkwaliteit.....		34

1 De aanleiding voor het project

In 2000 werd de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht. De KRW beoogt een duurzame bescherming van onze aquatische ecosystemen en watervoorraden. Om te achterhalen hoe de ecologische toestand van wateren precies was en hoe die zich ontwikkelde, werd in Nederland een nieuw beoordelingssysteem ontwikkeld.

De beoordeling in dit systeem vindt plaats aan de hand van maatlatten. Deze geven een zogenoemde EKR-score (Ecologische KwaliteitsRatio) voor de soortensamenstelling en abundantie (hoeveelheden) van vier groepen planten en dieren: vissen, waterplanten, algen en macrofauna. Dit worden de kwaliteitselementen genoemd. De maatlatten verschillen per watertype (uiteenlopende typen stromende en stilstaande wateren), omdat de meeste soorten niet in alle typen wateren even sterk vertegenwoordigd zijn en ze heel verschillende indicaties over de kwaliteit geven.

De huidige KRW-maatlatten, ontwikkeld in de periode 2003-2005, kwamen in verschillende expertsessies tot stand. De basis vormde het toenmalige begrip van alle aquatische ecosystemen die we in Nederland hebben, en de visie op biologische beoordeling zoals die destijds bestond. De maatlatten zijn inmiddels dus bijna 20 jaar oud. De kennis erachter is vaak nog veel ouder.

Sinds de implementatie van de KRW en de invoering van de KRW-maatlatten hebben Nederlandse waterbeheerders gemonitord volgens de richtlijnen die parallel aan de maatlatten zijn opgesteld, zoals het [Protocol Toetsen en Beoordelen](#) en het [Handboek Hydrobiologie](#). Dat heeft niet alleen geleid tot veel nieuwe gegevens, maar ook tot het opdoen van veel ervaringskennis. Daarnaast zijn er in de afgelopen jaren nieuwe monitoringtechnieken ontwikkeld (denk aan environmental DNA of eDNA). De opgedane kennis, inzichten en ervaringen, alsook de nieuw ontwikkelde technieken bieden een uitgelezen kans de ecologische waterkwaliteit en hoe deze te verbeteren op een effectiever en efficiënter in beeld te brengen dan we nu doen.

Het van kracht worden van de tweede fase van de KRW (na 2027) is tegelijkertijd een goede aanleiding de maatlatten en de wijze van monitoren te evalueren en te moderniseren. STOWA is bereid hierin het voortouw te nemen. Uiteraard alleen als dat met instemming gebeurt van waterbeheerders, provincies en rijk. Het resultaat moet vanzelfsprekend blijven voldoen aan de rapportageverplichtingen van de KRW over de actuele toestand van de Nederlandse oppervlaktewateren.

In dit projectplan gaan we eerst dieper op de huidige wijze van monitoring en de tekortkomingen ervan. Daarna presenteren we het idee voor een aangepaste systematiek van monitoren en beoordelen, inclusief de voordelen ervan, en beschrijven we de activiteiten die uitgevoerd moeten worden om de aanpassingen te realiseren. In een aparte paragraaf is een eerste, globale, indicatie gegeven van de kosten. Tot slot laten we aan de hand van voorbeelden zien wat de meerwaarde is van een aangepaste manier van monitoring en analyse (diagnosticeren) zoals we die voor ons zien.

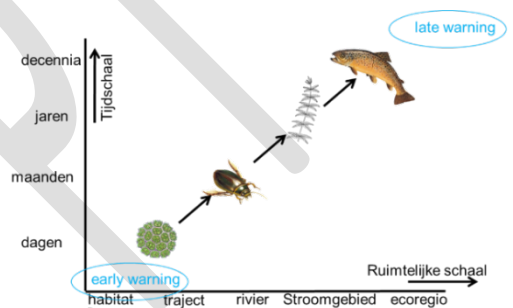
2 Hoe monitoren we nu en wat zijn daarvan de tekortkomingen?

In dit hoofdstuk leest u hoe Nederland op dit moment de ecologische waterkwaliteit monitort en wat daarvan de tekortkomingen zijn. De huidige wijze van monitoring geeft een oordeel over de biologische toestand (het waterleven) en de chemische toestand, die voorwaardelijk is voor een goede ecologische toestand. Samen geven ze een oordeel over de ecologie.

2.1 Beperkte beoordeling van de ecologische toestand

De monitoring van de biologie vindt plaats voor de vier verplichte biologische kwaliteitselementen: algen, macrofauna, waterplanten en vissen. Een logische, maar wel beperkte keuze. Andere indicatieve organismegroepen, zoals zoöplankton, zijn niet opgenomen. Er zijn gebruikers die aangeven dat de uitkomst van de *biologische bemonstering* op een locatie overeen komt met hun expert-oordeel over dat monsterpunt en daardoor een goede indruk geeft van de toestand. Maar er zijn ook deskundigen die dat betwijfelen.

Anders is dat voor de '*ecologie-ondersteunende parameters*', zoals de nutriënten, pH en zuurstofgehalten. Het voert te ver om uitgebreid in te gaan op de redenen daarvan. Maar in algemene zin kan worden gezegd dat voor het ecosysteem niet de (nu) gemeten concentraties aan nutriënten, maar juist de vrachten (belastingen) belangrijk zijn, en dat de andere parameters zoals zuurstof vaak te zeer variëren op soms zeer kleine tijd- en ruimteschaal. Ook wordt geen informatie gegeven over de hydromorfologie (de structuur van een water), terwijl dit soms een bepalende factor is voor de ecosysteemkwaliteit. Denk aan stromingspatronen en onderwaterstructuur.



2.2 Beperkte beoordeling van de chemische toestand

Bij de beoordeling van de *chemische kwaliteit* (de zogenoemde prioritaire stoffen en stroomgebiedrelevante stoffen) geldt dat er op dit ogenblik erg weinig stoffen genormeerd zijn (minder dan 0,1 %), dat er stof-voor-stofbeoordeling plaatsvindt, en dat daarbij het 'one-out-all-out-principe' gehanteerd wordt. We hebben daardoor nu slechts een beperkt inzicht in de druk en bijbehorende effecten die alle toxische stoffen gezamenlijk en in samenspel met elkaar hebben op de ecologische waterkwaliteit. Dergelijk inzicht is nodig om te kunnen bepalen welke maatregelen we kunnen nemen om die druk te verminderen. En dat is van groot belang aangezien uit internationaal onderzoek is gebleken dat chemische verontreiniging, naast overbemesting en een onnatuurlijke hydrologie, de belangrijkste sta-in-de-weg is om de KRW-doelen te halen. Overigens komt hier wel verandering in. De mede in het kader van de Kennisimpuls Waterkwaliteit (door)ontwikkelde [Sleutelfactor Toxiciteit](#) is een instrument waarmee waterbeheerders inzicht kunnen krijgen in de toxische druk van (mengsels van) chemische stoffen op het watersysteem. Het geeft ook handvatten voor maatregelen om deze druk te verminderen.

2.3 Beperkte kijk op de werkelijkheid

Nederland voldoet op dit moment administratief aan de monitoringseisen en rapportage verplichtingen van de KRW. De huidige wijze van monitoring levert gekleurde kaarten, klassenindelingen en tabellen. Maar of het beeld dat op basis van het beperkte aantal

organismegroepen en monitoringlocaties wordt verkregen, geheel overeenkomt met de werkelijkheid, valt - zoals hiervoor geschetst - te betwijfelen.

In de huidige wijze van monitoring worden de uitkomsten van een bemonstering op één locatie vanuit oogpunt van kosten veelal vertaald naar een heel gebied (bijvoorbeeld een waterlichaam). Dit is een hachelijke zaak. De voor de biologie belangrijke omstandigheden zullen binnen een waterlichaam vaak in belangrijke mate verschillen. Dergelijke verschillen worden onder andere veroorzaakt door beperkingen in morfologische omstandigheden en door verschillen in landgebruik. Ook het vertalen van de uitkomsten van één moment naar een periode is discutabel. Alleen al de verschillen in weercondities kunnen leiden tot een onjuist beeld van een trend.

2.4 Hoge kosten

De hoge kosten van biologische bemonstering zijn de reden dat veel kwaliteitselementen slechts op een beperkt aantal locaties binnen een waterlichaam worden onderzocht (zie boven). In een aantal gevallen wordt dit maar eens in de vier of zes jaar uitgevoerd. Dit is te weinig voor een goed inzicht in ecosysteemfunctioneren en voor het verkrijgen van inzicht in waterkwaliteitsbepalende processen en daarmee te nemen maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit.

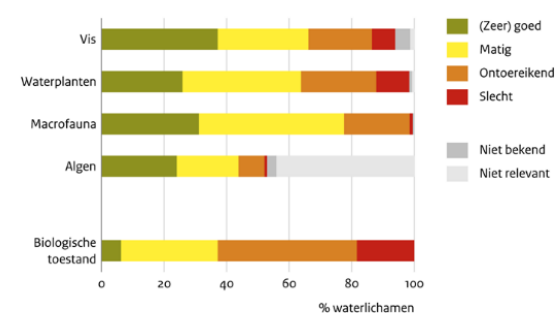
2.5 Zeer beperkte diagnostische waarde

De huidige wijze van monitoring richt zich vooral op het in beeld brengen van de actuele ecologische toestand. De maatlaten zijn niet of nauwelijks geschikt voor het analyseren van de oorzaak daarvan. Daarmee worden de gelden die gemoeid zijn met monitoring, inefficiënt en ineffectief ingezet. De monitoring verschaft namelijk weinig inzicht in trends, de achterliggende oorzaken van waterkwaliteitsproblemen en de effecten van de door waterbeheerders genomen maatregelen. Deze diagnostische informatie geeft juist handvatten voor kosteneffectieve verbetermaatregelen.

2.6 Beperkte waarde voor (beleidsmatige) communicatie

De resultaten van de huidige KRW-monitoring worden veelal vertaald in een 'ecologische kwaliteitsratio' (EKR-score), toebedeeld aan vier klassen (zie illustratie). De EKR is een abstract getal tussen de 0 en de 1, een getal dat weinig communicatieve waarde heeft. Een bestuurder of beleidsmaker zegt het waarschijnlijk niet veel. De EKR geeft daarbij ook niet aan wat het verschil is tussen het doel en de actuele toestand, dus wat precies de opgave is. Hetzelfde geldt min of meer ook voor de toedeling van de EKR aan een waterkwaliteitsklasse en het uitdrukken daarvan in een kleur.

Biologische kwaliteit van oppervlaktewater volgens Kaderrichtlijn Water, 2019



Bron: IHW (Waterschappen, RWS); bewerking PBL

PBL/julzo
www.do.nl/nh42004

De indeling in een beperkt aantal klassen is ook vrij grof en brengt meer subtiele veranderingen in waterkwaliteit binnen een klasse niet in beeld. Vooral in de meest voorkomende klassen 'matig' en 'ontoereikend' (voor de biologische toestand in ca. 70% van de waterlichamen) is dit een gemis, want juist binnen deze klassen vindt als resultaat van uitgevoerde herstelmaatregelen wel degelijk vooruitgang plaats. De indeling doet dus geen recht aan de inspanningen van waterkwaliteitsbeheerders en de bereikte resultaten en draagt voor mensen in het beleid en de politiek niet de gewenste informatie aan.

Bij de rapportage over chemische stoffen worden slechts twee klassen worden gehanteerd: 'voldoet' of 'voldoet niet'. Dit geeft alleen inzicht in het verloop van de concentraties van een beperkt aantal individuele stoffen; er is geen beeld van het gezamenlijk effect van alle aanwezige stoffen tezamen (de zogenoemde toxische druk). Dit, gevoegd bij het *'one-out-all-out-principe'*, voorziet het beleid en de politiek niet van de meest inzichtgevende informatie.

Tot slot: waterbeheerders en het Rijk geven op dit ogenblik veel geld uit om de stand van zaken rond het bereiken van de KRW-doelen in beeld te brengen. Maar de beleidsboodschap vanuit het ministerie is iedere keer dat we de doelen niet halen en dat in het beste geval veel van onze wateren 'matig' zijn. Wat onderbelicht blijft, en met deze vorm van monitoring ook lastig is te onderbouwen, is het feit dat de waterschappen en het Rijk wel degelijk veel energie en geld steken in het behalen van de doelen, dat er wel degelijk sprake is van verbetering. Maar ook dat veel wateren vaak op slechts enkele parameters onder de maat scoren.

De beleidsmatige boodschap 'we halen het niet' is een lastige boodschap, terwijl de zaak in veel gevallen genuanceerder ligt. Het zou naar onze mening beleidsmatig veel beter zijn als we aan kunnen geven voor welke parameter we niet voldoen en welke zaken wel op orde zijn. Dat geeft ook direct richting aan de maatregelen die genomen zouden kunnen worden om een verdere vooruitgang te bevorderen. Dit maakt het verhaal lokaal, regionaal, landelijk maar zeker in EU-verband beter. Dit zonder overigens de toestand rooskleurig voor te stellen dan deze feitelijk is.

3 Een revisie van de ecologische monitoring- en beoordelingssystematiek

Om een groot deel van de hierboven geschetste knelpunten op te lossen en de diagnostische informatie uit monitoringinspanningen optimaal te benutten, wil STOWA de huidige monitoringsystematiek reviseren en op een aantal punten verbeteren. Deze revisie hebben we voorlopig benoemd als 'EBEO 2.0'. (EBEO: ecologische beoordeling) Bij de ontwikkeling van dit systeem gelden een aantal hoofd- en nevendoelen.

3.1 ...Voor toestand- en trendmonitoring

De output van de aangepaste systematiek voldoet aan de KRW-vereisten voor rapportage aan de Europese Commissie. Het geeft een beeld van de toestand voor ten minste de vier verplichte biologische 'kwaliteitselementen' (in EKR en vier/vijf klassen) en voor de chemische kwaliteitselementen (toetsing van concentratie aan chemische stoffen aan de bestaande concentratienormen in twee klassen).

