



Bart de Bruin, DHV

Mark van Loosdrecht, TU Delft

Cora Uijterlinde, STOWA

# Nereda: van vinding tot internationale praktijktoepassing

**Vanaf 2003 tot heden is door een intensieve Nederlandse samenwerking een nieuwe technologie voor de aerobe zuivering van (huishoudelijk) afvalwater ontwikkeld. Het betreft Nereda, die - gebruikmakend van de eigenschappen van aerob korrelslib - biologisch zuiveren van afvalwater kosteneffectiever en duurzamer maakt. Dit zuiveringsprincipe is uitgevonden door de TU Delft - met financiële steun van STW - en is door een gerichte bundeling van expertise in het kader van het Nationaal Nereda OnderzoeksProgramma (NNOP) verder ontwikkeld voor grootschalige toepassingen in de praktijk.**

Op vijf rwzi's is pilotonderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van korrelvorming en nutriëntenverwijdering. Op alle locaties bleek korrelvorming mogelijk en is stabiele en vergaande stikstof- en fosfaatverwijdering aangetoond, zelfs bij processtemperaturen tot 7°C. Het omvangrijke pilotonderzoek is hiermee afgerond.

De positieve onderzoeksresultaten hebben sterk bijgedragen aan de bouw van enkele industriële Nereda-installaties en twee demonstratie-installaties voor huishoudelijk afvalwater in het buitenland. Waterschap Veluwe heeft wereldwijd de primeur met de eerste praktijkinstallatie die momenteel in Epe wordt gerealiseerd. De opstart van de nieuwe rwzi Epe (1.500 m<sup>3</sup>/h, 60.000 v.e.) zal in de lente van 2011 plaatsvinden. Twee andere Nereda-installaties voor Waterschap Rijn en IJssel en Waterschap Regge en Dinkel liggen op de tekentafel en zullen binnen afzienbare tijd worden gebouwd. Ook het buitenland toont veel interesse in de technologie en recent is begonnen met het ontwerp van een installatie voor de behandeling van huishoudelijk afvalwater in Stellenbosch, Zuid-Afrika.

Het actiefslibproces is sinds lange tijd wereldwijd de meest toegepaste technologie voor de behandeling van huishoudelijk afvalwater. Met deze technologie is behalve de verwijdering van de organische verontreinigingen (CZV) vergaande biologische stikstof- en fosfaatverwijdering mogelijk. Vanwege de relatief matige bezinkingseigenschappen - orde grootte 1 m/h - vereisen actiefslibsystemen grote nabezink tanks en hebben daarmee een relatief groot ruimtebeslag.

Vanaf 2003 is intensief onderzoek verricht naar de ontwikkeling van de zogeheten Nereda-technologie, die is gebaseerd op aerob korrelslib. Het onderzoek is in het kader van het NNOP met financiële ondersteuning van Agentschap.NL uitgevoerd door DHV en de TU Delft in nauwe samenwerking met de STOWA en zes waterkwaliteitsbeheerders. Het centrale doel in het onderzoek betrof de ontwikkeling van een duurzaam en kosteneffectief alternatief voor actiefslibsystemen. De strategie van het NNOP betreft niet alleen de uitvoering van pilotonderzoek, maar ook de uitvoering van fundamenteel onderzoek, de realisatie van de eerste praktijkinstallaties en praktijkonderzoek.

Dit artikel<sup>1)</sup> beschrijft de resultaten van de pilotonderzoeken die vanaf 2003 bij vijf rwzi's in Nederland onder praktijkomstandigheden zijn uitgevoerd. Om de centrale doelstelling te kunnen verwezenlijken, zijn de volgende aspecten onderzocht:

- het aantonen van korrelvorming en de invloed van een koolstofbrondosering (acetaat);
- de stabiliteit van eenmaal gevormd korrelslib;
- stabiele en vergaande stikstof- en fosfaatverwijdering;
- lage concentratie aan zwevendstof in het effluent.

## Nereda-technologie

In de jaren '90 is aerob korrelslib voor het eerst in het laboratorium aangetoond. Dit onderzoek was geïnitieerd door de TU Delft en de TU München. Sindsdien heeft onderzoek naar de mogelijkheden van aerob korrelslib een grote vlucht genomen. Momenteel wordt over de gehele wereld

onderzoek uitgevoerd door zowel onderzoeksinstituten als het bedrijfsleven. Dit onderzoek heeft het inzicht in aerobe korrelvorming aanzienlijk laten toenemen, maar alle fundamentele aspecten en de rol daarbij van specifieke micro-organismen zijn nog niet geheel ontrafeld.

