



Bart de Bruin, DHV

Cora Uijterlinde, STOWA

Ruud van Dalen, Waterschap Vallei en Veluwe

Mark van Loosdrecht, TU Delft

's Werelds eerste huishoudelijke Nereda-praktijkinstallatie in Epe presteert beter dan verwacht

's Werelds eerste rioolwaterzuiveringsinstallatie met Nereda-technologie zuivert eerder dan verwacht al het afvalwater van de gemeente Epe en omstreken. Dat de zuiveringsresultaten zo goed zijn dat de gestelde effluenteisen al worden gehaald nog voordat met de garantietesten was gestart, is een unicum. Extra bijzonder maakt het dat de uitstekende zuiveringsrendementen zich al begonnen aan te dienen tijdens winterse omstandigheden in januari en februari van dit jaar. Een goede effluentkwaliteit is één. Maar dat op het strak geplande opstartschema aanzienlijk wordt voorgelopen, overstijgt de verwachtingen en geeft nieuwe inzichten in de mogelijkheden van deze watertechnologie.

Dat de oude rwzi aan de Hammerstraat in Epe met een ontwerp-capaciteit van 30.000 i.e. (à 54 gBZV) en maximale capaciteit van 1.000 kubieke meter per uur nog net aan de aflopende lozingsvergunning kon voldoen, had voornamelijk te maken met kennis en toewijding van de bedrijfsvoerders. Met de strenger wordende zuiveringseisen en de toename van de hoeveelheid afvalwater, zowel communaal als industrieel, zag Waterschap Veluwe zich genooddakt maatregelen te treffen de aan zijn limiet zittende rwzi Epe aan te pakken om zodoende in de toekomst nog naar behoren te kunnen zuiveren. Na een uitgebreide systeemkeuzefase is enkele jaren geleden gekozen voor het realiseren van een compleet nieuwe rioolwaterzuiveringsinstallatie met Nereda-technologie.

De bestaande rwzi was naast roostergoed- verwijdering voorzien van een beluchte zand- en vetvang, omdat circa een kwart van de vuilvracht van slachterijen komt. De biologie bestond uit twee parallel bedreven beluchtingstraten met een totaal volume van ruim 6.000 kubieke meter. Stikstofverwijdering vond gedeeltelijk plaats en fosfaatverwijdering werd bewerkstelligd met behulp van chemische precipitatie door middel

van aluminiumzoutdosering. De bestaande zuivering op Epe heeft na ruim 40 jaar trouwe dienst plaats gemaakt voor 's werelds eerste huishoudelijk Nereda-installatie.

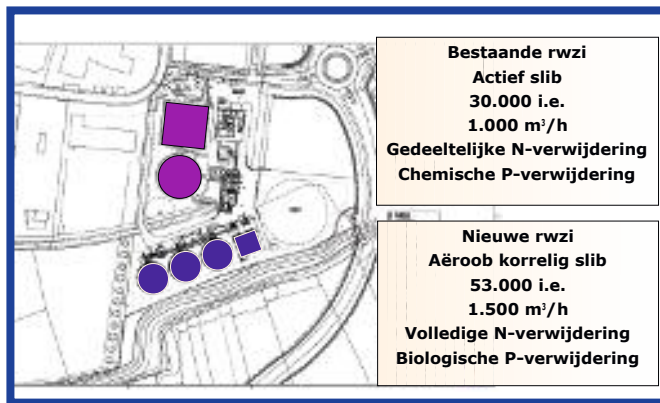
Deze is ontworpen voor het zuiveren van 59.000 v.e (à 136 gTZV) en een maximale hydraulische belasting van 1.500 kubieke meter per uur. Met een effluenteis voor stikstof van 8 mg N/l (streefwaarde: 5 mg N/l) en fosfaat van 0,3 mg/l (streefwaarde: 0,2 mg/l) zijn de oorspronkelijke eisen aan de zuiveringsresultaten van de rwzi Epe aanzienlijk aangescherpt. Fosfaatverwijdering geschiedt via het bio-P-proces. Aangezien de waterschappen een toename van de vuillast vanuit de aangesloten industrieën met 30 tot 40

procent verwachten, is de Nereda-installatie net als de oude rwzi voorzien van een beluchte zand- en vetvang. De biologische zuivering binnen Nereda kenmerkt zich door een batchgewijze procesvoering. Als uitgangspunt in Epe is gehanteerd dat het afvalwater niet gebufferd wordt. Om een continue verwerking van afvalwater te kunnen garanderen, zijn in Epe drie Nereda-tanks gebouwd. Voor eventueel noodzakelijk verdergaande zuivering van het effluent is zandfiltratie nageschakeld. In tegenstelling tot de oude zuivering wordt het slib op de locatie met behulp van twee bandindikers mechanisch ingedikt voordat transport naar Apeldoorn plaatsvindt.

