



Circulaire schoonwatervoorziening Boskoop

Definitieve eindrapportage juli 2025

Circulaire schoonwatervoorziening Boskoop

Definitieve eindrapportage juli 2025

Colofon

Klant

SBGB/SRGB

Status

Eindrapport

Datum

29 juli 2025

Projectnummer

211298 (AW25_218_HM)

Auteur(s)

Sophie Luijendijk, Dr. Maarten Waterloo
Anouk Gevaert, Hans Merton

Gecontroleerd door

Tine te Winkel

Vrijgegeven door

Arjen de Vries

Disclaimer

Aan dit rapport kunnen geen rechten worden ontleend. De auteurs zijn niet verantwoordelijk voor eventuele fouten of consequenties. Aanvullingen of verbeteringen zijn welkom via info@acaciawater.com

Inhoud

Samenvatting	i
1 Introductie	1
1.1 Planning	2
1.2 Leeswijzer	2
2 Toetsing voorzuivering	3
2.1 Voorzuivering middels een Slow Sand Filter	4
2.2 Ontwerp voorzuivering Van Lint Group	5
2.3 Monitoring voorzuivering	13
3 Regionaal perspectief wateropslag	31
3.1 Vooronderzoek deelnemende kwekers	31
3.2 Regionale Kansenkaart	33
3.3 Conclusies regionale perspectief OWB	39
3.4 Optimalisatie waterinfrastructuur	40
4 Deelonderzoek Vergunning	45
5 Conclusies en aanbevelingen	47
5.1 Conclusies	47
5.2 Aanbevelingen	49
6 Overzicht financiën	52
Bijlagen	54
Bijlage 1	55
Overzicht meest gebruikte middelen sierteelt	55
Bijlage 2	56

Memo resultaten push-pull testen Van Lint	56
Bijlage 3	61
Memo clustering pesticiden	61
Bijlage 4	72
Definitief rapport Stoffen en Normen bij OWB – Rijnland	72
Samenvatting	75
1. Inleiding	76
1.1 Aanleiding	76
1.2 Rol Rijnland	76
1.3 Doel	76
2. Juridisch kader	77
2.1 Omgevingswet	77
2.2 Waterschapsverordening	77
2.3 Kaderrichtlijn water en Grondwaterrichtlijn	79
3 Nadere uitwerking stoffenlijsten vergunningsaanvraag en gebruiksfase	80
3.1 Vereisten infiltratiewater bij aanvraag	80
3.2 Uitzonderingen	80
3.3 Aanpak bij aanvraag	81
3.4 Vereisten bij de gebruiksfase	81
3.5 Monitoring grondwater eerste watervoerend pakket	82
Bijlage 5	83
Samenvatting kolomonderzoek TU Delft ism Acacia Water	83
Bijlage 6	85
Waterstromen Van Lint	85

Samenvatting

Dit eindrapport beschrijft de resultaten van het project Circulaire Schoonwatervoorziening Boskoop. Dit project, gefinancierd door een 9-tal partijen waaronder de deelnemende kwekers, is gestart in maart 2023 en is medio 2025 afgerond. De Stichting Greenport Regio Boskoop (SGRB) treedt op als penvoerder.

Verzilting van het oppervlaktwatersysteem als gevolg van klimaatverandering verhoogt de druk op de zoetwatervoorziening voor de sierteelt in Boskoop. Het is niet meer vanzelfsprekend dat ook in de nabije toekomst er altijd voldoende gietwater van goede kwaliteit zal zijn. Daarnaast is het vigerende beleid vanuit de Provincie Zuid-Holland erop gericht het gebruik van osmosewater terug te dringen. Oppervlaktewater, en voor een flink aantal bedrijven, osmosewater zijn op dit moment de belangrijkste waterstromen waaruit het gietwater wordt samengesteld.

De doelstelling van het project is het onderzoeken van de haalbaarheid van ondergrondse waterberging (OWB) van gezuiverd veldwater (aangevuld met kasdakwater) om de zoetwaterbeschikbaarheid voor de sierteelt in de regio Boskoop zeker te stellen en meer circulair te maken.

Het project kent een drietal deelprojecten:

1. Toetsing van een voorzuiveringstechniek voor restanten gewasbeschermingsmiddelen (GBM) en nutriënten in veldwater. Dit, door uitvoering van praktijk- en laboratoriumproeven;
2. Inzicht in het potentieel van ondergrondse waterberging voor de regio;
3. Uitwerken van de vergunningseisen voor ondergrondse waterberging.

Overall kan worden geconcludeerd dat met deze pilot is aangetoond dat OWB veel potentie heeft: gewasbeschermingsmiddelen worden effectief verwijderd, nitraat wordt in de zuivering grotendeels afgebroken en de ondergrond biedt goede mogelijkheden voor verantwoorde infiltratie van gezuiverd water. De voorzuivering is effectief gebleken met het oog op het beschermen van de grondwaterkwaliteit.

Dit resultaat laat zien dat ondergrondse waterberging een belangrijke zoetwatermaatregel kan zijn, die bijdraagt aan duurzaam en toekomstgericht waterbeheer in de regio.

Onderstaand worden de resultaten van de drie deelprojecten afzonderlijk samengevat.

Ad1. Toetsing voorzuiveringstechniek

In januari 2024 is de pilotvoorzuivering op de locatie bij de Van Lint Group in Boskoop, opgeleverd en in werking gesteld. Tussen januari 2024 en april 2025 is de zuivering gedurende 2 periodes onderzocht. Het zuiveringsprincipe is in samenwerking met TUDelft ontwikkeld en bestaat uit een combinatie van zandfiltratie en actief kool.

Gebleken is dat GBM volledig worden verwijderd tot ruim beneden de geldende grenswaarden zoals opgenomen in het Bkl-bijlage XIX. Aanvullend op de verwijdering van GBM is ook het rendement van de zuivering voor verwijdering van nitraat en fosfaat

onderzocht. Nitraat wordt in de zuivering voor een aanzienlijk deel afgebroken en voorzover dat niet gebeurt: in de watervoerende laag waarin ter plaatse het gezuiverde water zal worden opgeslagen is sprake van volledige denitrificatie met een halfwaardetijd van 6 dagen. Dat betekent dat na 24 dagen nitraat voor 94% is afgebroken. Daarmee kan voor de infiltratie van nitraat dus verantwoord worden afgeweken van de grenswaarde uit het Bkl-bijlage XIX.

Voor fosfaat is aanvullende zuivering met behulp van ijzerzand een bekende en goede methode. Ijzerzand is een restproduct uit zandfilters binnen drinkwaterzuiveringsinstallaties. Verdere praktijktesten moeten het zuiveringsrendement van het ijzerzand aantonen en informatie leveren voor het optimaliseren van het ijzerzandfilter.

Tevens blijkt de zuivering de in het veldwater aangetroffen PFAS (een niet-genormeerde stof) voor ca 55% te verwijderen door adsorptie aan het actief kool. Dit, echter op basis van een enkele analyseronde uitgevoerd door HH Rijnland. Meerdere analyseronden zullen noodzakelijk zijn om dit resultaat te bevestigen.

In het veldwater zijn vooralsnog geen andere stoffen dan GBM, nutriënten en PFAS, aangetroffen welke een beletsel zouden kunnen vormen voor het verkrijgen van een vergunning voor OWB.

Ad2 Regionaal perspectief OWB

Op basis van een uitgebreide GIS-analyse van bedrijfskarakteristieken (oppervlakte kasdak en containerveld voor de opvang van regenwater) en de opbouw van de ondergrond, is geconcludeerd dat OWB kansrijk is. De regio kent relatief veel kleinere aaneengesloten bedrijven van minder dan 2 ha waarvoor OWB kansrijk is indien kan worden samengewerkt (bijvoorbeeld binnen een cooperatie of waterbank) en een installatie kan worden gedeeld.

Een belangrijke conclusie is dat OWB de behoefte aan gietwater niet voor 100% kan dekken: de volumes gietwater zijn ten opzichte van de bedrijfsoppervlaktes te hoog. Er kan onvoldoende regenwater worden opgevangen voor volledige dekking.

De qua oppervlak grotere bedrijven (ca 23) kunnen zelfstandig aan de slag met OWB waarmee minimaal 5.000 m³/jaar als gietwater beschikbaar komt: voor ca 10 bedrijven komt tussen de 5.000 – 10.000 m³/jaar beschikbaar en voor 6 bedrijven binnen die groep zelfs meer dan 15.000m³. Met deze volumes kan de waterinfrastructuur flexibeler worden ingericht. Dit, zodanig dat OWB enerzijds bijdraagt aan het compenseren van het afbouwen van osmosewinningen en anderzijds bedrijven minder kwetsbaar maakt voor verzilting van het oppervlaktewater.

Naast een bijdrage aan de watergift, kan OWB ook ingezet worden als calamiteitenberging en daarmee een belangrijke bijdrage leveren aan het reduceren van financiële risico's voortvloeiende uit mogelijke toekomstige watertekorten.

Ad3. Vergunningseisen voor ondergrondse waterberging

In samenwerking met HH Rijnland zijn de eisen aan een vergunningsaanvraag onder de nieuwe Waterschapsverordening in kaart gebracht alsmede de eisen tijdens de

ingebruiksfase. Deze eisen zijn vastgelegd in een door HH Rijnland opgesteld rapport wat integraal deel uitmaakt van deze eindrapportage.

In de rapportage van HH Rijnland is de volgende samenvatting opgenomen:

In het kader van een pilotproject in Boskoop heeft het Hoogheemraadschap van Rijnland een toetsingskader opgesteld voor waterkwaliteitsaspecten bij ondergrondse waterberging. De pilot onderzoekt de mogelijkheden voor circulaire watervoorziening in de sierteeltsector. De kern van dit project is het ondergronds opslaan van gezuiverd kasdak- en containerveldwater, zodat in droge periodes voldoende zoetwater beschikbaar blijft. Dit is van groot belang voor zowel de landbouw als de natuur in de regio.

Voor het infiltreren van water in de bodem is vaak een vergunning nodig. Het waterschap is hiervoor in de meeste gevallen bevoegd gezag. De vergunningverlening is gebonden aan strikte regels, vastgelegd in de waterschapsverordening. Een belangrijke eis is dat het infiltratiewater geen verslechtering van de kwaliteit van het grondwater mag veroorzaken.

Bij de aanvraag van een vergunning moet de initiatiefnemer aantonen dat het water voldoet aan toetsingswaarden voor een groot aantal stoffen. Deze stoffen zijn opgenomen in bijlagen van het Besluit kwaliteit leefomgeving en worden aangevuld met stoffen die specifiek relevant zijn voor de locatie, zoals gewasbeschermingsmiddelen. Voor stoffen waarvoor geen toetsingswaarden bestaan, zoals PFAS, geldt een streng voorzorgsbeginsel: alleen als er geen risico is op verslechtering van het grondwater, kan een vergunning worden verleend. Tijdens de gebruiksfase van het systeem is monitoring verplicht om te toetsen dat het systeem nog goed werkt en te infiltreren water aan de kwaliteitseisen voldoet. Hiervoor moet regelmatig worden gemeten op stoffen zoals nutriënten, zware metalen en gewasbeschermingsmiddelen.

Dit toetsingskader biedt een duidelijke structuur voor het veilig toepassen van ondergrondse waterberging, met oog voor zowel innovatie als bescherming van het milieu.

Aanbevelingen

Na afronding van het project met deze eindrapportage en financiële verslaglegging, resteren er nog een aantal onderwerpen welke nadere aandacht behoeven ten behoeve van de opschaling van OWB in de regio:

1. Pilotzuivering: de verwijdering van fosfaat, de te verwachten levensduur van de zuivering en het verkrijgen van inzicht in de afbraak van nitraat in de ondergrond in meer regionale zin;
2. Vergunningsvereisten: een eenvoudig(er) monitoringplan tegen lagere kosten. Daarnaast vindt momenteel bestuurlijke besluitvorming plaats over een tijdelijk handelingskader voor niet-genormeerde stoffen (als PFAS);
3. De economische haalbaarheid: mede gebaseerd op de aanvullende resultaten uit 1) en 2) kunnen de investerings- en operationele kosten in beeld worden gebracht waarmee kwekers hun investeringsrisico kunnen inschatten.

1 Introductie

Het dreigende tekort aan zoetwater voor kwekers in de regio Boskoop noopt tot het vinden van alternatieve bronnen voor gietwater. Dit, door toenemende verzilting van het oppervlaktewatersysteem en het verminderen van het toegestane gebruik van osmosewater, zoals opgenomen in het vigerende beleid van de Provincie Zuid-Holland.

Zoetwater opgevangen vanaf kas-/bedrijfsdaken en uit de buitenvelden en daarna opgeslagen in de licht brakke ondergrond, zou kunnen bijdragen aan een hogere beschikbaarheid van zoetwater voor irrigatie en het verkleinen van de afhankelijkheid van centrale wateraanvoer.

Echter, veldwater bevat resten van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten en voorzuivering is nodig voor ondergrondse opslag. Voorzuivering door middel van adsorptie aan biologisch actief kool, lijkt op basis van vooronderzoek en praktijkresultaten binnen het project Zoete Toekomst Texel¹ (akkerbouw), geschikt voor het verwijderen van resten GBM. Praktijktoetsing van deze voorzuiveringstechniek binnen de regio Boskoop ontbrak echter nog.

Het project Circulaire Schoonwatervoorziening Boskoop heeft als doelstelling de technische haalbaarheid te verkennen van het ondergronds opslaan van kasdakwater en gezuiverd veldwater om de zoetwaterbeschikbaarheid voor kwekers in de regio te vergroten. Dit om in de toekomst daadwerkelijke ondergrondse opslag van gezuiverd veldwater en kasdakwater mogelijk te maken. In dit rapport wordt daarvoor de term Ondergrondse Waterberging (OWB) gebruikt.

Het project Circulaire Schoonwatervoorziening Boskoop kent een drietal deelprojecten:

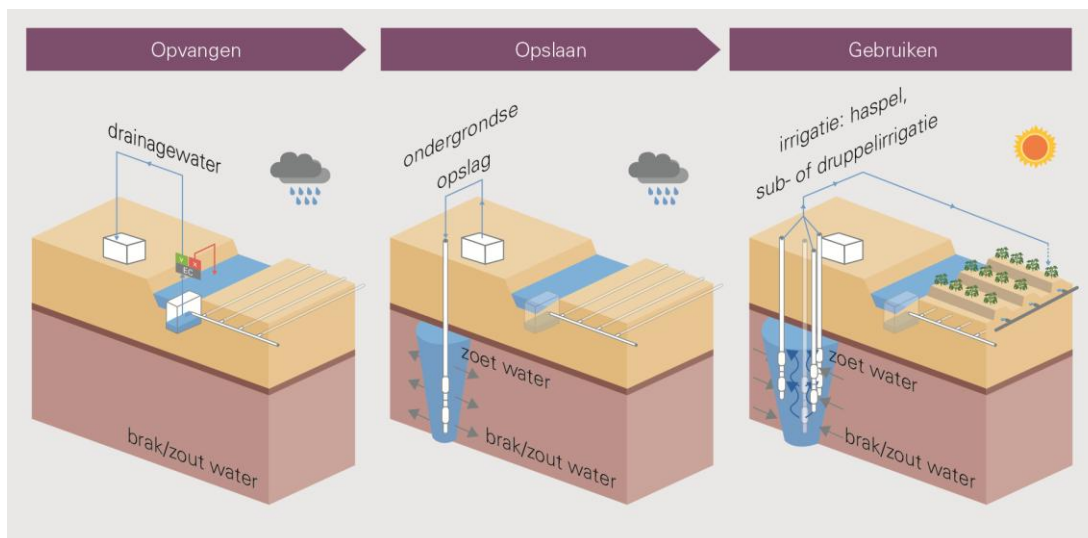
- Toetsing van de voorzuiveringstechniek door uitvoering van literatuur-, praktijk- en laboratoriumonderzoek met voorzuivering van veldwater op GBM. Gedurende de loop van het project zijn daar nutriënten (fosfaat en nitraat) aan toegevoegd. Deze praktijkproef wordt uitgevoerd bij de Van Lint Group te Boskoop;
- Ruimtelijk inzicht in het potentieel van OWB voor de Boskoopse regio;
- Vastleggen van de vergunningseisen door HH Rijnland bij aanvraag en monitoringseisen gedurende de ingebruiksfase van de OWB.

Bij OWB wordt, met behulp van één of meerdere infiltratieputten, zoetwater ondergronds geïnjecteerd in de natte periode buiten het teeltseizoen. Bij een zoetwatervraag in droge perioden wordt het water via dezelfde of andere putten weer opgepompt. Het voordeel van OWB is dat het opslagvolume vrijwel onbeperkt is. Ook is op maaiveld slechts een beperkte ruimte nodig voor het systeem waardoor er ten opzichte van bovengrondse bassins weinig teeltoppervlak verloren gaat. Een nadeel ten opzichte van bovengrondse

¹

https://www.zoetetoekomsttexel.nl/application/files/4417/3142/1233/Zoete_Toekomst_Texel_-_definitief_eindrapportage_21-3-2024.pdf

opslag is dat een deel van het zoete water verloren gaat door menging met het brakke water in de ondergrond. Figuur 1 bevat een schematische weergave van een OWB.



Figuur 1. Schematische weergave van de werking van een systeem voor OWB. Zoetwater wordt opgevangen (hier van drainage, maar andere bronnen zijn mogelijk) en ondergronds opgeslagen in een watervoerende laag, waarna het water kan worden onttrokken en gebruikt voor beregening.

Of OWB haalbaar is op een bepaalde plek, is afhankelijk van meerdere factoren. In de ondergrond moet een watervoerende laag aanwezig zijn met voldoende dikte en doorlatendheid om water in op te kunnen slaan. Bovendien moet boven deze laag een slecht doorlatende laag aanwezig zijn om te voorkomen dat het geïnfiltreerde water als kwelwater naar boven komt. Ook is het belangrijk dat de van nature aanwezige horizontale grondwaterstroming in de watervoerende laag beperkt is zodat het geïnfiltreerde water zoveel mogelijk op zijn plek blijft. De laatste belangrijke factor is het zoutgehalte in de laag waarin het zoete water wordt opgeslagen. Hoe hoger het zoutgehalte is, hoe minder van het geïnfiltreerde zoete water teruggewonnen kan worden. Voor de haalbaarheid is ook de kwaliteit van het infiltratiewater van belang; er gelden vanuit het bevoegd gezag eisen aan de kwaliteit van het infiltratiewater.

1.1 Planning

De aftrap van het project heeft plaatsgevonden op 8 maart 2023 tijdens een bijeenkomst bij SBGB. Afronding van het onderzoek vond plaats in juli 2025 met de bespreking van het concept-eindrapport tijdens het laatste projectgroepoverleg d.d. 14 juli 2025, publicatie van het definitieve eindrapport en financiële verslaglegging naar de financiers.

1.2 Leeswijzer

Dit eindrapport beschrijft de uitgevoerde werkzaamheden en bereikte resultaten voor de drie deelprojecten. Het rapport sluit af met conclusies en aanbevelingen, gericht op de beoogde regionale opschaling van OWB.

2 Toetsing voorzuivering

Om voor OWB in aanmerking te komen, dient water afkomstig van de containervelden en/of kasdak te voldoen aan de door HH Rijnland gestelde eisen met betrekking tot de waterkwaliteit (zie ook Hoofdstuk 4). Eén van de aandachtspunten daarbij vormt gewasbeschermingsmiddelen (GBM) die ook buiten het groeiseizoen in het veldwater aanwezig zullen zijn.

GBM zijn stoffen waarvoor in bijlage XIX onder A van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl), grenswaarden voor het te infiltreren water zijn vastgelegd:

- De maximum concentratie van individuele GBM dient lager te zijn dan 0,1 µg/l;
- De concentratie van het totaal aan GBM dient lager te zijn dan 0,5 µg/l.

Deze grenswaarden worden door HH Rijnland gebruikt om een vergunningaanvraag voor infiltratie te beoordelen. Het oorspronkelijke onderzoeksvoorstel richtte zich specifiek op de verwijdering van GBM. Tijdens de uitvoering van het project zijn daar naar aanleiding van gesprekken binnen het deelproject Vergunning en de Projectgroepoverleggen, ook nutriënten aan toegevoegd. Dit, gegeven de vastgestelde concentraties aan nutriënten (nitraat en fosfaat) in het veldwater welke de grenswaarden uit bijlage XIX-Bkl overschrijden. Voor andere stoffen dan GBM en de genoemde nutriënten werden de grenswaarden niet overschreden (zie paragraaf 2.3.2). Vervolgens is een voorstel geschreven voor aanvullend onderzoek naar de verwijdering van de nutriënten nitraat en fosfaat en het permanent uitbreiden van de zuiveringsinstallatie met een papierbandfilter als extra voorzuiveringsstap. Dit, op basis van de positieve ervaringen opgedaan tussen februari en maart 2024 met een gehuurd papierbandfilter.

Het onderzoek naar de verwijdering van nutriënten is in samenwerking met TU-Delft-CITG uitgevoerd. Het onderzoek bestond uit:

- Een bureaustudie naar het verwijderen van nitraat met behulp van een zogenaamde woodchip bioreactor die in staat is om nitraat (deels) af te breken zonder gebruik te maken van chemicaliën en afvalstromen: dit zuiveringsproces wordt ook wel biologische denitrificatie genoemd;
- Labonderzoek (adsorptieproeven) naar het verwijderen van fosfaat met behulp van ijzerzand. IJzerzand is een restproduct uit de drinkwaterindustrie en heeft in theorie een hoog adsorptievermogen om fosfaat te binden. Dit is afhankelijk van de samenstelling van het ijzerzand en de contacttijd tussen het ijzerzand en het te zuiveren water. Op basis van de onderzoeksresultaten is een ontwerp gemaakt voor een aanvullende zuiveringsstap met ijzerzand die is toegevoegd aan de pilotinstallatie bij Van Lint. Vervolgens heeft in een drietal stappen veldonderzoek plaatsgevonden naar het daadwerkelijke adsorptievermogen van het door Aquaminerals geleverde ijzerzand.

Daarnaast zijn, zoals opgenomen in het oorspronkelijke projectplan, in samenwerking met TU Delft, binnen het MSc-afstudeeronderzoek van Jasper Krijn, kolomproeven uitgevoerd, primair gericht op verwijdering van GBM. Kolomproeven leveren goed inzicht op in de zuiveringseffectiviteit voor GBM met biologische actiefkoolfiltratie: welk deel van de GBM wordt geadsorbeerd en welk deel van de GBM wordt afgebroken? Binnen het onderzoek is gekeken naar de effectiviteit voor het verwijderen van GBM door 2

verschillende soorten actief kool en is ook 1 kolom uitgerust met ijzerzand om ook de verwijdering van fosfaat te onderzoeken.

De bevindingen kunnen daarmee gebruikt worden om een vertaalslag te maken naar de toepasbaarheid van zuiveringstechnieken voor GBM en nutriënten in bredere zin. Dit, in het kader van de opschaling van de toepassing van OWB door bedrijven in de regio Boskoop.

2.1 Voorzuivering middels een Slow Sand Filter

Binnen het project is de voorzuivering gebaseerd op een klassiek traag zandfilter (Engels: Slow Sand Filter of SSF), waarin een laag actief kool (Engels: Granular Activated Carbon of GAC) is aangebracht. In de literatuur staat dit bekend als een zogenaamd sandwichfilter (Figuur 2). Door een lage influentsnelheid ($<0,5$ m/h) te hanteren, kan ook in een dunne laag GAC, een hoge contacttijd (15-20 min), noodzakelijk voor adsorptie van GBM, gerealiseerd worden.



Figuur 2. Voorbeeld opbouw van sandwich filter met actief kool

De zuivering van water door middel van biologisch actief kool, gaat uit van een combinatie van biodegradatie en adsorptie voor het respectievelijk afbreken en binden van nutriënten en GBM. De bovenste laag van het zandfilter fungeert als voorzuivering op grovere delen ter bescherming van de GAC-laag, biologische afbraak van chemische stoffen en verwijdering van biologische verontreinigingen. Biologische degradatie vindt vooral plaats in deze bovenste zandlaag. De rol van de GAC-laag is voornamelijk adsorptie van niet-biologisch afbreekbare GBM. De onderste laag van het zandfilter minimaliseert de export van fijnere GAC-deeltjes en biologische activiteit naar het effluent en dient dus met name als nafiltratatie.

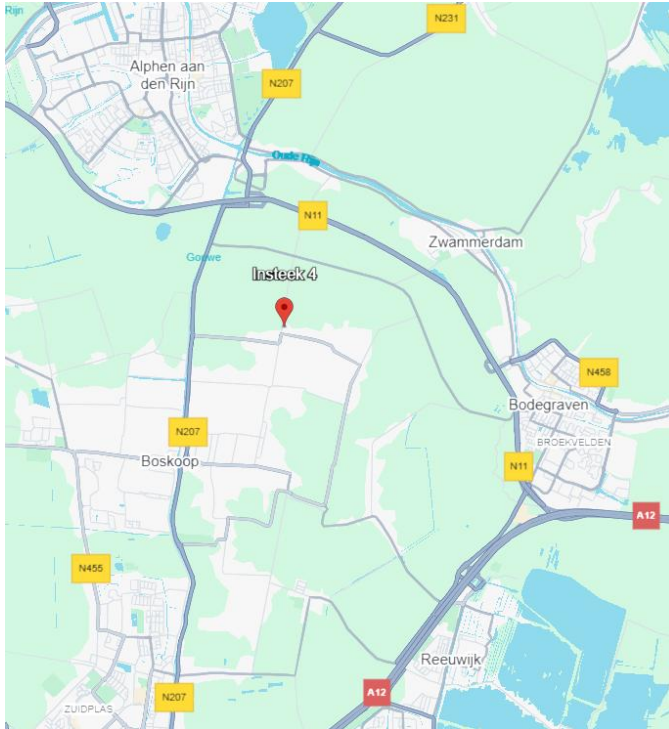
Een SSF heeft voor verwijdering van GBM de beste potentie kijkende naar criteria als:

- Rendement;
- Kosten (investering en exploitatie);
- Oppervlaktebeslag;
- Operationele aspecten als bediening en onderhoud;
- Robuustheid.

De combinatie van adsorptie en biodegradatie bepaalt de zuiveringseffectiviteit van biologische actief-koolfiltratie. In eerste instantie totdat voldoende biologische activiteit ontstaat, dient de GAC-laag als algeheel adsorptiefilter van GBM. Na enkele dagen tot weken levert de biologische activiteit een bijdrage aan de verwijdering van het deel afbreekbare GBM. De zuiveringseffectiviteit wordt met name bepaald door adsorptie van GBM aan het actief kool.

2.2 Ontwerp voorzuivering Van Lint Group

In januari 2024 is de zuiveringsinstallatie op het bedrijf van Van Lint aan de Insteek 4 in Boskoop opgeleverd en is eind januari/begin februari 2024 gestart met de monitoring op GBM en andere stoffen. Eind maart 2024 is deze eerste monitoringsperiode gestopt in verband met de start van de aanleg van twee nieuwe waterbassins.



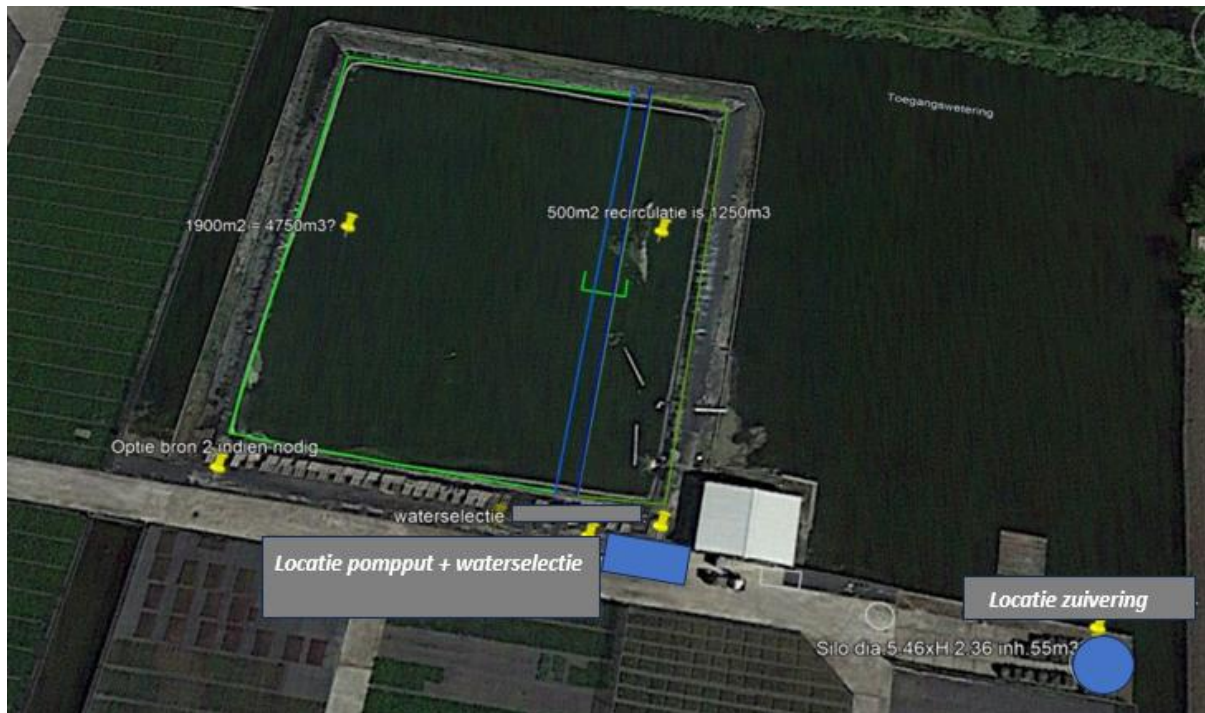
Figuur 3. Ligging pilotlokatie Van Lint – Insteek 4 te Boskoop.

In overleg met Van Lint is op basis van het veldoppervlak van 8,7 ha, 6 mm/dag neerslag (regulier uitgangspunt voor bassinontwerp), nieuw te bouwen bassincapaciteit, aansluiting bij standaardmaten voor silo, het beschikbare projectbudget en inpassing op de locatie, gekozen voor een zuiveringssilo met een capaciteit van ca 10 – 11 m³/uur. De eigenschappen van de ondergrond laten een beduidend hoger infiltratiedebiet toe.



Figuur 4. Pilotinstallatie Van Lint met van links naar rechts: de SSF- silo + de betonnen pompput + de waterselectiecontainer naast het bestaande pomphuis

Een ontwerpdebiet van ca. 10 - 11 m³/uur resulteert in een silo met een (standaardmaat) doorsnede van 5,5m en 2,4 m hoog. De silo is aan de binnenzijde bekleed met waterdichte folie met waterdichte doorvoeren voor het leidingwerk. Daarnaast is een anti-algendoek als bovenafdichting aangebracht om toetreding van daglicht zoveel mogelijk te beperken. Dit is bedoeld om algengroei te voorkomen en daarmee verstopping van het SSF te vermijden. De pilotzuivering is gerealiseerd nabij het pomphuis en de waterbassins.



Figuur 5. Locatie pilotzuivering nabij het pomphuis en nieuw waterbassins

Begin april 2024 is Van Lint gestart met het vervangen van het waterbassin. Het nieuwe waterbassin bestaat uit twee compartimenten:

1. Een recirculatiebassin van 500m² met een inhoud van ca 1.250m³ (oostelijk deel) waarin tijdens de proef het gezuiverde veldwater wordt opgeslagen;
2. Een zogenaamd schoonwaterbassin van ca 1.900 m² en een inhoud van 4.750m³ waarin water kan overlopen vanuit het re-circulatiebassin en waarin in de toekomst tevens het bedrijfsdakwater (westelijk deel) en het ondergronds opgeslagen water kan worden verzameld.

Indien in de toekomst Van Lint daadwerkelijk overgaat tot OWB, dan komen de volgende (deel)waterstromen met elk hun eigen kwaliteit en volume beschikbaar voor de watergift tijdens het teeltseizoen:

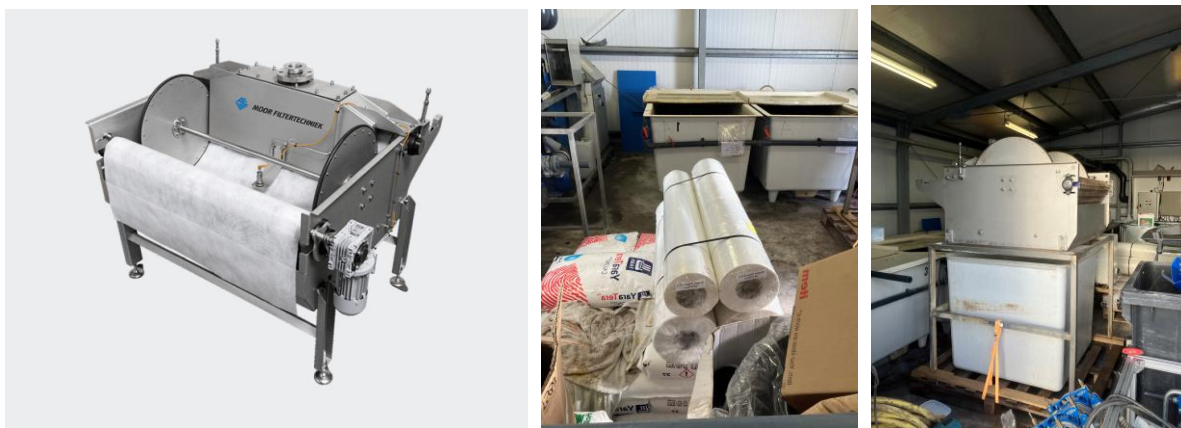
1. Oppervlaktewater;
2. Retourwater;
3. Water uit de OWB;
4. Bedrijfsdakwater (hemelwater).

Met deze waterinfrastructuur wordt het in de toekomst beter mogelijk om de gewenste waterkwaliteit te bereiken door de waterkwaliteit van meerdere deelstromen te monitoren en slim te combineren. Dit, voor zowel de watergift tijdens het teeltseizoen als

tijdens de opslagperiode om zoveel mogelijk water op te kunnen slaan wat voldoet aan de grenswaarden voor infiltratie.

Tijdens de eerste monitoringsperiode is een extra voorzuiveringsstap voor het verwijderen van organisch/zwevend materiaal getest. Het retourwater afkomstig van de containervelden kent een hoge organische belasting en ook zwevend stof. Om te voorkomen dat het SSF te snel dichtslaat waardoor de zuiveringscapaciteit sterk afneemt, is het verstandig om vooraf zoveel mogelijk organisch materiaal te verwijderen.

