



Waterschap NOORDERZIJLVEST



# Vergaande P-verwijdering uit rwzi's

## Deskstudie



**WON**

Waterketen Onderzoek Noord

# Vergaande P-verwijdering uit rwzi's

## Deskstudie

---

<b>Projectnaam:</b>	Deskstudie Vergaande P verwijdering uit rwzi's
<b>Datum:</b>	6 februari 2022
<b>Status:</b>	Definitief concept
<b>Auteurs:</b>	Hans de Vries, Wetterskip Fryslân (trekker werkgroep)
<b>Documentnaam:</b>	WON Deskstudie Vergaande P verwijdering uit rwzi's
<b>Vrijgave:</b>	8 februari 2022
<b>Goedgekeurd door:</b>	WON (ALV, dd. 8 februari 2022)
<b>Opdrachtgever:</b>	Vereniging Waterketen Onderzoek Noord (WON)

---



Het kwaliteitsmanagementsysteem van WLN B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001 en is van toepassing op het op projectmatige basis adviseren op het gebied van watertechnologie.

Ondanks alle zorg die aan de samenstelling van deze uitgave is besteed, kan noch de auteur, noch WLN B.V., noch WLN Business B.V. aansprakelijkheid aanvaarden voor schade die het gevolg is van enige fout in deze uitgave.

© WLN Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden vervoelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van WLN B.V., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

# Inhoudsopgave

<b>INLEIDING .....</b>	<b>1</b>
1.1    Aanleiding en onderzoeksvraag .....	1
<b>2    PROJECTAANPAK .....</b>	<b>2</b>
<b>3    PROJECTRESULTAAT .....</b>	<b>3</b>
3.1    Arcadis .....	3
3.1.1    Bevindingen Arcadis .....	3
3.2    Isle Utilities .....	4
3.2.1    Bevindingen Isle Utilities .....	4
3.3    Wetsus .....	4
3.3.1    Bevindingen Wetsus .....	5
<b>4    CONCLUSIE / VERVOLG .....</b>	<b>6</b>

## BIJLAGEN:

1. Eindnotitie Arcadis, dd. 3/12/21
2. Eindnotitie Isle Utilities, dd. juli 2021
3. Projectidee Stowa 'Opstellen methodiek voor afleiden KRW-effluentnormen voor totaal fosfor, rekening houdend met (deels biobeschikbaar) organisch fosfor (DOP)'

## Inleiding

De studie is uitgevoerd door een door de WON ingestelde werkgroep. De leden waren allen werkzaam bij, bij de WON betrokken waterschappen en bij WLN. De werkgroep is getrokken door Hans de Vries van Wetterskip Fryslân<sup>1</sup> (contactgegevens, zie voetnoot).

Deze notitie geeft de aanleiding voor de studie, alsmede de uitkomsten van de verschillende ingezette trajecten en welk vervolg er gegeven wordt aan deze studie. Vaststelling, na bespreking met de werkgroep (week 6, schriftelijk) en bestuur WON (ALV, dd. 8/2/22).

Er is een 'hoofdopdracht' verstrekt aan Arcadis. Daarnaast is aan Isle Utilities een nevenopdracht verstrekt en zijn er een aantal gesprekken gevoerd met materiedeskundigen.

De inzet hieronder geeft informatie over de WON.

De **Vereniging Waterketen Onderzoek Noord** (WON) komt voort uit een informele samenwerking tussen waterschappen en waterbedrijven in Noord-Nederland. Dit zijn: de waterschappen Hunze en Aa's, Noorderzijlvest en Wetterskip Fryslân, de waterbedrijven Waterbedrijf Groningen en WMD Water. WLN is als onafhankelijk waterpartner verbonden als partner in onderzoek en advies voor drink-, industrie- en afvalwater.

De WON is een technologische vereniging waarin partijen elkaar vinden op technologische vraagstukken die relevantie hebben voor alle leden. De WON heeft een verenigingsbestuur en een projectgroep. Ieder jaar stelt de projectgroep een onderzoeksprogramma op, waarna deze wordt vastgesteld door het bestuur. De WON is ook deelnemer in een aantal onderzoeksthema's van Wetsus.

[www.waterketenonderzoeknoord.nl](http://www.waterketenonderzoeknoord.nl)

### 1.1 Aanleiding en onderzoeksvraag

De aanleiding voor deze studie ligt bij het behalen van de KRW doelen. De waterschappen werken aan het opstellen van KRW gebiedsplannen. De focus is om de waterkwaliteit verder te verbeteren door het fosfaatgehalte nog verder te verminderen (fosfaatlimitering). De rwzi's zijn één van de puntbronnen die fosfaten in het oppervlakte water brengen. Mogelijk wordt (in de toekomst) gevraagd om verder te zuiveren dan de gebruikelijke 0,5 tot 1 mg/l. Het plaatsen van een zandfilter is nu een vaak genoemde optie, maar mogelijk loop je hiermee tegen het beperkte rendement van het filter aan. Met een zandfilter pak je alleen onopgelost fosfaat en ortho-fosfaat, vaak met een ijzer of aluminium dosering, aan. Het opgelost organisch gebonden fosfaat (DOP) is veel moeilijker te verwijderen. Een brainstorm binnen de werkgroep heeft geleid tot de volgende onderzoeksvraag:

**Onderzoeksvraag** - Welke betaalbare en duurzame technieken zijn er nationaal en internationaal (in ontwikkeling) die het opgelost organisch gebonden fosfor kunnen aanpakken en daarmee het totaal-P verlagen.

<sup>1</sup> Contactgegevens van Hans de Vries zijn: E - [hdevries1@weterskipfryslan.nl](mailto:hdevries1@weterskipfryslan.nl) en T - 06-52051319.

## 2 Projectaanpak

De werkgroep heeft het uitvoeren van een deskstudie / literatuuronderzoek gezien als een eerste stap, waarbij de vraag centraal staat: welke aanvullende of vervangende technologieën in de waterlijn van een rwzi ingezet zouden kunnen worden. De studie moest ook inzicht geven in hoe duurzaam de technologie is en wat hiervan globaal de kosten zijn (€ per te behandelen m<sup>3</sup>).

De uitvraag is neergelegd bij drie ingenieurs-/adviesbureaus die onderdeel zijn van het raamcontract van Wetterskip Fryslân. De partijen zijn gevraagd een beknopte offerte uit te brengen met een aanpak en een beschrijving van het resultaat en referenties. Gunning is geweest op basis van de gekozen aanpak, resultaatbeschrijving en prijs.

[Arcadis Assen](#) (Arjan Schenkel) heeft uiteindelijk een opdracht gekregen. Uiteindelijk is, ook in samenspraak met Arcadis, besloten om [Isle Utilities](#) (Peter Wessels) een aanvullende opdracht te verstrekken. Arcadis is gevraagd vooral te kijken naar technologieën met een TRL-niveau van 7/8 en Isle Utilities is gevraagd vooral naar technologieën met een TRL-niveau van 5/6 te kijken. Hiervoor is gekozen omdat er al snel een vermoeden was dat er weinig bewezen technologie, specifiek op DOP-verwijdering, op de markt te vinden was. Isle Utilities heeft een database met wereldwijd bekende zuiveringstechnologie in verschillende stadia van ontwikkeling; van nog in de laboratoriumfase, demonstratiefase, (markt)introductiefase tot bewezen. De verwachting was dat deze database wellicht nog interessante informatie zou kunnen opleveren.

De werkgroep heeft daarnaast contact gelegd naar Wetsus (Leon Korving), omdat Wetsus is betrokken bij een initiatief om met behulp van adsorptietechnieken tot zeer lage P-concentraties te komen in waterfracties en dit tegen acceptabele kosten. In de VS heeft Wetsus hier ook een prijs mee gewonnen.

## 3 Projectresultaat

De studie heeft twee rapportages opgeleverd, een document van Arcadis en een PowerPoint presentatie van Isle Utilities. In de bijlagen 1 en 2 zijn de rapportages integraal opgenomen. In dit hoofdstuk worden kort de resultaten geduid.

### 3.1 Arcadis

Arcadis heeft eerst gekeken naar 'wat is DOP'. DOP is de opgeloste organische fosfaat fractie in afvalwater. DOP komt in verschillende vormen voor, zowel organisch als anorganisch. Over de biobeschikbaarheid is ook nog weinig bekend, maar lijkt ook zeker locatieafhankelijk. DOP is moeilijk te verwijderen door conventionele technieken, maar met nageschakelde technieken (wo zandfiltratie) laat het zich moeilijk verwijderen, ook omdat DOP zich niet lijkt te binden aan ijzerzouten.