De systematiek gaat echter verder in detail en informatievoorziening. Er wordt een systematiek ontwikkeld dat inzicht geeft in het verloop van de waterkwaliteit ónder het niveau van de vijf KRW-klassen voor ecologie en binnen de huidige twee klassen voor chemische stoffen. Tevens worden methoden ontwikkeld waarmee metingen op een specifiek tijdstip en een specifieke locatie vertaald kunnen worden naar trends in de tijd en naar de vertaling in de ruimte.

Onderzocht wordt wanneer het in beeld brengen van de hydrologische en morfologische toestand toegevoegde waarde heeft, ook voor de waterlichamen die niet in een hoge ecologische toestand verkeren. Gebleken is namelijk dat deze 'hydromorfologische' toestand, naast de chemische toestand en de mate van eutrofiëring, in een aantal gevallen ook bepalend kan zijn voor de biologische toestand.

3.2 ...En voor operationele monitoring: diagnostiek

Als de gewenste toestand niet bereikt is, suggereert de KRW op zoek te gaan naar de oorzaken daarvan en daarvoor - in KRW-termen - 'operationele monitoring' uit te voeren. Deze kan een analyse van het effect van een specifieke genomen maatregel omvatten, of een de analyse zijn van de meest bepalende stressoren (beïnvloedingen), die een goede ecologische waterkwaliteit in de weg staan.

Tot op heden wordt een dergelijke operationele monitoring beperkt uitgevoerd. Maar juist als deze vorm van monitoring goed wordt uitgevoerd, levert dat een schat aan diagnostische informatie op die waterbeheerders handvatten geeft voor het nemen van kosteneffectieve maatregelen om hun watersystemen op orde te krijgen en te houden.

Het is niet zo dat waterbeheerders helemaal geen diagnostische informatie verzamelen over de toestand van hun watersystemen. Dat gebeurt via watersysteemanalyses. STOWA heeft daarvoor de ecologische sleutelfactoren ontwikkeld. Er zijn twee sets sleutelfactoren; een voor stilstaande wateren, een voor stromende wateren. De sleutelfactoren geven inzicht in de belangrijkste niet-levende (abiotische) randvoorwaarden voor een goede ecologische toestand. Denk aan nutriëntenbelasting, doorzicht, verspreiding, toxiciteit. Meer informatie vindt u op www.ecologischessleutelfactoren.nl. De sleutelfactoren hebben een onderlinge samenhang: het heeft geen zin om te werken aan het opheffen van migratiebarrières als andere basisvoorwaarden, waaronder nutriënten belasting, nog niet in orde zijn.

3.2.1 EBEO plus sleutelfactoren: sterke diagnostische combinatie

EBEO 2.0 is een belangrijke aanvulling op, en complementair aan de ecologische sleutelfactoren. De sleutelfactoren kijken van 'buiten' naar 'binnen', ofwel: vanuit de omgeving (de randvoorwaarden) naar het waterecosysteem; EBEO 2.0 kijkt van 'binnen' naar uiten; vanuit het waterecosysteem (binnen, de biologie) naar de omgeving. Waarom van binnen naar buiten kijken? De samenstelling van de levensgemeenschap is de afgeleide van de omstandigheden in en om het water. Het analyseren van de samenstelling van de levensgemeenschap zelf geeft een beeld van de werkelijkheid onder water en geeft informatie over welke knelpunten (drukken) relevant zijn, ook van die drukken/voorwaarden die nu niet meegenomen worden in, en gewogen worden door de huidige sleutelfactoren. Juist de confrontatie van informatie over de omstandigheden en de aanwezige levensgemeenschap leidt tot begrip van 'waarom het is zoals het is'. Zij dragen bij aan het effectief inzetten van verbeteringsmaatregelen en het efficiënt benutten van de financiën.

Hoe doen we dat: van binnen naar buiten kijken? Van veel organismegroepen is bekend wat hun aan- of afwezigheid zegt over de milieuomstandigheden (de milieu-indicatiewaarde). Binnen het project wordt maximaal gebruik gemaakt van deze kennis, waarvan een belangrijk deel is ontsloten binnen de Kennisimpuls waterkwaliteit. Bekijk bijvoorbeeld het rapport [Indicatiewaarden van aquatische organismen](#). Voorbeeld: het al dan niet voorkomen van bepaalde waterplanten zegt iets over de heersende milieufactoren. Ander voorbeeld: als er in een als snelstromende beek vooral vissen voorkomen die zich thuis voelen in stilstaande en langzaam stromende wateren, is de randvoorwaarde 'stroming' niet in orde.

Binnen het project willen we bekijken in hoeverre de monitoring van andere organismegroepen dan de groepen die tot dusver voor de KRW worden gemonitord (algen, macrofauna, waterplanten, vissen) toegevoegde waarde heeft. Denk daarbij bijvoorbeeld aan zoöplankton en bacteriën. De

milieu-indicatie van deze groepen zal dan aanvullend moeten zijn aan die van de vier biologische KRW-kwaliteitselementen.

3.2.2 Hoe verhouden EBEO en de sleutelfactorensystematiek zich tot SESA?

Voor het goed in beeld brengen van de knelpunten in het functioneren van aquatische ecosystemen (morfologisch, hydrologisch, chemisch etc.) kunnen waterbeheerders in de toekomst dus gebruik maken van de combinatie van twee instrumenten: de bestaande sleutelfactorensystematiek en de gereviseerde monitoring- en beoordelingssystematiek, EBEO 2.0. Binnen de Kennisimpuls Waterkwaliteit is hiervoor echter ook nog een ander instrument ontwikkeld, de [Systeemgerichte Ecologische Stressanalyse](#) (SESA). De SESA combineert beide zienswijzen (ESF en EBEO) en kijkt zowel van buiten (abiotische randvoorwaarden) naar binnen, als van binnen (aanwezige soorten) naar buiten. Binnen SESA wordt dus zowel vanuit de 'voorwaarden' (milieuomstandigheden/stressoren), als vanuit de levensgemeenschap een watersysteemanalyse uitgevoerd. De SESA onderzoekt en analyseert daarbij de verschillende bronnen van stress binnen een stroomgebied of polder, de route die deze stressoren afleggen vanaf de bronnen en de mate waarin ze bijdragen aan de totale stress op het ecosysteem.

De SESA is een heel gedegen, maar mede daardoor ook tijdrovende en data-intensieve methode om de oorzaken te achterhalen van de actuele ecologische kwaliteit. Zo'n gedegen analyse is naar verwachting vaak niet nodig om te komen tot de meest kosteneffectieve maatregelen. Maar EBEO is wat betreft het gedachtengoed wel schatplichtig aan de SESA. Met name wat betreft het van binnen naar buiten kijken.

De sleutelfactorensystematiek is volledig operationeel, kan van grof naar fijn worden toegepast, en is opgenomen in diverse beleidsdocumenten. De te ontwikkelen EBEO-systemen complementeren de analyse met ESF door vanuit de levensgemeenschap een analyse uit te voeren van de belangrijkste drukken. EBEO en ESF vullen elkaar aan en dekken daarmee samen hetzelfde gebied als de SESA, maar doen dat minder uitgebreid en minder data-intensief. De praktijk wijst uit dat de waterbeheerders vaak niet alle informatie en data hebben die voor een volledige SESA nodig is. De toepassing van ESF en EBEO sluit goed aan bij de werkwijze van de waterbeheerders.

STOWA zal bij het ontwikkelen van EBEO en bij een latere actualisatie van de sleutelfactoren gebruik maken van de kennis en (vernieuwende) inzichten die zijn opgedaan in het [project 'ecologie' van de Kennisimpuls waterkwaliteit](#), meer in het bijzonder bij de ontwikkeling van SESA.

3.3 ...Dat aansluit bij andere beleidsterreinen

De wijze waarop de waterkwaliteit wordt uitgedrukt, spoort niet met de wijze waarop in andere beleidsterreinen wordt gecommuniceerd. Voorbeelden zijn het natuurbeheer, waar vaak gesproken wordt over biodiversiteit of natuurkwaliteit, en het drinkwaterbeheer, waar de humane risico's belangrijk zijn. Om de samenwerking tussen partijen die betrokken zijn bij het omgevings-, natuur- of milieubeleid te bevorderen, is het van groot belang zijn als de uitkomsten van de waterkwaliteitsmonitoring begrepen worden door partijen op andere beleidsterreinen. Voor een integrale aanpak van de problemen die er zijn rond natuur en milieu, is dit gedeelde begrip noodzakelijk.

EBEO 2.0 zal meervoudig gebruik kennen en de verbinding van milieu-opgaven bevorderen. Bijvoorbeeld het gebruik bij de *ecologische opgaven* in het waterbeheer (goede ecologische toestand, toxische druk, ecosysteembegrip) en die in het natuurbeheer (biodiversiteit, natuurwaarde, exotenbestrijding). Daarnaast is het dienstbaar aan de *mensgerichte opgaven*, zoals de drinkwaterbereiding en het bewaken van de volksgezondheid (o.a. zwemwater).

3.4 ...Dat kosteneffectiever is

De huidige uitgaven aan waterkwaliteitsmonitoring worden geschat op 70 tot 90 miljoen euro per jaar. Op zich is de hoogte van dat bedrag reëel en goed verdedigbaar, als het wordt afgezet tegen de totale kosten van de waterkwaliteitsverbeterende maatregelen die erop gebaseerd worden.

Of het werken met EBEO 2.0 de waterbeheerders meer of minder gaat kosten, is op dit ogenblik nog niet duidelijk. Maar het is wel zo dat het nieuwe beoordelingssysteem ertoe leidt dat de kosteneffectiviteit toeneemt. Aan de ene kant door meer waarde te halen uit de metingen, bijvoorbeeld door de toegenomen diagnostische waarde van de monitoring en het beter weten welke maatregelen effectief zijn voor het verbeteren van de waterkwaliteit. Aan de andere kant door het inzetten van nieuwe en veelal kosteneffectievere technieken, zoals sensoren en DNA-analyses. Dat maakt het mogelijk om zowel in de ruimte, als in de tijd meer relevante data te verzamelen bij gelijkblijvende kosten.

3.5 ...Dat gebruik maakt van de nieuwste kennis, inzichten en methodieken

De huidige maatlatten voor ecologische waterkwaliteitsbeoordeling zijn gebaseerd op de kennis, inzichten en bemonsteringsmethoden van soms meer dan twintig jaar geleden. In de afgelopen jaren is echter veel nieuwe kennis opgedaan en zijn er nieuwe innovatieve monitoringstechnieken op de markt gekomen, zoals het gebruik van DNA. Deze kennis, inzichten en methodieken krijgen een plaats in de nieuwe wijze van monitoring. Meer in het bijzonder:

- Het benutten van nieuwe kennis, zoals die is opgedaan in de KIWK-projecten, waaronder die over ecologie, brakwater en toxicologie (zie www.kennisimpulswaterkwaliteit.nl);
- Het benutten van nieuwe kennis opgedaan in het project '[Waterplanten en waterkwaliteit](#)' van de Universiteit van Nijmegen (in samenwerking met Deltares en STOWA). Dit project betreft een studie naar waterplanten in relatie tot waterkwaliteit en sedimentchemie. Binnen dit project is

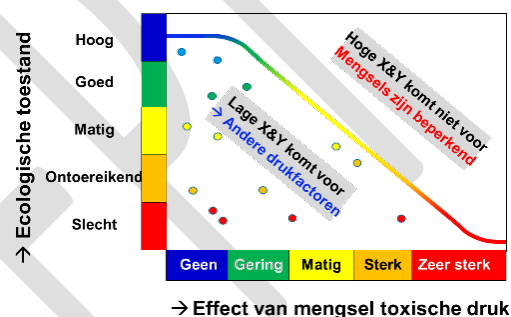
voor bijna duizend locaties nieuwe, wetenschappelijk zeer betrouwbare informatie verzameld. Dit vergroot de kennis over milieu-indicatiewaarden van water- en oeverplanten aanzienlijk (voor water én waterbodem);

- Het benutten van de praktisch toepasbare kennis van nieuwe monitoringstechnieken, waaronder (e)DNA-technieken; Zie bijvoorbeeld het STOWA-rapport [eDNA-metabarcoding vissen. Onderzoek naar de mogelijke toepassing van eDNA voor de KRW vismonitoring \(2018-2021\)](#)
- Het gebruik maken van moderne informatietechnologie en data science.

3.6 ...Dat voldoet aan belangrijke randvoorwaarden

Bij de ontwikkeling van EBEO 2.0 gelden een aantal belangrijke beleidsmatige en inhoudelijke randvoorwaarden waar we rekening mee houden. Het betreft in ieder geval:

- Het koppelen van de beoordeling van de ecologische toestand (GET) aan die van de chemische toestand (GCT);
- Het bevorderen van de communicatie met, en tussen beleidsmakers en bestuurders, en tussen professionals in verschillende beleidsvelden;
- Het bijdragen aan het betaalbaar en schaalbaar maken van de monitoring;
- Rekening houden met de uitkomsten van de huidige EKR-scores; de met de aangepaste systematiek berekende EKR-score mag niet (veel) afwijken van de uitkomsten van de huidige systemen. Het nieuwe systeem zal daarom worden 'geijkt' op het huidige en zal voldoen aan de AQUO-standaard en andere (IT-)standaarden.