Gedurende 6 weken (februari-maart 2024) is een zogenaamd papierbandfilter in werking geweest. Binnen een papierbandfilter wordt het water van bovenaf door een zeer fijn papierfilter gepompt. Zodra het filter verzadigd raakt, vindt automatisch transport van het vuile papierdeel plaats naar een schoon papierdeel. Onderstaand een impressie van het papierbandfilter.

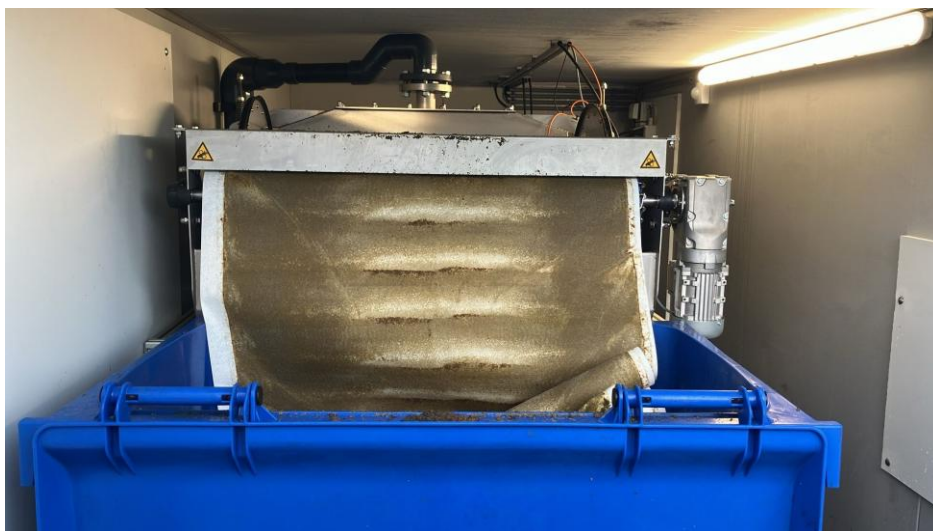


Figuur 6. Impressie papierbandfilter met papierbandrollen en installatie in het pomphuis

Op 23 januari 2024 is de installatie opgestart en onderstaand een foto van het eerste bassinwater wat door het papierbandfilter is gepompt. Tijdens de proef is geconstateerd dat het filter veel zwevend stof en organisch materiaal tegenhoudt.



Figuur 7. Gehuurde papierbandfilter d.d. 23/1/2024 na 1 uur operatie



Figuur 8. Permanente papierbandfilter d.d. 11 oktober 2024

2.2.1 Resultaten aanvullend onderzoek TU Delft naar nitraatverwijdering

In september 2024 zijn de resultaten van het aanvullend onderzoek naar de verwijdering van nitraat, uitgevoerd door TU-Delft, beschikbaar gekomen. Er zijn verschillende mogelijkheden voor de verwijdering van nitraat afhankelijk van de locatie en schaal:

1. Biologische denitrificatie is een veelgebruikte methode waarbij in bioreactoren bacteriën nitraat omzetten naar stikstofgas;
2. Ionenuitwisselaars waarbij water door een kolom geleid wordt met een vulstof (hars) die nitraat opneemt. Zodra de kolom verzadigd is, moet het opgenomen nitraat worden verwijderd door de kolom te spoelen met een oplossing;
3. Zuiveringsmoerassen waarbij rietplanten nitraat opnemen waarna weer denitrificatie plaatsvindt door bacteriën;
4. Omgekeerde osmose: heeft een te verwachten hoog verwijderingsrendement van meer dan 90%. Het water wordt onder hoge druk door een membraamfilter geperst.

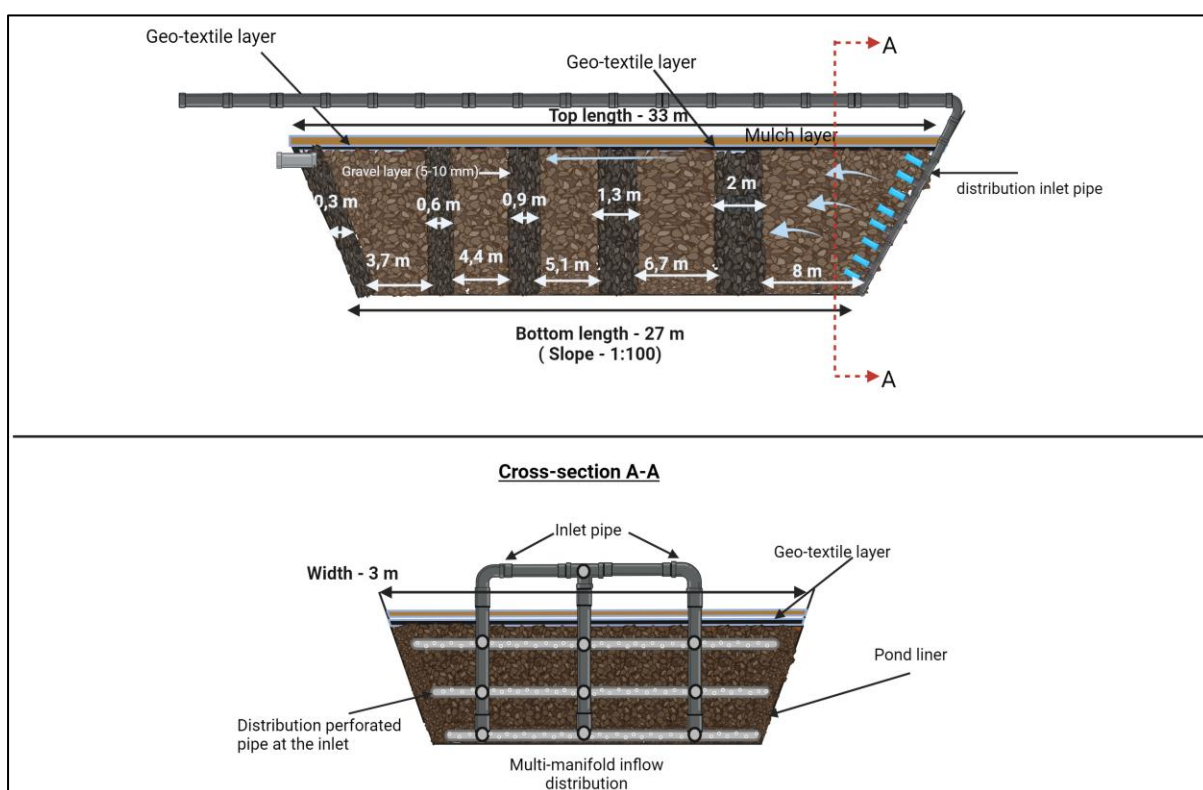
Gekeken is naar welke zuiveringsopties mogelijk zijn, gegeven het gebruik binnen de sierteelt in Boskoop. Genoemde oplossingen als omgekeerde osmose, zuiveringsmoerassen, ionenuitwisseling hebben als nadeel reststromen, kosten, energieverbruik, ruimtegebruik en inpasbaarheid in de bedrijfsvoering van een kweker. Al deze opties zijn daarom afgefallen. Vervolgens is aan de hand van een literatuurstudie, biologische denitrificatie als zuiveringsmethode verder in beeld gebracht. Onderzocht is of een zogenaamde woodchip bioreactor een optie is voor biologische denitrificatie binnen de sierteelt in Boskoop.

Binnen een woodchip bioreactor stroomt het te zuiveren water door een bak gevuld met houtsnippers. De houtsnippers leveren het koolstof voor de bacteriën die voor denitrificatie zorgen waarbij nitraat in een aantal stappen wordt omgezet naar stikstofgas wat ontwijkt naar de lucht. In Nederland zijn woodchip bioreactoren getest in met name de akkerbouw. Binnen de akkerbouw is de toepassing bedoeld voor de verwijdering van nitraat uit drainagewater dat afstroomt naar het oppervlaktewater.

Onderstaand wordt een dwarsdoorsnede schets van een woodchip bioreactor weergegeven, uitgaande van de volgende ontwerp eisen:

- een minimale capaciteit van ca 8 m³/uur;
- lozingsnorm NO₃-N van 5,6 mg/l conform Bkl-Bijlage XIX;
- een zuiveringsrendement van max ca 50% uitgaande van een watertemperatuur van ca 10 graden C.

Daarmee bedraagt de toelaatbare influentconcentratie voor nitraat (NO₃) maximaal ca 50 mg/l.



Figuur 9. Woodchip bioreactor (bron: TU Delft Anik Dutta Agricoast programma)

Op basis van het literatuuronderzoek² is het volgende gebleken:

- Een woodchip bioreactor vraagt uitgaande van de beschreven ontwerp parameters om een ruimtebeslag van minimaal 33m lengte, 3m breedte en een hoogte van 2m. Inclusief een vrije strook van minimaal 2m rondom de reactor ten behoeve van onderhoud, betekent dit een ruimtebeslag van minimaal 260m²;
- Het zuiveringsrendement is sterk afhankelijk van de verblijftijd en temperatuur. Het jaargetijde waarin gezuiverd moet worden, heeft een negatieve invloed op het verwijderingsrendement, ervan uitgaande dat regelmatig sprake zal zijn van watertemperaturen lager dan 10 graden Celsius;
- Woodchip bioreactoren kampen vaak met verstoppingsproblemen waardoor de voor denitrificatie vereiste verblijftijden regelmatig niet gehaald zullen worden;

² Boskoop Report_30092024 report Anik Dutta TUDelft

- Het zuiveringsrendement is dus onzeker terwijl niet uit valt te sluiten dat de influentconcentraties voor nitraat de 50 mg/l kunnen overschrijden wat niet aansluit op de norm voor infiltratie;
- De vereiste bedhoogte van 2 m vraagt bij voorkeur om gedeeltelijke ingraving wat gezien de grondgesteldheid en ondiepe grondwaterstand in Boskoop, niet eenvoudig is.

Concluderend kan worden gesteld dat nitraatverwijdering middels denitrificatie met behulp van een woodchip bioreactor, geen realistische optie is binnen de Boskoopse context gericht op zuivering ten behoeve van OWB. Vergunningstechnisch betekent dit:

- Afbraak van nitraat in het SSF zal moeten aangetoond en onderzocht moet worden in hoeverre het SSF in staat is de grenswaarden voor infiltratie te halen;
- Voor infiltratie van nitraat boven de grenswaarde, zullen de risico's voor de watervoerende laag waarin geïnfilterd wordt, in beeld moeten worden gebracht.

2.2.2 Aanvullend onderzoek TU Delft naar fosfaatverwijdering

Om te onderzoeken of een ijzerzandfilter geschikt is voor fosfaatverwijdering is, in samenwerking met TUDelft-CITG, literatuur- en labonderzoek uitgevoerd naar het te verwachten verwijderingsrendement. Op basis van dit onderzoek is berekend met welke specificaties van het filter, met betrekking tot bijvoorbeeld omvang en stroomsnelheid door het filter, het hoogste rendement behaald kan worden.

Zoals beschreven in paragraaf 2.3.1, liggen de fosfaatconcentraties zoals vastgesteld in het effluent van het SSF, gedurende de gehele monitoringsperiode, boven de infiltratienorm. In tegenstelling tot nitraat, wat in een anoxische (zuurstofloze) watervoerende laag vermoedelijk via denitrificatie afgebroken zal worden, wordt fosfaat in de ondergrond niet afgebroken.

Daarnaast kan een extra filterstap voor de verwijdering van fosfaat ook een bijdrage leveren aan het vertragen van verstopping door bacteriegroei van de bovenste zandlaag in het SSF. Het doel van het aanvullende onderzoek was een betaalbare, eenvoudig te onderhouden oplossing te ontwerpen die past binnen de beperkte ruimte en middelen van de sierteeltsector en uiteraard voldoet aan de infiltratienorm voor (totaal) fosfaat.

Uit laboratoriumexperimenten bleek dat een ijzerzandfilter een effectieve oplossing kan zijn. Bij een fosfaatconcentratie van 11,4 mg-P/L in het water, kan het filter in zes maanden tijd 394 kg fosfaat verwijderen uit ongeveer 34.500 m³ water. Dit gebeurt door adsorptie: fosfaat bindt zich aan het oppervlak van de ijzerzandkorrels. Het filter kan hiermee in theorie een fosfaatreductie tot onder de infiltratienorm van 0,4 mg-P/l bereiken.

Om de juiste ontwerpspecificaties te bepalen, testte TU Delft verschillende doseringen en contacttijden van het ijzerzandfilter. Hieruit bleek dat het filter het beste functioneert bij een doorstroomsnelheid van 8 m³/uur en een hydraulische verblijftijd van minimaal 24 minuten. Voor een volledige operationele periode van zes maanden is ongeveer 9 ton ICS nodig, wat een minimaal filtervolume van 6 m³ vereist. Uitgaande van de genoemde ingangconcentratie moet het filter na 6 maanden vervangen worden omdat de adsorptiecapaciteit is uitgeput.

Het onderzoek benadrukt ook dat organische stoffen in het water een deel van de absorptiecapaciteit van het filter in kan beslag nemen. Dit kan de levensduur van het filter verkorten en betekent dat de uitspoeling van meststoffen uit het veld aan het einde van het teeltseizoen goed gevolgd moet worden.

Gebaseerd op deze aanbevelingen heeft Broere Irrigatie in september de zuivering uitgebreid met een ijzerzandfilter, wat vanaf oktober 2024 is getest.

In onderstaande tabel staan de ontwerpparameters en de ontwerpschets voor het ijzerzandfilter (ICS)weergegeven:

Table 7: Required dimensions for a rectangular filtration system

Parameter	Units	Values
Daily flow	m ³ /h	8
Length (L)	m	2
Width (W)	m	2
Height (H) of ICS	m	1.6
Minimum volume of ICS required	m ³	6.04
Minimum area required	m ²	4
Infiltration rate of ICS	m/hour	2
Total area calculated	m ²	6.4
Total effective volume	m ³	6.4
Freeboard	m	1
Total volume of the system	m ³	11.60
EBCT	mins	24
Coarse gravel (2-5mm).	m	0.3
Filter layers		Coarse gravel (2-5mm). and iron-coated sand (1-4mm).

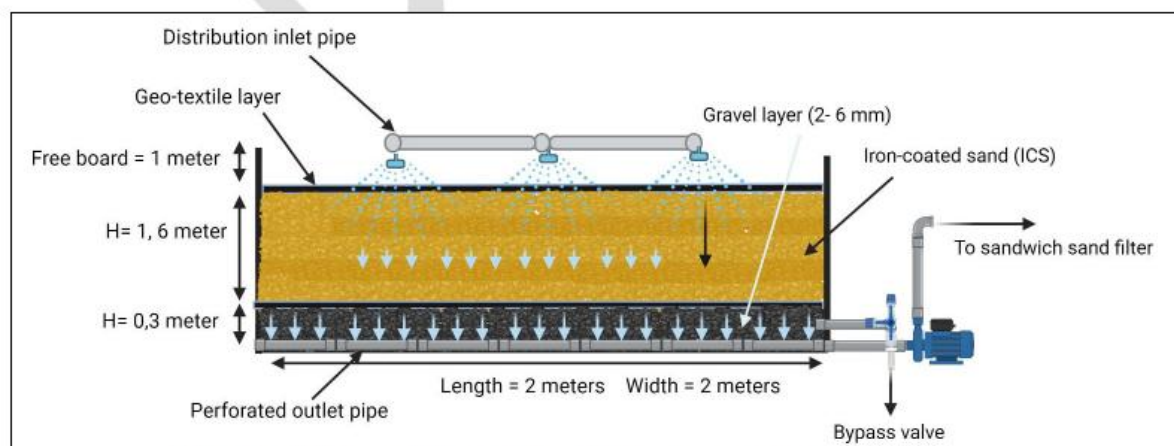


Figure 8: Schematic diagram of a rectangular module of an iron-coated sand filtration system

Figuur 10. IJzerzandfilter ontwerpparameters en ontwerpschets (bron: TU Delft Anik Dutta Agricoast programma)

Het schetsontwerp van TU Delft is vervolgens omgezet in een praktisch toepasbaar ontwerp en is geïnstalleerd direct naast het nieuwe waterbassin.



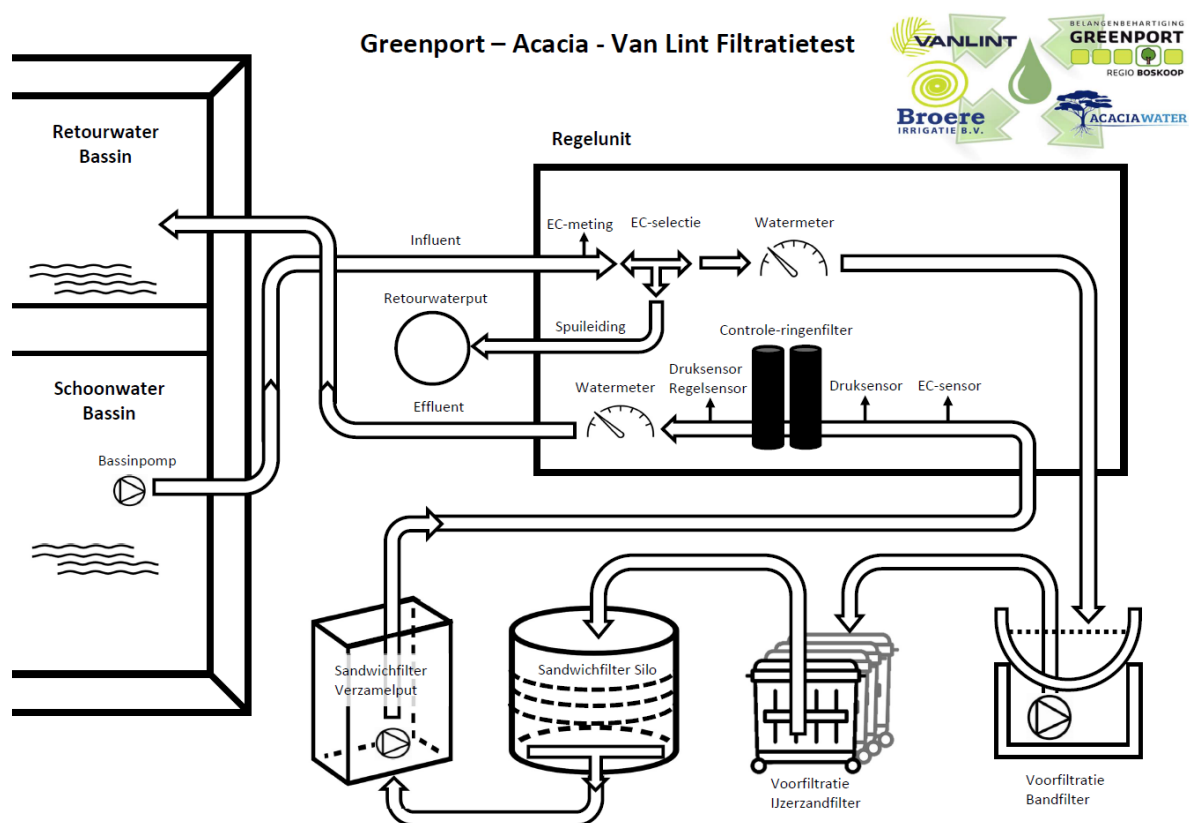
Figuur 11. IJzerzandfilter

Het ijzerzandfilter bestaat uit een 13-tal parallel geschakelde kunststofcontainers waarin in totaal 6 m³ ijzerzand is aangebracht. Aan de bovenzijde wordt het water verdeeld over de 13 bakken en aan de onderzijde opgevangen in een centrale verzamelleiding en naar het SSF gepompt.

Met het installeren van het ijzerzandfilter bestaat het zuiveringsproces uit de volgende stappen:

- Stap 1: papierbandfilter voor het verwijderen van organisch/zwevend materiaal;
- Stap 2: ijzerzandfilter voor het verwijderen van fosfaat;
- Stap 3: SSF met actief kool voor het verwijderen van GBM;
- Stap 4: na-filtratie met behulp van een kunststof ringenfilter om eventuele uitspoelingsresten na het SSF te verwijderen voordat in de toekomst ondergrondse opslag plaatsvindt.

In onderstaand figuur 12 worden de zuiveringsstappen weergegeven in een flowschema:



Zoals aangegeven in het flowschema vindt er EC-selectie plaats voordat het bassinwater wordt gezuiverd en in de toekomst ondergronds wordt opgeslagen. Indien de EC-waarde van het water in het schoonwaterbassin te hoog is voor ondergrondse waterberging, wordt het water teruggepompt naar een retourwaterput. Om bij te kunnen mesten moet het ondergronds opgeslagen water dat gebruikt wordt als gietwater een voldoende lage EC hebben (informatie deelnemers: bij voorkeur tussen de ca 0,5- 0,8 mS/cm).

2.3 Monitoring voorzuivering

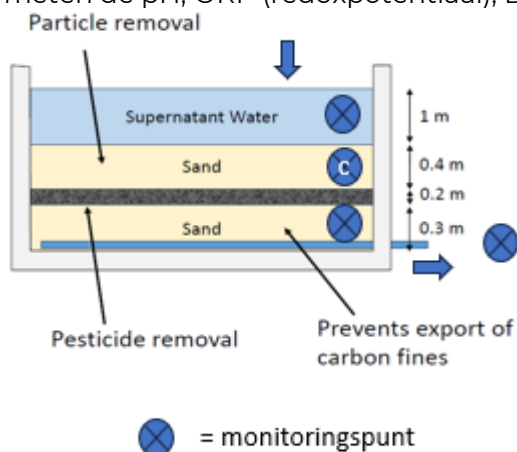
Opzet monitoringssysteem

Het SSF is begin 2024 opgestart met een tijdelijk gehuurd papierbandfilter, de samen eerste monitoringsperiode heeft plaatsgevonden tussen februari t/m maart 2024. Hierna is het SSF uitgeschakeld voor de bouw van de nieuwe waterbassins. In onderstaande tabel worden de monitoringsperioden weergegeven.

Tabel 1. Overzicht monitoringsplanning veldwater

	Periode	Monitoring
Pre-monitoringsfase	Dec '23 – jan '24	Veldwater op nitraatuitspoeling m.b.v. sensoren
1 ^e monitoringsfase	Feb '24 - mrt '24	Filterinstallatie op GBM, nitraat, fosfaat en condities in het SSF
2 ^e monitoringsfase	Aug '24 – april; '25	Veldwater en schoonwater-bassin op nitraatuitspoeling m.b.v. sensoren en het SSF op GBM, nitraat, fosfaat (incl. ijzerzandfilter) en condities in het SSF

Tijdens het monitoren van de filterinstallatie tijdens de eerste en tweede monitoringsperiode zijn er sensoren geplaatst in het SSF zelf om de filtercondities te monitoren. Deze sensoren meten de pH, ORP (redoxpotentiaal), DO (opgelost zuurstof) en



Figuur 13. De opbouw van het SSF met daarbij de monitoringspunten aangegeven. Er wordt gemonitord in het staande water (bovenin), in de bovenste zandlaag (middelste punt), en in de onderste zandlaag (onderin).

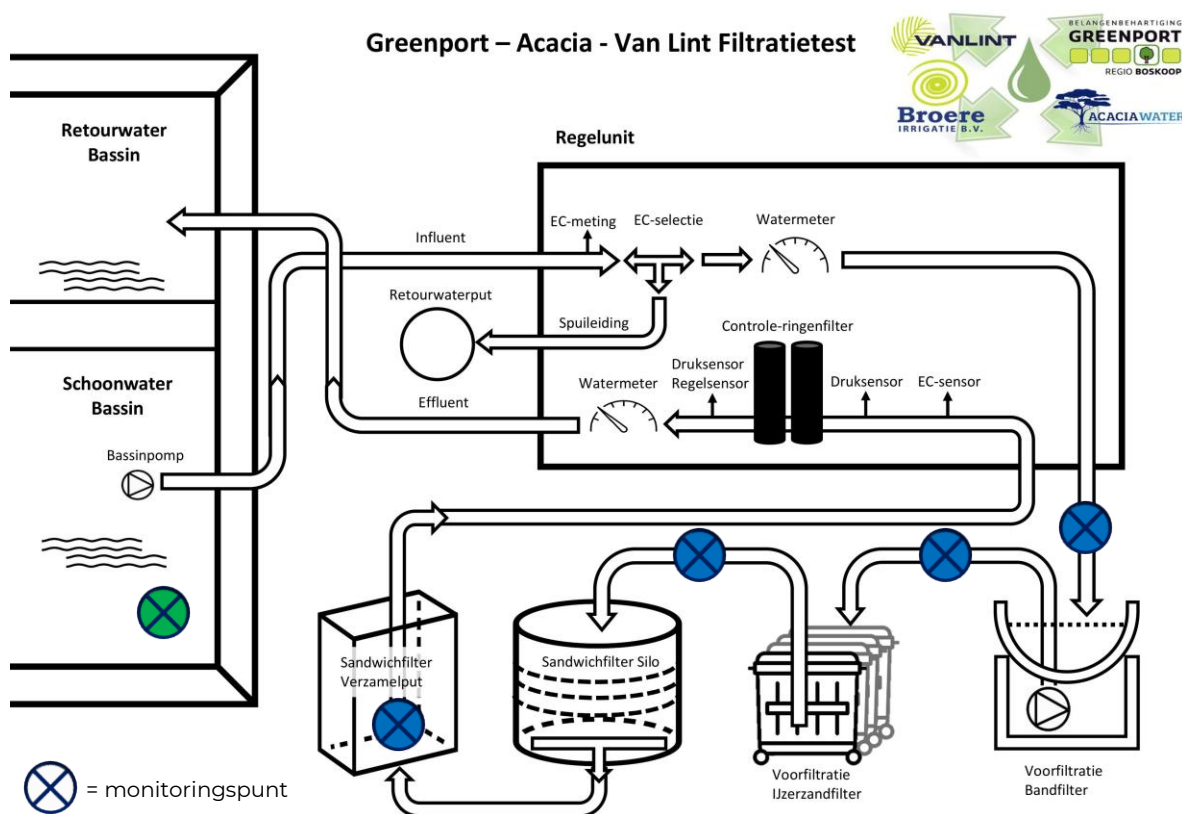
temperatuur in de bovenste en in de onderste zandlaag (Figuur 13. Daarnaast is er ook een regenmeter geplaatst bij het SSF. De parameters welke de condities in het filter weergeven, zijn belangrijke parameters om de mogelijke afbraak van nitraat in het SSF in te kunnen schatten. Bovendien is voor ondergrondse opslag met betrekking tot mogelijke putverstopping, belangrijk te weten wat het zuurstofgehalte zal zijn van het water wat in de (zuurstofloze) ondergrond wordt opgeslagen.

Putverstopping verticale bron voor ondergrondse opslag

Putverstopping kan diverse oorzaken hebben waarvan de belangrijkste zijn: accumulatie van fijne deeltjes, chemische neerslagvorming (met name ijzer- en mangaanoxiden en biologische neerslagvorming. Samengevat:

Oorzaak	Proces	Gevolgen voor het filter
Accumulatie fijne deeltjes	Fijn/zand/klei hoopt zich op	Mechanisch geblokkeerd
Chemische neerslag	IJzer/kalk/mangaan slaat neer	Dichtslibbing
Biomassavorming	Bacteriegroei, bacterieslijm	Verstopt door slijm laag

Gegeven de samenstelling van het veldwater, de ondergrond (vrij grofzandig) en de opbouw van de zuivering, zal in de toekomst bij het putontwerp en onderhoud vooral gekeken moeten worden naar chemische neerslag en biomassavorming.



Figuur 14 De filtercyclus bij Van Lint met daarin de monitoringspunten aangegeven voor het infiltratieseizoen (blauw) en het groeiseizoen (groen).

Behalve de condities in het SSF zelf, wordt ook het in- en uitgaande water gemonitord om de werking van het SSF in kaart te brengen. Twee nitraatsensoren zijn geplaatst in:

- het vrijstaande water boven het SSF ,en
- in de betonnen verzamelput na het SSF.

De eerste sensor geeft de kwaliteit van het ingaande water weer en de tweede die van het uitgaande water. Daarnaast zijn er viermaal watermonsters genomen van het in- en uitgaande water om de concentraties van gewasbeschermingsmiddelen, nitraat en fosfaat in het lab te analyseren. Bij het toevoegen van het ijzerzandfilter tijdens de tweede monitoringsperiode zijn bovendien veelvuldig monsters voor en na het ijzerzandfilter genomen om de mate fosfaatverwijdering te monitoren. Deze resultaten worden separaat besproken in paragraaf 2.3.3.

Tijdens het monitoren van het veldwater en het schoonwaterbassin tijdens de tweede monitoringsperiode, is er 1 nitraatsensor in het schoonwaterbassin geplaatst en 1 nitraatsensor in de veldwater put. Van augustus '24 tot december '24 was deze tweede nitraatsensor geplaatst in veldwaterput 1 t/m 7 en in december is deze verplaatst naar veldwaterput 8 t/m 11. Daar heeft hij tot februari '25 gehangen. Hierdoor wordt inzicht verkregen hoe de nitraatconcentraties in het veldwater zich in de zomer en het najaar ontwikkelen en daarmee vanaf welk moment in het jaar de waterkwaliteit van het infiltratiewater van voldoende kwaliteit zou zijn voor infiltratie na zuivering. Daarnaast zijn er ook watermonsters van deze locaties genomen om de metingen van de sensoren te valideren.

Op verzoek van HH Rijnland zijn, in aanvulling op de in het projectplan beoogde monitoring, ook analyses uitgevoerd van PFAS in het influent, effluent en grondwater. Dit met het oog op de beoordeling van niet genormeerde verontreinigende stoffen, die opgenomen zijn in de lijst van stoffen en stofgroepen in bijlage XIX onder B van het Bkl.

Met behulp van dit monitoringssysteem kon goed worden ingespeeld op de uitkomsten van het overleg met HH Rijnland en andere partijen, rond de opzet van het benodigde monitoringsplan ten behoeve van het verkrijgen van een Omgevingsvergunning.

Conditie in het SSF

De omstandigheden in de bovenste zandlaag en de onderste zandlaag van het SSF verschillen sterk. Terwijl in de bovenste zandlaag het zuurstofgehalte altijd hoog blijft, daalt deze in de onderste zandlaag sterk na ingebruikname. Dit effect zien we in zowel de 1^e als in de 2^e monitoringsperiode en wijst op zuurstofverbruik door microbiële processen. De pH in de bovenste zandlaag lijkt ook consequent hoger te zijn dan de pH in de onderste zandlaag, wat overeenkomt met mogelijke microbiële activiteit. Zowel aerobe als anaerobe afbraak verlagen de pH. De lage zuurstofcondities zijn gunstig voor denitrificatie en het verlagen van de kans op putverstopping als injectie via een put daadwerkelijk plaatsvindt (geen onderdeel van deze pilot).

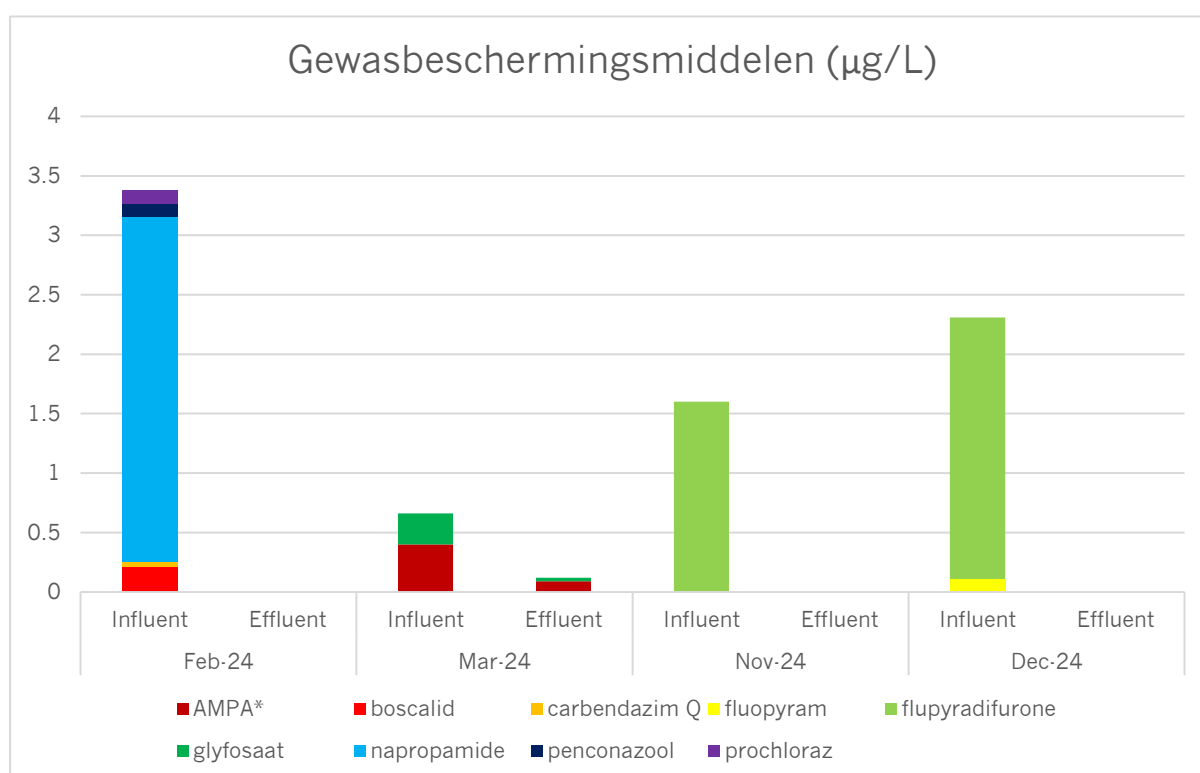
2.3.1 Resultaten monitoring

Gewasbeschermingsmiddelen

In totaal zijn er vier rondes aan GBM analyses uitgevoerd; twee rondes aan het begin van 2024 en twee rondes aan het einde van 2024. Bij deze analyse worden de concentraties van GBM in het influentwater vergeleken met de concentraties in het effluentwater, om zo de werking van het actieve kool in het SSF in kaart te brengen. Er is geanalyseerd op ruim 500 stoffen, waarbij een nadere focus ligt op een lijst van 45 stoffen, die bestaat uit de middelen die door Van Lint worden toegepast. Dit, aangevuld met een groep aan veel

gebruikte middelen in de sector zoals aangeleverd door Delphy (Bijlage 1). Van deze 45 stoffen, bleken er vijf niet geanalyseerd te kunnen worden met de detectielimieten die nodig zijn om te toetsen aan de grenswaarden.