Figuur 1: Schematische voorstelling van het effect van conventionele en nageschakelde zuiveringstechnieken op N- en P-fracties in het effluent (Stowa, 2009-03).

#### 3.1.1 Bevindingen Arcadis

Voor zuiveringen met een hoog percentage DOP in het effluent kan een brononderzoek en een bronaanpak effectief zijn. Dit hangt mogelijk samen met de oorsprong van het afvalwater en mogelijk met de grondsoort in de omgeving van de zuivering. Arcadis stelt voor om, om te begrijpen wat DOP precies is en om te onderzoeken waar DOP vandaan komt, samen te werken met andere waterschappen, en vooral aan te haken bij het Stowa-project dat specifiek op dit onderwerp wordt gezet.

In de zoektocht naar beschikbare technieken om DOP te verwijderen, zijn door Arcadis geen direct toepasbare technieken naar voren gekomen. Geen van de technieken zijn specifiek gericht op DOP-verwijdering, laat staan dat er full-scale toepassingen zijn. Technologieën die door Arcadis zijn genoemd zijn: UF/NF, oxidatietechnieken met ozon/peroxide en RO.

Arcadis verwacht op dit moment het meest van technieken gebaseerd op chemische precipitatie en/of adsorptie. In de rapportage (bijlage 1) zijn de technieken verder uitgediept.

Arcadis doet in haar rapport een aantal aanbevelingen voor een mogelijk vervolg. In de volgende tabel zijn deze weergegeven. Een constatering is dat er meer onderzoek en informatie nodig is over DOP. Het Stowa-project kan deze gaan geven.

Stap	Wie	Wanner
Meedoen, volgen het Stowa project over DOP -> meer informatie halen over verschillende vormen van fosfaat, en bron invloed	Alexander Hendriks (wr&i) contactpersoon	November 2021
Apart onderzoek bij de zuivering om de vorm van DOP proberen te definiëren	WON	2022
Beste techniek om gericht fosfaat (vooral in de vorm van orthofosfaat) van het effluent te verwijderen lijkt via adsorptie). Meer informatie halen over de biophree techniek van Aquacare <ul style="list-style-type: none"> <li>Referenties vragen</li> <li>Kosten inschatting</li> </ul>	Via het Stowa project – RHDHV	

## 3.2 Isle Utilities

Op basis van een 'database-scan' zijn vijf technologieën geïdentificeerd die mogelijk DOP verwijderen. De leveranciers van deze technieken zijn bevroegd. Twee leveranciers gaven aan hier niet op in te zetten. Uiteindelijk zijn er drie technologieën overgebleven die mogelijk DOP verwijderen. Dit waren: Evergreen Engineering Greenpro (adsorptie/filtratie), Neo Water FX300 (chemische precipitatie) en MetaMateria PO4 Sponge (adsorptie). Al deze leveranciers verwachten dat er DOP verwijderd zou kunnen worden, maar dat hier nog niet specifiek aan is gemeten (full-scale). Wel geven deze leveranciers aan tot lage concentraties totaal-P te komen.

### 3.2.1 Bevindingen Isle Utilities

- Alle drie technieken zijn mogelijk interessant en kunnen de verwijdering van TP op de zuivering bevorderen. Uit eerdere resultaten blijkt dat ze allemaal effluent concentraties < 0.1 mg/L TP kunnen bereiken.
- Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de verwijdering van DOP. Dat is voornamelijk omdat de klant altijd eisen op TP verwijdering stelt en niet specifiek DOP benoemt. Zolang de doelstelling van de klant kan worden behaald worden verder geen vragen gesteld.
- DOP is een breed begrip. De leveranciers geven aan graag een (lab)proef uit te willen voeren als iets duidelijker wordt om welke stoffen het precies gaat.
- Enerzijds lijken adsorptietechnieken geschikter dan chemische precipitatie. Anderzijds lijkt NeoWater (de chemische precipitatie techniek) er het meest van af te weten en zeggen ze een aantal recente lab resultaten te hebben die aantonen dat ze bepaalde DOP fracties kunnen verwijderen.
- Isle Utilities raadt daarom aan met alle drie de leveranciers in gesprek te gaan.

## 3.3 Wetsus

Het contact met Wetsus (Leon Korving) is gelegd, omdat Wetsus in 2017 in de VS een prijs heeft gewonnen. De prijs was bedoeld voor veelbelovende technieken om ultra lage concentraties fosfaat uit water te verwijderen en dit tegen acceptabele kosten en met een klein ruimtebeslag. De gepresenteerde techniek richtte zich op zowel het opgeloste fosfaat als het onopgeloste fosfaat. De kracht van de oplossing is dat de voorgestelde technologie beide vormen kan verwijderen. Het oplosbare fosfaat kan door adsorptie aan een ijzerhoudend adsorbens tot zeer lage concentraties



worden verwijderd. Voor het invangen van fosfaat dat aanwezig is in de vorm van deeltjes heeft Wetsus het gebruik van natuurlijke flocculanten voorgesteld.

Artikel: [Adsorption as a technology to achieve ultra-low concentrations of phosphate: Research gaps and economic analysis | Elsevier Enhanced Reader](#)

De technologie wordt vercommercialiseerd door het bedrijf Aquacare, onder de naam BiOPhree<sup>®</sup> (zie link: [Biophree \(aquacare.nl\)](#))

### 3.3.1 Bevindingen Wetsus

BiOPhree is een gepatenteerde adsorptietechniek waarmee het van nature in water opgeloste fosfor tot een minimum wordt gereduceerd. Voor afvalwater en oppervlaktewater wordt eerst de vaste fosfor fractie afgevangen. Volgens de fabrikant is de technologie het meest kostenefficiënt op plekken waar de hoogste concentraties het oppervlaktewater inkomen (hotspots). 'Onafhankelijk van de inkomende totaal fosforconcentratie, die van 100 tot 3000 ppb kan variëren, wordt een uitgaande stroom lager dan 10 ppb bereikt'. Het geadsorbeerde fosfor in de reactoren wordt in een regeneratiecyclus weer opgelost, waarna het adsorptiemedium weer opnieuw fosfor kan opnemen. De fabrikant claimt dat het fosfor, en andere stoffen die in de regeneratie vloeistof zitten, door innovatieve processen gescheiden kunnen worden van de zuivere regeneratie vloeistof, zodat beide stromen geschikt gemaakt worden voor hergebruik.

Aquacare: 'De BiOPhree<sup>®</sup>-methode levert grote voordelen op':

- Voorkomt algengroei in plaats van bestrijden;
- Geen schadelijke afvalstromen;
- Flexibele design;
- Schaalbaar van 10 tot 100.000 m<sup>3</sup>/h;
- Laag energieverbruik;
- Kleine footprint;
- Eenvoudig proces;
- Hergebruik van fosfor.



## 4 Conclusie / vervolg

De belangrijkste conclusie van deze beknopte studie is dat er meer niet dan wel bekend is over het verwijderen van DOP uit afvalwater. Voorafgaand aan de studie is hier rekening mee gehouden, maar de verwachtingen waren hoger dan uit de studie is gekomen. De vraag aan Arcadis was om op zoek te gaan naar toepasbare technologieën en deze technologieën te beoordelen op effectiviteit, duurzaamheid en kosten (volgens de MCA-methodiek). Aan dit laatste is Arcadis niet toegekomen. Arcadis heeft daarom een deel van de opdracht teruggegeven. De werkgroep heeft dit al vroegtijdig onderkend, waarna contact is gezocht met Isle Utilities en Wetsus. Het project heeft er toe geleid dat we contact hebben kunnen leggen met Waterschap Rijn en IJssel (Alexander Hendriks).

In het project waren we op zoek naar technologie, maar de belangrijkste achterliggende vragen zien we terugkomen in een Stowa project met als (lange) (werk) titel 'Opstellen methodiek voor afleiden KRW-effluentnormen voor totaal fosfor, rekening houdend met (deels biobeschikbaar) organisch fosfor (DOP)'. Het voorstel tot vervolg is dan ook om aan dit project te gaan deelnemen als WON. Hiervoor zijn de contacten gelegd. We hebben ons onlangs aangemeld voor de begeleidingscommissie. Namens de WON nemen hier aan deel: Otto Kluiving (zuiveringstechnoloog Hunze en Aa's) en Jan Roelsma (beleidsadviseur waterkwaliteit Wetterskip Fryslân).

