

Monitoren van de ecologie

1	INLEIDING	1
2	GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS	2
3	STRATEGIE.....	3
4	SCHEMATISCHE WEERGAVE.....	4
5	WERKING.....	4
5.1	TRENDMONITORING	5
5.2	DIAGNOSTISCHE MONITORING	6
5.3	MAATREGEL-EFFECT MONITORING.....	8
6	KOSTEN EN BATEN	10
7	RANDVOORWAARDEN	10
8	GOVERNANCE	11
9	PRAKTIJKERVARINGEN EN LOPENDE INITIATIEVEN	11
10	KENNISLEEMTES	11
11	BRONNEN & LINKS	11
12	COLOFON	12
13	DISCLAIMER.....	12

1 INLEIDING

In Nederland bestaat het grootste deel van de monitoring in stilstaande en stromende wateren uit het meten van een voorgeschreven set parameters met standaardmethoden. Deze metingen vinden grotendeels plaats op

vaste meetpunten, die samen het meetnet vormen. Op basis van deze monitoring wordt gewoonlijk de toestand vastgesteld met kwaliteitselementen voorgeschreven in de Kaderrichtlijn Water (KRW).

De locaties worden met een bepaalde frequentie gemeten. De meetfrequentie varieert per parameter; van maandelijks voor fysisch-chemische parameters tot eenmaal per 3 tot 6 jaar voor de flora en fauna. Soms worden meetpunten verplaatst of extra meetpunten toegevoegd, die volgens dezelfde systematiek worden bemonsterd en beoordeeld.

Indien meetpunten langjarig en frequent volgens een vast protocol worden bemeten, is het naast het vaststellen van de toestand ook mogelijk trends te detecteren. Deze monitoring wordt daarom toestand- en trendmonitoring genoemd.

De bestaande meetmethoden en waterschapsmeetnetten sluiten echter onvoldoende aan bij de doelen 'het stellen van een diagnose' en 'het kennen van maatregeleffect-relaties'. Daarnaast blijkt het vaststellen van trends lastig; door of een te lage meetfrequentie, en het in de tijd verschuiven van meetlocaties en veranderingen in de gehanteerde methode.

Het is de vraag hoe de inrichting van een meetnet geoptimaliseerd kan worden voor het in beeld brengen van de toestand van water, voor het vaststellen van een trend, voor de diagnose van de ecologische omstandigheden en voor het in beeld brengen van de effecten van maatregelen. Het doel van deze *Deltafact* is om per monitoringsdoel op basis van wetenschappelijke kennis een richtlijn voor te stellen die moet leiden tot een doelgerichte monitoringsopzet. Waar uiteindelijk aanpassingen nodig zijn zal de praktijk moeten uitwijzen.

Omdat we voor 2027 geen afstand nemen van de nu gebruikte methodieken om de toestand van een water te beoordelen gaan we in deze *Deltafact* daar niet verder op in.

2 GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS

van der Lee G.H., Verdonschot R.C.M. en Verdonschot P.F.M. (2021). Advies voor het monitoren van de ecologische waterkwaliteit. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. pp. 24. <https://kennisimpulswaterkwaliteit.nl/nl/publicaties/advies-voor-het-monitoren-van-de-ecologische-waterkwaliteit>

Verdonschot P.F.M. & Verdonschot R.C.M. (2021). Indicatiewaarden van aquatische organismen. Kennisdocument Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 46 pp.

<https://kennisimpulswaterkwaliteit.nl/nl/publicaties/indicatiewaarden-van-aquatische-organismen>

3 STRATEGIE

Het opzetten van een nieuw monitoringsprogramma om effecten van maatregelen in beeld te brengen vraagt om een verandering in denken en handelen. Door monitoring uit te voeren die past bij het doel (d.w.z. toetsen van de effectiviteit van maatregelen), komt ook beter in beeld welke maatregelen wel en niet werken in specifieke situaties, waardoor in de toekomst de meest effectieve en kostenefficiënte maatregelen kunnen worden ingezet. Op dat moment gaat de investering renderen en zorgt het voor een meer dan ruime besparing. Ook hierbij geldt weer dat deze aanpak niet in ieder beheergebied van elk afzonderlijk waterschap hoeft plaats te vinden maar kan in gemeenschappelijkheid worden opgezet en uitgevoerd.

