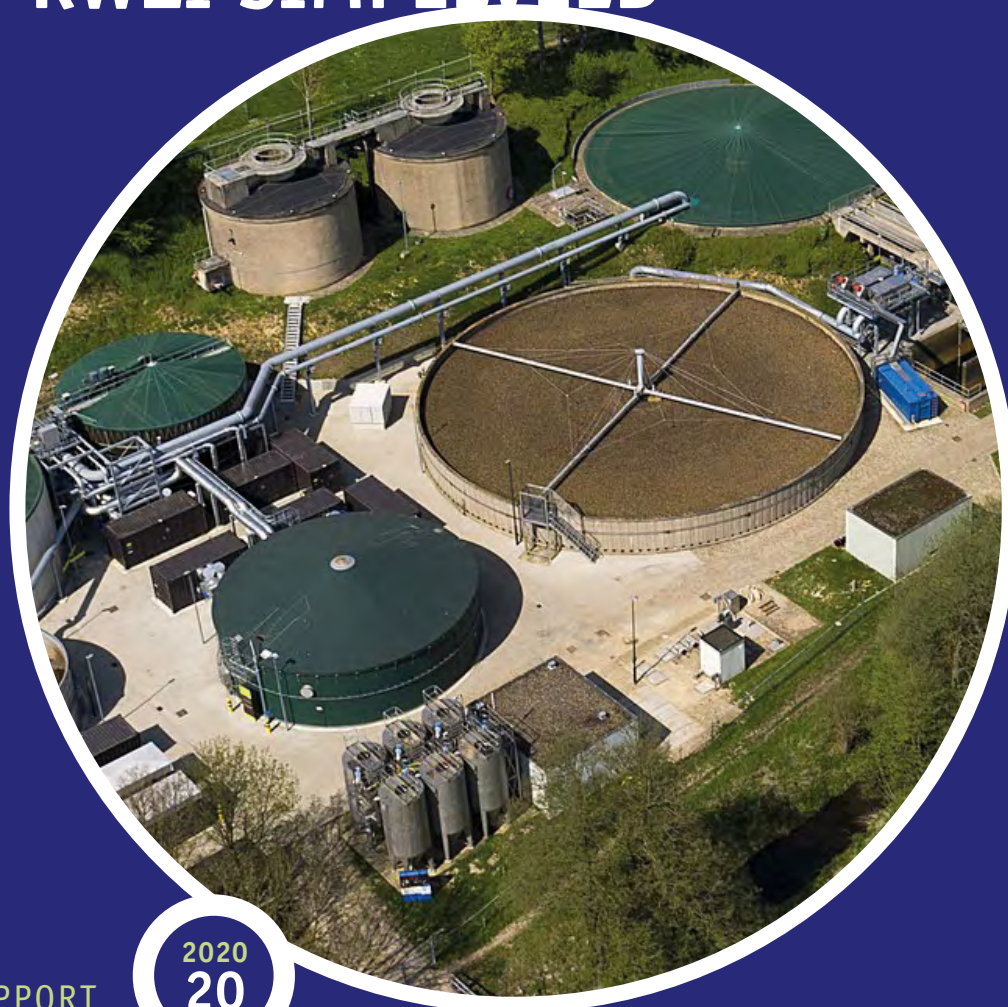




Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat

stowa

HAALBAARHEIDSTUDIE POEDERKOOLDOSERING IN NEREDA[®] VOOR VERWIJDERING VAN MICROVERONTREINIGINGEN OP RWZI SIMPELVELD



RAPPORT

2020
20

HAALBAARHEIDSSSTUDIE POEDERKOOLDOSERING IN NEREDA® VOOR
VERWIJDERING VAN MICROVERONTREINIGINGEN OP RWZI SIMPELVELD

RAPPORT

2020

20

ISBN 978.90.5773.892.0



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS A. de Man (WBL)
S. Malagón (WBL)
H. Evenblij (RHDHV)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

M. Bakker (Waterschap Vallei en Veluwe)
A. Koenis (Hoogheemraadschap van Rijnland)
D. Koot (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
M. Mulder (STOWA/Mirabella Mulder Wastewater Management)
G. Rijs (Rijkswaterstaat)
C. Uijterlinde (STOWA)
R. Vingerhoeds (Waterschap Brabantse Delta)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2020-20
ISBN 978.90.5773.892.0

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.
Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

HAALBAARHEIDSTUDIE POEDERKOOLDOSERING IN NEREDA® VOOR VERWIJDERING VAN MICROVERONTREINIGINGEN OP RWZI SIMPELVELD

De combinatie poederkooldosering Nereda® scoort waarschijnlijk beter op het criteria CO₂-footprint en kosten en gelijk op de criterium verwijderingsrendement ten opzicht van de combinatie poederkooldosering en actiefslib (PACAS).

Dit project behoort tot het cluster Adsorptie aan Poederkool van het Innovatieprogramma Microverontreinigingen uit Afvalwater. Poederkooldosering in Nereda® installaties verbetert de verwijdering van microverontreinigingen en lijkt een eenvoudige no-regret maatregel om medicijnresten te verwijderen.

In het STOWA onderzoek (2018-02) is de toepassing van poederkooldosering in actiefslib-systemen (PACAS) voor de verwijdering van micro-verontreinigingen onderzocht. Bij de poederkooldosering wordt het drogestofgehalte in het biologisch deel van de zuivering verhoogd. Bij toepassing in actiefslibinstallaties die vol belast worden is deze ruimte er niet. De aerobe korrelslibtechnologie, Nereda® wordt inmiddels op 6 rwzi's in Nederland toegepast en 33 rwzi's in het buitenland. In de Nereda® kunnen hogere drogestofgehalten worden gehandhaafd en kan deze poederkooldosering naar verwachting zonder deze "beperking" worden toegepast. De combinatie poederkool en Nereda® is nog niet op praktijkschaal toegepast. Voor deze studie zijn bench-scale proeven uitgevoerd om vast te stellen of de combinatie poederkooldosering en Nereda® kansrijk is.

Het vervolgonderzoek op praktijkschaal op de rwzi Simpelveld van het Waterschapsbedrijf Limburg richt zich op het testen van poederkooldosering in een Nereda®. Daarbij zal één Nereda®-straat voorzien worden van een poederkooldosering en de andere straat dient als referentie, conform de opzet van het STOWA-onderzoek in Papendrecht. In dit onderzoek wordt onderzocht wat de effecten van de poederkool zijn op de Nereda®-slibkorrels, en de prestaties van het systeem in de verwijdering van gangbare parameters maar ook de gidsstoffen zoals die door het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat zijn vastgesteld. Om al deze vragen te kunnen beantwoorden is een pilot nodig gedurende langere tijd op de schaal van een rwzi.

Deze haalbaarheidsstudie beschrijft de achtergronden van de techniek, de resultaten van de vooronderzoeken en eindigt met een voorstel voor een full scale pilotstudie op de rwzi Simpelveld.

Joost Buntsma
Directeur STOWA

SAMENVATTING

Deze haalbaarheidsstudie Poederkooldosering in Nereda® voor verwijdering van microverontreinigingen op rwzi Simpelveld is het resultaat van ontwikkeltraject PACAS : poederkooldosering actiefslibsystemen (Stowa-rapport 2018-02) en het pilotonderzoek dat heeft plaatsgevonden op de rwzi Utrecht.

Het poederkool wordt uit de opslag gemengd met een waterstroom en vervolgens in de Nereda® toegevoerd tijdens de beluchtingsfase. Het poederkool bindt de micro-verontreinigingen. De poederkool mengt zich met het slib in de Nereda® en wordt met het surplusslib afgevoerd.

In het pilotonderzoek is vastgesteld dat toevoeging van poederkool aan een benchscale Nereda® geen nadelige effecten geeft op de reguliere processen: verwijdering van stikstof en fosfaat.

Daarnaast is vastgesteld dat de poederkool vrijwel geheel wordt ingevangen in het slib.

In losse testen met effluent van rwzi Simpelveld is met drie typen actiefkool getest welke rendementen gehaald kunnen worden.

De TRL van de deelsystemen : poederkooldosering en de Nereda®-technologie is beiden 9. De combinatie van beide technieken heeft een TRL van ca. 4/5. Met deze praktijkproef wordt het TRL-niveau in ongeveer 1 jaar naar 7 - 9 gebracht. In de praktijkproef wordt het effect van de poederkooldosering vastgesteld door aan één Nereda® straat poederkool te doseren en de andere straat fungeert als referentie.

In de haalbaarheidsstudie is uitgegaan van behandeling van de volledige influentstroom.

De gemiddelde verwijdering van de gidsstoffen zoals door het ministerie van IenW vastgesteld, over de gehele installatie wordt ingeschat 70 – 75%, overeenkomstig het rendement van Pacas. Dat geldt ook voor de verlaging van de ecotoxiciteit : meer dan ca. 50%.

De kosten komen uit op het niveau van de toepassing van Pacas : 0,045 – 0,06 euro/m³.

In het praktijkonderzoek in Simpelveld wordt het pilotonderzoek gevalideerd alsook de bovengenoemde effecten.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de ‘kennisvragen van morgen’ – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

HAALBAARHEIDSTUDIE POEDERKOOLDOSERING IN NEREDA® VOOR VERWIJDERING VAN MICROVERONTREINIGINGEN OP RWZI SIMPELVELD

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INTRODUCTIE	1
2	DE TECHNIEK	2
3	TECHNOLOGY READINESS LEVEL	5
4	DIMENSIONERINGSGRONDSLAGEN	6
5	RESULTATEN VOORONDERZOEK	7
5.1	Bench-scale vooronderzoek Utrecht	7
5.1.1	Effect van poederkooldosering op nutriëntverwijdering in Nereda®	7
5.1.2	Opname van poederkool in korrels	7
5.1.3	Selectie van kooltype	8
5.2	Actuele verwijderingsrendementen van de gidsstoffen door rwzi Simpelveld	10
5.2.1	Monsterpunten en meetprogramma	10
5.2.2	Resultaten	11
5.2.3	Conclusies en aanbevelingen	13
6	ONDERBOUWING VAN CRITERIA	14
6.1	Behandelde hoeveelheid water	14
6.2	Verwijderingsrendement per gidsstof	14
6.3	Hulpstoffen en chemicaliën	15
6.4	Energieverbruik	15
6.5	Slibproductie	15
6.6	Spoelwaterverbruik en waswaterproductie	15
6.7	CO ₂ -footprint conform model	15
6.8	Mogelijke vorming van transformatieproducten	16
6.9	Conclusies	16
6.10	Opschaalbaarheid 100.000 IE	16
6.10.1	Technisch opschalen 100.000 ie	16
6.10.2	Kostenberekening (100.000 IE)	17

7	INPASSING IN DE NEDERLANDSE ZUIVERINGSPRAKTIJK	18
7.1	Bedrijfsvoering	18
7.1.1.	Effluentkwaliteit	18
7.1.2	Slibproductie	18
7.1.3	Chemicaliën- en energieverbruik	18
7.2	Fysieke inpassing	18
7.3	Geschikte rwzi's in Nederland	18
8	PLAN VAN AANPAK	19
8.1	Beschrijving organisatie	19
8.2	Onderzoeksimens	19
8.3	Fasering van de praktijkproef	20
8.4	Planning	20
8.5	Bemonsterings- en analyseprogramma praktijkproef	20
8.5.1	Monstername bij meting van gidsstoffen	22
8.5.2	Monsterpunten	22
8.5.3	Retourstromen	22
8.5.4	Microverontreinigingen	22
8.5.5	Analyseprogramma	23
8.5.6	Verwijderingsrendement	23
9	REFERENTIES	25
BIJLAGE 1	VERGELIJKINGSTABEL BEOORDELINGSCRITERIA	26

1

INTRODUCTIE

POEDERKOOLDOSERING IN NEREDA®

De poederkooldosering in Nereda® is het resultaat van ontwikkeltraject PACAS : poederkooldosering actiefslibsystemen (2018) en het pilotonderzoek dat heeft plaatsgevonden op de rwzi Utrecht met poederkool en Nereda®.

