

Monitoring van kleinschalige Nature Based Solutions

Een verkennend onderzoek naar de effectiviteit van bufferzones, helofytenfilters, houtsnipperfilters en ijzerzandfilters op de chemische waterkwaliteit



**Universiteit
Utrecht**



Sam Hamersma, Maxim Lisi, Rowin Lamers
7-2-2025

Monitoring van kleinschalige Nature Based Solutions

Een verkennend onderzoek naar de effectiviteit van bufferzones, helofytenfilters, houtsnipperfilters en ijzerzandfilters op de chemische waterkwaliteit.

Auteurs

Sam Hamersma

Maxim Lisi

Rowin Lamers

Opleiding

Toegepaste Biologie, Specialisatie Toegepaste Ecologie, Jaar 4, Semester 1

Instituties

HAS Green Academy, 's-Hertogenbosch

Universiteit Utrecht, Utrecht

RESHAPE, Vrije Universiteit Amsterdam

Betrokken partijen

Cécile Alsbach, Opdrachtgever, Universiteit Utrecht & RESHAPE

Ellen Weerman, Lector Klimaatrobuuste Landschappen, HAS Green Academy

Thijs Frenken, Project begeleider, HAS Green Academy

Voorwoord

Voor u ligt het adviesrapport “Monitoring van Kleinschalige Nature Based Solutions”. Het adviesrapport is geschreven door drie vierdejaarsstudenten van de opleiding Toegepaste Biologie aan de HAS Green Academy. Van september 2024 tot februari 2025 zijn wij bezig geweest met het onderzoek en het schrijven van het rapport.

Ons onderzoek is uitgevoerd in opdracht PhD kandidaat Cécile Alsbach, van het RESHAPE-project, en Ellen Weerman, Lector Klimaatrobuuste Landschappen op de HAS Green Academy. Het landelijke RESHAPE-project heeft als doel om Nederlandse zandlandschappen klimaatbestendig te maken en het lectoraat Klimaatrobuuste Landschappen richt zich op de vraag hoe andere vormen van landbouw kunnen bijdragen aan het verbeteren van waterkwaliteit en biodiversiteit. Tijdens dit onderzoek hebben wij veel kennis opgedaan rondom de verbetering van waterkwaliteit. Vanwege de verkennende aard van ons onderzoek moesten we door tussentijdse bevindingen kritisch blijven over de richting van ons onderzoek.

We willen Cécile Alsbach, Ellen Weerman en ons begeleidend docent Thijs Frenken bedanken voor hun steun, begeleiding en advies tijdens dit project. Ook willen we alle respondenten bedanken die mee hebben gewerkt aan dit onderzoek. Dankzij hen hebben we veel waardevolle inzichten verkregen.

We wensen u veel leesplezier.

Sam Hamersma, Maxim Lisi, Rowin Lamers
's-Hertogenbosch, 07-02-2025

Samenvatting

Slechts een kwart van de Nederlandse wateren voldoet aan de chemische kwaliteitsnormen volgens de Europese richtlijnen. Dit komt vooral door vervuiling vanuit de industrie en landbouw, terwijl klimaatverandering deze problemen verergert, waaronder in riviersystemen. Om verontreinigende stoffen, zoals fosfor en stikstof uit het water te verwijderen, kunnen diverse maatregelen worden toegepast, waaronder natuur gebaseerde oplossingen (Nature-Based Solutions, NBS). Hoewel waterschappen voornamelijk focussen op beekherstel- en herinrichtingsmaatregelen, groeit de interesse in kleinschalige NBS-maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit. Kleinschalige maatregelen worden steeds vaker toegepast, maar het exacte effect op de waterkwaliteit is grotendeels onbekend. Door deze maatregelen te monitoren is het mogelijk om de effectiviteit te bepalen, trends in waterkwaliteit te volgen, problemen vroegtijdig te signaleren en betrouwbare data te verzamelen voor beter beleid. In dit onderzoek is onderzocht welke NBS-maatregelen worden toegepast binnen het stroomgebied van de Dommel, wat de effecten van kleinschalige NBS-maatregelen zijn op de chemische waterkwaliteit en hoe deze effecten gemonitord kunnen worden.

Deze studie omvatte drie fasen, elk met een specifiek doel. In de eerste fase is informatie verzameld over toegepaste NBS-maatregelen binnen stroomgebied de Dommel, op basis van wetenschappelijke bronnen, rapporten en interviews met IDVerde, Natuurmonumenten en Ploegam. De tweede fase richtte zich op kleinschalige NBS-maatregelen en het effect op de chemische waterkwaliteit, met nadruk op de concentraties fosfor en stikstof. Hierbij werd literatuuronderzoek gedaan naar beschikbare en toegepaste maatregelen en hun effectiviteit op de chemische samenstelling van het water. Daarnaast zijn interviews gehouden met waterschap Aa en Maas, Waterprof en LLTB om inzicht te krijgen in hun ervaring met deze maatregelen en de werking binnen landbouwgronden. In de laatste fase stond het monitoren van de effecten van kleinschalige NBS-maatregelen op de chemische waterkwaliteit centraal, met nadruk op stikstof- en fosforconcentraties. Aan de hand van wetenschappelijke literatuur en twee interviews binnen Deltares zijn de optimale methoden voor effectmonitoring voor bufferzones, helofytenfilters, houtsnipperfilters en ijzerzandfilters onderzocht.

Uit fase 1 blijkt dat zowel groot- als kleinschalige maatregelen worden toegepast, gericht op waterkwaliteit en een klimaatbestendig watersysteem. In de fase 2 is vastgesteld dat kleinschalige maatregelen wel worden ingezet om waterkwaliteit te beïnvloeden, maar dat maatregelen specifiek gericht op het verbeteren van de waterkwaliteit ontbraken. In de derde fase kwam naar voren dat bestaande monitoringssystemen vaak geen inzicht geven in de mate waarin maatregelen bijdragen aan een betere waterkwaliteit. Om inzicht te krijgen in de effectiviteit van een maatregel moet een maatregel-effectplan opgesteld worden. In dit plan wordt aanbevolen te werken volgens de BACI-methode (Before-After-Controle-Impact), waarbij een nulmeting wordt uitgevoerd, hotspots worden bepaald en maandelijks de chemische waterkwaliteit wordt gemeten. Door hotspots te identificeren, kunnen betere keuzes worden gemaakt over locaties voor kleinschalige NBS-maatregelen, zoals bufferstroken, helofytenfilters, houtsnipperfilters en ijzerzandfilters. Deze maatregelen kunnen gemonitord worden via water-, plant-, en sedimentmonsters, maar het meest betrouwbaar zijn sensoren en andere meetapparatuur. Meten met apparatuur is niet altijd mogelijk in verband met beperkte

budgetten. Om toch met een hogere frequentie te kunnen meten, met name om de effecten van extreem weer te meten, kan worden samengewerkt met omliggende beheerders en landeigenaren, waaronder agrariërs.

Waterschappen, als hoofdverantwoordelijken voor de waterkwaliteit van veel waterlichamen, werken samen met grondeigenaren en agrariërs om de waterkwaliteit te verbeteren. Door sensoren te plaatsen aan het begin en het einde van een maatregel, zoals bijvoorbeeld bij een houtsnipperfilter, kan worden gemeten wat er uit het water gefilterd wordt. Daarnaast kan de situatie in het gehele stroomgebied beter worden begrepen wanneer ook watermonsters worden genomen op onbehandelde locaties. Verder kunnen burgerwetenschappen een waardevolle bijdrage leveren door inwoners in te lichten over de situatie en maandelijks waterkwaliteitsmetingen te laten uitvoeren met test strips langs het stroomgebied. Hierdoor wordt een completer beeld verkregen van de chemische waterkwaliteit, met in het bijzonder de fosfor- en stikstofconcentraties. Het delen van kennis tussen waterschappen en andere grondeigenaren via een kennisplatform en het verbeteren van communicatie zijn belangrijk om gezamenlijke vooruitgang te boeken in het verbeteren van de waterkwaliteit.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1. Introductie.....	8
2. Aanpak	10
2.1. Proces Beschrijving.....	10
2.2. Literatuur Onderzoek	10
2.3. Interviews	10
2.4. Tussentijdse bevindingen	10
2.4.1. Brede Verkenning.....	10
2.4.2. Focus op Kleinschalige Maatregelen	11
2.4.3. Maatregelen ter vermindering van verontreinigde stoffen	11
2.4.4. Monitoring	11
3. Bevindingen.....	13
3.1. Monitoring globaal	13
3.2. Monitoren van maatregelen.....	14
3.3. Specifieke monitoring voor maatregelen.....	15
3.3.1. Bufferstroken	15
3.3.2. Helofytenfilters	16
3.3.3. Houtsnipperfilters	17
3.3.4. IJzerzandfilters	18
3.4. Verantwoordelijkheid van de waterkwaliteit.....	19
3.5. Communicatie	20
4. Advies.....	22
4.1. Monitoring	22
4.2. Communicatie.....	24
4.3. Subsidies en financiering	24
5. Conclusie	25
Literatuurlijst	26
Bijlage 1 – Interviews	33
IDVerde	33

Natuurmonumenten	34
Ploegam	34
LLTB	36
Waterprof	37
Aa en Maas	37
Deltares – A	39
Deltares – B	40

1. Introductie

De Nederlandse oppervlaktewateren staan al jaren onder druk (Claessens *et al.*, 2024; Inspectie Leefomgeving en Transport, 2024). Uit recente rapporten blijkt dat slechts 25% van het Nederlandse water voldoet aan de chemische eisen van de Europese richtlijnen (van Gaalen *et al.*, 2020; PBL, 2020). Verontreiniging onder andere afkomstig uit de landbouw, industrie en atmosferische depositie heeft geresulteerd in de vermindering van het watervasthoudend vermogen en een toevoer van nutriënten en andere stoffen die de kwaliteit van het water hebben verslechterd (van Diepen *et al.*, 2002). Het gevolg is de achteruitgang van ecosystemen en maatschappelijke diensten rondom oppervlaktewateren (Alcoma *et al.*, 2007; Bates *et al.*, 2008).

Naar verwachting zal het veranderende klimaat de bestaande negatieve gevolgen op de waterkwaliteit en -kwantiteit versterken (Bates *et al.*, 2008; Loeve *et al.*, 2006). De eerste negatieve effecten van extreme droogte en vernatting zijn al zichtbaar op de zandgronden in Nederland. Hoger gelegen gebieden, zoals zandgronden in Noord-Brabant, hebben steeds vaker te maken met overstromingen en droogte (Bresser *et al.*, 2005; Wardekker & van der Sluijs, 2011). Beken, beekdalbossen en rivieren zijn systemen binnen de zandgronden die gevoelig zijn voor deze veranderingen (Opdam *et al.*, 2006). In Nederland worden verschillende maatregelen uitgevoerd om deze systemen weerbaarder maken door er onder andere voor te zorgen dat de systemen een groter watervasthoudend vermogen krijgen. Voorbeelden van deze maatregelen zijn het herinrichten van beekdalen en het aanplanten van vegetatie (Verstand *et al.*, 2024).

Maatregelen zoals het herinrichten van beken zijn vooral gericht op het herstellen van het hydrologische en ecologische functioneren van het systeem (van der Lee *et al.*, 2021; Verdonschot *et al.*, 2017), maar hebben geen direct effect op de chemische kwaliteit van het water. Tegenwoordig komt meer aandacht voor maatregelen die gebruikmaken van natuurlijke processen om verontreinigende stoffen (zoals stikstof en fosfaat) zoveel mogelijk uit het oppervlaktewater te filteren, voordat het in waterlopen te recht komt. Maatregelen die gebruikmaken van natuurlijke processen worden ook wel Nature Based Solutions (NBS) genoemd (Verstand *et al.*, 2024). Kleinschalige NBS zijn maatregelen die ingezet kunnen worden in kleinere waterlopen om bijvoorbeeld de uitspoeling van nutriënten uit landbouwgronden te verminderen. Voorbeelden van kleinschalige NBS zijn verschillende soorten filters, zoals bufferzones en helofytenfilters die door middel van denitrificatie stikstof uit het water filteren (Jansen *et al.*, 2008; Haan *et al.*, 2012; Waijjen *et al.*, 2023).

Hoewel er meer interesse is in NBS ter verbetering van de waterkwaliteit, worden door waterschappen hoofdzakelijk grootschalige maatregelen uitgevoerd, zoals het herinrichten van beekdalen. Kleinschalige NBS zoals natuurlijke filters worden een stuk minder toegepast in de praktijk. Een recent rapport van Waterschap Brabantse Delta en Waterschap Aa en Maas (van de Weerd *et al.*, 2024) laat zien dat er meer interesse komt voor kleinschalige maatregelen. Omdat er nog weinig praktijkervaring is met deze maatregelen, is het niet bekend in welke maten de maatregelen bijdragen aan de verbetering van de waterkwaliteit. Internationale studies geven aan dat factoren, zoals de lokale hydrologie, bodemsamenstelling, landgebruik en precipitatie invloed hebben op de werking van NBS (Mayer *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2010; Noij *et al.*, 2012). Hoe deze factoren invloed hebben op de werking van NBS op Nederlandse zandgronden is niet bekend, hierdoor zijn er nog vragen over het praktische ontwerp van NBS (Veraart *et al.*, 2020).

Om inzichten te krijgen over deze kennisleemtes is door Nederlandse universiteiten en onderzoeksinstituten het RESHAPE-consortium opgericht. RESHAPE onderzoekt natuur

gebaseerde oplossingen om de watersystemen binnen Nederlandse zandgronden te herstellen en weerbaar te maken tegen het veranderende klimaat. In dit project is een onderzoek uitgevoerd om inzichten te krijgen in dit onderwerp. In de eerste fase van het onderzoek is gefocust op maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit in het algemeen. Hierbij werd geïnventariseerd welke NBS ter verbetering van de waterkwaliteit bestaan en welke worden toegepast door waterschappen en andere waterbeheerders in Nederland en Noord-Brabant. Binnen de tweede fase van dit onderzoek is dit aangescherpt naar kleinschalige maatregelen ter verbetering van de chemische waterkwaliteit, waaronder helofytenfilters. In de laatste fase lag de focus op de monitoring van kleinschalige maatregelen. De onderzoeksvraag luidt dan ook: Hoe kan de effectiviteit van maatregelen zoals bufferstroken, helofytenfilters, houtsnipperfilters en ijzerzandfilters gemonitord worden?