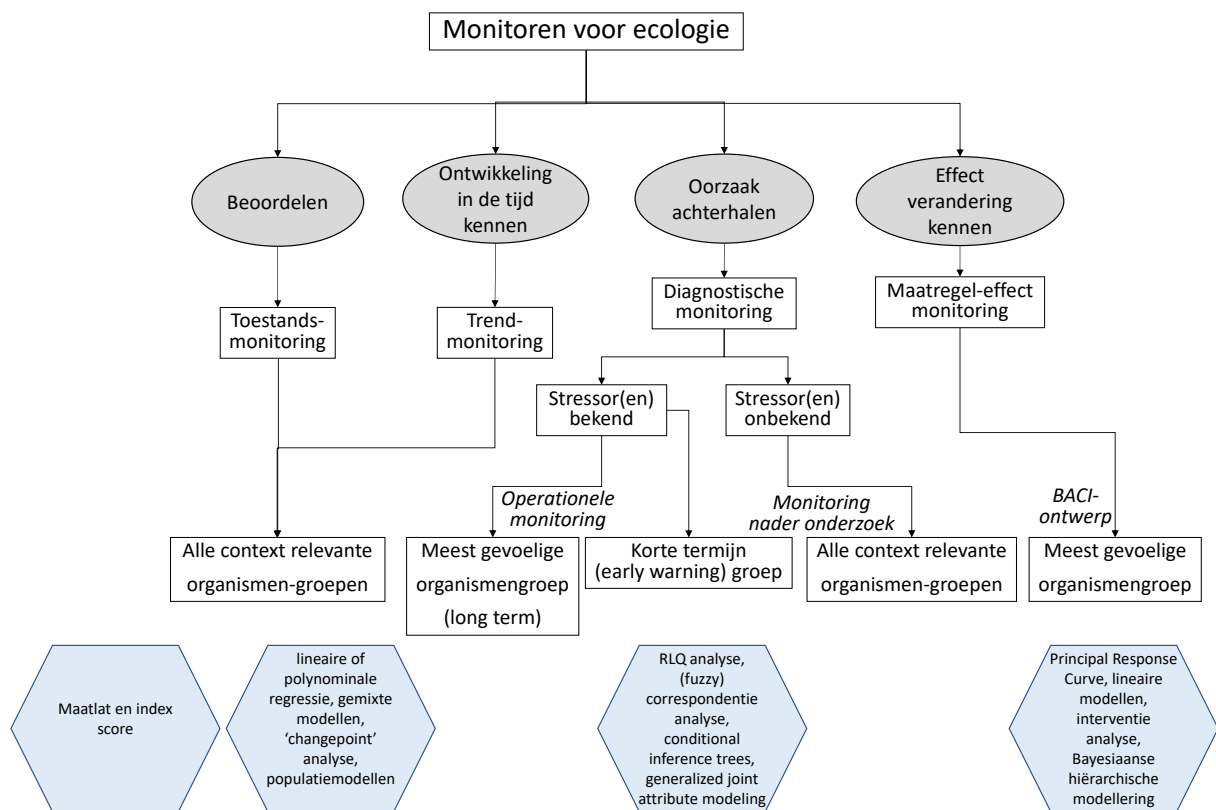
Bij het opzetten van een monitoringsprogramma worden een aantal basisvragen gesteld:

- WAAROM wordt het monitoringsprogramma opgezet m.a.w. wat is het doel en welke vragen moeten beantwoord worden?
- WAT gaat er gemeten worden m.a.w. welke parameters moeten gemeten worden om antwoorden te geven op de gestelde vragen?
- WAAR gaat er gemeten worden m.a.w. in welk ruimtelijk geografisch gebied met welke gebieds- en landschapskenmerken?
- HOE VAAK gaat er gemeten worden m.a.w. welke frequentie van metingen is per parameter nodig om het doel te bereiken?
- HOE gaat er gemeten worden m.a.w. welke methoden gaan ingezet worden om zo doelgericht en kosteneffectief antwoorden te verzamelen?