# Bijlage 1. Eindnotitie Arcadis, dd. 3/12/21

## Memo



**ONDERWERP**  
Factsheet Dissolved Organic Phosphorus (DOP)

**DATUM**  
3 december 2021

**VAN**  
Marina Gatón

---

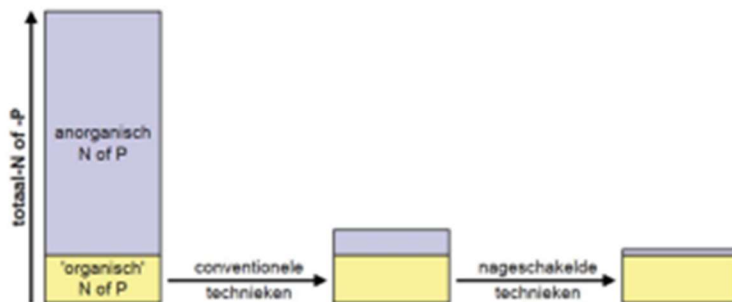
## Inhoudopgave

<b>1 DOP als containerbegrip</b> .....	2
<b>1.1 Meten</b> .....	2
<b>1.2 In Nederland</b> .....	3
<b>1.3 Biobeschikbaarheid</b> .....	4
<b>1.4 Conclusie</b> .....	4
<b>2 Mogelijke oplossingen</b> .....	5
<b>2.1 Chemische precipitatie en filtratie</b> .....	5
<b>2.2 Adsorptie</b> .....	5
<b>2.3 Reverse Osmosis (RO)</b> .....	6
<b>2.4 Ionenwisseling</b> .....	6
<b>2.5 Oxidatie</b> .....	6
<b>3 Aanbevelingen/volgende stappen</b> .....	7
<b>4 Bibliografie</b> .....	8

## 1 DOP als containerbegrip

Dissolved organic phosphorus (DOP), of opgelost organisch fosfor in het Nederlands, is een van de vormen van fosfor die in het effluent van een waterzuivering aanwezig zijn. Het gaat daarbij ten dele om stoffen die gevormd zijn bij het zuiveringsproces, maar ook om moeilijk afbreekbare P bevattende verbindingen die het zuiveringsproces hebben overleefd. Verwijdering van organische P-verbindingen is moeilijk. De nu in Nederland toegepaste nageschakelde technieken leiden vooral tot verlaging van anorganische P, waardoor het aandeel van de stabielere P-verbindingen toeneemt.

Moeilijk afbreekbare P-bevattende stoffen in deze categorie zijn o.a. fosfororganische herbiciden, insecticiden en fungiciden, brandbeveiligingsmiddelen, weekmakers en bestanddelen van lakken en lijm. In industriële afvalwateren kan DOP ook afkomstig zijn van planresten, mest en microbiële celmateriaal (C.S. Petzoldt, 2020). Ook humus- en fytiëzuren bevatten naar verwachting DOP; vastleggen van humuszuren zou naar verwachting een bijdrage leveren aan de lozingsseis voor DOP (Stowa, 2017-48).



*Figuur 1 – Schematische voorstelling van het effect van conventionele en nageschakelde zuiveringstechnieken op N- en P-fracties in het effluent (Stowa, 2009-03).*

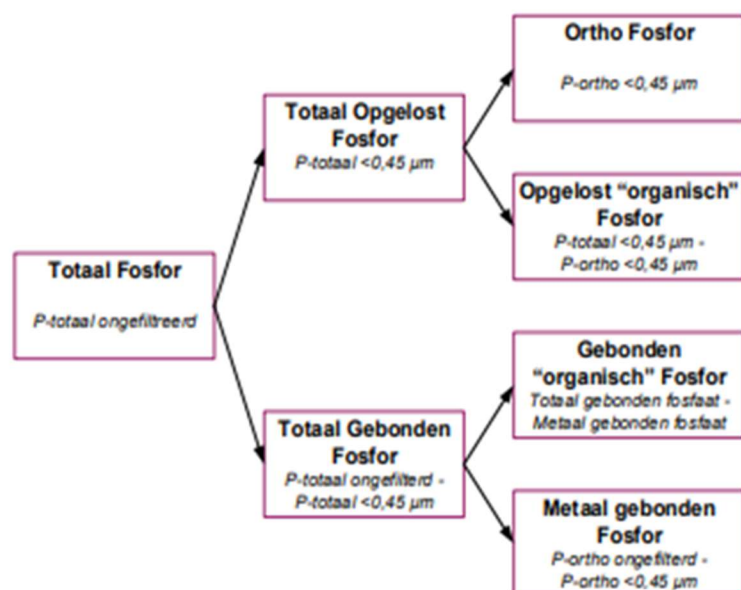
Definitie van DOP is dus niet helemaal duidelijk, en voorlopig lijkt de moeilijkste P-fractie om te laten verwijderen. Binnen DOP worden waarschijnlijk de kleine colloïdale deeltjes bedoelt. Ze binden niet makkelijk aan ijzer en ze zijn lastig te verwijderen met een zandfilter.

### 1.1 Meten

De verschillende vormen van fosfor in afvalwater worden gecategoriseerd door twee meetmethodes (Stowa 2009-03):

- Het meten van totaal-P, na destructie;
- Het meten van ortho-P.

Deze gehalten worden in zowel gefilterde als ongefilterde monsters gemeten. Dit levert het volgende overzicht op:



Figuur 2 – Overzicht van alle vormen P die onderscheiden worden in effluent van een rwzi (S. M. Scherrenberg, 2008)

In het overzicht wordt organisch met aanhalingstekens geschreven omdat niet alle vormen van fosfor in deze categorie organisch zijn; bijvoorbeeld ook anorganische zuur-hydrolyseerbare fosfaten (polyfosfaten en pyrofosfaten) worden door de meetmethodes onder DOP geschaard. Dit is ook te zien in onderzoek van (Stowa, 2009-32) waarbij nageschakelde zuiveringstechnieken op awzi Leiden Zuid-West zijn getest. Hierbij bleek dat tijdens coagulatie (met metalen) het opgelost organisch fosfaat afnam. Dit impliceert dat het colloïdaal is (10 nm – 1 µm) of dat het gebonden is aan colloïdaal materiaal waardoor het ingevangen kan worden in vlokken.

Dat de definitie van DOP gebaseerd is op de onderverdeling in *Figuur 2*, betekent dat DOP niet *per se* bestaat uit alleen opgelost organische fosfor.

## 1.2 In Nederland

In een Stowa onderzoek zijn data verzameld van effluënten van 22 Nederlandse zuiveringsinstallaties waar organisch P was gemeten. Hierbij wordt vermeld dat het om ruwe data gaat, de analysemethodes kunnen verschillen, waardoor resultaten van verschillende zuiveringen mogelijk niet geheel vergelijkbaar zijn.

	gemiddeld	min	max	95% bi	
TDP - totaal opgelost P	0,85	0,18	2,12	0,24	mgP/l
DOP - opgelost org. P	0,14	0,03	0,59	0,05	mgP/l
DOP als % van TDP	24%	4%	63%	8%	

Figuur 3 – Gemiddelde, extremen en schattingsintervallen van opgelost P in effluent van 22 zuiveringsinstallaties (Stowa, 2009-03).

Toch is duidelijk dat de bijdrage DOP aan het totaal P gehalte van het effluent sterk verschilt per zuivering, maar dat in elk effluent een gehalte aan DOP wordt gemeten. Het percentage organisch P is het hoogst in effluënten met lage concentraties opgelost P. Dit duidt erop dat conventionele technieken DOP niet afbreken (zie ook stap 1 in *Figuur 1*).

Het lijkt ook vooralsnog een kleine deel te zijn van de restant fosfor in het effluent van de zuiveringen (gemiddeld 24%).



## Bron

Daar hebben we nog niet veel informatie kunnen vinden. De bron zal ook afhankelijk zijn van de specifieke DOP variant die in het effluent aanwezig is. Het kan ook afkomstig zijn van de afbraakproducten tijdens de biologische zuiveringsproces.

Een van de bronnen van DOP zouden de fytynezuren kunnen zijn. Deze stof is aanwezig in verschillende planten. Sommige dieren kunnen deze stof niet afbreken (oa varkens), waardoor dit in relatief hoge concentraties voorkomt in varkensmest. Het is echter vrijwel zeker dat dit type fosforverbindingen verwijderd kan worden doormiddel van adsorptie.

## 1.3 Biobeschikbaarheid

DOP draagt alleen bij aan eutrofiering van oppervlaktewater als het daadwerkelijk bio beschikbaar is. Naar deze bio beschikbaarheid zijn verschillende onderzoeken gedaan. In een Stowa rapport uit 2009 (Stowa, 2009-03) wordt de bio beschikbaarheid van DOP voor algen onderzocht. In tien effluenten, afkomstig van zes verschillende rwzi's is onderzocht in hoeverre een testalg DOP kan afbreken in 2 á 3 weken. Hierbij is de organische P fractie niet of nauwelijks afbreekbaar. Er werd dan ook een lineaire correlatie tussen niet-bio beschikbare en organische fractie van P gevonden; wat erop duidt dat de DOP fractie niet-bio beschikbaar is. Tijdens het onderzoek is ook een deel van de monsters ingevroren, ontdooid of geautoclaveerd. Dit had geen effect op de bio beschikbaarheid, wat er dus niet op wijst dat niet-bio beschikbaar P gemakkelijk voor de testalg beschikbaar komt.