4 De aanpak: hoe gaan we het doen?

4.1 Algemeen

De afgelopen periode hebben we het idee voor een aangepaste beoordelingssystematiek uiteen gezet bij diverse belanghebbende partijen, zoals vertegenwoordigers van waterschappen, provincies, Rijk, adviesbureaus en waterschapslaboratoria (vaak uitvoerende partijen). Deze gesprekken waren en zijn ook bedoeld als slijpsteen om onze ideeën aan te scherpen, om te kijken of er draagvlak voor is en of er sprake kan zijn van medefinanciering. Deze gesprekken zetten we voort.

De komende tijd inventariseren we waar, en vooral bij wie, de benodigde kennis aanwezig is om dit project te laten slagen. Binnen de regels voor aanbesteden, zal deze kennis ontsloten en operationeel gemaakt moeten worden binnen EBEO 2.0. Dat allemaal vóór eind 2027, de start van de nieuwe KRW-periode. Daarbij moet tevens nog een aantal jaar van parallel proefdraaien zijn gerealiseerd. Gezien de doelstellingen van het project een niet te onderschatten opgave. In de aanpak kiezen we voor twee opeenvolgende stappen: expertsessies en pilots.

4.2 *Expertsessies*

In de expertsessies bekijken we samen met een aantal geselecteerde experts op het gebied van de vier KRW-kwaliteitselementen (vissen, macrofauna, waterplanten en algen) hoe we de monitoring en beoordeling van deze elementen kunnen verbeteren, zodanig dat de waterbeheerders er meer, met name diagnostische informatie uit kunnen halen (waarom is de ecologische toestand zoals die is?). Voor alle elementen worden dus aparte sessies gehouden. Er worden ook expertsessies gehouden over twee nieuwe kwaliteitselementen, te weten zoöplankton en bacteriën, om te beoordelen wat de (diagnostische) meerwaarde kan zijn van het toevoegen van deze elementen aan de ecologische beoordeling.

4.3 *Gebiedsgerichte pilots*

Uit de expert-adviezen wordt een aantal methoden voor de beoordeling van de kwaliteitselementen gekozen, en deze worden ingezet in twee gebiedsgerichte pilots: een in stilstaand water, en een in een stromend water. Het doel van deze pilots is om het gedachtengoed en de uitgangspunten van een gereviseerde beoordelings- en toetsingssystematiek (nader uit te werken en toe te passen in twee waterlichamen, die representatief zijn voor de waterbeheerders in geheel Nederland. Feitelijk wordt voor een gebied een gehele monitoring-, beoordelings- en rapportagecyclus doorlopen conform de KRW, met dien verstande dat er gebruik wordt gemaakt van mogelijk alternatieve bemonstering- en monitoringmethoden voor meerdere kwaliteitselementen.

Uit de pilots moet naar voren komen hoe de aangepaste systematiek er uit kan komen te zien en toegepast kan worden én hoe er na toepassing gerapporteerd kan worden conform de eisen aan de wettelijk vereiste KRW-rapportage. Maar ook op een manier die beleidsmatig en communicatief meer zeggingskracht heeft (zie hiervoor ook het Plan van Aanpak).

Als laatste stap vindt er een synthese plaats waarbij we uit de uitkomsten van expertsessies en gebiedsgerichte pilots een aangepaste algemeen toepasbare systematiek destilleren van beoordeling en toetsing voor de KRW, die maximaal aansluit bij de gestelde randvoorwaarden en doelen uit dit PvA.

Voorafgaand aan de adviezen en de pilots hebben we in dit plan al een aantal voorbeelden uitgewerkt om te illustreren wat STOWA voor ogen staat. Dit gaat op basis van bestaande kennis en ervaring. De voorbeelden worden gegeven voor de volgende kwaliteitselementen: waterplanten, macrofauna en vissen. Ook voor het toetsen van de effecten van de aanwezigheid van chemische stoffen wordt een voorbeeld uitgewerkt. Het geven van voorbeelden draagt bij aan het meer concreet maken van de beschrijving van het projectdoel.

Door te werken met expertsessies en gebiedsgerichte pilots wordt tevens duidelijk wat kan en wat haalbaar is. Er kan dan onderbouwd worden welke kennis wel en welke niet meegenomen wordt in EBEO 2.0. In een aantal gevallen kan de kennis over nieuwe technieken nog verder verdiept worden, maar is die wel al ver genoeg gevorderd om in aanmerking te komen voor opname in het systeem. De pilots dienen ook om te bezien in welke mate de geleverde informatie aansluit bij de behoeften van de beoogd gebruikers.

Het overschakelen naar een aangepaste systematiek van beoordelen vereist mogelijk dat het monitoringbeleid en daarmee wellicht ook de wet- en regelgeving worden aangepast. Dat geldt niet

alleen voor de nationale regelgeving, maar ook voor de internationale. Dat vergt tijd en uitgebreide communicatie.

Bij het ontwikkelen willen we deze een aantal jaar, van 2025 – 2027, gelijktijdig op laten lopen met uitvoering van monitoring volgens de huidige werkwijze. Daardoor krijgen we meer inzicht in de meerwaarde, overeenkomsten en verschillen en waar we nog extra op in moeten zetten.

4.4 Risicoanalyse & risicobeheersing

Elk onderzoek brengt risico's met zich mee. In onderstaande tabel staan de belangrijkste risico's benoemd en welke maatregelen daarvoor worden genomen om deze risico's en of gevolgen zo klein mogelijk te maken.

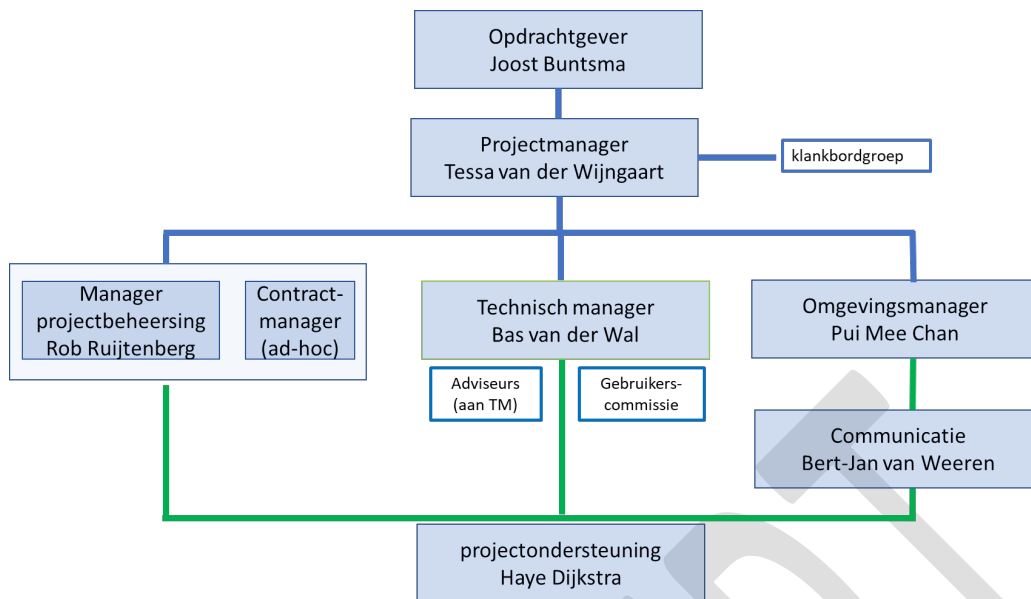
Risico	Maatregel	Verantwoordelijk
Het Rijk wil vasthouden aan huidige werkwijze van beoordeling	De huidige systematiek kan blijven bestaan naast EBEO voor rapportage aan Rijk en Europese Commissie. EBEO wordt dan ingezet voor diagnose en rapportage aan (besturen van) waterbeheerders (en andere stakeholders)	STOWA
EU wil vasthouden aan huidige werkwijze	De huidige systematiek kan blijven bestaan naast EBEO voor rapportage aan Rijk en Europese Commissie.	n.v.t.
Niet voldoende financiering	De werkzaamheden worden aangepast aan het budget. Sommige doelen zullen niet gerealiseerd kunnen worden. In overleg met begeleidingsgroep en klankbordgroep zullen deze keuzes worden gemaakt.	STOWA
Onvoldoende kennis ontwikkeld om aangepast systeem op te zetten	De pilots dienen onder andere om dit risico in beeld te brengen. In overleg met begeleidingscommissie en klankbordgroep zal bezien worden wat te doen.	STOWA

4.5 Organisatie

Zoals bij ieder project van STOWA, zal ook voor dit project een begeleidingscommissie worden samengesteld, vooral met als doel de kwaliteit van de projectuitkomsten te borgen en erop toe te zien dat het op te leveren product antwoord geeft op de vragen van waterkwaliteitsbeheerders en praktisch uitvoerbaar is.

Omdat het een groot project betreft, denken we aan het instellen van een klankbordgroep en het organiseren van brede bijeenkomsten voor iedereen die zich met waterkwaliteit bezig houdt. Dit om erop toe te zien dat de wensen, eisen en randvoorwaarden en werkbaarheid worden meegenomen.

Voor dit project is een projectteam in het leven geroepen, dat als volgt is samengesteld (ultimo 2022):



4.6 Communicatie en omgevingsmanagement

Innovatie stuit vaak op sociale, psychologische en emotionele weerstand. Die kan niet terzijde gelegd worden. Er moet voldoende ruimte gemaakt worden voor interactie met belanghebbenden, waarbij het nodig kan blijken gedurende de ontwikkeling de doelen aan te passen.

Voor een succesvolle ontwikkeling en implementatie van een gereviseerde systematiek zoals we dat voor ons zien, is het van groot belang dat er draagvlak is bij verschillende belanghebbenden en betrokkenen, op diverse niveaus. Het moet gedegen antwoorden geven op de beleidsmatige en bestuurlijke uitdagingen waar Rijk, provincies en waterschappen voor staan en de Europese verplichtingen die er zijn, maar ook aansluiten bij de wensen en eisen van (toekomstige) gebruikers en andere belanghebbenden. In het voortraject hebben vertegenwoordigers van het projectteam al gesprekken gevoerd met diverse geledingen van gebruikers en belanghebbenden, met name om de plannen te toetsen aan wensen, eisen en aanvullingen op te halen.

Omdat het hier een groot project betreft, met veel uiteenlopende belanghebbenden, werken we een stakeholderanalyse uit volgens de Factor C methode. Factor C is een door het Rijk ontwikkelde manier van werken die helpt om strategisch aan de slag te gaan met communicatie, en om een opgave te vertalen in een concrete communicatie-aanpak die bijdraagt aan het behalen van de projectdoelen. Aan de hand van de Factor C methode onderscheiden we voor dit project een aantal groepen stakeholders binnen het project: Politiek/beslissers, gebruikers/klanten/uitvoerders, mogelijkmakers, mede-mogelijkmakers, beïnvloeders en diversen. Per groep werken we een specifieke communicatie-aanpak uit.

Het is de bedoeling in de toekomst reflectiesessies met deze groepen te organiseren om te bezien hoe EBEO 2.0 het best kan worden uitgerold en kan aansluiten bij de wensen en eisen van de verschillende groepen stakeholders. Ook zullen we in de loop van het project via uiteenlopende kanalen en diverse uitingen onze belangengroepen op de hoogte brengen en houden van het verloop van het project. Op deze manier creëren we draagvlak voor EBEO 2.0.

De uitgebreide factor C analyse voor dit project is te vinden in de memo: Uitwerking Factor C analyse, EBEO 2.0-project v2.

4.7 Planning

In onderstaande is een globale planning weergegeven.

Februari 2023	6 expertsessies
1e week maart '23	Vorbereiding fase 1 uitvoering: pilot(s) (inhoud, te betrekken experts en proces)
2e week maart	Offerteaanvraag projectleider incl. betrekken experts
1e week april	Aanbesteding
April 2023	Start fase 1 uitvoering: pilot(s);
Maart en april 2022	Vorbereiding aanpak pilots (inhoud en proces) en selectie pilotgebieden
Juni 2025	Einde pilot(s)
Najaar 2025	Scholing, overdracht kennis EBEO 2.0 naar de waterbeheerders en adviseurs
Vanaf voorjaar 2026	Resultaten EBEO 2.0 meenemen in stroomgebiedbeheerplannen. Valt buiten dit project is des waterbeheerders.

5 Voorbeelden

Om gevoel te krijgen voor de opzet van de onderdelen van de beoordelingssystematiek en inzicht te krijgen in de expertise die ingezet moet worden om EBEO te realiseren, kiezen we voor een aanpak waarbij eerst vier voorbeelden gegeven worden, waarna een of een aantal pilots worden uitgewerkt. De keuze van de voorbeelden en de pilots is bepaald op basis van de beschikbare kennis en spreiding over de kwaliteitselementen.

5.1 Voorbeeld waterplanten

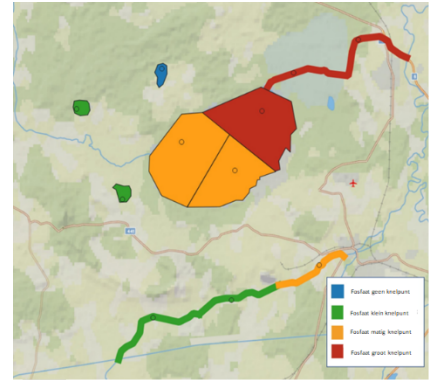
(Deze paragraaf is gebaseerd op een notitie van onderzoeker Gerben van Geest. Deze is bijgevoegd als bijlage 2)

In het project 'Waterplanten en Waterkwaliteit', dat sinds 2015 bij de Radbouduniversiteit loopt is, een groot veldonderzoek uitgevoerd, waarbij de milieupreferenties van alle waterplantensoorten van Nederland in beeld zijn gebracht. Deze dataset bestaat nu uit circa 2000 locaties, waar (op elke locatie) zowel de vegetatiesamenstelling als een groot aantal fysisch-chemische parameters zijn bemonsterd. Op basis van deze data kunnen soortresponsies uitgerekend worden, die aangeven hoe soorten reageren op (veranderingen van) abiotische parameters (bv. pH, totaal-fosfor en dergelijke). Deze responsies kunnen vervolgens in een instrument gebruikt worden om de milieucondities af te leiden uit de aanwezige soortsoortensamenstelling. Dit kan door invoer van biologische monitordata van de KRW; dit zijn dus dezelfde data die gebruikt worden voor de berekening van de EKR-scores.