- WAT wordt er de resultaten gedaan m.a.w. is het doel de toestand beoordelen, een trend analyseren, een oorzaak achterhalen (diagnosticeren) of het effect van een maatregel leren kennen?

In de volgende paragrafen zullen bovenstaande vragen voor trend, diagnostische en maatregel-effect-monitoring in het kort worden uitgewerkt. Voor een uitgebreide achtergrond wordt verwezen naar van der Lee et al. (2021 <https://kennisimpulswaterkwaliteit.nl/nl/publicaties/advies-voor-het-monitoren-van-de-ecologische-waterkwaliteit>).

4 SCHEMATISCHE WEERGAVE



Afbeelding 1. Keuzeschema ecologisch monitoren.

5 WERKING

5.1 TRENDMONITORING

Waarom trends monitoren?

Trendmonitoring beoogt langere termijn veranderingen in beeld te brengen. Dit kunnen lange-termijn effecten van maatregelen zijn van veranderd landgebruik of van autonome ontwikkelingen. Trendmonitoring gaat dus helpen bij het volgen generieke veranderingen, het vroegtijdig duiden van veranderingen, het waarnemen van zeldzame of vooraf onbekende omstandigheden, het verkrijgen van inzicht in tijdvertragingen en ondersteunt het onderzoeken van het effect van stressoren op meerdere generaties van een populatie; de ecologisch lange-termijn-respons (LTR).

Ondanks de uitgebreide ecologische monitoringsinspanning is uit analyses echter gebleken dat meestal onvoldoende meetjaren en meetmomenten in vergelijkbare seizoenen beschikbaar zijn om betrouwbare analyses uit te voeren. Daarnaast blijkt anno 2021 nog steeds een zekere mate van variatie en onzekerheid in de gegevens te zitten door verschillen in monsternamen, uitzoeken en determineren, alhoewel de meer recente centralisatie van laboratoria dit punt verkleinen. Verder blijkt dat veel locaties met voldoende meetjaren zich in het grensgebied (grenspunten) bevinden waardoor ze minder representatief zijn voor trends die in de Nederlandse binnenwateren plaatsvinden.

Wat monitoren; welke doel- of indicatorvariabelen meten?

Omdat alle organismegroepen (macrofauna, vis, waterplanten, algen) complementaire informatie geven, kunnen voor trenddetectie alle groepen in aanmerking komen om te monitoren. Echter wanneer ook bij trends meer specifieke doelen worden gesteld kunnen selecties zinvol zijn.

Waar, hoe, en hoe vaak meten?

Voor het beoordelen van een trend wordt aanbevolen aparte Lange Termijn Ecologisch Monitoringsmeetpunten (LTEM) te selecteren en op deze meetpunten in hoge mate gestandaardiseerd en over lange tijd herhaald te meten. Deze aanpak hoeft niet in ieder beheergebied van elk afzonderlijk waterschap plaats te vinden maar kan gemeenschappelijk worden opgezet en uitgevoerd.

Voor de trendmonitoring wordt geadviseerd om een beperkt aantal locaties op nationaal niveau in verschillende watertypen die worden omgeven door verschillend landgebruik (bijvoorbeeld natuur-agrarisch-urbaan) te selecteren. Ook is het zinvol

om bij deze selectie overlap met meetpunten die in het verleden over lange termijn en gestandaardiseerd zijn bemonsterd in te bouwen. Een zo klein mogelijke variatie en onzekerheid wordt bereikt door i.) het nemen van voldoende grote monsters (alle aanwezige habitats), ii.) het bemonsteren in verschillende seizoenen (voorjaar en najaar voor macrofauna) per jaar, iii.) het toepassen van een gestandaardiseerde methode (bij voorkeur door één instantie uitgevoerd, waarbinnen strikte certificering en kwaliteitscontrole wordt toegepast), en iv.) het standaardiseren van de te gebruiken determinatieliteratuur.

