



Technologisch ontwerp rwzi Woerden

Uitkomsten van de HSA-berekening

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Referentie: wapa200217-16002

Revisie: 2

Datum: 28 januari 2021

Iv-Water b.v.

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Titel document: Technologisch ontwerp rwzi Woerden

Ondertitel document: Uitkomsten van de HSA-berekening

Referentie: wapa200217-16002

Revisie: 2

Datum: 28 januari 2021

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden

Projectnummer opdrachtgever: 660181

Project: WAPA200173 RWZI Woerden

Opgesteld door: Bart van der Veer

Gecontroleerd door: Ronny Faasen

Goedgekeurd door: Iwan Ramtahalsing



Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1.	Uitgangspunten	4
2	Vergelijking HSA-berekening met ontwerp	5
2.1.	Ontwerpafmetingen	5
2.2.	Zones en tankvolumes	6
2.3.	Nabezinktanks en retourslib	7
2.4.	Zuurstofinbrengcapaciteit	7
2.5.	Recirculatiedebieten	8
2.6.	Bypass van de voorbezinktank	9
3	Prestaties in de praktijk	10
3.1.	Effluentkwaliteit	11
3.2.	Nitrificatie en denitrificatie	12
4	Conclusies	15
	BIJLAGEN	17
A.	Uitgangspunten HSA-berekening	17
B.	Stikstofrecirculatiedebieten	18



1 Inleiding

Dit document toont de resultaten van een technologische toets van rwzi Woerden. Hierbij is gekeken of het ontwerp van de zuivering voldoet voor de huidige en toekomstige belasting. De toets is uitgevoerd als onderdeel van het project renovatie rwzi Woerden (660181).

In hoofdstuk 2 van dit document vergelijken we het bestaande ontwerp van rwzi Woerden met de parameters die nodig zijn op basis van het HSA-model. In hoofdstuk 3 is gekeken naar de praktijkprestaties van de zuivering met de huidige belasting. De conclusies die hieruit volgen zijn toegelicht in hoofdstuk 4.

1.1. Uitgangspunten

De uitgangspunten voor het uitvoeren van de technologische toets zijn vastgelegd in het document *wapa 200173-16001 Uitgangspunten Technologisch ontwerp rwzi Woerden*. Deze zijn samengevat in Bijlage A.



2 Vergelijking HSA-berekening met ontwerp

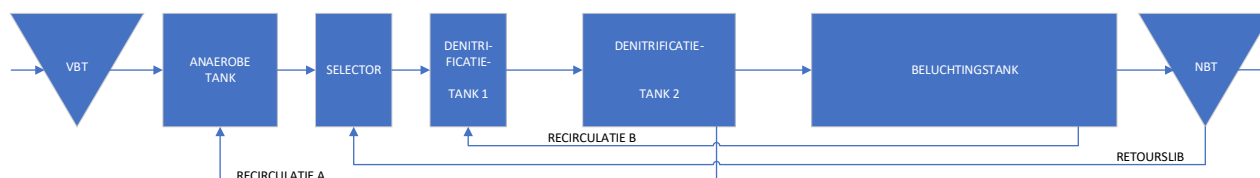
2.1. Ontwerpafmetingen

Het technologisch ontwerp van rwzi Woerden dateert uit 2008. Diverse bestaande tanks zijn destijds onderdeel geworden van het huidige technologisch ontwerp. Bij de vergelijking van het technologisch ontwerp met de situatie op tekening zijn verschillen geconstateerd in de tankvolumes. Voor de beschikbare tankvolumes gaan wij in dit document uit van de situatie zoals weergegeven in Tabel 2.1. Deze gegevens zijn afkomstig uit het document met referentie #1728776-v1-660181.

Omschrijving	Volume	
Anaeroob	1.041	m ³
Selector	518	m ³
Denitrificatietank 1	524	m ³
Denitrificatietank 2	1.414	m ³
Beluchtingstank	5.483	m ³

Tabel 2.1 – Beschikbare tankvolumes per onderdeel van de zuivering.

We zijn er van uitgaan dat het UCT-systeem is geïmplementeerd zoals conform het technologisch ontwerp en de P&IDs. Dit ontwerp is weergegeven in Figuur 2.1.



Figuur 2.1 – Configuratie van rwzi Woerden (UCT).