Poederkooldosering verbetert de verwijdering van microverontreinigingen en is een eenvoudige no-regret maatregel om medicijnresten te verwijderen. De dosering kan op eenvoudige wijze aan een biologisch zuiveringssysteem worden ingepast.

RHDHV heeft in bench-scale onderzoek in Utrecht vastgesteld dat de poederkooldosering geen nadelig effect heeft op de activiteit van het aerobe korrelslib en dat er in geringe mate uitspoeling plaatsvindt van poederkool. Tevens zijn testen uitgevoerd met drie typen actiefkool.

De TRL's van de Nereda®-technologie en de poederkooldosering bedragen beide 9. De combinatie heeft een TRL van 4/5. Er van uitgaande dat de praktijkproef op rwzi Simpelveld succesvol verloopt zal de TRL uitkomen op 7 – 9.

In de praktijkproef zal de combinatie poederkooldosering en Nereda® getest gaan worden en zullen de resultaten van het pilotonderzoek gevalideerd worden. Tevens zal aandacht besteed worden aan het effect op de effluentkwaliteit (P en N) en de slibhoeveelheid en -samenstelling.

Ontwikkeltraject poederkooldosering in Nereda

Fase	Planning
Pilotonderzoek op rwzi Utrecht	Juni 2018 – augustus 2019
Praktijkonderzoek op rwzi Simpelveld	Q4 2020 – Q1 2022

Deze haalbaarheidsstudie is geschreven in het kader van het innovatieprogramma *microverontreinigingen uit afvalwater*, een programma van STOWA en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Deze haalbaarheidsstudie volgt de opzet zoals beschreven in de *Richtlijnen haalbaarheidsstudie* die in januari 2019 door de STOWA verstrekt zijn. De haalbaarheid van het Pacas in actiefslibsystemen is gerapporteerd in STOWA 2018-02.

2

DE TECHNIEK

De techniek en de opzet van het onderzoek vertonen grote gelijkenis met het PACAS-onderzoek dat is uitgevoerd op de actiefslibinstallatie Papendrecht (Stowa 2018-02). Aan een bestaande biologische zuivering wordt een poederkooldosering toegevoegd gericht op verwijdering van medicijnresten en overige microverontreinigingen.

De combinatie van poederkooldosering met Nereda® is nieuw.

De praktijkproef zal worden uitgevoerd op de rwzi Simpelveld van het Waterschapsbedrijf Limburg.

In Simpelveld (12.600 IE) is sinds oktober 2016 een Nereda® in bedrijf. De rwzi bestaat uit een Nereda® installatie (650 m³/h) (buffer plus 2 Nereda® tanks : 750 en 1.500 m³ inhoud), een regenwaterbuffer en nageschakelde zandfilters (ca. 300 m³/h).

Vanaf eind 2019/begin 2020 zal er poederkool worden gedoseerd op de Nereda® tank van 750 m³, waarbij de Nereda® tank van 1.500 m³ fungeert als referentiestraat. Dat betekent dat 1/3 deel van het influent met poederkool wordt behandeld. In de zandfilters wordt ongeveer 70 - 80% van het effluent van de Nereda® behandeld.

Het surplusslib van beide Nereda® tanks wordt gezamenlijk in een buffer opgevangen en door beluchting gemengd en vervolgens met één banddikker ingedikt en vervolgens afgevoerd en vergist op de rwzi Wijlre. De samenstelling van het afgevoerde slib (ds-% en asrest-%) alsook het pe-verbruik bij de indikking op de rwzi Simpelveld zal worden gevolgd. Het is niet mogelijk om de spuislibben separaat op te vangen. Het slib in de Nereda® tanks zal wel separaat bemonsterd worden.

De rwzi heeft de volgende kenmerken:

Ontwerpcapaciteit	12.600	IE
Belasting		
RWA	945	m ³ /h
DWA	200	m ³ /h
Gemiddelde aanvoer	3.010	m ³ /d
Maximale hydraulische belasting Nereda	650	m ³ /h
Maximale hydraulische belasting zandfilters	300	m ³ /h
N	7	mg N/l
P	0,3	mg P/l
Oppervlaktewater	Eijsserbeek	

De poederkool wordt gedoseerd vanuit voorraadvaten of vanuit een silo. De definitieve systeemkeuze dient nog gemaakt te worden. Vooralnog wordt uitgegaan van de doseerinstallatie die ook is gebruikt in het onderzoek van rwzi Papendrecht (2018-02).

De kool wordt vervolgens naar een tussenbuffer getransporteerd, opgeslagen, gewogen en gemengd met effluent of drinkwater en met leidingwerk de Nereda® tank ingebracht.

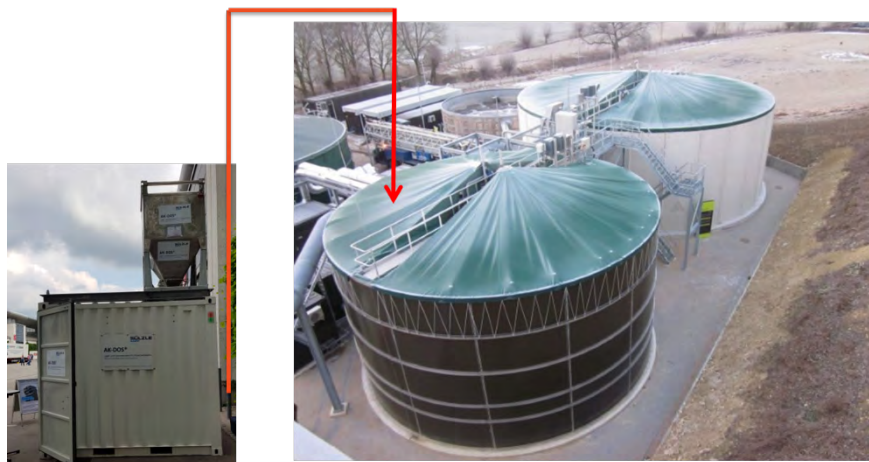
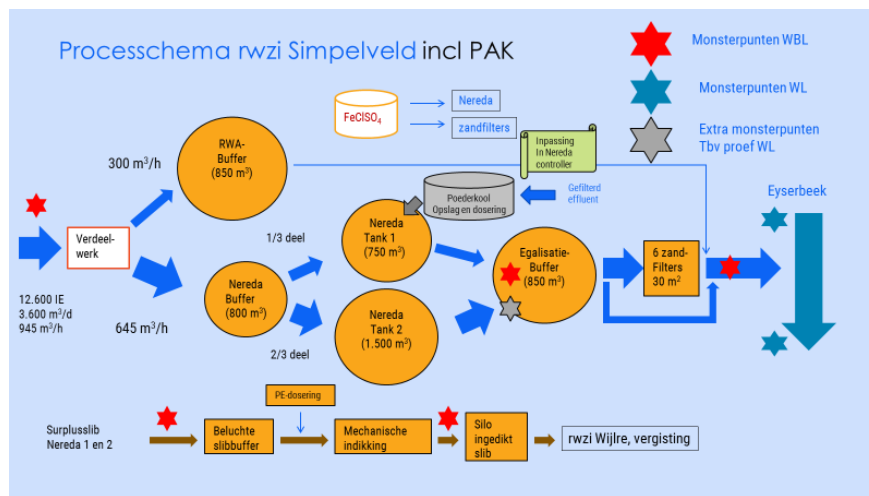
Het doseerniveau wordt ingesteld op een doseerhoeveelheid PAK per liter influent. Vooral nog wordt uitgegaan van een 3 tot 4 doseerniveau's, variërend tussen 5 en 15 mg PAK/liter influent. De exacte doseerniveau's waar in het praktijkonderzoek mee wordt gestart, wordt bepaald door de uitkomsten van het labonderzoek en de resultaten die worden verkregen tijdens de praktijkproeven.

De Nereda-tanks worden afwisselend batchgewijs gevoed met influent vanuit de Nereda-buffer. De Nereda tanks ondergaan de volgende fases : voeden en gelijktijdig aflaten van effluent, beluchten en bezinken. De slijbspui kan plaatsvinden na de voeding en na de beluchting. In Simpelveld vindt de spui plaats na de voedingsfase. De dosering van PAK zal plaatsvinden in de beluchttingsfase. De dosering wordt opgenomen in de procesregeling van Nereda®.

Conform de opzet van het onderzoek in Papendrecht verloopt de dosering proportioneel met het influentdebiet. Onderzocht dient nog te worden of het regeltechnisch mogelijk is om de dosering te maximaleren tot b.v. een debiet van 2 maal DWA. Bij hogere debieten neemt het gehalte aan medicijnresten aanzienlijk af en zijn hoge doseringen niet meer efficiënt.

In het onderstaande schema is de proefopzet alsook het bemonsteringsschema opgesteld. Het onderzoek zal zich richten op de rendementsbepaling van de 2 Nereda® straten.

In de nageschakelde zandfilters kan er nog extra verwijdering van medicijnresten plaatsvinden (info AA en Maas). Er zullen hier ook metingen gedaan worden.



Tijdens de proef in Simpelveld zal de extra slibproductie orde-grootte 1.200 m³/d, 15 mg PAK/l = 18 kg PAK/d = 6,6 ton ds/j bedragen. Het slib wordt ter plaatse mechanisch ingedikt en vervolgens op rwzi Wijlre vergist en op rwzi Maastricht-Limmel ontwaterd en vervolgens gedroogd in Susteren en als granulaat naar de cementindustrie afgevoerd. Het zal duidelijk zijn dat de schaalgrootte van de rwzi Simpelveld dermate gering is dat de impact op de sliblijn daarna op WBL-niveau verwaarloosbaar is. Bij het opstellen van het pilotplan zal nader onderzocht worden of effecten op de haalbare indikgraad op een andere manier onderzocht kunnen worden, bijvoorbeeld door middel van labtesten.