Wat te doen met de resultaten; hoe data verwerken en interpreteren?

Het interpreteren van trendmonitoringsgegevens kan op basis van gekwantificeerde kennis van soorten en hun biotische kenmerken en abiotische milieu. Daarvoor zijn statistische analysetechnieken, zoals lineaire of polynomiale regressie, gemixte modellen, 'change point' analyse en populatiemodellen beschikbaar.

5.2 DIAGNOSTISCHE MONITORING

Waarom diagnostisch monitoren?

Het stellen van een diagnose en het begrijpen van de achterliggende processen vraagt om betrouwbare gegevens in ruimte en tijd voor specifieke stressoren. Omdat we in de Nederlandse wateren bijna altijd een multiple-stress-situatie aantreffen, is het van groot belang de verschillende stressoren en hun afzonderlijke werking op het ecosysteem te kennen. Indicatieve soorten kunnen met hun ecologische aanpassingen hier veel over vertellen, bijvoorbeeld over het stromingsregime en de mate van organische belasting. Kennis van de individuele responsen van indicatorsoorten op bepaalde stressoren en combinaties daarvan kan een belangrijk gereedschap leveren voor het zogenoemde diagnostisch monitoren.

Met diagnostische monitoring kunnen knelpunten worden gedetecteerd en achterliggende oorzakelijke factoren, natuurlijke veranderingen of stressoren, worden achterhaald. Hiermee kunnen daarna de meest effectieve maatregel(en) worden ingezet.

Het monitoren met de huidige meetfrequentie van fysische-chemische, hydrologische en morfologische parameters blijkt nog te weinig duiding te geven aan de werkelijke knelpunten in de abiotische parameters in de tijd. Daarvoor is de temporele maar ook de ruimtelijke dekking te laag, als bijvoorbeeld gekeken wordt naar het sterk

versnipperd landgebruik in ons land. Bovendien bevatten de KRW-maatlatten geen diagnostische methoden, waar ze overigens ook niet voor zijn ontwikkeld.

Wat monitoren; welke doel- of indicatorvariabelen meten?

Macrofauna is een zeer geschikte ecologische indicatorgroep voor aquatische systemen. Macrofauna reageert op een breed scala aan stressoren, de levenscycli komen overeen met de ruimtelijke en temporele schaal waarop beheersmaatregelen worden genomen en de groep is zeer rijk aan soorten waardoor een groot aantal indicatoren van allerlei aard beschikbaar is. In sommige gevallen is het direct meten van abiotische processen een geschikt alternatief.

Waar, hoe, en hoe vaak meten?

Diagnostische monitoring vraagt een dichte ruimtelijke dekking op grote ruimtelijke schaal, zoals (deel-)stroomgebied of polder. Bij het inrichten van een diagnostisch monitoringsmeetnet zijn de volgende aandachtspunten van essentieel belang: i.) stratificatie van het waterlichaam op basis van gebiedskennis, bij voorkeur nadat een systeemgerichte ecologische stressanalyse (SESA) is uitgevoerd waarbij kennis van bodem, landgebruik en dergelijke zijn betrokken, ii.) een kans-steekproef-opzet door minimaal drie meetpunten per gekozen gebied te loten, iii.) herhalingen in tijd omdat de diagnose van de stressoren nauwkeuriger wordt door de metingen op opnieuw gelote meetpunten te herhalen in de tijd waarbij de abiotische milieuprocessen afhankelijk van de tijdsspanne waarbinnen de relevante processen in het jaar verlopen worden gemeten, iv.) metingen uitvoeren met doelgerichte, goedkope en snel uitvoerbare methoden, zoals bijvoorbeeld de 'quickscan-macrofauna' methode, en v.) sommige abiotische processen continu te meten, bijvoorbeeld met sensoren en time-lapse camera's.

Wat te doen met de resultaten; hoe data verwerken en interpreteren?

