



Figuur 1: Opstelling van de pilotinstallatie PAK + Doekfiltratie op rwzi Vinkel

#### AUTEURS



Karin Bertens Zorzano en Devon Dekkers  
(Waterschap Aa en Maas)



Bart Verberkt  
(Waterschap Aa en Maas)



Tonke van der Pol  
(ELIQUO)



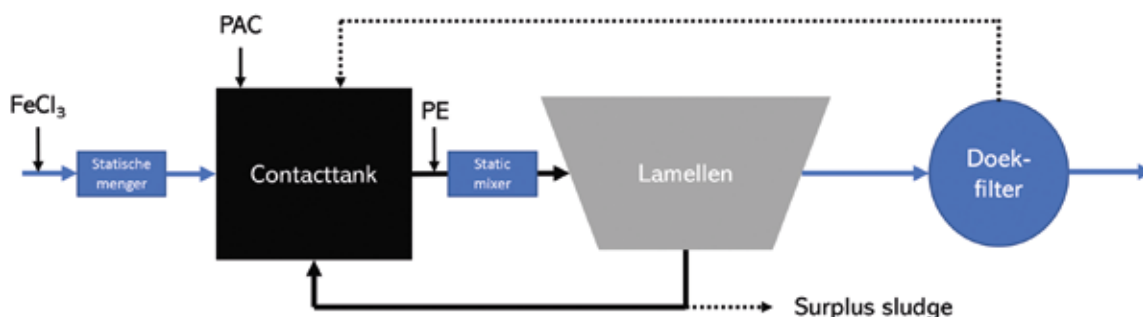
Xian Riedijk en Arnoud de Wilt  
(Royal HaskoningDHV)



## PAK + DOEKFILTRATIE: VERREGAANDE VERWIJDERING MEDICIJNRESTEN EN FOSFOR UIT RIOOLWATER MOGELIJK

De vereiste inspanning om aan de eisen van de Kaderrichtlijn Water te voldoen (o.a. verregaande verwijdering fosfor) en de toenemende aandacht voor verwijdering van medicijnresten vragen om technologieën die beide doelen dienen. De PAK + Doekfiltratie technologie biedt deze oplossing. Op rioolwaterzuivering Vinkel is deze technologie voor de 1<sup>ste</sup> keer in Nederland onderzocht. Binnen het STOWA Innovatieprogramma Medicijnresten Verwijdering is onder toezicht oog van 6 waterschappen een pilotstudie succesvol uitgevoerd.

De verwijdering van microverontreinigingen zoals medicijnresten uit afvalwater is een 'hot-topic' waar veel waterschappen mee bezig zijn. Een veelbelovende technologie is de combinatie van poederactiefkool (PAK) met doekfiltratie. Deze PAK + doekfiltratie technologie is in Duitsland al op enkele rwzi's succesvol toegepast. Aan het effluent worden



Figuur 2: Schematische weergave van de pilotinstallatie

poederactiefkool, metaalzout en polyelektrolyt (PE) gedoseerd. Hiermee worden medicijnresten en fosfor gebonden. Door bezinking en doekfiltratie worden de gebonden stoffen uit het water gehaald.

Op basis van de ervaring uit Duitsland voerde Royal HaskoningDHV in 2018 binnen het STOWA Innovatieprogramma Medicijnresten Verwijdering (IPMV) een haalbaarheidsstudie uit naar de technologie (STOWA 2020-21). Hieruit bleek dat deze technologie ook voor de Nederlandse afvalwaterpraktijk kansrijk is. In het IPMV is daarom besloten groen licht te geven voor nader onderzoek op pilotschaal in Nederland. Het pilotonderzoek is uitgevoerd door waterschap Aa en Maas, ELIQUO en Royal HaskoningDHV onder begeleiding van STOWA, het ministerie van IenW en 6 waterschappen die het pilotonderzoek financierden.

### De technologie

De technologie richt zich op het nog verder zuiveren van het rwzi-effluent, op de afloop van de nabezinktanks van het actiefslibproces. Hieraan worden in de nageschakelde PAK + Doekfiltratie stap PAK (5-15 mg/L) en metaalzout (3-10 mol Fe/mol P) toegevoegd. Medicijnresten binden aan het poederactiefkool en fosfaat bindt aan de metaalzouten. Door middel van een bezink- en doekfiltratiestap wordt dit slib gescheiden van het water, hierbij is toevoeging van een kleine hoeveelheid PE (0,3 – 0,5 mg/L) noodzakelijk. Het schone water kan vervolgens geloosd worden, het slib moet via reguliere of separate route afgevoerd worden.