3

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

De techniek poederkool- Nereda® is gebaseerd op een combinatie van twee bestaande technieken:

- Nereda®
- Poederkooldosering voor verwijdering van micro-verontreinigingen

De aerobe korrelslibtechnologie, Nereda wordt inmiddels op 6 rwzi In Nederland toegepast en 33 in het buitenland.

Poederkooldosering voor verwijdering van micro-verontreinigingen is al sinds de jaren '90 op meerdere rwzi's in Duitsland toegepast, voornamelijk in de deelstaat Baden Württemberg. Meer recent bijvoorbeeld op de rwzi Dülmen sinds 2014 als nageschakelde techniek met zandfiltratie en de rwzi Sindelfingen sinds 2011 als nageschakelde techniek met een bezinkstap. In 2017 heeft er op de rwzi Papendrecht (Stowa 2018-02) een uitgebreide test plaatsgevonden met poederkooldosering in een actiefslibstelsysteem. Daarnaast is poederkooldosering een veel toegepaste techniek in de drinkwaterbereiding. De poederkooldosering in deze toepassingen is continu. De TRL van beide deelsystemen is 9.

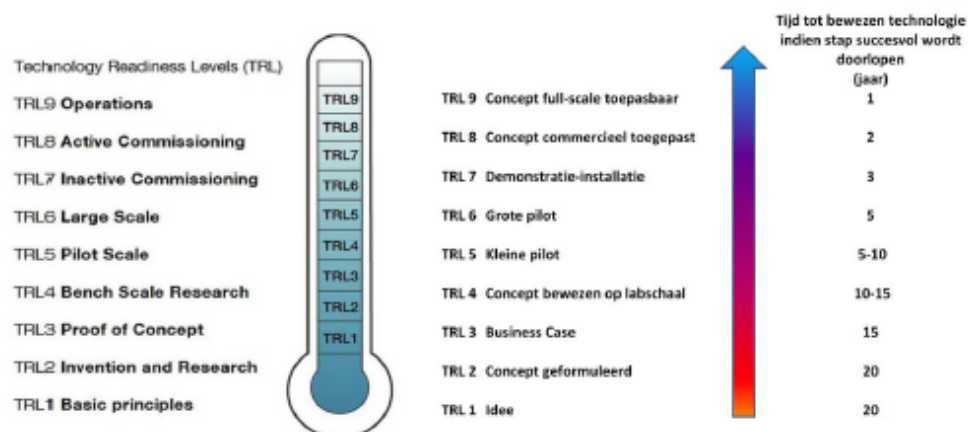
De combinatie poederkool en Nereda® is door RHDHV op pilotschaal uitgetest op de rwzi Utrecht en de TRL bedraagt ca. 4 tot 5.

Bij Nereda® is er sprake van een batchproces, met fase van influenttoevoer en afvoer van effluent, beluchting en bezinking. De poederkooldosering zal plaatsvinden in de beluchttingsfase. De dosering zal in de Nereda®-controller worden opgenomen.

De praktijkproef zal plaatsvinden op rwzi Simpelveld, waarbij aan 1 Nereda® straat gedurende 1 jaar poederkool gedoseerd zal gaan worden en de andere zal fungeren als referentie. Na afloop van de praktijkproef zal de TRL zijn toegenomen tot 7 – 9.

FIGUUR 1

TECHNOLOGY READINESS LEVELS



4

DIMENSIONERINGSGRONDSLAGEN

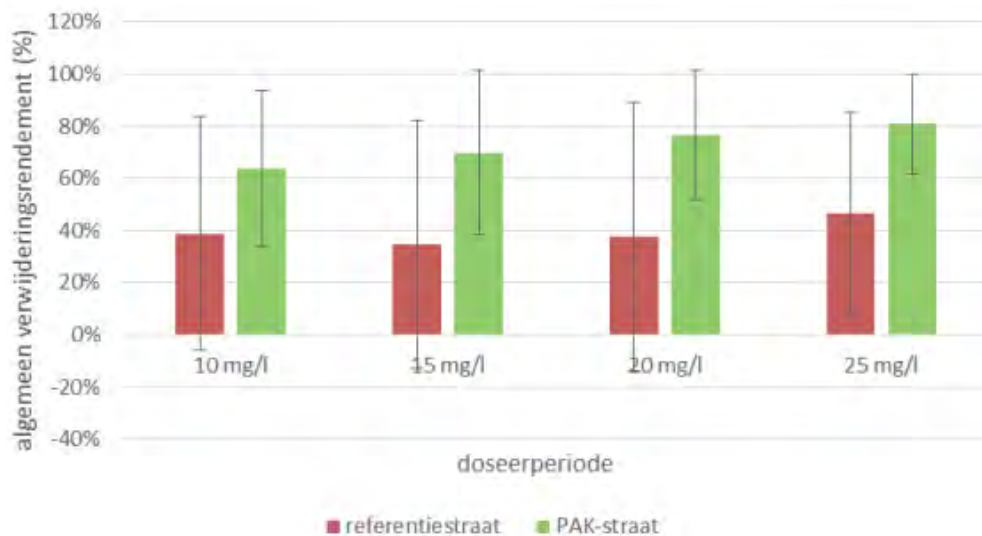
Het ontwerp van de poederkooldosering in Nereda op basis van de uitgangspunten in tabel 1 van bijlage 1 van de Richtlijnen haalbaarheidsstudie.

Er wordt uitgegaan van een rwzi-grootte van 100.000 IE.

De gemiddelde verwijdering van de poederkooldosering wordt voorsnog gelijk gesteld aan het rendement dat is vastgesteld in het PACAS-onderzoek (2018-02) : 70 – 75% (bijlage 1 van richtlijn). De vermindering in ecotoxiciteit wordt ingeschat op meer dan 50%, uitgaande van de Pacas proeven (Stowa 2018-02, bijlage 11, blz 18).

Het doseringsniveau in de praktijkproef wordt ingeschat op: 5 tot 15 mg PAC/liter influent.

Ter illustratie: de rendementen zoals vastgesteld in het Pacas-onderzoek (Stowa, 2018-02) in actiefslibsystemen worden per doseerperiode in de grafiek hieronder weergegeven. De verwijderingsrendementen voor de 11 gidsstoffen worden in hoofdstuk 6.2. per stof gepresenteerd.



5

RESULTATEN VOORONDERZOEK

5.1 BENCH-SCALE VOORONDERZOEK UTRECHT

Op de rwzi Utrecht staan parallel aan de 1000 m³ Nereda-pilot installatie vier bench-scale Nereda® reactoren, waarmee op influent van de rwzi Utrecht testen gedaan kunnen worden.

Twee van deze reactoren zijn gebruikt om het effect van poederkooldosering te onderzoeken. Elke reactor heeft een inhoud van 15 liter. Voor deze proeven zijn de reactoren geëent met 300 ml korrelslib/l uit de RWZI Garmerwolde. Bij elke cyclus werd per liter toegevoegd influent 15 mg poederkool toegevoegd, gedurende een periode van 7 weken, eindigend op 7 juni 2019. Voor deze proeven werd gebruik gemaakt van de actiefkool die ook gebruikt is in het PACAS project: Pulsorb WP 235, van de firma Chemviron. Het influent voor deze proeven was influent van de rwzi Utrecht, en de proeven werden uitgevoerd bij omgevingstemperatuur.

5.1.1 EFFECT VAN POEDERKOOLDOSERING OP NUTRIËNTVERWIJDERING IN NEREDA®

In deze experimenten is eerst onderzocht of er effecten zijn op de reguliere omzettingen van de Nereda®: verwijdering van CZV, stikstof en fosfaat. De poederkooldosering heeft geen negatieve effecten op de nutriëntverwijdering (stikstof en fosfor) in een Nereda®. De fosfaatopname bleef in de gewone range: 0,4 tot 0,6 mg P/g_{ODS}.l.uur. De ammoniumverwijdering bleef ook op het normale niveau (0,6 tot 1,0 mg NH₄-N/g_{ODS}.l.uur). Het Nereda®-slibgehalte was in beide reactoren gelijk.

5.1.2 OPNAME VAN POEDERKOOLOEDER IN KORRELS

In een continuproef van een week is in de zomer van 2018 ook een aantal metingen verricht. Bij deze metingen is onderzocht of de hoeveelheid poederkool in effluent vastgesteld kon worden via de zgn. Schwarzgradbestimmung. De ijklijn van de Schwarzgradbestimmung is weergegeven in onderstaande figuur.

IJKLIJN VAN PAK IN EFFLUENT, GEMAAKT DOOR 100 ML VAN EEN PAK-OPLOSSING MET BEKEND CONCENTRATIE PAK OVER EEN VACUUMFILTER TE FILTEREN.

CONCENTRATIES: 1 MG/L, 2 MG/L, 5 MG/L, 10 MG/L, 15 MG/L, 20 MG/L PAK



Indicatieve metingen aan de effluentkwaliteit laten zien dat uitspoeling van poederkool via het effluent zeer beperkt is. De metingen zijn indicatief, omdat de onttrekking van spuislib uit de bench-scale reactoren door technische beperkingen anders wordt uitgevoerd dan in full scale Nereda®'s: het effluent bestaat uit zowel gereinigd influent als spuislib. Met de

zgn. Schwarzgradbestimmung is gemeten in supernatant van het mengsel van spuislib en effluent, na 20 minuten bezinking. De resulterende filterpapieren zijn gepresenteerd in onderstaande figuur.

Naar schatting bevat het effluent minder dan 1 mg PAK per liter. Dit lijkt overeen te komen met de bevindingen in het PACAS project, waar ook een zeer kleine fractie van de poederkool in het effluent terecht kwam.

GEDROOGDE FILTERS VAN HET GEFILTERDE EFFLUENT VAN R1 GENOMEN OP 18, 19, 20 EN 21 JUNI



In batchproeven is getracht om vast te stellen waar het poederkool blijft, hoeveel poederkool per cyclus kan worden ingevangen door de korrels. Hierbij bleek dat per gram Nereda® korrels ongeveer 2 mg poederkool kon worden ingevangen. De voorlopige conclusie hieruit is dat een deel van de poederkool zich hecht aan de korrels, een deel zal hechten aan spuislib en ook met spuislib de reactor verlaten. Het overige deel (minder dan 1 mg/l) zal met effluent de reactor verlaten. De exacte verdeling over de waterfase (effluent) en spuislibfase is in de bench-scale niet verder onderzocht.

In praktijk wordt spuislib als aparte stroom uit de Nereda afgelaten. Tijdens de praktijkproef zal worden nagegaan wat de invloed is van het tijdstip en plaats van doseren in de cyclus op de verdeling van actiefkool over de verschillende fracties: Nereda® slib, spuislib en effluent.