In het influent is bij elke monsterronde een aantal gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen (tussen de 1 en 5 verschillende stoffen) met concentraties uiteenlopend van 0,11 µg/L tot 2,9 µg/L. De grenswaarde voor een individuele stof ligt op 0,1 µg/L. tenzij anders aangegeven in bijlage XIX Bkl. In het effluent, dus na het SSF, is in geen enkel monster een concentratie aan gewasbeschermingsmiddelen boven de grenswaarde aangetroffen. De resultaten van de filterinstallatie voor het verwijderen van gewasbeschermingsmiddelen zijn daarmee dus tijdens de pilot zeer positief (zie figuur 15).

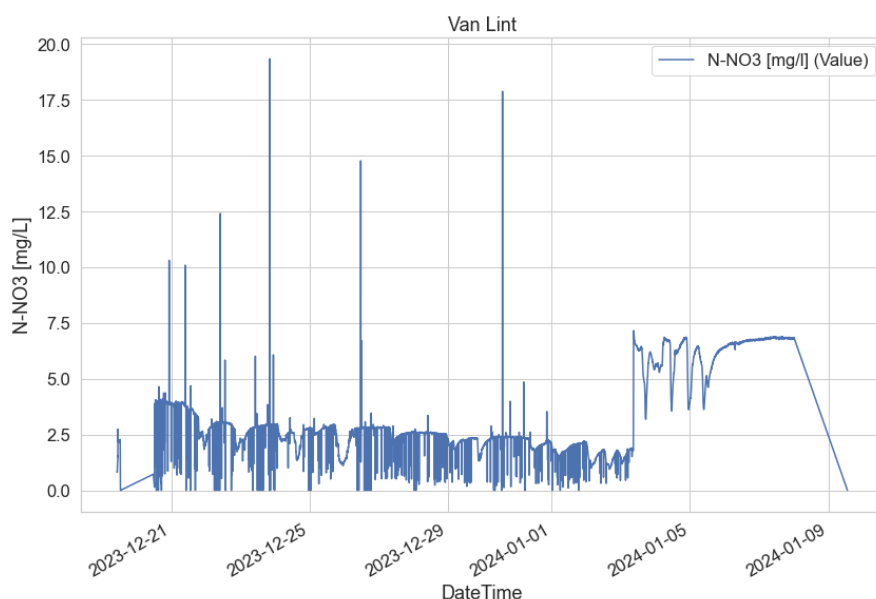


Figuur 15. Resultaten van de GBM-analyses. Bij elke analyseronde wordt de concentratie van het influent en effluent weergegeven. De infiltratielimiet per GBM is 0,1 µg/L en de infiltratielimiet van de som GBM is 0,5 µg/L.

* = Voor AMPA geldt een norm van 1 µg/L, dit betreft een drinkwaternorm. Dit, omdat het een humaan toxicologisch niet relevant metaboliet is..

Nutriënten - velduitspoeling

Tussen 21 december 2023 en 9 januari 2024 zijn in beide veldwater-verzamelputten met behulp van een zogenaamde UV/VIS-sensor, spectroscopische continuummetingen uitgevoerd naar het nitraatgehalte. Onderstaand worden de resultaten in mg/l gepresenteerd als NO₃ (onderste grafiek) en N-NO₃ (bovenste grafiek). Opgemerkt wordt dat op 3 januari de UV-VIS sensor uit de verzamelput van veld 8 t/m 11, is omgehangen naar de verzamelput voor veld 1 t/m 7 om ook daar meetgegevens te verzamelen.



Figuur 16. UV-VIS metingen nitraatgehalte veldwaterputten Van Lint

Het omhangen van de sensor is zichtbaar in de grafiek welke een sprong vertoont op 3 januari. Samengevat:

- Het NO_3 -gehalte in het veldwater uit veld 8 t/m 11 varieerde toen tussen de 5 en 15 mg/l;
- Het NO_3 -gehalte in het veldwater uit veld 1 t/m 7 varieerde tussen de 15 – 30 mg/l;
- Er is sprake van een dalende trend gedurende de meetperiode.
- De NO_3 -gehalten liggen gedurende de meetperiode onder de grenswaarde van 50 mg/l.

De velden 8 t/m veld 11 stonden tijdens de meetperiode grotendeels leeg terwijl de velden 1 t/m 7 vrijwel volledig gevuld waren met potten.

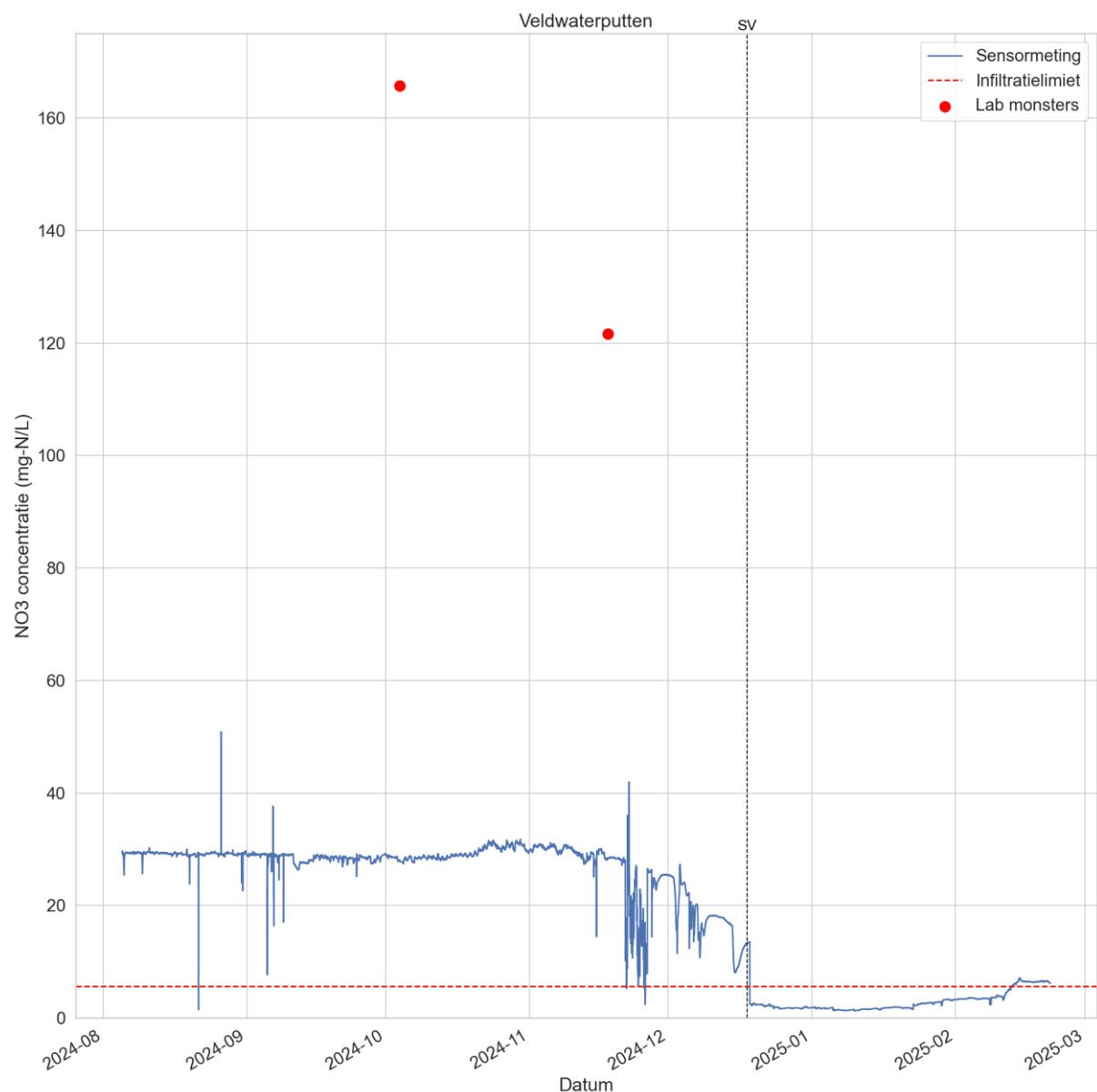
De gemeten pieken, zogenaamde ("uitbijters"), worden vermoedelijk veroorzaakt door zwevende deeltjes die meekomen met het veldwater en moeten bij de analyse buiten beschouwing worden gelaten. Tevens is gekeken naar de neerslagcijfers van een nabijgelegen neerslagstation: het lijkt erop dat de lagere concentraties samenhangen met neerslag en dat er dus sprake is van verdunning en een vrij snel, op neerslag reagerend systeem.

In augustus '24 zijn de nitraatsensoren opnieuw geplaatst om de uitspoeling van nitraat aan het eind van het groeiseizoen in kaart te brengen. Zeer relevant voor de uitspoeling van nutriënten is de vraag of sprake is van bladverliezend gewas danwel groenblijvend gewas. Bij Van Lint was op dat moment op veld 1 t/m 7 sprake van najaarspotting van een groenblijvende conifeer. Deze situatie is niet representatief voor verreweg het merendeel van de bedrijven in de regio.

Eén sensor is geplaatst in de veldwaterput van veld 1 t/m 7 en de ander is geplaatst in het schoonwaterbassin. De nitraatconcentraties waren echter zó hoog dat ze voor een groot deel van de meetperiode buiten de meetranges van de sensoren lagen (veldwaterput >28 mg/L en schoonwaterbassin >56 mg/L). De watermonsters die op deze locaties genomen zijn, wijzen ook uit dat de nitraat concentraties véél hoger lagen dan de meetrange van

de sensoren én dan tijdens het natte seizoen. Vanaf half november zien we dat de concentraties in deze veldwaterput begint af te nemen.

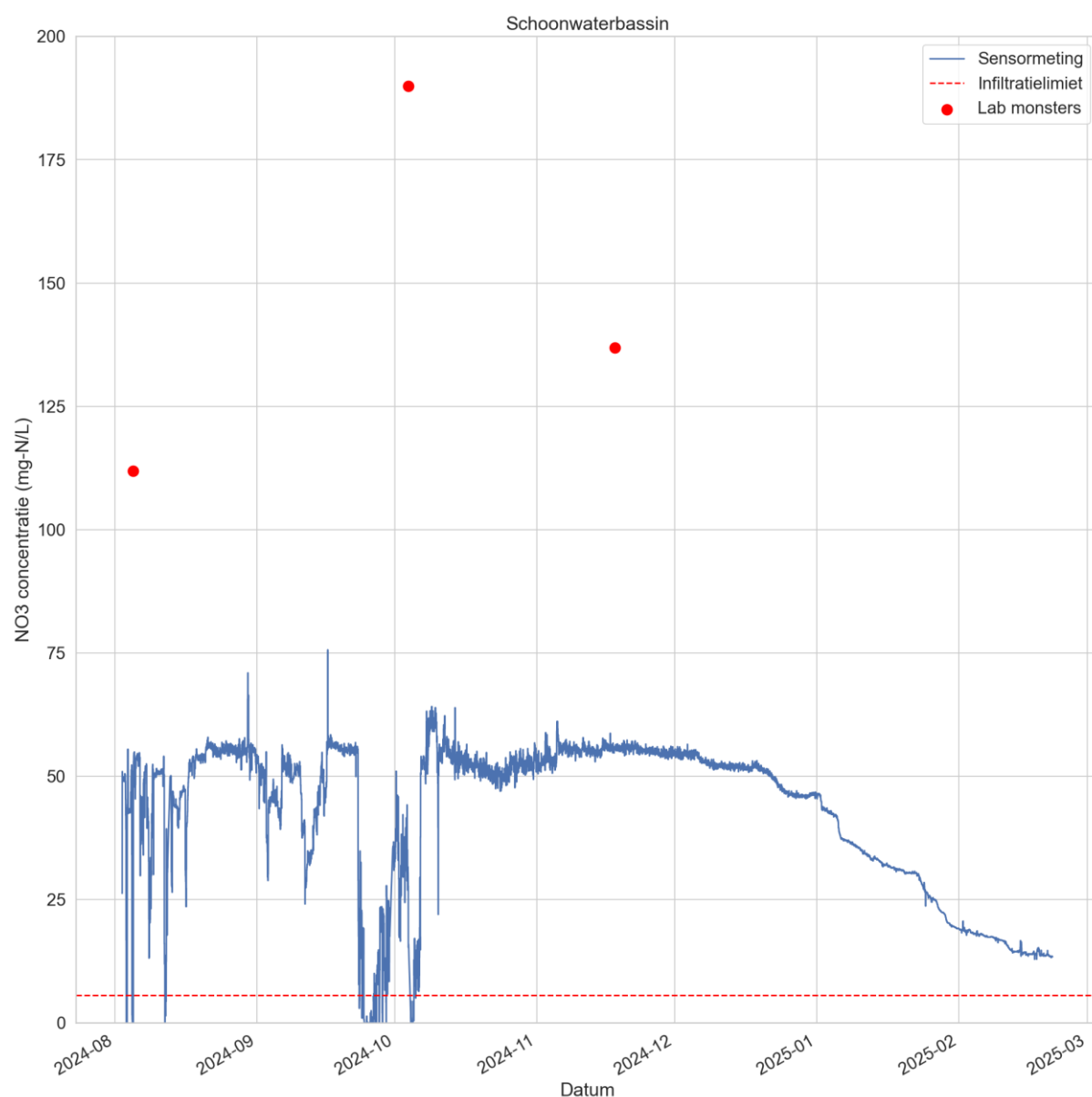
De sensor in veldwaterput voor veld 1 t/m 7 is tijdens de meetperiode omgehangen naar de andere veldwaterput voor veld 8 t/m 11). In deze put lagen de concentraties nitraat beduidend lager dan in de put met water van 1 t/m 7. Zoals aangegeven was op de velden 1 t/m 7 was sprake van najaarspotting met een groenblijvende conifeer, waardoor een zeer hoge uitspoeling van nutriënten plaatsvond terwijl velden 8 t/m 11 voor een groot deel leegstonden. De sensor die in het schoonwaterbassin heeft gehangen (figuur 18), zou



Figuur 17 Nitraatuitspoeling (NO₃-N) gemeten in de **veldputten** met sensoren (blauwe lijn) en watermonsters (rode stippen). De rode stippellijn geeft aan wat de infiltratielimit is voor nitraat, als referentiewaarde (5,6 mg-N/L). De zwarte verticale stippellijn geeft aan wanneer de sensor verplaatst is. SV = sensor verplaatst.

een goede indicatie kunnen geven voor het influentwater van het SSF. Hier wordt namelijk het water uit ingelaten wat de filtratiecyclus ingaat (papierbandfilter > ijzerzandfilter > SSF). We zien helaas ook hier, dat gedurende de hele natte periode het nitraatgehalte van het schoonwaterbassin zeer hoog lag. Ook voor deze sensor lag het

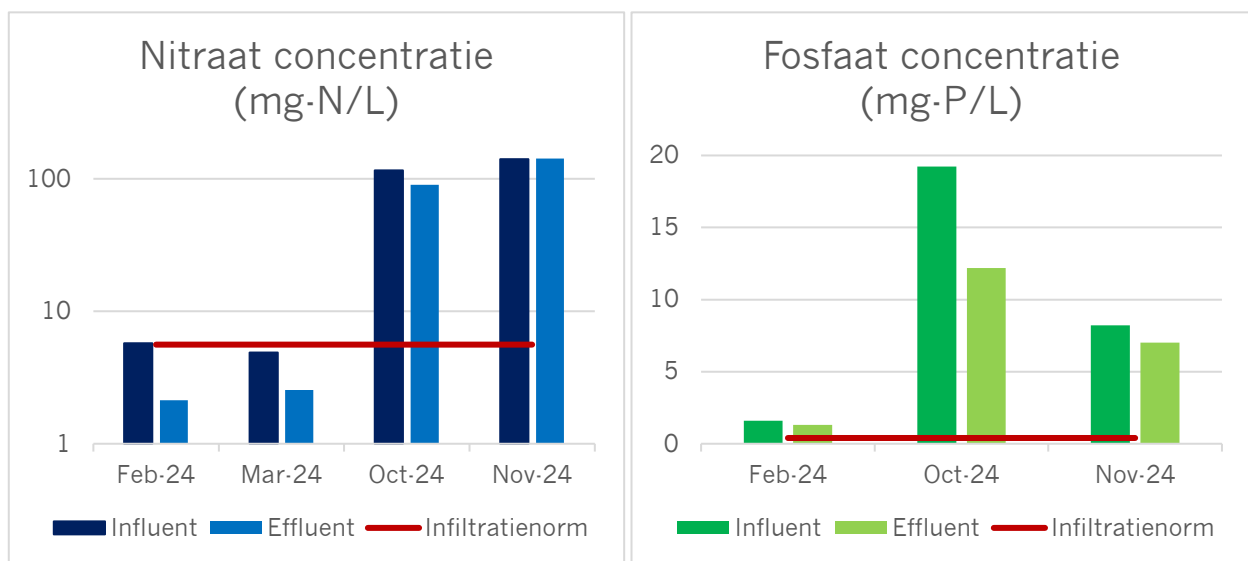
nitraatgehalte gedurende een groot deel van de meetperiode boven de meetrange van de sensor, wat de labmonsters ook uitwijzen.



Figuur 18. Nitraatuitspoeling (NO₃-N) gemeten in het **schoonwaterbassin** met sensoren (blauwe lijn) en watermonsters (rode stippen). De rode stippellijn geeft aan wat de infiltratielimiet is voor nitraat, als referentiewaarde (5,6 mg-N/L).

Nutriënten - filterinstallatie

Aan de hand van labanalyses van de monsters van het influentwater en effluentwater, kan de verwijdering van nutriënten door de zuiveringsinstallatie worden onderzocht. Specifiek wordt gekeken naar fosfaat en nitraat, omdat naar verwachting deze stoffen boven de infiltratienormen uit zullen komen. Nitraat kan deels verwijderd worden door micro-anoxische zones in de onderste zandlaag (denitrificatie). Om fosfaatverwijdering te onderzoeken, is in oktober 2024 een ijzerzandfilter gerealiseerd.



Figuur 19. Nutriëntenconcentraties van nitraat en fosfaat, gemeten in het influent water vanuit het schoonwaterbassin het effluent water van het SSF. Ook de infiltratienormen zijn weergegeven (5,6 mg-N/L en 0,4 mg-P/L).

In het voorjaar van 2024 waren de nitraatconcentraties laag genoeg dat ze onder de infiltratienorm vielen. Bovendien was de bioactiviteit in het filter dusdanig opgestart dat ongeveer 50% van het aanwezige nitraat verwijderd werd in het SSF. In het najaar waren de nitraatconcentraties echter zó hoog dat de filterinstallatie dit niet tot diezelfde lage concentraties kon reduceren.

In het voorjaar van 2025 is gefocust op de verwijdering van fosfaat middels het ijzerzandfilter. Het SSF is daarmee frequent buiten gebruik geweest waardoor het niet mogelijk was zinvolle onderzoeksdata te verzamelen rond de verwijdering van het nitraat in het SSF.

Voor fosfaat zien we een soortgelijke verhoging in concentratie tussen het voorjaar en najaar. Voor fosfaat is vanaf oktober 2024 de beperkte verwijdering door het ijzerzandfilter zichtbaar. Het onderzoek naar de werking van het ijzerzandfilter wordt beschreven in paragraaf 2.3.3.

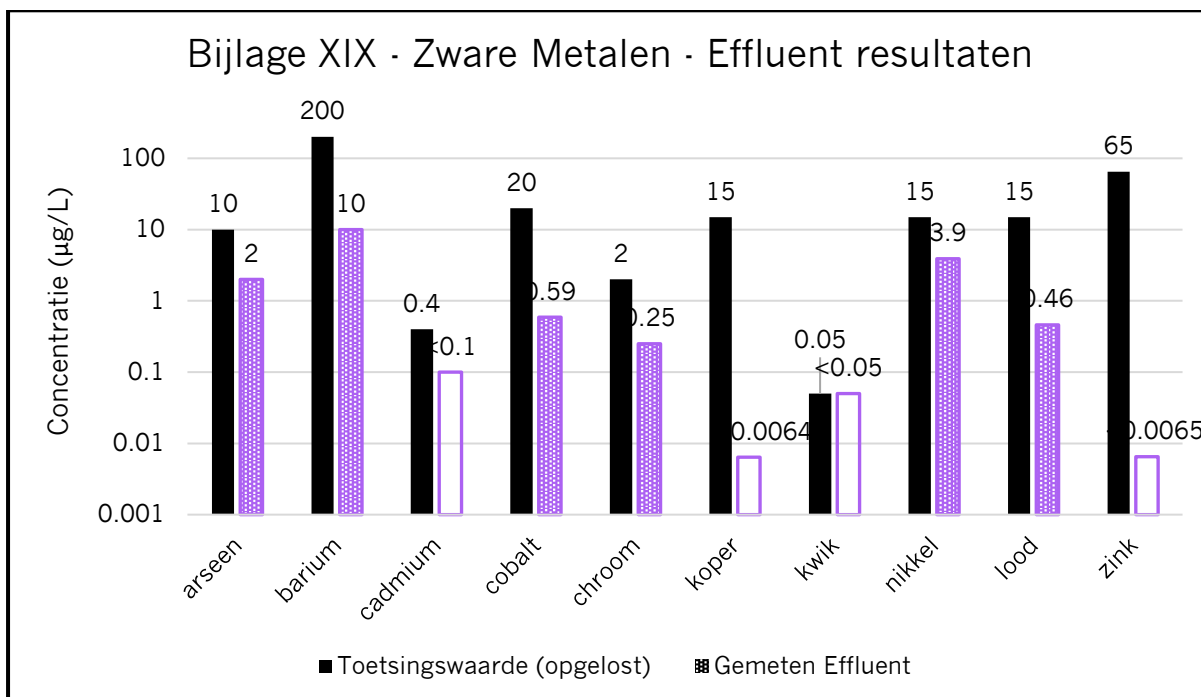
2.3.2 Toetsing overige parameters bijlage XIX Bkl

In bijlage XIX-Bkl worden de grenswaarden gepresenteerd voor een groot aantal genormeerde stoffen. Zoals in hoofdstuk 4 staat aangegeven, zal HH Rijnland bij een vergunningsaanvraag een brede screening vragen op de in bijlage XIX vermelde stoffen. Dit om te voorkomen dat ongewenst andere stoffen dan de te verwachten GBM en nutriënten in de ondergrond worden geïnfilteerd.

Het effluent van de zuivering (dus nadat het bassinwater het papierbandfilter en het SSF is gepasseerd) is bemonsterd en ingezet voor een brede screening op:

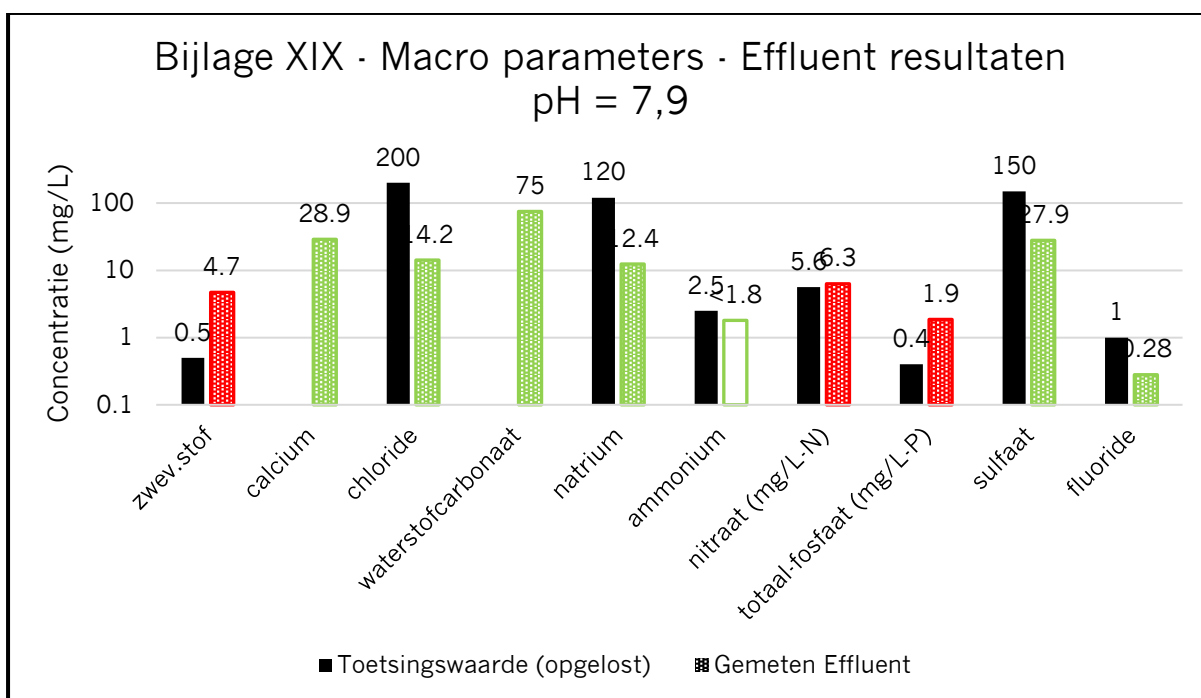
- Zware metalen;
- Macroparameters;
- Minerale olie;
- Polycyclische koolwaterstoffen (PAK's);
- Gehalogeneerde koolwaterstoffen.

Onderstaand worden de analyseresultaten weergegeven:



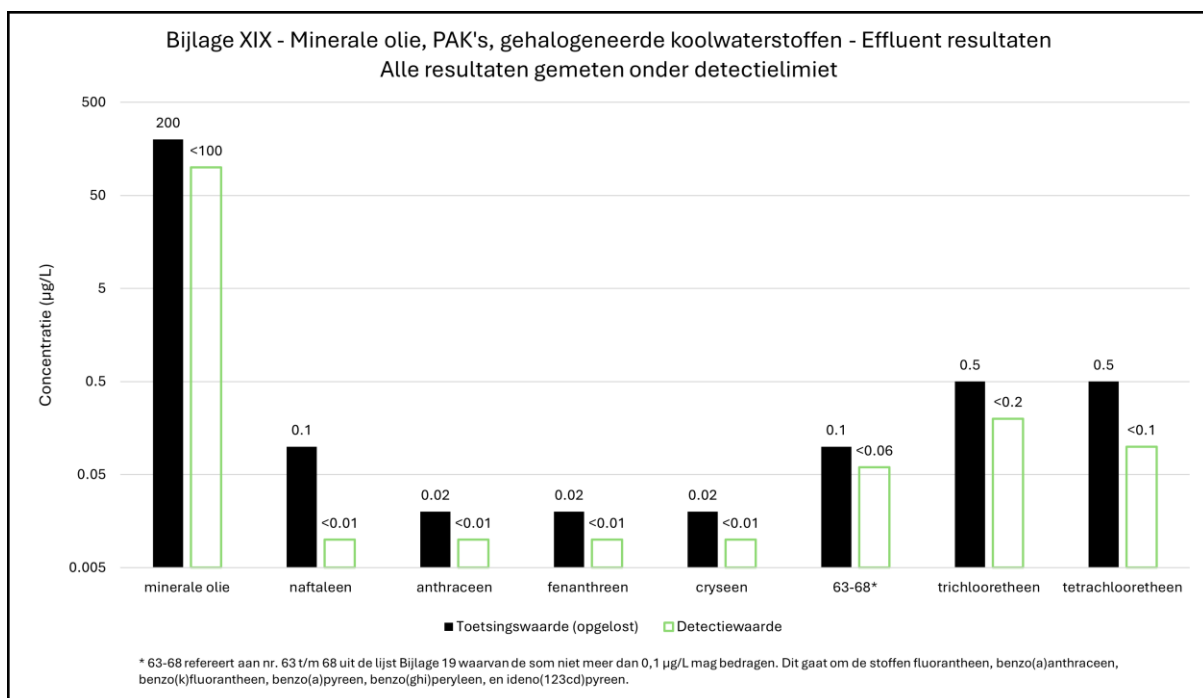
Figuur 20. Toetsing op zware metalen

Alle gemeten gehalten aan zware metalen liggen beneden de grenswaarden.



Figuur 21. Toetsing op macroparameters

Met uitzondering van zwevend stof, nitraat en fosfaat liggen alle gemeten waarden onder de grenswaarden uit Bkl-bijlage XIX.



Figuur 22. Toetsing op minerale olie, PAK's en gehalogeneerde koolwaterstoffen. Voor alle parameters liggen de gemeten gehalten beneden de detectiegrenzen en de grenswaarden.

Geconcludeerd kan worden dat er in het effluent van de zuivering in deze bemonsteringsronde, geen andere stoffen dan nutriënten boven de grenswaarden zijn aangetroffen. Alle andere stoffen van de lijst uit Bijlage XIX komen niet voor of worden verwijderd door het filter.

2.3.3 Monitoring ijzerzandfilter

Zoals eerder beschreven is de zuiveringsinstallatie in oktober 2024 uitgebreid met een ijzerzandfilter gebaseerd op de onderzoeksresultaten van TU Delft.

In totaal is 6m³ ijzerzand besteld bij Aquaminerals (<https://aquaminerals.com/home-nl2/>) en verdeeld over de 13 geïnstalleerde bakken. Aquaminerals (in eigendom van een aantal drinkwaterbedrijven en waterschappen) richt zich op het zoeken van oplossingen voor reststromen die vrijkomen bij het zuiveren van water. IJzerzand is zo'n restproduct en wordt door Aquaminerals voor hergebruik aangeboden.

Het ijzerzandfilter is eind oktober daadwerkelijk in gebruik genomen. Direct na ingebruikname bleek de mate van fosfaatverwijdering sterk beneden het verwachte percentage. In plaats van meer dan 80-90% was sprake van slechts 10-15% verwijdering.

In overleg met Aquaminerals en TU Delft is besloten de proef aan te passen en in 2 (i.p.v. 13 containers) een test uit te voeren met 2 verschillende debietsnelheden. Dit, om tegen zo laag mogelijke projectkosten en uitgaande van de door Aquaminerals aangegeven specificaties voor het ijzerzand, een beter beeld te kunnen krijgen van de werkelijke adsorptiecapaciteit. De werkelijke absorptiecapaciteit is noodzakelijk voor de dimensionering van een ijzerzandfilter.

Er is voor 2 bakken nieuw ijzerzand aangeleverd op kosten van Aquaminerals en er is opnieuw getest. De adsorptiecapaciteit bleek een stuk hoger richting de 80-90% maar er was sprake snelle doorslag waardoor de effluentkwaliteit boven de norm voor infiltratie kwam te liggen. Tevens nam al na enkele dagen door verstopping, de filtercapaciteit zeer sterk af waardoor de proef gestopt moest worden. Onderstaand een foto van het ijzerzand in 1 van de testbakken.



Figuur 23. Verstopt ijzerzand 2^e batch

Duidelijk zichtbaar is dat er sprake is van een hele fijne fractie in het ijzerzand waardoor er verstopping optreedt. In overleg met Aquaminerals is een derde batch aangeleverd welke intensief is gemonitord na installatie om de doorbraakcurve goed te kunnen volgen. Dit is noodzakelijk om te kunnen voorspellen hoe lang het ijzerzand mee zal gaan. De testresultaten lieten een hoge verwijdering zien, geen verstopping meer maar wederom een te snelle doorbraak van fosfaat.

Daarop zijn een tweetal random gestoken en samengestelde deelmonsters genomen uit de 3^e batch en door Acacia Water voor analyse aangeboden bij Aqualab-Zuid. De belangrijkste bevindingen zijn:

- De aangroei met ijzer bedraagt ca 25% i.p.v. de gewenste 50 -100%;

- Het ijzergehalte bedraagt tussen de 27.000 en 34.000 mg/kgds i.p.v. 150.000 tot 300.000 mg/kgds;
- De uniformiteitscoëfficiënt bedraagt 4,2 i.p.v. minimaal <3 danwel gewenst < 2
- 90% van de zeeffractie is kleiner dan 2,0 mm wat samen met een d50 (mediane korrelgrootte) leidt tot verstopping.

In onderstaande tabel worden de gewenste specificaties voor ijzerzand weergegeven indien dit wordt ingezet voor de adsorptie van fosfaat.

Tabel 2.. Gewenste specificaties ijzerzand voor fosfaatadsorptie (bron: Weren de Vet)

Parameter	Eenheid	Minimaal	Gewenst
Aangroei	gew % (m/m)	50	100
IJzer, vaste stof (ICP-MS)	mg/kg d.s.	150.000	300.000
Zeeffractie d50	mm	2	2
Zeeffractie uniformiteitscoëfficiënt	-	<3	<2

Gesteld kan worden dat het geleverde ijzerzand niet voldoet aan de door Aquaminerals aangegeven specificaties voorafgaande aan de levering van de eerste batch van 6 m³. Daarnaast voldoet het niet aan de in tabel 2 gewenste specificaties:

- Het materiaal is te fijn waardoor verstopping optreedt;
- Het ijzergehalte is veel te laag waardoor er sprake is van te snelle doorslag van fosfaat.

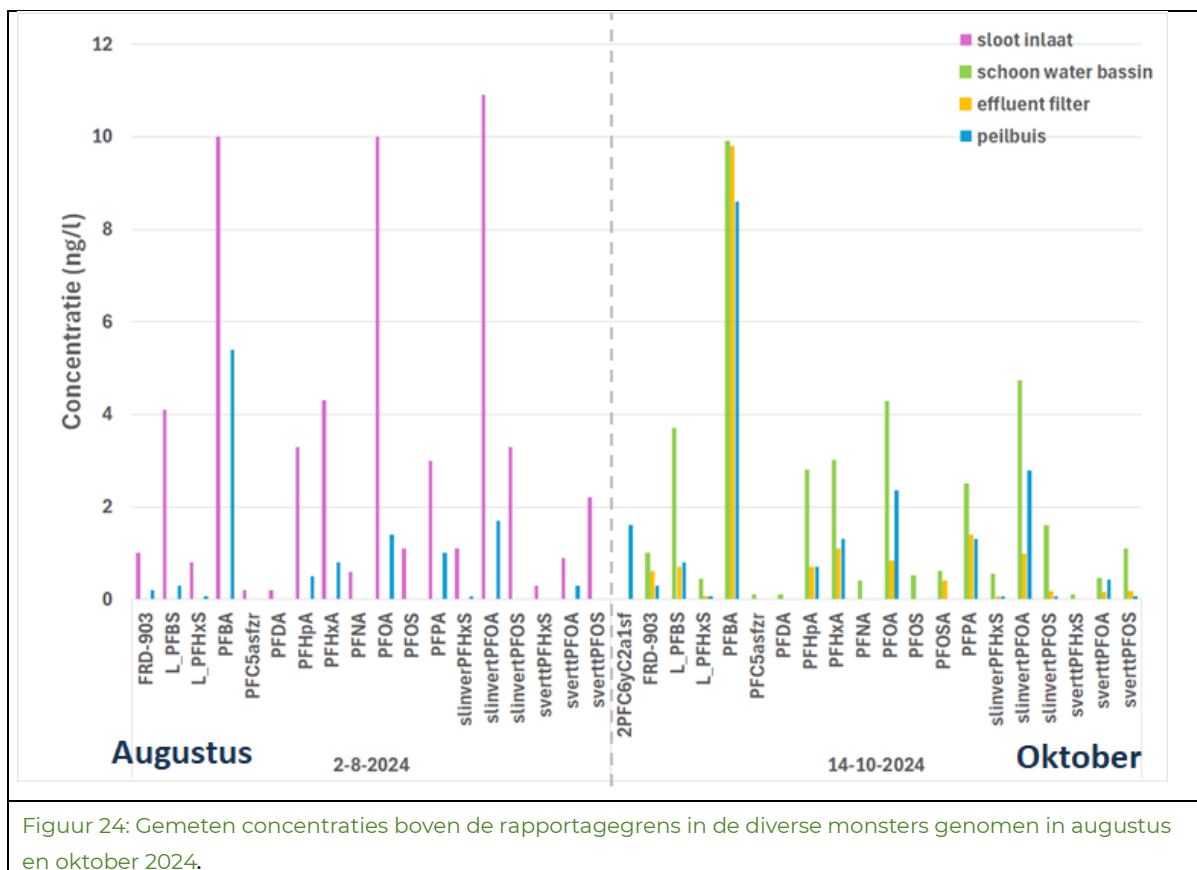
Daarmee zijn de geconstateerde problemen helaas pas na 3 batchtesten min of meer verklaard. Op basis van de huidige resultaten kan er nog geen juiste dimensionering van het ijzerzandfilter plaatsvinden. Aquaminerals geeft aan dat zij vanaf eind augustus ijzerzand kunnen leveren wat voldoet aan de specificaties in tabel 2. Dit, door een aantal aanpassingen in de partijselectie, zeefmethode en batchkeuring vooraf.