Het interpreteren van diagnostische monitoringsgegevens kan op basis van gekwantificeerde kennis van soorten en hun biotische kenmerken en het abiotische milieu. Daarvoor zijn statistische analysetechnieken zoals de RLQ-analyse, correspondentie analyse (CA), conditional inference trees, fuzzy correspondentie analyse, negative binomial regression models (NBM) en generalized joint attribute modeling (GJAM) beschikbaar.

5.3 MAATREGEL-EFFECT MONITORING

Waarom maatregel-effect relaties monitoren?

Met het monitoren van de gevolgen van maatregelen wordt informatie verkregen over de effectiviteit van betreffende maatregelen, zodat via deze kennis een terugkoppeling kan plaatsvinden naar het beheer en beleid. Dit kan weer leiden tot bijstelling of voortzetting van de maatregelen.

Uit een uitgebreid onderzoek effecten van maatregelen, gebaseerd op zowel bestaande rapporten en een groot aantal gegevensbestanden, blijkt dat nauwelijks tot geen metingen voorafgaand, circa 3 jaar of meer, aan het nemen van een of meerdere maatregelen beschikbaar zijn. Hierdoor is geen goed beeld van de toestand voor de ingreep, de zogenaamde nulsituatie voorhanden en worden uitspraken over effectiviteit onbetrouwbaar. Het is beter om ook het gebruik te maken van controle-meetpunten. Echter ook die ontbreken veelal waardoor ook geen onderscheid kan worden gemaakt met grootschaligere, stroomgebiedsbrede ontwikkelingen en maatregeleffecten.

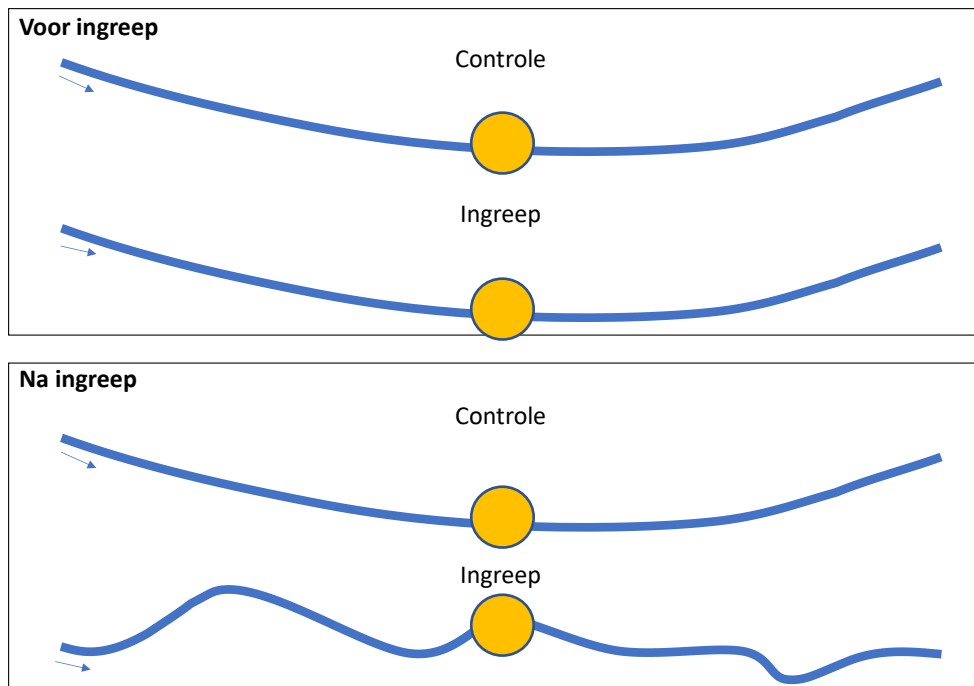
Wat monitoren; welke doel- of indicatorvariabelen meten?

Bij maatregeleffect monitoring wordt de meest geschikte variabelen bepaald door het gebied en het project m.a.w. de geografische positie en het watertype in relatie tot het doel en de vragen van het project. De te selecteren variabelen worden logischerwijze beïnvloed door de genomen maatregel(en). Een conceptueel model kan hier inzicht in geven. In een aantal gevallen kunnen abiotische milieuprocessen op korte termijn inzicht geven in effectiviteit maatregel(en) aanvullend op de biotische respons variabelen die vaak later optreden.