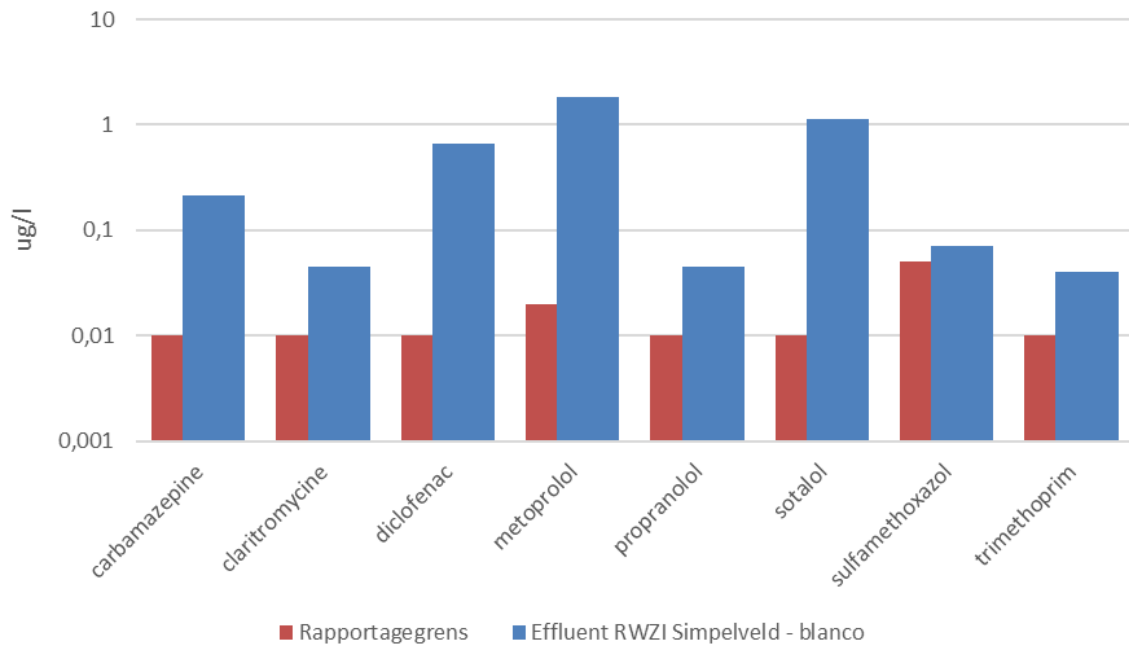
De uitspoeling van kool zal in de praktijkproef gemeten gaan worden. Voor wat betreft zwevende stof gehalten in het effluent van Neredas is de volgende te melden: In de afloop van de Nereda® reactoren op rwzi Simpelveld is tijdens de garantieperiode een gehalte van gemiddeld 9 mg/l aan zwevende stof gemeten. Als referentie, in conventionele actiefslibsystemen met voldoende nabezinktancapaciteit wordt in de regel gemiddelde gehalten gemeten van 5 tot 10 mg/l aan zwevende stof.

Er is tot op heden nog niet voldoende materiaal geproduceerd om een zinvolle analyse te doen van de kwaliteit van de Kaumera bij toevoeging van poederkool.

5.1.3 SELECTIE VAN KOOLTYPE

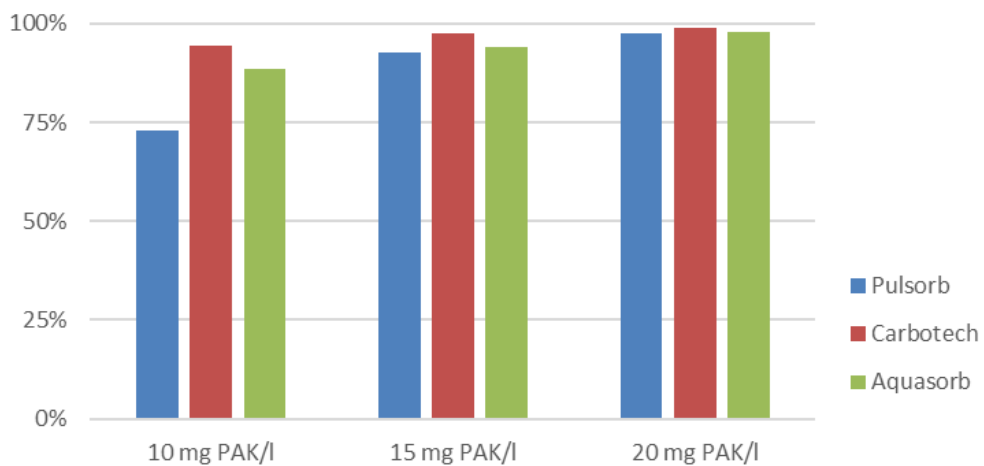
Met drie typen actiefkool is getest hoe microverontreinigingen uit het effluent van rwzi Simpelveld verwijderd worden. Het effluentmonster is op 21 augustus 2019 genomen. Bij drie doseringen (10, 15 en 20 mg/l) is met actiefkool van de firma's Chemviron, Jacobi en Carbotech batchtesten uitgevoerd. Van de 11 gidsstoffen zijn er 8 aangetoond boven de toen geldende detectiegrens. Hydrochloorthiazide, 4&5-Benzotriazool en benzotriazool zijn in het effluent aangetroffen in gehalten lager dan de rapportagegrens (rapportagegrens: 5 µg/l, 0,02 µg/l en 0,01 µg/l, respectievelijk). Veel van de overige gidsstoffen zijn aangetroffen relatief dicht tegen de rapportagegrens.

In onderstaande figuur zijn de gehalten in het effluent gepresenteerd, als gemiddelde van twee bepalingen, tezamen met de rapportagegrens per stof, let op de logaritmische schaal.



In onderstaande figuur zijn de verwijderingsrendementen van de gidsstoffen per actiefkool gepresenteerd. Vergeleken met het PACAS onderzoek zijn deze rendementen hoger. Bijlage G van het PACAS rapport geeft de verwijderingsrendementen bij 15 mg PAK per liter over gehele rwzi. Zeven van de gidsstoffen zijn hierin gepresenteerd met een gemiddeld verwijderingsrendement van 75%: carbamazepine, clarithromycine, diclofenac, metoprolol, propranolol, sotalol, sulfamethoxazol, duidelijk lager dan het gemiddelde rendement in deze proef, alleen op effluent.

Verwijdering van gidsstoffen uit effluent van rwzi Simpelveld



Met de verwijderingsrendementen die de rwzi zelf behaalt (zie volgende paragraaf), is nog een rendement in het effluent nodig van zo'n 40% om een totaalrendement van 70% te bereiken. Bij elke dosering voldoen alle kolen. De definitieve keuze van de kool zal worden bepaald door een combinatie van effectiviteit, beschikbaarheid en kosten.

5.2 ACTUELE VERWIJDERINGSRENDEMENTEN VAN DE GIDSSTOFFEN DOOR RWZI SIMPELVELD

Ter voorbereiding op het praktijkonderzoek met poederkooldosering in Nereda® op rwzi Simpelveld is er een vooronderzoek, de “nul-meting”, uitgevoerd. Het doel hiervan is om een eerste inzicht te krijgen in de aanwezigheid van de stoffen, de concentraties en het verwijderingsrendement van de huidige installatie.

5.2.1 MONSTERPUNTEN EN MEETPROGRAMMA

Voor dit vooronderzoek zijn in juli 2019 het influent van de rwzi Simpelveld en de afloop van beide Nereda's bemonsterd. Er is gebruikt gemaakt van de huidige bemonsteringskasten. De monsters zijn alleen genomen bij droogweeraanvoer omdat de microverontreinigingen alleen bij droogweeraanvoer in “goed meetbare” concentraties aanwezig zijn.

Opzet was om in een week een 24-uur volume-proportioneel monster te nemen gedurende 7 aaneengesloten dagen. Wegens de weersomstandigheden was het helaas niet mogelijk om alle monsters elke opeenvolgende dag te nemen. Ook konden er geen monsters in het weekend genomen worden. In totaal zijn er zeven 24-uur debiet proportionele monsters verzameld. Uit de verzamelde 24-uur monsters zijn er meerdaagse monsters gemaakt. Hiervoor zijn er zijn 2 x 24-uur monster en 3x 24-uur monsters gemengd om twee meerdaagse mengmonsters van 48-uur en een monster van 72-uur samen te stellen. Deze drie mengmonsters zijn ter analyse aangeboden. Het uitgevoerde bemonsteringsprogramma wordt in tabel hieronder gepresenteerd.

BEMONSTERINGSPROGRAMMA NUL-METING VOORONDERZOEK RWZI SIMPELVELD

Datum	Influent	Afloop Nereda	Type monster	Meerdaagse mengmonster (aangeboden voor analyse)
Woensdag 10-7	x	x	Volumeproportioneel	24-uurs monster
Donderdag 11-7	x	x	Volumeproportioneel	24-uurs monster
Dinsdag 16-7	x	x	Volumeproportioneel	24-uurs monster
Woensdag 17-7	x	x	Volumeproportioneel	24-uurs monster
Maandag 22-7	x	x	Volumeproportioneel	24-uurs monster
Dinsdag 23-7	x	x	Volumeproportioneel	24-uurs monster
Woensdag 24-7	x	x	Volumeproportioneel	24-uurs monster

De monsternamen en het transport is door AWS uitgevoerd. De analyses van de micro's zijn door het laboratorium Aqualysis uitgevoerd. Er loopt momenteel landelijk een ringonderzoek (ILOW) met als doel om een robuuste en kostenefficiënte methode te ontwikkelen voor de bemonstering en de analyse van medicijnenresten in afvalwater. Dit onderzoek is nog lopende.

De nul-meting heeft zich vooral gericht op de lijst van de 11 gidsstoffen die door IenW is opgesteld. Daarnaast is er ook bromide gemeten. Indien in de toekomst een andere methode moet worden toegepast, bv. ozonisatie dan is deze analyse van belang. Het meetprogramma wordt in de volgende tabel weergegeven.