2.3.4 Resultaten onderzoek naar PFAS Hoogheemraadschap Rijnland

HH Rijnland heeft het initiatief genomen aanvullend onderzoek uit te voeren naar het voorkomen van PFAS. De resultaten van dit onderzoek zijn tijdens het PG-overleg in december 2024 gepresenteerd. Hieronder wordt de rapportage gepresenteerd die is aangeleverd door HH Rijnland voor deze eindrapportage.

Monitoring PFAS

Om inzicht te krijgen in de PFAS-concentraties van het slootwater (a), schoonwaterbassin (b), het effluent van het zuiveringsfilter (c) en het grondwater in de peilbuis (d) zijn de diverse watercompartimenten gemonitord door HH Rijnland. Het monster van het grondwater is afkomstig uit het pakket waarin ook het gezuiverde water geïnfilterd gaat worden. In augustus 2024 zijn monsters genomen van het slootwater en het grondwater en in oktober van het schoonwaterbassin, het effluent en de peilbuis. De monsters zijn geanalyseerd op een pakket met 30 individuele PFAS-isomeren en 6 PFAS somwaarden van diverse PFAS-isomeren. Figuur 16 geeft de concentraties van PFAS weer die zijn gemeten boven de rapportagegrens.



Figuur 24: Gemeten concentraties boven de rapportagegrens in de diverse monsters genomen in augustus en oktober 2024.

Het slootwater en het schoonwaterbassin bevatten de hoogste concentraties PFAS. In het effluent, na het zuiveringsfilter, zijn de concentraties lager. Het filter verwijdert dus een deel van de PFAS, maar niet allemaal. Het filter is niet ontworpen om PFAS te verwijderen. Dit valt buiten de scope van de pilot. Het verlagen van PFAS-concentraties is een bijvangst. Ook het grondwater bevat PFAS en deze concentraties zijn veelal lager dan in het effluent. De somconcentratie van het effluent bedraagt 17 ng/l. Voor PFAS zijn geen grenswaarden voor infiltratie of grondwater (zie bijlage 4). Ter vergelijking met aanpalend beleid waar wel normen voor zijn geformuleerd: de Europese drinkwaterrichtlijn heeft een norm van 100 ng/l voor de som van PFAS.

2.3.5 Resultaten push-pull testen

Zoals omschreven staat in paragraaf 2.3.1 is het SSF niet in staat om onafhankelijk van de influentconcentraties voor nitraat, altijd de grenswaarde voor infiltratie te halen. Er zijn uitzonderingen mogelijk op deze grenswaarde, als infiltratie niet leidt tot achteruitgang van de kwaliteit van het grondwater (zie bijlage 4). Dat betekent dat het belangrijk is om te weten wat er gebeurt indien water met te hoge concentraties nitraat ondergronds opgeslagen wordt.

Daartoe is in oktober 2024 is op de locatie bij Van Lint een zogenaamde push-pull test uitgevoerd. Dit, om het denitrificerende vermogen van de watervoerende laag waarin mogelijk water opgeslagen gaat worden, in beeld te brengen. Binnen het proces van

denitrificatie wordt nitraat in een zuurstofloze omgeving door bacteriën in een aantal stappen omgezet naar stikstof:

nitraat (NO_3^-) → nitriet (NO_2^-) → stikstofmonoxide (NO) → distikstofmonoxide (N_2O) → stikstof (N_2).

Hierbij dient nitraat als stikstofbron en is ook een koolstofbron noodzakelijk.

De push-pull test bestaat uit een push-fase en pull fase. Tijdens de push fase wordt een bepaald volume aan water in het watervoerend pakket ingebracht. Dit water bevat een van tevoren vastgestelde concentratie aan nitraat. Tijdens de pull fase worden op bepaalde tijdsintervallen kleinere volumes aan water weer opgepompt (tezamen minimaal gelijk aan de geïnfiltreerde hoeveelheid) uit het watervoerende pakket. De nitraatconcentraties en concentraties van andere stikstofverbindingen in het opgepompte water worden geanalyseerd om een beeld te kunnen vormen van de afbraak en daarmee het type proces en reactiesnelheden in de ondergrond.

Het push pull onderzoek is uitgevoerd in aanvulling op het in samenwerking met de TU Delft uitgevoerde onderzoek naar een mogelijke separate voorzuiveringsoplossing voor nitraat (zie paragraaf 2.2.1). Uit dit laatste onderzoek bleek dat een voorzuiveringsstap gericht op denitrificatie van nitraat met behulp van een zgn. woodchip bioreactor geen haalbare oplossing is binnen de Boskoopse context. Dat betekent dat de verwijdering van nitraat binnen het bestaande SSF, een cruciale rol speelt binnen de vergunningstechnisch toetsing voor de infiltratie van nitraat. Dit, in combinatie met de eventuele afbraakcapaciteit voor nitraat van de ondergrond.

Hoewel de nitraatconcentraties in het veldwater aan het einde van het natte seizoen begin 2024 (feb-mrt 2024) laag genoeg waren om direct te mogen infiltreren, zijn de concentraties aan het begin van het natte seizoen 2024-2025 beduidend hoger dan de grenswaarde. Het SSF is niet in staat om dergelijke hoge influentconcentraties af te breken tot onder de grenswaarde.

Voor de beoordeling door HH Rijnland van de infiltratie van nitraathoudend effluent uit het SSF, binnen een toekomstige vergunning, is het belangrijk om inzicht te krijgen in de eventuele afbraakcapaciteit van nitraat in de watervoerende laag waar het gezuiverde water in wordt opgeslagen.

Als er nitraat wordt opgeslagen in een concentratie boven de infiltratienorm, is er dan sprake van een onomkeerbare, niet-beheersbare situatie op basis waarvan de infiltratie stopgezet moet worden en onderzoek moet plaatsvinden naar de risico's en mogelijke oplossingen? Of is er sprake van geochemische barrièrewerking in de ondergrond mede waardoor de risico's beheersbaar zijn³?

Binnen het recentelijk gepubliceerde Stowa rapport (zie voetnoot en <https://www.stowa.nl/publicaties/verantwoord-infiltreren-en-aanvullen-van-grondwater-een-praktisch-raamwerk-voor-infiltreren-en>) wordt hierop ingegaan.

³ Stowa Rapport Verantwoord Infiltreren en aanvullen d.d. 20 mei 2025 Publ. Nr 2025-21

Uitvoering push/pull test

Op 14 oktober 2024 is via een peilbuis 400 L water ingebracht in het watervoerend pakket met een nitraatconcentratie van 100 mg/L. Deze concentratie valt te qua ordegrrootte te verwachten indien sprake is van hoge nutriëntenuitspoeling in het veldwater en de zuivering kan daar maar een deel van afbreken. Gedurende twee weken zijn er semi-dagelijks watermonsters uit de ondergrond genomen via dezelfde peilbuis. Deze hebben we geanalyseerd op nitraat om de afname in concentratie in kaart te brengen. Daarnaast is er een chemische tracer (bromide) aan het water toegevoegd om te corrigeren voor achtergrondprocessen.



Figuur 25. Peilbuis push-pull test Van Lint.

Uit dit onderzoek is gebleken dat in het watervoerend pakket denitrificatie plaatsvindt met een halfwaardetijd heeft van ca. 6 dagen. Dit betekent dat de restconcentratie nitraat in het te infiltreren water in ca. 6 dagen gehalveerd zal zijn en na ca. 12 dagen met 75% verminderd. Voor een volledige beschrijving het onderzoek wordt verwezen naar bijlage 2.

Hoe representatief deze resultaten voor de gehele regio Boskoop zijn, is niet eenvoudig te voorspellen; de afbraakcondities in het watervoerende pakket kunnen lokaal variëren. Wel is het zeer waarschijnlijk dat het grondwater onder de deklaag overal anoxisch zal zijn, wat één van de voorwaarden is voor denitrificatie.

Een andere voorwaarde is dat er voldoende organisch materiaal beschikbaar is. Bij deze push-pull test is er geen organisch materiaal aan het water toegevoegd: er is gebruik gemaakt van leidingwater. Dit betekent dat het denitrificatie proces geheel verlopen is met organisch materiaal wat al van nature aanwezig was in het watervoerend pakket. In de praktijk, echter, zal er organisch materiaal (vast te stellen via het meten van Dissolved Organic Carbon of DOC) in het infiltratiewater zitten, wat de denitrificatiesnelheid verder zou kunnen verhogen en deze bovendien minder afhankelijk maakt van het al aanwezige organisch materiaal in het watervoerend pakket.

Het is belangrijk hierbij te vermelden dat nitraat op twee manieren kan afbreken:

- De eerste is via het proces van denitrificatie, waarbij nitraat wordt omgezet door bacteriën in stikstofgas (N_2). Dit zoals aangetoond tijdens de push-pull test;
- De tweede is via het proces van DNRA (dissimilatory nitrate reduction to ammonium) waarbij nitraat wordt omgezet door andere soorten bacteriën in ammonium (NH_4^+). Welk proces domineert, hangt onder andere af van de aanwezige microbiële populatie en de beschikbare hoeveelheden nitraat en organisch materiaal.

In de genomen monsters is tijdens de eerste zeven monsters van de pull-fase een niet detecteerbare concentratie ammonium in de monsters gevonden (zie ook bijlage 2) .

Daarom is het zeer aannemelijk dat het proces wat voor de nitraatafbraak heeft gezorgd niet DNRA maar denitrificatie was. Dit is belangrijk, omdat een verhoogde concentratie van ammonium in het grondwater veroorzaakt door DNRA – gestimuleerd door het opslaan van veldwater met organische materiaal – niet wenselijk is.

Naar verwachting zal dus ook regionaal aan genoemde 2 belangrijke randvoorwaarden voor denitrificatie, worden voldaan. Uitgaande van volledige denitrificatie is er gegronde reden om voor de infiltratie van nitraat af te wijken van de grenswaarde en voor infiltratie hogere concentraties toe te staan.

2.3.6 Kolomproeven TU Delft

Aan de TU Delft heeft Jasper Krijn isotherm-experimenten en kolomproeven uitgevoerd om te onderzoeken hoe verschillende filter set-ups effect hebben op het verwijderen van gewasbeschermingsmiddelen, fosfaat en NOM (natuurlijk organisch materiaal) uit water.

Isotherm-experimenten

Bij de isotherm-experimenten zijn de absorptiecapaciteiten van twee verschillende soorten actieve kool onderzocht voor een set van vijf gewasbeschermingsmiddelen: Atrazine, Bentazone, Chloridazon, Imidacloprid en Tebuconazole. Deze vijf gewasbeschermingsmiddelen volgden uit een clusteranalyse van 72 veelgebruikte stoffen in de sector (opgesteld door Delphy). Er is gekeken welke stoffen als gidsstoffen voor een grotere groep zouden kunnen fungeren. Op die manier vertegenwoordigen deze vijf gewasbeschermingsmiddelen in hun chemische gedrag een groot deel van 72 veelgebruikte stoffen. De twee soorten actieve kool die zijn onderzocht, waren GAC-E (Eversorb 520) en GAC-N (Norit PK1). Deze twee soorten actief kool hebben sterk verschillende productspecificaties en zijn daarom geselecteerd voor de kolomproeven.

In alle gevallen had Eversorb 520 een hogere adsorptiecapaciteit en -affiniteit en bleek dus de betere keuze te zijn voor het verwijderen van pesticiden. Binnen het project Zoete Toekomst Texel wordt Eversorb 520 ingezet voor de verwijdering van GBM die grotendeels verschillen van die gebruikt in Boskoop. Binnen Zoete Toekomst Texel zijn gedurende 3 infiltratieseizoenen nog geen GBM aangetroffen in het effluent van de zuivering. Binnen het project in Boskoop is vanwege productbeschikbaarheid gekozen voor een product van Chemviron uit België (Carsorb 38). Dit product is qua productspecificaties vergelijkbaar met Eversorb 520.

Op basis van alle verkregen resultaten kan verwacht worden dat Eversorb 520, en actief kool producten met vergelijkbare specificaties, een goed allround product zullen zijn voor de verwijdering van een breed scala aan GBM.

Kolomproeven

Met de kolomproeven is meer de operationele efficiëntie van een slow sand filter (SSF) met daarin een actieve koollaag (GAC) onderzocht op de verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen. Ook is gekeken hoe een toplaag van Iron Coated Sand (ICS) impact zou kunnen hebben op de verwijdering van fosfaat en NOM. De SSF-GAC filters waren over het algemeen succesvol in het verwijderen van de onderzochte pesticiden uit het influentwater, maar wel met verschillende doorbraaktijden voor de verschillende stoffen. Zo had bentazone een relatief snelle doorbraaktijd, vanwege de zwak zure aard van bentazone, waardoor de absorptie pH-afhankelijk is. De ICS toplaag verbeterde de verwijdering van fosfaat en NOM en verhoogde ook de verwijdering van het gewasbeschermingsmiddel imidacloprid, vermoedelijk door biologische afbraak in deze filterlaag. De lagere concentraties van NOM en Imidacloprid door de ICS toplaag resulteerde in een 8-10% verhoging van de totale pesticide adsorptie op de GAC laag vergeleken met de kolommen zonder ICS.

Het toevoegen van een ICS filter wordt binnen dit onderzoek sterk aangeraden. Zie voor het scriptie-abstract bijlage 5

3 Regionaal perspectief wateropslag

De regio Boskoop wordt gekenmerkt door een grote diversiteit aan tuinbouwbedrijven welke op dit moment voor hun watervoorziening afhankelijk zijn van een combinatie van de volgende waterstromen:

- Kasdakwater;
- Circulatiewater uit de containervelden en kassen;
- Osmosewater;
- Slootwater.

Ondergronds opgeslagen kasdakwater en gezuiverd veldwater kan mogelijk een belangrijke bijdrage leveren aan de watervraag voor de verschillende bedrijven. Dit, door de beschikbare bovengrondse- en ondergrondse ruimte efficiënt te gebruiken en de verschillende waterstromen slim te combineren.

Dit deelproject beoogt de regionale haalbaarheid van OWB van veld- en kasdakwater voor de regio Boskoop inzichtelijk te maken. Dit, eerst voor een tiental aan het project deelnemende kwekers, en daarna voor de gehele regio.

Het uiteindelijke doel is om het perspectief voor de tuinbouwsector voor ondergrondse wateropslag te schetsen. Het resultaat is een *Regionale Kansenkaart Ondergrondse Opslag Boskoop* welke een indicatie weergeeft van het volume in m³ dat ondergrondse waterberging kan bijdragen aan de watergift voor individuele bedrijven. De focus van deze kansenkaart ligt op de technische haalbaarheid van ondergrondse opslag van kasdakwater en veldwater.

3.1 Vooronderzoek deelnemende kwekers

Naast het onderzoek naar het regionale perspectief voor ondergrondse opslag, is ook voor alle 10 deelnemende kwekers een vooronderzoek uitgevoerd met betrekking tot de haalbaarheid van ondergrondse opslag ter plaatse van hun bedrijfslocatie. De gezamenlijke groep deelnemers vormt een goede steekproef voor de bedrijven in Boskoop gezien de grote variëteit in teelten en teeltsystemen, oppervlakten, watersystemen en waterbehoefte.

Direct na de start van het project op 8 maart 2023, zijn tussen 14 tot 24 maart 2023 op locatie interviews afgenomen met alle deelnemers. Tijdens de interviews zijn gegevens verzameld rond:

- Verwachtingen van het project;
- Situatieschets (teelt, teeltseizoen etc.);
- Oppervlaktes van de velden en kas;
- De watergift gedurende 2022 in m³ en indien voorhanden van andere jaren alsmede samenstelling van de verschillende deelstromen. Opgemerkt wordt dat meestentijds alleen de bruto watergift gemeten wordt. Dit betreft de watergift inclusief retourwater, meetgegevens in m³ van deelstromen ontbreken. Een voorbeeld: de hoeveelheid onttrokken slootwater wordt door geen enkele deelnemer bijgehouden. Alleen van de osmosewinsten wordt de hoeveelheid onttrokken water bijgehouden;

- Verwachte waterbehoefte en eventueel opgetreden schade door tekort aan water en/of waterkwaliteit;
- Teelten en daaraan verbonden waterkwaliteitseisen;
- Beschikbare ondergrondgegevens;
- Investeringsplannen.

Vervolgens is per bedrijf de haalbaarheid van ondergrondse waterberging verkend. Dit, aan de hand van :

- Gegevens uit de interviews;
- Ondergrondgegevens;
- Modelberekeningen.

Uiteindelijk heeft dit geresulteerd in een 9-tal rapporten welke in juni 2023 met de deelnemers zijn gedeeld. Daarna is op 12 juni 2023 een kwekersbijeenkomst georganiseerd waar alle resultaten zijn toegelicht en besproken met de deelnemers.

In het projectgroepoverleg van 14 juni 2023 zijn de resultaten gepresenteerd welke onderstaand worden samengevat:

Tabel 3. Bedrijfskarakteristieken

	ha	% kas	% veld	% volle grond	Bassin-inhoud m3/ha teeltoppervlak
Teeltoppervlak	1,55 – 8,8	6% – 40%	29% - 94%	26 - 31	
Bassins					539 - 1961

Tabel 4. Overzicht bruto watergift en waterstromen (in geel de maximale en minimale waarden van de watergiften van deelnemende bedrijven). In groen de ingezette deelstroom

Kweker	Watergift in m3 - 2022	Gift in m3/ha teeltoppervlak	Osmose	Sloot	Retour	Kasdak
1	160.000	21.333				
2	67.740	7.698				
3	-	-				
4	39.230	7.957				
5	6.400	4.129				
6	17.000	3.696				
7	37.500	7.979				
8	75.000	12.295				
9	51.700	10.551				
10	27.000	6.750				

Uit beide tabellen blijkt:

- De deelnemende bedrijven kennen in combinatie met de bassininfrastructuur (schoon/vuil) een grote variëteit in watersystemen;
- 5 van de 10 bedrijven gebruiken osmosewater;
- Maar 1 bedrijf maakt geen gebruik van kasdakwater;

- De infrastructuur voor de opvang van kasdakwater is in principe bij 9 van 10 bedrijven aanwezig (kans);
- Sloopwater is voor 8 van de 10 bedrijven een belangrijke bron van water.

Bij het beoordelen van de technische haalbaarheid van ondergrondse opslag, staat de volgende onderzoeksvraag centraal:

Hoeveel water kan er worden onttrokken met een EC tussen de 0,5 – 0,8 mS/cm?

Uit de interviews komt voor hergebruik van het opgeslagen water een gewenste EC-waarde niet hoger dan tussen de 0,5 en 0,8 mS/cm naar voren, dit in verband met het kunnen toevoegen van meststoffen.

Op basis van de gewenste EC-waarden voor het teruggewonnen water en de berekende indicatieve terugwinrendementen, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

1. Ondergrondse waterberging kan **bijdragen** aan watervraag;
2. 7 van de 10 bedrijven hebben een hoge potentie voor ondergrondse opslag, 3 bedrijven hebben een lagere potentie. Er is uitgegaan van:
 - a. Een gewenst terugwinrendement van meer dan 60%;
 - b. Een watergift die alleen is samengesteld uit opgeslagen water. Er nog niet gekeken is naar menging van opgeslagen water met andere waterstromen;
3. De technische haalbaarheid sterk afhankelijk is van:
 - a. Het volume opgevangen water (dus oppervlakte) en de bassin-inhoud;
 - b. Het zoutgehalte van de ondergrond (EC) en de snelheid van de lokale grondwaterstroming;
 - c. De gewenste EC-grenswaarde voor het te hergebruiken water;
 - d. De EC-waarde van het water dat als infiltratiebron wordt gebruikt. Uitgegaan is van een gemiddelde EC van 0,15 mS/cm voor het kasdakwater en 0,4 mS/cm voor het retourwater van de containervelden buiten het groeiseizoen. Deze waarden zijn gebaseerd op metingen in de regio Boskoop⁴

Geadviseerd wordt regionaal de EC-waarden van het water in het watervoerend pakket en lokale stroomsnelheden nog verder in kaart te brengen. Dit, om de resultaten van het vooronderzoek nader te verifiëren.

3.2 Regionale Kansenskaart

Het regionale perspectief voor ondergrondse opslag is inzichtelijk gemaakt aan de hand van een kansenskaart. De kansenskaart is aan de hand van drie stappen opgebouwd:

- Inventarisatie bedrijfskenmerken en potentiële infiltratievolume;
- Schematisering ondergrond en bepalen terugwinrendement;
- Vertaling bovenstaande naar kansenskaart.

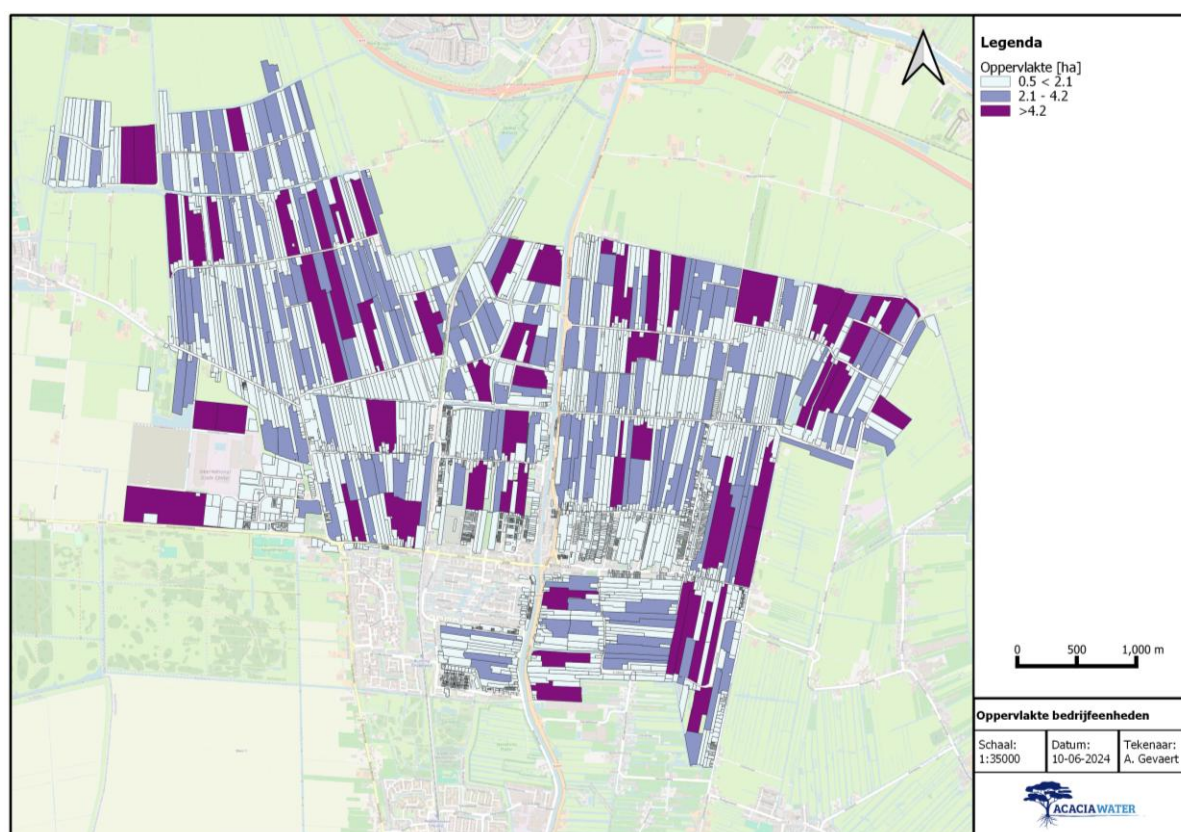
⁴ Van Doorn et al. (2015) Ondergrondse waterberging, Greenport regio Boskoop, KWR-Agrimaco-DLV plant

De aanpak en resultaten van deze stappen worden in dit hoofdstuk toegelicht.

Stap 1 – Inventarisatie bedrijfskenmerken en potentiële infiltratievolume

In de eerste stap is een inventarisatie uitgevoerd om globale kenmerken van bedrijven in de regio te verzamelen die bepalend zijn voor de haalbaarheid van ondergrondse waterberging. Dit, met name kijkend naar het potentiële infiltratievolume.

Op basis van kadasterdata is eerst voor ieder bedrijf in de regio bepaald welke percelen aan elkaar grenzen. Dit is belangrijk omdat opvang en opslag van water veel ingewikkelder en kostbaarder is als grote afstanden overbrugd moeten worden. Vervolgens is voor iedere groep aaneengesloten percelen, de totale oppervlakte bepaald. Deze worden in Figuur 26 weergegeven, waarbij nog geen onderscheid is gemaakt in landgebruik. Uit de figuur blijkt dat een groot deel van de locaties oppervlaktes hebben van kleiner dan 2,1 ha. Deze bedrijven kunnen op basis van 320 mm netto neerslag buiten het groeiseizoen zelfs bij een extreem hoog terugwinrendement van 75% niet meer dan 5.000 m³ uit ondergrondse opslag halen. Aangenomen wordt dat bij volumes kleiner dan 5.000 m³ de bijdrage aan de watervoorziening van bedrijven in de regio te klein is, vergeleken met de investeringskosten van ondergrondse opslag.



Figuur 26. Oppervlakte van bedrijven in regio Boskoop.

In de praktijk is er bovendien voor relatief kleine volumes van 5.000 m³ een groter opvangoppervlak nodig. Ten eerste omdat niet het gehele bedrijf uit containerveld of daken bestaan, en ten tweede omdat in deze ruwe benadering geen rekening is gehouden met het bassin. In de praktijk zal eerst het bassin gevuld worden voordat water onder de grond zal worden opgeslagen omdat het bassinwater (met uitzondering van enige verdamping) volledig beschikbaar is voor hergebruik. Dit is niet van toepassing op

het ondergronds opgeslagen water. Het volume water wat gebruikt wordt om het bassin te vullen zal dus niet ondergronds worden opgeslagen.

Oppervlaktes kasdak en containerveld

Voor iedere locatie van aaneengesloten percelen van eenzelfde bedrijf, is vervolgens het landgebruik bepaald dat kan bijdragen aan opvangen voor ondergrondse opslag. Dit betreft de oppervlakte aan:

- Kasdak, en
- Containervelden.

Het kasdakoppervlak is bepaald aan de hand van het AHN en de mate van groenheid. In Figuur 27 wordt een voorbeeld gegeven van locaties met een hoge ligging volgens het AHN in een deel van het projectgebied: daken en bomen kleuren groen vanwege de hogere ligging. Door deze data vervolgens te combineren met een indicator van groenheid (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) is het oppervlakte aan daken bepaald. De figuur laat echter ook zien dat de Basisregistratie Adressen en Gebouwen niet altijd met elkaar overeenkomen. Dit betekent dat deze analyse een goede eerste inschatting geeft van beschikbare oppervlaktes in het projectgebied, maar dat de resultaten op bedrijfsschaal af kunnen wijken van de werkelijkheid.



Figuur 27. Voorbeeld van hoge punten volgens het AHN, vergeleken met gebouwen volgens de Basisregistratie Adressen en Gebouwen.

De containerveldoppervlakte is eerst gebaseerd op semi-gesuperviseerde classificatie van satellietbeelden met een hoge ruimtelijke resolutie van 0.3 m. Deze satellietbeelden van Pleiades worden door de Nederlandse overheid beschikbaar gesteld. Uit deze analyse blijkt dat vooral het onderscheid tussen volle grond en containerveld lastig is, hoewel grasland goed herkend wordt. Vanwege de onzekerheid tussen volle grond en containerveld is besloten om Basisregistratie Gewaspercelen-informatie te gebruiken, en te combineren met lokale kennis van het gebied in samenwerking met de Stichting Belangenbehartiging Greenport Boskoop en Delphy.

Tijdens het overleg met SBGB en Delphy, zijn eerst de grootste 38 locaties individueel nagelopen. Dit komt grofweg overeen met de locaties groter dan 5 ha. Daarvan is

genoteerd of de bedrijven vooral containervelden, volle grond, of één beide hebben. Vervolgens is nagegaan of er grote locaties in de eerste stap gemist zijn. In enkele gevallen zijn percelen niet aan elkaar gekoppeld doordat bijvoorbeeld een smalle sloot of een weg tussen de percelen door loopt, waardoor de percelen in het kadaster niet aaneengesloten waren. Ook hebben aangrenzende percelen in enkele gevallen andere eigenaren volgens het kadaster, maar werken ze wel als één bedrijf. Voor deze locaties (4 stuks) is ook genoteerd in welk deel het een containerveld betreft. Als laatste zijn algemene patronen van het gebied besproken, waarbij bijvoorbeeld relatief veel containerveld voorkomt in het noordoostelijke deel van Boskoop.

Het oppervlakte aan containerveld is uiteindelijk gebaseerd op de volgende stapsgewijze aanpak:

1. Lokale kennis;
2. Basisregistratie Gewaspercelen (waar expliciet containerveld of volle grond genoemd wordt);
3. Remote sensing classificatie aan de hand van satellietbeelden.

Potentiële infiltratievolume

Aan de hand van de definitieve oppervlaktes aan kasdak en containerveld is vervolgens voor iedere locatie, of iedere groep aan elkaar grenzende percelen van een bedrijf, bepaald wat het potentiële infiltratievolume is. Op basis van neerslaggegevens van het KNMI voor de periode 1993–2022 bedraagt het neerslagoverschot buiten het groeiseizoen, in de maanden november tot en met maart, 390 mm. Uitgegaan is dat 80% van het neerslagoverschot op containervelden kan worden opgevangen, en 90% van het neerslagoverschot op daken. Daarmee komt het voor ondergrondse waterberging beschikbare netto-volume neerslag op ca 320mm. Bij het potentiële infiltratievolume is geen rekening gehouden met dat in de praktijk eerst het bassin gevuld zal worden. Dit, omdat er geen publieke regionale data over bassininhoud beschikbaar is. Daardoor is het aangenomen infiltratievolume groter, en dus gunstiger, dan in de praktijk het geval zal zijn.

Stap 2 – Schematisering ondergrond en modelberekeningen

In de tweede stap wordt het verwachte rendement van ondergrondse opslag bepaald aan de hand van een geohydrologisch model. Het begrip rendement is hierbij gedefinieerd als:

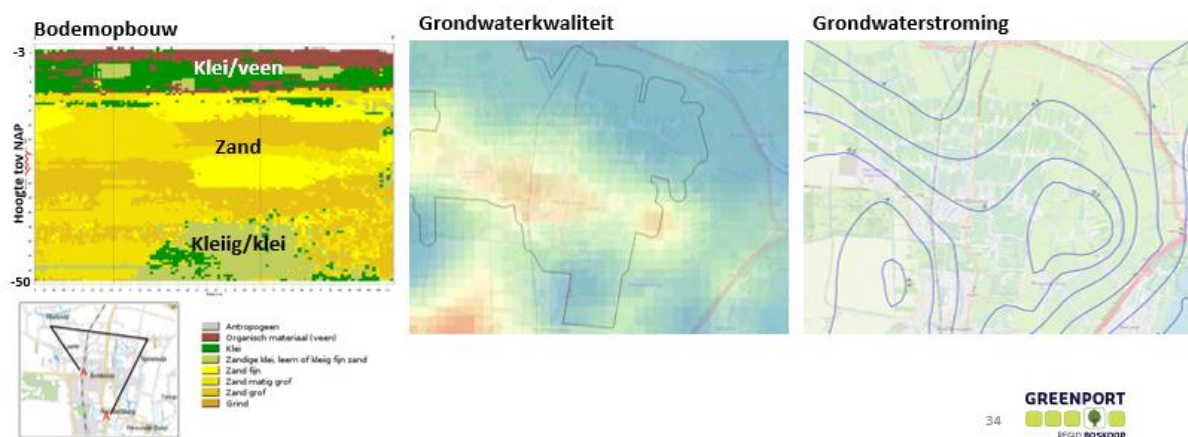
“Het onttrokken water uitgedrukt als percentage van het geïnfiltreerde volume wat geschikt is voor hergebruik uitgaande van een gewenste EC-waarde”.

Eerst zijn een aantal gebiedseigenschappen verzameld. Deze worden in Figuur 28 weergegeven. De bodemopbouw is gebaseerd op GeoTOP, waarbij de lithoklasse is op basis van GeoTOP kentallen vertaald is naar doorlatendheden. De grondwaterkwaliteit is gebaseerd op chloridegehaltes van het NHI, die vertaald zijn naar de EC-waarde. De data is vervolgens gecorrigeerd aan de hand van beschikbare EC-waarden bij enkele osmose installaties binnen het gebied. Daarmee zijn de regionale patronen van het NHI behouden gebleven, maar zijn de waarden verhoogd om overeen te komen met de metingen. De horizontale grondwaterstroming is het laatste belangrijke gebiedskenmerk en is gebaseerd op data van het LHM. De regionale stroming in het 1^e WVP is naar het zuiden gericht. Infiltratie vanuit het eerste watervoerende pakket naar het tweede

watervoerende pakket zal, gezien de hydraulische weerstand van de scheidende laag, (dikte ca 6m) beperkt zijn.