Na een ander onderzoek is ook de bio beschikbaarheid van DOP onderzocht (C. Qin, 2015). Ditmaal voor het effluent van twee Amerikaanse afvalwaterzuiveringen. Hieruit bleek dat de meeste vormen van DOP hydrofoob zijn (circa 60-80%). Juist dit hydrofobe deel zou toch bio beschikbaar zijn. Ook wordt betoogd dat de meest dominante vormen van DOP in het geteste afvalwater waarschijnlijk bestaan uit fosfaat monoesters en fosfaat diesters. De auteurs vonden dat 73,7-75,4% bio beschikbaar bleek in de algen bioassay test. Daardoor pleiten de auteurs dat DOP toch meer bio beschikbaar is dan voorheen werd gedacht. Afbraak van DOP uit effluent blijkt dan ook gewenst om eutrofiering van oppervlaktewaters tegen te gaan.

## 1.4 Conclusie

De eerste conclusie die we hier kunnen trekken is dat onder de naam DOP verschillende vormen van fosfor vallen, zowel organisch als anorganisch. Het is niet geheel duidelijk in hoeverre DOP biobeschikbaar is, mogelijk is dit ook locatieafhankelijk. Het gehalte aan DOP in het effluent van een zuivering is duidelijk afhankelijk van de zuivering/locatie. Dit hangt mogelijk samen met de oorsprong van het afvalwater en mogelijk type grond in de omgeving. Ook bestaat de kans dat DOP tijdens het zuiveringsproces zelf gegenereerd wordt. In zuiveringen met een hoog percentage van DOP in het effluent kan een brononderzoek en -aanpak effectief zijn.

Om te begrijpen wat het probleem precies is en om te onderzoeken waar DOP vandaan komt is het Waterschap Rijn en IJssel is samen met andere waterschappen bezig hierover een Stowa traject op te zetten.

## 2 Mogelijke oplossingen

Allereerst moet vermeld worden dat in de zoektocht naar beschikbare technieken om DOP te verwijderen, geen kant-en-klare techniek naar boven is gekomen. Er zijn geen technieken full-scale toegepast die focussen op het verwijderen van DOP. In literatuur en via het netwerk van Arcadis zijn wel verschillende methodes naar boven gekomen die mogelijk een oplossing zijn voor het DOP probleem. In dit hoofdstuk worden deze technieken besproken.

Meeste technieken zijn niet specifiek gericht om P/DOP te verwijderen, maar het verwijderen van P wordt gezien als een deel van de in het effluentwater gebleven microcontaminanten.

- UF en NF zouden getest kunnen worden voor het verwijderen van P.
- Oxidatie met ozon, peroxide
- Reverse osmosis.

De meeste waardevolle technieken – waar meer onderzoek is al gedaan- zijn de chemische precipitatie en Adsorptie. Beide technieken zijn al toegepast voor het verwijderen van P – > wel in de vorm van orthofosfaat.

---

*Dit is geen wetenschappelijke review van alle mogelijke technieken die in literatuur te vinden zijn, maar een samenvatting van de technieken die het meest zijn benoemd tijdens de rondgang langs kennisdragers.*

---

### 2.1 Chemische precipitatie en filtratie

Zoals in het vorige hoofdstuk benoemd zijn er aanwijzingen dat DOP (gedeeltelijk) verwijderd kan worden door dosering van coagulant/flocculant, gecombineerd met filtratie. Verregaande P-verwijdering door dosering van metaalzouten met nageschakelde filtratie is onderzocht door Fundneider et al. voor een Duitse afvalwaterzuivering (T. Fundneider, 2020). Hierbij is vooral gekeken naar het effect op de oplosbare reactieve fosfor, waarbij zeer lage concentraties haalbaar waren; <50 µg/l oplosbaar reactief P. Maar ook werd geconstateerd dat een deel van de oplosbare niet reactieve fosfor (DOP) verwijderd werd (van gemiddeld 51 µg/l naar 22 µg/l). De dosering in de proefopstelling was fors: >5 mol Me<sup>3+</sup>/ mol reactief fosfor. In een rapport van de EPA (United States Environmental Protection Agency) zijn verschillende van in de VS toegepaste technieken voor het behalen van zeer lage fosfor concentraties naast elkaar gezet. Hierbij is niet gekeken naar het aandeel DOP, dus efficiency van de verwijdering hiervan is onduidelijk. Een van de observaties van dit artikel luidt: chemische dosering van aluminium- of metaalzouten gevolgd door tertiaire filtratie kan de totaal fosfor concentraties in effluent naar zeer lage waarden brengen. De totaal fosfor concentraties die door sommige van deze zuiveringen was behaald, waren consistent rond of onder de 0,01 mg/l (David Ragsdale, 2007). Of bij de onderzochte zuiveringen ook DOP in het effluent aanwezig was, is onduidelijk, maar de zeer lage concentraties fosfor zijn bemoedigend.

Deze techniek wordt dus al wel full-scale toegepast, maar de efficiëntie hiervan is nog niet goed onderzocht. Mogelijk dat verwijdering van DOP op de nieuwe installatie op rwzi Gieten gemonitord kan worden.

### 2.2 Adsorptie

Een tweede techniek die vaak benoemd is, is adsorptie. In de afgelopen jaren is veel onderzoek gedaan naar verbetering van fosforverwijdering in filtersystemen met actieve media. Actieve media filters gebruiken de P-adsorptie eigenschappen van sommige materialen om gericht fosfor uit afvalwater te verwijderen. Deze materialen worden gemaakt van natuurlijke producten, van industriële restproducten of zijn kunstmatig (J. T. Bunce, 2018). Deze techniek heeft bewezen zeer lage ortho-P gehalten te kunnen behalen (P.S. Kumar, 2019). Dat vooral ortho-P lijkt te worden geadsorbeerd, wordt als een van de beperkingen van deze techniek benoemd. Wel zijn er ook studies die aantonen dat organische fosfaten ook geadsorbeerd worden (P.S. Kumar, 2019).

Een groot nadeel van deze techniek is dat adsorptie materialen verzadigd kunnen raken. Daarom zal dit materiaal vervangen of geregenereerd moeten worden (J. T. Bunce, 2018). Een economische analyse heeft aangetoond dat regeneratie economisch het meest voor de hand ligt (P.S. Kumar, 2019).

Adsorptie als techniek voor het behalen van lage fosfor concentraties wordt als veelbelovend gezien. In een Amerikaanse competitie, de George Barley Water Prize in 2020, was uitvraag gedaan naar de totaal fosfor



verwijderingstechniek die betaalbaar lage concentraties kan behalen. Vrijwel alle deelnemers gebruikten een vorm van adsorptie als oplossing.

In een Stowa onderzoek is ook gekeken naar de effectiviteit van het one-step filter (Stowa, 2009-34). Een one-step filter verwijdert P via chemische fosfaatverwijdering (coagulatie, flocculatie en filtratie), N via denitrificatie, troebelheid via filtratie en microverontreinigingen via adsorptie. Deze techniek zorgde voor een afname in DOP. Welke stap van het one-step filter hiervoor verantwoordelijk is, is niet duidelijk; mogelijk via coagulatie en vlokvorming en mogelijk dat adsorptie hier ook een rol speelt.

Full-scale toepassing van deze techniek specifiek voor P-verwijdering vindt nog niet plaats. Er is wel onderzoek door Wetsus gedaan, samen met een pilot installatie in Cyprus. Daar wordt het verwijderen van P in de vorm van orthofosfaat via adsorptie middel met ijzerhoudend materiaal onderzocht.

Er is een Nederlands bedrijf (Aquacare) die een specifiek techniek heeft ontwikkeld (biophree) om het fosfaat te reduceren tot 10 ppb. De vraag is of hier wordt een deel van de DOP (in welke vorm) verwijderd. De efficiency specifiek voor DOP is nog niet bekend.

## 2.3 Reverse Osmosis (RO)

Een derde techniek die benoemd is, is reverse osmosis (omgekeerde osmose of RO). Bij deze techniek wordt het afvalwater gescheiden in twee stromen: een geconcentreerde stroom met alle zouten en grotere moleculen en een effluentstroom met voornamelijk water. Om deze techniek toe te passen op rwzi effluent zal een tussen filtratiestap nodig zijn (zoals mogelijk ultrafiltratie).