ANALYSES WBL

Pakket	Analyse	Matrix		Totaal monsters
		Influent rwzi	afloop Nereda's	
A. Gidsstoffen	- Benzotriazool	3x	3x	6
	- Carbamazepine			6
	- Clarithromycine			6
	- Diclofenac			6
	- Hydrochlorthiazide			6
	- Mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool			6
	- Metoprolol			6
	- Propranolol			6
	- Sotalol			6
	- Sulfamethoxazol			6
	- Trimethoprim			6
B. Overige	- Bromide	3x	3x	6

5.2.2 RESULTATEN

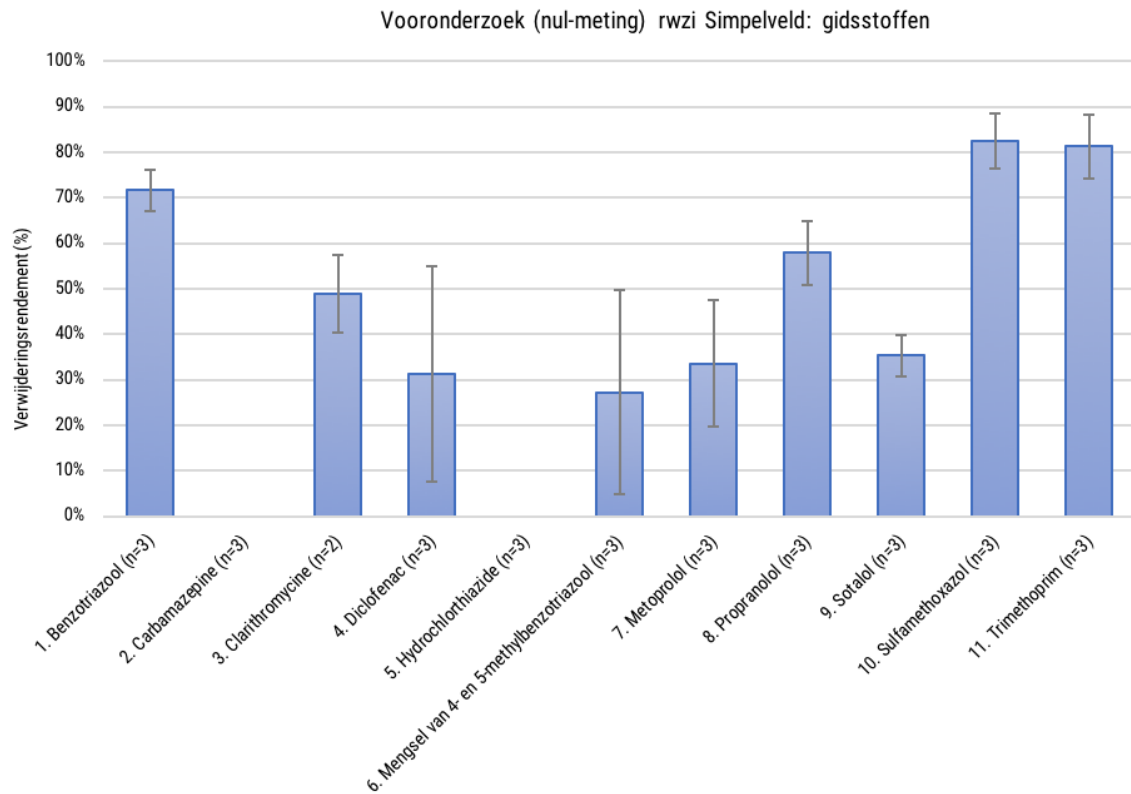
De resultaten laten een hoge verwijderingsrendement voor drie van de 11 gidsstoffenstoffen zien, namelijk sulfamethoxazol, trimethoprim en benzotriazole met 83%, 81% en 72% respectievelijk. Propranolol wordt voor gemiddeld voor 58% verwijderd. Clarithromycine is aanwezig in zeer lage concentraties in het influent, deze concentraties liggen soms dicht tegen de rapportagegrens aan (<0,07 µg/l). Om die reden zijn er voor deze stof alleen twee waarnemingen meegerekend waardoor het berekende verwijderingsrendement (49%) niet echt betrouwbaar is.

Het gemiddelde verwijderingsrendement voor de gidsstoffen metoprolol en sotalol, metoprolol en diclofenac was 35%, 34% en 31% respectievelijk. Echter, voor diclofenac is uit de analyse gebleken dat de spreiding in de resultaten vrij groot is waardoor een nauwkeurig rendement lastig is te bepalen. Het mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool is voor gemiddeld 27% verwijderd, de spreiding in de verwijderingsrendementen voor deze stof was ook groot.

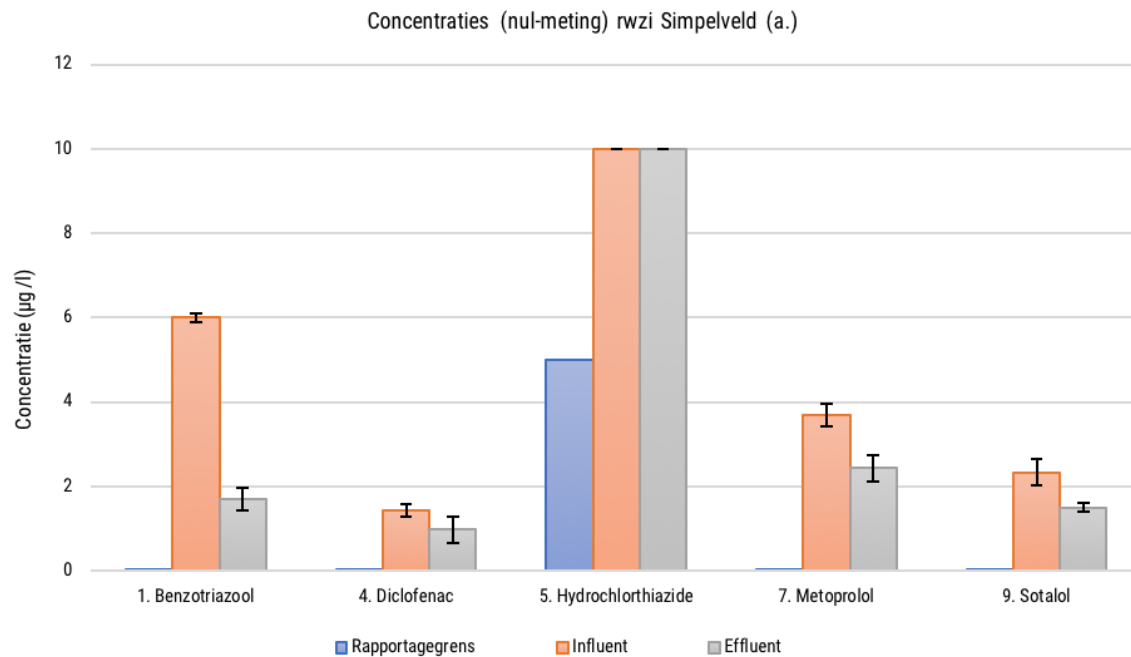
Voor twee van de gidsstoffen, carbamazepine en hydrochlorthiazide, was het niet mogelijk om het verwijderingsrendement vast te stellen. In het geval van carbamazepine ligt de concentratie in zowel het influent en afloop Nereda onder de rapportagegrens, hierdoor kon er geen verwijderingsrendement bepaald te worden. Voor hydrochlorthiazide kon er geen duidelijk conclusie worden getrokken. De resultaten laten geen duidelijk verschil zien tussen de concentratie in het influent en de afloop Nereda. De gemeten concentraties van hydrochlorthiazide voor zowel influent als afloop Nereda zijn als <10 µg/l gerapporteerd. Hieruit kan er geen rendement worden berekend. Aandachtspunt voor de analyse van hydrochlorthiazide is dat de rapportagegrens hoog is, deze ligt op 5µg/l terwijl voor de andere stoffen in de orde van grote van 10 ng/l ligt. Om die reden is het verwijderingsrendement voor deze stof niet goed te bepalen.

Ten slotte zijn er metingen uitgevoerd naar bromide. De gemiddelde concentratie in het influent is 0,27 µg/l. De concentratie van bromide na afloop van de Nereda's blijft voor alle metingen lager dan 0,05 µg/l. Alle resultaten worden in de grafiek hieronder weergegeven. Daarnaast worden ook de concentraties voor zowel influent als afloop Nereda weergegeven. Deze zijn in twee groepen verdeeld: groep a. voor stoffen met concentraties >1 µg/l en groep b. voor stoffen met concentraties <1 µg/l.

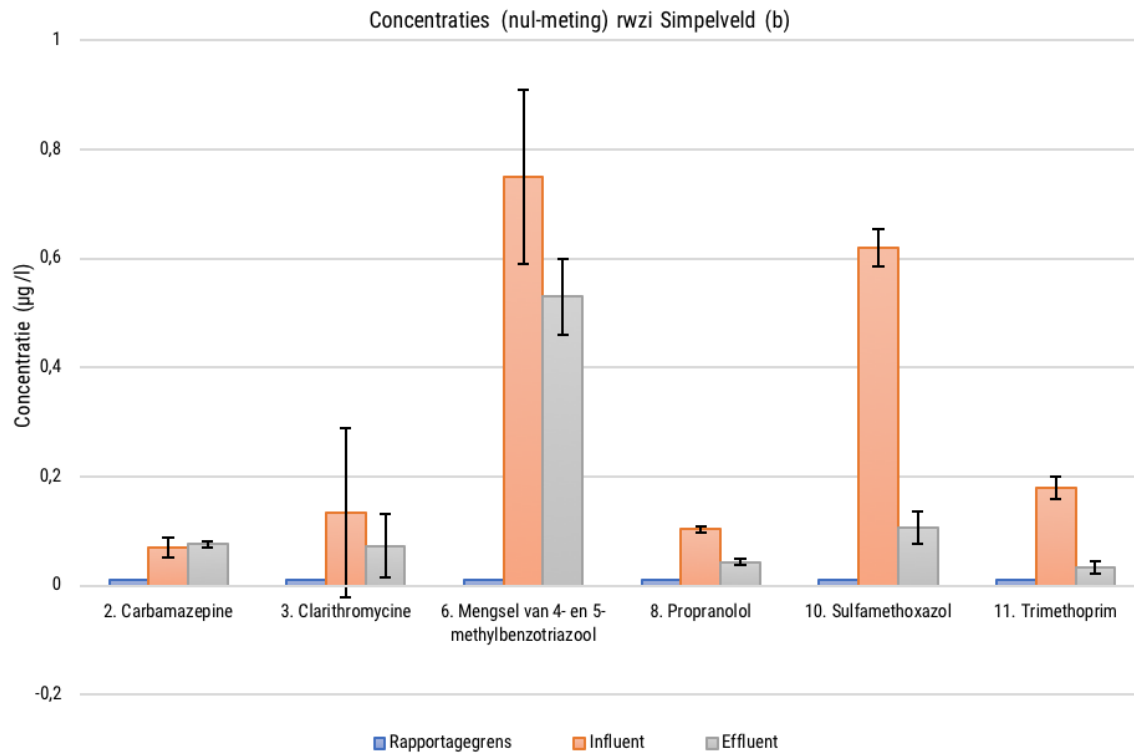
OVERZICHT VERWIJDERINGSRENDERMENTEN VAN DE 11 GIDSSTOFFEN



CONCENTRATIES GROEP A (>1 µG/L)



GRAFIEK. CONCENTRATIES GROEP B (<1 µG/L)



5.2.3 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Uit dit vooronderzoek is gebleken dat onder DWA-omstandigheden alle gidsstoffen aangetroffen kunnen worden in het influent, waarvan 9 in voldoende hoge concentratie. Het verwijderingsrendement van sommige stoffen blijft lastig nauwkeurig te worden bepaald vanwege de grote spreiding in de meetwaarden (diclofenac, mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool) of de lage concentratie die dicht tegen de rapportagegrens liggen (carbamazepine, clarithromycine, hydrochloorthiazide). Het gemiddelde verwijderingsrendement bedraagt circa 53%, een voor Nederlandse rwzi's representatieve waarde.