Het gebruik van indicatiewaarden van soorten biedt een duidelijke meerwaarde ten opzichte van de huidige praktijk:

- Waterplanten hebben meer dan andere soortgroepen een 'geheugen' over veranderingen in milieucondities in het verleden, en geven dus een beter en meer geïntegreerd beeld van de milieucondities dan een beperkt aantal fysisch-chemische metingen in de tijd. Immers, waar voor een goede chemische evaluatie van de waterkwaliteit frequente bemonstering nodig is, zijn de waterplanten steeds ter plaatse. Daardoor kunnen ze bijvoorbeeld ook incidentele en kleine, maar voortdurende, lozingen goed indiceren.
- De waterplanten geven ook inzicht in compartimenten van het watersysteem waarvan weinig fysisch-chemische meetdata voorhanden zijn. Een duidelijk voorbeeld is de waterbodem. De waterbodem speelt tegenwoordig een steeds grotere rol voor de ecologische kwaliteit van een watersysteem. Dit als gevolg van de afnemende eutrofiering, waardoor het water helder wordt, terwijl het sediment nog steeds te voedselrijk is. Op basis van de dataset van het project 'Waterplanten en Waterkwaliteit' kunnen de milieupreferenties van soorten voor bodemparemeters bepaald worden. Hierdoor krijgen waterbeheerders een veel beter beeld van mogelijke knelpunten die de waterbodem veroorzaakt, zonder dat ze (dure) chemische analyses aan de waterbodem zelf moeten uit te voeren.

- De biologische monitoringdata geven ook ruimtelijk inzicht in gradiënten in een watersysteem. Vaak wordt de vegetatie op meerdere locaties bemonsterd in één waterlichaam en vervolgens in één getal gevat voor de rapportage over de toestand. Door gebruik te maken van monitordata voor deze individuele locaties, kunnen gradiënten in milieudrukken binnen een waterlichaam opgespoord worden. Op basis van deze informatie wordt duidelijk waar de knelpunten het grootst zijn, of op welke locatie maatregelen het meest succesvol zijn.
- De biologische monitoringdata geven ook informatie over veranderingen in milieucondities in de tijd. Dit is belangrijk voor het achterhalen of vroegtijdig signaleren van knelpunten.
- Vegetatie-opnames kunnen met voldoende betrouwbaarheid door anderen dan de professionele waterschapslaboratoria worden uitgevoerd, bijvoorbeeld door de KNNV, IVN, en andere vormen van 'citizen science'. Bovendien is er een groot aantal vegetatie-opnamen beschikbaar vanuit meetnetten van provincies, Staatsbosbeheer en andere organisaties. Hierdoor krijgt men beter inzicht in de knelpunten voor een watersysteem, zonder dat aanvullende metingen noodzakelijk zijn;
- Alle provincies maken nu gebruik van het programma Iteratio. Dit programma bevat indicatiewaarden van terrestrische plantensoorten. Het wordt ingezet bij de systeemanalyses voor Natura-2000gebieden. Wij voorzien dat dit programma ook kan worden gebruikt voor waterplanten. Op deze manier wordt een brug geslagen tussen natuur- en waterbeheer (N2000 en KRW).
- Last but not at least: dezelfde biologische meetgegevens kunnen ook gebruikt worden voor het berekenen van de KRW-toestandbepaling.



Een aantal voorbeelden van het bovenstaande:

- Sommige waterplanten zijn indicatief voor hoge CO₂-concentraties in het water. Een van deze soorten is Waterviolier, die in het voorjaar met bloemen als witte kandelaars boven het water uitsteekt. Dit CO₂ is vaak afkomstig van kwelwater wat vanuit de ondergrond omhoog komt. Aan de hand van de groeiplaatsen van deze soorten kan achterhaald worden waar CO₂-rijk water in een watersysteem aanwezig is. Wanneer kwelwater de enige bron van CO₂-toevoer is, dan kunnen op deze manier de locaties met (CO₂-rijk) kwelwater in beeld gebracht worden.
- Een slotensysteem in een laagveenpolder wordt aan de een zijde gevoed door schoon kwelwater, terwijl aan de andere zijde vervuild Rijnwater wordt ingelaten. De waterbeheerder vraagt zich af hoe ver de invloed van dit (gebiedsvreemde) Rijnwater uitstrekt in de polder. De verschuivingen in soortensamenstelling van de vegetatie geven hiervoor een goede indicatie. Op grote afstand van de waterinlaat zijn de sloten begroeid met een open vegetatie van Krabbenscheer, Kikkerbeet, Kransvederkruid en kranswieren. Deze vegetatie is karakteristiek voor schoon kwelwater. Richting de waterinlaat verandert de vegetatie gaandeweg van soortensamenstelling; de zogeheten woekersoorten (zoals Grof hoornblad) krijgen een steeds groter aandeel in de vegetatie, en Krabbenscheer verdwijnt van het toneel. Vlak bij de inlaat wordt het wateroppervlak bedekt door een dikke krooslaag, die het gevolg is van de inlaat van Rijnwater.
- In een beek in Noord-Brabant is langs een stroomafwaarts gelegen traject de soort Drijvende waterweegbree verdwenen. Dit is een N2000 soort, dus de waterbeheerder wil graag weten welke factoren verantwoordelijk zijn voor de afname van deze soort. In het kader van antiverdrogingsmaatregelen is het waterpeil in de beek opgezet, door plaatsing van stuwtjes; verder zijn er geen duidelijke veranderingen in nutriëntenbelasting. De vegetatie in de beek

bestaat uit een open begroeiing met alledaagse soorten als Kleine egelskop, Smalle waterpest, Glanzig fonteinkruid en Grote waterranonkel. Deze soorten zijn deels indicatief voor een hoge hardheid (bicarbonaatgehalte) van het beekwater. In deze toename ligt mogelijk het antwoord op de achteruitgang van Drijvende waterweegbree in deze beek. Deze soort is namelijk beperkt tot locaties met (zeer) lage concentraties van bicarbonaat, aangezien deze soort bij hogere concentraties wordt verdrongen door algemenere soorten. De vraag is dan waardoor de toegenomen bicarbonaat concentratie wordt veroorzaakt. De oorzaak ligt waarschijnlijk in het wegdrukken van kwel naar de beek, door het verhogen van het beekpeil. Dit kwelwater is namelijk arm aan bicarbonaat. Bovendien is dit kwelwater ook rijk aan nitraat, vanwege bemesting van nabijgelegen akkers. Door de vermindering van de kweldruk stroomt het beekwater veel langzamer, en krijgen interne processen (zoals denitrificatie) meer kans. Bij denitrificatie wordt nitraat omgezet in stikstofgas, dat naar de atmosfeer verdwijnt. Bij deze omzetting wordt echter ook veel bicarbonaat gevormd, wat de sterke toename van de waterhardheid kan verklaren.

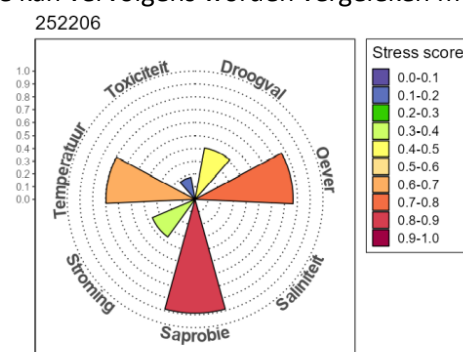
5.2 Voorbeeld macrofauna

(Deze paragraaf is gebaseerd op een meer uitgebreide beschrijving van de beoordeling van de macrofauna door de onderzoekers Ralf en Piet Verdonshot. Deze is opgenomen als bijlage 2)

De indicatiewaarde van de macrofauna in het zoete water is veel groter dan momenteel wordt benut bij het toepassen van de KRW-maatlatten. Van veel soorten is bijvoorbeeld bekend welke eisen ze aan hun habitat stellen in termen van sleutelfactoren, bijvoorbeeld de grenswaarden en optima voor stroomsnelheid, zuurgraad, zuurstofgehalte en temperatuur. Op basis van indicatiewaarden van de soorten is het dan ook mogelijk een diagnose te stellen van de belangrijkste knelpunten die spelen in een watergang of waterlichaam.

Door soortenlijsten te koppelen aan de milieu- en habitatpreferentie-databases kan na een aantal verwerkingsstappen een score worden gegenereerd die een indicatie geeft van de waarde van een bepaalde sleutelfactor op een locatie. Bevat de levensgemeenschap bijvoorbeeld veel individuen met een preferentie voor hoge stroomsnelheden dan geeft dit aan dat de stromingscondities in een beek op orde zijn. Omdat de ontwikkeling van soorten van ei tot volwassen dier een langere periode beslaat, van maanden tot enkele jaren, geeft de aanwezigheid van deze soort een integratie van de waarden voor stroomsnelheid over de tijd, waarbij geen over- of onderschrijdingen van de tolerantiegrenzen mogen voorkomen. Het tijdsaspect wordt daarmee automatisch geïntegreerd.

De op basis van de levensgemeenschap gegenereerde score kan vervolgens worden vergeleken met andere locaties, of worden geijkt op een referentie (bijvoorbeeld de 5% beken met een goede ecologische kwaliteit), waardoor er een waardeoordeel aan kan worden toegekend. Door naar verschillende indicaties tegelijkertijd te kijken kan een beeld worden gevormd van de (multi)stress, die kan worden gevisualiseerd in de vorm van een diagram. Deze scores kunnen ook ruimtelijk met elkaar worden vergeleken, om bijvoorbeeld een beeld te krijgen van de variatie in milieuomstandigheden binnen een waterlichaam.

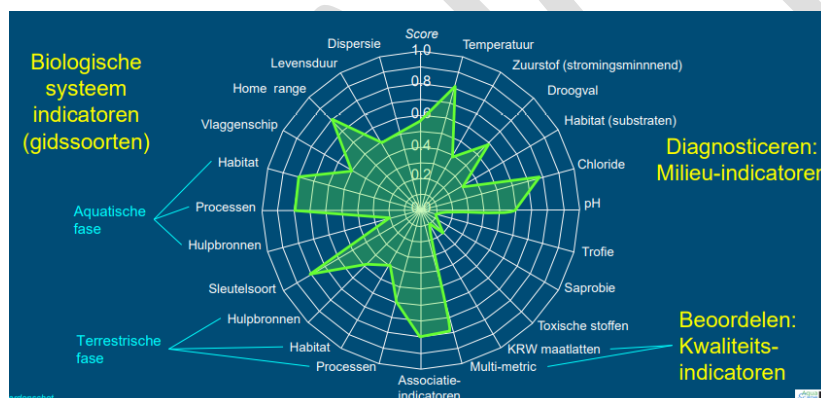


De hierboven beschreven diagnostische benadering gaat uit van milieu- of tolerantiefactoren als verklarende factoren. Maar in de praktijk blijkt dat er nog andere relevante parameters een rol spelen die het voorkomen van soorten bepalen, uiteenlopend van landschaps- of omgevingsstructuur en kwaliteit tot biotische interacties die interacteren met bepaalde fasen in de levenscyclus of bijvoorbeeld de dispersiecapaciteit van een soort.

Een aanpak waarbij bepaalde soorten worden gekozen die kunnen dienen als biologische-systeemindicatoren (gidsoorten), kan een werkbare benadering zijn. Deze gidsoorten hebben bijvoorbeeld een kritische fase in hun levenscyclus, hebben bepaalde hulpbronnen nodig, zijn dispersie-gelimiteerd, zijn gekoppeld aan bepaalde ecosysteemprocessen, niet concurrentiekrachtig, enzovoort.

Om tot een diagnose te komen is het niet altijd noodzakelijk te werken met 5-m-standaardnetmonsters, die arbeidsintensief zijn om te verwerken omdat veel materiaal moet worden uitgezocht wat tot op het hoogst haalbare taxonomische niveau moet worden gedetermineerd. Een alternatieve aanpak is de QuickScan macrofauna, waarbij kleinere monsters worden genomen die vervolgens op lagere taxonomische niveaus worden gedetermineerd (familie, genus). Hiermee is bijvoorbeeld al ervaring opgedaan in sloten en beken.

Deze monitoringaanpak zou een nuttige toevoeging kunnen zijn aan het te ontwikkelen instrument, omdat er bijvoorbeeld meer monsters in de ruimte kunnen worden genomen, waardoor opschaling of vlakdekkende beoordeling in beeld komt. Onderzocht moet worden welke indicatoren binnen de verschillende indicator-groepen zich voor deze vorm van monitoring lenen en waar de beperkingen liggen.