Deze techniek wordt al veel toegepast, bij bijvoorbeeld drinkwaterbereiding. Het effluent van rwzi Emmen wordt gezuiverd tot ultra puur water met als laatste stap in het zuiveringsproces RO (G. Veenendaal, 2019). De kosten voor deze techniek zijn hoog, zowel CAPEX als OPEX. Toepassen voor enkel verwijdering van DOP is waarschijnlijk niet haalbaar, maar in combinatie met het produceren van ultrapuur water of het verwijderen van andere microverontreinigingen kan het wel haalbaar worden. Het behandelen en verwerken van de reststromen die vrijkomen bij deze techniek is een aandachtspunt.

## 2.4 Ionenwisseling

Ionenwisseling wordt ook onderzocht als fosforverwijderingstechniek. Ook bij het onderzoek hiernaar is vooral gekeken de anorganische geladen vorm van fosfor: ortho-P (J. T. Bunce, 2018). Deze ionen kunnen uitgewisseld worden op een vast medium met andere ionen met dezelfde lading. Het voordeel van ionenwisseling is dat de fosfor herwonnen kan worden en het medium geregenereerd. Het is onduidelijk of DOP verwijderd kan worden met deze techniek.

Deze techniek is alleen nog aangetoond op labschaal. Er staan nog verschillende uitdagingen in de weg voor opschaling: zo zijn de kosten van de chemicaliën die nodig zijn voor het terugwinnen van P hoog en zijn de uitwisselingsmedia gevoelig voor pH. Ook bij deze techniek is behandelen en verwerken van de reststromen die vrijkomen bij deze techniek is een aandachtspunt.

## 2.5 Oxidatie

Een laatste techniek die benoemd is, is oxidatie. Dit is nog niet veel onderzocht voor huishoudelijk afvalwater. Een onderzoek heeft wel aangetoond dat advanced oxidation (TiO<sub>2</sub>/UV fotolyse met ultrafiltratie) een deel van het niet reactieve fosfaat goed verwijderd (H.E. Gray, 2020). Het artikel beaamt ook dat nog veel vervolgonderzoek nodig is, om het potentieel van deze techniek goed te kunnen beoordelen.



### 3 Aanbevelingen/volgende stappen

Onderaan een kleine tabel met een suggestie voor de volgende stappen. We hebben geconstateerd dat er meer onderzoek en informatie nodig is over DOP. Dat zou de eerste stap mogelijk kunnen zijn.

Stap	Wie	Wanner
Meedoen, volgen het Stowa project over DOP -> meer informatie halen over verschillende vormen van fosfaat, en bron invloed	Alexander Hendriks (wr&i) contactpersoon	November 2021
Apart onderzoek bij de zuivering om de vorm van DOP proberen te definiëren	WON	2022
Beste techniek om gericht fosfaat (vooral in de vorm van orthofosfaat) van het effluent te verwijderen lijkt via adsorptie). Meer informatie halen over de biophree techniek van Aquacare <ul style="list-style-type: none"><li>• Referenties vragen</li><li>• Kosten inschatting</li></ul>	Via het Stowa project – RHDHV	

## 4 Bibliografie

- C. Qin, H. L. (2015). Bioavailability and characterization of dissolved organic nitrogen and dissolved organic phosphorus in wastewater effluents. *Science of the Total Environment*, 47-53.
- C.S. Petzoldt, J. L. (2020). *REmoval of orthophosphate and dissolved organic phosphorus from synthetic wastewater in a combined struvite precipitation-adsorption system*. Journal of Environmental Chemical Engineering .
- David Ragsdale. (2007). *Advanced Wastewater Treatment to Achieve Low Concentration of Phosphorus*. Seattle: EPA.
- G. Veenendaal, D. K. (2019, December 24). Ultrapuur water uit RWZI-effluent; bijna 10 jaar ervaring in Emmen. *HsO*.
- H.E. Gray, T. P. (2020). Organic phosphorus removal using an integrated advanced oxidation-ultrafiltration process. *Water Research*.
- J. T. Bunce, E. N. (2018). A review of phosphorus removal technologies and their applicability to small-scale domestic wastewater treatment systems. *Frontiers in Environmental Science*.
- P.S. Kumar, L. K. (2019). Adsorption as a technology to achieve ultra-low concentrations of phosphate: research gaps and economic analysis. *Water Research X*.
- S. M. Scherrenberg, A. F. (2008). Innovative phosphorus distribution method to achieve advanced chemical phosphorus removal. *Water Science & Technology*, 1727 - 1733.
- Stowa. (2009-03). *Biobeschikbaarheid van stikstof en fosfaat in rwzi-effluent*. Amersfoort: Stowa.
- Stowa. (2009-32). *Nageschakelde zuiveringstechnieken op de awzi Leiden Zuid-West*. Amersfoort: Stowa.
- Stowa. (2009-34). *1-step filter als effluentpolishingstechniek*. Amersfoort: Stowa.
- Stowa. (2017-48). *Verkenning van het winnen van humus- en fulvinezuren op rwzi's*. Amersfoort: Stowa.
- T. Fundneider, L. A. (2020). Tertiary phosphorus removal to extremely low levels by coagulation-flocculation and cloth-filtration. *Water Science & Technology*.

## Bijlage 2. Eindnotitie Isle Utilities, dd. juli 2021



### Vergaande P-verwijdering uit RWZI effluent

Opgesteld door: Peter Wessels

July 2021

Bringing technologies to life

## PROJECT CONTEXT

Waterketen Onderzoek Noord (WON) is een technologische vereniging waarin partijen elkaar vinden op technologische vraagstukken die relevantie hebben voor alle leden.

De waterschappen werken aan het opstellen van KRW gebiedsplannen. Een van de focuspunten hierin is fosfaatlimitering. Rwwi's zijn één van de puntbronnen die fosfaten in het oppervlakte water brengen. Mogelijk wordt in de toekomst gevraagd om verder te zuiveren dan de gebruikelijke 0,5 tot 1 mg/l.

Met bekend technieken, bijvoorbeeld coagulatie en filtratie, wordt alleen onopgelost fosfaat en orthofosfaat verwijderd. Opgelost organisch fosfaat (DOP) wordt hier niet mee verwijderd en verwacht wordt dat dit wel nodig zal zijn om toekomstige doelstellingen te halen.

WON heeft daarom aan Isle Utilities gevraagd een korte scan op hoofdlijnen uit te voeren naar betaalbare en duurzame technieken met een TRL 7+ die (ook) het opgelost organisch gebonden fosfor kunnen verwijderen en daarmee het totaal-P in het effluent kunnen verlagen tot zeer lage waarden.

## Overzicht: Geselecteerde technieken

Na een eerste inventarisatie van mogelijk interessante technieken en een bespreking met het WON project team werd besloten naar 5 technieken uit te reiken met de vraag of ze DOP kunnen verwijderen. 1 Techniek (op basis van biologische verwijdering) gaf aan hier niet op in te zetten. De andere techniek (een katalytisch adsorptiemedium) heeft helemaal geen ervaring met P-verwijdering. Beide technieken zijn daarom niet verder onderzocht. Er blijven 3 technieken over die mogelijk interessant kunnen zijn.

Naam Bedrijf / Technologie	Verwijderingsmechanisme	TRL	Website	Ervaring met DOP verwijdering?
Evergreen Engineering GreenPro	Adsorptie & Filtratie	7*	<a href="http://www.evergreenengineering.ie/bluepro.php">www.evergreenengineering.ie/bluepro.php</a>	Geven aan zeer lage effluent concentraties (<0.1 mg/L) TP kunnen halen. Door adsorptie op het filtermedium verwachten zij ook DOP te verwijderen maar hebben dit nog niet eerder gemeten. Klanten vragen altijd om TP meting.
Neo Water FX300	Chemische Precipitatie	9	<a href="http://www.neowatertreatment.com">www.neowatertreatment.com</a>	Nog nooit DOP gemeten in full-scale applicaties, focus van klanten ligt op TP. Verwijdering van DOP zal minder vergaande zijn dan TP verwijderingsrendement maar in een aantal ongepubliceerde labproeven hebben ze wel wat verwijdering van specifieke DOP fracties aangetoond. Bovendien zien ze verwijdering van BZV/CZV door dosering van het product, mogelijk nog een indicator dat er DOP fracties verwijderd zouden kunnen worden.
MetaMateria PO4 Sponge	Adsorptie	7*	<a href="http://www.metamateria.com">www.metamateria.com</a>	Weten niet of het medium DOP zal verwijderen, ze hebben het nog niet gemeten. Vermelden, door te combineren met coagulatie & filtratie, effluent concentraties <0.05 mg/L TP te kunnen bereiken.