Voorafgaand aan het starten van de pilot wordt geadviseerd om nog een serie metingen te laten doen om het verschil t.o.v. het verwijderingsrendement tussen de twee Nereda's reactoren te bepalen. Hiervoor dient een tweede bemonsteringskast tijdelijk in bedrijf te worden genomen. Voor deze metingen dient rekening te worden gehouden met de verblijftijd in de Nereda buffertanks en de Neredatanks (ca. 24u) volgens de voorschriften van IenW

Eveneens, wordt het geadviseerd om zowel de aanvoer als de afvoer van de zandfilters te meten om het aanvullende verwijderingsrendement van de zandfilters m.b.t. medicijnresten te kunnen bepalen. Opgemerkt wordt dat 1/3 deel van het influent in de poederkool Nereda-straat wordt behandeld en 2/3 deel in de referentiestraat. Daarnaast komt er ook een retourstroom vanuit de banddikker naar de put net voor de zandfilters.

Het monitoringsprogramma en monsternamen die tijdens de praktijkproef zal worden toegepast, wordt in hoofdstuk 8.5 verder toegelicht.

6

ONDERBOUWING VAN CRITERIA

In dit hoofdstuk worden de criteria onderbouwd die zijn vermeld in bijlage 1 van de Richtlijnen.

Zoals gesteld zal in het praktijkonderzoek op rwzi Simpelveld aan 1/3 van het afvalwater poederkool worden gedoseerd. Door vergelijking van de werking tov de referentie straat kan de meerwaarde van de kooldosering worden vastgesteld.

Bij de onderbouwing van de criteria is uitgegaan van een schaalgrootte van 100.000 IE en 20.800 m³/d en behandeling van de gehele afvalwaterstroom.

6.1 BEHANDELDE HOEVEELHEID WATER

Bij de poederkooldosering Nereda combinatie zal de volledige afvalwaterstroom worden behandeld.

Conform de opzet van het onderzoek in Papendrecht verloopt de dosering proportioneel met het influentdebiet en zal waarschijnlijk worden gemaximeerd tot tweemaal het gemiddelde DWA-uurdebiet.

6.2 VERWIJDERINGSRENDEMENT PER GIDSSTOF

In het PACAS-onderzoek in Papendrecht werd bij een dosering van 15 mg PAK/l een verwijderingsrendement gehaald van 70% (bron: Stowa 2018-02: aflezing grafiek blz 78). Omdat de slibverblijftijd en de poederkoolverblijftijd hoger is in een Nereda dan in actiefslibinstallaties, kan er sprake zijn van verhoogde afbraak of verwijdering van de gidsstoffen. Er kan om die reden mogelijk volstaan worden met een lagere poederkooldosering: 10 – 15 mg PAK/l.

Voor de combinatie poederkool – Nereda de volgende rendementen minimaal de rendementen ingeschat zoals vastgesteld in het PACAS-onderzoek.

Gidsstoffen	Verwijderingsrendement (%)	Bron
Benzotriazole	82	Fig. 37, bijlage G, blz 78
4- en 5 Methylbanzotriazole*	82	Fig. 37, bijlage G, blz 78
Carbamezapine	70	Fig. 37, bijlage G, blz 78
Clarithromycine	60	Fig. 37, bijlage G, blz 78
Diclofenac	60	Fig. 37, bijlage G, blz 78
Hydrochloorthiazide	70	Fig. 37, bijlage G, blz 78
Metoprolol	90	Fig. 37, bijlage G, blz 78
Propranolol	95	Fig. 37, bijlage G, blz 78
Sotalol	70	Fig. 37, bijlage G, blz 78
Sulfamethoxazole	70	Fig. 37, bijlage G, blz 78
Trimethoprim	Niet meetbaar	te lage waarden in in- en effluent

*apart gemeten in het PACAS onderzoek

6.3 HULPSTOFFEN EN CHEMICALIËN

Voor de verwijdering van micro-verontreinigingen zal poederkool gedoseerd worden. De dosering wordt vooralsnog ingeschat op 10 - 15 mg PAK/l influent. Bij de schaalgrootte van 100.000 IE en een debiet van 20.800 m³/d zal het poederkool verbruik uitkomen op ca. 76 - 114 ton poederkool/j.

6.4 ENERGIEVERBRUIK

Het extra energieverbruik voor het PACAS-proces bij op een schaalgrootte van 100.000 IE en 20.800 m³/d bedraagt ca. 91.104 kWh/j (CO₂-footprint voor verwijdering van microverontreiniging versie 4.4). Het energieverbruik bij poederkooldosering in Nereda ligt iets hoger : ca. 500 - 1.000 kWh/j als gevolg van de grotere opvoerhoogte in de Nereda tov een actiefslibproces en komt daarmee uit op totaal afgerond: 92.000 kWh/j.

6.5 SLIBPRODUCTIE

Door toevoeging van poederkool in de Nereda zal de slibproductie toenemen. Op een schaalgrootte van 100.000 IE en 20.800 m³/d en 10 - 15 mg PAK/liter influent bedraagt de extra slibproductie 76 - 114 ton ds/j.

De slibproductie op basis van ton ds/j neemt toe. In de regel wordt het slib vervolgens vergist en daarna ontwaterd. In het project Papendrecht werd het slib zonder vergisting direct ontwaterd en was er sprake van een verbeterde ontwaterbaarheid en enige besparing op PE-verbruik.

Op een schaal van 100.000 IE zal het slib in de meeste gevallen worden vergist en vervolgens worden ontwaterd en naar een eindverwerker wordt afgezet. Vooralsnog is er van uitgegaan dat bij deze slibroute het specifieke pe-verbruik en de ontwateringsgraad niet veranderd.

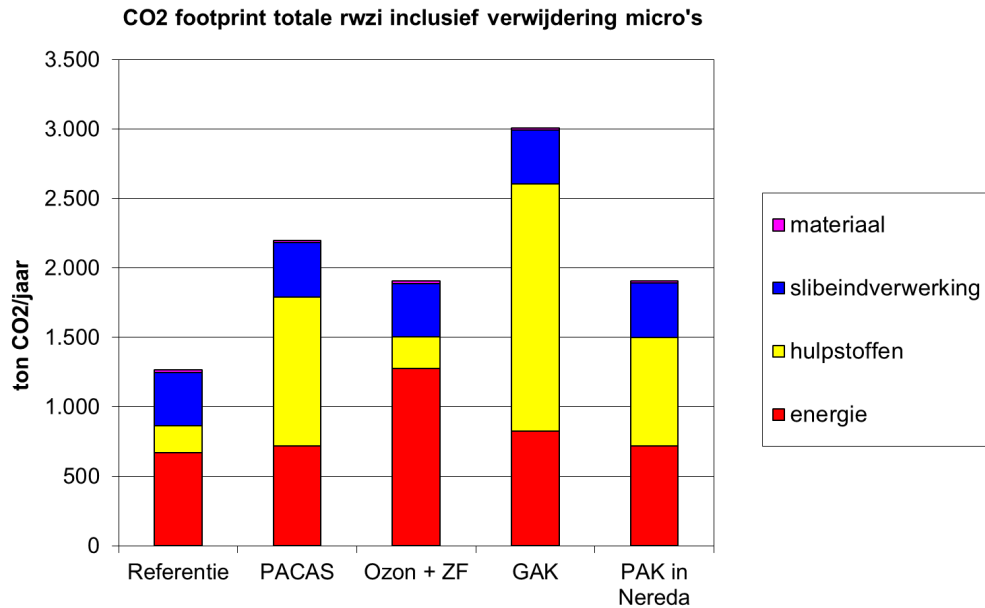
6.6 SPOELWATERVERBRUIK EN WASWATERPRODUCTIE

Ten behoeve van de dosering zal er op een schaalgrootte van 100.000 IE ca. 50 - 100 m³/d gefiltreerd effluent worden gebruikt, dus 18.250 - 36.500 m³/j. Aanname : 27.500 m³/j.

6.7 CO₂-FOOTPRINT CONFORM MODEL

De CO₂-footprint wordt ingeschat op basis van de bovengenoemde inschattingen. Tov de footprint van PACAS zijn er de volgende verschillen: de slibafvoer in tonnen slib en het specifiek PE-verbruik is gelijk aan die van de referentie. De praktijkproef in Simpelveld zal moeten uitwijzen wat de werkelijke verbruiken zijn.

In Nereda installaties is de slibverblijftijd en mogelijke ook de "poederkoolverblijftijd" hoger dan in het conventionele ULBAS systeem (Ultra Laag Belast Actiefslib systeem). Hierdoor is in potentie een verdergaande afbraak van medicijnresten mogelijk dan in conventionele actiefslib systemen. Dit kan leiden tot een hoger verwijderingsrendement van microverontreinigingen o.b.v de gidsstoffen. Als gevolg hiervan kan een lagere kooldosering gebruikt worden om een rendement van 70 - 75% te kunnen behalen. Een lagere kooldosering betekent eveneens een vermindering van de CO₂-footprint van de technologie.



6.8 MOGELIJKE VORMING VAN TRANSFORMATIEPRODUCTEN

Niet van toepassing

6.9 CONCLUSIES

Ten opzichte van de referentietechnologie (PACAS) scoort poederkooldosering in Nereda o.b.v. bovengenoemde inschattingen waarschijnlijk beter op de twee van de drie criteria opgesteld door STOWA en IenW¹: kosten en CO₂-footprint.

6.10 OPSCHAALBAARHEID 100.000 IE

6.10.1 TECHNISCH OPSCHALEN 100.00 IE

Een Nereda-installatie met een capaciteit van 100.000 IE bestaat in de basis uit 1 Nereda buffer en 2 Neredatanks van gelijke grootte. De Neredatanks worden om en om gevoed met influent en belucht. De dosering van poederkool vindt plaats in de beluchttingsfase. Daarmee kan in principe volstaan worden met 1 poederkooldoseerinstallatie.

In Simpelveld wordt er gedoseerd via 1 leiding in een Neredatank met een inhoud van 750 m³. Bij opschaling naar 100.000 IE is de inhoud van elke Neredatank ca. 7.500 m³. In overleg met de ontwerpers van RHDHV zal ook basis van de ervaringen die opgedaan worden in Simpelveld voor die schaalgrootte vastgesteld moeten gaan worden wat het aantal doseerpunten zal moeten worden. Vooral nog wordt uitgegaan van 1 tot 4 punten per tank.

De slibproductie uit de Nereda zal met op basis van droge stof met ca. 10% toenemen.

¹ Richtlijnen haalbaarheidsstudie innovatieprogramma microverontreinigingen uit afvalwater V2, Stowa en IenW, 23 april 2019.

6.10.2 KOSTENBEREKENING (100.000 IE)

6.10.2.1 STICHTINGSKOSTEN (100.000 IE)

De Stichtingskosten zijn overgenomen uit Stowa 2018-02, blz. 79. Voor een schaalgrootte van 100.000 IE en een gemiddeld dagdebiet van 20.800 m³/d is deze ingeschat op 866.000 euro.

6.10.2.2 JAARLASTEN (100.00 IE)

De jaarlasten voor de combinatie poederkooldosering en Nereda wordt als volgt ingeschat. De berekening is gemaakt op basis van 2 doseer niveaus: 10 – 15 mg PAK/l.