Een voorbeeld waarbij een integratie wordt gemaakt tussen de klassieke kwaliteitsbeoordeling en het diagnosticeren van knelpunten wordt gegeven

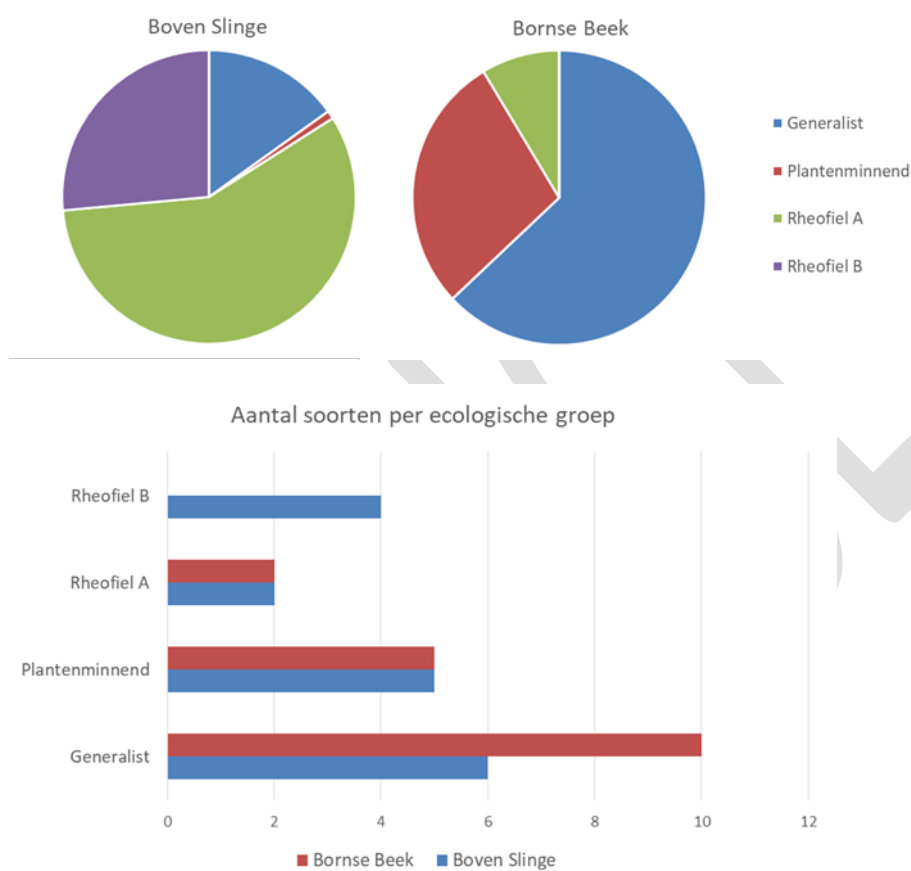
5.3 Voorbeeld vissen

Deze paragraaf is gebaseerd op een notitie van RAVON. Deze is bijgevoegd als bijlage 3).

In onderstaand voorbeeld wordt inzichtelijk gemaakt hoe een diagnose kan worden gedaan voor het biologische kwaliteitselement van de vissen op basis van DNA-fragmenten die vissoorten in het water achterlaten. Op basis van dit zogenaamde environmental DNA (eDNA) ontstaat een goed beeld van de in een water voorkomende vissoorten en de verhoudingen waarin ze voorkomen. Een groot voordeel van deze methode is, dat vissen niet verstoord of gevangen hoeven te worden en dat de gevoeligheid (trek kans voor soorten) en uniformiteit (vergelijkbaarheid tussen wateren) veelal hoger is dan bij conventionele methoden zoals netten of het electrovisapparaat. Deze innovatie methode is

in de periode 2018-2022 uitgebreid getest in samenwerking met een groot aantal waterschappen. Omdat vissen langerlevende soorten zijn die binnen hun levenscyclus gebruik maken van verschillende habitats, zijn ze bij uitstek geschikt om de beperkingen binnen een watersysteem op een groter schaalniveau te diagnosticeren. Hieronder zijn de resultaten van de eDNA bemonstering vissen voor de Boven Slinge en Bornse Beek gebruikt voor de sleutelfactoren connectiviteit, stagnatie, natte doorsnede en aanwezigheid waterplanten in stromende wateren.

Onderstaande figuur geeft het eDNA-aandeel weer voor vier ecologische groepen die binnen een visgemeenschap onderscheiden kunnen worden: 1) generalistische soorten die weinig kritisch zijn en in aandeel toenemen onder verstoorde omstandigheden 2) plantminnende soorten die in aandeel toenemen onder heldere en plantenrijke omstandigheden, 3) soorten met een voorkeur voor enige stroming (rheofiel A), 4) soorten met een voorkeur voor veel stroming (rheofiel B).



Het eDNA-aandeel voor vier ecologische groepen die binnen een visgemeenschap onderscheiden kunnen worden in de Bornse beek resp. de Boven Slinge

In de Boven Slinge komen 17 inheemse vissoorten voor: 6 generalistische, 5 plantminnende, 2 rheofiel A, en 4 rheofiel B soorten. Als we kijken naar het eDNA aandeel, dan behoort ruim 58% van het aangetroffen DNA tot de rheofiel A soorten en 26% tot de rheofiel B soorten. Generalistische soorten maken voor 15% uit van de visgemeenschap en plantenminnende soorten (1%) komen weinig voor. De aanwezigheid van een hoog aandeel rheofiele soorten, weinig plantenminnende soorten en een relatief gering aandeel aan generalistische soorten, wijst op een goede ecologische kwaliteit van de Boven Slinge waarbij de connectiviteit en natte doorsnede (veel stroming) in orde zijn.

In de Bornse Beek komen eveneens 17 inheemse vissoorten voor: 10 generalistische, 5 plantminnende en 2 rheofiel A soorten. Als we kijken naar het eDNA aandeel, dan behoort ruim 63% van het aangetroffen DNA tot de generalistische, 28% tot plantminnende en 9% tot rheofiel A soorten. Ondanks hetzelfde aantal soorten geven de ecologische groepen een heel ander beeld. Generalistische en plantminnende soorten hebben de overhand. Soorten van langzaam stromend water (rheofiel A) komen beperkt voor terwijl soorten met een voorkeur voor veel stroming (rheofiel B) ontbreken. Dit duidt erop dat stagnatie en een (te) overvloedige plantengroei als gevolg van verstuwings en een te grote natte doorsnede, een knelpunt zijn voor het ecologisch functioneren van deze beek.

KRW 2.0: habitatcheck

Om een goede diagnose te kunnen stellen is het belangrijk om als onderdeel van de vismonitoring, ook te kijken naar de aanwezigheid van verschillende habitats en aanwezige knelpunten. Dit gebeurt al bij de monitoring van vissen in Natura2000-gebieden en geeft informatie over de maatregelen die het best toegepast kunnen worden. Voorgesteld wordt de bemonsteringen met eDNA te combineren met een habitatcheck waarin door een expert in het veld belangrijke parameters voor vis worden beoordeeld (stroming, habitatstructuur, droogval, verstuwings/bereikbaarheid en dergelijke). Daarnaast wordt in de huidige KRW sterk gefocust op de waterlichamen zelf terwijl vaak een groot deel van het oppervlaktewater in de categorie overig water valt. Zeker in poldersysteem kan een deel tot de sleutel van herstel liggen in de connectiviteit van de grotere wateren met de aangrenzende sloten. Van oudsher hadden deze een belangrijke functie als paaigebied en kraamkamer. Voorgesteld wordt daarom in een nieuwe beoordeling bij de diagnostisering van knelpunten, het gehele watersysteem te beschouwen om zo een compleet beeld te krijgen van het functioneren van een watersysteem en de limiterende factoren. Wellicht kan hierbij gebruik worden gemaakt van de bevindingen bij de macrofauna-analyses.

5.4 Voorbeeld toxiciteit

De kennis die ontwikkeld is in het KIWK-project toxiciteit (Sleutelfactor Toxiciteit) zal worden ingezet bij de ontwikkeling van EBEO 2.0. De Sleutelfactor Toxiciteit is een methode (inclusief tools voor het uitvoeren ervan) waarmee waterbeheerders via een aantal stappen de mate van toxische druk op het oppervlaktewater kunnen bepalen. De sleutelfactor maakt tevens duidelijk wat de belangrijkste oorzaken van deze druk zijn. Dit geeft belangrijke handvatten voor het nemen van de juiste herstelmaatregelen.

De Sleutelfactor Toxiciteit geeft een genuanceerder beeld, uitgedrukt in vijf klassen: van 'zeer goed' (blauw) tot 'slecht' (rood). De indeling is gebaseerd op onderzoeken naar de relatie tussen toxische druk en schadelijke effecten. Dat oordeel correspondeert met de hinder die waterorganismen ondervinden van de vervuiling. Zo lijdt bij matige waterkwaliteit (geel) één op de tien waterorganismen schade. De vijf klassen helpen bij (kosten-)efficiënt waterkwaliteitsbeheer. Bij de twee schoonste klassen kan de aandacht zich richten op beschermend waterbeheer. De andere drie klassen vragen om het nemen van herstelmaatregelen.

De informatie over de status wordt binnen de Sleutelfactor Toxiciteit verkregen via twee sporen: het chemiespoor en het bioassayspoor. Dit leidt, vergeleken met de huidige methode, tot verbeterde inzichten in het effect van stoffen en tot betere maatregelen.

Bij de beoordeling volgens het chemiespoor wordt gebruik gemaakt gemeten concentraties van stoffen in water. Bij het bioassayspoor wordt gebruik gemaakt van een voorgeschreven set aan (commercieel verkrijgbare) bioassays (testkits) waarmee complexe mengsels van stoffen in watermonsters via hun effecten opgespoord kunnen worden.

Meer informatie is hier te lezen: <https://www.sleutelfactortoxiciteit.nl>

CONCEPT

6 Kosten

PM

CONCEPT

CONCEPT

BIJLAGEN

CONCEPT

Bijlage 1. EBEOSYS 2.0: Meerwaarde van gebruik biologische monitoringsgegevens voor het waterbeheer

Notitie van Gerben van Geest, Deltares en Radboud Universiteit

Sinds de invoering van de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) wordt de biologie van het oppervlaktewater op grote schaal en op gestandaardiseerde wijze bemonsterd. De resultaten van de huidige KRW-monitoring worden hierbij vertaald in een 'ecologische kwaliteitsratio' (EKR-score), toebedeeld aan vier of vijf klassen. De EKR is een abstract getal tussen de 0 en de 1, een getal dat weinig communicatieve waarde heeft. Bovendien is de indeling in slechts vier (of vijf) kwaliteitsklassen vrij grof, waardoor subtiele veranderingen in ecologische kwaliteit binnen een klasse niet in beeld komen. Dit is vooral een gemis voor de klassen 'matig' en 'ontoereikend', omdat deze biologische toestand voor circa 70% van de Nederlandse waterlichamen geldt. Vaak treedt binnen deze twee klassen wel een verbetering op van de ecologische kwaliteit, maar dit is niet zichtbaar bij de hantering van 4 of 5 klassen. Hierdoor wordt geen recht gedaan aan de bereikte resultaten die het gevolg zijn van inspanningen door waterbeheerders.

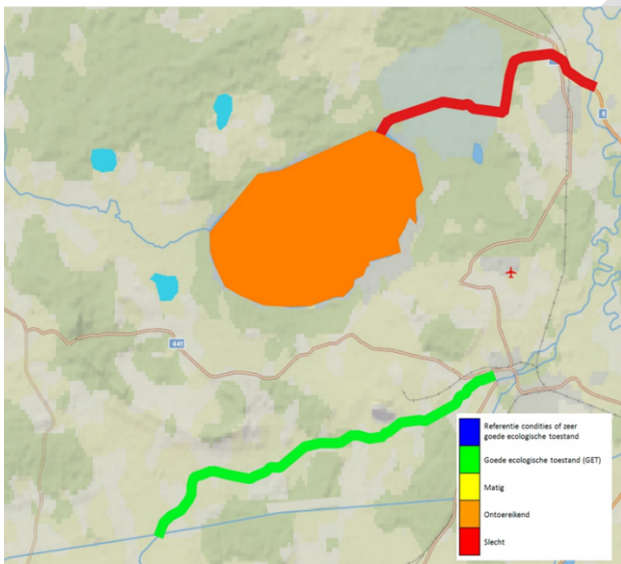
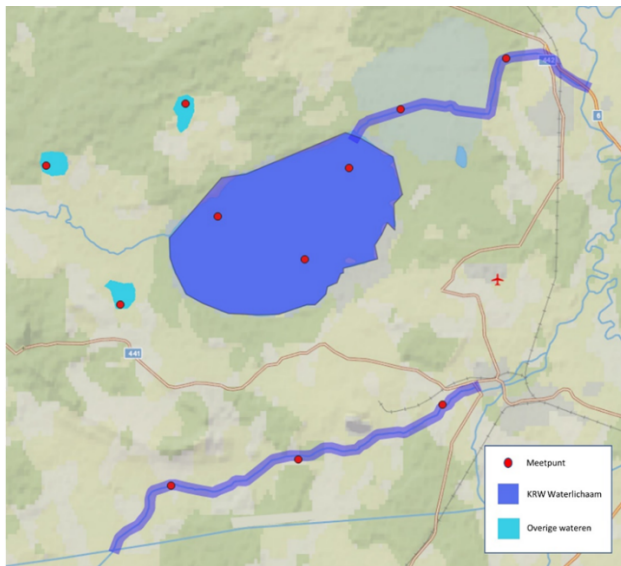
Andere belangrijk nadelen zijn dat de scores van de KRW-maatlatten geen inzicht geven in het functioneren van het ecosysteem, en geen handelingsperspectief voor de keuze van de juiste maatregelen. Dit zijn gemiste kansen. De biologische monitorgegevens bevatten namelijk juist een schat aan informatie die waterbeheerders kunnen helpen bij de uitvoer van een ecologische systeemanalyse. De soortensamenstelling geeft namelijk een goede indicatie van de milieucondities ter plekke. Door gebruik te maken van deze indicatiewaarde, kunnen de biologische monitorgegevens inzicht geven in de oorzaken van een slechte ecologische kwaliteit.