2.2. Zones en tankvolumes

Op basis van de uitgangspunten in Bijlage A zijn de benodigde tankvolumes voor de zuivering berekend. De resultaten zijn in Tabel 2.2 weergegeven.

Volume		HSA		Beschikbaar
Slibgehalte	g/l	4,6	5,0	4,6 (huidig)
Anaeroob	m ³	1.098	1.098	1.041
Selector	m ³	507	549	518
Anoxisch	m ³	5.102	4.703	3.583
Aeroob	m ³	4.033	3.694	3.838
Totaal	m ³	10.741	10.044	8.980
Anoxisch + aeroob	m ³	9.135	8.002	7.421

Tabel 2.2 – Volume van het actiefslibstelsysteem benodigd volgens het HSA-mode en beschikbaar in de huidige zuivering..

Toelichting:

- De HSA-resultaten zijn weergegeven voor $T_{\min} = 10^{\circ}\text{C}$ conform het verzoek van HDSR..
- Zowel in onze berekening als in het ontwerp uit 2008 is de contacttijd in de selector 15 minuten en de contacttijd in de anaerobe tank 45 minuten. De debieten zijn afkomstig van de Figuur in Bijlage B.
- Als aeroob volume is 70% van het volume van de beluchtingstank ingevuld. Dit is volgens het ontwerp het beluchte deel van het circuit bij het gebruik van het winterpakket.
- Het anoxische volume is het volume van anoxische tank 1 exclusief de selector die zich daarin bevindt, het volume van anoxische tank 2 en 30% van het volume van de beluchtingstank. Er is een denitrificatiesnelheid gebruikt van $23 \text{ mg N g DS}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (in de voordennitrificatie $26 \text{ mg N g DS}^{-1} \text{ d}^{-1}$ en in het anoxische deel van de carrousel $20 \text{ mg N g DS}^{-1} \text{ d}^{-1}$).

Volgens de HSA-berekening is er onvoldoende volume voor de toekomstige vuilvrachten, waarbij met name het anoxisch volume onvoldoende is voor de denitrificatie (verwijderen van nitraat). Er zijn in de carrousel beperkte mogelijkheden om meer anoxisch volume te creëren ten koste van aeroob volume. Bij de aankomende renovatie, primair bedoeld om de beluchting te vernieuwen en te verbeteren, heeft HDSR aangegeven geen civiele aanpassingen te willen uitvoeren.



2.3. Nabezinktanks en retourslib

In het HSA-model is allereerst gerekend met een actiefslibgehalte van 4,6 g/l, wat overeenkomt met de waarde in het huidige ontwerp. De capaciteit van de nabezinktanks is voldoende om het actiefslibgehalte verder te verhogen. In het technologisch ontwerp is beschreven dat destijds al rekening is gehouden met een actiefslibgehalte tot 5 g/l. Onze berekeningen bevestigen dat de beschikbare oppervlakte van 3.780 m² (3x D=40m) daarvoor voldoende is. De effecten van een verhoging naar 5 g/l zijn aan Tabel 2.2 toegevoegd.

De capaciteit van het retourslibgemaal is onvoldoende voor het verhogen van het actiefslibgehalte. Het hiervoor benodigde debiet is 2.668 m³/h (slibgehalte 5,0 g/l). Het huidige retourslibgemaal heeft een capaciteit van 2.030 m³/h. Overeenkomstig het ontwerp door Tauw is gerekend met een retourslibgehalte van 8 g/l en 30% slibbuffering. Wij adviseren aanpassingen aan slibgehalte en retourslibgemaal uit te stellen tot na de renovatie van de beluchting. Er zijn dan praktijkgegevens over de mogelijkheden van de zuivering binnen het huidige civiele ontwerp. Bij dit advies speelt ook mee dat de uitbreiding van 4.000 i.e. niet op korte termijn plaatsvindt.

2.4. Zuurstofinbrengcapaciteit

Tabel 2.3 toont de benodigde zuurstofinbreng op basis van het HSA-model en een vergelijking met de gemeten capaciteit van de huidige installatie.