De volgende randvoorwaarden spelen echter een belangrijke rol bij korrelvorming: de hydraulische selectiedruk waarbij de groei van goed bezinkbare biomassa wordt bevorderd ten opzichte van slibdeeltjes met lagere bezinknelheden, initieel hoge substraatconcentraties, de selectie van langzaam groeiende organismen én hoge afschuifkrachten die de vorming van gladde, egale korrels stimuleren.

Aan deze randvoorwaarden wordt voldaan in een batchgewijze procesvoering die het Nereda-proces ook kenmerkt. Door de uitstekende bezinkingseigenschappen is een efficiënte procesvoering mogelijk (zie afbeelding 1):

- vullen/aflaten  
Gedurende deze fase wordt het afvalwater in contact gebracht met het korrelslibbed en tegelijkertijd wordt het effluent afgelaten;
- beluchten  
Tijdens de beluchte fase vinden meerdere biologische processen tegelijk plaats. In de korrel is sprake van een zuurstofgradiënt, waarbij de buitenkant aerob is en de kern van de korrel anoxisch/anaerob. In de buitenste schil hopen zich de nitrificerders op en treedt dientengevolge nitrificatie op. Het daarbij gevormde nitraat wordt in de kern van de korrel

gedenitrificeerd. Tevens vindt opname van fosfaat plaats;

- bezinken  
Deze fase wordt benut voor de scheiding van korrelslib en effluent. Gezien de goede bezinkingseigenschappen van het korrelslib is deze fase zeer kort;
- anoxische fasen  
Door de batchgewijze opzet kan de denitrificatiecapaciteit worden gestimuleerd door de introductie van anoxische fasen, zowel vòòr als ná de beluchte fase. De noodzaak van deze anoxische fasen is afhankelijk van de samenstelling van het afvalwater, de effluenteisen en de proces-temperatuur.

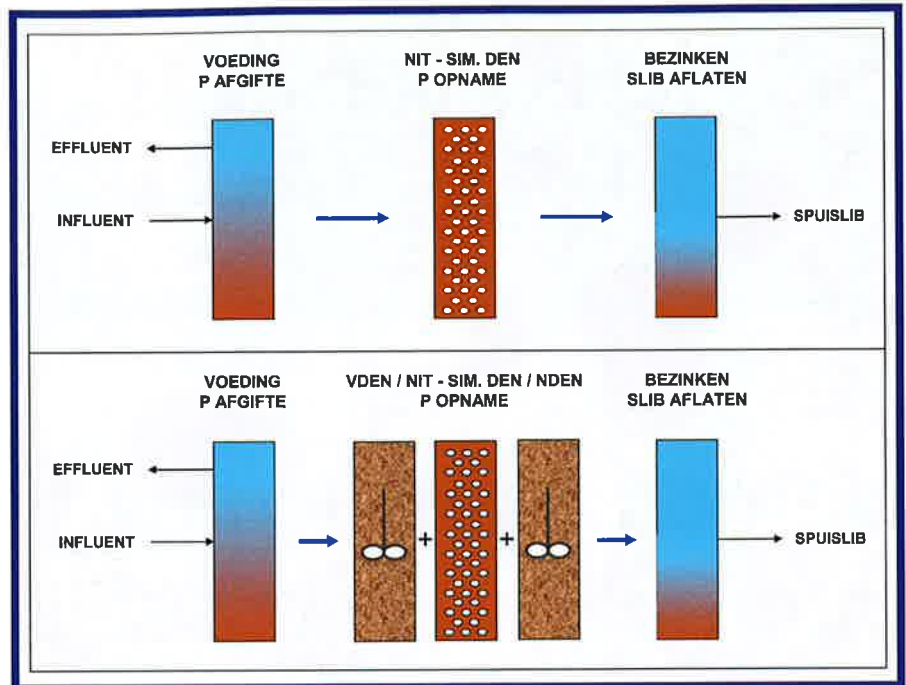
### Onderzoeksprogramma

Bij vijf rwzi's is pilotonderzoek verricht. Tabel 1 geeft hiervan een overzicht met de belangrijkste kenmerken per project.