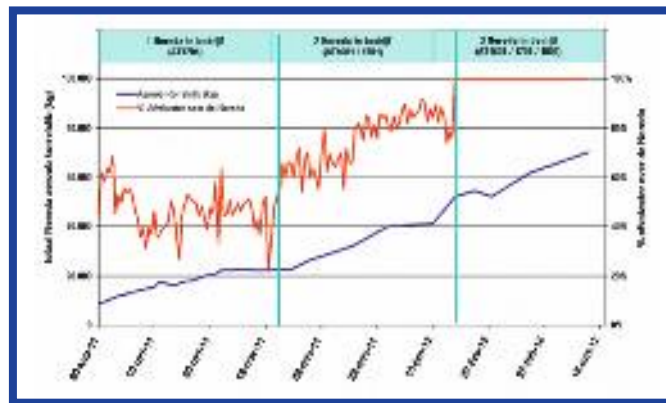
Afbeelding 1 geeft een overzicht van het

De Nereda-installatie met rechts de drie roodgerande Nereda-tanks. Links is nog net een gedeelte van de nabezinktank van de oude rwzi te zien, die inmiddels is gesloopt. Waterschap Vallei en Veluwe bekijkt samen met de gemeente Epe de mogelijkheden om de bestaande aeratietanks in te zetten als randvoorziening.





Afb. 1: Overzicht rwzi-terrein Epe.



Afb. 2: Percentage afvalwater naar Nereda en de totale hoeveelheid aëroob korrelig slib.

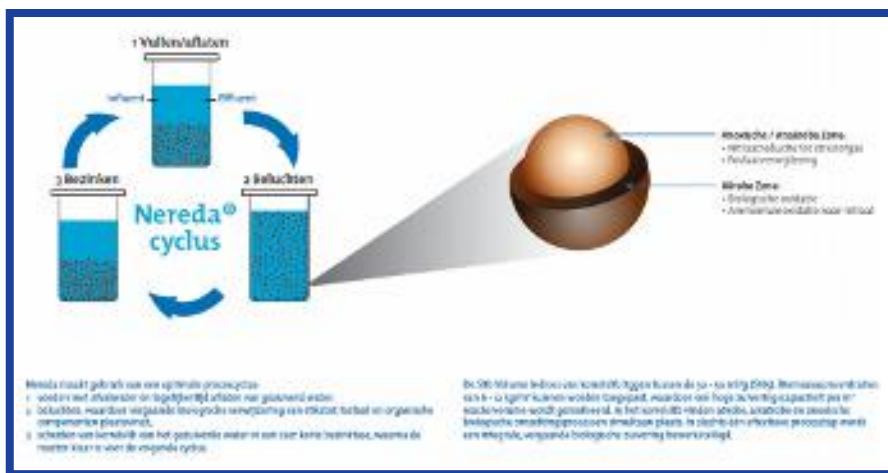
rwzi-terrein met zowel de oude zuiveringsinstallatie (paars) als de Nereda-installatie (blauw).

Hoewel de aanvoer van afvalwater significant hoger is en scherpere effluenteisen gelden, is in het overzicht van het rwzi-terrein in Epe goed de compactheid van de Nereda-installatie te zien. Als Waterschap Veluwe gekozen had voor een traditionele oplossing met een conventionele rwzi uitgerust met aerietanks en één of meerdere nabezinktanks, dan was het oppervlak van de installatie bijna drie keer zo groot uitgevallen.

De Nereda-tanks worden aangestuurd door geavanceerde procesautomatisering: de Aquasuite Nereda Controller. Een eerste versie was al operationeel sinds 2008 op de pilotinstallaties in Epe en Dinxperlo. Een belangrijk punt van onderzoek in die pilotinstallaties was vergaande automatisering van de Nereda-cyclus onder meer op basis van online metingen van nitraat, ammonium, fosfaat, zuurstof en redox. Deze automatisering gekoppeld aan de specifieke verwerking van de beschikbare data tot technologische procesinformatie, leidde tot een stabiele en zeer vergaande stikstof- en fosfaatverwijdering alsmede lage gehalten zwevende stof in het effluent en minder energieverbruik.