		Prijs/eenheid	Euro/j	Bron
Investering	866.250			Stowa 2018-02
Kapitaalslasten			76.000	Stowa 2018-02
Onderhoud	Civiel/wtb/e/pa		14.000	Stowa 2018-02
Elektriciteit	115.000 kWh/j	0,10 euro/kWh	11.500	Zie deze notitie
Personeel	0,2 FTE	50.000 /FTE	10.000	Eigen inschatting
Poederkool	76.000 – 114.000 kg/j	2 euro/kg PAK	152.000 – 227.000	Zie deze notitie
Productie van spoelwater	27.500 m ³ /j	0,04 euro/m ³	1.100	Zie de notitie
Verwerking van spoelwater op rwzi	27.500 m ³ /j	0,01 euro/m ³	275	
Verwerking van extra slib	76 - 114 ton ds/j	600 euro/ton ds	45.500 - 68.300	Zie deze notitie
Subtotaal (afgerond)			Ca. 310.000 - 400.000	
Onvoorzien	10%			
Eurocent per m3			Ca. 4,5 - 6	

De investering is opgebouwd uit de volgende onderdelen

Civiel	EUR
Fundering poederkoolsilo	25.000
Onvolledigheid	6.250
Stichtingskosten Civiel ((incl 1,8 opslagfactor)	56.250
Werktuigbouwkunde/Electrotechniek/PA	
Silo voor poederkool	150.000
Doseerunit	200.000
Leidingwerk	10.000
Onvolledig	90.000
Stichtingskosten WTB/E/PA ((incl 1,8 opslagfactor)	810.000
Totaal	866.250

7

INPASSING IN DE NEDERLANDSE ZUIVERINGSPRAKTIJK

Het effect op de bedrijfsvoering op een schaalgrootte van 100.000 IE wordt hieronder beschreven.

7.1. BEDRIJFSVOERING

7.1.1. EFFLUENTKWALITEIT

Door toepassing van poederkool zal het gehalte aan micro-verontreinigingen effluentkwaliteit van Nereda-installaties globaal halveren. Het rendement zal toenemen van ca. 35% naar ca. 70 - 80%, afhankelijk van het doseerniveau. De ecotoxiciteit zal waarschijnlijk ook afnemen (>50%).

7.1.2 SLIBPRODUCTIE

De slibproductie zal toenemen met 76 - 114 ton ds/j, dat is orde-grootte 6 - 9%. Afhankelijk van het effect van de poederkool op de ontwaterbaarheid van het Nereda-slib zal het volume aan ontwaterd slib toenemen met ca. 0 - 9%.

7.1.3 CHEMICALIËN- EN ENERGIEVERBRUIK

Het chemicaliën- en energieverbruik is vermeld in hoofdstuk 8.3 en 8.4.

7.2 FYSIEKE INPASSING

Nabij de Nereda tanks wordt een voorraadsilo en een doseerinstallatie geplaatst, b.v. van de firma Sülze Kopf : tussenbuffer-weging-transport Schroef-menging met gefilterd effluent-inbreng in de Nereda.

7.3 GESCHIKTE RWZI'S IN NEDERLAND

Toepassing in Nederland : op alle Nereda-installaties op communaal afvalwater : Garmerwolde, Epe, Vroomshoop, Utrecht, Dinxperloo, Weert, Breskens en nog komende Nereda-locaties in binnen en buitenland, mocht er op die locaties extra eisen gesteld gaan worden voor micro's.

8

PLAN VAN AANPAK

8.1 BESCHRIJVING ORGANISATIE

Het project zal worden uitgevoerd door Waterschapsbedrijf Limburg en RHDHV. De rolverdeling van beide partijen is in het onderstaande overzicht samengevat. Insteek zal zijn dat RHDHV de noodzakelijke kennis inbrengt, het onderzoek begeleidt en de voortgangsrapportages en de eindrapportages verzorgt.

WBL zal zorgdragen voor de plaatsing en aansluiting van de poederkooldosering, de noodzakelijke vergunningen, de monsternamen en het dagelijks toezicht. Beide partijen zullen tevens zorgdragen voor dagelijkse begeleiding door afstudeerders/stagiaires.

Het praktijkonderzoek zal plaatsvinden op rwzi Simpelveld van WBL en de uitvoerende partijen zijn RHDHV en WBL. WBL is opdrachtgever.

De rollen van de partijen in het praktijkonderzoek zijn als volgt:

WBL	RHDHV
Hoofdaanvrager en projectleiding	Technische detaillering aansluiting en opname van dosering in Nereda®-controller
Huur, plaatsing en aansluiting van poederkooldosering	Begeleiding van onderzoek
Bedrijfsvoering	Rapportages en begeleidingscommissie
Monsternamen	
Analyses ter plaatse	
Analyses op extern lab	

8.2 ONDERZOEKSITEMS

1. Nadere detaillering van PAK-dosering in Nereda-controller;
2. Rendement van gidsstoffen en eco-toxiciteit in PAK-straat (5 - 10 - 15 - .. mg/l) t.o.v. referentiestraat;
3. Effect van PAK-dosering op P, N en affiltreerbare stof;
4. Gedrag/verdeling van poederkool in/over korrelbed, spuislib en effluent;
Effect van poederkool op slibamenstelling (drogestofgehalte, asrest, korrelgrootte en bezinkbaarheid);
5. Effect van poederkool op Kaamera-kwaliteit;
6. Effect van nageschakeld zandfilter op kwaliteit van mengsel van effluent van beide straten (PAK en referentie).

8.3 FASERING VAN DE PRAKTIJKPROEF

1. Voorbereiding praktijkproef op rwzi Simpelveld (Q1 – Q3 2020)
 - a. Vergunning voor proefneming
 - b. Opstellen en vaststellen proeven- en analyseprogramma
 - c. Plaatsing, aansluiting van poederkooldosering op Nereda en opname in de controller
 - d. Extra monstercast + aansluiting
 - e. Instructie medewerkers
 - f. 1 BC-vergadering
2. Uitvoering praktijkproef op rwzi Simpelveld : 1 jaar : Q4 2020 – Q1 2022

8.4 PLANNING

De voorbereidingsfase omvat de voorbereidingswerkzaamheden om alle voorzieningen te regelen en de aansluitingen gereed te maken. Dit betreffen de werktuigbouwkundige en elektrotechnische werkzaamheden om de doseerinstallatie te plaatsen, in bedrijf te kunnen nemen en het opstellen van de meetprogramma. Tevens wordt er nog een nul-meting uitgevoerd.

Daarna start het praktijkonderzoek. Er zijn vier doseerperiodes. De doseerconcentraties in de periodes 1, 2 en 3 variëren nemen stapsgewijs toe van 5 naar 10 en 15 mg PAK/liter influent. Afhankelijk van de behaalde resultaten zal het doseerniveau i.o.m. de begeleidingscommissie voor de periode 4 worden vastgesteld. Conform de opzet in het PACAS onderzoek wordt bij elke doseerperiode een instelperiode aangehouden van ca. 5 weken.

De begeleidingscommissie wordt betrokken in de voorbereidingsfase (1 BC) en in fase 3 (3 BC's). De resultaten van het onderzoek worden vastgelegd in een Stowa-rapportage.

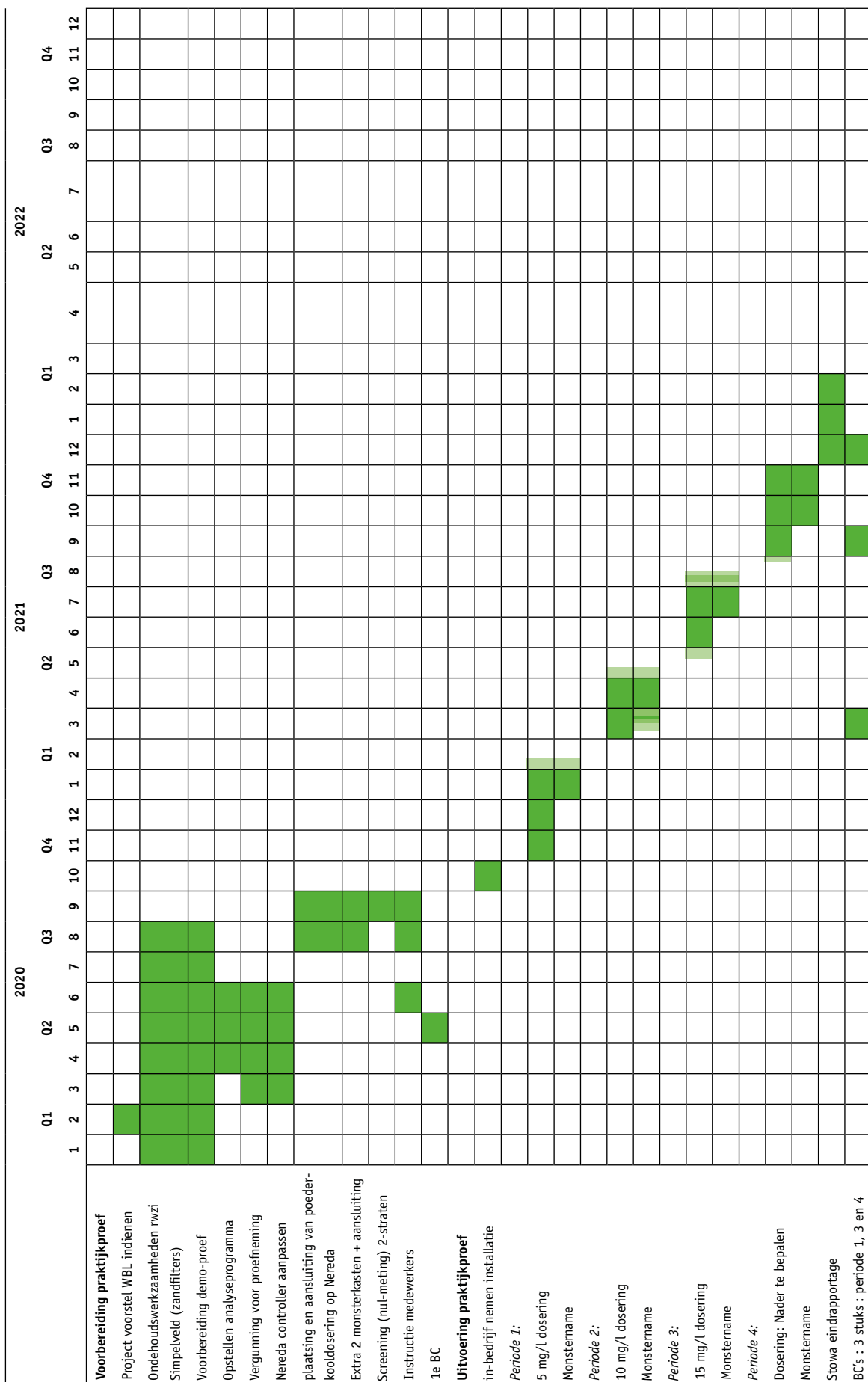
8.5 BEMONSTERINGS- EN ANALYSEPROGRAMMA PRAKTIJKPROEF

In het onderzoek wordt aan 1 Nereda tank poederkool gedoseerd en de andere tank fungeert als referentie. Beide Nereda's worden separaat bemonsterd. Beide effluent Nereda monsternamenkasten worden aangestuurd o.b.v. de influentdebietmeter van elke Nereda reactor. Op die manier wordt een volumeproportioneel effluentmonster verkregen.