In de modellering om de terugwinrendementen van ondergrondse waterberging te bepalen, is het verhang opgelegd aan de randen van het model om de heersende grondwaterstroming te simuleren. Daarbij is van 2 scenario's uitgegaan: een verhang van 0.0003 m/m en 0.0008 m/m. De doorlatendheden zijn gebaseerd op de lithoklassen van GeoTOP, gecombineerd met gangbare doorlatendheden voor de verschillende lithoklassen. Volgens deze data komt regelmatig fijn en midden grof zand voor in het projectgebied op basis waarvan twee doorlatendheidsscenario's zijn doorerekend: een scenario uitgaande van een k-waarde van 15 m/d en een scenario uitgaande van 25 m/d.

Bestaande onttrekkingssystemen zijn in deze regionale verkenning niet meegenomen in de analyse omdat de locaties en debieten niet bekend zijn.

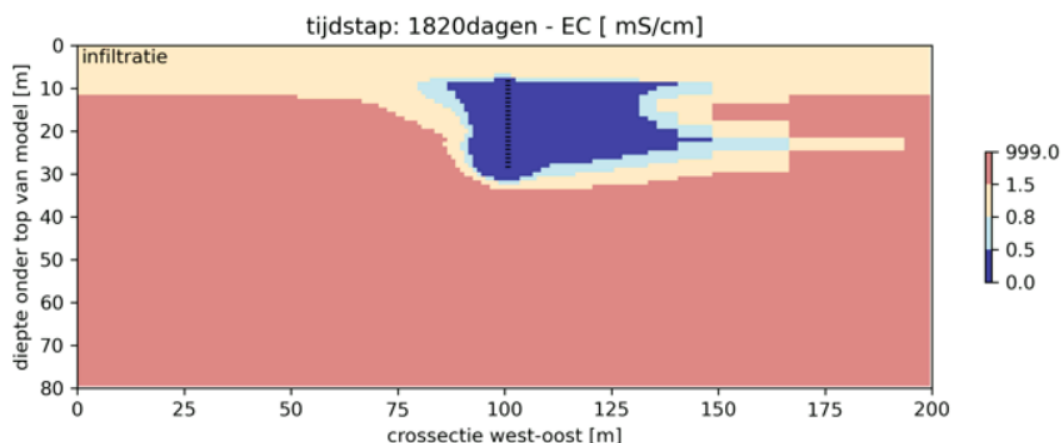


Figuur 28. Gebiedseigenschappen die belangrijk zijn voor ondergrondse opslag.

Vervolgens is een schatting van het rendement van ondergrondse opslag gemaakt voor een aantal 'typische' situaties of klassen in de regio Boskoop. Dit aan de hand van:

- Verdeling van doorlatendheid, grondwaterkwaliteit, en grondwaterstroming in twee tot drie klassen;
- Uitgegaan is van een EC-waarde van het watervoerend pakket tussen de 0,7mS/cm tot maximaal 1,4 mS/cm;
- Verdeling van infiltratievolume in drie klassen en aanname over infiltratiekwaliteit op basis van verdeling tussen de volumes van kasdak- en containerveldwater;
- Voor ieder resulterende combinatie van klassen van fysische eigenschappen en klassen van infiltratiekenmerken ('typische' situatie) een modelberekening;
- Een schatting van het opslagrendement aan de hand van de resultaten van de modelberekeningen en een maximale toelaatbare EC-waarde van 0,5 mS/cm. Dit als meest ideale door de deelnemers gewenste waterkwaliteit.

In Figuur 29 wordt een voorbeeld gepresenteerd van de uitkomsten van een modelberekening. Zichtbaar is de blauwe zoetwaterbel (EC-waarde tussen de 0 en 0,5 mS/cm) die opgebouwd is na een periode van 5 jaar infiltratie en hergebruik. Grondwater met een EC-waarde boven de 1,5 mS/cm is oranje gekleurd.



Figuur 29. Voorbeeld modelberekening, waarbij de zoetwaterbel in blauw wordt weergegeven, en de zwarte lijn de put voorstelt.

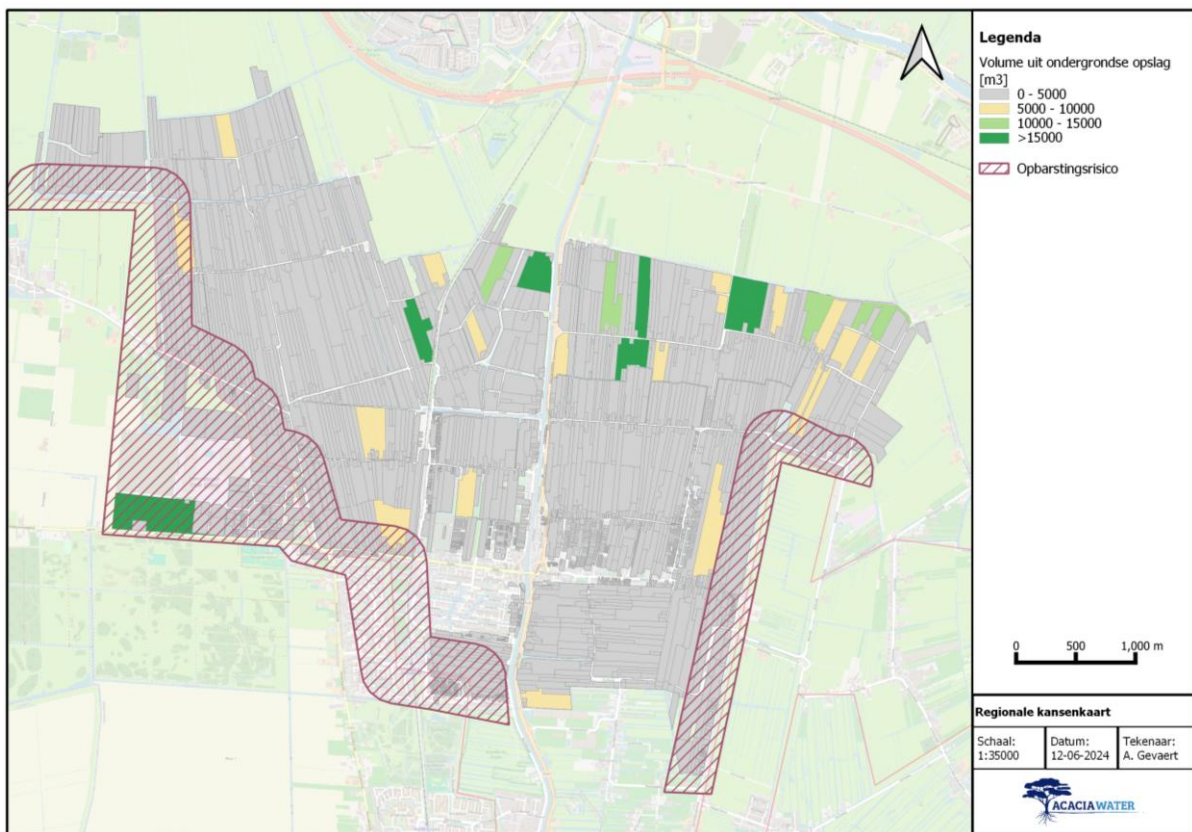
Stap 3 – Opstellen Regionale Kanskaart Ondergrondse Opslag

In deze stap zijn de resultaten van stap 1 en 2 doorvertaald naar een regionale kanskaart. Ieder bedrijf is aan de hand van het potentiële infiltratievolume en schematisering van de ondergrond gekoppeld aan de meest representatieve 'typische' situatie uit stap 2. Aan de hand van het bijbehorende berekende rendement en het potentiële infiltratievolume is een indicatie gegeven van het volume dat ondergrondse opslag kan bijdragen aan de watergift voor dat bedrijf.

De resultaten worden in Figuur 30 weergegeven. Daaruit blijkt dat ondergrondse opslag voor een beperkt aantal bedrijven een volume groter dan 5.000 m³ kan opleveren. Ongeveer 15 bedrijven kunnen een volume tussen 5.000 en 10.000m³ uit de ondergrondse opslag terugwinnen, en 6 bedrijven meer dan 15.000m³. Bedrijven kunnen samenwerken om het totale infiltratievolume te vergroten en daarmee het terugwinrendement te verhogen. Dat betekent echter ook dat het water gedeeld moet worden.

Een paar van de bedrijven waarbij het berekende herbruikbare volume groter is dan 5.000 m³, vallen binnen een zone waar er risico is op opbarsting van de deklaag. Bij interesse van deze bedrijven moet onderzocht worden hoe groot dit risico is en of ondergrondse opslag door bijvoorbeeld gebruik van meerdere putten of een horizontale boring mogelijk is.

De kanskaart geeft op regionale schaal inzicht in het voor hergebruik geschikte volume ondergrondse opgeslagen water. Dit volume kan worden afgezet tegen de actuele watergift van een bedrijf. Daarbij is inzicht in de netto watergift vooral van belang om inzicht te krijgen in hoeverre ondergrondse opslag kan bijdragen aan waterstromen, structureel of als calamiteitenberging. Bij calamiteitenberging kan het beschikbare volume hoger uitvallen dan bij jaarlijks gebruik, en ook hoger dan wordt gepresenteerd in Figuur 30.



Figuur 30. Regionale kansencarta voor ondergrondse opslag, met ook de zone met mogelijk opbarstingsrisico aangegeven.

In de bovenstaande figuur 30 staat bij benadering de zone aangegeven waarin sprake is van een verhoogd risico op opbarsting (of welvorming in) van de deklaag. Dit speelt met name ter plaatse van de overgang naar de dieper gelegen polders aan de west- en oostzijde van Boskoop. Onder normale omstandigheden is in de diep gelegen polders al sprake van een sterke kwelsituatie. Door de OWB, waarbij infiltratie onder druk van water in de diepere watervoerende laag plaatsvindt, neemt de kweldruk toe in deze polders verder toe. Dit effect treedt ook op in de overgangszone ter plaatse van de locaties van ondergrondse waterbergingen, zelf. In deze zones zal daar dus extra aandacht aan moeten worden besteed bij het ontwerpen van een systeem voor OWB.

3.3 Conclusies regionale perspectief OWB

Ondergrondse waterberging kan op bedrijfsniveau een veelbelovende bijdrage leveren aan de beschikbaarheid van voldoende gietwater. Voor een belangrijk deel van de Boskoopse regio zullen aan elkaar grenzende bedrijven moeten samenwerken om gezamenlijk een systeem te realiseren waarmee voldoende schaalgrootte voor OWB bereikt kan worden. Deze opschaling kan bereikt worden door de oprichting van zoetwatercoöperaties en/of waterbanken waarin meerdere bedrijven samenwerken.

De qua oppervlak grotere bedrijven (ca 23) kunnen zelfstandig aan de slag met OWB waarmee minimaal 5.000 m³/jaar als gietwater beschikbaar komt: voor ca 10 bedrijven komt tussen de 5.000 – 10.000 m³/jaar beschikbaar en voor 6 bedrijven binnen die groep zelfs meer dan 15.000m³. Met deze volumes kan de waterinfrastructuur geoptimaliseerd worden zodanig dat OWB enerzijds bijdraagt aan het afbouwen van osmosewinningen

en anderzijds bedrijven minder kwetsbaar maakt voor verzilting van het oppervlaktewater.

Naast een bijdrage (of deelstroom) aan de watergift, kan OWB ook ingezet worden als calamiteitenberging en daarmee bijdragen aan reductie van bedrijfsrisico's voortvloeiende uit een gebrek aan voldoende goed gietwater.

3.4 Optimalisatie waterinfrastructuur

Zoals aangegeven is tijdens de interviews met de deelnemende kwekers bij de start van het project, in beeld gebracht uit welke waterstromen de watergift is samengesteld (zie tabel 4).

Tabel 4. Overzicht bruto watergift en waterstromen (in geel de maximale en minimale waarden van de watergiften van deelnemende bedrijven). In groen de gebruikte deelstroom

Kweker	Watersgift in m3 - 2022	Gift in m3/ha teeltoppervlak	Osmose	Sloot	Retour	Kasdak
1	160.000	21.333				
2	67.740	7.698				
3	-	-				
4	39.230	7.957				
5	6.400	4.129				
6	17.000	3.696				
7	37.500	7.979				
8	75.000	12.295				
9	51.700	10.551				
10	27.000	6.750				

In wisselende samenstellingen wordt gebruikt gemaakt van:

1. Oppervlaktewater (8 van de 10 bedrijven);
2. Retourwater (alle bedrijven);
3. Osmosewater (5 van de 10 bedrijven);
4. Kasdak-/bedrijfsdakwater (9 van de 10 bedrijven).

Bovengenoemde waterstromen worden opgeslagen in een schoon- en/of retourwaterbassin. In de toekomst kan daar water uit de OWB bijkomen als één van de deelstromen. In dat geval kan een kweker voor de watergift in theorie dus beschikken over een mix van 5 waterstromen. Dit, in verschillende volumes en kwaliteiten gecombineerd met meerdere typen bassins.

Bij de optimalisatie van de waterinfrastructuur, vanuit het perspectief OWB als onderdeel van meer circulaire watervoorziening, moet worden gekeken naar de ondergrondse opslagperiode tussen oktober tot maart en het hergebruik tijdens het teeltseizoen tussen april en september. De doelstellingen daarbij zijn:

1. Een zo lang mogelijke opslagperiode zodat het neerslagoverschot zoveel mogelijk benut kan worden voor OWB;

2. Een zodanige flexibele inrichting van het systeem dat een kweker kan bepalen welke deelstromen, afhankelijk van de waterkwaliteit, samenkomen in één of meerdere bassins. Dit om ervoor te zorgen dat er ook in de toekomst altijd voldoende gietwater van een geschikte kwaliteit beschikbaar zal zijn.

Ad1. Opslagperiode OWB

De uitspoeling van nutriënten uit het veld kan ook na afloop van het teeltseizoen hoog zijn, heeft het onderzoek bij Van Lint aangetoond. Najaarspotting van een groenblijvende conifeer zoals er bij Van Lint sprake van was, is echter niet representatief voor de regio. Bij een gemiddeld boomkwekerijgewas zal de bemesting in het najaar eerder afnemen en ook stoppen. Dit zal de kwaliteit van het veldwater in sterke mate positief beïnvloeden.

Bij een heel hoge uitspoeling van nitraat is het zuiveringsrendement van de zuiveringsinstallatie niet voldoende om de grenswaarden voor infiltratie te behalen. Dit betekent dat ten aanzien van het maximaliseren van de opslagperiode het belangrijk is om:

- Hier bij het teeltplan en bedrijfsvoering rekening mee te houden (voor zover de businessvraag dat toelaat);
- De kwaliteit van het wateraanbod voor de zuivering actief te sturen;
- In overleg met HH Rijnland binnen de vergunning af te stemmen dat, in verband met denitrificatie in de ondergrond, geoorloofd afgeweken kan worden van de grenswaarde voor nitraat.

Bij te hoge uitspoeling van nutriënten in het veldwater kan, zoals incidenteel vastgesteld bij Van Lint, de maximale opslagperiode van circa 6 maanden met enkele maanden verkort worden. Dit betekent dat worst case het potentiële opslagvolume voor OWB bij benadering kan halveren. Het gebruik van de velden vanaf oktober is dus een belangrijk gegeven vanuit het maximaliseren van de opslag van water. Dit, naast de eerder aangegeven vergunningstechnische ruimte voor de infiltratie van nitraat.

Als een kweker beschikt over een schoonwaterbassin wat gevuld kan worden met:

- Kasdak-/bedrijfsdakwater;
- Overloopwater uit het retourwaterbassin;
- Drainagewater in geval van vollegrondsteelt;
- Een selectie van het veldwater;
- Eventueel aangevuld met oppervlaktewater,

kan de kwaliteit van het te zuiveren water zodanig positief worden beïnvloed, dat de zuivering in staat zal zijn de grenswaarden voor infiltratie te behalen.

De zuivering bij Van Lint is niet getest op het zuiveren van drainagewater en tevens heeft er nog geen opvang van bedrijfsdakwater in het schoonwaterbassin plaatsgevonden. Tijdens de eerste monitoringsperiode werd het voormalige vuilwaterbassin op peil gehouden met oppervlaktewater en werd er dus al gemengd water gezuiverd in het SSF. Het tijdens het opslagseizoen aanvullen van het schoonwaterbassin met oppervlaktewater, heeft voor- en nadelen:

- Kans op verstopping van het SSF neemt toe (vooralsnog niet geconstateerd bij Van Lint tijdens de eerste monitoringsperiode begin 2024);
- In de natte periode zal echter de kwaliteit (GBM, nutriënten) vermoedelijk acceptabel zijn, het aanbod groot en het vermindert de belasting op het

oppervlaktewatersysteem. Het verdient aanbeveling dit bij een eventueel vervolgonderzoek nader in kaart te brengen.

Een overzicht van de waterstromen bij Van Lint (voormalige, huidige en toekomstige situatie) is weergegeven in een drietal flowschema's in Bijlage 6:

- In het verleden voor de aanleg van de nieuwe bassins werd het veldwater verzameld in een tweetal veldputten en vanuit de 2 veldputten naar het retour- (of vuil-)waterbassin gepompt. Dit vuilwaterbassin had een overloop naar het oppervlaktewater als het volledig gevuld was;
- Ten tijde van de pilot is het retourwaterbassin vervangen door een schoonwaterbassin en een retourwaterbassin waarmee meer flexibiliteit in de sturing van de gietwaterkwaliteit kan worden bereikt. Het water uit het schoonwaterbassin is in de pilotzuivering gezuiverd en daarna opgeslagen in het retourwaterbassin;
- In de toekomst zal na aanleg van een infiltratieput voor OWB datzelfde gezuiverde water ondergronds worden opgeslagen en bij hergebruik in het schoonwaterbassin worden opgeslagen. Dit samen met het kasdakwater en de overloop vanuit het retourwaterbassin.

Zowel in het verleden, als het heden en in de toekomst werd/wordt bij Van Lint vanuit de bassins water onttrokken, bijgemengd met oppervlaktewater en voorzien van nutriënten ten behoeve van beregening.

Ad2. Watergift tijdens het teeltseizoen

Indien sprake is van OWB dan kunnen in theorie de volgende waterstromen ingezet worden voor het samenstellen van de watergift (zie tabel 5):

Tabel 5 Indicatief overzicht karakteristieken waterstromen

Type water	EC in mS/cm	Gehalte nutriënten	Flexibiliteit volume	Opmerking
OWB	0,5-0,8	Zeër laag	hoog	Restrictie vergunning
Osmose	< 0,06	0	hoog	Restrictie vergunning
Sloot-zomer*	0,8 – 1,2 (?)	midden	hoog	Beschikbaarheid in de toekomst?
Sloot-winter*	0,4 – 0,8 (?)	laag	hoog	
Retour/veld	> 1,0	hoog	laag	
Kasdak	0,05 – 0,15	Zeër laag	laag	Of bedrijfsdak

* NB: hierbij is niet gekeken naar andere verontreinigende stoffen die in het water kunnen voorkomen en de zuiveringsefficiëntie.

De analyse zoals beschreven in dit hoofdstuk, specifiek toegepast op de locatie bij Van Lint, laat het volgende zien:

- De watergift (informatie van Van Lint) bedroeg in:
 - 2022: 67.740 m³
 - 2023: 72.000 m³
 - 2024: 62.500 m³
- Het potentiële terugwinvolume/jaar uit de OWB bedraagt circa 25.000 m³
- Van Lint gebruikt tot op heden alleen slootwater als bron, daar komt in de toekomst bedrijfsdakwater bij.

Op basis van deze getallen kan geconcludeerd worden dat voor Van Lint water uit de OWB een belangrijke bijdrage kan leveren aan een eventueel afnemende zoetwaterbeschikbaarheid vanuit het oppervlaktewatersysteem. De netto inname van het volume oppervlaktewater is niet bekend, bovenstaande watergiftvolumes zijn inclusief het retourwater. De OWB bij Van Lint kan dus minimaal ca 40% van hun watergift dekken.

Tevens is gekeken naar de 4 deelnemende bedrijven met een osmoseput (noot: Van Lint gebruikt geen osmosewater) en waarvoor de watergift in m³ over 2022 bekend is. Dit levert voor 2022 het volgende beeld:

Tabel 6 Overzicht waterstromen deelnemende bedrijven met osmosewinning (excl. Van Lint)

Kweker	Osmose winning in m ³ 2022	Watergift in m ³ 2022	Toegestane 20% dekking watergift met osmosewater in m ³	Vermindering osmose-onttrekking in m ³	Beschikbaar water uit de OWB in m ³ *
1	12.600	39.230	7.850	- 4.600	+ 6.300
2	15.500	37.500	7.500	- 8.000	+ 9.100
3	30.000	75.000	15.000	- 15.000	+ 7.500
4	2.300	51.700	10.340	nvt	+ 18.700

*vooronderzoek kwekers uitgaande van max 0,5 mS/cm als gewenste kwaliteit

Bij 2 van de 4 deelnemers kan de OWB een toekomstige daling in beschikbaar osmosewater volledig opvangen en bij 1 deelnemer ongeveer de helft. Dit onderschrijft de stelling dat een waterinfrastructuur bestaande uit meerdere deelstromen waarbij OWB een deelstroom is, bij zal dragen aan meer duurzame zoetwaterbeschikbaarheid.

Samenvattend:

Verzilting van het oppervlaktewatersysteem, verhoogt de druk op de zoetwatervoorziening voor de sierteelt in Boskoop. Het is niet meer vanzelfsprekend dat ook in de toekomst er altijd voldoende gietwater met een goede kwaliteit (met name kijkend naar de EC-waarde) zal zijn. Daarnaast is het vigerende beleid vanuit de Provincie Zuid-Holland erop gericht het gebruik van osmosewater terug te dringen.

Nog meer dan nu al het geval is, zullen kwekers in de toekomst hun gietwater moeten gaan samenstellen uit meerdere waterstromen met elk hun eigen kwantiteits- en kwaliteitsaspecten. Grootschalige regionale toepassing van OWB-systemen met meerdere deelnemers, kan zo'n belangrijke deelstroom zijn.

Daarmee kan OWB:

- Het terugdringen van het gebruik van osmosewater (deels) compenseren;
- In geval van onvoldoende beschikbaarheid van voldoende zoet oppervlaktewater, een belangrijke bijdrage leveren aan de benodigde hoeveelheid gietwater. Dit door een meer flexibele waterinfrastructuur.

Geadviseerd wordt bij eventueel aanleg van OWB en/of eventuele herinrichting van de waterinfrastructuur, rekening mee te houden:

- Een schoon- en retourwaterbassin;
- Scheiding van veldwateraanbod tijdens de opslagperiode;
- Keuzemogelijkheden welk type water met welke kwaliteit in welk bassin opgeslagen wordt (retourwater van de velden, oppervlaktewater, water uit de ondergrondse waterberging en kasdak-/bedrijfsdakwater).

4 Deelonderzoek Vergunning

Diverse overleggronden tussen HH Rijnland, provincie Zuid-Holland, Delphy, de Omgevingsdienst Midden Holland en Acacia Water, hebben geresulteerd in een rapport uitgebracht door HH Rijnland: “Toetsing grondwaterkwaliteit bij infiltratie”⁵. In dit rapport omschrijft HH Rijnland het toetsingskader voor het toepassen van ondergrondse waterberging waterberging

Een aantal projectgroepleden hebben in hun rol als projectgroeplid individueel commentaar geleverd op het concept-memo voorafgaande aan het opstellen van het finale rapport. De provincie Zuid-Holland heeft ambtelijk gereageerd.

In februari 2025 heeft voor dit deelonderzoek een laatste overleg met ODMH, provincie ZH, HH Rijnland, Delphy en Acacia Water plaatsgevonden waarin o.a. het binnengekomen commentaar is besproken.

Daarnaast is tijdens dit overleg de mogelijkheid besproken om gebruik te maken van gidsstoffen in de vergunningverlening. In aanloop hiervan heeft Acacia Water een memo geschreven (zie Bijlage 3) waarin de werking van gidsstoffen wordt toegelicht. Een knelpunt in de vergunnings- en monitoringseisen kan namelijk zijn het diverse en veranderlijke pakket aan gewasbeschermingsmiddelen welke door telers worden toepast.

De stoffen welke toegepast worden kunnen met grote waarschijnlijk niet allemaal door een commercieel laboratorium tegen de gewenste detectielimieten uit bijlage XIX-Bkl, gemeten worden. In plaats van de teler te vragen om álle stoffen te laten analyseren (wat dus niet mogelijk lijkt te zijn), verdient het voor de monitoring in de gebruiksfase aanbeveling te focussen op een aantal gidsstoffen waarvoor verwacht wordt dat het filter als eerste doorslaat. Dit gaat dan om stoffen met een trage afbreeksnelheid en een lage adsorptiecapaciteit. Uiteraard moet de betreffende kweker deze stoffen dan wel in de praktijk toepassen.

Deze aanpak heeft geresulteerd in het ‘Toetsingskader grondwaterkwaliteit bij infiltratie’ dat HH Rijnland in mei 2025 heeft opgesteld, waarmee zij handvatten willen bieden aan zowel initiatiefnemers als vergunningverleners bij het aanvragen en beoordelen van vergunningen. Hierin zet HH Rijnland de eisen voor waterkwaliteit en monitoring uiteen. Het volledige document is te vinden in Bijlage 4.

Hieronder volgt een beknopte samenvatting:

- Het waterschap (in dit geval HH Rijnland) is bevoegd gezag voor de vergunningverlening voor infiltratie van water in de bodem, mits deze niet onder rijk of provincie valt. De infiltratie van water is vergunningsplichtig op grond van de Omgevingswet en de Waterschapsverordening;

⁵ Toetsing grondwaterkwaliteit bij infiltratie – Pilot circulaire schoonwatervoorziening Boskoop, Hoogheemraadschap van Rijnland, corsanr. 25048066, dossiernr. DIC-15977/05, d.d. 26/5/2025

- De Kaderrichtlijn Water (KRW) en Grondwaterrichtlijn (GWR) verplichten tot het voorkomen van verontreiniging door gevaarlijke stoffen en tot beperking van overige verontreinigende stoffen op basis van best beschikbare technieken;
- Het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) en de Waterschapsverordening stellen eisen aan zowel de vergunningsaanvraag als de monitoring tijdens de gebruiksfase. In Bijlage XIX van het Bkl is een lijst met toetsingswaarden opgenomen. Tijdens de gebruiksfase moet regelmatig worden gemeten of het infiltratiewater blijft voldoen aan de gestelde kwaliteitseisen. De Waterschapsverordening verplicht hiertoe en bepaalt welke stoffen gemonitord moeten worden en met welke frequentie;
- Daarnaast moet ook worden gekeken naar locatie-specifieke stoffen, zoals gewasbeschermingsmiddelen. Voor stoffen zonder toetsingswaarden (zoals PFAS) geldt een streng voorzorgsbeginsel. HH Rijnland hanteert daarom terughoudendheid bij vergunningverlening voor dergelijke stoffen, tenzij kan worden aangetoond dat er geen risico is op verslechtering;
- Met betrekking tot gewasbeschermingsmiddelen maakt het toetsingskader ook melding van het mogelijke gebruik van gidsstoffen voor de monitoring tijdens de gebruiksfase om de effectiviteit van het filter te monitoren. Door gidsstoffen te volgen, kan men de effectiviteit van zuiveringsinstallaties gericht beoordelen, zonder telkens een volledige analyse van alle mogelijke stoffen uit te voeren. Dit maakt monitoring doelmatiger en efficiënter, mits goed onderbouwd;
- Met betrekking tot nitraat wordt ook de opmerking gemaakt dat de norm gedurende 70 dagen per jaar verruimd mag worden naar 2x zo hoge limiet. Daarnaast zou een uitzonderingsregel voor een hogere nitraatconcentraties kunnen gelden indien het aantoonbaar wordt afgebroken in de ondergrond. Volledige afbraak (denitrificatie) is op de pilotlocatie daadwerkelijk aangetoond (zie Bijlage 2). Hiervoor moeten de redoxcondities in het eerste watervoerend pakket wel gunstig zijn voor afbraak, wat niet per se overal binnen het beheergebied van HH Rijnland gegarandeerd is;
- De geldigheidstermijn van een vergunning wordt per geval bepaald en vastgelegd in de vergunning zelf;
- Voor infiltratie zal de vergunning in praktijk niet voor onbepaalde tijd geldig zijn. Er wordt ten tijde van het uitbrengen van dit rapport gewerkt aan het invullen van een duidelijke en transparante maximale duur van de vergunning. Daarover is nog geen uitsluitsel;
- Beleidswijzigingen: de vergunning kan tussentijds worden aangepast bij gewijzigde omstandigheden of beleidswijzigingen. Dat betekent dat tijdens de vergunningsperiode mogelijk een aanpassing aan de installatie nodig is, als bijvoorbeeld de normering voor kwaliteit van infiltratiewater wijzigt. De vergunninghouder moet dan eventueel benodigde aanpassingen doorvoeren. De termijn waarbinnen dat moet gebeuren hangt af van de gedefinieerde overgangstermijn van de partij die een beleidswijziging doorvoert (Europa, Rijk, provincie of waterschap).

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Dit eindrapport beschrijft de resultaten van het project Circulaire Schoonwatervoorziening Boskoop. Dit project, gefinancierd door een 9-tal partijen waaronder de deelnemende kwekers, is gestart in maart 2023 en is medio 2025 afgerond. De Stichting Greenport Regio Boskoop (SGRB) treedt op als penvoerder.

Verzilting van het oppervlaktwatersysteem als gevolg van klimaatverandering verhoogt de druk op de zoetwatervoorziening voor de sierteelt in Boskoop. Het is niet meer vanzelfsprekend dat ook in de nabije toekomst er altijd voldoende gietwater van goede kwaliteit zal zijn. Daarnaast is het vigerende beleid vanuit de Provincie Zuid-Holland erop gericht het gebruik van osmosewater terug te dringen. Oppervlaktewater, en voor een belangrijk aantal bedrijven osmosewater, zijn op dit moment de belangrijkste waterstromen waaruit het gietwater wordt samengesteld.

Overall kan worden geconcludeerd dat met deze pilot is aangetoond dat OWB veel potentie heeft: gewasbeschermingsmiddelen worden effectief verwijderd, nitraat wordt in de zuivering grotendeels afgebroken en de ondergrond biedt goede mogelijkheden voor verantwoorde infiltratie van gezuiverd water. De voorzuivering is effectief gebleken met het oog op het beschermen van de grondwaterkwaliteit.

Dit resultaat laat zien dat ondergrondse waterberging een belangrijke zoetwatermaatregel kan zijn, die bijdraagt aan duurzaam en toekomstgericht waterbeheer in de regio.

Onderstaand worden de conclusies voor de drie deelprojecten weergegeven.

Deelonderzoek Praktijkttoetsing voorzuivering Van Lint

Op de pilotlocatie bij Van Lint heeft praktijkonderzoek plaatsgevonden naar de zuivering van veldwater. Dit, ten behoeve van ondergrondse waterberging van dit veldwater. Het geteste zuiveringsconcept bestaande uit een papierbandfilter als voorfiltratie, en een slow sand filter met een laag actief kool, werkt uitstekend voor de verwijdering van de in het veldwater aangetroffen GBM tot (ruim) beneden de geldende grenswaarden. Daarmee is het veldwater kijkende naar GBM, geschikt voor opslag in de ondergrond en is de pilot dus uiterst succesvol gebleken.

Naast verwijdering van GBM is lopende het onderzoek ook onderzoek uitgevoerd naar verwijdering van nutriënten en PFAS. In de zuivering wordt ca 40 – 60% van het nitraat (NO_3) door microbiologische activiteit afgebroken. Wanneer echter de NO_3^- concentraties in het veldwater oplopen tot 500 mg/l bedragen, is het filter niet meer in staat om ten opzichte van de grenswaarden voldoende afbraak te bereiken. Op basis van de op dit moment beschikbare onderzoeksresultaten, is de bovengrens voor nitraat in het veldwater voor afbraak passend bij de grenswaarde, nog niet aan te geven.

In samenwerking met TUDelft is onderzocht of er gegeven de specifieke context binnen de sierteelt in Boskoop, bovengrondse zuivering op nitraat een haalbare oplossing is. Dit is om meerdere redenen niet het geval.

Om een beeld te krijgen van de risico's voor de waterkwaliteit van het watervoerend pakket indien infiltratie plaatsvindt van nitraat boven de grenswaarde zoals aangegeven in bijlage XIX-Bkl, is bij Van Lint met behulp van een push pull test onderzocht of er sprake is van afbraak (denitrificatie) in het watervoerend pakket. Gebleken is dat de concentratie nitraat onder natuurlijke omstandigheden steeds in 6 dagen halveert (de zgn. halfwaardetijd). Dat betekent dat er in het watervoerend pakket een natuurlijke barrière bestaat tegen eventuele ongewenste verspreiding van nitraat in geïnfiltreerd water in concentraties boven de grenswaarde.

Fosfaat wordt door de zuivering niet of nauwelijks afgebroken omdat de biologische processen weinig affiniteit hebben met fosfaat. Fosfaat vraagt om chemische of fysische binding welke in een slow sand filter niet/nauwelijks voorhanden is. Binnen het TUDelft-onderzoek is de adsorptie van fosfaat aan ijzerzand in een labonderzoek in beeld gebracht. Vervolgens heeft een praktijktoets plaatsgevonden welke nog geen bevredigende resultaten voor fosfaatverwijdering heeft opgeleverd. Op basis van labonderzoek is gebleken dat het geleverde ijzerzand niet voldeed aan de eerder door de leverancier gedeelde specificaties. De verwachting is dat ijzerzand met de juiste eigenschappen wel effectief is in het verwijderen van fosfaat.

Als onderbouwing voor de inzet van een slow sand filter met actief kool voor de verwijdering van GBM, zijn in samenwerking met TUDelft kolomproeven uitgevoerd met een filteropbouw vergelijkbaar met de pilotinstallatie bij Van Lint. Ook uit de kolomproeven bleek dat een vergelijkbaar type actief kool, goed presteert met betrekking tot de verwijdering van GBM.

In samenwerking met HH Rijnland is de verwijdering van PFAS eenmalig onderzocht. De somconcentratie aan PFAS bedroeg in het influent van de zuivering 38 ng/l en in het effluent 17 ng/l. Daarmee verwijdert het actief kool in het SSF dus ca 55% van het aanwezige PFAS.

Overall kan worden geconcludeerd dat de zuivering uitstekend werkt en veel perspectief biedt voor het zuiveren van veldwater. Opgemerkt wordt dat op basis van de op dit moment beschikbare labresultaten nog geen goed onderbouwde uitspraken gedaan kunnen worden over de levensduur van het SSF met actief kool.

Deelonderzoek Regionaal perspectief ondergrondse waterberging

Binnen dit deelonderzoek is gekeken naar het perspectief voor ondergrondse waterberging in re regio Boskoop. Het deelonderzoek heeft de volgende conclusies opgeleverd.