Strategie en opstart

In april 2011 werd de afbouwperiode van een belangrijk deel van de nieuwe rwzi afgesloten, waarna in mei tot en met augustus 2011 de Nereda-installatie in bedrijf kon worden genomen. Omdat het 's werelds eerste huishoudelijke Nereda op praktijkschaal betreft, was het voor deze technologie zo kenmerkende, aëroob korrelslib nog onvoldoende voorhanden. Daarom is voor een strategie gekozen waarbij eerst één Nereda-tank werd opgestart om daarin aëroob korrelslib te kweken op het Epe-specifieke afvalwater. Nog tijdens de afbouw- en testperiode is op 23 en 24 mei 2011 één van de tanks geënt met zeer goed bezinkbaar aëroob korrelslib uit de reeds in bedrijf zijnde industriële Nereda bij Smilde Foods. Vanwege de goede zuiveringsrendementen is additioneel bio-P slib geënt van de rwzi Heerde. Op 25 mei 2011 is een eerste batch afvalwater naar de Nereda-tank gepompt, die vanaf dat moment niet meer uit bedrijf is geweest.



Korrelvorming

Onder laboratoriumomstandigheden op de TU Delft en gedurende pilotonderzoeken op de rwzi's Ede, Aalsmeer, Hoensbroek, Dinxperlo en Epe is aangetoond dat korrelvorming mogelijk is op zowel synthetisch, voorbehandeld als ruw afvalwater. De opzet, aanpak en resultaten van deze onderzoeken zijn in 2010 gebundeld in de STOWA-rapportage 'Nereda Pilotonderzoeken 2003-2010'¹⁾. Daarnaast werden in het H₂O-artikel 'Nereda: van vinding tot internationale praktijktoepassing' uit 2010²⁾ deze onderzoeken met een visie naar de toekomst verder in detail gepresenteerd.

De pilotonderzoeken hebben laten zien dat korrelvorming met rioolwater complexer is dan korrelvorming op laboratoriumschaal onder gecontroleerde omstandigheden met water van synthetische compositie (uitsluitend opgelost CZV en bij constante voeding). Daar waar gedurende het Nereda-pilotonderzoek in Ede (onderzoekperiode 2003-2005) de korrelvormingsfase op voorbehandeld afvalwater een leercurve van 1,5 jaar had, is tijdens het pilotonderzoek in Epe (onderzoekperiode: 2007-2010) binnen een half jaar aëroob korrelslib gevormd op een voeding met ruw afvalwater. De opgedane kennis tijdens de pilotonderzoeken, gevoegd bij de fundamentele grondslagen voor de Nereda-technologie gevormd in laboratoriumonderzoeken op de TU Delft, leidde tot het plan voor de Nereda-installatie te Epe waarbij een kortere korrelvormingstijd van vier maanden per reactor is aangehouden. Via een seculair uitgestippeld schema is stapsgewijs steeds meer afvalwater

naar de Nereda-installatie toegevoerd totdat, volgens prognose, afgelopen maart de oude rwzi uitgeschakeld zou kunnen worden. Vanaf dat moment zou de zuiveringsperformance van de Nereda-installatie kunnen worden geoptimaliseerd.

Resultaten opstart

De periode van eind mei tot en met augustus 2011 is de opgestarte Nereda-tank in een SBR-mode bedreven, puur ten bate van de vorming van aëroob korrelslib, zoals eerder vermeld. Al het effluent van deze tank werd tijdelijk teruggevoerd naar de bestaande rwzi. Gedurende drie maanden werd in deze specifieke bedrijfsvoering de selectiedruk stelselmatig opgevoerd om goed bezinkbaar slib te kweken en te houden. Binnen drie maanden is een aanzienlijke hoeveelheid aëroob korrelslib gevormd met de gewenste bezinkeigenschappen. Vanaf 20 september 2011 is de aandacht verschoven naar de effluentkwaliteit en van SBR- naar Nereda-bedrijf overgestapt, waarbij de voeding- en aflatfase gelijktijdig plaatsvinden. Op 25 november 2011 is de tweede Nereda-tank opgestart. De helft van het inmiddels gekweekte aëroob korrelslib werd toen van de eerste naar de tweede tank overgebracht.