Uit deze tabel blijkt onder meer dat in Ede, Aalsmeer en Epe korrelvorming een belangrijk onderzoeksaspect was, terwijl bij de onderzoeken in Hoensbroek en Dinxperlo enting met aerob dan wel anaerob korrelslib het uitgangspunt is geweest.

### Korrelvorming en -stabiliteit

Eén van de belangrijkste onderzoeksdoelstellingen was korrelvorming en de daaraan gerelateerde aspecten. Vervolgens was het van belang om aan te tonen dat éénmaal gevormd korrelslib goed in stand kan worden gehouden bij hoge concentraties en stabiele eigenschappen. Eénmaal gevormd korrelslib kan worden gehandhaafd bij een mildere hydraulische selectiedruk. Onder deze omstandigheden kunnen hoge korrelslibconcentraties worden bereikt waarbij de slibeigenschappen volledig op peil blijven.



Afb. 1: Overzicht cyclus.

### Voorbehandeling

Vóór aanvang van het eerste pilot-onderzoek in Ede was er alleen ervaring met korrelvorming op basis van acetaat als koolstofbron, hoofdzakelijk uitgevoerd op laboratoriumschaal. Bij het eerste pilot-onderzoek was de gedachte dan ook, dat korrelvorming met afvalwater als substraat het beste zou verlopen als de fractie aan lagere vetzuren zo hoog mogelijk zou zijn. Hieraan wordt tegemoet gekomen door een voorbehandeling van het afvalwater te introduceren, waarbij zoveel mogelijk zwevendstof wordt verwijderd. Onderzoekstechnisch is dit een logische keuze,

maar een dergelijke voorbehandeling ligt vanwege het kostenaspect bij praktijkinstallaties niet voor de hand. De latere onderzoeken waren er dan ook op gericht om korrelvorming tot stand te brengen onder omstandigheden die in praktijkinstallaties goed uitvoerbaar zijn en tot zo min mogelijk extra kosten leiden. Tabel 2 geeft een overzicht van de voorbehandeling in de verschillende projecten tijdens de korrelvorming.

### Entslib

Afhankelijk van de situatie kan de benodigde tijd om actiefslib te transformeren in aerob

Tabel 1. Overzicht onderzoeken en hoofdkenmerken.

rwzi	Ede	Aalsmeer	Epe*)	Hoensbroek	Dinxperlo
aspect/periode	oktober 2003 - juli 2005	januari - september 2006	december 2006 - januari 2010	maart - september 2007	oktober 2007 - juli 2009
korrelvorming	ja	ja	ja	ent met anaerob korrelslib/actiefslib	ent met aerob korrelslib
substraat	voorbehandeld afvalwater	ruw influent	ruw influent	ruw influent	ruw influent
selectiedruk korrelvorming	hoog	laag	hoog	n.v.t.	n.v.t.
invloed acetaatdosering op korrelvorming	nee	ja	nee	nee	nee
type reactor	bellenkolom en air-lift reactor	bellenkolom	bellenkolom	bellenkolom	bellenkolom
beheersing N-verwijdering	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> /NH <sub>4</sub> /NO <sub>3</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> /NH <sub>4</sub> /NO <sub>3</sub>
duur cyclustijd	vast	vast	vast/dynamisch	vast	vast/dynamisch
duur cyclusstappen	vast	vast	dynamisch	vast	dynamisch
aanvullende simultane P-verwijdering (ijzerdosering)	nee	nee	nee	nee	ja
nabehandelingsproeven en -experimenten	doekfiltratie	nee	zandfiltratie/ doekfiltratie/Fuzzy filtratie	nee	Fuzzy Filtratie
slibbehandelingsexperimenten	nee	nee	ja	nee	nee

\*) De gerapporteerde periode voor Epe is tot en met januari 2010. De pilotinstallatie blijft echter in bedrijf totdat de praktijkinstallatie in Epe volledig is opgestart.



projectvoorbehandeling		
Ede	voorbezinking in combinatie met nageschakelde zandfiltratie	
Aalsmeer	zeefbocht	(spleetwijdte 1 mm)
Epe	beluchte zand- en vetvang (van de rwzi Epe)	roostergoedverwijdering (gaatjes 2 mm)
Hoensbroek	zandvang (van de rwzi Hoensbroek)	roostergoedverwijdering (gaatjes 2 mm)
Dinxperlo	zandvang (van de rwzi Dinxperlo)	roostergoedverwijdering (gaatjes 2 mm)