Voor individuele bedrijven kleiner dan 2 ha. aaneengesloten oppervlak voor de opvang van neerslag, is samenwerking rond PWB de sleutel naar meer circulaire schoonwatervoorziening. Individuele systemen zijn bij een dergelijk klein bedrijfsoppervlak naar verwachting niet rendabel.

Voor 23 bedrijven kan ondergrondse opslag bijdragen aan de watergift met meer dan 5.000 m³, waarvan voor vier bedrijven sprake is van meer dan 15.000 m³. Samenwerken kan het rendement en dus het beschikbare volume verhogen. Schaalvergroting, bijvoorbeeld door inzet van een gezamenlijk systeem heeft een positief effect op het rendement.

Ondergrondse waterberging kan de watergift niet volledig dekken door beperkingen in het volume water dat opgevangen kan worden op het bedrijfsoppervlak en maakt dus deel uit van meerdere waterstromen waaruit de watergift kan worden samengesteld. Indien er een ondergrondse voorraad is opgebouwd kan deze worden ingezet als calamiteitenberging en bijdragen aan het reduceren van bedrijfsrisico's bij ernstige droogte.

Deelonderzoek Vergunningen

HH Rijnland heeft een rapport uitgebracht waarin het toetsingskader voor waterkwaliteitsaspecten bij ondergrondse waterberging is vastgelegd. Daarmee is helder waarop getoetst gaat worden bij de vergunningsaanvraag en tijdens de ingebruiksfase (stoffen en frequentie). Uitgangspunt is dat het infiltratiewater geen verslechtering van de kwaliteit van het grondwater mag veroorzaken. Voor genormeerde stoffen is binnen Bkl bijlage XIX een lijst met stoffen en grenswaarden opgenomen welke dient als uitgangspunt voor de toetsing. Voor niet-genormeerde stoffen als PFAS heeft het HH Rijnland een voorstel voor een tijdelijk handelingskader opgesteld. Dit voorstel ligt tijdens het uitbrengen van deze rapportage ter besluitvorming voor op bestuurlijk niveau.

5.2 Aanbevelingen

Na afronding van het project met deze eindrapportage en financiële verslaglegging, zijn er nog een aantal onderwerpen welke nadere aandacht behoeven ten behoeve van de opschaling van OWB in de regio::

1. De pilotzuivering;
2. Een vergunning voor OWB;
3. De economische haalbaarheid;
4. Kennisuitwisseling met onderzoeksinstituten.

Aanbevolen wordt om in overleg met de projectgroepleden vast te stellen welke onderwerpen eventuele nadere uitwerking behoeven en wanneer.

Ad1. Pilotzuivering Van Lint

Lopende het onderzoek is de scope voor het testen van de pilotzuivering uitgebreid van GBM met nutriënten (nitraat en fosfaat) en is ook de verwijdering van PFAS in het Slow Sand Filter (SSF) door HH Rijnland onderzocht.

De verwijdering van nitraat en fosfaat is nog niet volledig in kaart. De verwijdering van fosfaat met behulp van ijzerzand moet geoptimaliseerd worden. Door met name verstopping en snelle doorbraak tijdens de eerste testen verdient het aanbeveling de proef voort te zetten om de benodigde hoeveelheid ijzerzand goed te kunnen bepalen.

De afbraak van nitraat in het SSF en in de diepe ondergrond in regionaal opzicht, is nog niet volledig in beeld.

Tijdens de uitvoering van het project is de waterinfrastructuur bij Van Lint aangepast: het bassin is geheel vernieuwd en is een deel van het bedrijfsdak aangesloten voor het opvangen van regenwater. Daarnaast is de uitspoeling van nutriënten en GBM na afloop van het teeltseizoen, sterk afhankelijk gebleken van de teeltkeuzes. Als het veldwater van te slechte kwaliteit is, kan de zuivering niet alle verontreinigingen verwijderen tot het niveau waarop infiltratie haalbaar wordt kijkende naar de infiltratie-eisen. Dit kan de opslagperiode sterk verkorten. Door de diverse aanpassingen in de waterinfrastructuur bij Van Lint tijdens de uitvoering van het project, is het op dit moment nog niet mogelijk nauwkeurig te voorspellen wat de kwaliteit van het te zuiveren opgevangen water in het schoonwaterbassin zal worden. De samenstelling van het kasdakwater is nog niet onderzocht.

Ad2. Vergunning voor OWB

Met het door HH Rijnland opgestelde rapport is het helder wat de vergunningseisen zijn voor OWB. Aanbevolen wordt de volgende onderwerpen nader te beschouwen:

- De kosten van de (voorlopige) monitoringseisen zijn hoog wat de financiële haalbaarheid van OWB negatief beïnvloedt;
- Het ontwikkelen van een eenvoudiger monitoringsplan, waarin gericht wordt gemonitord op de effectiviteit van de voorzuivering. Dit vermindert het benodigde aantal wateranalyses op GBM en maakt de uitvoering tevens minder ingewikkeld;
- Toetsen van compliance van de zuivering en kwaliteit van infiltratiewater aan het nog vast te stellen tijdelijk handelingskader voor niet-genormeerde stoffen als PFAS;
- Het rendement van de zuivering moet beoordeeld kunnen worden bij een vergunningsaanvraag: biedt het gekozen zuiveringsconcept door de aanvrager voor HH Rijnland voldoende zekerheid omtrent het halen van de grenswaarden?
- Regionaal inzicht in de afbraakcapaciteit voor nitraat in de ondergrond. Dit is alleen op de locatie bij Van Lint in beeld;
- Hoe gaat het handhavingskader eruit zien? Als er sprake is van een incidentele overschrijding van een infiltratienorm, wat gebeurt er dan in de praktijk?

Ad. 3 Economische haalbaarheid

Op dit moment kunnen nog alleen schattingen gemaakt worden voor de investerings- en operationele kosten. Meer exacte ramingen hangen af van:

1. Kosten van de zuivering inclusief fosfaatverwijdering en de afwezigheid van de noodzaak om nitraat te zuiveren boven de grenswaarde. In een vergunningaanvraag moet aangetoond worden dat de bodemgesteldheid of de bodemsoort zodanig is dat geen gevaar bestaat voor verontreiniging van het grondwater,. Dit, op basis van de denitrificatie-capaciteit in het watervoerend pakket op basis waarvan onderbouwd kan worden gesteld dat er geen verspreidingsrisico's zijn voor nitraat. Daarnaast moet er meer duidelijkheid zijn omtrent PFAS en de eventuele noodzaak tot zuivering;
2. De optimalisatie van de monitoringsvereisten tijdens de ingebruiksfase.

Ad4. Kennisuitwisseling

Op dit moment wordt door veel partijen in zowel Nederland als daarbuiten onderzoek verricht naar het voorkomen en zuiveren van PFAS. In Nederland zijn dit o.a. KWR, TUDelft-CITG, Delfland, de UvW en in België VITO. De STOWA heeft recentelijk rondom PFAS een bijeenkomst georganiseerd. Het verdient aanbeveling zo gericht mogelijk die kennis bij elkaar te brengen. Daarnaast wordt er binnen andere OWB-projecten (Deltares/KWR) en in het veenweidegebied (peilopzet ten behoeve van het verminderen van bodemdaling en CO₂-emissies), geëxperimenteerd met ijzerzand voor de verwijdering van fosfaat.

6 Overzicht financiën

Onderstaand worden in de begrote projectkosten (tabel 7) en de financiële bijdragen vanuit de verschillende financiers (tabel 8), samengevat.

Toelichting

In een aantal stappen is het oorspronkelijke projectbudget van € 376,735 (excl BTW) of € 455,849 (incl BTW) aangepast. Dit naar aanleiding van de volgende zaken:

- In de oorspronkelijke projectbegroting zat een fout m.b.t. de bijdrage van HH Rijnland: die was € 50,000 **incl** BTW i.p.v. **excl** BTW zoals vermeld in de beschikking van HH Rijnland. Hierdoor is een financieringsgat van € 8.678 ontstaan. HH Rijnland is bereid geweest dit gat voor 50% te dekken (€ 4,339). De overige 50% is door Acacia Water bijgedragen;
- Aanvullende onderzoeksvragen tijdens de uitvoering van het project:
 - het onderzoek naar de verwijdering van nutriënten;
 - het push/pull onderzoek naar denitrificatie in het watervoerend pakket waarin de ondergrondse waterberging gaat plaatsvinden. De kosten voor dit onderzoek zijn voor 50% gefinancierd zijn door HH Rijnland. Het overige deel is bijgedragen (cash + inkind) door Acacia Water;
 - het onderzoek naar de verwijdering van fosfaat m.b.v. ijzerzand. De Gemeente Alphen aan den Rijn heeft een extra bijdrage geleverd van € 4.000 ter dekking van de meerkosten. De resterende meerkosten zijn binnen het projectbudget geabsorbeerd.

Tabel 7. Overzicht projectkosten (excl BTW)

Specificatie van de kosten in €, alle bedragen excl BTW	Oorspronkelijke kostenraming werkzaamheden (projectplan)	Aanvullend onderzoek verwijdering nutriënten	Ijzerzandfilter	Push-Pull testen	Totaal herziene begrote kosten	Realisatie
1. Projectonderdeel actief-koolfiltratie	262,509	84,414	4,000		350,923	353,510
2. Projectonderdeel Perspectief wateropslag en - zuivering regio Boskoop	69,390			17,580	86,970	85,210
3. Projectonderdeel ontwikkeling monitoringsplan voor vergunning	20,191				20,191	18,974
4. Projectmanagement (7%)	24,646				24,646	25,457
Totaal oorspronkelijke begroting	376,735					
Correctie BTW op oorspronkelijke projectbegroting	-8,678				-8,678	
Totaal herziene kosten	368,058	84,414	4,000	17,580	474,052	483,151
In-kind bijdrage SBGB	-15,000				-15,000	-15,000
In-kind bijdrage TU Delft - Agricoast	-30,000				-30,000	-30,000
Totaal kosten in cash	323,058	84,414	4,000	17,580	429,052	438,151

Tabel 8. Overzicht financiering (excl BTW)

Financiering	Bijdrage	Extra bijdrage	Tot. financiering
Gemeente Alphen aan den Rijn	51,000		51,000
Gemeente Alphen aan den Rijn		16,000	16,000
Gemeente Alphen aan den Rijn		4,000	4,000
Provincie Zuid Holland	50,000		50,000
Provincie Zuid Holland		19,464	19,464
SBGB	51,000		51,000
SBGB		16,000	16,000
Holland Rijnland	75,000		75,000
Holland Rijnland		16,000	16,000
LTO Noord	30,000		30,000
Hagelunie	24,735		24,735
HH Rijnland	50,000	-8,678	41,322
HH Rijnland 50% van de BTW		4,339	4,339
HH Rijnland		16,950	16,950
		8,790	8,790
Totaal financiering	331,735	92,865	424,600
In-kind geleverd			
SBGB	15,000		-
TU - Delft Agricoast	30,000		-
Acacia Water		422	422
Acacia Water BTW verschil		4,339	4,339
Acacia Water Push pull testen		8,790	8,790
	45,000	13,551	13,551
			438,151

Bijlagen

Bijlage 1

Overzicht meest gebruikte middelen sierteelt

Belangrijke middelen voor containerteelt boomkwekerij Greenport Boskoop				
Volgorde alfabetisch, niet naar belangrijkheid!				
Fungiciden				
Merk	Werkzame stoffen		Tegen	Toelating
1 Alibi Flora	difenoconazool	azoxystrobine	echte meeldauw, roest, bladvlekkenziekten	kas en buitenteelt
2 Frupica	mepanipyrim		echte meeldauw, botrytis	kas en buitenteelt
3 Nimrod	buprimaat		echte meeldauw	kas en buitenteelt
4 Paraat	dimethomorf		valse meeldauw, wortelrot, tak-Phytophthora	kas en buitenteelt
5 Previcur Energy	propamocarb	fosethyl-aluminium	valse meeldauw, wortelrot, tak-Phytophthora	kas en buitenteelt
6 Ranman Top	cyazofamid		valse meeldauw	buitenteelt
7 Signum	boscalid	pyraclostrobin	bladvlekkenziekten, botrytis	kas en buitenteelt
8 Spirit	tebuconazool	folpet	bladvlekkenziekten, echte meeldauw	kas en buitenteelt
9 Switch	cyprodinil	fludioxonil	bladvlekkenziekten, botrytis, voetrot	kas en buitenteelt
10 Teldor	fenhexamide		botrytis	kas en buitenteelt
Insecticiden / Acariciden				
1 Decis	deltamethrin		insecten	kas en buitenteelt
2 Gazelle	acetamiprid		luis	kas en buitenteelt
3 Milbeknock	milbemectin		spint en mijten	buitenteelt
4 NeemAzal	azadirachtine		insecten en mijten	kas en buitenteelt
5 Scelta	cyflumetofen		spint	kas en buitenteelt
6 Sivanto Prime	flupyradifurone		luis en cicaden	kas en buitenteelt
7 Teppeki	flonicamid		luis	kas en buitenteelt
8 Tracer	spinosad		trips	buitenteelt
9 Verismo	metaflumizone		rupsen en kevers	kas
10 Vertimec	abamectine		spint en trips	kas en buitenteelt
Herbiciden				
1 AZ	isoxaben		bodemherbicide	buitenteelt
2 Springbok	dimethenamide-P	metazachloor	bodemherbicide	buitenteelt
3 Glyfosaat	glyfosaat		bladherbicide	buitenteelt
4 Primus	florasulam		bladherbicide	buitenteelt

Bron: Arie Schipper – Delphy

Bijlage 2

Memo resultaten push-pull testen Van Lint

Door Sophie Luijendijk

Inleiding

Voor het project Circulaire Schoonwatervoorziening Boskoop is in oktober 2024 een zogenaamde push-pull test uitgevoerd welke in de paragraaf over de onderzoeksmethode nader wordt toegelicht.

Binnen het project Circulaire Schoonwatervoorziening Boskoop wordt onder andere gekeken naar het ontwikkelen van een zuiveringsinstallatie voor het zuiveren van het opgevangen veldwater. Het gezuiverde veldwater zal mogelijk in de toekomst geïnfiltreerd gaan worden in de ondergrond waarmee een ondergrondse waterberging gecreëerd wordt. Binnen het project wordt gefocust op het zuiveren van gewasbeschermingsmiddelen (GBM) en de nutriënten nitraat en fosfaat. Dit, tegen de achtergrond van de lopende gesprekken met Hoogheemraadschap Rijnland over de toekomstige vergunningseisen. Voor het verwijderen van GBM lijkt het Slow Sand Filter (SSF) een goede oplossing te bieden. Voor het verwijderen van fosfaat is recentelijk een ijzerzandfilter geïnstalleerd op de proeflocatie bij Van Lint. Bovengrondse zuivering op nitraat is echter complex, duur en past mede qua ruimtegebruik/onderhoud niet bij de bedrijfsvoering van kwekers in de Boskoopse regio.

Dit, terwijl de nitraatconcentraties in het veldwater door uitspoeling direct na het stoppen van de watergift aan het einde van het teeltseizoen, hoger zullen zijn dan de toegestane infiltratiegrens van 50 mg/L NO_3 . Een deel (ca 40-60%) van het nitraat wordt afgebroken binnen het SSF en daarmee zijn overschrijdingen van de grens voor infiltratie niet uitgesloten. In het licht van een toekomstige vergunningssituatie, is het daarom relevant om te weten wat er bij ondergrondse opslag gebeurt met een eventueel restantconcentratie nitraat in het geïnfiltreerde water.

Aanvullend is daarom gekeken naar de natuurlijke nitraat-afbrekende condities van het watervoerend pakket waarin het infiltratiewater geïnfiltreerd zou gaan worden. Hier zijn de condities naar verwachting namelijk anoxisch genoeg voor het anaerobe proces van denitrificatie. Dit zou betekenen dat wanneer er een hogere hoeveelheid nitraat in de ondergrond gebracht zou worden, deze op natuurlijke wijze zou afbreken, waardoor infiltratie geen gevaar vormt voor verontreiniging van het grondwater. Om te onderzoeken of hier sprake van is en zo ja in hoeverre, is de push-pull test uitgevoerd.

Methode push-pull test

De push-pull test bestaat uit een push-fase en pull fase. Tijdens de push fase wordt een bepaald volume aan water in het watervoerend pakket ingebracht. Dit water bevat een van tevoren vastgestelde concentratie aan nitraat. Tijdens de pull fase worden op bepaalde tijdsintervallen kleinere volumes aan water weer opgepompt (tezamen minimaal gelijk aan de geïnfiltreerde hoeveelheid) uit dit watervoerend pakket. De concentraties van het water worden geanalyseerd om een beeld te kunnen vormen van de afbraak en daarmee reactiesnelheden in de ondergrond.

Push fase

Bij de pilotlocatie Van Lint is op maandag 14 oktober 2024 in totaal 400 L water in het watervoerend pakket gebracht via een peilbuis op ongeveer 14 m-mv. Het water wat hiervoor gebruikt is, was kraanwater. Hier is nitraat, bromide, natrium en chloride aan toegevoegd. Nitraat is de stof waarvan de afbraaksnelheid in kaart wordt gebracht.

Bromide fungeert als tracerstof, omdat deze geen omzetting zal ondergaan in de ondergrond. De afname van de bromide-concentratie helpt om te corrigeren voor effecten zoals het mixen van het infiltratiewater met het grondwater. Natrium en chloride zijn aan het water toegevoegd om het zoutgehalte van het infiltratiewater ongeveer gelijk te laten zijn aan die van het grondwater. Dit is belangrijk omdat een te groot dichtheidsverschil door verschillende zoutgehaltes tussen infiltratiewater en grondwater, ervoor zou kunnen zorgen dat het infiltratiewater blijft drijven op het grondwater en de infiltratie wordt tegengewerkt. Onderstaand wordt de samenstelling van het infiltratiewater en de achtergrondwaarden van het grondwater weergegeven. De concentratie NO_3^- van ca 100 mg/l valt qua ordegrootte te verwachten indien sprake is van hoge nutriëntenuitspoeling in het veldwater en de zuivering kan daar maar een deel van afbreken.

	Infiltratiewater	Grondwater
NO_3^- (mg/L)	95,3	1,65
Br^- (mg/L)	51,5	1,06
Na^+ (mg/L)	205	62,1
Cl^- (mg/L)	272	68,2
NH_4^+ (mg/L)	0	22,1
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1455	1356

Pull fase

Vervolgens zijn op verschillende tijdsintervallen gedurende twee weken in totaal 11 pull-monsters genomen met een hogere frequentie van monsternamen aan het begin dan aan het eind. Van deze monsters is in het veld de EC, pH en DO met behulp van sensoren gemeten. Daarnaast de monsters geanalyseerd in het Acacia Water laboratorium. De watermonsters zijn genomen door 40 liter water op te pompen en hiervan de laatste 5 liter te gebruiken voor analyse. Na 11 pull-monsters zou dus ook het totaal aan geïnfiltreerde water weer opgepompt moeten zijn. Dit wordt bevestigd door de resultaten.

Resultaten

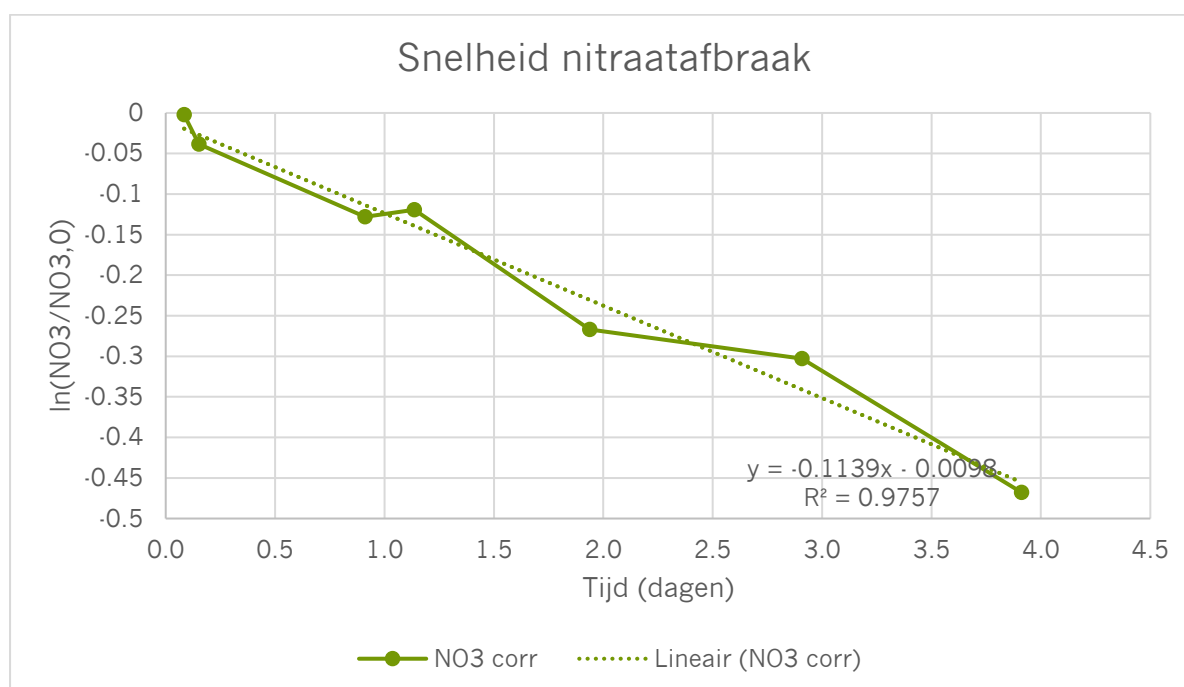
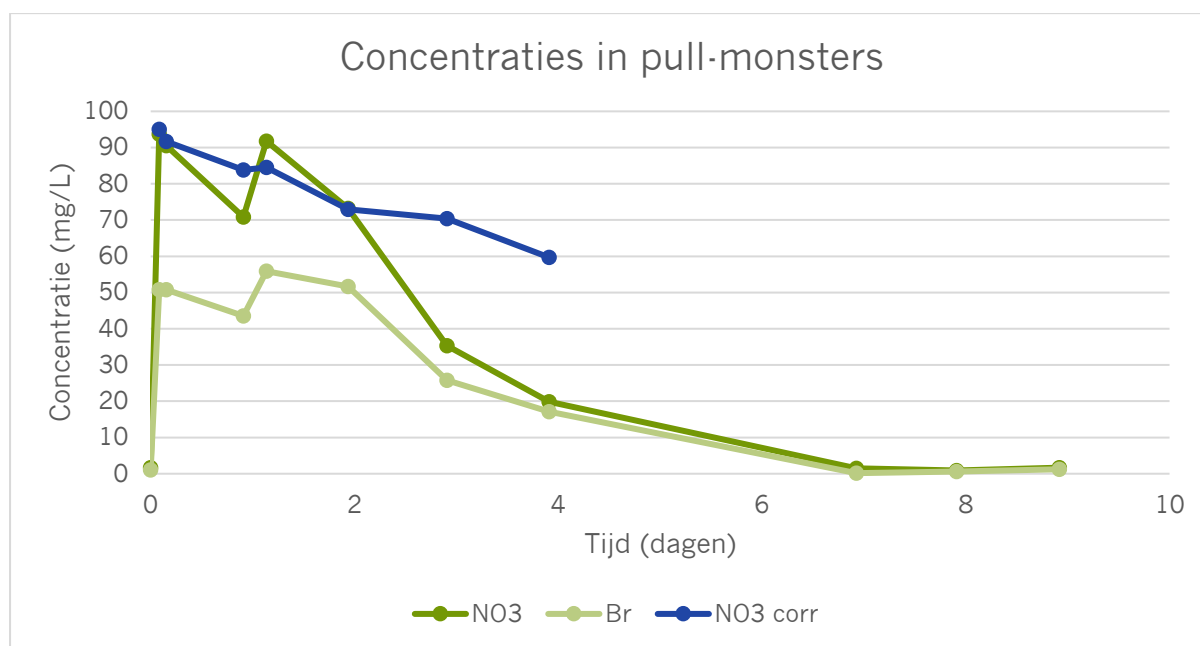
De analyseresultaten laten zien dat de nitraatconcentratie van het infiltratiewater sneller afneemt dan de bromideconcentratie. Met behulp van de bromideconcentratie kunnen de nitraatconcentraties gecorrigeerd worden voor effecten die niet met afbraak te maken hebben. Vanaf dag 7 (monster #8) waren de concentraties voor nitraat, bromide, chloride en natrium weer gelijk aan de achtergrondwaarden. Die data zijn dan ook niet meegenomen voor het berekenen van de denitrificatiesnelheid.

Aan de hand van de gecorrigeerde nitraatconcentraties kan de denitrificatiesnelheid worden bepaald. We zijn hierbij uitgegaan van eerste-orde kinetiek, wat betekent dat er

een lineair verband is tussen de denitrificatiesnelheid en de nitraatconcentratie. Eerste-orde kinetiek worden bij biologische processen vaak aangenomen wanneer de microben niet verzadigd zijn door de reactant in kwestie (hier nitraat). De volgende formule wordt hiervoor gebruikt:

$$NO_3(t) = e^{-kt} \times NO_3(0)$$

De gemeten resultaten passen goed bij een eerste-orde kinetiek (de determinatiecoëfficiënt R^2 bedraagt 0,976 wat een betrouwbare uitkomst van een statistisch model suggereert) en geven een snelheidsconstante (k) van 0,1139 d⁻¹. Dit betekent dat de nitraatafbraak op deze pilotlocatie een halfwaardetijd heeft van ongeveer 6 dagen.



Ammonium

Nitraat zou op twee manieren kunnen afbreken. De eerste is via het proces van denitrificatie, waarbij nitraat wordt omgezet door bacteriën in stikstofgas (N_2). De tweede is via het proces van DNRA (dissimilatory nitrate reduction to ammonium) waarbij nitraat wordt omgezet door andere soorten bacteriën in ammonium (NH_4^+). Welk proces domineert, hangt onder andere af van de aanwezige microbiële populatie en de beschikbare hoeveelheden nitraat en organisch materiaal.

In de genomen monsters is tijdens de eerste zeven monsters van de pull-fase een niet detecteerbare concentratie ammonium in de monsters gevonden. Vanaf monster #8 waren de nitraat-, bromide-, chloride- en natriumconcentraties weer gelijk aan de achtergrondwaardes en vanaf dit moment wordt ook weer een ammoniumconcentratie in het water gemeten. Deze was weliswaar vrij hoog (gemiddeld 13,7 mg/L), maar vergelijkbaar met de achtergrondwaarde van ammonium (22,1 mg/l). Deze achtergrondconcentratie van ammonium in het watervoerend pakket is hoog vanwege de zuurstofloze omstandigheden. Voor de omzetting van ammonium is namelijk juist wél zuurstof nodig. Zonder zuurstof bouwt ammonium (wat in het water komt door infiltratie of door afbraak van organisch materiaal) op tot hogere concentraties.

Daarom is het aannemelijk dat het proces wat voor de nitraatafbraak heeft gezorgd niet DNRA maar denitrificatie was. Dit is belangrijk, omdat een verhoogde concentratie van ammonium niet wenselijk is.

Conclusie

Op de pilotlocatie Van Lint is de afbraaksnelheid van nitraat bepaald. Deze afbraak wordt gedomineerd door het proces van denitrificatie en heeft een halfwaardetijd van ongeveer 6 dagen. De restconcentratie nitraat in het te infiltreren water zal dus in ca 6 dagen gehalveerd zijn en na ca 12 dagen met 75%.

Hoe representatief deze resultaten voor de gehele regio Boskoop zijn, is lastig om nauwkeurig te voorspellen; de afbraakcondities in het watervoeren pakket kunnen lokaal variëren. Wel is het zeer waarschijnlijk dat het milieu onder de deklaag overal anoxisch zal zijn, wat één van de voorwaarden is voor denitrificatie.

Een andere voorwaarde is dat er voldoende organisch materiaal beschikbaar is. Bij deze push-pull test hebben we geen organisch materiaal aan het water toegevoegd, wat betekent dat het denitrificatie proces geheel verlopen is met organisch materiaal wat al aanwezig was in het watervoerend pakket. In de praktijk, echter, zal er wel organisch materiaal (DOC) in het infiltratiewater zitten, wat de denitrificatiesnelheid zou kunnen verhogen en deze bovendien minder afhankelijk maakt van het al aanwezige organisch materiaal in het watervoerend pakket. Echter kan een hogere DOC:NO₃ verhouding er ook voor zorgen dat het dominante proces omslaat van denitrificatie naar DNRA, terwijl denitrificatie juist dominanter zal zijn bij een lagere DOC:NO₃ verhouding.

Een goede eerste stap om dit te bevestigen zou zijn om van verschillende peilbuizen in de regio watermonsters te nemen uit het watervoerend pakket. Hieruit kunnen de nitraat, ammonium, ijzer, mangaan, sulfaat en DOC concentraties geanalyseerd worden om een bevestiging te krijgen van het redox- en afbraakmilieu in de regio. Het herhalen van een

aantal push-pull testen op andere plaatsen in de regio, zou het beeld verder kunnen completeren.

Bijlage 3

Memo clustering pesticiden

Door Dr. Maarten J. Waterloo, Sabine A. Verhagen

Inleiding

In het kader van circulaire schoonwatervoorziening ten behoeve van kwekers in Boskoop wordt een filterinstallatie ontworpen en in een pilot getest ter verwijdering van gewasbeschermingsmiddelen (GBM) uit effluent van containervelden of eventueel uit oppervlaktewater. Het filter bestaat uit een combinatie van zand- en actieve koollagen, waarvan uit drinkwaterzuivering bekend is dat organische verontreinigingen zoals GBM tijdens passage door het filter geabsorbeerd en afgebroken worden, mede door microbiologische activiteit. Het ruwwater infiltreert in het fijne zand en percoleert dan met lage snelheid door het zand, de actieve kool en het filterzand voordat het het filter uitloopt. Tijdens dit proces vindt afbraak en absorptie van de GBM plaats, zodanig dat na passage naar verwachting de concentraties rond of onder detectielimiet liggen. Dat dit inderdaad het geval is, is de afgelopen maanden aangetoond door analyses van GBM in het ruwwater en het gefilterde water. In het gefilterde water waren de concentraties van GBM, die in het ruwwater boven detectielimiet lagen, allen onder de detectielimiet. Het gezuiverde filtereffluent zou derhalve in de bodem in grondwaterreservoirs opgeslagen kunnen worden voor later hergebruik. In de pilot wordt het gezuiverde water nog niet geïnfilteerd, maar teruggevoerd naar een bovengronds bassin voor hergebruik.

Het is van belang om de effectiviteit van de filteropstelling te blijven meten zodat er zekerheid bestaat over de mate van zuivering. Gewasbeschermingsmiddelen hebben verschillende chemische eigenschappen, zoals de oplosbaarheid in water, dichtheid, mate van absorptie, degradatiesnelheid en mobiliteit. Dit zou invloed kunnen hebben op de zuivering en daarom werd aan de TU Delft een experiment opgezet (binnen het Agricoast programma) waarin verschillende stoffen gebruikt werden om de effectiviteit van het filter te testen. Het eerste experiment bestond uit kolomproeven waarin de werking van het zand-kool-zand filter in een laboratorium getoetst werd. Bij dit experiment werd water met vooraf bepaalde concentratie van GBM met verschillende snelheden door de kolommen heengevoerd worden en kon door metingen aan het effluent bepaald worden hoe efficiënt het filter is voor verschillende GBM en verblijftijden. Voor het experiment werd een selectie van GBM gebruikt die zoveel mogelijk in de praktijk in Boskoop gebruikt worden en die tot overschrijdingen van de gestelde grenswaarden voor infiltratie, gehanteerd door Hoogheemraadschap Rijnland, zouden kunnen leiden.

Delphy als deelnemende partij aan het project in Boskoop, heeft een lijst aangeleverd van de meest gebruikte middelen, onderverdeeld naar hoofdgroepen GBM, in de regio en HH Rijnland heeft gedeeld welke probleemstoffen met overschrijdingen er worden waargenomen in het oppervlaktewater in de regio Boskoop.

Analyse GBM door commerciële laboratoria

De TU Delft voert voor de proef GBM-analyses uitvoeren in het eigen laboratorium maar heeft een beperkte set van GBM en geneesmiddelen die geanalyseerd kunnen worden.

Voor de proef in Boskoop zijn daarom commerciële laboratoria gevraagd (Eurofins, Groen Agro control) of het mogelijk is om analyses op de gebruikte stoffen uit te voeren. In deze laboratoria zijn te analyseren stoffen gegroepeerd in analysetechnieken (GCMS, HPLC, etc.), waardoor in de praktijk meerdere pakketten nodig zijn om alle stoffen die door een teler toegepast worden te analyseren. Tevens zijn er stoffen die door deze laboratoria niet geanalyseerd kunnen worden, of met een zodanig hoge detectielimiet dat de analyse geen waarde meer heeft. Voorbeelden van in de pilot studie door de teler toegepaste stoffen die niet geanalyseerd kunnen worden zijn fosethyl-aluminium, chloormequat, prohexadione-calcium en pyrethrine.

De teler is bekend met de handelsnamen van de gebruikte stoffen, maar niet met de actieve stoffen waarmee de laboratoria werken. De actieve stoffen staan wel vermeld op de labels van de producten en een product kan meerdere actieve stoffen bevatten, zoals het middel Collis 100 g/l Kresoxim-methyl en 200 g/l Boscalid bevat. Het vergt de nodige kennis om een lijst met actieve stoffen samen te stellen, en met deze lijst naar een commercieel laboratorium te gaan om een verzoek in te dienen alle stoffen op deze lijst te analyseren met een passende detectielimiet.

De ervaring van Acacia Water in dit proces voor de uitgevoerde pilots is dat de laboratoria weinig interesse hebben om te adviseren welke pakketten gekozen moeten worden, en dat dit door Acacia Water zelf uitgezocht dient te worden, waarbij dan blijkt dat sommige stoffen niet geanalyseerd kunnen worden en dat de volledige analyse van een monster duizenden euro's kan kosten. Alleen de analyse van Glyfosaat/AMPA kost momenteel 366 euro, en een aanvullend pakket met 330 componenten kost 1058 euro. Het is heel waarschijnlijk dat dan nog extra pakketten toegevoegd dienen te worden omdat niet alle gewenste stoffen geanalyseerd worden.

Elke teler heeft een andere lijst van actieve stoffen die gebruikt zijn en zal de analyse dan zelf met de laboratoria moeten bespreken. Laboratoria zijn alleen bereid een pakket samen te stellen als hier genoeg belangstelling en inkomsten voor gegenereerd wordt en kunnen niet overweg aanvragen voor analyse van individuele telers met verschillende stoffen.