Voorafgaand aan het starten van de pilot zal nog een serie metingen gedaan worden om het verschil t.o.v. het verwijderingsrendement tussen de twee Nereda's reactoren te bepalen. Ook zullen metingen worden gedaan aan de aanvoer en afvoer van de zandfilters. Alleen tijdens droogweeraanvoer wordt al het water door de zandfilters behandeld. Monsters zullen daarom alleen onder dwa-omstandigheden genomen en geanalyseerd worden op de gidsstoffen.

De werking van beide Nereda's wordt gevolgd door de online-meters in beide tanks alsook door Lasa-kit meting van $PO_4\text{-P}$, $NH_4\text{-N}$, $NO_3\text{-N}$, ook worden meting van de slibsamenvorming (drogestof, asrest, bezinkeigenschappen) in beide tanks uitgevoerd.

Omdat het effluent van beide Nereda-straten (PAK en referentie) worden gemengd in de egalisatiebuffer is het niet mogelijk om het effect van de combinatie van PAK en zandfiltratie te meten.



8.5.1 MONSTERNAME BIJ METING VAN GIDSSTOFFEN

De monstername wordt volumeproportioneel bij droogweer (DWA-debiet) uitgevoerd. Zowel de chemische analyses als de biologische effectmetingen worden aan mengmonsters van 48-uur uitgevoerd. Hiervoor worden 24-uur volumeproportionele monsters verzameld. Uit de verzamelde 24-uur monsters worden 48-uur monsters gemaakt. Deze mengmonsters worden gekoeld en opgeslagen en daarna ter analyse aangeboden. Hier wordt rekening gehouden met de hydraulische verblijftijd van circa 24 uur in de rwzi:

Volume buffer Nereda	800 m ³
Nereda reactor 1	750 m ³
Nereda reactor 2	1.500 m ³
Volume totaal buffer + biologie	3.050 m ³
Gemiddeld	3.100 m ³ /d
Gemiddelde verblijftijd	ca. 24 h

De effluentbemonstering wordt dus 24 uur later gestart dan de influentbemonstering.

8.5.2 MONSTERPUNTEN

Tijdens het onderzoek dienen er drie monsternamekasten gebruikt worden. Eén monsternamekast is gepositioneerd na de harkrooster en neemt monsters van het influent. De andere twee monsternamekasten nemen monsters van afloop Nereda-referentiestraat en PAK-straat.

De afloop van beide Nereda's (referentie straat en PAK straat) wordt in de egalisatietank gemengd. Opgemerkt wordt dat 1/3 deel van het influent in de poederkool Nereda-straat wordt behandeld en 2/3 deel in de referentiestraat. Vanuit deze tank wordt het water naar de zandfilters geleid. Een retourstroom vanuit de bandindikker komt naar de put net voor de zandfilters, deze retourstroom kan de resultaten beïnvloeden. Er zal hier een tijdelijke monsternamekast in bedrijf worden genomen voor het bemonsteren van de aanvoer van de zandfilters. De afvoer van het zandfilter zal met de huidige effluent monsternamekast bemonsterd worden.

8.5.3 RETOURSTROMEN

In de huidige situatie is er **geen** terugvoer van spoelwater zandfilter en filtraat bandindikker naar de Nereda reactoren (zie schema/PFD hieronder). Het spoelwater van de zandfilters gaat naar de slibbuffer toe. Het filtraat van de bandindikker stroomt via een put terug naar de zandfilters. Bij rwa-aanvoer vindt overstort vanuit de put plaats direct naar het effluent.

Er is geen sprake van terugvoer van PAK via het spoelwater van de zandfilters of het filtraat van de bandindikker naar het influent. De retourstromen zijn dus **niet** van invloed op de werking van referentie en de PAK-straat.

8.5.4 MICROVERONTREINIGINGEN

Het onderzoek zal zich vooral op de 11 gidsstoffen en de 8 extra stoffen richten, zoals die door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat zijn vastgesteld. De 11 gidsstoffen bestaan uit: *trimethoprim, benzotriazool, carbamazepine, clarithromycine, diclofenac, hydrochlorthiazide, mengsel van 4- en 5-methylbenzotriazool, metoprolol, propranolol, sotalol en sulfamethoxazol* en wordt aangevuld met: *amisulpride, furomeside, azithromycine, candesartan, citalopram, gabapentine, irbesartan en venlafaxin*.

8.5.5 ANALYSEPROGRAMMA

In overleg met de BC zal het analyseprogramma nader vastgesteld worden. Het gaat dan om de frequentie van metingen en ook meting van uitspoeling van kool met het effluent uit de PAK-straat (vóór de zandfilters).

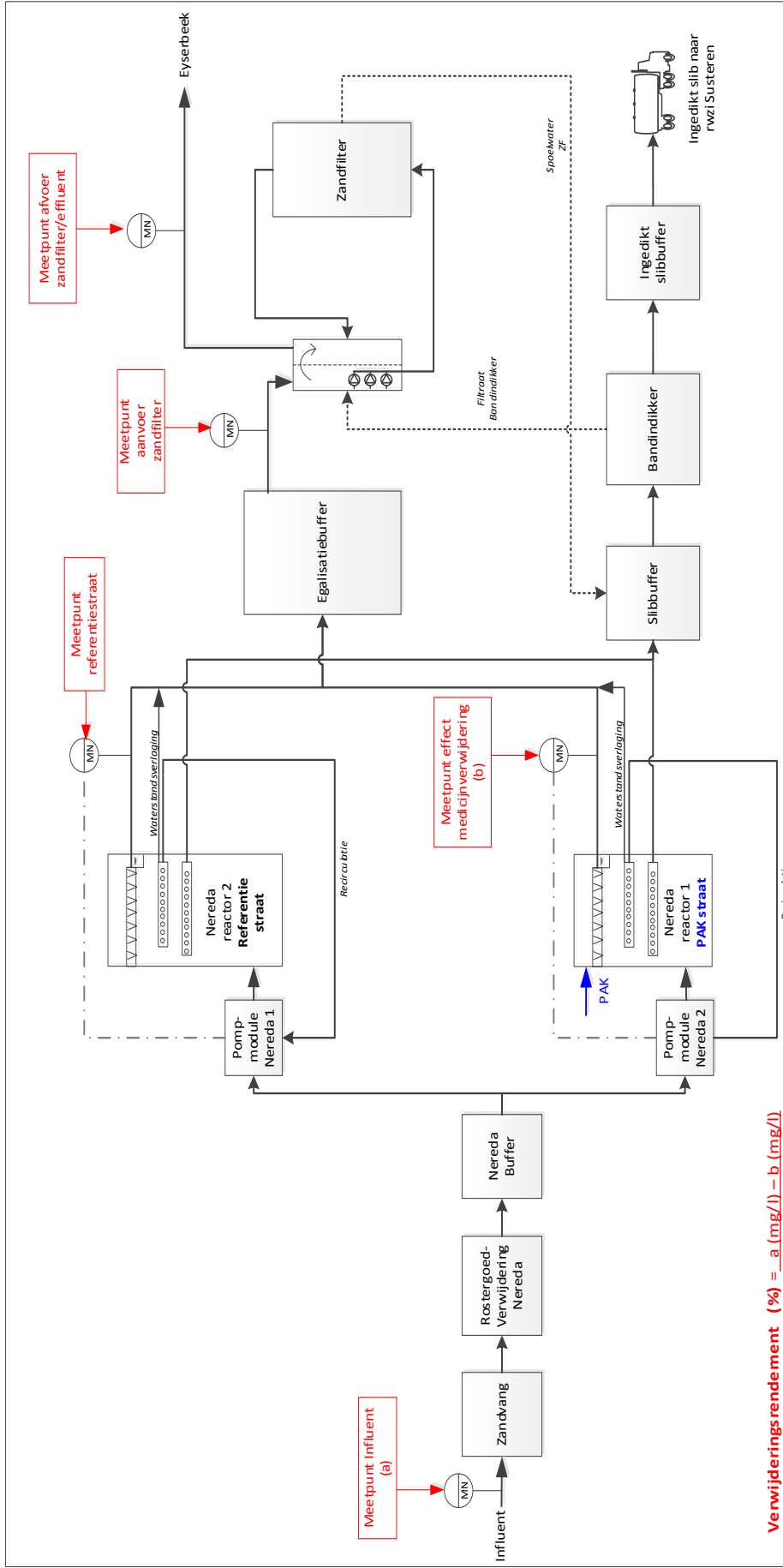
De droge en organische stofgehalten en bezinkingseigenschappen van beide straten worden bepaald. Tevens wordt nog nagegaan of er metingen mogelijk zijn aan de kwaliteit van het slib van de poederkool- en de referentiestraat met het oog op de eventuele Kaumeraproductie.

8.5.6 VERWIJDERINGSRENDEMENT

Het totaal verwijderingsrendement van de vergaande zuiveringstap wordt berekend als rekenkundig gemiddelde van de afzonderlijke zuiveringsrendementen van 7 van de 11 gidsstoffen conform de berekening in bijlage A 'Prestatievereisten voor een demo-installatie' van de IenW. Aanpassingen op dit document zullen gevolgd worden. Hiervoor worden de concentraties in het influent en afloop PAK-Nereda reactor gebruikt:

$$\text{Verwijderingsrendement (\%)} = \frac{C_{\text{influent}} - C_{\text{afloop Nereda PAK straat}}}{C_{\text{influent}}} * 100$$

PROCESFLOW DIAGRAM (PFD) RWZI SIMPELVELD



Verwijderingsrendement (%) = $\frac{a - b}{a} \times 100$
 a (mg/l) b (mg/l)

MN = Monstername volume proportioneel
 Bij rwa is er geen recirculatie

PFD rwzi Simpeleveld (PAK in Nereda)

9

REFERENTIES

- Richtlijnen voor haalbaarheidsstudie, d.d. 7 februari 2019;
- CO₂-footprint model versie 10 september 2019, versie 4.4;
- Stowa-rapporten : Pacas : 2018-02
- Verslagen pilotproeven poederkool Nereda®

BIJLAGE 1

VERGELIJKINGSTABEL

BEOORDELINGSCRITERIA

	Eenheid	PACAS	Ozon+zandfilter	GAK	PAK in Nereda®
CO ₂ footprint	g CO ₂ /m ³	116	118	325	84
Kosten	€/m ³	0,05	0,17	0,26	0,045
Verwijderingsrendement gidsstoffen I&W	%	70-75%	80-85%	80-85%	70-75%