Tabel 2. Voorbehandeling afvalwater pilotonderzoeken gedurende korrelvormingsfase.

korrelslib een nadeel zijn. In analogie met de ontwikkeling van de anaerobe korrelslibtechnologie kan dit nadeel worden geëlimineerd door enting met aerob korrelslib afkomstig van andere praktijkinstallaties. Derhalve is onderzoek uitgevoerd naar het effect van enting met zowel aerob als anaerob korrelslib (zie tabel 1). Naast de ervaringen in de Nederlandse pilotonderzoeken liet een kort pilotonderzoek in Portugal met aerob korrelslib uit een Nederlandse pilotinstallatie zien dat de opstart probleemloos verliep. De installatie was binnen een dag op volle capaciteit operationeel.

### Hydraulische selectiedruk

Een tweede factor waarvan de invloed op de korrelvorming is onderzocht, betreft de hydraulische selectiedruk. De hydraulische selectiedruk kan op verschillende manieren worden gecreëerd. Tijdens de korrelvorming is een hoge hydraulische selectiedruk benodigd om de korrelvorming tot stand te brengen. Als korrels eenmaal zijn gevormd, kan met een mildere hydraulische selectiedruk worden volstaan om de korrelpopulatie in stand te houden. De hoogte van de benodigde hydraulische selectiedruk om tot vergaande korrelvorming te komen, wordt empirisch bepaald en hangt samen met de influentsamenstelling, de ontwikkeling van

de slibeigenschappen en de slibaanas. In tabel 3 is een overzicht gegeven van de ranges van de hydraulische selectiedruk tijdens de korrelvorming.

Tabel 3. Overzicht hydraulische selectiedruk tijdens korrelvorming.

project	hydraulische selectiedruk (m/h)
Ede	2,5 -> 7,0
Aalsmeer	2,5 -> 4,0
Hoensbroek	2,5 -> 11,0
Dinxperlo	2,0 -> 12,0
Epe	3,0 -> 9,0

### Stikstof- en fosfaatverwijdering

De onderzoeken in Ede, Aalsmeer en Hoensbroek hebben in eerste instantie in het teken gestaan van korrelvorming. Een tweede hoofddoelstelling betrof het aantonen van de potentie voor stikstof- en fosfaatverwijdering. De mogelijkheden voor de optimalisatie van de stikstof- en fosfaatverwijdering zijn in deze onderzoeken relatief beperkt geweest. Debet hieraan waren het ontbreken van online analysers voor stikstof en fosfaat, alsmede een

onvoldoende flexibele procesbesturing. Dit betekent dat de aansturing van de zuurstofvraag heeft plaatsgevonden op basis van een eenvoudige zuurstofregeling en er geen mogelijkheden voorhanden waren om de duur van de biologische processen per cyclus flexibel in te richten. Desondanks bleek het mogelijk om tot vergaande biologische fosfaatverwijdering te komen. Ook werd de potentie voor een stabiele stikstofverwijdering aangetoond.

Voor de onderzoeken in Epe en Dinxperlo zijn de ambities op het gebied van stikstof- en fosfaatverwijdering hoger gesteld. Hierbij zijn de mogelijkheden nagegaan van verdergaande stikstof- en fosfaatverwijdering gedurende een lange periode inclusief één of meerdere winters. Om dit doel te bereiken, zijn beide pilotinstallaties op enkele punten aangepast. In de eerste plaats zijn online analysers voor stikstof en fosfaat geplaatst en is nieuwe besturingssoftware geïnstalleerd die vergaande flexibilisering van de cyclusbouw mogelijk maakte.

### Pilotinstallatie

Met uitzondering van de voorbehandeling (zie tabel 2) zijn de onderzoeken in Ede, Aalsmeer en Epe met dezelfde installatie uitgevoerd. Het belangrijkste onderscheid tussen Epe enerzijds en Ede en Aalsmeer anderzijds, betreft het aantal online analysers en de besturingssoftware. De capaciteit van de pilotinstallatie bedraagt vijf kubieke meter per uur. Het hart van de installatie bestaat uit twee parallel bedreven, identieke reactoren met een hoogte van zes meter en een diameter van 0,6 meter.