Vergunningsaspecten

Ruw water analyses

Bij de aanvraag van een vergunning zou een analyse van het ruw water aangeleverd dienen te worden met analyses van de door de teler gebruikte stoffen. Aangezien er ook oppervlaktewater gebruikt wordt is het waarschijnlijk dat er ook andere, niet door de teler toegepaste stoffen in het ruwe water zitten. De samenstelling van het ruwe water is ook veranderlijk en stoffenconcentraties hangen af van het moment van bemonstering. Er kan echter met grote mate van zekerheid gesteld worden dat het ruwe effluent in de niet biologische teelt stoffen bevat met concentraties boven de gestelde limieten voor gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten en dat dit water dus niet zonder behandeling geïnfiltreerd kan worden.

Voorbehandeling en controle

Een niet biologische teler moet rekening houden met een eis voor de behandeling van het water waarbij de concentraties van de contaminanten onder de eis voor infiltratie

liggen. In de pilot in Boskoop wordt een filteropstelling getest waarbij fosfaat, gewasbeschermingsmiddelen en een deel van de stikstofvracht verwijderd wordt.

GBM

Voor de in-situ verwijdering van GBM zijn verschillende methoden ontwikkeld, waaronder biozuivering (Bozdogan et al., 2014; Kianpour et al., 2024; Rodríguez-Rodríguez and Rodríguez-Saravia, 2023; Saleh et al., 2020), al dan niet in *moving-medium biofilm reactors* (Bachmann Pinto et al., 2018; Chalipa et al., 2024; Chen et al., 2007; Madan et al., 2022) en adsorptie en oxidatie (Arvia, 2019; Jusoh et al., 2014; Phillips et al., 2022). In de pilot in Boskoop wordt een combinatie van een traag zand- en actief koolfilter gebruikt, waarin naast adsorptie naar alle waarschijnlijkheid ook biozuivering plaatsvindt. De analyses van het in- en effluent in deze pilot tonen aan dat de waargenomen GBMs in het influent door het filter verwijderd worden tot concentraties onder de detectielimiet ($0.1 \mu\text{g L}^{-1}$).

Fosfor

De verwijdering van fosfor uit water wordt traditioneel gedaan met een ijzerzand filter (Chardon et al., 2022; Jianbo et al., 2009; Lambert et al., 2021) en dit filter wordt ook in de pilot in Boskoop gebruikt. Het filter heeft als nadeel dat het zand een beperkte absorptiecapaciteit heeft en daarom tijdig vervangen dient te worden. Er zijn ook andere oplossingen ontwikkeld waarbij fosfor op een biologische manier uit het water verwijderd wordt en hergebruikt kan worden (Madan et al., 2022). Voorbeelden zijn de *moving-medium biofilm reactor* installaties ontwikkeld door [Flocell](#) en [Aqualine](#) een die in ontwikkeling bij [Rookwood](#).

Stikstof

De in de Boskoop en Texel pilots gebruikte zand – actieve koolfilters zijn ook in staat een deel van de stikstof via denitrificatie uit het ruw water te halen met efficiënties van 36-62% (Wijerathna, 2024). In een soortgelijk biologisch proces als voor de verwijdering van fosfor kan een *moving-medium biofilm reactor* ook stikstof uit water verwijderen (Madan et al., 2022; Rodgers and Zhan, 2003). Deze filtereenheden zijn commercieel beschikbaar.

Dimensionering van zuivering

Voor de dimensionering van voorbehandelingsfilters zijn concentraties van met name nutriënten wel belangrijk, in combinatie met te verwachten volumes van zuivering. De teler zal dit in overleg met de producenten van zuiveringen moeten analyseren en moeten aantonen dat de voorgestelde behandeltechnieken afdoende zijn voor vergunningsverlening.

Praktische uitvoering controleaanvraag

Indien de teler bij de vergunningsaanvraag aantoont gebruik te maken van erkende voorbehandelings- en zuiveringsmethoden zou een vergunning verleend kunnen worden, waarbij het risico op de aanwezigheid van contaminanten in het te infiltreren water sterk gereduceerd wordt. Bij de aanvraag dient een onderbouwing voor de correcte dimensionering van de zuivering overlegd moeten worden, dat mede door de leverancier van de zuivering zou moeten worden opgesteld op basis van analyse van contaminanten en schatting van de maximaal te verwachten watervolume.

Verplichting na vergunningverlening

De teler zou na vergunningsverlening en installatie van de zuivering kunnen volstaan met regelmatige analyse van het effluent om aan te tonen dat de zuivering van het water goed verloopt.

Gezien de moeilijkheden die een teler zou ondervinden indien deze verplicht wordt een volledig pakket van gebruikte stoffen te analyseren, zoals beschreven in Sectie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**, zou een versimpelde aanpak tevens goede resultaten opleveren. Bij deze aanpak zou gebruik gemaakt kunnen worden van gidsstoffen die groepen van GBMs vertegenwoordigen en een vereenvoudiging kunnen betekenen, waarbij de aanname is dat elke stof in de groep representatief is voor alle stoffen in die groep. Verdere vereenvoudiging zou kunnen op basis van de adsorptie en afbraaksnelheden van de stoffen, waarbij alleen de door de teler gebruikte stoffen die minder efficiënt door de zuivering worden verwijderd geanalyseerd worden om de goede werking van het filter te bevestigen.

Stofeigenschappen – gidsstoffen

Om een selectie van GBM voor gebruik in de kolomproeven te maken zijn de fysische en chemische eigenschappen van de stoffen op de aangeleverde lijsten van Delphy, Waterschap Rijnland en de TU Delft opgezocht en in een tabel geplaatst. Deze eigenschappen die bepalen hoe een stof zich gedraagt, zijn molecuulgewicht, oplosbaarheid in water, dichtheid, smeltpunt, kookpunt, LogP, pKa, bodem DT50, plant RL50, de lineaire isotherm Koc en de uitspoelingsindex GUS. Van veel van deze stoffen zijn echter niet alle eigenschappen bekend, met name ontbreekt informatie over de pKa en de RL50 waarden. Ook ontbreekt kennis over enkele eigenschappen van Spinosad, Flupyradifurone en de metabolieten van Chloridazon. De complete lijst van stoffen en hun parameterwaarden is gegeven in de Appendix (**Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). De beschreven stoffenlijst dient uitgebreid te worden om een grotere dekking te geven van de door telers gebruikte middelen.

Clusteranalyse

Clusteranalyse is een multivariate statistische methode waarbij op basis van verschillende karakteristieken in een set van gegevens een objectieve groepering gemaakt wordt (Everitt et al., 2011). De leden van een groep vertonen dan een gelijkenis, en de mate waarin deze gelijkenis met andere groepen gedeeld wordt, wordt weergegeven door de afstand van de groepen, zoals gevisualiseerd in een dendrogram.

Omdat eigenschappen verschillende bereiken van hun waarden hebben, wordt voor de clustering normalisatie toegepast, zodat de parameters een vergelijkbaar bereik krijgen. In deze studie is z-transform normalisatie toegepast:

$$z = \frac{x_i - \bar{x}}{x_{std}}$$

Vergelijking 1

waarbij het gemiddelde en de standaarddeviatie van elke parameter gebruikt wordt om individuele waarden te schalen.

Voor de clustering is Ward's methode gebruikt om de relaties te leggen, waarbij de variantie van de clusters geanalyseerd wordt, in plaats van de gemeten afstand tussen de

clusters (Ward, 1963; Kaufman and Rousseeuw, 2005; Murtagh and Legendre, 2011). Deze methode is het beste voor gebruik bij kwantitatieve parameters.

Aangezien niet voor alle stoffen alle parameterwaarden beschikbaar waren is een selectie gemaakt van de gebruikte parameters voor de clusteranalyse. Deze parameters waren oplosbaarheid in water, molecuulgewicht, dichtheid, LogP, bodemdegradatieconstante DT50, lineaire isotherm en de groundwater ubiquity score (GUS) die de mate voor uitspoelingsrisico naar grondwater vertegenwoordigt.

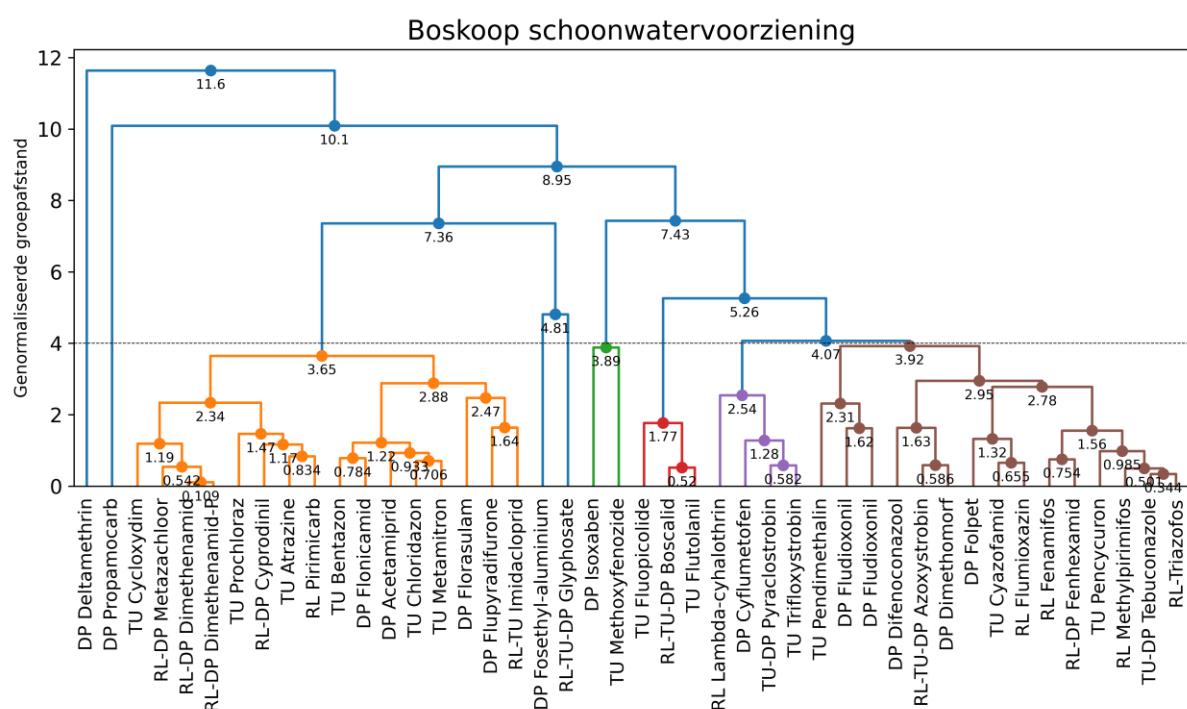
Gegevensbronnen

De waarden van de gebruikte parameters zijn uit de volgende gegevensbanken gehaald:

- PPDB: Pesticide Properties DataBase. Dit is een openbare gegevensbank over GBM beheerd door de Agriculture and Environment Research Unit (AERU) van de University of Hertfordshire voor gebruik in toetsingen ten aanzien van risico's en voor beheersdoeleinden (Lewis et al., 2016). De gegevensbank kan geraadpleegd worden via <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>
- PubChem (Kim et al., 2023) is een openbare algemene gegevensbank voor informatie over chemische verbindingen beheerd door de National Center for Biotechnology Information (NCBI) van de National Library of Medicine (NLM) in de Verenigde Staten. De gegevensbank kan geraadpleegd worden via <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Voor enige niet in bovenstaande gegevensbanken gegeven parameterwaarden van specifieke stoffen zijn wetenschappelijke artikelen geraadpleegd.

Resultaten van clusteranalyse en GBM selectie

De lijst van stoffen bevatten voor de clusteranalyse bevat zowel polaire als apolaire GBM. De resultaten van de clusteranalyse zijn getoond in Figuur 2.



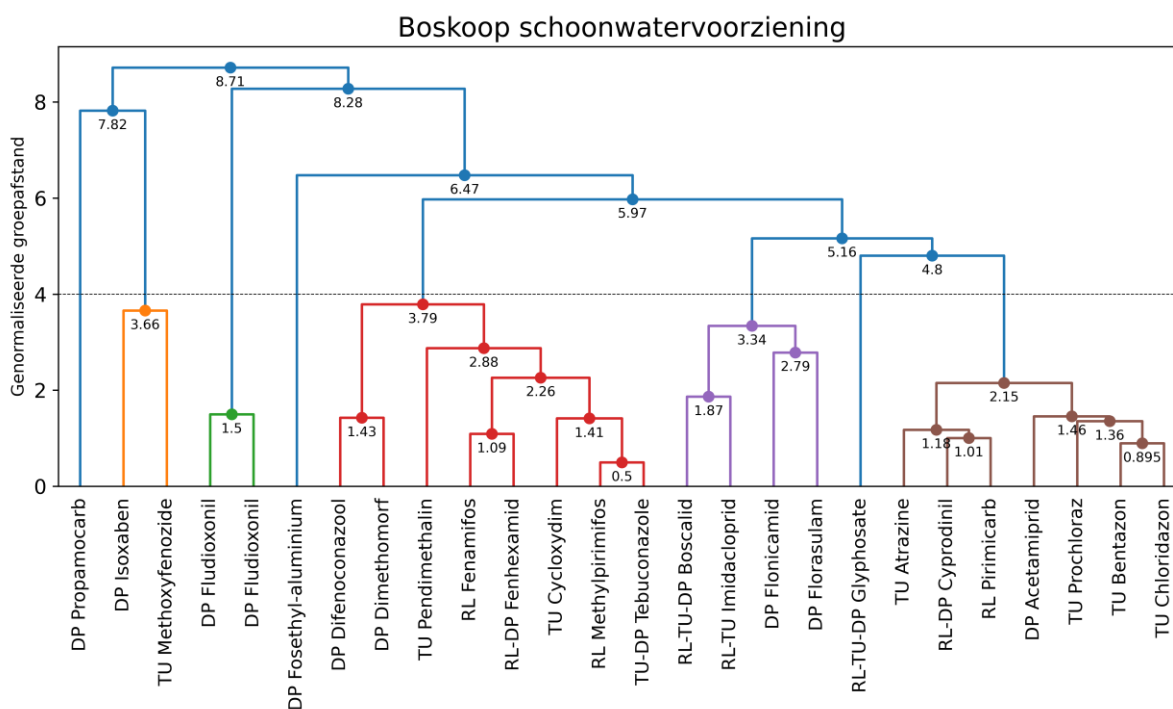
Figuur 2. Clusteranalyse van de GBM waarbij van elke aangegeven van welke lijst deze afkomstig is (Delphy-DP), HHRijnland-RL) en of de stof geanalyseerd kan worden (TU).

In de clusteranalyse zijn op het hoogste niveau twee groepen te onderscheiden, waarbij Deltamethrine (lijst Delphy) een aparte groep vormt, samen met Propamocarb iets lager in de hiërarchie. Op een genormaliseerde afstand van 4 en hoger kunnen er acht groepen onderscheiden worden. Behalve voor de groepen van Propamocarb en Deltamethrin kunnen voor de zes andere groepen door TUDelft stoffen geanalyseerd worden die karakteristiek zijn voor deze groepen. De voorgestelde gidsstoffen voor elk van de groepen zijn gegeven in Tabel 1.

Tabel 1. Groepen, genormaliseerde afstand en voorgestelde bijbehorende gidsstoffen voor gebruik in de kolomproeven. De kleuren verwijzen naar die van de groepen in Figuur 2. Vetgedrukte stoffen vertonen zuurdissociatie.

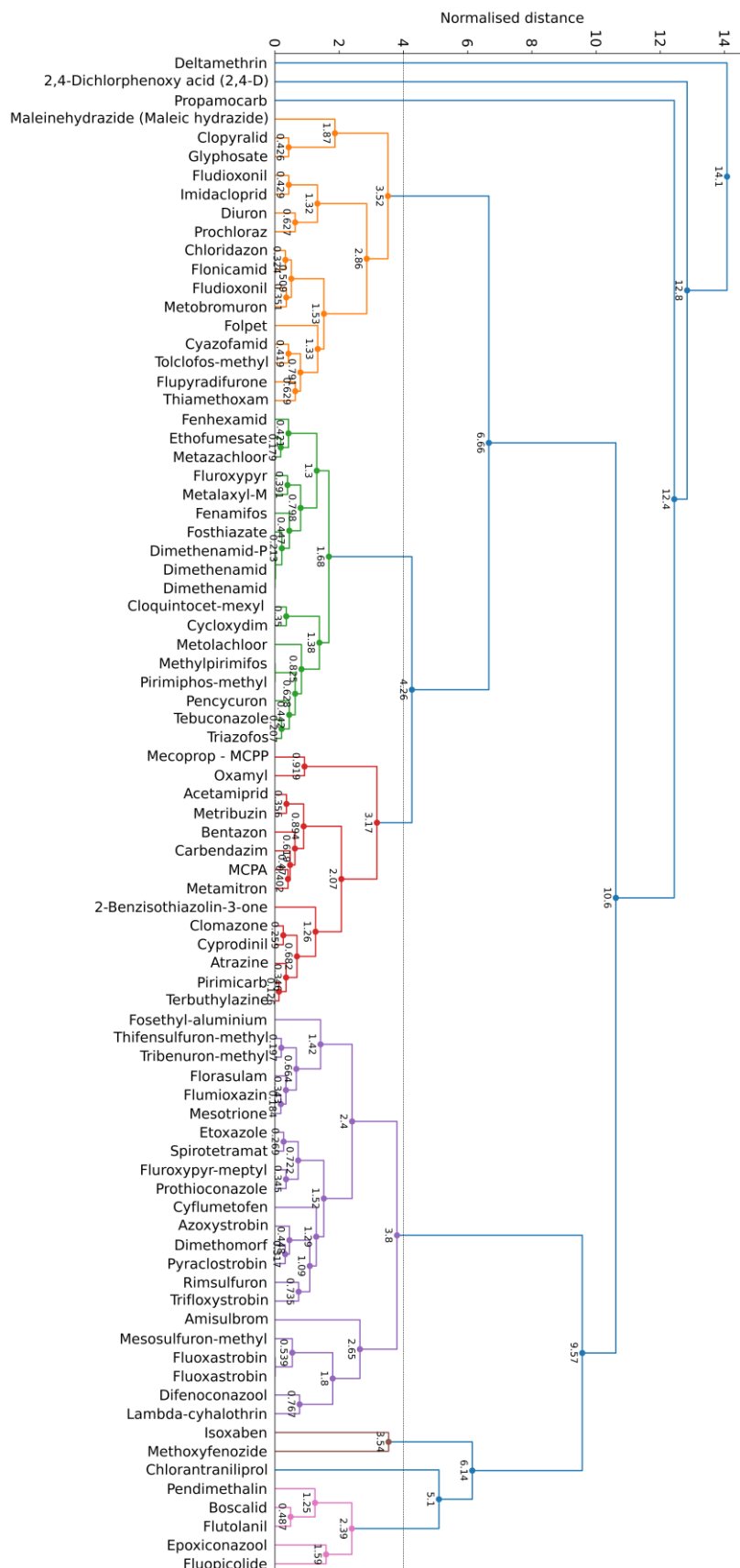
Groep	Afstand	Voorgestelde gidsstoffen	Doelgebruik
Deltamethrin	11.6	-	Insecticide
Propamocarb	10.1	-	Fungicide
Oranje	7.4	Cycloxydim, atrazine, chloridazon en imidacloprid	Herbicide, insecticide
Blauw	7.4	Glyfosaat	Onkruidbestrijding
Groen	7.4	Methoxyfenozide	Insecticide
Rood	5.3	Boscalid	Fungicide
Paars	4.1	Pyraclostrobin	Fungicide
Bruin	4.1	Pendimethalin, azoxystrobin, en tebuconazool	Fungicide, herbicide

Een aantal stoffen in de lijst vertonen dissociatie waarbij H^+ een rol speelt. De zuurdissociatieconstante pK_a is een maat voor de dissociatie (pH afhankelijkheid). Voor stoffen die geen dissociatie hebben is pK_a niet gedefinieerd en deze worden in de clusteranalyse buiten beschouwing gelaten. Indien de pK_a wordt meegenomen in de clusteranalyse kunnen de groepen in Figuur 3 onderscheiden worden. De stoffen die dissociatie vertonen in de uitgebreide clusteranalyse (zonder pK_a) zijn cursief aangegeven in Tabel 1 en komen voor in verschillende groepen.



Figuur 3. Clusteranalyse waarbij zuurdissociatie eigenschappen van de GBM stoffen zijn meegenomen. Van elke stof is aangegeven van welke lijst deze afkomstig is (Delphy-DP), HHRijnland-RL) en of de stof geanalyseerd kan worden (TU). Niet dissociërende GBM stoffen vallen buiten beschouwing.

Een uitgebreidere groepensamenstelling, bestaande uit negen hoofdgroepen, is gegeven in Figuur 4. Analyse van een gidsstof uit elke groep zou dan representatief kunnen zijn voor het hele scala aan stoffen.



Figuur 4. Groepen op basis van een uitgebreide lijst van GBMs.

Selectie van gidsstoffen

Door de groepen te gebruiken als gids, is het makkelijker om analyses uit te voeren aangezien de lijst van stoffen sterk gereduceerd wordt door een enkele stof uit de risicogroepen te analyseren.

Een beperking van het werken met de groepering is dat voor sommige stoffen de eigenschappen niet bekend zijn, of dat de meetwaarden een groot bereik hebben. Fluoxostrobin bijvoorbeeld heeft een gepubliceerde DT50 velddegradatieconstante tussen 12 en 92 dagen (University of Hertfordshire, n.d.) en een Koc waarde van 424 tot 1582 (PubChem, n.d.). Dit heeft tot gevolg dat een stof, afhankelijk van de volledigheid van gegevens en de gebruikte parameterwaarden in verschillende groepen zou kunnen vallen, of dat een stof vanwege gebrek aan informatie niet gegroepeerd kan worden.

Een tabel voor gidsstoffen zou opgesteld moeten worden om de keuze te vergemakkelijken, waarin de gebruikte stoffen door de telers terug te vinden zijn.

Als resultaat van een overleg binnen het deelproject Vergunningen met HH Rijnland en andere partijen, is geconcludeerd dat ook gekeken zou kunnen worden naar het selecteren van representatieve stoffen waarvan op basis van stofeigenschappen verwacht kan worden dat deze stoffen als eerste doorbreken. Dat zou dus betekenen het opstellen van een lijst van veelvoorkomende stoffen met slecht adsorptie- en afbraakgedrag.

Een dergelijke lijst zou kunnen worden samengesteld op basis van:

1. Het vermelde stofgedrag;
2. Gebruik op het bedrijf en aanwezigheid in het veldwater
3. Het voorkomen in een standaard analysepakket bij commerciële laboratoria.

Literatuur

- Arvia, 2019. Targeted pesticide micropollutant removal - Arvia Technology. URL <https://arviatechnology.com/arvia-technology-products/nyex-rosalox/> (accessed 12.7.21).
- Bachmann Pinto, H., Miguel de Souza, B., Dezotti, M., 2018. Treatment of a pesticide industry wastewater mixture in a moving bed biofilm reactor followed by conventional and membrane processes for water reuse. J. Clean. Prod. 201, 1061–1070. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.113>
- Bozdogan, A., Yarpuz-Bozdogan, N., Saglikler, H., Oztekin, M.E., Daglioglu, N., 2014. Determination of absorption and degradation of some pesticides in biobed. J. Food Agric. Environ. 12, 347–351.
- Chalipa, Z., Hosseinzadeh, M., Nikoo, M.R., 2024. Performance evaluation of a new sponge-based moving bed biofilm reactor for the removal of pharmaceutical pollutants from real wastewater. Sci. Rep. 14, 14240. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64442-5>
- Chardon, W.J., Groenenberg, J.E., Vink, J.P.M., Voegelin, A., Koopmans, G.F., 2022. Use of iron-coated sand for removing soluble phosphorus from drainage water. Sci. Total Environ. 815, 152738. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152738>
- Chen, S., Sun, D., Chung, J.-S., 2007. Treatment of pesticide wastewater by moving-bed biofilm reactor combined with Fenton-coagulation pretreatment. J. Hazard. Mater. 144, 577–584. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.10.075>

- Everitt, B.S., Landau, S., Leese, M., Stahl, D., 2011. Cluster Analysis, 5th Edition | Wiley, 5th edition. ed, Wiley Series in Probability and Statistics. John Wiley & Sons, Inc.
- Jianbo, L., Liping, S., Xinhua, Z., Bin, L., Yinlei, L., Lei, Z., 2009. Removal of Phosphate from Aqueous Solution Using Iron-Oxide-Coated Sand Filter Media: Batch Studies, in: 2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology. Presented at the 2009 International Conference on Environmental Science and Information Application Technology, pp. 639–644. <https://doi.org/10.1109/ESIAT.2009.104>
- Jusoh, A., Lam, S.S., Hartini, W.J.H., Ali, N., 2014. Removal of pesticide in agricultural runoff using granular-activated carbon: a simulation study using a fixed-bed column approach. *Desalination Water Treat.* 52, 861–866. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.826329>
- Kaufman, L., Rousseeuw, P.J., 2005. Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis, Wiley Series in Probability and Statistics. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470316801.ch1>
- Kianpour, A., Yargholi, B., Shrafati, A., Akhavan, K., 2024. Examining the efficacy of biological filters in the removal of agricultural pesticides and nutrient elements from agricultural drainage water. *Sci. Rep.* 14, 21507. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-72777-2>
- Kim, S., Chen, J., Cheng, T., Gindulyte, A., He, J., He, S., Li, Q., Shoemaker, B.A., Thiessen, P.A., Yu, B., Zaslavsky, L., Zhang, J., Bolton, E.E., 2023. PubChem 2023 update. *Nucleic Acids Res.* 51, D1373–D1380. <https://doi.org/10.1093/nar/gkac956>
- Lambert, N., Van Aken, P., Van den Broeck, R., Dewil, R., 2021. Adsorption of phosphate on iron-coated sand granules as a robust end-of-pipe purification strategy in the horticulture sector. *Chemosphere* 267, 129276. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129276>
- Lewis, K.A., Tzilivakis, J., Warner, D.J., Green, A., 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. *Hum. Ecol. Risk Assess. Int. J.* 22, 1050–1064. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>
- Madan, S., Madan, R., Hussain, A., 2022. Advancement in biological wastewater treatment using hybrid moving bed biofilm reactor (MBBR): a review. *Appl. Water Sci.* 12, 141. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01662-y>
- Murtagh, F., Legendre, P., 2011. Ward's Hierarchical Clustering Method: Clustering Criterion and Agglomerative Algorithm.
- Phillips, B.M., Fuller, L.B.M., Siegler, K., Deng, X., Tjeerdema, R.S., 2022. Treating Agricultural Runoff with a Mobile Carbon Filtration Unit. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 82, 455–466. <https://doi.org/10.1007/s00244-022-00925-8>
- PubChem, n.d. PubChem [WWW Document]. *Natl. Libr. Med.* URL <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> (accessed 2.27.25).
- Rodgers, M., Zhan, X.-M., 2003. Moving-Medium Biofilm Reactors. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 2, 213–224. <https://doi.org/10.1023/B:RESB.0000040467.78748.1e>
- Rodríguez-Rodríguez, C.E., Rodríguez-Saravia, S., 2023. On-Farm Removal of Pesticides: Current Insights on Biopurification Systems. *ACS Agric. Sci. Technol.* 3, 601–615. <https://doi.org/10.1021/acscagcitech.2c00337>
- Saleh, I.A., Zouari, N., Al-Ghouti, M.A., 2020. Removal of pesticides from water and wastewater: Chemical, physical and biological treatment approaches. *Environ. Technol. Innov.* 19, 101026. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101026>

- University of Hertfordshire, n.d. PPDB: Pesticide Properties Database [WWW Document]. Pestic. Prop. DataBase. URL <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm> (accessed 2.27.25).
- Ward, J.H., 1963. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *J. Am. Stat. Assoc.* 58, 236–244. <https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845>
- Wijerathna, N., 2024. Nitrogen Removal from Agriculture Drainage Water Using a Slow Sand Filter Sandwiched with Granular Activated Carbon (Internship report). IHE Delft and Acacia Water, Delft, The Netherlands.

Bijlage 4

Definitief rapport Stoffen en Normen bij OWB – Rijnland

Voorwoord

De beschikbaarheid van voldoende en schoon zoetwater staat steeds meer onder druk, zeker in regio's met intensieve land- en tuinbouw zoals Boskoop. In dit document wordt het toetsingskader beschreven voor het verantwoord toepassen van ondergrondse waterberging, als onderdeel van een pilot voor circulaire watervoorziening.

Het Hoogheemraadschap van Rijnland wil met dit kader bijdragen aan innovatieve oplossingen voor waterbeheer, zonder concessies te doen aan de bescherming van bodem en grondwater. Deze uitwerking biedt initiatiefnemers en vergunningverleners houvast bij het aanvragen en beoordelen van vergunningen, met duidelijke eisen voor waterkwaliteit en monitoring

Inhoudsopgave

Samenvatting document HH Rijnland	75
1 Inleiding	76
1.1 Aanleiding	76
1.2 Rol Rijnland	76
1.3 Doel	76
2 Juridisch kader	77
2.1 Omgevingswet	77
2.2 Waterschapsverordening	77
2.3 Kaderrichtlijn water en Grondwaterrichtlijn	79
3 Nadere uitwerking stoffenlijsten vergunningsaanvraag en gebruiksfase	80
3.1 Vereisten infiltratiewater bij aanvraag	80
3.2 Uitzonderingen	80
3.3 Aanpak bij aanvraag	81
3.4 Vereisten bij de gebruiksfase	81
3.5 Monitoring grondwater eerste watervoerend pakket	82

Samenvatting

In het kader van een pilotproject in Boskoop heeft het Hoogheemraadschap van Rijnland een toetsingskader opgesteld voor waterkwaliteitsaspecten bij ondergrondse waterberging. De pilot onderzoekt de mogelijkheden voor circulaire watervoorziening in de sierteeltsector. De kern van dit project is het ondergronds opslaan van gezuiverd kasdak- en containerveldwater, zodat in droge periodes voldoende zoetwater beschikbaar blijft. Dit is van groot belang voor zowel de landbouw als de natuur in de regio.

Voor het infiltreren van water in de bodem is vaak een vergunning nodig. Het waterschap is hiervoor in de meeste gevallen bevoegd gezag. De vergunningverlening is gebonden aan strikte regels, vastgelegd in de waterschapsverordening. Een belangrijke eis is dat het infiltratiewater geen verslechtering van de kwaliteit van het grondwater mag veroorzaken.

Bij de aanvraag van een vergunning moet de initiatiefnemer aantonen dat het water voldoet aan toetsingswaarden voor een groot aantal stoffen. Deze stoffen zijn opgenomen in bijlagen van het Besluit kwaliteit leefomgeving en worden aangevuld met stoffen die specifiek relevant zijn voor de locatie, zoals gewasbeschermingsmiddelen. Voor stoffen waarvoor geen toetsingswaarden bestaan, zoals PFAS, geldt een streng voorzorgsbeginsel: alleen als er geen risico is op verslechtering van het grondwater, kan een vergunning worden verleend. Tijdens de gebruiksfase van het systeem is monitoring verplicht om te toetsen dat het systeem nog goed werkt en te infiltreren water aan de kwaliteitseisen voldoet. Hiervoor moet regelmatig worden gemeten op stoffen zoals nutriënten, zware metalen en gewasbeschermingsmiddelen.

Dit toetsingskader biedt een duidelijke structuur voor het veilig toepassen van ondergrondse waterberging, met oog voor zowel innovatie als bescherming van het milieu.

1. Inleiding

1.1 Aanleiding

In de periode 2023 tot 2025 is een pilot uitgevoerd naar een circulaire schoonwatervoorziening voor de boomteelt in Boskoop. De pilot werd gefinancierd door negen partijen, waaronder Rijnland en de sector zelf.

Zoetwater is belangrijk voor Rijnland, bedrijven en natuur. Iedereen die water gebruikt, moet rekening houden met periodes van droogte en verzilting. Daarom moeten gebruikers zich erop voorbereiden ook zelf maatregelen te nemen om hiermee om te gaan. Omdat er in de regio Boskoop mogelijkheden zijn voor ondergrondse waterberging, is dat een interessante oplossing voor het groeiende knelpunt van zoetwater in droge periodes.

Rijnland hecht belang aan de pilot, omdat deze kan helpen bij het ontwikkelen van innovaties die de zoetwatervoorziening kunnen verbeteren. Tegelijkertijd willen we de kwaliteit van het grondwater beschermen en moeten we ons houden aan de wet: er mogen geen verontreinigende stoffen in het grondwater komen. Het onderzoek binnen de pilot richt zich op het voorkomen van verontreiniging door het infiltratiewater te zuiveren.

1.2 Rol Rijnland

Het waterschap is bevoegd gezag voor infiltratieactiviteiten (waaronder ondergrondse waterberging) die niet onder het Rijk of de provincie vallen. Dit betekent dat het waterschap:

- vergunningen verleent voor het in de bodem brengen van water (infiltratie),
- beoordeelt of er negatieve effecten zijn op de omgeving
- beoordeelt of het infiltratiewater voldoet aan de eisen voor grondwaterbescherming.

Rijnland beoordeelt aanvragen voor infiltratie. Dit is in de waterschapsverordening gedefinieerd als: water in de bodem brengen om de grondwaterstand aan te vullen. Dit gebeurt naast het onttrekken van grondwater. De initiatiefnemer moet daarbij negatieve gevolgen voorkomen. Voor initiatiefnemers en vergunningverleners is het van belang om inzicht te hebben op het toetsingskader en monitoringsinspanning voor de beoordeling van effecten op grondwaterkwaliteit bij infiltratie.

1.3 Doel

De doelstelling van de pilot is het onderzoeken van de haalbaarheid van ondergrondse opslag van kasdakwater en gezuiverd containerveldwater om de zoetwaterbeschikbaarheid voor de sierteelt in de regio Boskoop te vergroten.

Deze memo geeft uitwerking aan het vergunningsproces en vereiste monitoring voor infiltratie tijdens de gebruiksfase.

2. Juridisch kader

2.1 Omgevingswet

Onder de Omgevingswet bestaan er voor het onttrekken en infiltreren van grondwater vergunningplichten. Alleen voor drinkwaterwinningen, grootschalige industriële onttrekkingen en daarmee samenhangende infiltraties en grondwateronttrekkingen in Rijkswateren zijn het Rijk of de provincie bevoegd gezag. Voor deze vergunningplichtige activiteiten staan in het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) regels voor infiltreren:

- Artikel 8.84 Bkl bevat algemene regels voor vergunningen voor wateractiviteiten.
- Artikel 8.89 Bkl bevat beoordelingsregels specifiek voor het onttrekken van grondwater en infiltreren.