Opvallend genoeg maken waterbeheerders maar weinig gebruik van de milieu-indicatie van soorten. Vaak is het nog onbekend wat een soort nu precies indiceert. Dat een dik kroosdek op een sloot indicatief is voor zeer voedselrijk water, dat weten we wel, maar wat zegt een soort als Glanzig fonteinkruid of Kleine egelskop nu over de milieucondities in een beek? De afgelopen jaren is er een schat aan informatie ingezameld over de relatie tussen soorten en fysisch-chemische metingen. Hierbij is vooral het project 'Waterplanten en Waterkwaliteit' relevant, wat sinds 2015 bij de Radbouduniversiteit loopt. In dit project is een groot veldonderzoek uitgevoerd, waarbij de milieupreferenties van alle waterplantensoorten van Nederland in beeld zijn gebracht. Deze dataset bestaat nu uit circa 2000 locaties, waar (op elke locatie) zowel de vegetatiesamenstelling als een groot aantal fysisch-chemische parameters zijn bemonsterd. Op basis van deze data kunnen soortresponsies uitgerekend worden, die aangeven hoe soorten reageren op abiotische parameters (bv pH, totaal-fosfor, enzovoorts). Deze responsies kunnen vervolgens in een instrument gebruikt worden om de milieucondities af te leiden uit de aanwezige soortsoortensamenstelling. Dit kan door invoer van biologische monitordata van de KRW; dit zijn dus dezelfde data die gebruikt worden voor de berekening van de EKR-scores.

Het gebruik van indicatiewaarden van soorten biedt een duidelijke meerwaarde ten opzichte van de huidige praktijk. Onderstaand volgt een overzicht van deze voordelen:

- Soorten hebben een 'geheugen' over veranderingen in milieucondities in het verleden, en geven dus een beter en meer geïntegreerd beeld van de milieucondities dan een beperkt aantal fysisch-chemische metingen in de tijd. Immers, waar voor een goede chemische evaluatie van de waterkwaliteit frequente bemonstering nodig is, zijn de organismen steeds ter plaatse. Daardoor kunnen ze bijvoorbeeld ook incidentele en kleine, maar voortdurende, lozingen goed indiceren.

- De soorten geven ook inzicht in compartimenten van het watersysteem waarvoor weinig fysisch-chemische meetdata voorhanden zijn. Een duidelijk voorbeeld is de waterbodem. De waterbodem speelt tegenwoordig een steeds grotere rol voor de ecologische kwaliteit van een watersysteem, als gevolg van de afnemende eutrofiering, waardoor het water helder wordt, terwijl het sediment nog steeds te voedselrijk is. Op basis van de dataset van het project “Waterplanten en Waterkwaliteit” kunnen de milieupreferenties van soorten voor bodemparameters bepaald worden. Hierdoor krijgen waterbeheerders een veel beter beeld van mogelijke knelpunten die de waterbodem veroorzaakt, zonder dat ze (dure) chemische analyses aan de waterbodem zelf moeten uit te voeren.
- De resultaten van de milieurespons van soorten kunnen gebruikt worden om de resultaten van een abiotische systeemanalyse te ondersteunen. Denk hierbij aan de sleutelfactoren (ESF) systematiek, die door de STOWA is ontwikkeld, of de Systeemgerichte Ecologische Stressanalyse (SESA), die binnen de Kennisimpuls is ontwikkeld. Wanneer de soorten hetzelfde ‘verhaal’ vertellen als de resultaten van deze abiotische systeemanalyses, dan heeft men grotere zekerheid dat de juiste knelpunten zijn benoemd. Echter, wanneer de uitkomsten tegenstrijdig zijn, dan heeft men het functioneren van het systeem nog onvoldoende in de vingers, wat de kans op ineffectieve maatregelen vergroot.
- De biologische monitordata geven ook ruimtelijk inzicht in gradiënten in een watersysteem. Vaak wordt de vegetatie op meerdere locaties bemonsterd in één waterlichaam. Door gebruik te maken van monitordata voor deze individuele locaties, kunnen gradiënten in milieudrukken binnen een waterlichaam opgespoord worden. Op basis van deze informatie wordt duidelijk waar de knelpunten het grootst zijn, of op welke locatie maatregelen het meest succesvol zijn.
- De biologische monitordata geven ook informatie over veranderingen in milieucondities in de tijd. Dit is belangrijk voor het achterhalen of vroegtijdig signaleren van knelpunten.
- Vegetatie-opnames kunnen gemakkelijk door derden worden uitgevoerd, bijvoorbeeld door de KNNV, citizen science, enzovoorts. Bovendien zijn er een groot aantal vegetatie-opnamen beschikbaar vanuit meetnetten van provincies, Staatsbosbeheer en andere organisaties. Hierdoor krijgt men beter inzicht in de knelpunten voor een watersysteem, zonder dat aanvullende metingen noodzakelijk zijn;
- Alle provincies maken nu gebruik van het programma Iteratio. Dit programma bevat indicatiewaarden van terrestrische plantensoorten, en wordt ingezet bij de systeemanalyses voor N2000 gebieden. Wij voorzien dat dit programma ook kan worden gebruikt voor waterplanten. Op deze manier wordt een brug geslagen tussen natuur- en waterbeheer (N2000 en KRW).
- Last but not at least: dezelfde biologische meetgegevens kunnen te allen tijde ook gebruikt worden voor het berekenen van een EKR-score, dit blijft altijd mogelijk.



Een aantal voorbeelden:

Een soortenrijke vegetatie van ondergedoken waterplanten is binnen enkele jaren veranderd in een monocultuur van Grof hoornblad. De toename van deze soort indiceert een sterke eutrofiering, aangezien Grof hoornblad alleen bij hoge concentraties van zowel stikstof als fosfor tot dominantie kan komen.

Sommige waterplanten zijn indicatief voor hoge CO₂-concentraties in het water. Een van deze soorten is Waterviolier, die in het voorjaar met bloemen als witte kandelaars boven het water uitsteekt. Dit CO₂ is vaak afkomstig van kwelwater wat vanuit de ondergrond omhoog komt. Aan de hand van de groeiplaatsen van deze soorten kan achterhaald worden waar CO₂-rijk water in een watersysteem aanwezig is. Wanneer kwelwater de enige bron van CO₂-toevoer is, dan kan op deze manier de locaties met (CO₂-rijk) kwelwater in beeld gebracht worden.

Een slotensysteem in een laagveenpolder wordt aan de een zijde gevoed door schoon kwelwater, terwijl aan de andere zijde vervuild Rijnwater wordt ingelaten. De waterbeheerder vraagt zich af hoe ver de invloed van dit (gebiedsvreemde) Rijnwater uitstrekt in de polder. De verschuivingen in

soortensamenstelling van de vegetatie geven hiervoor een goede indicatie. Op grote afstand van de waterinlaat zijn de sloten begroeid met een open vegetatie van Krabbenscheer, Kikkerbeet, Kransvederkruid en kranswieren. Deze vegetatie is karakteristiek voor schoon kwelwater, met vrij lage concentraties van nutriënten (N, P), een matige hardheid, en de afwezigheid van toxiciteit van NH_x . Richting de waterinlaat verandert de vegetatie gaandeweg van soortensamenstelling; de zogeheten woekersoorten (zoals Grof hoornblad) krijgen een steeds groter aandeel in de vegetatie, en Krabbenscheer verdwijnt van het toneel. Vlak bij de inlaat wordt het wateroppervlak bedekt door een dikke krooslaag van verschillende soorten, zoals Bultkroos en Grote kroosvaren, waardoor ondergedoken waterplanten afwezig zijn vanwege lichtgebrek. Deze gradiënt weerspiegelt een steeds grotere beschikbaarheid van nutriënten (N, P), anorganisch koolstof en NH_x in de richting van het inlaatpunt, die het gevolg is van de inlaat van Rijnwater.

In de beek de Middelste Beerze in Noord-Brabant is langs een stroomafwaarts gelegen traject de soort Drijvende waterweegbree verdwenen. Dit is een N2000 soort, dus de waterbeheerder wil graag weten welke factoren verantwoordelijk zijn voor de afname van deze soort. In het kader van antiverdrogingsmaatregelen is het waterpeil in de beek opgezet, door plaatsing van stuwtjes; verder zijn er geen duidelijke veranderingen in nutriëntenbelasting. De vegetatie in de beek bestaat uit een open begroeiing met alledaagse soorten als Kleine egelskop, Smalle waterpest, Glanzig fonteinkruid en Grote waterranonkel. Deze soorten zijn deels indicatief voor een hoge hardheid (bicarbonaatgehalte) van het beekwater. In deze toename ligt mogelijk het antwoord op de achteruitgang van Drijvende waterweegbree in deze beek. Deze soort is namelijk beperkt tot locaties met (zeer) lage concentraties van bicarbonaat, aangezien deze soort bij hogere concentraties wordt verdrongen door algemenere soorten. De vraag is dan waardoor de toegenomen bicarbonaat concentratie wordt veroorzaakt. De oorzaak ligt waarschijnlijk in het wegdrukken van kwel naar de beek, door het verhogen van het beekpeil. Dit kwelwater is namelijk arm aan bicarbonaat. Bovendien is dit kwelwater ook rijk aan nitraat, vanwege bemesting van nabijgelegen akkers. Door de vermindering van de kweldruk stroomt het beekwater veel langzamer, en krijgen interne processen (zoals denitrificatie) meer kans. Bij denitrificatie wordt nitraat omgezet in stikstofgas, dat naar de atmosfeer verdwijnt. Bij deze omzetting wordt echter ook veel bicarbonaat gevormd, wat de sterke toename van de waterhardheid kan verklaren.

Bijlage 2. Notitie indicatiewaarden macrofauna in relatie tot diagnostische beoordeling ecologische waterkwaliteit

Ralf Verdonschot, Piet Verdonschot; Wageningen Environmental Research, 12-10-2022 Inleiding

De indicatiewaarde van de macrofauna in het zoete water is veel groter dan momenteel wordt benut wanneer de KRW-maatlatten worden toegepast (Verdonschot & Verdonschot 2021). Deze methodiek beoordeelt de ecologische kwaliteit van een waterlichaam op basis van de macrofauna aan de hand een score die opgebouwd wordt uit de aanwezigheid van bepaalde positieve en negatieve indicatoren en hun abundantieverhoudingen, geijkt op een arbitrair vastgestelde referentiewaarde voor het desbetreffende watertype. Dit geeft een score (EKR) die de toestand aangeeft ten opzichte van de referentiescore. Deze score maakt echter niet inzichtelijk welke achterliggende knelpunten verantwoordelijk zijn voor het verschil tussen de referentie en de bemonsterde locatie, wat noodzakelijke kennis is voor het formuleren van passende maatregelen. Om de zeggingskracht van de macrofaunalevensgemeenschap optimaal te benutten is een andere benaderingswijze nodig, waarbij naast indicatoren voor de kwaliteit ook milieu-indicatoren en biologische systeem indicatoren worden geïntegreerd in één instrument.

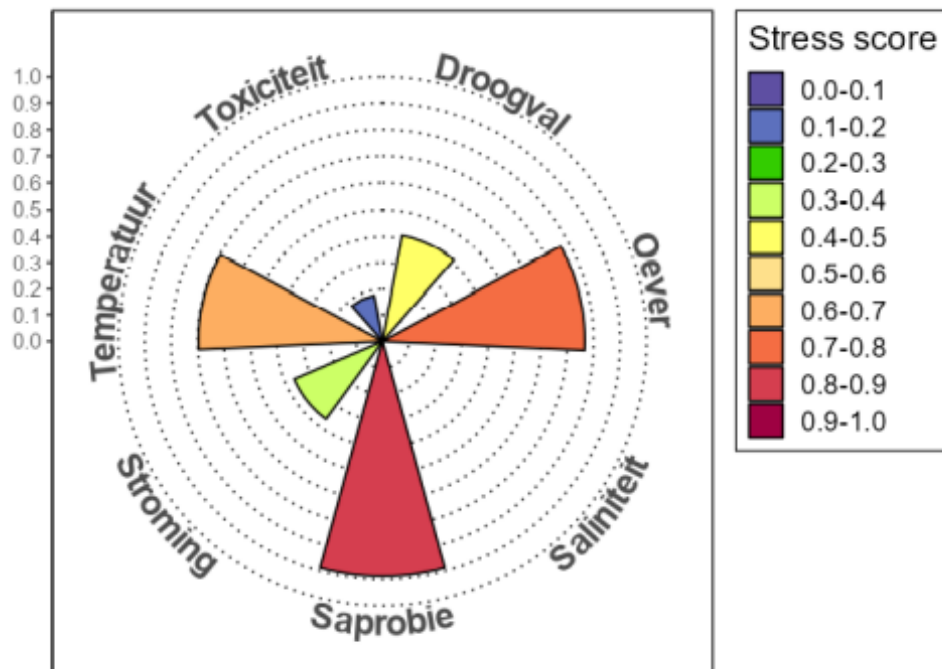
Van score algemene biologische toestand op basis kwaliteitsindicator naar een diagnostisch instrument op basis van milieu-indicatoren

In de samenstelling van macrofaunalevensgemeenschappen ligt veel informatie over milieufactoren besloten, die kan worden weergegeven aan de hand van de milieupreferenties en eigenschappen (de zogenoemde 'traits') van de soorten (Verdonschot & Verdonschot 2021). Van veel soorten is namelijk bekend welke eisen ze aan hun habitat stellen in termen van sleutelfactoren, bijvoorbeeld de grenswaarden en optima voor stroomsnelheid, zuurgraad, zuurstofgehalte en temperatuur. Op basis van indicatiewaarden van de soorten is het dan ook mogelijk een diagnose te stellen van de belangrijkste knelpunten die spelen in een waterlichaam. Hiervoor kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van bestaande overzichten van milieu- en habitatpreferenties (Verberk et al. 2012, Schmidt-Kloiber & Hering 2015) en de gevoeligheid voor toxische stoffen (SPEAR, Liess & van der Ohe 2005).