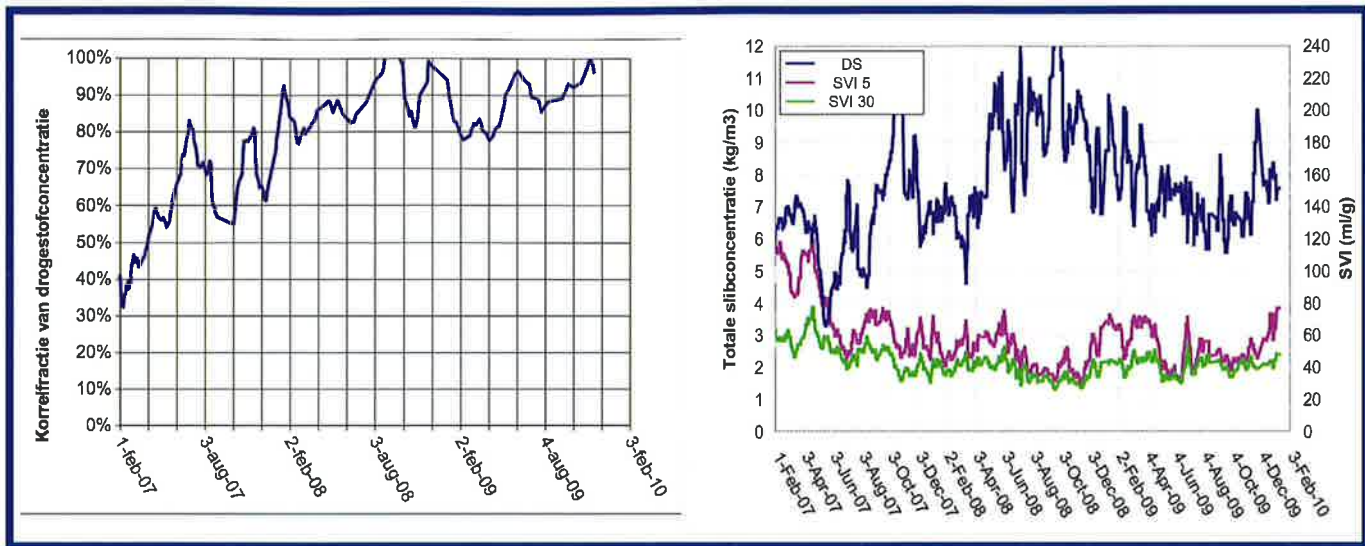
De onderzoeken in Hoensbroek en Dinxperlo zijn uitgevoerd met een vergelijkbare installatie. Het enige verschil tussen de installaties betrof het aantal reactoren, waarbij de pilot van Hoensbroek en Dinxperlo was uitgerust met één reactor.

### Resultaten korrelvorming

Gedurende alle pilotonderzoeken zijn de

De pilotinstallaties.





Afb. 2: Epe-reactor 1: korrel fractie, SVI en drogestofconcentratie.

slibeigenschappen gekarakteriseerd door het meten van deeltjesgrootteverdelingen, de SVI tegen de tijd alsmede de drogestofconcentraties. In alle onderzoeksprojecten is stabiel korrelslib verkregen. De afvalwatersamenstelling was voor elke locatie in de volgende range: CZV <sub>totaal</sub> 300-600 mg/l, zwevendstof 80-250 mg/l, NH<sub>4</sub>-N 25-55 mg/l, PO<sub>4</sub>-P 3-7 mg/l. Afbeelding 2 laat een typisch voorbeeld zien van de resultaten met betrekking tot korrelvorming en -stabiliteit.

Het eerste pilotonderzoek in Ede liet zien dat korrelvorming mogelijk is met voorbehandeld afvalwater in combinatie met een hoge hydraulische selectiedruk. De resultaten met korrelvorming in een air-liftreactor en een bellenkolom bleken daarbij vergelijkbaar. De hogere afschuifkrachten in een air-liftreactor bleken geen voordeel ten opzichte van een bellenkolom. Vanaf het moment van deze vaststelling is al het vervolgonderzoek uitgevoerd in bellenkolommen vanwege de eenvoud en de mogelijkheden voor opschaling.