Waar, hoe, en hoe vaak meten?

Door het uitvoeren van de maatregel-effectmonitoring volgens het BACI-design (before, after, control, impact ontwerp) wordt een beter beeld verkregen van welke maatregelen wel en niet werken in specifieke watersystemen en specifieke milieu-omstandigheden. Om te weten of de maatregel een verandering teweeg heeft gebracht is het namelijk nodig om naast de locatie waar de maatregel uitgevoerd gaat worden ook een vergelijkbare locatie te bemeten die als controle dient. Hiermee kunnen autonome ontwikkelingen worden gescheiden van ontwikkelingen die optreden als gevolg van de maatregel. Daarnaast is het noodzakelijk om de uitgangssituatie op de maatregel- en controlelocatie vooraf te meten, waarmee

latere veranderingen kunnen worden geduid. Deze nulmetingen dienen minimaal drie meetjaren voor de uitvoering van de maatregel te worden gestart om respectievelijk de natuurlijke variatie en de autonome ontwikkelingen m.a.w. de uitgangssituatie vast te stellen. Als de locaties vervolgens minimaal vier meetjaren na het nemen van de maatregel(en) worden gemonitord, kan het meeste inzicht worden verkregen in de effecten van de maatregel(en).



Afbeelding 2. Eenvoudige Voor - Na - Controle -Ingreep opzet (BACI-design).

Ook bij maatregel-effect monitoring kunnen goedkope en snel uitvoerbare methoden, zoals de 'quickscan macrofauna', worden ingezet en kan continu meten van abiotische processen met bijvoorbeeld sensoren en time-laps camera's behulpzaam zijn. Uiteraard steeds afhankelijk van vraag en doel.

Wat te doen met de resultaten; hoe data verwerken en interpreteren?

Het interpreteren van maatregel-effect monitoringsgegevens kan op basis van gekwantificeerde kennis van soorten en hun biotische kenmerken en abiotische milieu. Daarvoor zijn statistische analyse technieken zoals 'Principal Response Curve (PRC)' methode, lineaire modellen (variantie analyses), interventie analyses en Bayesiaanse hiërarchische modellering beschikbaar.

6 KOSTEN EN BATEN

Aan iedere meting zijn kosten verbonden en monitoren om te monitoren is een te algemeen doel. Om de baten van metingen te optimaliseren is het belangrijk om vooraf een scherp doel te formuleren en een meetopzet die betrouwbare antwoorden geeft. De verschillende monitoringsdoelen vragen ieder een eigen meetinzet. Toestands- en trend-, diagnostische en maatregel-effect monitoring verschillen fundamenteel in ieders doelen. Momenteel wordt nog te vaak een monitoringsmethode toegepast voor alle doelen. Echter bijvoorbeeld vraagt maatregel-effect onderzoek een grotere meetinspanning dan toestandsmonitoring. Echter er zijn verschillende mogelijkheden op kosten te besparen zonder veel kwaliteitsverlies.

Niet alle organismengroepen hoeven te worden gemonitord, vaak kan met de meest informatieve groep t.o.v. het doel worden volstaan.

Maatregel-effect monitoring hoeft niet op ieder plek en doorlopend. Maatregel-effect monitoring is vooral bedoelt om te leren van en te weten of de doelen worden bereikt. Dergelijk onderzoek kan in gezamenlijkheid van meerdere waterschappen worden uitgevoerd en de ervaringen kunnen worden gedeeld en gegeneraliseerd. Voor sommige monitoringsonderdelen kunnen bij iedere monsternamen opnieuw geselecteerde meetpunten vanuit kostenefficiëntie kleinere QuickScan-monsters worden genomen die 'op het oog' worden gedetermineerd tot op het hoogst zichtbare taxonomische niveau. Hiermee wordt een kostenbesparing van circa 85% bereikt. Daarbij wordt aanbevolen enkele indicatieve organismegroepen (zoals bijvoorbeeld kokerjuffers) tot op soort te determineren. Op basis van de QuickScan-monsters kan vervolgens snel een uitspraak worden gedaan over de globale toestand (door het berekenen van een EKR score) en belangrijkste stressoren. Met vervolgonderzoek op lagere taxonomische niveaus kunnen vervolgens specifieke onderliggende factoren die bepalen waarom soorten wel of niet voor kunnen komen, worden vastgesteld.