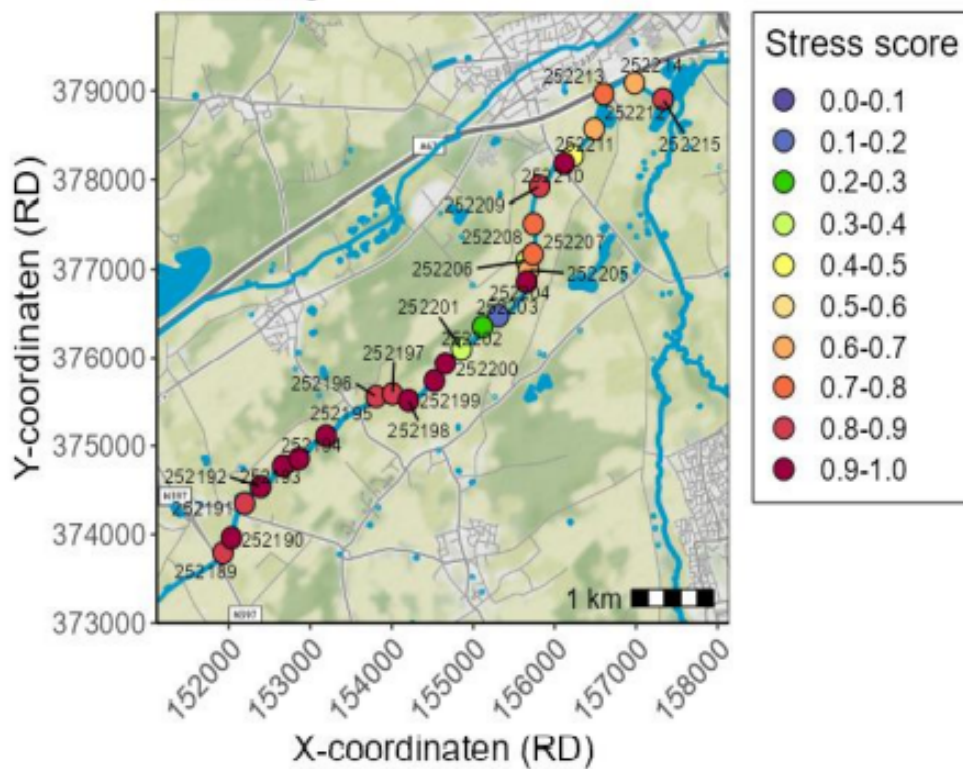
Door taxonlijsten te koppelen aan de milieu- en habitatpreferentie-databases kan na een aantal verwerkingsstappen (bijvoorbeeld weging naar abundantie) een score worden gegenereerd die een indicatie geeft van de waarde van een bepaalde sleutelfactor op een locatie (Verdonschot & Verdonschot 2019). Bevat de levensgemeenschap bijvoorbeeld veel individuen met een preferentie voor hoge stroomsnelheden dan geeft dit aan dat de stromingscondities in een beek op orde zijn. Omdat de ontwikkeling van soorten van ei tot volwassen dier een langere periode beslaat, van maanden tot enkele jaren, geeft de aanwezigheid van deze soort een integratie van de waarden voor stroomsnelheid over de tijd, waarbij geen over- of onderschrijdingen van de tolerantiegrenzen mogen voorkomen. Het tijdsaspect wordt daarmee automatisch geïntegreerd in de benadering.

De op basis van de levensgemeenschap gegenereerde score kan vervolgens worden vergeleken met andere locaties of worden geijkt op een referentie (bijvoorbeeld de 5% beken met een goede ecologische kwaliteit), waardoor er een waardeoordeel aan kan worden toegekend. Door naar verschillende indicaties tegelijkertijd te kijken kan een beeld worden gevormd van de (multi)stress, die kan worden gevisualiseerd in de vorm van een diagram (Figuur 1). Deze scores kunnen ook ruimtelijk met elkaar worden vergeleken, om bijvoorbeeld een beeld te krijgen van de variatie in milieuomstandigheden binnen een waterlichaam.

252206



Strooming



Figuur 1: Voorbeeld van een knelpuntenanalyse diagram op basis van de milieu- en habitatpreferenties macrofauna (boven) waarin per factor de stress op basis van de indicatiewaarden van de macrofauna wordt weergegeven van niet (0) tot veel stress (1). De scores voor een bepaalde factor kunnen ook ruimtelijk met elkaar worden vergeleken om een beeld te krijgen van de variatie van een bepaalde milieufactor binnen een waterlichaam (onder).

Er zijn twee belangrijke aandachtspunten bij het gebruik van milieu-indicatoren die aandacht behoeven. Ten eerste is dit de kwaliteit van de brongegevens opgenomen in de preferentielijsten. Naar aanleiding van opmerkingen van gebruikers is het de afgelopen jaren duidelijk geworden dat de classificering van preferenties op een aantal punten aanvullingen of een update nodig heeft. Aanvullend is hierbij aandacht nodig voor de effecten van onderlinge interacties van en effecten op het voorkomen van soorten. Milieupreferenties moeten hiervoor worden gecorrigeerd. Tijdens het ontwikkelen van een instrument is het belangrijk een dergelijke update integraal mee te nemen om te kunnen rekenen met de meest actuele brongegevens. Een tweede punt betreft het gebruik van referenties; hoe moeten deze gekozen worden in een snel veranderende wereld zodat deze wel recht doen aan verschuivingen in levensgemeenschappen (klimaatverandering), zonder te vervallen in het steeds verder af te wijken bij het stellen van doelen van een streefbeeld met ambitie, oftewel de rijke zoetwatersystemen die ooit in Nederland aanwezig waren (het probleem van een verschuivend referentiekader, *shifting baseline syndrome*).

Het belang van het toevoegen van systeem-indicatoren aan de beoordeling

De hierboven beschreven diagnostische benadering gaat uit van milieu- of tolerantiefactoren als verklarende factoren, maar in de praktijk blijkt dat er nog andere relevante parameters een rol spelen die het voorkomen van soorten bepalen, uiteenlopend van landschaps- of omgevingsstructuur en kwaliteit tot biotische interacties die interacteren met bepaalde fasen in de levenscyclus of bijvoorbeeld de dispersiecapaciteit van een soort (Verdonschot & Verdonschot 2021, Bakker et al. 2022). Zonder rekening te houden met dit type beïnvloeding op de soortensamenstelling kan een mismatch worden gevonden tussen de milieumomstandigheden en het voorkomen van soorten.

Het vaststellen van dit type biologische relaties voor alle potentieel relevante soorten in de Nederlandse aquatische systemen is niet realistisch omdat het veel kennis vraagt die nog maar voor weinig soorten voldoende gedetailleerd voorhanden is, zoals voor de kokerjuffers *Agapetus fuscipes* en *Lepidostoma basale* (Verdonschot et al. 2015, Van der Lee et al. 2020). Een aanpak waarbij bepaalde soorten worden gekozen die kunnen dienen als biologische systeem indicatoren (gidsoorten) kan een werkbare benadering zijn. Deze gidsoorten hebben bijvoorbeeld een kritische fase in hun levenscyclus, bepaalde hulpbronnen nodig, zijn dispersie-gelimiteerd, gekoppeld aan bepaalde ecosysteemprocessen, niet concurrentiekrachtig enzovoorts. Het uitwerken van deze benadering met biologische systeemindicatoren vraagt nog een nadere uitwerking.

Monsternamen methodiek; is het noodzakelijk om 5-m-standaardnetmonsters te nemen om tot een diagnose te komen met de voorgestelde indicatoren?

Om tot een diagnose te komen is het niet altijd noodzakelijk te werken met 5-m-standaardnetmonsters, die arbeidsintensief zijn om te verwerken omdat veel materiaal moet worden uitgezocht wat tot op het hoogst haalbare taxonomische niveau moet worden gedetermineerd. Een alternatieve aanpak is de QuickScan macrofauna, waarbij kleinere monsters worden genomen die vervolgens op lagere taxonomische niveaus worden gedetermineerd (familie, genus). Hiermee is bijvoorbeeld al ervaring opgedaan in sloten (Keizer-Vlek et al. 2013) en beken (Verdonschot & Verdonschot 2019). Uiteraard zijn de toepassingsmogelijkheden van deze alternatieve aanpak afhankelijk van het doel van de bemonstering.

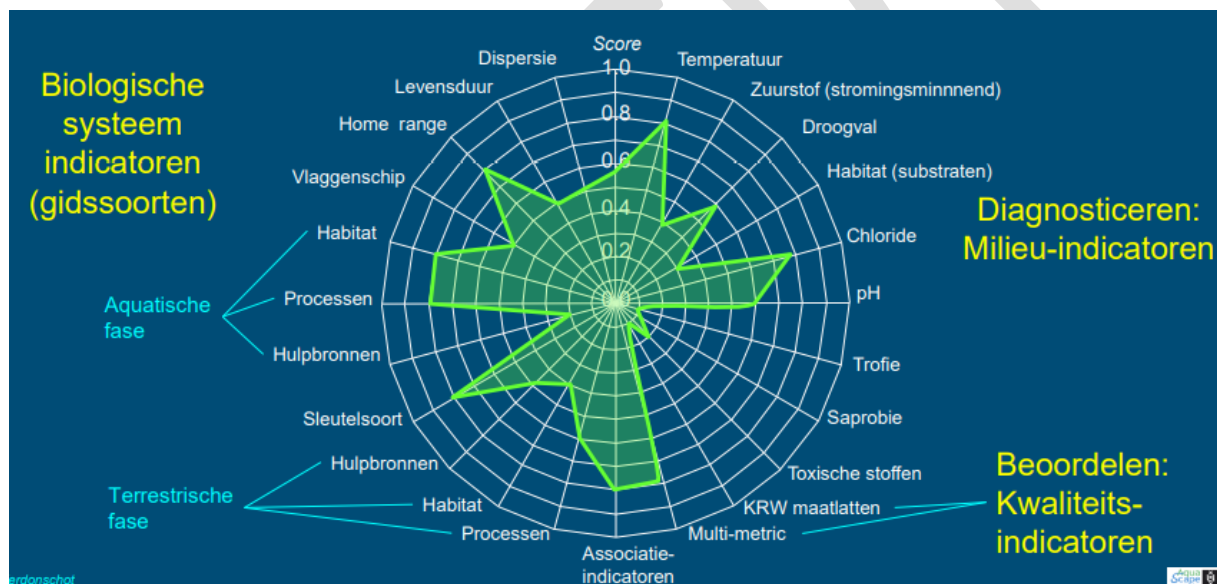
Verkenning van een koppeling van deze monitoringsaanpak met de voorgestelde methodiek zou een nuttige toevoeging kunnen zijn aan het te ontwikkelen instrument, omdat er bijvoorbeeld meer monsters in de ruimte kunnen worden genomen, waardoor opschaling of vlak dekkende beoordeling in beeld komt. Het is op dit moment echter nog niet duidelijk welke indicatoren binnen de

verschillende indicator-groepen zich voor deze vorm van monitoring lenen en waar de beperkingen liggen.

Naar een integrale biologische benadering (EBEO 2.0)

Een abiotische en biotische integrale benadering op basis van de macrofauna, waarbij naast de klassieke kwaliteitsindicatoren ook milieu-indicatoren en biologische-systeem-indicatoren worden gebruikt, gaat een verbeterd inzicht geven in de knelpunten die spelen in waterlichamen en hun terrestrische omgeving. Hierbij wordt expliciet de ruimtelijke schaal, van de lokale situatie tot processen op landschapsschaal, gebruikt, afhankelijk van de gekozen indicatoren. Via het betrekken van kennis van de levenscycli van organismen wordt daarnaast ook de factor tijd geïntegreerd. Deze benadering is daarmee veel meer dan een algemeen kwaliteitsoordeel en biedt mogelijkheden om gericht maatregelen te kunnen nemen om knelpunten weg te nemen.

Een voorbeeld waarbij een integratie wordt gemaakt tussen de klassieke kwaliteitsbeoordeling en het diagnosticeren van knelpunten met de milieu-indicatoren en biologische systeemindicatoren wordt gegeven in figuur 2.



Figuur 2: Voorbeeld van een integrale beoordeling op basis van de macrofauna waarbij naast de klassieke kwaliteitsindicatoren ook milieu-indicatoren en biologische-systeem-indicatoren worden geïntegreerd in één instrument.

Literatuur

Bakker, A M., de Vries, J., Verdonschot, P.F.M., Verdonschot, R.C.M. (2022). Biotische interacties in aquatische ecosystemen. Kennisdocument Kennisimpuls Waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 48 pp.

Keizer-Vlek, H., Gylstra, R., Verdonschot, R., Verdonschot, P. (2013) KRW QuickScan macrofauna 'overige wateren'. H2O-online 7 juni 2013. 10 p.

Liess, M. & van der Ohe, P.C. (2005) Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. Environmental toxicology and chemistry 24: 954-965

Schmidt-Kloiber, A., Hering, D. (2015): www.freshwaterecology.info - an online tool that unifies, standardises and codifies more than 20,000 European freshwater organisms and their ecological preferences. Ecological Indicators. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.02.007>

Van der Lee, G.H., Kraak, M.H.S., Verdonschot, R.C.M., Verdonschot, P.F.M. (2020) Persist or perish: critical life stages determine the sensitivity of invertebrates to disturbances. Aquatic Sciences: research Across Boundaries 82:24.

Verberk, W.C.E.P., Verdonschot, P.F.M., Van Haaren, T., Van Maanen, B. (2012) Milieu-en habitatpreferenties van Nederlandse zoetwatermacrofauna. STOWA rapport 2012-19, STOWA, Amersfoort.

Verdonschot, R.C.M., Verdonschot, P.F.M. (2019). QuickScan macrofauna Sterkselsche Aa 2018. Notitie Zoetwatersystemen, Wageningen Environmental Research.