Gelijk aan andere technologieën met actiefkool worden medicijnresten uit het afvalwater verwijderd door adsorptie aan actiefkool. Door de PAK-dosering, het type PAK, de PAK-concentratie in de contacttank en de PAK-verblijftijd in het systeem te variëren is het verwijderingsrendement bijgesteld en het proces geoptimaliseerd. Metaalzout wordt gedoseerd als coagulant om fosfaat te binden en

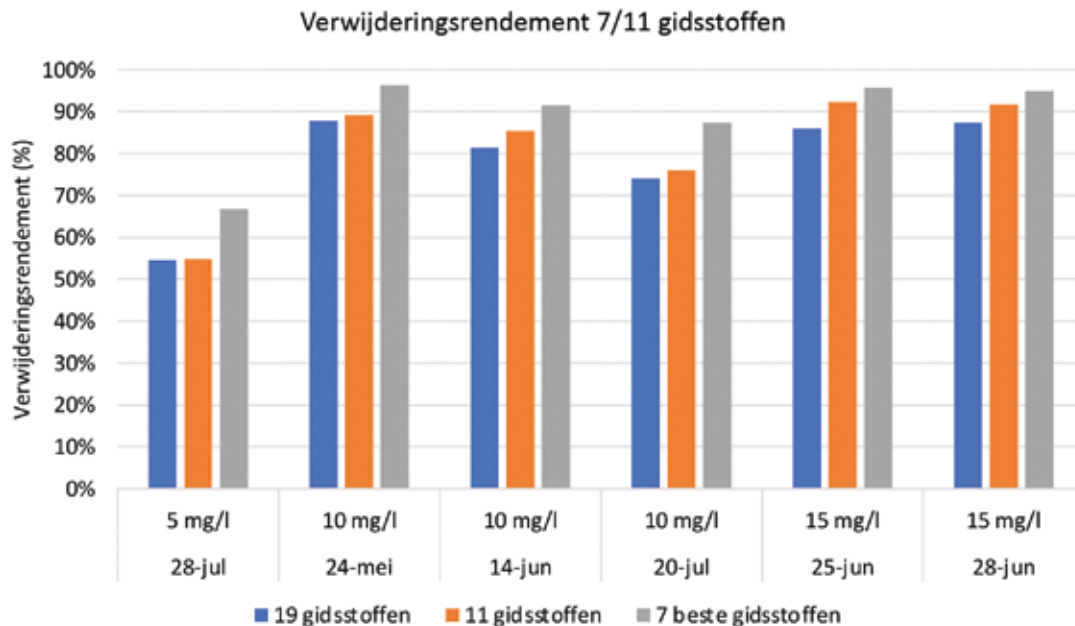
voor de coagulatie van PAK. Voor dit laatste is aanvullend ook de dosering van PE nodig.

De scheiding van het slib (mengsel PAK, metaalzout en PE) en water vindt plaats in een tweetraps scheidingsconfiguratie. In de eerste stap wordt de bulk van het slib door middel van gravitatie bezonken in een lamellen separator. Het bezonken slib wordt grotendeels teruggevoerd naar de contacttank. Een klein deel van het bezonken slib wordt als surplus-slib gespuid. In de tweede stap wordt het resterende slib, dat nog aanwezig is in de afloop van de bezinkstap, afgescheiden via doekfiltratie. Het doekfilter wordt periodiek gereinigd om het afgevangen slib af te voeren. Deze stroom wordt teruggevoerd naar de contacttank of afgevoerd als surplus-slib.

### Opzet van het pilotonderzoek

Het pilotonderzoek is tussen maart en augustus 2021 uitgevoerd op rwzi Vinkel van waterschap Aa en Maas. De pilotinstallatie was geen één-op-één kopie van de reeds in Duitsland bewezen technologie. Er is gekozen voor een alternatieve configuratie met een lamellenafscheider in plaats van een traditionele bezinktank met als doel een kleiner ruimtebeslag, meer flexibiliteit in het ontwerp en de realisatie en mogelijk ook een kostenbesparing. Vanuit Duitsland is bekend dat de configuratie met traditionele bezinktank in staat is tot zowel een goede verwijdering van medicijnresten (ca. 80%) als een lage fosfor concentratie (ca. 0,1 mg/L). In Nederland is dit echter nog niet eerder onderzocht. Centrale onderzoeksvraag van het pilotonderzoek was daarom: 'Is het mogelijk om met één technologie op een Nederlandse rwzi zowel medicijnresten als fosfor verregaand te verwijderen met behulp van lamellenafscheiding als bezinkstap'.