2. Aanpak

2.1. Proces Beschrijving

Het onderzoek had een verkennende opzet, waardoor de focus tijdens het proces was verlegd op basis van tussentijdse bevindingen. Deze keuzes waren in overleg met de opdrachtgevers en de begeleidend docent gemaakt na bespreking van deze bevindingen. De bevindingen waren gebaseerd op verzamelde informatie uit wetenschappelijke literatuur, beschikbare informatie op de websites van Waterschappen, STOWA rapporten en interviews met belanghebbenden.

2.2. Literatuur Onderzoek

Bij uitvoering van het literatuuronderzoek is gebruik gemaakt van zoekmachines, zoals Greeni en Google Scholar. Door passende zoektermen te gebruiken, zijn verschillende relevante publicaties opgezocht, zowel uit nationale als internationale bronnen. Daarnaast zijn vermelde bronnen uit deze publicaties verzameld en zijn tijdens interviews met stakeholders nieuwe publicaties verkregen.

2.3. Interviews

Voorafgaand aan het afleggen van de interviews is onderzoek gedaan naar afgeronde of lopende projecten binnen het onderwerp en de betrokken instanties. Daarbij zijn relevante stakeholders benaderd voor een interview en is gebruik gemaakt van netwerken om stakeholders te benaderen.

De vragen voor de uitgevoerde interviews zijn opgesteld met afbakening op de expertise van de geïnterviewde stakeholders. Van alle interviews zijn transcripten gemaakt (Bijlage 1 – Interviews).

2.4. Tussentijdse bevindingen

2.4.1. Brede Verkenning

Bij de aanvang van dit onderzoek was het doel om in kaart te brengen welke Nature Based Solutions (NBS) er uitgevoerd worden binnen stroomgebied de Dommel ter verbetering van de waterkwaliteit om inzicht te krijgen in wat er mogelijk is in het zandlandschap.

Om een beeld te krijgen wat voor soort maatregelen er uitgevoerd worden binnen stroomgebied de Dommel zijn interviews gehouden met verschillende partijen. Zo is gesproken met adviesbureau IDVerde, met betrekking tot de maatregelen uitgevoerd bij de Oude Strijper Aa, maar ook met Natuurmonumenten over de beheerdoelen en knelpunten van waterkwaliteit bij het Dommeldal. Daarnaast is aannemersbedrijf Ploegam geïnterviewd.

Uit de verzamelde informatie uit literatuur en interviews kwam naar voren dat de meeste maatregelen die aangestuurd worden door Waterschap de Dommel (en andere waterschappen), grootschalige maatregelen zijn. Deze grootschalige maatregelen zijn voornamelijk gericht op verbetering van de waterkwantiteit, ecosysteemherstel en om een weerbaar en klimaatbestendig systeem te creëren. Bij deze maatregelen gaat het voornamelijk om herinrichting, zoals het hermeanderen van beken, het verwijderen van stuwen, het dempen van afwaterende sloten, het verondiepen en verbreden van watergangen en het verflauwen van oevers. Deze grootschalige

maatregelen moeten ervoor zorgen dat in droge periodes het water langer in het gebied blijft om verdroging tegen te gaan en bij periodes met hevige regenval meer ruimte is voor het water om overstromingen tegen te gaan.

2.4.2. Focus op Kleinschalige Maatregelen

Met de kennis dat vooral grootschalige maatregelen zijn uitgevoerd, is besloten om beschikbare informatie over kleinschalige maatregelen op te zoeken. Tijdens het inventariseren van kleinschalige maatregelen zijn interviews afgelegd met Waterprof, LLTB en Aa en Maas. Gedurende deze interviews is vooral gesproken over kleinschalige maatregelen in waterlopen langs agrarische percelen.

Verschillende rapporten van waterschappen en beheerders omschrijven kleinschalige maatregelen, zoals het inbrengen van houtpakketten in waterlopen, zandsuppletie en aangepast peilbeheer (Verdonschot *et al.*, 2017). Het gaat hier vooral om maatregelen die processen voor waterkwaliteit beïnvloeden en habitat en voeding voor het beekleven biedt (Swanson, 1982; Webster *et al.*, 1986). De uitvoering van kleinschalige maatregelen die als doel hebben de instroom van nutriënten en vervuilende stoffen te verminderen, ontbraken hierbij. Verder onderzoek was gericht op NBS die de uitspoeling van verontreinigde stoffen naar oppervlaktewater verminderen.

2.4.3. Maatregelen ter vermindering van verontreinigde stoffen

In literatuur, rapporten en persberichten zijn verschillende NBS gevonden die verontreinigde stoffen uit oppervlaktewater verminderen voordat het in een watergang uitspoelt. Het gaat hier om verschillende soorten filters zoals bufferzones, helofytenfilters en houtsnipperfilters. Los van een aantal onderzoeksprojecten was er geen informatie gevonden over de uitvoering van deze maatregelen in de praktijk. Tijdens het verloop van het onderzoek bleek dat een gezamenlijk document van Waterschap Brabantse Delta en Waterschap Aa en Maas (Van de Weerd *et al.*, 2024) met betrekking tot kleinschalige maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit al eerder in 2024 was gepubliceerd. Het document biedt handvaten voor het ontwerp en planvorming voor maatregelen, zoals verschillende type bufferzones, helofytenfilters en ijzerzandfilters. Om geen overlappend werk te verrichten, is de focus verlegd naar de monitoring van een aantal van de kleinschalige maatregelen en NBS die in het document van van de Weerd *et al.* (2024) zijn besproken.

2.4.4. Monitoring

Bij het onderzoek naar monitoringsmethoden zijn twee interviews afgelegd binnen Deltares, een kennisinstituut binnen water en ondergrond. Tijdens het eerste interview met Deltares is de monitoring van houtsnipperfilters besproken. Het tweede interview met Deltares betrof monitoringsmethodieken van kleinschalige maatregelen in het algemeen om een beter inzicht te krijgen in monitoring die in de praktijk wordt toegepast. Daarnaast is een interview uitgevoerd binnen Aa en Maas met betrekking tot het document over kleinschalige maatregelen (van de Weerd *et al.*, 2024).

Om inzicht te krijgen in de monitoring van deze maatregelen is literatuur met betrekking tot monitoring van waterkwaliteit in het algemeen verzameld. Daarnaast is er specifiek gezocht op

het monitoren van ijzerzandfilters, helofytenfilters, houtsnipperfilters en oever- en bufferzones. Naast het gebruik van de Nederlandse termen is ook gezocht op engelse termen, waaronder “constructed wetlands”.

In de praktijk bleek dat de effecten van uitgevoerde maatregelen niet direct worden gemonitord. De rest van het onderzoek is besteed aan het in kaart brengen van de huidige waterkwaliteit monitoring van oppervlaktewateren in Nederland en hoe uitgevoerde maatregelen gemonitord kunnen worden.

3. Bevindingen

3.1. Monitoring globaal

De Kaderrichtlijnwater (KRW) monitort Nederlandse oppervlaktewateren voor verschillende doeleinden. De chemische kwaliteit van Nederlandse oppervlaktewateren wordt gemonitord om de toestand te beoordelen, trends te evalueren, diagnoses te stellen en maatregel-effect relaties te bepalen (Ohm *et al.*, 2014).

Toestand- en trendmonitoring (T&T monitoring) zijn bedoeld om een globaal beeld vast te stellen van de lange termijn trends van de waterkwaliteit in een stroomgebied. Het uitvoeren van diagnoses valt onder operationele monitoring, dit heeft als doel de toestand van een waterlichaam vast te stellen aan de hand van de T&T monitoring en de veranderingen in toestand te beoordelen aan de hand van een maatregelprogramma. Operationele monitoring focust zich echter niet op het beoordelen van het effect van iedere afzonderlijke maatregel, maar op het effect van de combinatie van getroffen maatregelen. Maatregel-effect monitoring legt de focus op het effect van de individuele maatregel (Hoijsink *et al.*, 2020).

Om het effect van individuele maatregelen in beeld te krijgen moet er een specifiek meetprogramma opgesteld worden. In tegenstelling tot T&T monitoring en operationeel monitoren is er geen standaard protocol voor het uitvoeren van Maatregel-effect relaties. In de praktijk blijkt dat er weinig tot geen monitoring wordt uitgevoerd naar het effect van individuele maatregelen (van der Lee *et al.*, 2022a; Deltares, Pers. Comm., 2024a). Het grootste deel van het budget van het KRW gaat ook uit naar T&T-monitoring en ondanks het verschil in monitoringsdoelen worden doorgaans dezelfde monitoringsmethoden gebruikt voor T&T en maatregel-effect monitoring (Verdonschot *et al.*, 2018). Onderzoek van onder andere van der Lee *et al.* (2022b) en Verdonschot *et al.* (2018) laten echter zien dat er met de huidige monitoringsmethoden niet voldoende data is om statistisch vast te stellen wat het effect van een uitgevoerde maatregelen is geweest op de waterkwaliteit.

De monitoring van de chemische kwaliteit van oppervlaktewateren wordt uitgevoerd door middel van de standaardmethoden volgens de KRW. Stroomgebieden hebben een meetnet van een aantal vaste meetpunten. Omdat het niet mogelijk is elke watergang individueel te meten, worden meetpunten gekozen in de monding van kleinere watergangen. Met deze methode kunnen trends in de waterkwaliteit worden gemonitord via meetpunten in bredere waterlopen. Echter, deze trends geven geen directe verklaring voor de oorzaken of het effect van eventuele genomen maatregelen.

Het is gangbaar om elk meetpunt éénmaal per maand te bemonsteren. Doordat de chemische samenstelling van oppervlaktewateren kan fluctueren door verschillende factoren zoals, extreem weer, seizoenen en zelfs tijd van de dag, kan een monitoring met een relatief lage frequentie van bemonstering een vertekend beeld geven (Elfferich *et al.*, 2024). Met de reguliere monitoringsmethode van maandelijks monsternamen wordt geen rekening gehouden met deze fluctuaties. De meetfrequentie en situatie tijdens het meten zijn van belang om betrouwbaar aan te kunnen tonen wat het effect van een maatregel is.

Sinds de opstart van de KRW in 2000 is het aantal maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit toegenomen (Dos Reis Oliveira *et al.*, 2020). Het gaat hier hoofdzakelijk om

maatregelen zoals het aanbrengen van natuurvriendelijke oevers, bufferstroken en het natuurlijk inrichten van beken (Lemm *et al.*, 2021).

T&T monitoring laat zien dat de waterkwaliteit van Nederlandse waterlichamen het afgelopen decennia verbeterd is (PBL, 2020). Met het huidige monitoringssysteem is het niet mogelijk aan te tonen in hoeverre elke uitgevoerde maatregel bij heeft gedragen aan de verbetering. Hierdoor is geen duidelijk beeld van de effectiviteit van uitgevoerde maatregelen (Lu *et al.*, 2019; Dos Reis Oliveira *et al.*, 2020; van Noord *et al.*, 2022). Met kennis over de effecten van de uitgevoerde maatregelen kunnen de randvoorwaarden voor het succesvol toepassen van een maatregel in andere herstelprojecten in beeld gebracht worden (Nilsson *et al.*, 2016).

3.2. Monitoren van maatregelen

Om de effecten van een maatregel inzichtelijk te maken, moet voor het treffen van de maatregel een monitoring uitgevoerd worden om de veranderingen in de waterkwaliteit duidelijk in kaart te brengen. Een regulier monitoringsontwerp hiervoor is de Before-After Controle Impact methode (BACI-ontwerp) (Stewart-Oaten *et al.*, 1986; Smokorowskia & Randall, 2017). Met dit ontwerp wordt voor en na het uitvoeren van een maatregel metingen uitgevoerd.

Voor het uitvoeren van een nulmeting moet bepaald worden welke parameters gemonitord moeten worden. Om de chemische waterkwaliteit te bepalen, kunnen waarden van een breed scala nutriënten worden bepaald met behulp van LCK-cuvettentesten (Verdejo *et al.*, 2014). Over het algemeen wordt een meetfrequentie aangehouden van 12 keer per jaar, ofwel eens per maand (Rozemeijer *et al.*, 2018; Deltares, Pers. Comm., 2024b). Hier wordt echter geen rekening gehouden met de fluctuatie van de chemische samenstelling door middel van extreem weer, hoog of laag water, seizoen en tijd van de dag. Continue meten is mogelijk door sensoren te plaatsen. Deze sensoren kunnen afgesteld worden om elke paar minuten te meten of te meten wanneer een bepaald aantal liter door het apparaat is gestroomd. Het resultaat van deze metingen worden zowel lokaal opgeslagen als verstuurd naar het computersysteem van het bedrijf. Een mogelijk knelpunt van deze sensoren is echter de kosten ervan. Maandelijkse metingen per meetpunt kosten jaarlijks tussen de €10.000 en €15.000, terwijl continue metingen ongeveer €50.000 per jaar bedragen (Deltares, Pers. Comm., 2024b). Waar geen mogelijkheid is om continue metingen te verrichten door middel van sensoren, is het van belang om meerdere metingen per maand uit te voeren, waarbij rekening wordt gehouden met de fluctuatie van het waterpeil.

Naast het bepalen van de parameters, is van belang om te bepalen op welke plek gemeten moet worden. Zo is het belangrijk te weten waar de nutriënten de waterloop in stromen, ook wel ‘hotspots’ genoemd. Hotspots zijn plekken in of naast de waterlopen die een groot aandeel hebben in de uit- en afspoeling in het stroomgebied (Rozemeijer *et al.*, 2018; Schipper *et al.*, 2022). In de praktijk wordt vaak op vaste plekken gemeten, waar nutriënten uit het hele stroomgebied samen komen (Deltares, Pers. Comm., 2024a). Hierdoor is het niet duidelijk waar de bronnen van de nutriënten liggen. Om de locaties van hotspots te bepalen is belangrijk om snel en op veel plaatsen te meten (Rozemeijer *et al.*, 2018), waarbij gebruik gemaakt kan worden van nitraat test strips. Test strips kunnen worden gebruikt in combinatie met de Aquality-app van Deltares. De app leest de nitraatwaarde af via een foto van de teststrip en uploadt deze, samen met de meetlocatie, naar een openbare database.

Wanneer hotspots zijn bepaald, kunnen betere beslissingen gemaakt worden over welke maatregel toegepast moet worden. Om het effect van de maatregel te kunnen meten is het van belang dat ook na de uitvoering gemonitord wordt. Waar wordt aanbevolen om minimaal drie jaar voor het uitvoeren van maatregelen te meten, is de benodigde tijdsschaal voor het monitoren na uitvoering afhankelijk van de maatregel (Smokorowski *et al.*, 2015). Afhankelijk van het verwachte effect van de maatregel, duurt het soms meerdere jaren voordat een effect is waar te nemen (Roni *et al.*, 2008). Aanbevolen wordt om minimaal drie jaar direct na uitvoering van de maatregel te monitoren, daarna nogmaals drie jaar te monitoren en vervolgens tien jaar na de uitvoering te monitoren om effecten op de lange termijn waar te nemen (Smokorowski *et al.*, 2015).