\*Voorzichtige schatting, te weinig recente informatie beschikbaar.

3

© 2021 Isle Utilities. All Rights Reserved

### Technology Readiness Level\*



#### Website:

[www.evergreenengineering.ie/bluepro.php](http://www.evergreenengineering.ie/bluepro.php)

#### Contact Gegevens:

Robert Mannion  
[robert@evergreenengineering.ie](mailto:robert@evergreenengineering.ie)



4

## Technologie: Evergreen Engineering – GreenPro

P - verwijderingsmechanisme : Adsorptie & Filtratie

#### Omschrijving:

Deze techniek maakt gebruik van een continu filter gevuld met een adsorptie(filter)medium. Het medium wordt continu geregenereerd door ijzerchloride te doseren waardoor een adsorberend laagje waterhoudend ijzeroxide (HFO) wordt gevormd op de korrels van het filtermedium. Door de combinatie van filtratie, coagulatie en adsorptie worden opgeloste en vaste P-componenten verwijderd.

#### Duurzaamheid:

- Deze techniek verbruikt weinig energie.
- Leverancier noemt een ijzerchloride dosering van 8 – 12 mg/L. Dat is hoog maar er wordt niet vermeld op welke influent concentraties en verwijderingsrendementen deze doseringen gebaseerd zijn.

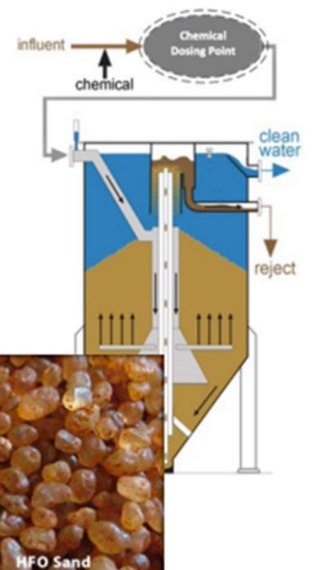
#### Verwijderingsrendementen:

- Leverancier claimt rendementen >90% en <0.1 mg/L TP te kunnen halen.

#### Kosten:

Onbekend. Investeringskosten van continufilter zijn meestal niet zo hoog. Het gebruik van ijzerchloride zal ook geen grote kosten met zich meebrengen.

\* Isle kan op basis van beschikbare informatie moeilijk inschatting wat de TRL van deze techniek is.



© 2021 Isle Utilities. All Rights Reserved



**Website:**

[www.neowatertreatment.com](http://www.neowatertreatment.com)

**Contact Gegevens:**

Mason Haneline  
[m.haneline@neomaterials.com](mailto:m.haneline@neomaterials.com)



5

**Technologie: Neo Water - FX300**

*P - verwijderingsmechanisme : Chemische precipitatie*

**Omschrijving:**

FX300 is een oplossing van lanthanide zouten ( $CeCl_3$  &  $LaCl_3$ ) die een preferentiële reactie met fosfor aangaan om een sterke ionenbinding te vormen en neer te slaan.

**Duurzaamheid:**

- De techniek verbruikt weinig energie (alleen een doseerinstallatie nodig)
- $CO_2$ -afdruk van het product vs.  $FeCl_3$  onbekend
- Leverancier claimt een dosering van 1 mol/mol nodig te hebben en daarmee 5 minder slib te produceren vergeleken met precipitatie door ijzerchloride

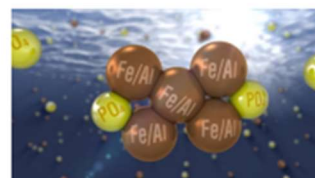
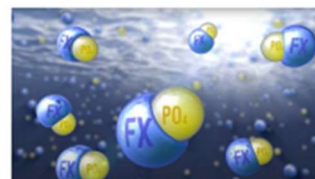
**Verwijderingsrendementen:**

- Leverancier claimt <0.07 mg/L TP te kunnen halen

**Kosten:**

Onbekend. De doseerinstallatie vergt (vrijwel) geen investeringskosten, maar zal gecombineerd moeten worden met een bezinking of filtratie. Het product kan in de hoofdstroom van de zuivering wordt gedoseerd waardoor dit niet nodig zou zijn.

De prijs van het product is onbekend maar zal hoger zijn dan ijzerchloride. Dit wordt gecompenseerd met een lagere dosering en minder slibproductie.



© 2021 Isle Utilities. All Rights Reserved

**Website:**

[www.metamateria.com](http://www.metamateria.com)

**Contact Gegevens:**

Richard Schorr  
[rschorr@metamateria.com](mailto:rschorr@metamateria.com)



6

**Technologie: MetaMateria – PO4 Sponge**

*P - verwijderingsmechanisme : Adsorptie*

**Omschrijving:**

De kern van de werking van de PO4 Sponge zijn de ijzer (III) oxide – hydroxide ( $FeO(OH)$ ) nanostructuren die een grote oppervlakte voor sorptie creëren. Hierdoor heeft het filter materiaal een absorptiecapaciteit van 35g P/kg. Bij verzadiging wordt het filtermateriaal geregenereerd met NaOH waarna de vrijgekomen P wordt neergeslagen in de vorm van calciumfosfaat.

**Duurzaamheid:**

- Weinig energieverbruik
- Materiaal kan +/-20 x geregenereerd worden
- Verbruikt chemicaliën tijdens regeneratie (NaOH)
- Calciumfosfaat kan worden gebruikt als kunstmest.

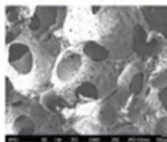
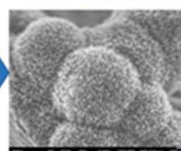
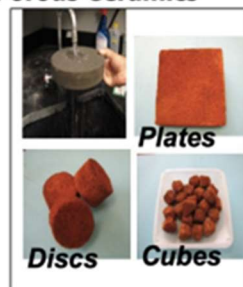
**Verwijderingsrendementen:**

- Leverancier claimt <0.1 mg/L TP te kunnen halen.

**Kosten:**

Zie bijlage, leverancier raamt kosten < 20 USD / kg P verwijderd

\* Isle kan op basis van beschikbare informatie moeilijk inschatting wat de TRL van deze techniek is.

**Porous Media****Nano-Enhanced****Nano-FeOOH Crystals in Porous Ceramics**

© 2021 Isle Utilities. All Rights Reserved

## QuickScan: Bevindingen

- Alle drie technieken zijn mogelijk interessant en kunnen de verwijdering van TP op de zuivering bevorderen; Uit eerdere resultaten blijkt dat ze allemaal effluent concentraties < 0.1 mg/L TP kunnen bereiken.
- Er is nog weinig onderzoek gedaan naar de verwijdering van DOP. Dat is voornamelijk omdat de klant altijd eisen op TP verwijdering stelt en niet specifiek DOP benoemt. Zolang de doelstelling van de klant kan worden behaald worden verder geen vragen gesteld.
- DOP is een breed begrip. De leveranciers geven aan graag een (lab)proef uit te willen voeren als iets duidelijker wordt om welke stoffen het precies gaat.
- Enerzijds lijken adsorptietechnieken geschikter dan chemische precipitatie. Anderzijds lijkt NeoWater (de chemische precipitatie techniek) er het meest van af te weten en zeggen ze een aantal recent labresultaten te hebben die aantonen dat ze bepaalde DOP fracties kunnen verwijderen.
- Isle raadt daarom aan met alle drie de leveranciers in gesprek te gaan.