Verdonschot, R.C.M., Kleef, H.H. van, Verdonschot, P.F.M. (2015). Herstel van laaglandbeken door het herintroduceren van macrofauna. Rapport nr. 2015/OBN199-BE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Driebergen.

Verdonschot, P.F.M., Verdonschot, R.C.M. (2021). Indicatiewaarden van aquatische organismen. Kennisdocument Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen.

Bijlage 3. Achtergrond eDNA metabarcoding vissen waterkwaliteit

Voor alle watertypen zijn sleutelfactoren te benoemen die bepalend zijn voor de ecologische kwaliteit (zie figuur hieronder voor stromende wateren). De sleutelfactoren stellen waterbeheerders in staat een goede ecologische systeemanalyse te doen van een watersysteem. Ze geven een antwoord op de vragen: ‘waarom is het zoals het is?’ en ‘wat moeten we doen om verbetering te bewerkstelligen? Het is wenselijk dat de informatie die hiervoor nodig is, voortvloeit vanuit de KRW-monitoring. Dat is nu vaak nog niet het geval. In onderstaand voorbeeld wordt inzichtelijk gemaakt hoe dit kan worden aangepakt voor het biologische kwaliteitselement van de vissen op basis van DNA- fragmenten die vissoorten in het water achterlaten. Op basis van dit zogenaamde environmental DNA (eDNA) ontstaat een goed beeld van de in een water voorkomende vissoorten en de verhoudingen waarin ze voorkomen. Een groot voordeel van deze methode is, dat vissen niet verstoord of gevangen hoeven te worden en dat de gevoeligheid (trefkans voor soorten) en uniformiteit (vergelijkbaarheid tussen wateren) veelal is hoger dan bij conventionele methoden zoals netten of het electrovisapparaat. Deze innovatieve methode is de afgelopen jaren uitgebreid getest in samenwerking met waterschappen. Omdat vissen langerlevende soorten zijn die binnen hun levenscyclus gebruik maken van verschillende habitats, zijn ze bij uitstek geschikt om de beperkingen binnen een watersysteem op een groter schaalniveau te diagnosticeren. Hieronder zijn de resultaten van de eDNA bemonstering vissen voor de Boven Slinge en Bornse Beek gebruikt voor de sleutelfactoren connectiviteit, stagnatie, natte doorsnede en aanwezigheid waterplanten in stromende wateren.



Figuur 1 Boven Slinge R5



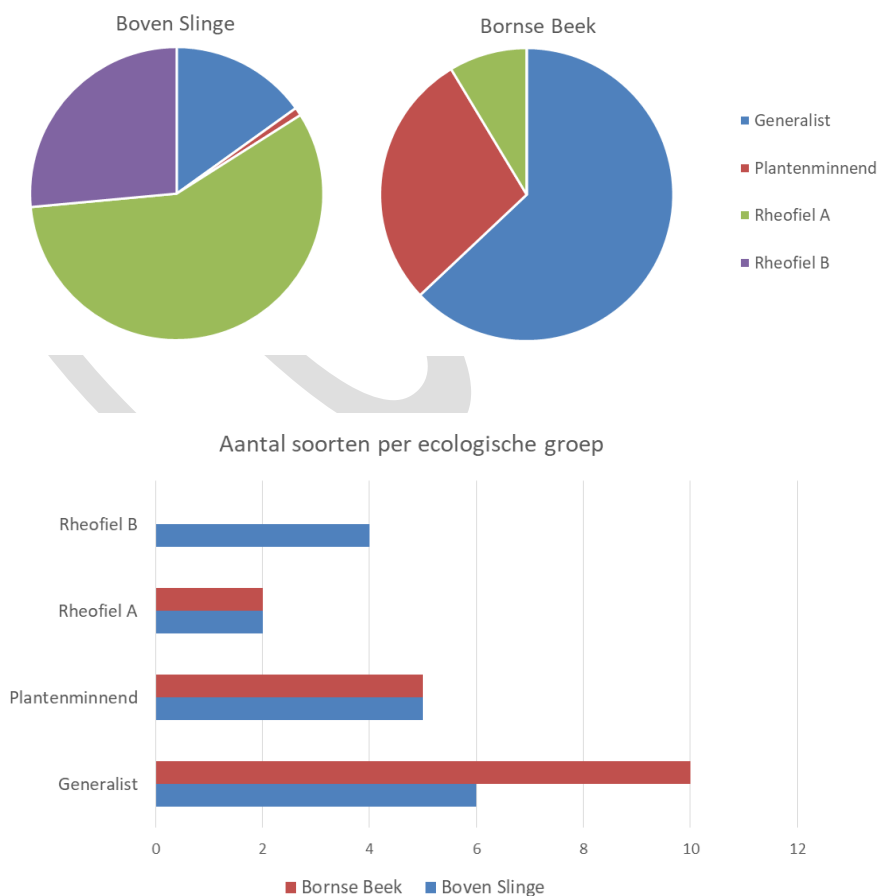
Figuur 2 Bornse Beek R5

Figuur 1 geeft het eDNA-aandeel weer voor vier ecologische groepen die binnen een visgemeenschap onderscheiden kunnen worden: 1) generalistische soorten die weinig kritisch

zijn en in aandeel toenemen onder verstoorde omstandigheden 2) plantenminnende soorten die in aandeel toenemen onder heldere en plantenrijke omstandigheden, 3) soorten met een voorkeur voor enige stroming (rheofiel A), 4) soorten met een voorkeur voor veel stroming (rheofiel B). Figuur 2 laat het aantal soorten per ecologische groep zien.

In de Boven Slinge komen 17 inheemse vissoorten voor: 6 generalistische, 5 plantminnende, 2 rheofiel A, en 4 rheofiel B soorten. Als we kijken naar het eDNA aandeel, dan behoort ruim 58% van het aangetroffen DNA tot de rheofiel A soorten en 26% tot de rheofiel B soorten. Generalistische soorten maken voor 15% uit van de visgemeenschap en plantenminnende soorten (1%) komen weinig voor. De aanwezigheid van een hoog aandeel rheofiele soorten, weinig plantenminnende soorten en een relatief gering aandeel aan generalistische soorten, wijst op een goede ecologische kwaliteit van de Boven Slinge waarbij de connectiviteit en natte doorsnede (veel stroming) in orde zijn.

In de Bornse Beek komen eveneens 17 inheemse vissoorten voor: 10 generalistische, 5 plantminnende en 2 rheofiel A soorten. Als we kijken naar het eDNA aandeel, dan behoort ruim 63% van het aangetroffen DNA tot de generalistische, 28% tot plantminnende en 9% tot rheofiel A soorten. Ondanks hetzelfde aantal soorten geven de ecologische groepen een heel ander beeld. Generalistische en plantminnende soorten hebben de overhand. Soorten van langzaam stromend water (rheofiel A) komen beperkt voor terwijl soorten met een voorkeur voor veel stroming (rheofiel B) ontbreken. Dit duidt erop dat stagnatie en een (te) overvloedige plantengroei als gevolg van verstuwing en een te grote natte doorsnede, een knelpunt zijn voor het ecologisch functioneren van deze beek.



Om een goede diagnose te kunnen stellen is het belangrijk om als onderdeel van de vismonitoring, ook te kijken naar de aanwezigheid van verschillende habitats en aanwezige knelpunten. Dit gebeurt al bij de monitoring van vissen in Natura2000-gebieden en geeft informatie over de maatregelen die het best toegepast kunnen worden. Voorgesteld wordt de bemonsteringen met eDNA te combineren met een habitatcheck waarin door een expert in het veld belangrijke parameters voor vis worden beoordeeld (stroming, habitatstructuur, droogval, verstuwings/bereikbaarheid en dergelijke). Daarnaast wordt in de huidige KRW sterk gefocust op de waterlichamen zelf terwijl vaak een groot deel van het oppervlaktewater in de categorie overig water valt. Zeker in poldersysteem kan een deel tot de sleutel van herstel liggen in de connectiviteit van de grotere wateren met de aangrenzende sloten. Van oudsher hadden deze een belangrijke functie als paaigebied en kraamkamer. Voorgesteld wordt daarom in een nieuwe beoordeling bij de diagnostisering van knelpunten, het gehele watersysteem te beschouwen om zo een compleet beeld te krijgen van het functioneren van een watersysteem en de limiterende factoren.

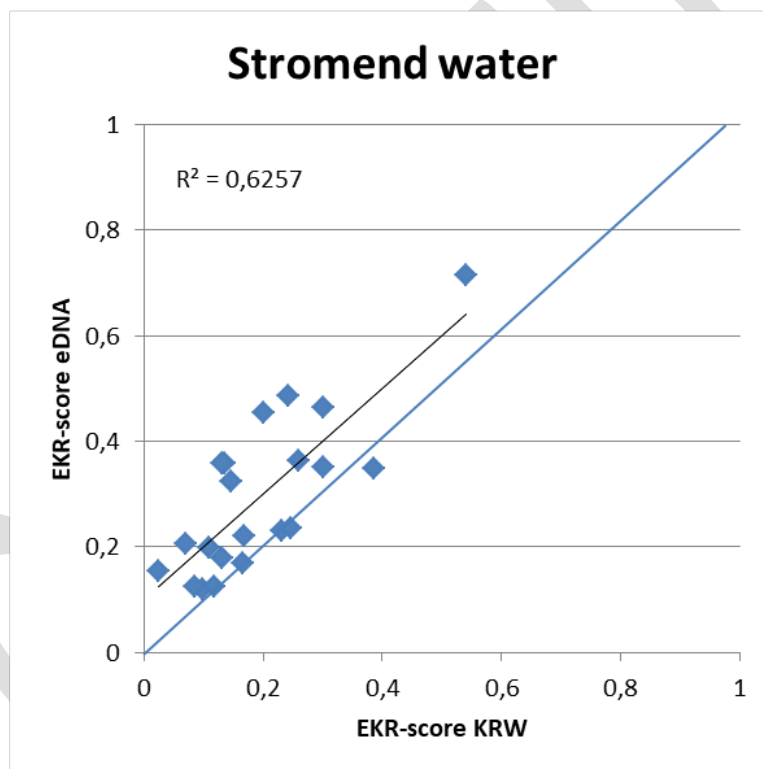
Bijlage / achtergrond info

Ecologische groep	Soort	Boven Slinge	Bornse Beek	Boven Slinge (%)	Bornse Beek (%)
Exoot	Blauwband	5177		0,309	
Exoot	Marmelgrondel		202573		29,748
Exoot	Zonnebaars	1542	2494	0,092	0,366
Exoot	Zwartbekgrondel		1482		0,218
Generalist	Baars	31987	43234	1,910	6,349
Generalist	Blankvoorn	122614	127492	7,321	18,722
Generalist	Brasem		60448		8,877
Generalist	Karper	6605	1509	0,394	0,222
Generalist	Kleine modderkruiper		1162		0,171
Generalist	Kolblei	33	26267	0,002	3,857
Generalist	Kroeskarper of Giebel	784	34473	0,047	5,062
Generalist	Paling	1437	12	0,086	0,002
Generalist	Pos		4072		0,598
Generalist	Snoekbaars		55		0,008
Generalist	Driedoornige stekelbaars	88220		5,268	
Plantenminnend	Bittervoorn	7132	21152	0,426	3,106
Plantenminnend	Rietvoorn	3085	21869	0,184	3,211
Plantenminnend	Snoek	3925	66685	0,234	9,793
Plantenminnend	Tienddoornige stekelbaars	952		0,057	
Plantenminnend	Vetje		74		0,011
Plantenminnend	Zeelt		25007		3,672
Stromingsminnend (langzaam)	Bermpje	496697	1104	29,658	0,162
Stromingsminnend (langzaam)	Riviergrondel	463095	39806	27,652	5,845
Stromingsminnend (snel)	Beek- of Rivierprik	7448		0,445	
Stromingsminnend (snel)	Atlantische forel	93331		5,573	
Stromingsminnend (snel)	Kopvoorn	9428		0,563	
Stromingsminnend (snel)	Serpeling	331255		19,779	

Diagnostische soorten voor een goed habitat voor R5 zijn de soorten met een voorkeur voor snel stromend water (rood gegeven hierboven). Exoten zijn niet meegenomen in de grafieken met aandeel per gilde omdat deze niet indicatief zijn voor de kwaliteit van het leefgebied (ze kunnen wel als drukfactor worden gezien).

Uit het rapport: Herder, J.E, M. Groen & J. Kranenbarg, 2021. *eDNA-metabarcoding vissen. Onderzoek naar de mogelijke toepassing van eDNA voor de KRW vismonitoring (2018-2021).* Stichting RAVON, Nijmegen. Rapport 2018-141d.

Vergelijking EKR-scores berekend met de eDNA gegevens en vanuit de KRW-bevissing. De blauwe lijn geeft ter indicatie een gelijke score met eDNA en KRW weer.





Boven Slinge R5

Status: sterk veranderd

Deel: ten noorden van stuw Berenschot.

1. Geen stuwen/barrières in dit deel
2. Beekherstel uitgevoerd (hermeandering), verwijdering van beschoeiing
3. Jaarrond waterhoudend, enkel droogval in bovenlopen
4. Periodiek hoge organische belasting
5. Goede stroming aanwezig (met detritusbanken en plaatselijk grind)

Ecologische kwaliteit voor vissen: Goed



Bornse Beek R5

Status: sterk veranderd

Deel: Elsbeek

1. Sterk verstuwd
2. Peilbeheer gericht op landbouw
3. Onnatuurlijk grote afvoerdynamiek
4. Jaarrond waterhoudend door effluent
5. Genormaliseerd met steile oevers met oeverversterking
6. Hoge organische belasting & verontreiniging met zink en PAK

Ecologische kwaliteit voor vissen: Slecht