3.3. Specifieke monitoring voor maatregelen

Maatregelen die de concentraties stikstof en fosfor in het stroomgebied kunnen verlagen zijn onder andere: Bufferstroken, helofytenfilters, houtsnipperfilters en ijzerzandfilters. Deze maatregelen zijn ook besproken in van de Weerd *et al.* (2024). In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de werking en monitoring van deze maatregelen.

3.3.1. Bufferstroken

Bufferstroken zijn essentieel voor het verminderen van nutriëntenbelasting in oppervlaktewater. Fosfaat wordt gebonden aan bodemdeeltjes zoals klei, ijzer en calcium en bezinkt in droge delen van de bufferzone (Bakker *et al.*, 2023). Biochemische processen, zoals nitrificatie in de bovenste bodemlaag en denitrificatie onder de grondwaterspiegel, zorgen voor de omzetting van stikstof in stikstofgas. Deze processen dragen bij aan een betere waterkwaliteit, hoewel het enkele jaren kan duren voordat het ecosysteem volledig is aangepast (Bleker & Verdonschot, 2007).

Chemische processen, zoals sedimentatie en infiltratie, spelen eveneens een belangrijke rol. Deze processen zorgen ervoor dat grovere fracties van onopgeloste nutriënten worden vastgehouden in de bufferzone en niet verder afspoelen naar watergangen. Micro-organismen dragen verder bij door stikstofverbindingen om te zetten, wat de efficiëntie van stikstofverwijdering vergroot (Bakker *et al.*, 2023).

Passieve bemonsteringstechnieken worden gebruikt om fosfor- en stikstofgehalten in water te meten (Deltares, Pers. Comm. 2024a). Hierbij wordt een sampler voor enkele weken tot maanden in het water geplaatst, waardoor continu een groot volume water wordt bemonsterd. Dit maakt het mogelijk om lage concentraties te detecteren en een gemiddelde concentratie over de meetperiode te bepalen (van der Oost *et al.*, 2012). Er zijn twee typen samplers beschikbaar voor deze methode: Siliconenrubbers nemen stoffen op tot een evenwicht met het omringende water is bereikt, wat enkele maanden kan duren. Daarna komen de stoffen los en worden meer stoffen waargenomen en gemeten door een grotere hoeveelheid water dat bemonsterd wordt. Speerdisk-samplers adsorberen stikstof en fosfor, die niet meer vrijkomen, waarbij een gemiddelde concentratie polaire stoffen (goed oplosbaar in water) wordt gemeten over de meetperiode. Deze technieken worden meerdere keren per jaar toegepast op locaties met en zonder bufferstroken voor vergelijkingsdoeleinden (van Hoorn & de Weert, 2012).

Het monitoringsprogramma is vooral intensief van mei tot en met september (Groenendijk *et al.*, 2021). Watermonsters worden genomen op strategische locaties, zoals bij de inlaat, het midden en de uitlaat van de bufferstroken. Voor meer inzicht in de chemische samenstelling worden ook waterbodems onderzocht, waarbij monsters worden genomen in zowel de zomer als de winter. De variatie in redoxgevoelige parameters, zoals ijzeroxides, beïnvloedt de fosfaatdynamiek in de bodem (Groenendijk *et al.*, 2009).

Naast passieve samplers kunnen sensoren continu de nutriëntengehaltes in water meten. Voor eenvoudige analyses worden watermonsters naar een laboratorium gestuurd of worden test strips gebruikt, al is deze laatste methode minder nauwkeurig (Deltares, Pers. Comm., 2024b).

De effectiviteit van bufferstroken wordt bepaald door verschillen in input- en outputconcentraties van nutriënten te analyseren (Bakker *et al.*, 2023). In veldonderzoek wordt ook grondwater onder bufferstroken vergeleken met grondwater onder controleobjecten zonder bufferstrook. Hierbij blijkt de vracht-methode vaak beter geschikt, gezien de menging van diep en ondiep toestromend water in Nederland (LLTB, Pers. Comm., 2024). Hierbij worden in de slootwanden twee opvangbakken geplaatst om de afvoer vanaf het perceel te meten. Dit maakt het mogelijk het debiet te bepalen en regelmatig watermonsters te nemen om de stikstof- en fosfaatvracht vast te stellen. Bij één opvangbak wordt een bufferstrook aangelegd, terwijl de andere bak zonder bufferstrook dient als controle voor vergelijkingsdoeleinden (Noij, 2005).

Om de effectiviteit van de bufferstrook te bepalen, is het aanbevolen om minimaal drie jaar voorafgaand aan de aanleg metingen uit te voeren, gevolgd door minimaal drie tot vier jaar na de aanleg te meten (van der Lee *et al.*, 2022b). Dit helpt om eventuele vertraagde effecten, een zogenoemde time-lag, in kaart te brengen. Meer metingen na uitvoering zijn wenselijk om een volledig beeld te krijgen van de respons (Noij *et al.*, 2006).

Het beheer van bufferstroken is essentieel. Maaien en het monitoren van chemische processen in de waterbodem dragen bij aan een optimale werking (Bakker *et al.*, 2023). Bovendien kunnen aanvullende maatregelen, zoals het verhogen van duikers, het plaatsen van stuwen of het dempen van watergangen, de waterkwaliteit verder verbeteren (Bakker *et al.*, 2023; Waterprof, Pers. Comm., 2024).

Voor landbouwgebieden kan een samenwerking met boeren bijdragen aan een betere waterkwaliteit. Teeltmaatregelen, zoals het planten van gewassen die meer stikstof opnemen (bijvoorbeeld bieten), kunnen nutriëntenverlies verminderen (Dillen & de Blauwer, 2021). Daarnaast financiert het waterschap mineraalmetingen en ondersteunt het casussen gericht op wateroverschot en erosiebestrijding (LLTB, Pers. Comm., 2024).

3.3.2. Helofytenfilters

Helofytenfilters spelen een belangrijke rol bij het verwijderen van nutriënten, zoals fosfor (P) en stikstof (N), uit het water. Deze filters maken gebruik van moerasplanten zoals riet en bieren, die voedingsstoffen opnemen via hun wortels. In samenwerking met aangehechte bacteriën, epifyten en epifauna dragen deze planten bij aan de zuivering van het water (Bleker &

Verdonschot, 2007). Zwevend materiaal kan in het filter bezinken, terwijl chemische processen zoals sedimentatie en denitrificatie bijdragen aan de verwijdering van nutriënten. Fosfor afbraak is daarentegen beperkt (Noij *et al.*, 2006; Verhagen *et al.*, 2007; Deltares, Pers. Comm., 2024a).

De zuiverende werking van helofytenfilters is seizoensgebonden, waarbij de opnamecapaciteit in de zomer hoger is dan in de winter. De opname en afvoer van nutriënten vinden plaats door maaien van de vegetatie, waarbij de voedingsstoffen effectief uit de waterloop worden verwijderd. Monitoring van deze filters richt zich op de opnamecapaciteit van de planten en de bodemprocessen (Blom & ter Maat, 2005; Stevens *et al.*, 2018; Deltares, Pers. Comm., 2024a).

1. Planten: Monitoring van de vegetatie omvat het verzamelen van plantmonsters op meerdere locaties binnen het filter. Deze worden gedroogd, fijn gemalen en geanalyseerd om de opgenomen nutriënten te kwantificeren (Groenenberg *et al.*, 2013).
2. Sediment: Monsters van sediment worden genomen op strategische punten, zoals bij de inlaat, het midden en de uitlaat van het filter. Sediment wordt vaak verzameld met een steekbuis, waarbij de bovenste lagen worden onderzocht omdat nutriënten daar meestal ophopen. De monsters worden gedroogd, gezeefd en geanalyseerd om een profiel van de nutriëntenopslag te schetsen (Groenenberg *et al.*, 2013).
3. Water: Waterkwaliteit wordt gemeten door gebruik van sensoren of watermonsters. Sensoren meten continu de concentraties van fosfor en stikstof in het in- en uitgaande water. Watermonsters worden in potjes genomen en in het laboratorium geanalyseerd. Minder nauwkeurige methoden, zoals test strips, worden soms gebruikt maar zijn minder betrouwbaar (Stevens *et al.*, 2018).
4. Grondwater: Monitoring van grondwater kan informatie geven over de interactie tussen het filter en het grondwater, inclusief het risico op verontreiniging door wegzijging.

Helofytenfilters vereisen ruimte en zijn seizoensafhankelijk, met de meeste zuivering in het zomerhalfjaar. Wegzijging kan grondwaterverontreiniging veroorzaken, wat kan worden voorkomen door het filter fysiek af te sluiten van het grondwater. Nalevering van nutriënten kan optreden door oplading van de bodem, waardoor regelmatig baggeren en maaien nodig zijn. Het duurt enkele jaren voordat een filter volledig functioneert (Bleker & Verdonschot, 2007; Verhagen *et al.*, 2007; Deltares, Pers. Comm. 2024a).

Door monitoring van water, sediment en vegetatie kunnen de effectiviteit en de nutriëntenverwijdering van helofytenfilters nauwkeurig worden vastgesteld. Het meten van de in- en uitgaande waterstromen en sedimentopslag geeft aanvullende inzichten in de werking van het systeem (Noij *et al.*, 2006; Deltares, Pers. Comm. 2024a).

3.3.3. Houtsnipperfilters

Houtsnipperfilters zijn vooral gericht op de verwijdering van stikstof door het stimuleren van denitrificatie, waarbij nitraat wordt omgezet in stikstofgas. Dit maakt houtsnipperfilters effectief in het verbeteren van de waterkwaliteit, vooral in gebieden met stikstofvervuiling (Lopez-Ponnada *et al.*, 2017). Door een combinatie van strategische bemonstering, sensorgebruik en periodiek onderhoud kan de werking van houtsnipperfilters optimaal worden bewaakt en behouden.

Monitoring van houtsnipperfilters gebeurt op verschillende manieren en meetpunten:

1. Strategische bemonstering: Monsters van houtsnippers worden genomen op strategische locaties, zoals de inlaat, het midden en de uitlaat van het filter, en op verschillende diepten. Dit helpt om een diepteprofiel van nutriënten, zoals nitraat, te schetsen. Monsters worden luchtdicht vervoerd, gedroogd, gezeefd en gemaal voor analyse.
2. Gebruik van minifilters: Op twee vaste meetpunten worden minifilters ingezet om de nitraatdiepteprofielen in de tijd te volgen. Deze methode wordt aangevuld door 'ad hoc' profielen die via mechanische boringen worden gemeten. Deze profielen bieden inzicht in de mate van denitrificatie en de vermindering van nitraatuitspoeling naar de ondergrond en oppervlaktewater (van Driezum *et al.*, 2024).
3. Sensoren: Sensoren kunnen worden ingezet om continu de concentraties van fosfor en stikstof in het in- en uitgaande water te meten, wat real-time informatie biedt over de effectiviteit van het filter (Deltares, Pers. Comm., 2024a).
4. Watermonsters: Watermonsters kunnen handmatig worden genomen en in het laboratorium geanalyseerd op chemische waterkwaliteit. Test strips bieden een minder nauwkeurige, maar snelle indicatie van fosfor- en stikstofwaarden (Deltares, Pers. Comm., 2024b).

Houtsnippers in het filter breken na verloop van tijd af en kunnen uitgewerkt raken, waardoor hun capaciteit om nitraat te verwijderen afneemt. Om dit te voorkomen, moet regelmatig worden gecontroleerd op verstopping en afnemende effectiviteit. Bij goed onderhoud gaan de houtsnippers 10 tot 15 jaar mee voordat vervanging nodig is. Het onderhoud kan het beste worden uitgevoerd door gespecialiseerde bedrijven die ervaring hebben met de aanleg en het beheer van houtsnipperfilters (Deltares, Pers. Comm., 2024b).

Bijkomende effecten: Wanneer nitraat volledig is verwijderd uit het water, kan het filter andere stoffen, zoals sulfaat, omzetten in sulfide. Dit kan leiden tot ongewenste bijproducten (Deltares, Pers. Comm., 2024b).

Seizoensinvloeden: In de zomer kan een gebrek aan waterdoorstroming in het filter leiden tot stilstand, wat de effectiviteit vermindert (Deltares, Pers. Comm., 2024b).

3.3.4. IJzerzandfilters

IJzerzandfilters zijn effectief voor de verwijdering van fosfor door het binden van fosfaat aan het ijzer (Groenenberg *et al.*, 2013).

De monitoring van fosfor kan plaatsvinden door het gebruik van ijzerzand in combinatie met een drainagebuis (Deltares, Pers. Comm., 2024a). Bij de aanleg wordt een sleuf gegraven en kokosdoek geplaatst, waarna een laag ijzerzand wordt toegevoegd rondom de drainagebuis. Dit systeem wordt gemonitord door het nemen van bodemonsters op verschillende locaties langs de drain, met behulp van polyesteracrylaat cups. Deze bemonstering werd uitgevoerd op posities boven, aan beide zijden en onder de drain, met als doel het meten van het bodemvocht

gedurende een periode van vier en een half jaar of langer (Groenenberg *et al.*, 2015). Daarnaast kan gebruik gemaakt worden van een sensor aan het einde van de drainbuis en een referentiebuis met een sensor die in de buurt wordt geplaatst (Groenenberg *et al.*, 2015).

De bemonstering van drainagewater gebeurt alleen wanneer er een duidelijke uitstroom van water uit de drain wordt waargenomen, om contaminatie met slootwater te voorkomen. Het watermonster wordt op het veld gesplitst in gefilterde en ongefiterde delen, waarna het naar het laboratorium wordt getransporteerd voor analyse (Groenenberg *et al.*, 2015).

Daarnaast wordt het ijzerzand op verschillende diepten bemonsterd om veranderingen in de fosfaatbindende werking te volgen. De samenstelling van het ijzerzand wordt op verschillende tijdstippen na de aanleg (1.5, 3 en 5 jaar) geanalyseerd om verstoringen in de werking van het filter te voorkomen. Bij de bemonstering worden zowel de watermonsters van de drainagebuis als de poriewatermonsters van de zuigcupjes samengevoegd per diepte en tijdstip (Groenenberg *et al.*, 2013).