7

© 2021 Isle Utilities. All Rights Reserved

## Contact me



### Peter Wessels

Senior Technology Consultant



[peter.wessels@isleutilities.com](mailto:peter.wessels@isleutilities.com)

+31 6 830 112 59



[www.isleutilities.com](http://www.isleutilities.com)



Utrecht Community (UCO)  
2de Daalsedijk 6A  
3551 EJ UTRECHT  
The Netherlands





## Bijlage 3. Projectidee Stowa



### PROJECTIDEE

<b>1 Titel:</b>	Opstellen methodiek voor afleiden KRW-effluentnormen voor totaal fosfor, rekening houdend met (deels biobeschikbaar) organisch opgelost fosfor (DOP)
<b>2 Naam en organisatie indiener(-s):</b>	Alexander Hendriks, Waterschap Rijn en IJssel namens 8 waterschappen
<b>3 Datum:</b>	8 november 2021
<b>4 Te behandelen in:</b>	programmacommissie afvalwatersystemen
<b>5 Doel van het project:</b>	<p>De KRW-watersysteemanalyses zijn inmiddels uitgevoerd door de waterbeheerders. De opgaves en benodigde maatregelen zijn bekend en we staan nu voor de planperiode 2022-2027. Tot 2027 staan voor veel rwzi's maatregelen op de planning om de KRW-normen voor o.a. fosfor totaal in de benedenstrooms KRW-waterlichamen te kunnen halen. Om in KRW-waterlichamen, zeker in de zomer, aan de P totaal normen te kunnen voldoen, worden zeer lage P<sub>tot</sub> concentraties geëist in het effluent. Vooral organisch opgelost fosfor (DOP) blijft in deze laatste fase over en is zeer lastig te verwijderen en vraagt veel energie en/of hulpstoffen die ook een belasting voor het milieu vormen. Dit probleem speelt in heel Nederland en is afhankelijk van het aangevoerde influent (alleen communaal of ook industrie) groter of kleiner. DOP bestaat daarbij uit verschillende verschijningsvormen en uit eerdere studies blijkt dat de biobeschikbaarheid laag kan zijn. Inzicht hierin kan helpen om de juiste fosforfracties te verwijderen en zo doelmatig een goede toestand in het oppervlaktewater te behalen.</p> <p>Binnen dit project willen we onderzoeken of het juridisch en inhoudelijk mogelijk is een aangepaste effluentnorm ivm niet-beschikbaar DOP af te leiden, met als doel om de doelmatige KRW inspanning voor de RWZI's te onderbouwen. Dit project moet dan een methodiek opleveren voor het afleiden van KRW-effluentnormen voor fosfor waarbij rekening wordt gehouden met de biobeschikbaarheid van de verschillende opgeloste organisch fosfor (DOP) fracties. Dit wordt uitgewerkt tot het niveau dat op individueel casus niveau (ca. 3 rwzi's in dit project) een specifiek norm kan worden afgeleid. Het project sluit hiermee aan op een eerder STOWA project (2009-03) waar in analyses is aangetoond dat ca. 60% van het fosfor in effluent biologisch beschikbaar is en dat er een sterke correlatie is tussen de biobeschikbaarheid en het aandeel DOP in het effluent. Extrapolatie naar een algemene schatting voor rwzi-effluent was toen echter nog prematuur, de algentest was nog onvoldoende door iedereen gedragen en de dataset was nog te klein om een aanpassing van effluentnormen voor te kunnen stellen. Met dit STOWA-voorstel willen we die essentiële stappen nu wel gaan zetten.</p>
<b>6 Beschrijving project:</b>	<p>Het project heeft 4 fasen (+voorfase 0) met als eindproduct een document waarin bovenstaande methodiek staat beschreven in een stappenplan en de resultaten van de casussen. Tussen de verschillende fasen zijn duidelijk go/no-go momenten gedefinieerd waar aan de hand van de verkregen inzichten wordt bepaald of het zinvol is de nieuwe fase in te gaan. Wanneer uit de voorgaande fase is gebleken dat het juridisch of inhoudelijk niet mogelijk is om tot een aangepaste effluentnorm voor P te komen dan volgt er per definitie een no go en vervallen verdere toegekende middelen terug aan STOWA. In de begeleidingsgroep hebben alle relevante disciplines vanuit de waterschappen zitting (ecologen, zuiveringstechnologen en vergunningverleners) voor een maximaal draagvlak van het eindproduct.</p> <p>-Fase 0 (reeds gedeeltelijk uitgevoerd): voorstudie met inventarisatie stand van zaken en opstellen projectidee.</p> <p>-Fase 1: Verkenning naar de juridische mogelijkheid om de effluentnormen aan te passen op basis van biologisch niet-beschikbare fracties van DOP. Het is van belang om in een vroeg stadium te achterhalen of biobeschikbaarheid meegenomen kan worden bij het bepalen van de effluentnorm voor P, wanneer deze biobeschikbaarheid lager is dan van oppervlaktewater zonder rwzi-effluent. Voor metalen wordt bij de KRW-toetsing bijvoorbeeld al gecorrigeerd voor biobeschikbaarheid.</p> <p>-Fase 2: Bepalen van eenduidige definitie DOP en bijbehorende analysemethode (voorschrift) in 2 subfasen:</p>



## PROJECTIDEE

	<p>Fase 2a: We starten met 2 of 3 discussiesessie met de project-/begeleidingsgroep om tot een gedragen voorstel voor analyses te kunnen komen. Hierbij nemen we ook bestaande onderzoeken en wetenschapsliteratuur mee.</p> <p>Fase 2b: Het uitvoeren van de analyses op 3 rwzi's/locaties.</p> <p>-Fase 3: Vaststellen van biobeschikbaarheid van DOP in 2 subfases:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fase 3a: een beknopt literatuuronderzoek en 2 of 3 discussiesessies met de project-/begeleidingsgroep om alle opties vooraf goed af te wegen en daarmee fase 3b (analyses) weloverwogen in te kunnen. Dit is extra belangrijk door de potentiële hoge kosten van bepaalde analyses. In deze fase is ook essentieel om de definitie van 'biobeschikbaar' helder te krijgen: welk tijdspect wordt daar bijvoorbeeld in meegenomen (op lange termijn kan theoretisch alles biobeschikbaar komen).</li> <li>-Vervolgens start fase 3b met de analyse van de biobeschikbaarheid van zowel DOP in effluent als ontvangend oppervlaktewater voor 3 rwzi's/locaties. Behalve een dataset met uitkomsten volgt hieruit ook een voorschrift voor de te volgen analysemethodiek bij het bepalen van de biobeschikbaarheid van DOP.</li> </ul> <p>-Fase 4: Het opstellen van de methodiek voor het afleiden van effluentnormen per rwzi voor totaal fosfor waarbij rekening wordt gehouden met de fractie niet-biobeschikbaar DOP. In de methodiek wordt ook opgenomen met welke zuiveringstechnieken de benodigde effluentkwaliteit kan worden behaald.</p> <p>In de go/no-go momenten wordt aan de hand van de behaalde resultaten bepaald of er voldoende grond is om de doelen van de volgende fase te behalen dan wel of deze moeten worden bijgesteld. Hierdoor gaan we zo efficiënt mogelijk met de beschikbare tijd en middelen beschikbaar gesteld door STOWA en de deelnemende waterschappen.</p>
<p><b>7</b></p>	<p><b>Aan welke doelen van de waterschappen en hoeveel (kwantificeer) draagt dit project bij:</b></p> <p>Dit project draagt bij aan een methode voor onderbouwing van ecologisch doelmatige en kosteneffectieve maatregelen op rwzi's. Het eindresultaat is toepasbaar voor alle waterschappen met normoverschrijdingen van fosfor in het oppervlaktewater vanuit rwzi's. Zo wordt bijgedragen aan het behalen van een goede ecologische toestand in 2027 (conform eisen KRW) in de KRW-waterlichamen waarop rwzi's invloed hebben. Daarnaast kan de DOP karakterisering bijdragen aan een gerichte bronaanpak in de keten.</p> <p>De ex ante KRW 2021 heeft recent ook in beeld gebracht dat in veel KRW-waterlichamen de biologische doelen in 2027 nog niet worden gehaald en dat fosfor daar een van de redenen voor is. Daarbij is duidelijk dat voor alle grote 'bronnen' (landbouw, buitenland, rwzi's) voorsnog opgaves resteren in de komende planperiode en waarschijnlijk daarna. Dit project kan helpen om die opgave vanuit de rwzi's scherp te krijgen en zoveel mogelijk te richten op ecologische relevantie zoals de KRW voorschrijft.</p>
<p><b>8</b></p>	<p><b>Toelichting op duurzaamheidsaspecten (energie, hulp- en reststoffen, broeikasgassen etc):</b></p> <p>Alle DOP verwijderen uit effluent vraagt een zeer verregaande zuivering met een hoog energieverbruik en veel (chemische) hulpstoffen. Deze zuivering zoveel mogelijk richten op biologisch relevante fosforfractie kan de milieubelasting en kosten sterk reduceren. De afleidingsmethodiek geeft inzicht waar deze rwzi-investeringen de grootste impact hebben voor het verbeteren van de ecologische toestand in het oppervlaktewater. Eventueel ondoelmatige investering in de P-verwijdering kan dan ingezet worden in de realisatie van overige duurzaamheidsambities.</p>
<p><b>9</b></p>	<p><b>Specifieke vragen die tijdens het project worden beantwoord:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Wat is ecologisch de meest eenduidige definitie voor DOP en bijbehorende analysemethode?</li> <li>-Wat zijn de fracties biobeschikbaar DOP in effluent en oppervlaktewater?</li> <li>-Kan door het in kaart brengen van de effluent DOP-fractie en biobeschikbaarheid van deze fractie de KRW-effluentnormen per waterlichaam worden gecorrigeerd om effectieve normen voor P verwijdering op te stellen?</li> <li>-Hoe integreren we de uitkomsten, en dus eventuele correctie voor de biobeschikbaarheid van P in de richtlijnen en vergunningen.</li> </ul>
<p><b>10</b></p>	<p><b>Welke factoren hebben invloed op het slagen van het project:</b></p>