In afbeelding 2 is te zien wanneer de Nereda-tanks in bedrijf zijn genomen en welk percentage van het totale afvalwater door de Nereda-installatie werd gezuiverd. Daarnaast is goed te zien dat vanaf september 2011 de totale hoeveelheid aëroob korrelslib aanmerkelijk steeg. De

korrelvorming komt sneller op gang dan gedacht. Daardoor werd vanaf 26 januari 2012, met inschakeling van de derde Nereda-tank, al het afvalwater door de nieuwe installatie gezuiverd en is de oude rwzi niet meer in bedrijf. Dat is ongeveer twee maanden eerder dan verwacht.

Effluentkwaliteit

Afbeelding 3 geeft de effluentconcentraties weer gedurende de opstartperiode van 20 september 2011 tot en met eind maart van dit jaar. Dit betreft de gemiddelde concentraties van het effluent van de Nereda-tanks vóór zandfiltratie geregistreerd door *online-analysers*.

Nog voordat aan de garantietesten is begonnen, is ook het zuiveringsproces naast de korrelvorming goed op gang gekomen. Vanaf afgelopen januari ligt de concentratie totaalstikstof overwegend lager dan de gestelde jaargemiddelde eis van 8 mg/l. De concentratie totaalfosfaat ligt lager dan 0,5 mg/l, terwijl het proces nog niet is geoptimaliseerd en nog relatief lage procestemperaturen heersen.

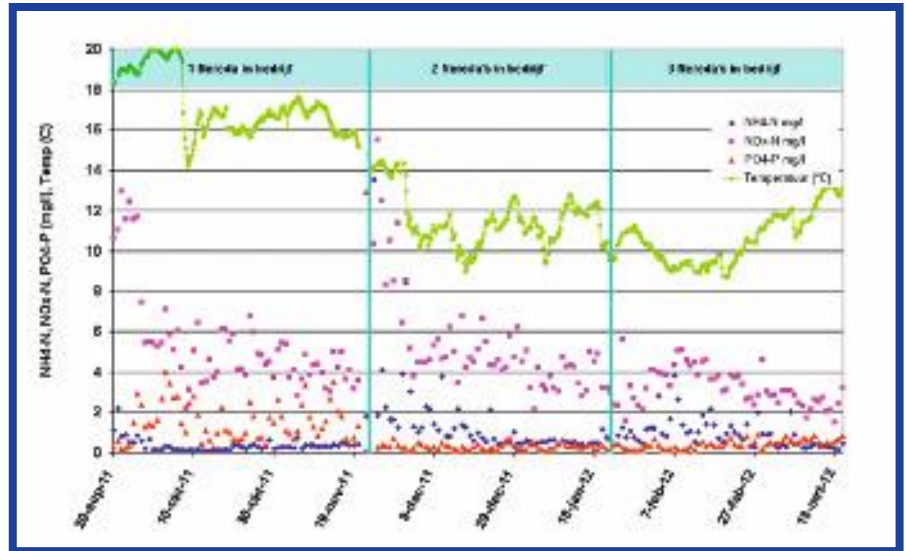
In de tabel is de gemiddelde effluentkwaliteit over de drie periodes van de in bedrijf zijnde Nereda-tanks weergegeven. De cijfers van ammonium, nitraat en fosfaat zijn evenals voor afbeelding 3, gebaseerd op data van *online-analysers*. Uit de cijfers van de laatste periode blijkt dat bij een procestemperatuur van 9 tot 13°C het effluent al ruimschoots voldoet aan de wenswaarde van 5 mg/l voor stikstof die voor de zomerperiode geldt.

Afbeelding 4 presenteert de fosfaatconcentraties van begin maart. Meer dan 90 procent van het fosfaat wordt verwijderd in de Nereda-installatie. De zandfilters zorgen voor fosfaatverwijdering tot concentraties lager dan de eis van 0,3 mg P_{totaal}/l en als polishingstap van zwevende stof. De verwachting is dat tijdens de garantietesten en uiteindelijk in de reguliere bedrijfsvoering de biologische fosfaatverwijdering door de Nereda-tanks verder geoptimaliseerd zal worden.