Het onderzoek in Aalsmeer heeft aangetoond dat enting met aerobisch korrelslib - afkomstig van het Ede-onderzoek - tot goede resultaten leidt. Korrelvorming op basis van actiefslib als entmateriaal is bij relatief lage hydraulische selectiedruk slechts ten dele mogelijk. Aanvullende dosering van acetaat als koolstofbron had een positieve invloed en leidde tot vergaande korrelvorming.

In Hoensbroek werd de reactor opgestart met anaerobisch korrelslib maar deze enting heeft de verwachtingen niet ingelost. Na twee tot drie maanden was vrijwel al het anaerobe korrelslib verdwenen. De aerobe korrelvorming kwam autonoom tot stand onder invloed van een hoge hydraulische selectiedruk.

Het onderzoek op de rwzi Epe onderscheidt zich van de andere onderzoeken, omdat de vuillast vanuit de industrie hoog is. Uit het onderzoek komt naar voren dat korrelvorming mogelijk is met ruw afvalwater in combinatie met een hoge hydraulische selectiedruk. Uit de resultaten blijkt verder dat na de korrelvorming het korrelslib voor een periode van 2,5 jaar in beide reactoren

goed in stand kon worden gehouden. De pilotinstallatie in Epe blijft in bedrijf totdat de praktijkinstallatie volledig is opgestart.

### Effluentkwaliteit

Alle onderzoeken hebben aangetoond dat korrelvorming dan wel het instandhouden van korrelslib mogelijk is, waarbij de invloed van belangrijke procesparameters duidelijk is gemaakt. De volgende stap in de onderzoeken betrof het optimaliseren van de effluentkwaliteit. Met name tijdens de onderzoeken in Epe en Dinxperlo is veel aandacht besteed aan het optimaliseren van de stikstof- en fosfaatverwijdering. Door de implementatie van online analysers voor NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N en PO<sub>4</sub>-P in combinatie met nieuwe besturingssoftware zijn vergaande mogelijkheden voor optimalisatie gecreëerd. In Epe en Dinxperlo zijn anoxische cyclusstappen vóór en na de beluchte fase toegevoegd, waarbij de duur van de biologische cyclusstappen werd geregeld op basis van de online analysers. Met uitzondering van het voedingsregime is de bedrijfsvoering van de twee reactoren in Epe op hoofdlijnen hetzelfde geweest. Reactor 1 is tijdens de vulfase altijd gevoed

met een constant debiet, terwijl het debiet van reactor 2 tijdens de vulfase proportioneel varieerde met het influentdebiet van de rwzi.

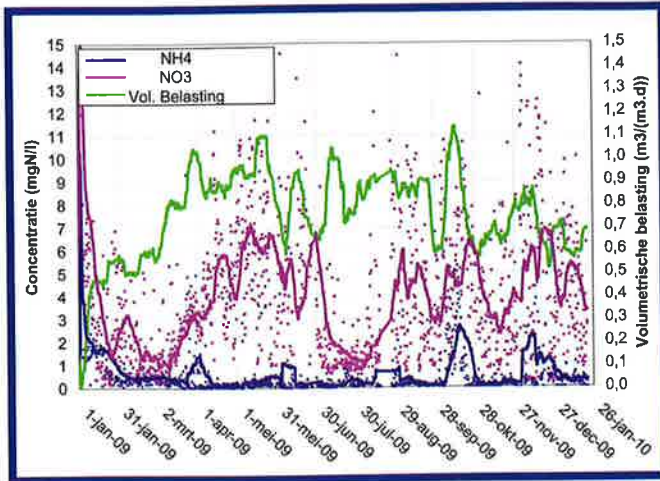
Dat betekent dat de batchgrootte voor reactor 1 bij een bepaalde cyclusinstelling constant was en voor reactor 2 variabel. De resultaten met betrekking tot de effluentkwaliteit zijn weergegeven in tabel 4 en in de afbeeldingen 3 en 4. De cijfers voor ammonium, nitraat en fosfaat in de grafieken zijn gebaseerd op de online analysers. Dat houdt in dat de gemiddelde effluentwaarden van elke cyclus zijn meegenomen (meer dan 1.400 in totaal). De punten in de grafieken geven elk meetpunt weer en de doorgetrokken lijnen betreffen voortschrijdende weekgemiddelde waarden. De data in tabel 4 en de afbeeldingen 3 en 4 betreffen een periode waarin verschillende regelstrategieën zijn onderzocht. Verder zijn de grenzen van de maximaal toelaatbare belasting bekeken en is incidenteel sprake geweest van technische problemen die de procesvoering negatief beïnvloedden. Ondanks het feit dat alle data zijn meegenomen in de beoordeling van het proces, kan worden gesteld dat de resultaten ten aanzien van

Tabel 4. Gemiddelde effluentkwaliteit en belasting Epe en Dinxperlo.