De bemonstering van watermonsters vindt plaats tijdens de winterseizoenen, wanneer er drainagewater wordt afgevoerd. Deze monsters worden gesplitst in gefilterde en ongefiterde delen en in koelboxen naar het laboratorium gestuurd voor analyse (Groenenberg *et al.*, 2013). Na 12 maanden worden ook monsters van het ijzerzand uit de omhulling genomen, waarbij het zand verdeeld wordt in lagen om het ijzer- en fosforgehalte te bepalen. Daarnaast worden bodemonsters uit verschillende diepten verzameld en geanalyseerd (Groenenberg *et al.*, 2013).

Het monitoren van de sedimentlaag en het onderhouden van het systeem is cruciaal, aangezien het sediment moet worden verwijderd om verstopping te voorkomen en de fosfaatbinding effectief te blijven (Deltares, Pers. Comm., 2024a).

3.4. Verantwoordelijkheid van de waterkwaliteit

De verantwoordelijkheid voor de waterkwaliteit en de monitoring daarvan binnen het stroomgebied van de Dommel ligt bij de waterschappen. De waterschappen zorgen voor een goede ecologische toestand van het stroomgebied (Posthuma *et al.*, 2019). Aan het rivierengebied grenzen natuurgebieden en landbouwgronden die worden beheerd door de grondeigenaren zelf. Deze grondeigenaren zijn onder andere verantwoordelijk voor het onderhoud van hun eigen terreinen, zoals maaien, maar ook voor eventuele stuwen of dammen. Deze gegevens zijn vastgelegd in een zogenaamde 'legger' van waterschappen (Waterschap de Dommel, 2023). Daarnaast zijn deze organisaties verantwoordelijk voor het gedeelte van de rivier dat grenst aan de grond en moeten deze organisaties ervoor zorgen dat de kwaliteit door het onderhoud niet wordt aangetast (Natuurmonumenten. Pers. Comm., 2024). De grondeigenaren moeten voldoen aan de regels en verboden uit de Waterschapsverordening en de waterschappen controleren jaarlijks of dit goed gebeurt (Nabben *et al.*, 2021; Waterschap de Dommel, 2023).

Binnen het Dommeldal zijn verschillende terrein beheerende organisaties actief, waaronder Staatsbosbeheer, Brabants Landschap en Natuurmonumenten, die de grootste delen van het gebied beheren (Duursma, 2021; Nabben *et al.*, 2021). Hoewel deze terreinbeheerders verantwoordelijk zijn voor het beheer en de monitoring van hun eigen terreinen, zijn ze niet verantwoordelijk voor de monitoring van de waterkwaliteit van het oppervlaktewater (Natuurmonumenten, Pers. Comm., 2024; Ploegam, Pers. Comm., 2024; Waterprof, Pers. Comm., 2024). Voor monitoring binnen de eigen gebieden gebruiken terreinbeheerders vaak zelf opgestelde meetnetten (Deltares, Pers. Comm., 2024a). Beheerswerkzaamheden worden deels door de beheerders zelf uitgevoerd, maar grotere werkzaamheden worden soms uitbesteed aan bedrijven, zoals IDVerde, Ploegam of Waterprof, soms met inzet van onderaannemers (Ploegam, Pers. Comm., 2024).

Naast natuurgebieden grenzen landbouwgronden aan het stroomgebied. Agrariërs voeren hier beheerswerkzaamheden uit om hun land geschikt te maken voor de landbouw, waarbij de waterkwaliteit jaarlijks gecontroleerd wordt door waterschappen. Agrariërs worden hierbij gestimuleerd om met behulp van test strips de waterkwaliteit te monitoren (Deltares, Pers. Comm., 2024a). Omdat de waterkwaliteit onder het beleid van de waterschappen valt, ligt de verantwoordelijkheid voor het verzamelen en analyseren van de juiste gegevens bij de waterschappen

3.5. Communicatie

Voor de verbetering van de waterkwaliteit in Nederland is samenwerking tussen overheidsinstanties zoals waterschappen belangrijk. Eén van de richtlijnen waar de waterschappen verantwoordelijk voor zijn, is de Kader Richtlijn Water (KRW). Volgens de KRW moeten alle grond- en oppervlaktewateren in Nederland uiterlijk in 2027 een goede ecologische en chemische toestand hebben (Slagter *et al.*, 2024). Door de naderende deadline van de KRW-doelen ervaren de waterschappen een hoge druk om hieraan te voldoen. In de praktijk blijkt echter dat de belangen van de bevolking en bedrijfseigenaren niet altijd op één lijn liggen met de KRW-doelen (Waterprof, Pers. Comm., 2024). Daardoor nemen maatregelen vaak veel tijd in beslag, omdat tijdens gesprekken een oplossing voor de tegenstrijdige belangen moet worden gevonden.

Terwijl de Unie van Waterschappen, de vereniging van waterschappen in Nederland, kennisuitwisseling en samenwerking stimuleert, weten waterschappen binnen één provincie niet altijd waar de ander mee bezig is. Tijdens interviews is opgemerkt dat beheersinstanties zoals Natuurmonumenten beperkt zijn in het uitvoeren van maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit van beken en rivieren (Natuurmonumenten, Pers. Comm., 2024). Dit is zeer waarschijnlijk omdat de verantwoordelijkheid voor deze wateren bij de Waterschappen ligt. Echter is het wel van belang dat er voldoende communicatie is tussen de beheersinstanties over de kwaliteit van deze waterlopen om maatregelen op elkaar af te stemmen. Het is dan ook belangrijk dat beheersinstanties van elkaar weten welke maatregelen worden uitgevoerd, zodat kennis en inzichten over het gebied met betrekking tot deze maatregelen gedeeld kunnen worden. Daarnaast is het delen van kennis en de uitvoering van maatregelen of onderzoek daarnaar ook belangrijk om herhaling te voorkomen. Maatregelen die door verschillende

beheersinstanties worden uitgevoerd binnen het zelfde gebied kunnen elkaar negatief beïnvloeden wanneer de uitvoering niet op elkaar wordt afgestemd, of kunnen elkaar versterken voor een grotere positieve invloed op de waterkwaliteit. Ook is het belangrijk voor Waterschappen om kennis te delen over onderzoeken die worden uitgevoerd. Door samen te werken bij deze onderzoeken, wordt herhaling voorkomen, wat uiteindelijk kan leiden tot kostenbesparing. Opgevallen is dat terwijl de STOWA een database, de “Hydrotheek”, heeft waarin rapporten van reeds uitgevoerde maatregelen gedeeld kunnen worden, niet alle rapporten even makkelijk terug te vinden zijn.

4. Advies

4.1. Monitoring

Met de huidige focus van het Kaderrichtlijnwater (KRW) op de toestand en trend monitoring en een onduidelijk gedefinieerd maatregel-effect plan, zijn de inzichten in de effectiviteit van uitgevoerde maatregelen beperkt. Hierdoor is er geen duidelijk beeld over wat de gevolgen zijn van omgevingsfactoren zoals landgebruik, substraat en de effecten van extreem weer op het functioneren van de maatregelen. Het opstellen van een duidelijk maatregel-effect plan is essentieel om antwoord te krijgen op deze onduidelijkheden en het effectief inzetten van verschillende soorten maatregelen.

Een maatregel-effect plan dat de werking van een maatregel in kaart brengt, moet volgens een meerjarig BACI-ontwerp uitgevoerd worden (Verdonschot, 2018; Deltares, Pers. Comm., 2024a). Om de effecten van extreem weer op de werking van een maatregel te analyseren, zijn naast de standaard maandelijkse bemonsteringen andere methoden nodig die een completer beeld geven. Gedurende dit onderzoek zijn een aantal manieren van monitoren gevonden om de effecten van deze maatregelen te meten. Hieruit is gebleken dat vooral het gebruik maken van sensoren en andere meetapparatuur, zoals passieve bemonsteringstechnieken, tot de meest betrouwbare methoden behoren om de chemische waterkwaliteit te meten (van Hoorn & de Weert, 2012; Elfferich *et al.*, 2024). Aanbevolen wordt om deze sensoren minimaal aan het begin en aan het einde van het filter of de bufferstrook te plaatsen. Hierdoor kan het effect gemonitord worden, doordat de concentraties worden gemeten voordat het water een maatregel passeert en erna (Stevens *et al.*, 2018; Bakker *et al.*, 2023; Deltares, Pers. Comm., 2024a). Daarnaast wordt aanbevolen om bij het monitoren van het effect van ijzerzand gebruik te maken van een drain met een sensor aan het einde en een referentiedrain met een sensor (Groenenberg *et al.*, 2015). Doordat het ijzerzand langs de randen van de drain wordt geplaatst en de sensor aan het einde van de drain wordt bevestigd, wordt gemeten wat de concentraties van stikstof en fosfor zijn na het passeren van de maatregel. Aan de hand van de referentiedrain met de daarin bevestigde sensor kan gemeten worden wat de concentraties zijn zonder dat de maatregel wordt gepasseerd (Buijert *et al.*, 2015).

De waterschappen zijn verantwoordelijk voor het uitvoeren van de metingen en zorgen ervoor dat dit op de juiste manier gebeurt (Waterschap de Dommel, 2023; Waterschap Rivierenland, z.d.). Deze kunnen hierbij samenwerken met aangrenzende grondeigenaren om de chemische waterkwaliteit van waterlopen binnen het stroomgebied te monitoren. Daarbij zijn duidelijke afspraken over de financiering van belang. In overleg met deze grondeigenaren kan het waterschap een monitoringsplan opstellen voor de betreffende waterloop. Door representatieve locaties uit te kiezen om de werking van een maatregel te monitoren via een maatregel-effectplan, kan inzichtelijk gemaakt worden hoe een maatregel functioneert op vergelijkbare locaties (Rozemeijer *et al.*, 2018; Deltares, Pers. Comm., 2024a). Als er genoeg inzichten zijn in welke situaties de maatregelen effectief zijn, is het niet nodig om in toekomstige projecten iedere locatie uitvoerig te monitoren. Op basis van deze inzichten kunnen in de toekomst effectiever maatregelen ingezet worden.

Maatregel-effect plannen die gebruik maken van sensoren en andere meettechnieken zullen vooral uitgevoerd worden in samenwerking met kennisinstellingen. In de praktijk zal niet elke monitoring in een vergelijkbaar samenwerkingsverband plaatsvinden, waardoor het gebruik van sensoren niet altijd mogelijk is. Om toch met een hogere frequentie te kunnen meten, met name om de effecten van extreem weer te meten, kan worden samengewerkt met omliggende beheerders en landeigenaren, waaronder agrariërs. Er zijn voorbeelden van samenwerkingsprojecten te vinden, waarin agrariërs, waterschappen en kennisinstellingen samenwerken. Een voorbeeld hiervan is dat aangrenzende agrariërs de waterkwaliteit op vaste momenten met test strips meten en deze uitlezen met behulp van onder andere de Aquality app van Deltares (Deltares, Pers. Comm., 2024b). Een voorbeeld hiervan is het Puridrain project, waarbij in samenwerking met een agrariër monsternamen worden uitgevoerd bij het houtsnipperfilter (Deltares, Pers. Comm., 2024b). Omdat door sensoren en andere meetapparaten de meest betrouwbare gegevens gemeten worden, wordt aanbevolen om de agrariërs sensoren minimaal aan het begin en het einde van hun perceel te laten plaatsen. Het is belangrijk dat er vergoedingen of subsidies beschikbaar worden gesteld om agrariërs te motiveren deze sensoren aan te leggen. Hierdoor ontstaat een beeld van het effect dat het landbouwperceel heeft op de waterkwaliteit binnen een stroomgebied. Wanneer de agrariërs niet kunnen beschikken over sensoren wordt aanbevolen om ze watermonsters te laten nemen, omdat deze monsters meer accurate resultaten opleveren dan test strips, doordat ze in het lab geanalyseerd worden. In overleg met beheerders, kan het waterschap elke maand de verzamelde monsters ophalen en vervoeren naar het lab voor analyse.

Naast samenwerking met agrariërs en kleine beheerders om de waterkwaliteit te monitoren, kan ook gebruik gemaakt worden van Burgerwetenschappen. Ondanks dat in het nieuws wordt gesproken over de waterkwaliteit in Nederland, wordt weinig gecommuniceerd met burgers over de verbetering van de waterkwaliteit en welke maatregelen op welke locatie toegepast worden. Hierdoor zijn burgers er niet van bewust dat bijgedragen kan worden aan onderzoek naar het monitoren van de waterkwaliteit wanneer dit gewenst is. Projecten van kennisinstututen zoals het Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO) hebben in het verleden projecten met burgerwetenschappers opgezet om data over waterkwaliteit te verzamelen. Tijdens het project “Vang de Watermonsters” hebben burgeronderzoekers verschillende soorten oppervlaktewateren onderzocht op plantenbedekking, helderheid, waterdieren en zijn nutriëntenmonsters verzameld (van Halsema & Teurlincx, 2023). Met projecten als deze worden burgers meer bewust over hoe de waterkwaliteit eraan toe is. Verder laten deze projecten zien dat er met gebruik van burgerwetenschappen bruikbare data verkregen kan worden op grotere schaal omtrent waterkwaliteit. Daarnaast wordt inzicht verkregen in de waterkwaliteit van wateren die niet standaard gemonitord worden.

Aanbevolen wordt om flyers of posters te maken, waarop informatie staat over maatregelen en onderzoek en de mogelijkheden om hierbij betrokken te zijn. Bij voorkeur worden de flyers bezorgd bij mensen binnen een gemeenten die grenzen aan de Dommel en worden de posters in de buurt van de Dommel geplaatst. Bij aanmelding worden vrijwilligers pakketten met test strips gestuurd met daarin uitleg hoe gemeten moet worden en op welke locaties. Aanbevolen wordt om hierbij gebruik te maken van de Aquality app van Deltares, om meetresultaten accuraat af te

lezen en direct te verzamelen. Ondanks dat monitoren met test strips niet de meest accurate meetmethode is, wordt het betrouwbaarder met meer meetgegevens.

4.2. Communicatie

Tijdens het verloop van het onderzoek zijn een aantal zaken opgevallen omtrent de communicatie en kennisdeling tussen verschillende partijen zoals waterschappen, beheerders en landeigenaren. De database van het STOWA "Hydrotheek" is een online platform waar informatie te vinden is over reeds uitgevoerd onderzoek en nog lopende onderzoeken. Ondanks dit platform is er uit de communicatie met verschillende betrokken partijen naar voren gekomen dat er niet altijd een duidelijk beeld is van elkaars (toekomstige) plannen. Uit eigen ervaring tijdens dit onderzoek is het niet altijd even gemakkelijk geweest om de gewenste rapporten terug te vinden op de database en via het opgebouwde netwerk tijdens het onderzoek waren rapporten gedeeld die niet waren terug te vinden op de database.