Volgens artikel 8.89 mag een vergunning voor onttrekken en infiltreren alleen worden verleend als:

- De dragende functie van het grondwater niet in gevaar komt. Dit betekent bijvoorbeeld dat funderingen van gebouwen niet mogen verzakken door veranderingen in de grondwaterstand.
- Het water dat je in de bodem brengt schoon genoeg is. Er gelden strenge eisen aan de kwaliteit van het infiltratiewater.

Voor overige wateronttrekkingsactiviteiten en infiltraties is het waterschap bevoegd gezag.

2.2 Waterschapsverordening

Het waterschap kent een vergunningplicht via de waterschapsverordening voor het onttrekken van grondwater en daarmee samenhangende infiltraties die niet onder de bevoegdheid van het Rijk of de provincie vallen. De ondergrondse waterberging Boskoop valt onder dit laatste en is het waterschap dus het bevoegd gezag.

Het juridisch traject voor ondergrondse waterberging bestaat uit 2 onderdelen:

1. Aanvraag: de vergunningaanvraag voor het infiltreren.
2. Gebruiksphase: Tijdens het gebruik moet het water aan bepaalde eisen voldoen. Daarom moet worden gecontroleerd:
 - a. hoeveel water wordt geïnfiltreerd en onttrokken; en
 - b. wat de kwaliteit is van het geïnfiltreerde water.

Ad 1. Aanvraag

Dijkgraaf en hoogheemraden kunnen een vergunning verlenen wanneer een activiteit voldoet aan de beoordelingsregels. Dit houdt in dat de vergunningverlener onder andere toetst aan de omgevingswaarden voor een goede chemische toestand van het grondwaterlichaam waarin het water wordt geïnfiltreerd (artikel 3.27 van de waterschapsverordening). Rijnland weigert de vergunning in ieder geval als de activiteit ervoor zorgt dat de chemische toestand van een grondwaterlichaam minder goed wordt. Dit wordt getoetst op basis van de omgevingswaarden voor het betreffende grondwaterlichaam.

Volgens de regels van het waterschap mag het oppompen of infiltreren van grondwater niet leiden tot achteruitgang van de kwaliteit van de bodem of het grondwater. In de

vergunning staan daarom eisen over de kwaliteit van het water dat in de bodem wordt gebracht.

De aanvraagvereisten van de omgevingsvergunning omvatten voor ondergrondse waterberging het aanleveren van onder andere de volgende gegevens:

1. de hoeveelheid water in kubieke meters water per uur, etmaal, maand en jaar die ten hoogste in de bodem wordt gebracht;
2. de diepte in meters waarop het water in de bodem wordt gebracht;
3. een beschrijving van de balans tussen infiltreren en onttrekken (de samenhang van het brengen van water in de bodem met de onttrekking;
4. de herkomst en (chemische) samenstelling van het water dat in de bodem wordt gebracht;
5. een beschrijving van de mogelijke negatieve gevolgen van het brengen van water in de bodem; en
6. de maatregelen of voorzieningen die worden getroffen om die gevolgen te voorkomen of te beperken.

De waterschapsverordening schrijft voor dat de initiatiefnemer voorkomt dat het onttrekken en infiltreren van grondwater negatieve gevolgen heeft in de bodem of in het grondwater ((artikel 12.43 van waterschapsverordening de Rijnlandse Keur). Specifiek in lid 4 staat dat bij infiltratie verontreiniging van bodem en grondwater voorkomen wordt. Wanneer is sprake is van verontreiniging, is op dit moment niet nader uitgewerkt in de waterschapsverordening.

In praktijk wordt de beoordelingsregel uit artikel 3.3. van de 'bruidsschat waterschapsverordeningen' ingezet. Deze verklaart onder andere artikel 8.89, tweede en derde lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving van overeenkomstige toepassing. In de praktijk betekent dit dat:

- De regels uit artikel 8.89 Bkl ook gelden voor vergunningen die het waterschap verleent.
- Deze regels gelden voor alle soorten water die geïnfiltreerd worden, dus niet alleen voor oppervlaktewater.

Onder hoofdstuk 3 van dit toetsingskader staat toegelicht welke stoffen noodzakelijk zijn om mee te nemen in de monitoring bij de vergunningsaanvraag dan wel de gebruiksfase bij een ondergrondse waterberging.

Ad 2. Gebruiksfase

De waterschapsverordening verplicht de initiatiefnemer tot het meten van de kwaliteit van het te infiltreren water. Deze verplichting is opgenomen in artikel 12.1a lid 3, waarbij een tabel te meten parameters en meetfrequentie is opgenomen.

In de vergunning worden conform de waterschapsverordening (artikel 12.50) aanvullende voorwaarden opgenomen over:

- De kwaliteit van het in de bodem te brengen water;
- Het onder controle houden van de hydrologische situatie;
- Het stoppen van het in de bodem brengen van het water;
- Het controleren van de kwaliteit van het grondwater.

De verplichte monitoring kan worden uitgebreid met extra eisen als er andere verontreinigende stoffen in het infiltratiewater kunnen zitten dan opgenomen in het Bkl en waterschapsverordening. Tijdens het gebruik wordt dan ook gecontroleerd op die

stoffen, zoals bijvoorbeeld gewasbeschermingsmiddelen. In de volgende paragrafen wordt uitgelegd welke stoffen dat zijn en waarom die controle nodig is.

2.3 Kaderrichtlijn water en Grondwaterrichtlijn

De Kaderrichtlijn Water (KRW) en de Grondwaterrichtlijn (GWR) kennen een doelstelling ter bescherming van oppervlaktewater en grondwater. Deze milieudoelstellingen gaan over het behalen van een goede chemische en kwantitatieve toestand. Voor de kwaliteit van grondwater geldt ook dat er geen achteruitgang mag optreden.

Er zijn maatregelen mogelijk om de inbreng van verontreinigende stoffen naar het grondwater te voorkomen of te beperken. De GWR maakt hierbij onderscheid tussen gevaarlijke stoffen (dit zijn onder andere de Zeer Zorgwekkende stoffen (ZZS)), en verontreinigende stoffen die niet als gevaarlijk beschouwd worden (hierna: 'overig verontreinigende stoffen'):

- Alle mogelijke maatregelen worden genomen om te voorkomen dat gevaarlijke stoffen in het grondwater terechtkomen.
- Alle maatregelen die op grond van best beschikbare technieken (BBT) mogelijk zijn worden genomen om de inbreng van overig verontreinigende stoffen in het grondwater te beperken. Dit om ervoor te zorgen dat de goede chemische toestand van grondwater niet verslechtert. En er geen sprake is van een significante en aanhoudend stijgende trend.

De doelstellingen van de KRW en GWR zijn verwerkt in regels die van toepassing zijn voor infiltratie. Deze regels staan in de Omgevingswet, het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal), het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl), in de provinciale omgevingsverordeningen en in de waterschapsverordeningen.

Omdat voor waterschappen geldt dat artikel 8.89 van toepassing is voor het beoordelen van vergunningaanvragen het in de bodem brengen van water, ter aanvulling van het grondwater, in samenhang met het onttrekken van grondwater door een daarvoor bedoelde voorziening (infiltreren), wordt via die route invulling gegeven aan deze doelstellingen.

3 Nadere uitwerking stoffenlijsten vergunningsaanvraag en gebruiksfase

3.1 Vereisten infiltratiewater bij aanvraag

Bij het aanvragen van een vergunning voor waterinfiltratie gelden strenge regels. Een vergunning kan alleen worden verleend als de concentraties in het te infiltreren water lager zijn dan de toetsingswaarden in bijlage XIX, onder A van het Bkl. Bij een aanvraag moet aangetoond worden dat het water aan deze eisen voldoet. Daarbij wordt ook gekeken naar hoe goed het water wordt gezuiverd vóór infiltratie.

Naast de standaardlijst uit Bijlage XIX, onder A van het Bkl, moeten ook stoffen worden meegenomen die specifiek in het infiltratiewater kunnen zitten. Denk aan specifieke gewasbeschermingsmiddelen die een teler gebruikt. Voor deze pilot staat een overzicht van die stoffen in Bijlage 1 van de memo. Op andere locaties kan de lijst verschillen, afhankelijk van welke middelen daar worden gebruikt.

Voor sommige stoffen, zoals PFAS, bestaan geen toetsingswaarden. Deze stoffen staan in bijlage XIX, onder B, waarin groepen van stoffen worden genoemd. In dat geval geldt: het water mag alleen worden geïnfiltreerd als de hoeveelheid en concentratie van die stoffen zo laag is dat de kwaliteit van het grondwater er niet door verslechtert.

Of het grondwater verslechtert, hangt af van wat de eigenschappen van de stof zijn en hoe de bodem en het grondwaterkwaliteit in dat gebied is. Omdat niet duidelijk is wat precies wordt bedoeld met 'verslechtering', is het niet zonder meer mogelijk om te bepalen of een vergunning wordt verleend voor water met lage concentraties PFAS of andere niet genormeerde (gevaarlijke) verontreinigende stoffen.

Omdat er op dit moment geen normen zijn voor PFAS en veel andere gevaarlijke stoffen dan wel verontreinigende stoffen, is Rijnland zeer terughoudend om vergunning te verlenen wanneer deze stoffen worden aangetroffen in het infiltratiewater. Er is beperkte ruimte voor interpretatie: als duidelijk is dat er geen risico is op verslechtering, kan een vergunning soms toch worden verleend. Om die reden wordt op dit moment een tijdelijk handelingskader opgesteld voor het beoordelen van concentraties PFAS of andere niet genormeerde stoffen bij aanvragen.

3.2 Uitzonderingen

Artikel 8.89 en bijlage XIX, onder A van het Bkl geven enkele mogelijkheden om af te wijken van de stoffenlijsten.

Volgens 8.89, lid 3 van het Bkl kan de omgevingsvergunning onder bepaalde voorwaarden toch worden verleend als voor een of meer stoffen een hogere concentratie dan aangegeven in de stoffenlijst van bijlage XIX onder A. Het gaat om de volgende situaties:

1. als er geen gevaar voor verontreiniging van het grondwater is (bijvoorbeeld als het ontvangende water een hogere concentratie heeft dan het infiltratiewater óf als de stoffen in de ondergrond worden omgezet naar niet verontreinigende stoffen, zoals bij denitrificatie).
2. Als er aan de omgevingsvergunning voorschriften worden verbonden die het gevaar voor verontreiniging van het grondwater opheffen.

Voor nitraat geldt dat er gedurende 70 dagen hogere (maar begrensde) concentraties geïnfiltreerd mogen worden dan de grenswaarde uit bijlage XIX van het Bkl. Daarmee wordt nog wel voldaan aan de omgevingswaarden voor een goede chemische toestand van het grondwaterlichaam (zie ook onderstaand tekstkader).

Voor stoffen die genoemd zijn in bijlage XIX, onder B, van het Bkl (bijvoorbeeld organische halogeenverbindingen en stoffen waaruit die verbindingen kunnen ontstaan, waaronder PFAS), zijn deze uitzonderingen niet van toepassing.

Nitraat

Voor nitraat geldt een toetsingswaarde van 5,6 mg N/l. Hierbij dient tevens gekeken te worden naar de lokale situatie en voor een duur van 70 dagen mag de concentratie max 11,2 mg N/l (= 50 mg NO₃/l) mag zijn.

Een uitzonderingsregel voor hogere nitraatconcentraties geldt indien nitraat aantoonbaar wordt afgebroken en is de uitzonderingsregel van toepassing. In de pilot is aangetoond dat denitrificatie plaatsvindt in het eerste watervoerend pakket. In andere delen van Boskoop of Rijnlands gebied is het mogelijk dat de uitzonderingsregel niet van toepassing is aangezien de redoxcondities voor afbraak in het eerste watervoerende pakket daar niet gunstig zijn voor afbraak.

3.3 Aanpak bij aanvraag

De aanpak van een vergunningaanvraag volgt de volgende stappen:

1. De vergunningaanvraag voor infiltratie voldoet aan de indieningsvereisten uit de waterschapsverordening.
2. De effecten van de infiltratie (en daarmee samenhangende onttrekking) worden in beeld gebracht, zoals aangegeven in de waterschapsverordening.
3. De kwaliteit van het beoogde infiltratiewater wordt vastgesteld en getoetst aan de toetsingswaarden uit [bijlage XIX](#), onder A van het Bkl. Indien er een voorzuiveringsinstallatie wordt toegepast betreft hier voor de vergunningsaanvraag het de kwaliteit van het water voordat het door een zuiveringsinstallatie gaat.
4. De initiatiefnemer controleert of in het te infiltreren water stoffen of stofgroepen voorkomen:
 1. die zijn genoemd in bijlage XIX, onder B van het Besluit kwaliteit leefomgeving, als die stoffen niet zijn genoemd in bijlage XIX, onder A van het Besluit kwaliteit leefomgeving; en
 2. in een hoeveelheid en concentratie waarbij er geen risico is dat dit zorgt voor het slechter worden van de kwaliteit van het grondwater.
5. Maatregelen die de inbreng van verontreinigende stoffen beperken of tegengaan, zoals een voorzuivering, worden beschreven, waarbij de aantoonbare effectiviteit van de maatregel wordt meegewogen in het toetsen van de uiteindelijke kwaliteit van het werkelijk te infiltreren water na zuivering, zoals gemeten onder punt 3.

3.4 Vereisten bij de gebruiksfase

In de gebruiksfase moet de kwaliteit van het infiltratiewater regelmatig worden gemeten.

In paragraaf 12.1a van de [waterschapsverordening](#) staat een standaardlijst met stoffen die gemeten moeten worden en de meetfrequentie. Deze lijst kan worden aangepast als daar goede redenen voor zijn. Om dit actueel te houden, kan in de vergunning worden vastgelegd dat het monitoringsplan na 5 jaar opnieuw getoetst moet worden. Op basis van die toets kunnen de monitoringsvereisten worden aangepast.

In de vergunning worden voorwaarden opgenomen voor een periodieke doelmatige monitoring van andere stoffen, zoals gewasbeschermingsmiddelen en PFAS. Dit is om vast te stellen of de voorzuivering nog effectief is in het verwijderen van deze stoffen.

De lijst aan de te meten stoffen bevatten in ieder geval die stoffen die bij de monitoring bij de vergunningsaanvraag boven de toetsingswaarden zijn aangetoond maar door de zuivering voldoende worden verwijderd.

Verder kan in het monitoringsplan aangevuld worden met goed onderbouwde de lijst van de aanvullend te meten gewasbeschermingsmiddelen om tot een doelmatige monitoring te komen:

1. Er wordt een breed standaard pakket aan gewasbeschermingsmiddelen gemeten met een breed scala aan gewasbeschermingsmiddelen met betrekking tot stofeigenschappen zoals de oplosbaarheid in water, dichtheid, mate van absorptie, degradatiesnelheid en mobiliteit – in relatie tot de voorzuivering. Dit pakket bevat een groot deel van de stoffen die de teler gedurende het teeltseizoen heeft toepast en ook de stoffen die een groot risico hebben op geringe zuiveringsefficiëntie (risicostoffen).
2. Er wordt een set aan gidsstoffen gemeten van de stoffen die worden toegepast. Deze set aan gidsstoffen beslaan het gehele spectrum aan stofeigenschappen die bepalen hoe goed de stof door de voorzuivering wordt verwijderd, inclusief de risicostoffen.
3. Er wordt alleen gericht op stoffen in de hoogste risicogroep gewasbeschermingsmiddelen, waarbij alleen de verontreinigende stoffen die minder efficiënt door de zuivering worden verwijderd geanalyseerd worden om de goede werking van de zuivering te bevestigen.

Voor alle drie de opties geldt dat de initiatiefnemer elk jaar moeten laten zien welke middelen zijn gebruikt die van invloed kunnen zijn op de kwaliteit van het infiltratiewater (bijvoorbeeld via een kopie van het spuitboekje), om te controleren of er nog sprake is van een doelmatige monitoring.

3.5 Monitoring grondwater eerste watervoerend pakket

De kwaliteit van het grondwater moet ook worden gecontroleerd. Dit gebeurt om te zien of de infiltratie invloed heeft op de kwaliteit van het grondwater én om te bepalen of er redenen zijn om te stoppen met infiltreren.

Eén keer per 5 jaar wordt een watermonster genomen. Dat monster wordt volledig geanalyseerd op een vaste lijst van stoffen, die minimaal gelijk is aan de stoffenlijst die bij de aanvraag is gehanteerd. De resultaten worden aan het waterschap doorgegeven.

Bijlage 5

Samenvatting kolomonderzoek TU Delft ism Acacia Water

Hieronder volgt een Nederlandse vertaling van het abstract van Jasper Krijn's masterscriptie.⁶

In Nederland worden momenteel pilot-installaties voor 'Aquifer Storage and Recovery' (ASR) gebouwd en geëxploiteerd om drainagewater uit de landbouw tijdens natte seizoenen op te vangen, met als doel de beschikbaarheid van water in droge periodes te vergroten. Het opgevangen water moet vóór infiltratie worden gezuiverd vanwege de hoge concentraties aan meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen, om te voldoen aan de Nederlandse wetgeving voor ondergrondse opslag. In deze studie is de werking onderzocht van twee typen actief kool die momenteel worden toegepast in een ASR-pilot op Texel. Op Texel wordt gemaakt van zogenaamde sandwichfilters, die bestaan uit een 'Slow Sand Filter' (SSF) in combinatie met 'Granular Active Carbon' (GAC). De twee onderzochte GAC-typen zijn Eversorb 520 (GAC-E, mesoporeus) en Norit PK1 (GAC-N, microporeus). De prestaties van beide typen zijn vergeleken via isotherm-experimenten en kolomproeven op laboratoriumschaal, waarbij eerst een opstelling is gebouwd die bemonstering tussen filterlagen mogelijk maakt, gedurende een periode van 14 weken. Daarnaast is één van deze filters aangevuld met een toplaag van ijzeroxide-gecoat zand (IOCS) om het effect op de verwijdering van fosfaat en natuurlijk organisch materiaal (NOM) uit landbouwwater te beoordelen. Het influentwater werd verrijkt met 10 µg/L van vijf veelvoorkomende Nederlandse gewasbeschermingsmiddelen: Atrazine, Bentazon, Chloridazon, Imidacloprid en Tebuconazool. Van deze stoffen liet Bentazon een extreem zwakke adsorptie zien in alle experimenten. Het is niet duidelijk of dit specifiek aan Bentazon ligt of aan de positieve lading van de stof. In isotherm-experimenten met hoog NOM-gehalte ($C_0 = 13,85 \text{ mg/L}$) werd op beide GAC-typen een vergelijkbare NOM-belading gemeten, ondanks hun verschillende poriestructuren. Voor pesticideadsorptie presteerde GAC-E beduidend beter dan GAC-N, met een 40–300% hogere belasting (q_e), waarschijnlijk door verschillen in functionele groepen op het oppervlak. Bij vervolggelaxperimenten met GAC-N en water met een hoger NOM-gehalte ($C_0 = 23,35 \text{ mg/L}$) daalde de sorptiecapaciteit slechts beperkt (30–40%), ondanks een 117% hogere NOM-belading.

In de kolomproeven werd een hogere NOM-belading gemeten op GAC-N dan verwacht, hoewel de prestaties van het SSF in beide kolommen gelijk waren. Pesticideadsorptie (bij een EBCT van 11,2 minuten) liet vergelijkbare trends zien als in de isothermtesten, met 20–35% snellere doorbraak bij GAC-N. Gecorrigeerd voor koolstofdichtheid was de totale adsorptie (µg/g GAC) gemiddeld 45% hoger voor GAC-N ($\rho = 250 \text{ kg/m}^3$) dan voor GAC-E ($\rho = 500 \text{ kg/m}^3$), wat niet overeenkwam met de resultaten van de isothermtesten. Luchtophoping en wand-effecten leidden tot een verkorte verblijftijd (EBCT), waardoor het massatransfergebied te klein was voor sorptie-evenwicht. Mogelijk verklaart dit, in

⁶ <https://resolver.tudelft.nl/78903ec9-340c-4a13-8a9d-5387e2497fc7>

combinatie met snellere kinetiek van GAC-N, de hogere adsorptie. Door de verkorte EBCT trad vanaf week 1 al doorbraak op, en de doorbraakcurves toonden lineaire patronen, waardoor het voorspellen van kolomcapaciteit of extrapolatie naar pilotschaal niet betrouwbaar mogelijk was. Modellerings met HSDM- en LDF-methodes leverde geen bruikbare resultaten op voor alle stoffen.

De isothermen van IOCS ($C_0 = 50 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{L}$) toonden een Freundlich-type adsorptie van fosfaat ($k_f = 5,39$ & $n = 2,04$), met aanzienlijke verwijdering van calcium (37%), magnesium (27%) en kalium (10%), hoewel deze laatste geen Freundlich- of Langmuirgedrag vertoonden. De modellering voor fosfaatverwijdering was succesvol en voorspelde de fosfaatdoorbraak tussen 700–2000 bedvolumes (BV), afhankelijk van de diffusiecoëfficiënten. In de kolomproeven vond echter al doorbraak plaats bij 400 BV, ondanks een EBCT van 55 minuten. De IOCS-kolom behield na doorbraak een hoge adsorptiecapaciteit en verloor slechts 50% na 2500 BV. Tijdens de kolomproeven werd een hoge hoeveelheid van calciumverwijdering waargenomen en het vermoeden is dat er bij pH 8 calciumfosfaat gevormd is. Magnesium- en kaliumverwijdering werd in kolommen niet waargenomen. Na 2573 BV was $12,8 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{g}$ IOCS geadsorbeerd, met nog circa 50% resterende capaciteit.

Door voorbelasting tijdens productie loogde het IOCS aanvankelijk NOM uit in de isothermtesten. In de kolomtesten werd daarentegen geen desorptie van NOM waargenomen, maar juist verhoogde NOM-verwijdering (10% versus 5% in SSF), wat leidde tot betere prestaties van de onderliggende GAC-E laag ten opzichte van kolommen zonder IOCS.

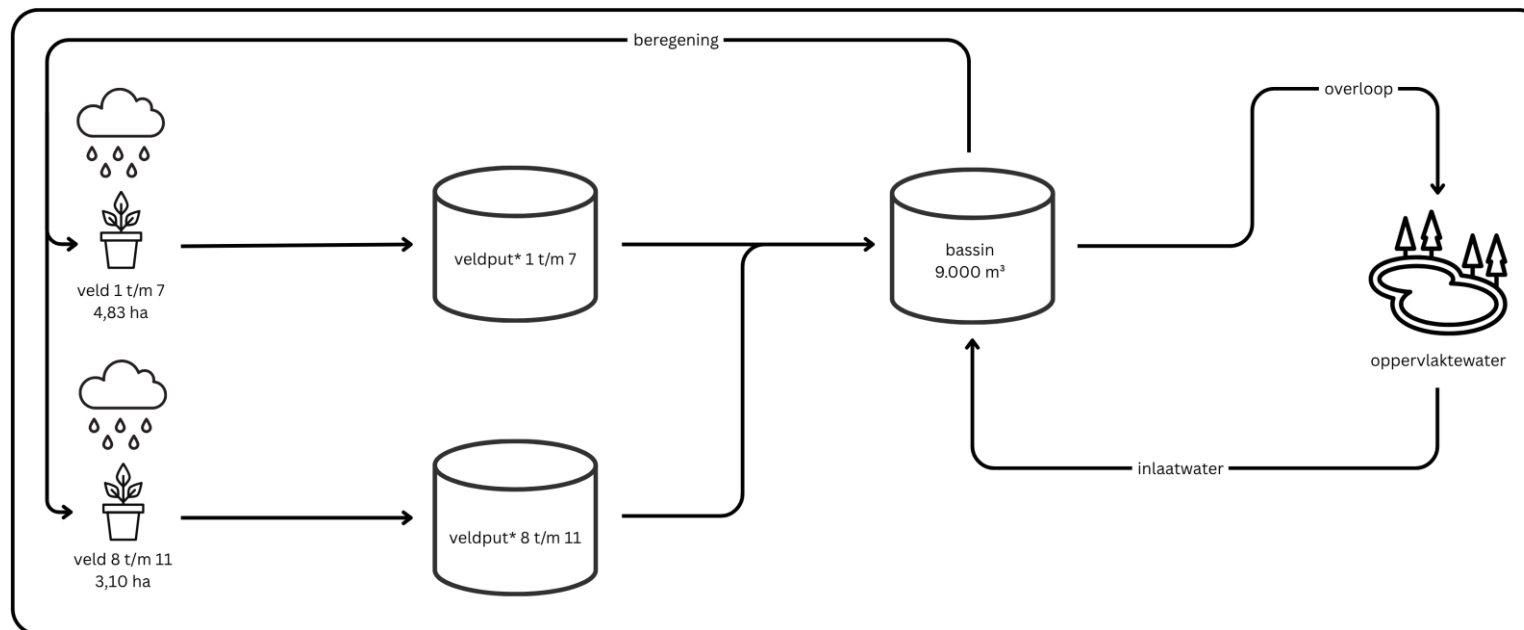
De IOCS-laag verwijderde ook imidacloprid uit het influent vanaf 1100 BV (week 6), vermoedelijk via biologische afbraak, oplopend tot 70% verwijdering. De achterliggende SSF-laag, die waarschijnlijk geïnoculeerd was met biomassa, verwijderde een additionele 70% van de imidacloprid uit het IOCS-effluent. Dit resulteerde in een gecombineerde verwijdering van 90%, wat nog niet eerder gezien is bij een korte EBCT. De SSF-GAC kolommen zonder IOCS verwijderden geen imidacloprid, wat suggereert dat de biomassa zich alleen ontwikkelt op specifieke substraten. Of andere pesticiden eveneens verwijderd worden via biodegradatie in IOCS-lagen, is nog onbekend. De gecombineerde invloed van lagere NOM- en pesticidenbelasting in de GAC-E laag leidde tot 8–10% hogere totale pesticideadsorptie dan de kolom zonder IOCS en 5–10% lagere doorbraak voor alle stoffen. Chloridazon en Tebuconazool werden ook na 1100 BV (6 weken) gedeeltelijk verwijderd via vermoedelijke biodegradatie in IOCS- en SSF-lagen (25% en 40% respectievelijk). Hoewel biodegradatie van deze stoffen al is aangetoond in literatuur, is deze mate van verwijdering bij dergelijke hoge concentraties en korte EBCTs nog niet eerder gerapporteerd. De aanwezigheid van nutriënten lijkt een rol te spelen in snelle biofilmvorming en daaropvolgende afbraak van pesticiden.

De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat aanvulling van SSF-GAC sandwichfilters met een IOCS-toplaag effectief is voor verwijdering van fosfaat, NOM en imidacloprid, en daarmee de levensduur en prestaties van het filter aanzienlijk verbetert. Hoewel meer onderzoek nodig is naar de verwijdering van andere pesticiden, onderstrepen de bevindingen het potentieel van IOCS als waardevolle toevoeging in sandwichfilters voor de zuivering van landbouwwater.

Bijlage 6

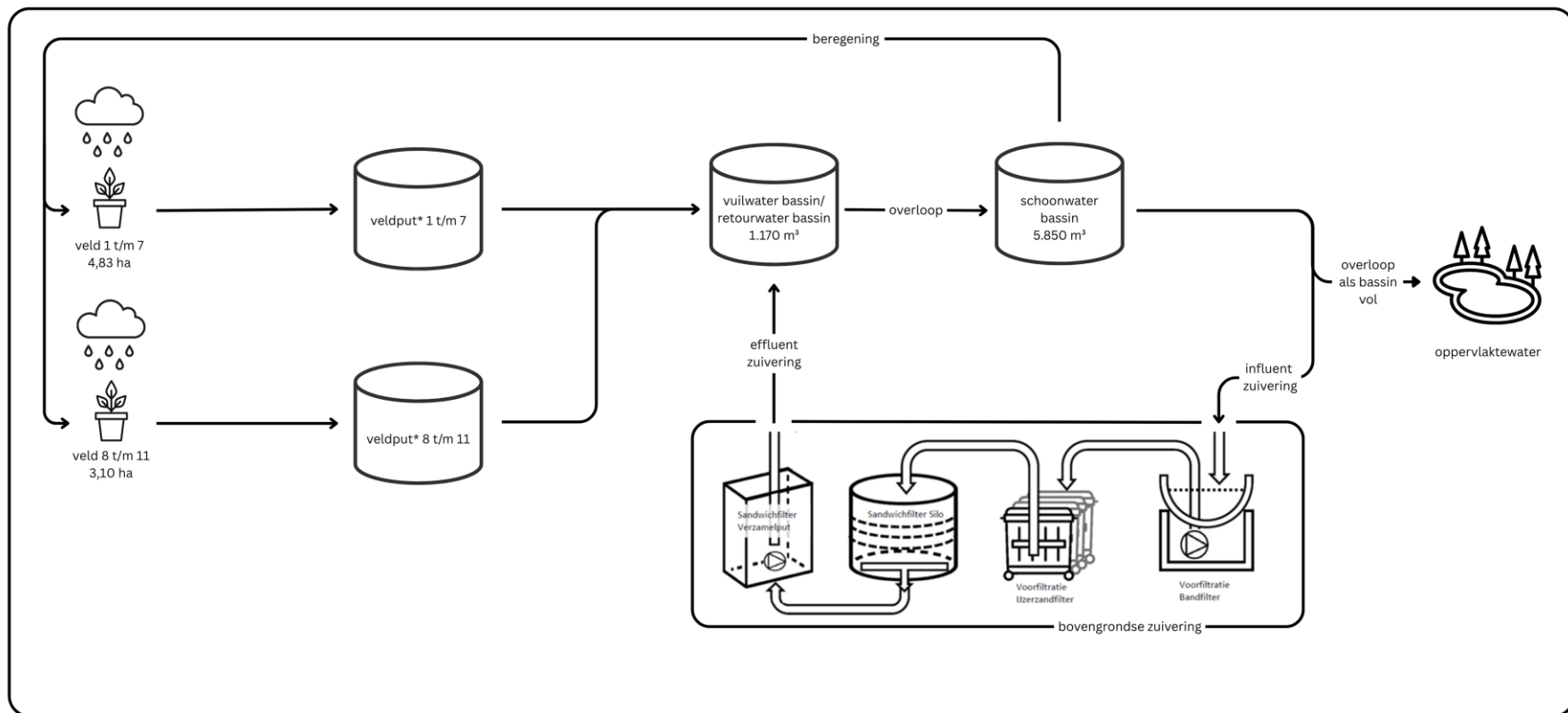
Waterstromen Van Lint

Voormalige waterinfrastructuur



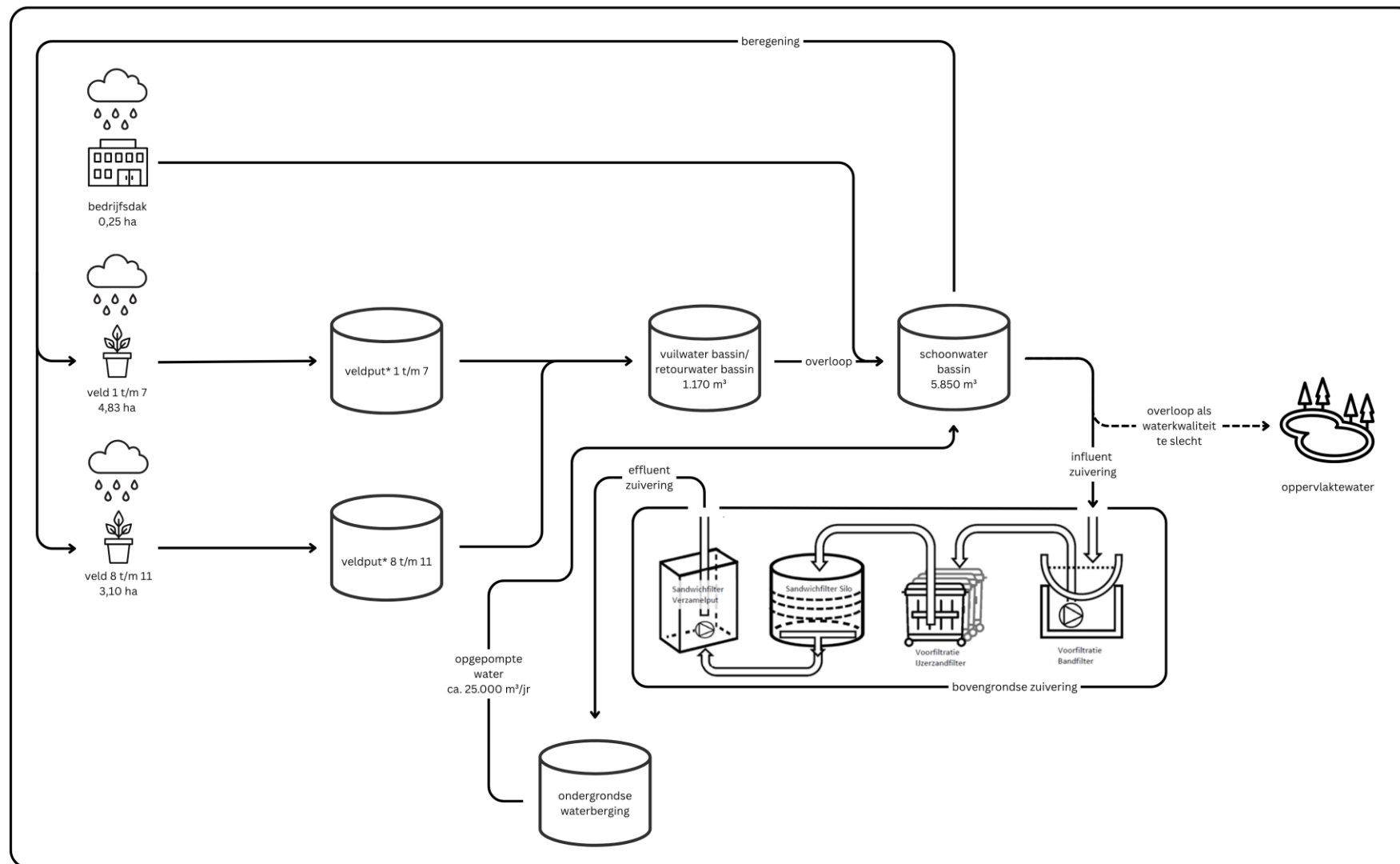
* veldput = verzamelput voor containerveldwater

Huidige waterinfrastructuur



* veldput = verzamelput voor containerveldwater

Toekomstige waterinfrastructuur



* veldput = verzamelput voor containerveldwater

Hoofdkantoor

Van Hogendorpplein 4
2805 BM Gouda

**Regiokantoor
Oost-Afrika**

Woreda 03, Bole Sub city
House No. 4/020
Addis Abeba

www.acaciawater.com