7 RANDVOORWAARDEN

Ieder monitoringsdoel stelt haar eigen randvoorwaarden t.a.v. de te meten organismengroep, de ruimtelijke spreiding en meetfrequentie. Daarom is de belangrijkste voorwaarde dat vooraf aan iedere nieuwe monitoringsactiviteit een monitoringsplan ten grondslag ligt. In dit plan worden doel, methode, meetfrequentie, meetduur en aantal meetlocaties vastgelegd. Daarbij wordt de

organismengroep, het taxonomisch niveau en de monsternamen methoden beschreven. Ook wordt de analysemethode van de verkregen data beschreven.

8 GOVERNANCE

De KRW schrijft de verschillende vormen van monitoring voor en geeft een indicatie wanneer deze moet worden ingezet. Daarbinnen is voldoende "ruimte" om betreffend monitoringsaanpak doel specifiek uit te werken.

9 PRAKTIJKERVARINGEN EN LOPENDE INITIATIEVEN

De praktijk begint mondjesmaat meer gebruik te maken van control-impact (CI) en before-after-control-impact (BACI) bij het opzetten van de monitoring van maatregel-effect studies. Het scherper formuleren van doelen bij toestand- en trendmonitoring en het inzetten van diagnostische monitoring is nog zeer beperkt. Zo zijn wel met succes quick-scan macrofauna technieken gebruikt door waterschap De Dommel in de Strijper Aa om bronnen van stressoren te detecteren. Ook heeft dit waterschap recent een BACI opzet verkozen voor een maatregel-effect studie. Hoogheemraadschap Rijnland heeft het randomiseren van locatiekeuze toegepast voor de toestandsmonitoring om een ruimtelijk dekkend beeld van de ecologische kwaliteit te verkrijgen.

10 KENNISLEEMTES

Een belangrijk aandachtspunt bij monitoringsprogramma's is het optimaliseren van de juiste meetfrequentie en ruimtelijke schaal van meten. Belangrijke vragen hierbij zijn:

- Hoeveel herhalingen zijn nodig?
- Wanneer kan het beste gemeten worden?
- Hoe moeten de metingen over het waterlichaam verdeeld zijn?

Daarnaast zijn er belangrijke kennislücken op het gebied van de interpretatie van de gegevens. Ecologische preferenties zijn een stap in de goede richting maar behoeven: 1.) een verbetering van de indicatiewaarden, en 2.) een aanvulling op de aspecten biologische aanpassingen, interacties met andere soorten, en dispersie-/connectiviteitskenmerken.

11 BRONNEN & LINKS

- van der Lee G.H., Verdonschot R.C.M. en Verdonschot P.F.M. (2021). Advies voor het monitoren van de ecologische waterkwaliteit. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. pp. 24. <https://kennisimpulswaterkwaliteit.nl/nl/publicaties/advies-voor-het-monitoren-van-de-ecologische-waterkwaliteit>
- Verdonschot P.F.M. & Verdonschot R.C.M. (2021). Indicatiewaarden van aquatische organismen. Kennisdocument Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 46 pp. <https://kennisimpulswaterkwaliteit.nl/nl/publicaties/indicatiewaarden-van-aquatische-organismen>

12 COLOFON

Auteur: Piet F.M. Verdonschot, Gea H. van der Lee, Ralf C.M. Verdonschot,
Wageningen Environmental Research
Leescie: Esther de Jong (WL), Sandra Roodzand (HHNK)
Datum: november 2021

Deze notitie/memo is geschreven in het kader van het project Stysteemkennis 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.

13 DISCLAIMER

Dit is een standaardtekst. Door STOWA in te vullen