Aanbevolen wordt om een vervolgonderzoek te doen naar de communicatie tussen waterschappen, beheersinstanties en andere betrokken partijen. In het vervolgonderzoek is het belangrijk om knelpunten in de communicatie te inventariseren en te achterhalen welke behoeften de betrokken partijen hebben om de communicatie en kennisdeling te verbeteren.

4.3. Subsidies en financiering

Naast een vervolgonderzoek naar de communicatie tussen beheersinstanties is het interessant om verder onderzoek te doen naar subsidieregelingen en de financiering van waterschappen. Bij het uitvoeren van de interviews is opgevallen dat de financiering van onderzoek en de uitvoering van maatregelen verspreid ligt tussen overheidsinstanties. Zo wordt onderzoek bij de LLTB gefinancierd door de provincie, terwijl mineraalmetingen die op agrarische percelen worden uitgevoerd gefinancierd worden door de waterschappen (LLTB, Pers. Comm., 2024). Daarnaast financiert STOWA onderzoeken, zoals de aanleg en functie van een houtsnipperfilter (Deltares, Pers. Comm., 2024b).

Naast het inventariseren van beschikbare subsidies voor wettelijk verplichte maatregelen, kan het interessant zijn om te achterhalen welke subsidies en financieringen beschikbaar zijn voor het uitvoeren van extra maatregelen. Zo is het voor agrariërs verplicht om bufferstroken langs waterlopen te hebben, om af- en uitspoeling van meststoffen te beperken (bron overheid RVO). Van belang is om met belanghebbenden, waaronder agrariërs, waterschappen en onafhankelijke onderzoekers, in gesprek te gaan om te inventariseren of duidelijk is waar subsidies en financieringen verkregen kunnen worden, waar deze voor bedoeld zijn en hoe veel deze inhouden.

5. Conclusie

Tijdens het verloop van dit onderzoek is geconcludeerd dat Nederlandse waterbeheerders vooral groot- en kleinschalige maatregelen voor de herinrichting van watergangen uitvoeren. Wetenschappelijke literatuur en binnenlandse studies duiden aan dat kleinschalige maatregelen zoals het plaatsen van bufferstroken, helofytenfilters, houtsnipperfilters en ijzerzandfilters een significante invloed kunnen hebben op de waterkwaliteit. Waar oorspronkelijk vooral gefocust werd op maatregelen voor de herinrichting van waterlopen, is er tegenwoordig een trend te zien in de uitvoering van kleinschalige maatregelen ter verbetering van de waterkwaliteit. Deze maatregelen zijn toepasbaar op plekken waar maar beperkte beschikbare ruimte is. Verder lijkt het dat het niet altijd duidelijk wat de (toekomstige) plannen zijn van beheersinstanties, ondanks dat er een kennisplatform is waar rapporten gedeeld kunnen worden.

Kaderrichtlijnwater monitort hoofdzakelijk via toestand- en trendmonitoring (T&T monitoring), wat bestaat uit geclusterde meetpunten die maandelijks worden bemonsterd. De werking van uitgevoerde maatregelen wordt niet direct gemonitord via de T&T monitoring. Om de werking van een uitgevoerde maatregel te monitoren is een maatregel-effect plan nodig. In dit plan wordt opgesteld waar de hotspots, locaties met hoge uit- en afspoeling van verontreinigde stoffen, liggen en worden representatieve meetpunten uitgekozen die volgens het Before-After Control Impact ontwerp worden gemonitord. Hierbij worden metingen verricht vóór en na de uitvoering van een maatregel. Een maatregel-effectplan kan waardevolle inzichten bieden in de werking van verschillende maatregelen, zodat deze in toekomstige plannen effectiever kunnen worden ingezet.

Om een duidelijk beeld te krijgen van de fluctuatie van nutriënten is het aanbevolen om de meetfrequentie te verhogen. Het is echter niet altijd mogelijk om de meetfrequentie te verhogen, in verband met beperkte budgetten. Om dit probleem op te vangen, kunnen samenwerkingsverbanden met lokale gebiedsbeheerders opgesteld worden. Hierbij kan in samenspraak de bemonsteringsfrequentie verhoogd worden en andere methoden toegepast worden, zoals de Aquality app. Verder kan meer data met betrekking tot de waterkwaliteit verzameld worden bij gebruik van deze app in combinatie met burgerwetenschappen, wat ook het bewustzijn van burgers rondom waterkwaliteit kan verhogen.

Literatuurlijst

Alcoma, J., Florke, M., & Marker, M. (2007). Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences Journal*, 52(2), 247–275. DOI: [10.1623/hysj.52.2.247](https://doi.org/10.1623/hysj.52.2.247)

Bakker, A.M., van der Meer, T.V. & Verdonshot, P.F.M. (2023). Effectiviteit van bufferzones, Een overzicht van de relevante processen en actoren, Rapport 3275. WUR, Wageningen, 32 p. DOI: [10.18174/632786](https://doi.org/10.18174/632786)

Bates, B., Kundzewicz, Z.W., Palutikof, J. & Wu, S. (2008). Climate Change and Water, IPCC Technical Paper VI. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 214 p. www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/doc13-5.pdf

Bleker, M. & Verdonshot, P.F.M. (2007). Een expertsysteem voor de keuze van hydrologische maatregelen, V. MaatregelWijzer Waterbeheer, Alterra-rapport 1521. WUR, Wageningen, 91 p.

Blom, J.J. & ter Maat, H. (2005). Vergaande verwijdering van fosfaat met helofytenfilters, Stand van zaken 2004, Rapportnummer 2005-19. STOWA, Utrecht, 46 p.

Bresser, A.H.M., Berk, M.M., van den Born, G.J., van Bree, L., van Gaalen, F.W., Ligtoet, W., van Minnen, J.G. & Witmer, M.C.H. (2005). Effecten van klimaatverandering in Nederland, MNP-rapportnummer: 773001034. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven, 112 p. www.mnp.nl/bibliotheek/rapporten/773001034.pdf

Buijert, A., Talens, R., Chardon, W., Groenenberg, B.J., Jansen, S. & Gerritse, J. (2015). Pilot effectgerichte verwijdering fosfaat bollenstreek, resultaten veldpilot Voorhout en synthese diverse maatregelen. ARCADIS, Amsterdam, 115 p.

Claessens, J., van Gils, D., Brussée, T., Vrijhoef, A., van Duijnen, R., Oosterwoud, M., Vrijhoef, A., Plette, A. C. C., Kotte, M. C., Rozemeijer, J. C., Ouwerkerk, K., Gosseling, M., Roskam, J.L. & Taconis, F. (2024). Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland; toestand (2020-2023) en trend (1992-2023). Resultaten van de monitoring van de effecten van de EU Nitraatrichtlijn actieprogramma's. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. RIVM-rapport 2024-0113. DOI: [10.21945/RIVM-2024-0113](https://doi.org/10.21945/RIVM-2024-0113)

Deltares (2024a). Persoonlijke communicatie. Geraadpleegd op: 28-11-2024

Deltares (2024b). Persoonlijke communicatie. Geraadpleegd op: 25-11-2024

Dillen, J. & de Blauwer, V. (2021). Welke groenbedekker neemt het meeste stikstof op?, Een vanggewas inzaaien na late aardappelen. Boer&Tuinder, 1: 1-4.

Dos Reis Oliveira, P. C., van der Geest, H. G., Kraak, M. H., Westveer, J. J., Verdonshot, R. C. & Verdonshot, P. F. (2020). Over forty years of lowland stream restoration: Lessons learned? *Journal of environmental management*, 264, 110417. DOI: [10.1016/j.jenvman.2020.110417](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110417)

Duursma, S. (2021). Beheer en Onderhoudsrichtlijn, Beekdal Groote Beerze, traject 3, BG2373. Waterschap de Dommel, Boxtel, 16 p.

Elfferich, I., Bagshaw, E. A., Perkins, R. G., Johnes, P. J., Yates, C. A., Lloyd, C. E. M., Bowes, M. J., Halliday, S. J. (2024). Interpretation of river water quality data is strongly controlled by measurement time and frequency, *Science of The Total Environment*, 954,176626. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2024.176626](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176626)

Groenenberg, J.E., Chardon, W.J. & Koopmans, G.F. (2013). Reducing Phosphorus Loading of Surface Water Using Iron-Coated Sand, *Journal of Environmental Quality*, 42: 250 – 259.

Groenenberg, J.E., Chardon, W.J. & Vreeburg, P.J.M. (2015). Vermindering van de fosfaatbelasting oppervlaktewater met P-bindende drain, Rapportage monitoring veldpilot en onderzoek naar praktische inpasbaarheid van de maatregel, Alterra-rapport 2678. WUR, Wageningen, 57 p. edepot.wur.nl/367358

Groenendijk, P., de Kool, S.A.M., van der Grift, B., Stuurman, R.J. & Janssen, G.M.C.M. (2009). Onderzoeksproject KRW-pilot bollensector, Vooronderzoek en plan van aanpak, Alterra-rapport 1947. WUR, Wageningen, 125p.

Groenendijk, P., Schipper, P. & Rozemeijer, J. (2021). Kennisleemten procesmodellen uit- en afspoeling nutriënten. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit – Thema ‘Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout’. Kennisimpuls waterkwaliteit. 1: 1 – 15.

Haan, J.J., de Schoot, J.R., van der Buck, A.J., de; Sival, F.P. (2012). Zuivering van sloot- en drainwater in helofytenfilters is kosteneffectief. *H2O: tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling* 45, 5. p. 23 - 25. edepot.wur.nl/181560

Hojtink, R., Schreuders, R. & Vroege, M. (2020). Protocol monitoring en toestandsbeoordeling oppervlaktewaterlichamen KRW. Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/@50346/protocol-monitoring-toestandsbeoordeling/

Inspectie Leefomgeving en Transport. (2024). *Signaalrapportage: Betere bescherming waterkwaliteit is noodzakelijk*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Signaalrapportage 29-04-2024

Jansen, P.C., Sival, F.P., Kwakernaak, C., Clevering, O.A. & Westein, E. (2008). Ruimtelijke maatregelen voor Natura 2000 wetlands in het veenweidegebied: bufferzone voor het natuurgebied De Haekk. Wageningen: Alterra (Alterra-rapport 1599) – 66. edepot.wur.nl/27541

Lemm, J. U., Venohr, M., Globevnik, L., Stefanidis, K., Panagopoulos, Y., van Gils, J. & Birk, S. (2021). Multiple stressors determine river ecological status at the European scale: Towards an integrated understanding of river status deterioration. *Global Change Biology*, 27(9), 1962-1975. DOI: [10.1111/gcb.15504](https://doi.org/10.1111/gcb.15504)

LLTB (2024). Persoonlijke communicatie. Geraadpleegd op: 11-11-2024

Loeve, R., Droogers, P. & Veraart, J. (2006). Klimaatverandering en waterkwaliteit. Wetterskip Fryslân, Leeuwarden, 110 p. www.futurewater.nl/downloads/2006_Loeve_FW58.pdf

Lopez-Ponnada, E.V., Lynn, T.J., Peterson, M., Ergas, S.J. & Mihelcic, J.R. (2017). Application of denitrifying wood chip bioreactors for management of residential non-point sources of nitrogen/ Journal of Biological Engineering. 4: 1-14.

Lu, W., Font, R. A., Cheng, S., Wang, J. & Kollmann, J. (2019). Assessing the context and ecological effects of river restoration-A meta-analysis. Ecological Engineering, 136, 30-37. DOI: [10.1016/j.ecoleng.2019.06.004](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.06.004)

Mayer, P.M., Reynolds Jr., S.K., McCutchen, M.D. & Canfield, T.J. (2007). Meta-analysis of nitrogen removal in riparian buffers. J. Environ. Qual. 36, 1172–1180. DOI: [10.2134/jeq2006.0462](https://doi.org/10.2134/jeq2006.0462)

Nabben, I., de Koning, N. & van den Oetelaar, G. (2021). Landschapsvisie Beneden Dommel, het Dommeldal tussen Son en Boxtel, Onderbouwing van de inrichtingsplannen en de NNB-herbegrenzing in Het Groene Woud. ARK Natuurontwikkeling, Nijmegen, 170 p.
Natuurmonumenten (2024). Persoonlijke communicatie. Geraadpleegd op: 07-10-2024

Nilsson, C., Aradottir, A. L., Hagen, D., Halldórsson, G., Høegh, K., Mitchell, R. J. & Wilson, S. D. (2016). Evaluating the process of ecological restoration. Ecology and Society, 21(1). DOI: [10.5751/ES-08289-210141](https://doi.org/10.5751/ES-08289-210141)

Noij, G.J.A.M. (2005). Onderzoek naar effectiviteit van bufferstroken. Uit de mest- en mineralenprogramma's. 1: 1-2.

Noij, G.J.A.M., van Bakel, P.J.T., Smidt, R.A., Massop, H.T.L. & Chardon, W.J. (2006). Fosfaatpilot Noord- en Midden-Limburg, Plan van Aanpak en Monitoring, Alterra-rapport 1255. WUR, Wageningen, 129 p.

Noij, I.G.A.M., Heinen, M. & Groenendijk, P. (2012). Effectiveness of non-fertilized buffer strips in the Netherlands: final report of a combined field, model and cost-effectiveness study. Wageningen: Alterra, Wageningen-UR (Alterra-rapport 2290). edepot.wur.nl/239029

Ohm, M., ten Hulscher, D. & Smits, R. (2014). Richtlijn KRW Monitoring Oppervlaktewater en Protocol Toetsen & Beoordelen. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving. Documentnummer: 849955. open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoeksrapporten/@95287/richtlijn-krw-monitoring/

Opdam, P., Pouwels, R., Vos, C., Reijnen, R., Kwakernaak, C., Agricola, H., de Vries, S., Ottburg, F., Hijdra, R., Zonneveld, T., Piek, H. & Kooy, W. (2006). De Ecologische Hoofdstructuur en klimaatverandering: waar kunnen we het beste investeren in meer ecologische veerkracht?, Alterra-rapport 1311. WUR, Wageningen, 46 p.

PBL, (2020). Waterkwaliteit KRW. www.clo.nl/indicatoren/nl1438-kwaliteit-oppervlaktewater-krw. Geraadpleegd op: 17-12-2025

Ploegam (2024). Persoonlijke communicatie. Geraadpleegd op: 15-10-2024

Posthuma, L., van der Grinten, E., Verweij, W., Dingemans, M. & van den Brink, P.J. (2019). Waterkwaliteit zonder toxiciteit. H2O. 1: 1-10.