Uitgangspunt		Benodigd			Huidig
Temperatuur	°C	10	25	25	-
Slibgehalte	g/l	5,0	5,0	4,0	-
Zuurstofverbruik		Benodigd			Huidig
Substraatafbraak	kg O ₂ /d	1.283	1.760	1.685	-
Endogene ademhaling	kg O ₂ /d	3.018	4.388	4.148	-
Nitrificatie	kg O ₂ /d	2.810	3.055	3.022	-
Denitrificatie	kg O ₂ /d	-1.563	-1.817	-1.797	-
Totaal	kg O ₂ /d	5.548	7.387	7.058	-
Totaal incl. factoren	kg O ₂ /d	13.539	17.882	17.111	10.464
Luchtdebiet		Benodigd			Huidig
Totaal	Nm ³ /h	6.684	8.696	8.321	5.900

Tabel 2.3 – Zuurstofverbruik per proces en totaal benodigde zuurstofinbreng en luchtdebiet.

Uitgangspunten bij de berekening:

- Waterdiepte 3,6 m met 0,25 m inbouwhoogte en zuurstofoverdrachtscoëfficiënt 23,8 g O₂/Nm³/uur.
- Totaal zuurstofverbruik is inclusief 10% piekfactor, 1,25 deficiëtfactor en de alpha-factor van 0,55 zoals gemeten in Juni 2020.
- De huidige capaciteit van de beluchting komt uit document #660181 – Renovatie rwzi Woerden Procestechnologische scope.



De hoogste zuurstofinbreng is nodig bij de maximum temperatuur van 25 °C. Het is mogelijk om het maximale luchtdebiet omlaag te brengen door in de zomermaanden het slibgehalte te verlagen. Dit is een mogelijkheid waar op dit moment geen gebruik van wordt gemaakt. Het effect hiervan is in de laatste kolom van Tabel 2.3 weergegeven. Naast het verhogen van de zuurstofinbreng dient bij de renovatie ook de stroomsnelheid in de carrousel te worden verhoogd. Deze dient te worden 0,25 m/s, de ontwerpstandaard die ook voor dit ontwerp de beoogde snelheid was.

2.5. Recirculatiedebieten

De minimale recirculatiedebieten zijn weergegeven in Bijlage B. Recirculatie B is de recirculatie van nitraatrijk water uit de beluchtingstank naar denitrificatietank 1 (zie ook Figuur 2.1). De huidige ontwerpcapaciteit bedraagt 3.000 m³/h. Voor recirculatie B is 2.739 m³/h berekend bij een effluentconcentratie van 3 mg NO_x-N/l. Bij een hogere concentratie is een kleiner recirculatiedebiet toereikend om de berekende vracht naar de voordenenitrificatie te brengen. Voor denitrificatie in (het anoxische deel van) de beluchtingstank is geen recirculatie vereist. 3 mg NO_x-N/l komt overeen met het huidige jaargemiddelde. De verbetering van N_{totaal} wordt gezocht in reductie van (pieken in) NH₄ in het effluent, wat uiteraard in lijn is met de aanpassing van de beluchting.

De huidige P_{totaal} in het effluent bedraagt 0,8 mg/l ten opzichte van een eis van 2 mg/l. Op korte termijn zullen er twee effecten zijn die de werking van bio-P beïnvloeden. Door het aanvullende debiet van Oasen stijgt het influentdebiet ten opzichte van recirculatie A. Dat zorgt voor een daling in het slibgehalte in de anaerobe tank (van circa 2,3 g/l naar 2,1 g/l). Het tweede effect is dat de verbeterde beluchting kan leiden tot meer nitraat in de recirculatiestromen (extra omzetting van ammonium in combinatie met meer belucht en minder anoxisch volume). Het terugvoeren van nitraat naar de anaerobe zone via achtereenvolgens recirculatie B en recirculatie A is een nadeel voor het bio-P proces. Dit is beheersbaar ten koste van N_{totaal} door recirculatie B te verminderen zodat de voordenenitrificatie minder belast wordt, of door de nitraatconcentratie in de beluchtingstank te verlagen (minder beluchten). Vanwege de interactie tussen de nieuwe beluchting en het gebruik hiervan met de recirculatiegemalen wordt aanbevolen een eventuele aanpassingen aan recirculatie A uit te voeren na de renovatie van de beluchting.