Een tweede onderzoeksvraag was of de technologie ook zonder dosering van PE functioneert. In de pilotinstallatie werd 1 tot 5 m<sup>3</sup>/uur rwzi-effluent behandeld, dit is een kleine hoeveelheid van het totale



Figuur 3: Gemiddelde verwijderingsrendementen medicijnresten over de 6 meetdagen (datum) bij verschillende PAK-doseringen (mg/L)

effluent van rwzi Vinkel met gemiddeld 600 m<sup>3</sup>/uur. De installatie stond buiten opgesteld en bestond uit de processtappen: 1) contacttank, 2) lamellenafscheider en 3) doekfilter (Figuur 2). Gedurende de eerste maanden is gezocht naar een stabiele bedrijfsmodus waarbij er een goede effluentkwaliteit bereikt werd (concentratie onopgeloste bestanddelen <10 mg/L). Hiervoor is met name onderzocht hoe de slibconcentratie in de contacttank het bezink- en filtratieproces beïnvloedt en wat daarop de invloed van PAK, metaalzout en PE zijn. De belangrijkste uitkomst hiervan is dat dosering van PE nodig is. Zonder PE is de bezinkbaarheid van het slibmengsel van PAK en metaalzout matig waardoor er geen goede afscheiding plaatsvindt. Door de dosering van een geringe hoeveelheid PE (0,3 – 0,5 mg/L) neemt de bezinkbaarheid sterk toe waardoor een zeer hoog afscheidingsrendement van >99,9% behaald kan worden. Met deze kennis toegepast, is het proces gedurende 2 maanden bedreven zonder grote veranderingen aan de pilotinstellingen door te voeren. In deze stabiele periode zijn de belangrijkste onderzoeksresultaten opgedaan.

#### Uitkomsten van het pilotonderzoek

De onderzochte configuratie van de PAK + Doekfiltratie technologie heeft goed gewerkt: er vond een goede slibaf scheiding plaats, medicijnresten zijn verregaand verwijderd en lage concentraties fosfor zijn bereikt. In de lamellenafscheider is het gros (>99%) van het slib afgescheiden, in het doekfilter werden de laatste slibdeeltjes verwijderd (tot <3 NTU).

De resultaten met betrekking tot de verbetering van de

waterkwaliteit (medicijnresten en fosfor) zijn zeer positief. Er is een verregaande verwijdering van medicijnresten bereikt met een relatief lage PAK-dosering. Bij PAK-doseringen van 5, 10 en 15 mg/L zijn verwijderingsrendementen behaald van respectievelijk gemiddeld 67, 92 en 95% voor 7 van de 11 gidsstoffen (zie Figuur 3).

De landelijke doelstelling is om 70% van 7 van de 11 gidsstoffen te verwijderen bezien over de gehele rwzi's (STOWA IPMV en I&W bijdrageregeling). Rekening houdend met het basisrendement van het actiefslibproces (ca. 30%) en de capaciteit van een nageschakelde technologie die doorgaans 1,5 maal de droog weer aanvoer is (by-pass voor regen weer aanvoer) volstaat een PAK-dosering van 8 mg/L. In vergelijking met de best beschikbare PAK-technologie, Powdered Activated Carbon in Activated Sludge (PACAS), waarbij circa 15 mg PAK/L gedoseerd wordt is de PAK-dosering van de PAK + Doekfiltratie en de daarbij behorende CO<sub>2</sub>-footprint van PAK + doekfiltratie bijna de helft lager.

Naast verwijdering van medicijnresten is ook de afname van ecotoxiciteit onderzocht. Middels een batterij aan biologische effectmetingen met *in vivo* en *in vitro* bioassays (diverse CALUX testen, de Daphnia Immobilisation test en de Microtox test) is aangetoond dat de effecten gemeten in de diverse testen met meer dan 50% zijn afgenomen, en tot onder signaleringswaarden gezakt (m.a.w. de afloop van de PAK + Doekfiltratie technologie is niet meer toxisch).