Roni, P., K. Hanson, and T. Beechie. 2008. Global review of the physical and biological effectiveness of stream habitat rehabilitation techniques. N. Am. J. Fish. Manag. 28: 836-890. DOI: [10.1577/M06-169.1](https://doi.org/10.1577/M06-169.1)

Rozemeijer, J., van der Grift, B. & de Nies, J. (2018). Monitoring voor een gebiedsgerichte aanpak van nutriënten. *Water Matters. Kennismagazine voor waterprofessionals*, 28-31. edepot.wur.nl/455145

Slagter, L., Roseboom, M. H., van Wieringen, D., Phernambucq, I. H., Nieuwkamer, R. L. J., Oosterom, L. C., Ruijgrok, E. C. M & Turlings, L. G. (2024). Koepelrapport Tussenevaluatie KRW. 101158E-112. <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2024/12/20/bijlage-2-koepelrapport-tussenevaluatie-krw>

Schipper, P., Groenendijk, P., van Gerven, L., van Loon, A., Lukacs, S., & Rozemeijer, J. (2022). *Monitoring en modellering in twee pilotgebieden voor gebiedsgerichte aanpak* (2022-22; Nutriënten: welke landbouwmaatregelen snijden hout?). Stowa. www.stowa.nl/publicaties/monitoring-en-modellering-twee-pilotgebieden-voor-gebiedsgerichte-aanpak-kiwk

Smokorowski, K.E., Bradford, M.J., Clarke, K. D., Clément, M., Gregory, R.S., & Randall R., G. (2015). Assessing the effectiveness of habitat offset activities in Canada: monitoring design and metrics. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences: 3132: vi + 48 p. publications.gc.ca/collections/collection_2015/mpo-dfo/Fs97-6-3132-eng.pdf

Smokorowski, K. E. & Randall, R. G. (2017). Cautions on using the Before-After-Control-Impact ontwerp in environmental effects monitoring programs. *Facets*, 2(1), 212-232. DOI: [10.1139/facets-2016-0058](https://doi.org/10.1139/facets-2016-0058)

Stevens, M., Alaerts, K., van Reeth, W., Schneiders, A., Michels, H., van Gossum, P. & Vught, I. (2018). Natuurverkenning 2050, Hoofdstuk 5: De kijkrichtingen doorgelicht, Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2018 (85). Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Brussel, 118 p. DOI: [10.21436/inbor.15597808](https://doi.org/10.21436/inbor.15597808)

Stewart-Oaten, A., Murdoch, W. W. & Parker, K. R. (1986). Environmental impact assessment: "Pseudoreplication" in time?. *Ecology*, 67(4), 929-940. DOI: [10.2307/1939815](https://doi.org/10.2307/1939815)

Swanson, F.J. & Lienkaemper, G.W. (1982). Interactions among fluvial processes, forest vegetation, and aquatic ecosystems, South Fork Hoh River, Olympic National Park. In E. E. Starkey, J. F. Franklin, and J. W. Matthews (eds.) *Ecological research in national parks of the Pacific Northwest*, pp. 30-34. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.

Van de Weerd, R., Brugmans, B., van Herpen, F., Gevers, E., Hes, E. & Seelen, L. (2024). Ontwerpen met maatregelen voor de waterkwaliteit. Handvaten voor verkenning en planvorming. (p. 13). Waterschap Aa en Maas.

Van der Lee G. H., Bakker, A.M., Verdonschot R.C.M. & Verdonschot P.F.M. (2021). Doorwerking van lokaal beekherstel op de ecologische kwaliteit van het hele stroomgebied. Een analyse van vier stroomgebieden. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK), Zoetwaterecosystemen, Wageningen Environmental Research, Wageningen UR, Wageningen. 60 pp. DOI: [10.18174/567188](https://doi.org/10.18174/567188)

Van der Lee, G., Verdonschot, R. C. M. & Verdonschot, P. F. M. (2022a). *Advies voor het monitoren van de ecologische waterkwaliteit*. (Stowa rapport; No. 2021-22), (Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK); No. 2022-02). STOWA. DOI: [10.18174/560601](https://doi.org/10.18174/560601)

Van der Lee, G., Bakker, A., Verdonschot, R. & Verdonschot, P. (2022b). *Maatregel-effect-monitoring in oppervlaktewateren: ontwerp, analyse en bepaling van de ecologische effectiviteit van uitgevoerde maatregelen*. (Stowa rapport; No. 2022-25). STOWA. DOI: [10.18174/571747](https://doi.org/10.18174/571747)

Van der Oost, R., Nguyen, M.T. & de Haan, F. (2012). Slim monitoren van de waterkwaliteit met passieve monsternamemethoden. H2O. 1: 1-5.

Van Diepen, C.A., Wolf, J., Arts, G.H.P., ten Berge, H.F.M., Boogaard, H.L., van der Kolk, J.W.H., Naeff, H.S.D., Noij, I.G.A.M., Schoumans, O.F., Smit, A. & Stolte, J. (2002). Mogelijkheden voor verbetering van de waterkwaliteit door vermindering van de nutriëntenbelasting in Noord-Brabant, Hoofdrapport: Samenvattend resultaat van vijf deelstudies naar mogelijke maatregelen ter vermindering van de nutriëntenbelasting van grond- en oppervlaktewater en hun gevolgen, Alterra-rapport 527. WUR, Wageningen, 62 p. www.researchgate.net/publication/40138470

Van Driezum, I., van Loon, A. & van der Grift, B. (2024). Monitoring nutriënt measures. <https://www.kwrwater.nl/en/projecten/monitoring-nutrientenmaatregelen/> Geraadpleegd op 16-12-2024.

Van Gaalen, F., Osté, L. & van Boekel, E. (2020), Nationale analyse waterkwaliteit. Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. edepot.wur.nl/521310

Van Halsema, R. & Teurlincx, S. (2023). *Inzicht in kwaliteit van kleine wateren: Burgeronderzoek “Vang de Watermonsters” vult de blinde vlekken in ecologische waterkwaliteit op de kaart*. nloo.knaw.nl/files/2023-11

Van Hoorn, M. & de Weert, J. (2012). ‘Passieve monsternamen’ om de effectiviteit van natuurvriendelijke oevers en bufferstroken te meten. H2O. 16: 34 – 36. edepot.wur.nl/339004

Van Noord, A., de Vries, J., Verdonschot, P.F.M. & Verdonschot, R.C.M. (2022). Effectiviteit van eenvoudige maatregelen: Evaluatie van gedocumenteerde herstelprojecten in Nederland van 2006 t/m 2019. Notitie Kennisimpuls waterkwaliteit (KIWK). Zoetwaterecosystemen. Wageningen Environmental Research. Wageningen UR. Wageningen. 21 pp.

www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202022/STOWA-KIWK%202022-18%20%20Evaluatie%20herstelprojecten.pdf

Veraart, J., Kruit, J. & Kraaijenbrink, P. (2020). Deltafact Bomen, Bos en Waterbeheer. STOWA, Delft. Online beschikbaar: www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/innovatieve-dijkconcepten/bomen-bos-en-waterbeheer Geraadpleegd op: 17-12-2024

Verdejo, A., Curt, M. D. & Fernandez, J. (2014). *Effects of supplemental aeration on total nitrogen removal in a floating helophytes filter (FHF) for wastewater treatment*. Pol. J. Environ. Stud. 24(1), 307-316. www.pjoes.com/pdf-89428-23335?filename=23335.pdf

Verdonschot, P., Verdonschot, R., Bauwens, J., Brugmans, B., Dees, A., Kits, M., Moeleker, M., de Hoog, J., Scheepens, M., Barten, I., Coenen, D., van Vugt, A. & Roovers, S. (2017). *Kennisoverzicht kleinschalige maatregelen in brabantse beken*. (Stowa rapport; No. 2017-16). edepot.wur.nl/414081

Verdonschot, P. F. M., Verdonschot, R. C. M., van der Lee, G. H. & de Baat, M. L. (2018). Adaptief monitoren: Versterking kennisbasis en verfijning waterbeheer. Landschap: tijdschrift voor landschapsecologie en milieukunde, 2018(1), 58-65. edepot.wur.nl/445617

Verhagen, R., Bouwhuis, H. & Molenaar, W. (2007). Laagveenmoerassen in Fryslân, Evaluatie van herstelmaatregelen en beschrijving van KRW-doelen, revisie 02. Wetterskip Fryslân, Friesland, 118 p.

Verstand, D., Berkhof, M., de Haas, M., Pellens, N., Voskamp, I. & Diersmann, M. (2024). Nature-based Solutions Catalogus. Een uitwerking van 10 NbS categorieën in de Nederlandse situatie. projectnummer 5200047633. Wageningen Environmental Research. Wageningen. 16 p. library.wur.nl/WebQuery/hydrotheek/2336263

Wardekker, J.A. & van der Sluijs, J.P. (2011). Karakterisering van onzekerheid in effecten van klimaatverandering in Nederland, Report NWS-E-2011-79. Copernicus Institute Research Institute for Sustainable Development and Innovation, Utrecht, 22 p. research-portal.uu.nl/files/20407243/

Waijjen, H.B.G., van Bles, F., de Buschgens, A. & Kujawa-Roeleveld, K. (2023). Drijvende helofytenfilters verwijderen nutriënten en microverontreinigingen uit oppervlaktewater. Water Matters: Kenniskatern voor Waterprofessionals. 17. p. 8 – 11. edepot.wur.nl/644713

Waterprof (2024). Persoonlijke communicatie. Geraadpleegd op: 04-11-2024

Waterschap de Dommel (2023). Besluit legger waterstaatswerken 2023 Waterschap de Dommel. *Besluitkenmerk* 147811/147812. *Pg.* 7 repository.officiële-overheidspublicaties.nl/externebijlagen/exb-2023-50207/1/bijlage/exb-2023-50207.pdf

Waterschap Rivierenland (z.d.). Legger Wateren. www.waterschaprivierenland.nl/legger-wateren Geraadpleegd op: 17-01-2025

Webster, Westlake, D. F., & Dawson, F. H. (1986). The management of *Ranunculus calcareus* by pre-emptive cutting in southern England. In Proceedings, 7th international symposium on aquatic weeds. (pp. 395-400).

Zhang, X., Liu, X., Zhang, M., Dahlgren, R.A. & Eitzel, M. 2010. A review of vegetated buffers and a meta-analysis of their mitigation efficacy in reducing nonpoint source pollution. J. Environ. Qual. 39, 76–84. DOI: doi.org/10.2134/jeq2008.0496

Bijlage 1 – Interviews

IDVerde

Wat verstaat u onder de term Nature Based Solutions (NBS)?

- *Bij IDVerde wordt de term “NBS” ook wel beschouwd als “Bouwen met Natuur”. Hier worden alle maatregelen waarbij gebruik wordt gemaakt van de werking van de natuur onder gezien.*

Wat was het werk bij de Oude Strijper Aa? Hoe is het plan voor dit project ontstaan? Wat was de rol van IDVerde daar bij?

- *IDVerde heeft bij de Oude Strijper Aa gekeken naar de inrichting van het gebied en hebben ze de basis neergelegd en het natuurdoeltype vastgesteld. Bij de start van het project waren er 2 opgaven: 1) het is een Natura 2000 gebied dat nattig moet zijn, 2) er moet rekening gehouden worden met de KRW-richtlijnen.*
- *IDVerde houdt zich bezig met het ontwerpproces, de hydrologie en het definiëren van niveaus en ambitie. Daarbij wordt gekeken naar 1) welke doelstellingen streef je na, 2) Op welke manier streef je deze na, 3) zijn er eventuele negatieve gevolgen op andere plekken wanneer deze maatregelen worden uitgevoerd en welke zijn dat, 4) successie en beheer.*
- *In de ontwerpfase wordt onderzocht welke maatregelen er zijn en welke uitgevoerd gaan worden. De uitvoering van de maatregelen is vaak 4 à 5 jaar na het initiatief.*

Welke maatregelen werden toegepast, vallen deze onder NBS?

- *Bij de Oude Strijper Aa zijn verbindingzones gemaakt met poelen of beplanting en zijn kleine maatregelen uitgevoerd om het gebied te vernatten.*

Wat waren de overwegingen voor het toepassen van deze maatregelen?

- *Afwegingen die gemaakt worden bij het kiezen van de maatregelen hangen af wat het doel is, en wat de belangen van de omgeving zijn. Ook is het belangrijk te definiëren of er ingegrepen moet worden en wanneer.*

Wie onderhoudt en controleert de maatregelen?

- *IDVerde is in theorie na uitvoering klaar en heeft hier dus geen rol in. In principe is het waterschap hier verantwoordelijk voor. Soms wordt IDVerde door de opdrachtgever als uitvoerder aangewezen. IDVerde stuurt dan derde partijen aan in eventuele extra werkzaamheden en om eventuele problemen op te lossen die na aanleg naar boven komen.*

Zijn er van deze maatregelen al effecten te zien?

- *Veel informatie heeft IDVerde hier niet over, maar de vernatting lijkt goed gelukt te zijn. Aangelegen percelen hebben geen last van wateroverlast. Meer informatie over de resultaten van de maatregelen bij de Oude Strijper Aa liggen bij de Waterschappen.*

Weet u of er toekomstplannen zijn voor andere maatregelen?

- *In de toekomst is het de bedoeling dat er een verbindingzone tussen de Aa en de Maas komt bij Eindhoven airport, waar Noord en Zuid verbonden moeten worden met een ander gebied. Daarbij moet de watergang verondiept en versmald worden omdat poelen te snel droog vallen. Deze poelen worden kunstmatig afgedicht om het waterpeil hoger te houden. Verder worden er kruiden- en faunarijke graslanden aangelegd en worden houtpakketten in beken en droge gebieden inbracht.*

Natuurmonumenten

Wat zijn de belangrijkste beheersdoelen voor het Dommeldal?

- *Slootjes onttrekken. Water vanuit landbouw, riool en zware metalen vanuit slib en fabriek lozingen verergert waterkwaliteit.*
- *Als Dommel uit oevers treedt over graslanden zijn fosfaten bijv. een probleem*

Wat zijn de knelpunten voor de waterkwaliteit en kwantiteit in het Dommeldal?

- *Verdroging en vervuiling grootste probleem.*
- *Dommeldal deels gekanaliseerd en door vervuiling en remmende factoren zoals hout weghalen voor kanovaart zorgt voor diepere doorsnee waardoor water wordt onttrokken aan de omgeving.*
- *Riool overstorten vooral in België nog probleem.*
- *Dommel zelf niet goed in kwaliteit, hoe meer zijstromen er bij komen hoe beter de kwaliteit wordt.*
- *Beken herinrichten lastig i.v.m. met zware metalen in bodem rondom de Dommel.*

Welke maatregelen worden hiervoor getroffen?