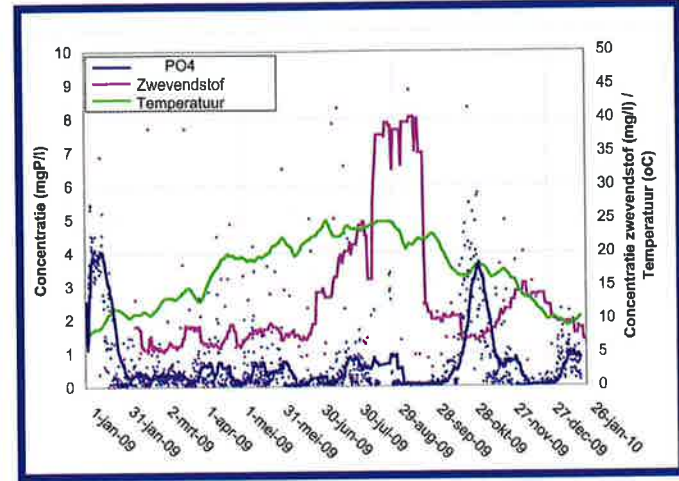
parameter	Epe reactor 1	Epe reactor 2	Dinxperlo
ammonium (mg N/l)	0,6	0,5	0,2
nitraat (mg N/l)	4,2	3,7	4,9
orthofosfaat (mg P/l)	0,3	0,6	1,7
N <sub>totaal</sub> (mgN/l)*	5,8	5,0	6,2
P <sub>totaal</sub> (mg P/l)**	0,9	1,1	2,3
zwevendstof (mg/l)	17	14	18
volumetrische belasting (m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> .d))	0,86	0,82	0,84
CZV-belasting (kg CZV/ (kgDS.d))	0,10 - 0,14	0,10 - 0,14	0,10 - 0,14
periode	januari 2009 - januari 2010	januari 2009 - januari 2010	december 2008 - juli 2009

\* N<sub>totaal</sub> = som van NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N en stikstof fractie zwevendstof (N = 6% DS)  
 \*\* P<sub>totaal</sub> = som van PO<sub>4</sub>-P en fosfaat fractie zwevendstof (P = 3,5% DS)





Afb. 3: Epe reactor 2: effluentconcentraties stikstof en volumetrische belasting



Afb. 4: Epe reactor 2: effluentconcentraties fosfaat, zwevendstof en temperatuur.v

stikstof- en fosfaatverwijdering zeer goed te noemen zijn.

Gedurende het gehele onderzoek is de fosfaatverwijdering in Epe van een hoog niveau geweest. Wel bleek dat de fosfaatverwijderingscapaciteit wat terugloopt bij te lage zuurstofgehalten tijdens de beluchte fase ( $< 1$  mg/l). Verder treedt enige mate van fosfaatgifte op indien de anoxische periode na de beluchte fase te lang duurt. In Dinxperlo blijft de fosfaatverwijdering enigszins achter, hetgeen hoogstwaarschijnlijk is terug te voeren op een ongunstigere influentsamenstelling. Het biologische fosfaatverwijderingsproces leidde op deze rwzi tot orthofosfaatconcentraties in het effluent van 2 tot 3 mg/l. Teneinde de mogelijkheden van verdergaande fosfaatverwijdering na te gaan, heeft vanaf eind april 2009 tot het einde van het onderzoek een aanvullende ijzerdosering tijdens de beluchte fase plaatsgevonden. Dit heeft geleid tot stabiele, lage orthofosfaatgehalten in het effluent -  $< 0,5$  mg P/l - bij een Me/P<sub>influent</sub>-verhouding van 0,3:0,4. Naast de verbetering van de fosfaatverwijdering had de aanvullende ijzerdosering geen negatieve neveneffecten tot gevolg.

De resultaten met betrekking tot het zwevendstofgehalte in het effluent zijn in Epe en Dinxperlo vergelijkbaar. De onderzoeken laten zien dat de gemiddelde concentraties laag en stabiel waren. De zwevendstofconcentraties in het effluent van de reactoren in Epe waren in de zomer van 2009 enigszins hoger, hetgeen is veroorzaakt door een iets minder optimale bedrijfsvoering.