	<p>Allereerst moet er een juridische mogelijkheid zijn om effluentnormen te corrigeren voor niet-biobeschikbaar DOP. De KRW lijkt die opening te bieden omdat nutriëtnormen moeten garanderen dat de biologische toestand gehaald kan worden. Wanneer in effluent veel meer niet-biobeschikbaar DOP aanwezig is dan in oppervlaktewater dan staat een aanpassing van effluentnormen deze eis niet in de weg.</p> <p>Vervolgens is het nodig dat er een eenduidige definitie en praktisch haalbare manier van bepaling van DOP komt voor deze normaafleiding. Hierbij is het ook van belang dat voldoende labs die bepaling kunnen uitvoeren, tegen acceptabele kosten, zodat in de toekomst de waterschappen voor alle relevante rwzi's deze bepaling kunnen laten uitvoeren.</p> <p>Tot slot moet er een praktische haalbare, betaalbare en inhoudelijk betrouwbare manier worden gevonden om de biobeschikbare fractie te bepalen. Testen met algen zijn hiervoor al geprobeerd in eerdere projecten (oa in een voortraject door WRIJ) en laten mooie resultaten zijn, maar zijn mogelijk te kostbaar en reageren vooral op korte termijn. Alternatieven zijn enzymatische methoden en/of met fluorescentie. In de wetenschappelijke literatuur zijn er mogelijk nog aanvullende methoden beschikbaar.</p>
<b>11</b>	<p><b>Op te leveren producten:</b> Een rapportage met stappenplan voor het afleiden van effluentnormen en voorschriften voor het bepalen van DOP en de biobeschikbare fractie.</p>
<b>12</b>	<p><b>Doelgroep projectresultaten:</b> Alle waterbeheerders met een KRW-opgave voor fosfor op één of meerdere rwzi's in de huidige situatie (betreft vrijwel alle waterschappen, zie ook de recente ex ante evaluatie KRW). Daarnaast zijn het ministerie, Rijkswaterstaat (ontvangen ook effluent vanuit regionale rwzi's) en bijbehorende vergunningverleners en handhavers belangrijke doelgroepen om mee te nemen in het project.</p>
<b>13</b>	<p><b>Toelichting kennisverspreiding:</b> Via CoP Beek &amp; Rivierherstel en het platform Ecologische Herstel Meren kunnen de (concept) resultaten worden gedeeld. Bij voorkeur op een informatiedag waarbij ook zuiveringstechnologen en vergunningverleners worden uitgenodigd. In het voortraject zijn ook alle 3 deze disciplines betrokken. Daarnaast ligt het voor de hand om dit via een (H2O) artikel naar buiten te brengen.</p>
<b>14</b>	<p><b>Taken voor de uitvoerder:</b> Er zijn meerdere uitvoerders bij betrokken: -Royal HaskoningDHV voor het begeleiden van het traject, inbrengen van onderzoeksmatige, ecologische en KRW-kennis en voor de eindrapportage. -B-WARE voor het inbrengen van kennis (ecologisch en chemisch) en eventueel analysecapaciteit voor het bepalen van DOP in effluent en oppervlaktewater. -NIOO KNAW voor het inbrengen van kennis en eventueel analysecapaciteit voor het bepalen van de bio-beschikbaarheid.</p> <p>In het bijgevoegde WORD bestand "STOWA - DOP projectvoorstel Bijlage 1 - Onderbouwing keuze deelnemende partijen" is een onderbouwing gegeven waarom we specifiek voor Rpyal HaskoningDHV, B-WARE en NIOO hebben gekozen voor dit project.</p>
<b>15</b>	<p><b>Uiterste einddatum waarbij maximale voordelen behaald worden:</b> Voor 2027</p>
<b>16</b>	<p><b>Relaties met andere (STOWA) projecten (raadpleeg HYDROTHEEK: <a href="http://www.stowa.nl/hydrotheek">www.stowa.nl/hydrotheek</a>):</b> STOWA 2009-03: Biobeschikbaarheid van stikstof en fosfaat in rwzi-effluent STOWA 2013-19: Afleiden ecologische stikstof en fosfaat effluenteisen voor RWZI's Generieke beslismethodiek 2021: Bepaling biologisch beschikbaarheid van opgelost organisch fosfaat in RWZI-effluent, Nioo [Concept-rapportage] 2021: Ecologische potentie van de Groenlose Slinge - Inschatting van het effect van de optimalisatie van rwzi Winterswijk (en andere maatregelen) [Project in uitvoering]</p>
<b>17</b>	<p><b>Consequenties indien het idee niet gehonoreerd wordt:</b> Dat er de komende jaren honderden miljoenen euro's op rwzi's geïnvesteerd worden die mogelijk niet doelmatig blijken te zijn.</p>



## PROJECTIDEE

18	Geraamde kosten (incl. BTW)	2022	2023	totaal
	<b>* totaal</b>			
	<b>Fase 1: juridische mogelijkheden aanpassing P-norm</b>	10.000		10.000
	<b>Fase 2: bepalen DOP en karakteriseren DOP</b>			
	Fase 2a: voorbereiding, discussiesessies en begeleiding	20.000		20.000
	Fase 2b: opstellen voorschrift (inclusief uitvraag en begeleiding, exclusie uitvoeren analyses bepaling en karakterisering DOP)	20.000		20.000
	<b>Fase 3: bepalen fractie biobeschikbaar DOP</b>			
	Fase 3a: voorbereiding, discussiesessies en begeleiding	24.000		24.000
	Fase 3b: opstellen voorschrift (inclusief uitvraag en begeleiding, exclusief uitvoeren analyses bepaling biobeschikbaarheid DOP)	24.000		24.000
	<b>Fase 4: opstellen methodiek</b>	38.000		38.000
	<b>* bijdrage STOWA</b>			<b>136.000</b>
	<b>Specificering kosten per partij:</b>			
	- Royal HaskoningDHV	97.000		
	- Nioo	19.500		
	- B-Ware	19.500		
	- In-kind uren waterschappen (discussiesessies)(dus geen financiële bijdrage door STOWA)	300 - 400		
	<b>De analysekosten van fases 2b en 3b zijn sterk afhankelijk van de voorafgaande discussiesessies en daarom vooralsnog hierboven niet begroot. Eerdere onderzoeken (zie onderdeel 16) hebben laten zien dat die kosten wel substantieel kunnen zijn (ordergrootte 150.000-250.000 is een eerste inschatting.)</b>			
	Omdat dit project voor vrijwel alle waterschappen relevant is vragen we 100% bijdrage van STOWA voor de externe kosten. Een deel van de analysekosten zouden door de waterschappen gedragen kunnen worden, mits deze analyses door de eigen laboratoria uitgevoerd kunnen worden. Dit laatste is dus afhankelijk van welke analyses er uitgevoerd dienen te gaan worden.			
	Het doel is om het geheel in 2022 af te ronden, maar er kan deels geschoven worden naar 2023. De waterschappen willen wel snel met de resultaten aan de slag dus doorschuiven heeft niet de voorkeur (in 2027 moeten alle KRW-maatregelen op rwzi's minimaal in uitvoering zijn). Wanneer de overgang naar een volgende fase leidt tot een <i>no go</i> , vervalt het restant van het budget terug naar STOWA.			
	<b>Welke organisatie(s) financieren en/of dragen bij aan het project:</b>			
	De volgende waterschappen dragen met in-kind eigen uren voor onder andere de discussiesessies en waar nodig aanvullende analysekosten:			
	-Waterschap Rijn en IJssel			
	-Waterschap de Dommel			
	-Waterschap Vechtstromen			
	-Waterschap Vallei en Veluwe			
	-WON (Waterketen Onderzoek Noord), een technologische vereniging met o.a. als leden de waterschappen: Wetterskip Fryslân, Noorderzijvest en Hunze en Aa's			
	-Waterschap Limburg			
	De voorfase om te komen tot dit voorstel is via bijdragen van Waterschap Rijn en IJssel gefinancierd.			
19	<b>Overige opmerkingen:</b>			
	Wellicht zijn er nog meer waterschappen geïnteresseerd om bijdragen te leveren.			