- *Van waterschappen en provincies afhankelijk voor waterkwaliteit, gebiedsgerichte aanpak i.v.m. stikstof (provincie en waterschap) à natura 2000.*
- *Maaien en afvoeren*
- *Veel regulier beheer i.p.v. nature based solutions, actief bv hout inbrengen wordt niet veel gedaan.*
- *Sloten dichten (bijna overal al gedaan) en ruilverkaveling.*
- *Waar sloten gedempt kunnen worden wordt dat gedaan, grotendeels allemaal al gedaan met het doel het waterpeil te verhogen, Wat niet kan vaak i.v.m. landbouwpercelen. Water moet leidend zijn voor hoe het land gebruikt wordt.*
- *Maaibeheer voor betere kwaliteit van graslanden en afvoeren.*
- *Heel ecohydrologisch onderzoek uitgevoerd om potenties voor herstel per grasland in kaart te brengen.*
- *Dagelijkse contacten met waterschappen over beheer grotere watergangen etc.*
- *23 boeren met vee rondom het Dommeldal. Hier is geen echte samenwerking mee.*
- *Op hogere plekken in het landschap ook water in de grond sturen (kwel)*
- *Langs beekloop aantal visvijver plekken en wat stuwtjes opgeknapt, waardoor water niet meer horizontaal kan weglopen, kunstmatig in de vijvercomplexen zodat het in de grond sijpelt.*
- *Lobbywerk om te zorgen dat dingen zoals kanovaren stoppen. Recreatie heeft het voorhand in het natura2000 gebied. Gebiedsontwikkeling zo maken dat recreatie weggehaald wordt bij natuurgebieden, maar dat is ook een internationaal verhaal, afkoop kanovergunning in ontwikkeling.*
- *Monitoring. 18 jarenplan als natuur visie, elke 6 jaar evaluatiemoment. Gestructureerde monitoring elke 6 jaar, verder werkgroepen en vrijwilligers die monitoren.*

Ploegam

Wat weet u van de term NBS?

- *De term NBS komt binnen de uitvoerders niet zo veel voor. Wel zijn er wat raakvlakken te zien.*

Wat voor projecten heeft Ploegam aan meegewerkt?

- *Ploegam werkt aan veel projecten voor de waterschappen. Twee projecten daarvan zijn de Essche stroom en een grote waterloop bij Lindt. Bij de Essche stroom ging het vooral*

om dijkverzwaring, het omleggen van watergangen en andere nevenactiviteiten. Bij Lindt ging het om het aanleggen van natuurvriendelijke oevers en verflauwde taluds. Daar is veel grondwerk gedaan, er zijn onder andere poelen gegraven, een deel van de waterloop is gehermeanderd, er zijn houtpakketten ingebracht en schuilplekken voor waterleven in de buitenbochten aangebracht.

Hoe zijn de plannen voor deze projecten ontstaan?

- *Bij dit soort projecten begint het waterschap met een idee en werken ze dat verder uit 4 à 5 jaar voor de uitvoering. Wanneer dit plan is uitgewerkt wordt het aanbesteed bij uitvoerders zoals Ploegam met een werkschrijving. Uitvoerders die dit project willen uitvoeren geven dit aan een leverancier daar een prijsopgave bij. Daarbij wordt binnen een uitvoerdersbedrijf gecalculeerd wat het project is en wat er gedaan moet worden. Verder wordt er nog gekeken naar eventuele eisen voor de uitvoering.*

Kunt u ons meenemen in de benodigde werkzaamheden voor een van deze projecten. Hoe zit het met de tijdschaal? Wie zijn de betrokken partijen en wat is hun rol binnen het project?

- *Bij de werkzaamheden is het belangrijk om te kijken hoe we overal bij komen: zijn er rijplaten nodig, hoe voeren we afgegraven grond af, hoe houden we rekening met het water bij hoog of laag. Ook moet er rekening gehouden worden met de omgeving, routes die gereden kunnen worden en de wensen en eisen van de gemeenten en waterschappen. Tussendoor zijn er veel controles nodig om te bekijken of het plan nog klopt en iedereen er mee eens is.*
- *Bij projecten waar hermeandering komt kijken worden vaak bomen gekapt om ruimte te krijgen voor de rivier. Dat hout willen we zo veel mogelijk hergebruiken en teruggeven aan de natuur. In dat soort gevallen worden er vaak houtpakketten van gemaakt om in te brengen in de beek. Ecologen bepalen dan waar het komt te liggen.*
- *De tijdsschaal van projecten kan erg overlappen, maar ook erg verschillend zijn. Een dijkversterking is bijvoorbeeld niet zo moeilijk, omdat het gaat om het verplaatsen van zand en klei naar een andere locatie. Belangrijkste waar hierbij rekening gehouden moet worden is de verkeersontlasting. Er moeten dan veel van dezelfde werkzaamheden uitgevoerd worden, maar de manier van tijd bepaald het tijdsbestek. In het hoogwater seizoen zullen werkzaamheden langer duren, omdat we dan niet met te zware voertuigen het gebied in kunnen. Soms moeten we na de uitvoering van een project weer terug om bijvoorbeeld inklinking van de klei bij dijkverzwaringen te herstellen.*
- *Bij projecten is Ploegam vaak officieel de hoofdaannemer. Wij kunnen in principe alle werkzaamheden zelf uitvoeren, maar kunnen ook onderaannemers aannemen. Zo huren wij specialisten in voor de bomenkap. Met alle betrokken partijen wordt een werkoverleg gehouden waarbij wordt besproken wie welke rol heeft en welke werkzaamheden uitvoert. Tijdens de uitvoering van de werkzaamheden worden er bouwvergaderingen gehouden om de voortgang te bespreken. Bij de start van het project worden er in overleg termijnen opgesteld, per termijn wordt besproken wat er is afgerond en wat in de komende termijn uitgevoerd gaat worden. Ook worden er door de hoofduitvoerder dagboeken opgesteld om de voortgang en kosten te noteren.*

Hoe zit het met het kostenplaatje voor deze werkzaamheden?

- *Binnen de aannemerij zijn veel contractvormen waarin afwegingen worden meegenomen. Zo worden veel mensen al aangesloten bij het voortraject, die per persoon een uurtarief hebben. Bij grote waterlopen moet een prijs aan de werkzaamheden geplakt*

worden. Elke kraan en elk uur moet in de calculatie gezet worden. Bij grote opgaven is het ook erg afhankelijk van de tijdsduur van de werkzaamheden.

Zijn er knelpunten naar voren gekomen tijdens de uitvoering van deze werkzaamheden?

- *Bij sommige projecten is het een vereiste dat er elektrische voertuigen gebruikt worden. We moeten dan meerdere accu's hebben, en eventueel stroom vragen bij omliggende woningen of bedrijven om deze weer op te laden. Bij dit soort projecten beloven we soms misschien meer dan dat we kunnen doen met elektrische voertuigen. Verder is de planning ook een knelpunt.*

Wat weet u van de controle en het onderhoud van de maatregelen na uitvoering?

- *Dit is afhankelijk van de vraag van de waterschappen. Als er van ons gevraagd wordt om uitgevoerde werkzaamheden te controleren dan doen we dat. In de praktijk is het vaak zo dat de uitvoerder een half jaar na uitvoering verantwoordelijk is, daarna ligt de verantwoordelijkheid weer terug bij de beheerder.*

LLTB

Hoeveel bent u in het dagelijks werk met de kwaliteit van het water en naastgelegen sloten bezig?

- *Kijken naar landschapsinrichting om water op hellingen vast te houden. Kijken naar potentie van andere teeltmethode: groenbemester, ruitpatroon bij zaaien of in aardappelruggen (drempeltjes).*
- *Samen met ondernemers kijken, hoe kan je met landschapselementen het water plaats geven. Samen aan tafel gezeten, waar gaat het water heen en waar komt het vandaan. Wat kunnen we waar doen? Waar bomenrijen niet handig zijn schotten plaatsen bijv.*

Met welke soort NBS en natuur inclusieve maatregelen heeft uw ervaring in het toepassen ervan?

Bijv. Helofytenfilters, bufferstroken, bioreactoren en andere filters?

- *Bufferstroken kunnen helpen als afspoeling het probleem is, maar uitspoeling is over het algemeen een groter probleem. Oplossing ligt vooral bij de optimalisatie van bemestingsplan en teeltmaatregelen. Op mais- en aardappelpercelen blijft altijd wel veel stikstof achter. Bieten nemen juist meer stikstof uit de grond*
- *Filter zal het beste werken als je een gecontroleerde stroom hebt. Het is belangrijker om op perceel niveau de juiste dingen doen, grootschalige filters zijn lastig. Nu bezig met grootschalig chemisch bodemonderzoek, hoeveel stikstof is er nu nog op het land na de oogst, wat spoelt uit?*
- *Een Filter neerzetten op plek waar het de sloot uitkomt in grotere waterloop is "symptoombestrijding", kan beter aan het begin kijken, waar komt het vandaan?*

Welke problemen/moeilijkheden lopen boeren tegenaan om maatregelen te treffen?

Kosten/landgebruik etc.

- *Huidige systematiek werkt niet, boeren worden niet afgerekend op hun uitspoeling. Boeren moeten met metingen ingelicht worden om mest goed te benutten met het doel zonder uitspoeling van stoffen opbrengsten op peil te houden. Zolang het niet inzichtelijk is hoeveel stoffen een boer uitspoelt gaan de boeren er niet naar handelen*
- *We zijn nu met mineraalmetingen bezig voor stikstof/nitraatuitspoeling, in toekomst met gewasbestrijdingsmiddelen. Met deze metingen wordt gemeten wat er van een perceel uitspoelt. Zo kan de boer individueel inzicht krijgen in zijn uitspoeling. Mineraalmetingen zijn 100 euro per stuk en een ochtend advies 500 euro, moet vaak 3 keer, dus per boer minstens 1500. Aardig wat kosten aan verbonden, dus financiering nodig.*

Waterprof

Wat kan je vertellen over het project?

- *Opdracht voor waterschap de Dommel: project om in kaart te brengen in welke B en C watergangen de waterhuishouding verbeterd kan worden. Wat doen we nu in B en C watergangen? Opzoek naar locaties die interessant zijn om maatregelen te treffen. Bij projecten vooral kwantiteitsmaatregelen uitwerken*
- *In dit project hebben is er gekeken naar verschillende watergangen: kleine watergangen van agrariërs (B en C watergangen). Als eerste inventariseren of er water in de watergangen zit, ja of nee? Vervolgens kijken of er geschikte omstandigheden zijn: verval, ondergrond, effectiviteit stuw, waterkwaliteit, rode lijst soorten.*
- *Niet zo zeer naar beekdalen gekeken want dat zijn vaak al natte omgevingen en daarom minder interessant. We zijn vooral opzoek geweest naar plekken waar de waterkwantiteit erg verbeterd kon worden door snelle maatregelen te treffen.*
- *Flanken (vroeger vooral gedefinieerd als alles tussen de hoge droge kop en het beekdal), hoge droge koppen (hoogste punt met zandgronden, filtreert goed in maar loopt ook snel weg dus droogt snel uit).*
- *Door veel droge jaren waren uit noodzaak hele eenvoudige maatregelen genomen om snel water vast te houden samen met beheerders (beheerders kennen het gebied goed):*
- *Rijplaten en big bags in de waterloop geplaatst om water vast te houden.*
- *Dit waren in eerste instantie tijdelijke maatregelen. Na de werking van de maatregelen te controleren voor 2 jaar op gewenste criteria. Als de criteria op groen staan werden het permanente maatregelen.*
- *Agrariërs hebben genoeg water nodig voor het groeien van gewassen, maar er tijdens het project waren er een paar momenten in het jaar waar belangen botsen door grondwateronttrekingsverbod en een te hoge waterstand op hun perceel (door de maatregelen) om land op te rijden.*
- *Samenwerking met boeren wel belangrijk, zij kennen hun land heel goed omdat ze er elke dag mee bezig zijn, soms wel wat kennis missen maar dat ligt gevoelig. Bijvoorbeeld met zware machines op het land kan grond samen gedrukt worden tot een harde laag waardoor water blijft staan.*
- *Samenwerking met waterschap de Dommel (opdrachtgever): druk is hoog i.v.m. KRW. Intern was er best wat onrust om duidelijk te krijgen waar de belangen lagen. Het was niet altijd één duidelijk verhaal. De Polarisatie voel je binnen waterschappen. Er waren veel langlopende gesprekken en de werkelijkheid en wat op papier stond wat soms met elkaar in botsing.*

Aa en Maas

We zien dat de term NBS een breed begrip is. Wat voor maatregelen denkt u aan bij de term NBS?

- *Ik zie NBS als maatregelen waar de natuur een handje helpt om het probleem op te lossen. Voorbeelden zijn houtinbreng, beschaduwning, vang gewassen, houtsnipperfilters, natuurvriendelijke oevers.*

Wat doet Aa en Maas allemaal ter verbetering van de waterkwaliteit? (zowel op grotere schaal als in de agrarische sector)

- *Binnen de agrarische sector houdt Aa en Maas zich bezig met onder andere regeneratieve landbouw of agro-ecologische grondslagen/principes. Projecten waar wij mee bezig zijn bevatten beheerde akkerranden, voedselbossen, afwisselende teelt, afspoeling langs waterlopen vertragen of afvangen. Ook zijn we veel bezig met bufferstroken en*

natuurvriendelijke oevers en biodiversiteitsmonitoring op melkveehouderijbedrijven waar het verlenen van subsidies van afhangt. Verder zijn we actief in het agrarisch natuur en landbouwbeheer, de ANLB en het groenblauwe beheer. Verder werken we samen met Boer en Natuur, die als intermediair tussen de subsidie leveraars en agrariërs zitten.

Welke maatregelen komen hierbij kijken? Hoe worden deze uitgevoerd? En waarom is specifiek voor deze maatregelen gekozen (welke afwegingen zijn er gemaakt)? Waren daar beperkende factoren bij (tijd, financiën, uitvoerbaarheid)?