### Conclusies

Geconcludeerd kan worden dat met de uitvoering van de beschreven pilotonderzoeken alle relevante onderzoeksdoelstellingen zijn gerealiseerd. Op meerdere locaties is korrelvorming aangetoond, zowel met voorbehandeld als met ruw afvalwater. Het onderzoek in Epe laat zien dat gedurende een periode van 2,5 jaar in beide reactoren sprake was van stabiel korrelslib, waarvan de specifieke activiteiten voor de verwijdering van stikstof en fosfaat in de tijd goed op peil zijn gebleven. De effluentkwaliteit ten aanzien van zwevendstof en nutriënten is in de opeenvolgende onderzoeken vergaand

geoptimaliseerd. Een belangrijk onderzoeksaspect is de temperatuurgevoeligheid van de stikstof- en fosfaatverwijdering geweest. Gezien de duur van onderzoeken is dit aspect uitgebreid onderzocht. De gepresenteerde cijfers van Epe betreffen de periode van januari 2009 tot en met januari 2010 en derhalve inclusief de winterperiodes van 2009 en 2010. In Dinxperlo heeft de winter van 2009 onderdeel uitgemaakt van het onderzoek.

De onderzoeken in Epe en Dinxperlo laten zien dat stabiele, lage zwevendstofconcentraties in het effluent mogelijk zijn. Gekoppeld aan de goede resultaten voor nutriëntenverwijdering kan worden gesteld dat met korrelslibreactoren zonder nabehandeling de effluentkwaliteit heeft voldaan aan de reguliere effluenteisen in Nederland ( $N_{\text{totaal}} = 10$  en  $P_{\text{totaal}} = 1$  mg/l). Dit laat zien dat de potentie van de technologie groot is, ook voor toepassingen in het buitenland.

### Flankerend onderzoek

Gedurende de onderzoeken in Epe en Dinxperlo is flankerend onderzoek verricht aan verschillende nabehandelingstechnieken alsmede de mogelijkheden voor slibbehandeling. De resultaten zijn beschreven in het STOWA-rapport 2010-29 en laten zien dat nabehandeling en slibbehandeling goed mogelijk is, voor zover dat op pilotschaal representatief kan worden onderzocht.

### Opschaling

In Epe wordt momenteel de eerste grootschalige praktijkinstallatie voor de behandeling van huishoudelijk afvalwater gerealiseerd. Daarna volgen de rwzi's Dinxperlo en Vroomshoop. De eerste twee genoemde installaties betreffen 'groene weide'-varianten, terwijl laatstgenoemde installatie een hybride uitvoering betreft. De keuze voor Nereda is gestoeld op het duurzame karakter van de technologie - compact en een substantieel lager energieverbruik - in combinatie met significant lagere investeringen en jaarlijkse lasten. De werking van de drie genoemde Nederlandse installaties zullen als onderdeel van het NNOP uitvoerig worden begeleid en geëvalueerd op met name korrelvorming, effluentkwaliteit inclusief microcomponenten, hydrodynamica, zuurstofoverdracht,

energieverbruik en slibbehandeling. De resultaten van deze onderzoeken zullen eind 2012 worden gepubliceerd in een volgend STOWA-rapport.

### LITERATUUR

- 1) STOWA (2010). Nereda pilotonderzoeken 2003-2010. Rapport 2010-29.
- 2) Morgenroth E., T. Sherden, M. van Loosdrecht, J. Heijnen en P. Wilderer (1997). Aerobic granular sludge in a sequencing batch reactor. Water Research nr. 12, pag. 3191-3194.
- 3) De Kreuk M. (2006). Aerobic granular sludge - Scaling-up a new technology (dissertation). TU Delft.

Aan dit artikel werkten ook de volgende personen mee:

- Ruud van Dalen (Waterschap Veluwe)
- Merle de Kreuk (Waterschap Hollandse Delta)
- Ad de Man (Waterschapsbedrijf Limburg)
- Mathijs Oosterhuis (Waterschap Regge en Dinkel)
- Philip Schyns (Waterschap Rijn en IJssel)
- Paul Versteeg (Hoogheemraadschap van Rijnland)