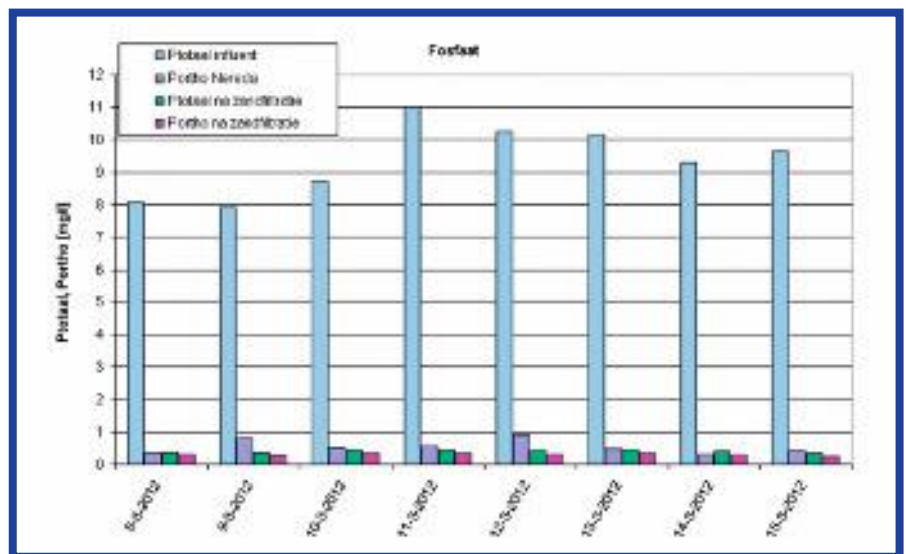
KRW-onderzoeken en de TU Delft

Nereda heeft tot nieuwe inzichten geleid. Parallel met het zuiveren van het afvalwater op de rwzi Epe is het waterschap vorig jaar begonnen met een grootschalig KRW-onderzoek naar korrelvorming, hydraulica, voorbehandeling, na- en slibbehandeling, de effluentkwaliteit en het energieverbruik.

De voorlopige resultaten van deze studies, gecombineerd met de resultaten van alle pilotonderzoeken, de Nereda demo-installaties in Zuid-Afrika en Portugal en de



Afb. 3: Effluentconcentraties van Nereda vóór zandfiltratie.



Afb. 4: Fosfaatconcentraties.

praktijkinstallatie op Epe geven de TU Delft nieuwe materie tot nadenken. Inmiddels is op fundamenteel niveau een verdiepingsslag gaande naar de karakteristiek, capaciteit en mogelijkheden van aerob korrelslib. Hierbij wordt onder andere nagedacht over toepassingen in de petrochemische industrie, de invloed van temperatuur, de mogelijkheden om microbiele populaties specifiek te sturen, de rol van aerob korrelslib in zoute milieus en over het verder reduceren van broeikasgassen. Eén van de nieuwe inzichten, buiten het zuiveren van afvalwater, is de veelbelovende vorming van alginaat in korrelslib. In het kader van de toekomstige duurzame afvalwaterbehandeling zal nadrukkelijk verdere aandacht aan dit aspect worden gegeven.

De opstart van 's werelds eerste huishoudelijke Nereda-praktijkinstallatie is probleemloos en sneller verlopen dan gedacht. Het is gelukt om in korte tijd een grote hoeveelheid korrelslib te kweken. Dit stelt de Nederlandse watersector in de gelegenheid bij de opstart van de volgende praktijkinstallaties in Dinxperlo en Vroomshoop hiervan gebruik te maken. De eerste resultaten van de rwzi Epe in termen van stikstof- en fosfaatverwijdering zijn uitstekend en laten ruimte voor verdere optimalisatie. Deze verwachting is niet alleen gebaseerd op de resultaten van de rwzi Epe, maar ook op reeds eerder gepubliceerde uitkomsten van de Nereda-pilotonderzoeken. Deze lieten zien dat met de specifieke processturing nog lagere effluentconcentraties mogelijk zijn, zelfs tot MTR-kwaliteit.

LITERATUUR

- 1) STOWA (2010). Nereda-pilotonderzoeken 2003-2010. Rapport 2010-29.
- 2) De Bruin B., M. van Loosdrecht en C. Uijterlinde (2010). Nereda: van vinding tot internationale praktijktoepassing. H₂O nr 22, pag. 33-37.

Nereda-tanks in bedrijf	opstartperiode	NH ₄ -N	NO _x -N	Portho
1	20 september 2011	0,3	5,4	1,5
2	25 november 2011	1,3	5,2	0,2
3	26 januari 2012	0,8	3,2	0,4