- *Aa en Maas is vooral bezig met grote NBS-projecten. Zo zijn we bezig met het aanleggen van ecologische verbindingzones, natuurlijke oevers, en grote KRW-maatregelen. Veel van de werkzaamheden van Aa en Maas en de maatregelen die daar bij komen kijken staan in het waterbeheerprogramma van Aa en Maas. Binnen een deel van de KRW-waterlopen is niet genoeg stroming, er is constante voeding nodig om deze waterlopen water dragend te houden. Synergie met agrariërs is daarvoor belangrijk.*
- *Een voorbeeld van een project waar Aa en Maas bij betrokken is geweest is “Blues in the Marshes”. Ook zijn we veel bezig met kwelwater en het omleiden van waterstromen.*
- *De belangrijkste taken van het waterschap zijn de waterveiligheid, rioolwaterzuiveringsinstallaties, het behouden van de normen van de KRW, beheer en inrichting. Het is de bedoeling dat het water dat naar rioolwaterzuiveringsinstallaties gaat zo vies mogelijk is.*

Hoe verliep de tijdsschaal? (planvorming, organisatie, analyses, uitvoering)

- *Alle korte projecten worden als eerste uitgevoerd, de focus is dan vooral op de langdurige grote projecten. Een voorbeeld is “bodem up” wat zich bezig houdt met grondwaterbeschermingsgebieden. Dit is in 2020 gestart en loopt tot minimaal 2027. In het begin is vooral geïnvesteerd in het opbouwen van relaties. In 2022 is dit project voor heel Brabant opgezet en zijn er subsidies gezocht. De ANLB staat ook voor 7 jaar gepland, waar in de gehele periode op landschappelijk beheer wordt gefocust.*

Zijn er nog plannen voor maatregelen die in de toekomst uitgevoerd gaan worden die nog niet genoemd zijn?

- *In de toekomst staan meer plannen voor rioolwaterzuiveringsinstallaties. Ook is er het plan om het bodem-up project te verlengen na 2027. De ANLB is bezig met een biodiversiteitsmonitor voor de akkerbouw. Daar zijn ze nu vooral bezig met het bouwen van steigers rond de doelsturing, om meer verantwoordelijkheid aan de boer te geven.*

Hoe ziet het kostenplaatje voor deze maatregelen er uit? Zijn daar subsidies voor?

- *In vergelijking met beekherstel en rioolwaterzuiveringsinstallaties zijn andere projecten goedkoop. Beekherstel is al snel €6 tot €8 miljoen, terwijl bodem up ongeveer €400.000 per jaar kost en de projecten van de ANLB tussen en €600.000 en €700.000 liggen. Alles wat naast de wettelijke maatregelen gedaan wordt op agrarische bedrijven wil de ANLB-subsidies voor vrij maken. Deze subsidies zijn echter vaak alleen te weinig om voor agrariërs echt aantrekkelijk te zijn.*

Zijn er maatregelen die specifiek binnen de agrarische sector uitgevoerd kunnen worden? Zo ja, hoe verloopt het contact met de boeren hierover?

- *Binnen de agrarische sector wordt al geëxperimenteerd met houtsnipperfilters. Ook worden er infiltratiegreppels gebruikt in de Brabantse Delta om het water langer vast te houden. Hierbij wordt gekeken wat je allemaal kan doen met zo min mogelijk ruimte. Bufferzones in combinatie met natuurlijke oevers worden ook meer toegepast. Verder kunnen drainbuizen*

van agrarische percelen gecoat worden met iets om fosfaat te filteren, deze methode is alleen niet erg populair.

- *Verder moet het mestoverschot omlaag. Dit moet aan de bron opgelost worden.*

Is/wordt er gemonitord wat het effect van uitgevoerde maatregelen is op de waterkwaliteit? Zo ja, wie doet dat?

- *Monitoring wordt via verschillende wegen gedaan. Zo is er een groot project “sensor gestuurd boeren” om de waterkwaliteit rondom agrarische percelen te monitoren. Ook worden er gebruik gemaakt van gedetailleerde modellen.*

Deltares – A

Welke monitoringsmethoden zijn er?

Hoe kies je om wat te monitoren? (stoffen, welke wateren)

Hoe vaak monitoren, op welke plaats monitoren (1x in de vier weken)

- *Voor het monitoren worden vaak tactische overwegingen gemaakt, dit vindt dan plaats bij een brug of stuw waar je makkelijk bij kan. De KRW rapporteert vaak over een waterlichaam, de monitoring wordt daar rondom georganiseerd. Een waterlichaam wordt vaak gezien als een deel van een beek of sloot, en per waterlichaam is er één meetpunt. In Nederland wordt alles wat wordt gemeten in de vierjaarlijkse cyclus van de nitraatrichtlijnrapportage.*
- *Het is verstandig om eerst veel metingen in een waterloop te doen om de variatie van stoffen in beeld te brengen. Vanuit deze resultaten kan een representatieve plek gekozen worden wat op een gemiddelde waarde ligt. Met de representatieve plek kunnen de vrachten van stoffen berekend worden als bekend is hoeveel water er stroomt. Voor veel plekken is het momenteel waarschijnlijk niet bekend hoe representatief het eigenlijk is. Deze manier van het meetpunt bepalen is lastiger in stilstaande wateren*
- *Voor het effect van maatregelen is het nodig om dicht op de maatregel zelf te meten. Dit wordt echter weinig gedaan. In Denemarken is er meer onderzoek op de werking en monitoring van specifieke maatregelen dan in Nederland, al zijn sommige maatregelen hier wel goed onderzocht. Zo zijn ijzerzandfilters goed onderzocht, omdat dit een specifieke situatie is. Per maatregel zijn er specifieke meetplannen.*
- *In het algemeen is gebiedsgerichte monitoring belangrijk. Continue monitoring geven momenten weer die hotspots vormen. In de ruimte en tijd van een waterloop is veel te meten*

Hoe wordt er rekening gehouden met pieken en dalen/seizoen etc.

Welke methoden worden er gebruikt in de praktijk?

Hoe voer je deze monitoring uit, en wie doet dat? (apparatuur, sensoren, opstelling, meettrailer, auto, bemonsteringsunit)

Hoe lang wil je monitoren? (1 jaar, 5 jaar, 10 jaar?)

Hoe belangrijk is het om een nulmeting uit te voeren?

- *Om goed te bepalen wat het effect van een maatregel is moet er een nulmeting gedaan worden voor de uitvoering. Een voorbeeld hiervan is de BACI-methode.*

Hoe accuraat zijn deze type van monitoring?

Waar wil je rekening mee houden (seizoen, neerslag, etc.)

Wat zijn de kosten van deze monitoringsmethoden

Wat wordt er met de gegevens van de monitoringsdata gedaan? Hoe beïnvloedt het de beleidsvoering van waterschappen/project planning/maatregelen/doelen etc.

Monitoring specifiek voor helofyten-/houtsnipper-/ijzerzandfilters? Hoe vaak en op welke plek?

Welke methoden worden hiervoor gebruikt?

- *Bij houtsnipperfilters kan worden gemeten wat er in het filter gaat en wat er uit het filter komt. Dit is bij helofytenfilters wat lastiger. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met wat de planten kunnen opnemen en afvoeren en wat er in de grond gebeurt. Bij helofytenfilters is het handig om de uitlaat continue te meten. Ook kan er gekeken worden naar hoeveel sediment er wordt afgevangen in het filter. Helofytenfilters zorgen namelijk voor denitrificatie, maar ook deels voor sedimentatie. De vegetatie moet wel verwijderd worden voor het afsterft en de nutriënten weer vrij geeft aan het water.*
- *Ijzerzandfilters worden het beste toegepast op drainagewater, wat relatief schoon is. Ook daar moet gemeten worden wat er in komt en wat er uit stroomt.*
- *Voor de fosfor waarden moet de sedimentlaag gemeten worden: hoeveel sediment is het, hoeveel fosfaat zit daar in bij bemonstering, hoeveel fosfaat zit er dan in het sediment. Deze methode is haalbaarder dan continue meten bij de in- en uitlaat. Het sediment moet echter wel weggehaald worden, omdat het filter anders dicht slipt. Het sediment hoeft niet vaak bemonsterd te worden, zolang het gebeurt voor het gaat regenen. Wel kan het interessant zijn om vaker naar de dikte van de sedimentlaag te kijken. Dit kan met behulp van een infrarood sensor om te meten waar de bodem is.*
- *Bij drainages wordt vooral gemeten wat er uit de drain komt. Het is van belang dat er ook gekeken wordt naar wat er gebeurt als de drains dicht gaan en wordt nagedacht over de bij effecten en waar op gelet moet worden.*

Welke kosten komen erbij kijken?

- *Maandelijks metingen kosten per meetpunt tussen de €10.000 en €15.000 per jaar. Het continue meten door middel van een meetcabine koste ongeveer €50.000 per jaar per meetpunt, dit is echter wel per meting veel goedkoper. Het gebruik van de Aquality app in combinatie van test strips kost €0,50 per meting en wordt in de praktijk voor van alles gebruikt.*

Deltares – B

In het Puridrain project is de werking van houtsnipper filters getest. Wat was de aanleiding om specifiek dit soort filters te testen? Hoe zijn de afwegingen gemaakt om deze maatregelen uit te voeren?

- *Bij Deltares wordt veel toegepast onderzoek uitgevoerd. We waren al een tijdje bezig met stikstof en fosfor in de uitstroom binnen de landbouw bezig. Bij een riool kunnen zuiveringsinstallaties neergezet worden, bij de landbouw is dat lastiger. Daardoor waren we aan het zoeken naar simpele zuiveringsmethoden, waarbij we eigenschappen uit de bodem kunnen toepassen zoals het gebruiken van natuurlijk micro-organismen die we dan een handje helpen.*
- *Bij literatuuronderzoek kwamen we uit bij Woodchip bioreactors in de Verenigde Staten, en dat wilden we ook in Nederland testen in verschillende projecten. In de praktijk was het niet veel toe te passen en lastig om praktisch te maken. We wilden namelijk niet iets gaan aanleggen wat vervolgens verkeerde bij effecten zou hebben.*
- *Het houtsnipperfilter binnen het Puridrain project is gefinancierd door de STOWA en Waterschap Aa en Maas. Zij zoeken al lange tijd naar hoe een betere waterkwaliteit behaald kan worden en de effectiviteit van nieuwe maatregelen is vaak nog onbekend, het houtsnipperfilter was veelbelovend.*

Welke organisaties zijn erbij betrokken?

- *Naast Deltares zijn de STOWA en Waterschap Aa en Maas betrokken. Zij financieren beide het houtsnipperfilter en het onderzoek er naar.*

Wat kan je vertellen over de metingsmethode, monitoring, Apparatuur, sensoren, opstelling, kosten, meetfrequenties, meetlocaties? Waarom is hier voor gekozen?

- *De monitoring is afhankelijk van afspraken over wie er verantwoordelijk voor is. Wat bij het Puridrain project gebeurt is dat er een combinatie van inzet van de agrariër en het waterschap is. Het Waterschap meet eens in de zoveel tijd de waterkwaliteit en de agrariër doet elke week monsternamen, waarna het monster wordt opgehaald door het lab van het Waterschap. Zo kunnen agrariërs zowel monitoren met teststripjes als dat ze een watermonster kunnen nemen in een potje en deze in de koelkast te plaatsen tot het opgehaald kan worden. De teststripjes zijn echter wel minder accuraat dan lab metingen, maar in combinatie met de Aquality app is het vooral geschikt om bij te houden of de concentratie over de tijd meer of minder wordt.*
- *Op veel plekken wordt maandelijks gemeten. Bij het houtsnipperfilter hebben we elke twee weken gemeten, bij de inlaat van het filter en bij de uitlaat. Dit zegt in principe al genoeg over de werking van het filter*

Met welke factoren werd rekening gehouden (en hoe) die metingen kunnen beïnvloeden? (Natte en droge periodes, seizoenen, dagelijkse cyclus waterstroming)

- *Handig is om met het weer rekening te houden, al is dat ook afhankelijk van welke effecten je wilt monitoren. Als het harder regent verdunnen de concentraties van stikstof en fosfor in het water een beetje. Om volledig rekening te houden met de weersomstandigheden en het wisselende waterpeil kunnen automatische sensoren gebruikt worden, die elke 10 minuten of continue een monsternamen doen. Ook kan er besloten worden handmatig te monitoren op basis van neerslag. Zo kan er bijvoorbeeld direct na een regenbui wat vaker gemeten worden en juist wat minder te meten wanneer het droog is.*

Door wie/welke organisatie wordt de filter onderhouden/gecontroleerd? Hoe vaak gebeurt dit?

- *Als het houtsnipperfilter eenmaal werkt is er weinig onderhoud nodig. Bij de start moet wel gezorgd worden dat het ook daadwerkelijk werkt en dat er geen verstopping in het filter zit. Het filter ligt ook aan de rand van een akker, en zal dus geen ingreep zijn op de bedrijfsvoering. Het is dan ook niet echt van toepassing om een houtsnipperfilter op een andere plek dan naast agrarische percelen te plaatsen. Wel verteren de houtsnippers in het proces, of kunnen deze uitgewerkt raken. Belangrijk is om te volgen hoe goed het nitraat verwijderd wordt, of als er verstopping optreedt. Het vervangen van de houtsnippers hoeft over het algemeen pas na 10 à 15 jaar als het filter goed gemaakt is. Voor het onderhoud zijn er vaak gespecialiseerde bedrijven die het aanleggen en kunnen onderhouden.*
- *Wie er voor verantwoordelijk is, is afhankelijk van afspraken die gemaakt worden. De agrariër is namelijk eigenaar van het land waar het filter op ligt, terwijl het Waterschap verantwoordelijk is voor het water van de beek waar het filter in uitstroomt. De agrariër kent het land dan ook het beste, het Waterschap kent het water het beste.*

Worden er wel metingen op kleine wateren uitgevoerd voordat er maatregelen uitgevoerd worden? (Maatregelen worden vooral op kleine wateren uitgevoerd)

- *Op veel plekken wordt maandelijks gemeten. De meetpunten worden vaak ingericht in clusters. Bij deze meetfrequentie wordt echter geen inzicht verkregen in de seizoensverschillen of dynamiek tussen regen en droogte te meten, dit inzicht is lastig te verkrijgen zonder gebruik te maken van sensoren. Vooral de seizoensverschillen in de zomer en winter zijn belangrijk voor stikstof en fosfor, het is dan ook belangrijk om de seizoenen mee te nemen in de monitoring. Daarvoor moet minstens 1 jaar gemeten worden. Vaak is het dan wel een puzzel hoe dat gedaan moet worden: welk deel van het gebied neem je wel mee in de monitoring en welke niet? Het is dan ook van belang dat er langdurig wordt*

gemeten met de juiste meetfrequenties, waarbij wordt gekeken naar de dynamiek en het effect van de maatregel door de jaren heen.

- *Vaak worden maatregelen toegepast, maar wordt er daarna niet gemeten. Hierdoor is het onduidelijk wat precies het effect is, en of de maatregel effectief werkt. Het effect van maatregelen op de waterkwaliteit wordt weinig onderzocht. Er moet vaak genoeg en op de juiste plekken gemeten worden. Bij een filter is het belangrijk rekening te houden met de werking, zodat ingeschat kan worden op welke plaats gemeten moet worden.*
- *Verder is er nog een meetnet voor landelijk oppervlaktewater.*