#### Fosfor

Fosfor is ook succesvol verregaand verwijderd. Over de



periode van 2 maanden stabiele bedrijfsvoering is de concentratie fosfor-totaal in het rwzi-effluent verlaagd van gemiddeld 0,96 mg/L tot 0,18 mg/L. Gedurende een periode van 2 weken waarin de pilot zeer stabiel functioneerde is er zelfs een gemiddelde fosfor-totaal concentratie onder de 0,1 mg/L behaald, met uitschieters tot onder de meetgrens van 0,05 mg/L op individuele meetdagen. Met deze lage concentraties fosfor-totaal wordt aan Kaderrichtlijn Water eisen voor fosfor van het ontvangende oppervlaktewater van 0,15 mg/L voldaan. De benodigde metaalzoutdosering om dit te bereiken vertaalde zich in een verhouding van 4 tot 9 mol ijzer per mol fosfor (mol-ratio Fe:P).

Uitgesplitst naar verschillende fracties waaruit fosfortotaal is opgeemaakt, is de grootste verwijdering zichtbaar in de fractie ortho-fosfaat. Deze fractie is met een concentratie van gemiddeld 0,81 mg/L goed voor ca. 85% van het inkomende fosfor en werd grotendeels verwijderd tot een gemiddelde concentratie van 0,05 mg/L. Noemenswaardig is dat de doorgaans zeer moeilijk verwijderbare fractie organisch opgelost fosfor ook verregaand verwijderd is. De concentratie in het rwzi-effluent van 0,09 mg/L is verlaagd tot 0,02 mg/L gemiddeld. Deze verwijdering komt naar verwachting voort uit de aanwezigheid van PAK waaraan het organische opgelost fosfor bindt. De voornaamste fosfor-fractie in de afloop van de pilotinstallatie is de metaal gebonden fosfor. Dit zijn (zeer) fijne deeltjes die niet gecoaguleerd zijn tot grotere vlokken en daardoor de bezink- en filtratiestap passeren. Optimalisatie van de coagulatie kan op praktijkschaal deze emissie verder reduceren waardoor (nog) minder metaal gebonden fosfor vrijkomt.

Een meer gedetailleerde beschrijving van de pilottesten (opzet, uitvoering en resultaten) wordt momenteel vastgelegd in een STOWA rapportage. De verwachting is dat deze einde Q2 2022 gepubliceerd wordt.

### Relevantie voor de praktijk

De uitkomsten van het pilotonderzoek zijn positief, een hoge verwijdering van medicijnresten en een lage concentratie fosfor zijn behaald. De pilot heeft laten zien dat met de technologie PAK + doekfiltratie het mogelijk is om medicijnresten en fosfor in één zuiveringsstap verregaand uit het afvalwater te verwijderen. De uitkomsten van het pilotonderzoek maken daardoor de weg vrij voor toepassing van de technologie op praktijkschaal. De prestaties van de technologie en de aandachtspunten voor het bedrijven en beheren van de techniek zijn door het pilotonderzoek goed inzichtelijk gemaakt. Hierdoor kan er doorgepakt worden naar een full-scale realisatie. Toepassing op praktijkschaal sluit naadloos aan bij de huidige opgaven in de waterketen. Verregaande verwijdering van fosfor (KRW-eis) en medicijnresten (stimuleringsregeling vanuit IenW) staan bij menig waterschap hoog op de agenda.

Karin Bertens Zorzano, Devon Dekkers, Bart Verberkt (*Waterschap Aa en Maas*), Tonke van der Pol (*ELIQUO*), Xian Riedijk en Arnoud de Wilt (*Royal HaskoningDHV*)

### BRONNEN

STOWA 2020-21 Haalbaarheidsstudie PAK + Doekfiltratie

### SAMENVATTING

Een voor Nederland nieuwe technologie voor verregaande verwijdering van microverontreinigingen (medicijnresten etc.) én fosfor uit rwzi effluent is op pilot schaal onderzocht: PAK + doekfiltratie. In deze technologie wordt poederactiefkool (PAK) ingezet voor de absorptie van medicijnresten. Fosfor wordt met een metaalzout verwijderd. Op een schaal van 5 m<sup>3</sup>/uur is in een half jaar dierend pilotonderzoek op rwzi Vinkel de technologie getest. De uitkomsten van het pilotonderzoek zijn zeer positief. Medicijnresten zijn voor 95% verwijderd. Fosfor is verwijderd tot concentraties kleiner dan 0,05 mg/L. In vergelijking met de momenteel best-beschikbare-technologie is het PAK-verbruik bijna de helft lager. Hierdoor neemt de CO<sub>2</sub>-footprint sterk af.