2.6. Bypass van de voorbezinktank

Op basis van de historische data is de BZN/N verhouding van ruw afvalwater (voor de voorbezinktank) 4,3. Achter de nabezinktank is dit 3,5 (dit daalt tot 3,3 met de toekomstige N-vracht van Oasen erbij excl. +4.000 v.e.). Voor goede stikstof- en fosfaatverwijdering is minimaal een verhouding van 3 nodig, maar een hogere verhouding (4-5) kan wenselijk zijn. De vraag om bij dit project een (regelbare) bypass te realiseren ter bevordering van de denitrificatie is wat dat betreft te begrijpen. Wij achten hiermee echter geen verbetering mogelijk van N_{totaal} in het effluent. Vanwege het beperkte volume van de zuivering ten opzichte van de vrachten, is het moeilijk om gelijke nitrificatie te houden bij een aanvullende BZV-vracht, processen die beiden afhankelijk zijn van de aerobe slibmassa. Het is na renovatie van de beluchting mogelijk om dit te compenseren door het vergroten van de zuurstofinbreng. Dit gaat echter ten koste van het anoxische volume, waarmee het gecreëerde voordeel van de bypass tenietgedaan wordt. De realisatie van de bypass raden wij om deze reden af.



3 Prestaties in de praktijk

In hoofdstuk 2 is bepaald welke volumes nodig zijn voor de verwachte vuilvrachten. Dit is berekend inclusief een 4.000 v.e. toename gedurende de komende jaren. Een vergelijking op basis van de huidige vuilvrachten is weergegeven in Tabel 3.1.

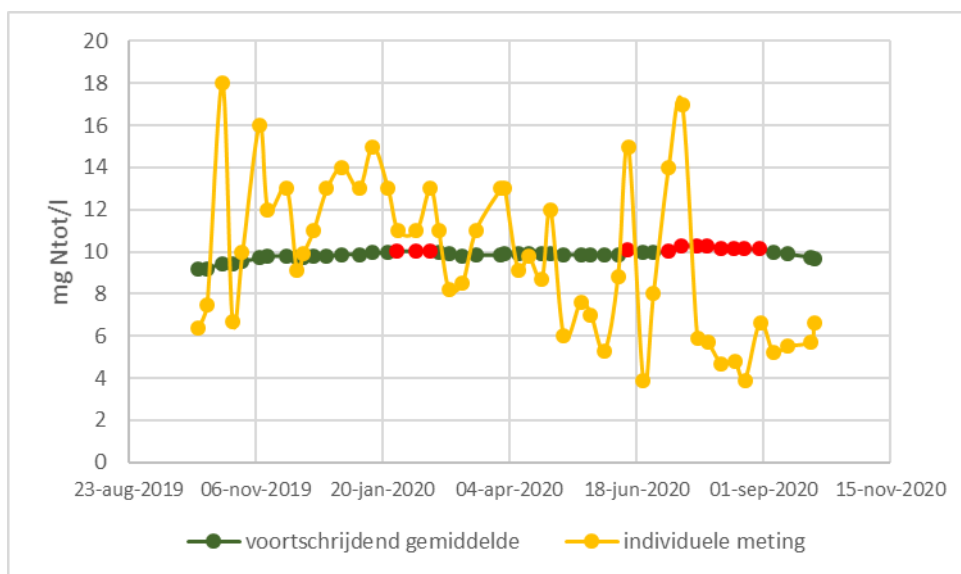
Volume $T_{\min}$		HSA	Beschikbaar
Anaeroob	m ³	868	1.041
Selector	m ³	289	518
Anoxisch	m ³	4.569	3.583
Aeroob	m ³	3.520	3.838
Totaal	m ³	9.246	8.980
Anoxisch + aeroob		8.089	7.421
Zuurstofvraag $T_{\max}$		HSA	Beschikbaar
Totaal incl. factoren	kg O ₂ /h	694	436
Luchtdebiet	Nm ³ /h	8.104	5.900

Tabel 3.1 – Volume van het actiefslibstelsysteem benodigd volgens het HSA-model op basis van de huidige vuilvrachten en beschikbaar in de huidige zuivering. Berekend met 4,6 g/l slibgehalte.

Tabel 3.1 laat zien dat het totaal tankvolume toereikend is voor de huidige vuilvrachten. Echter is de verdeling van de volumes benodigd voor de verschillende procesonderdelen niet geheel toereikend. Uit de berekening volgt dat er onvoldoende volume is voor denitrificatie. In dit hoofdstuk kijken we naar de prestaties van de zuivering in de praktijk en kijken we of er op basis van de data specifieke knelpunten te identificeren zijn in de werking van de zuivering.

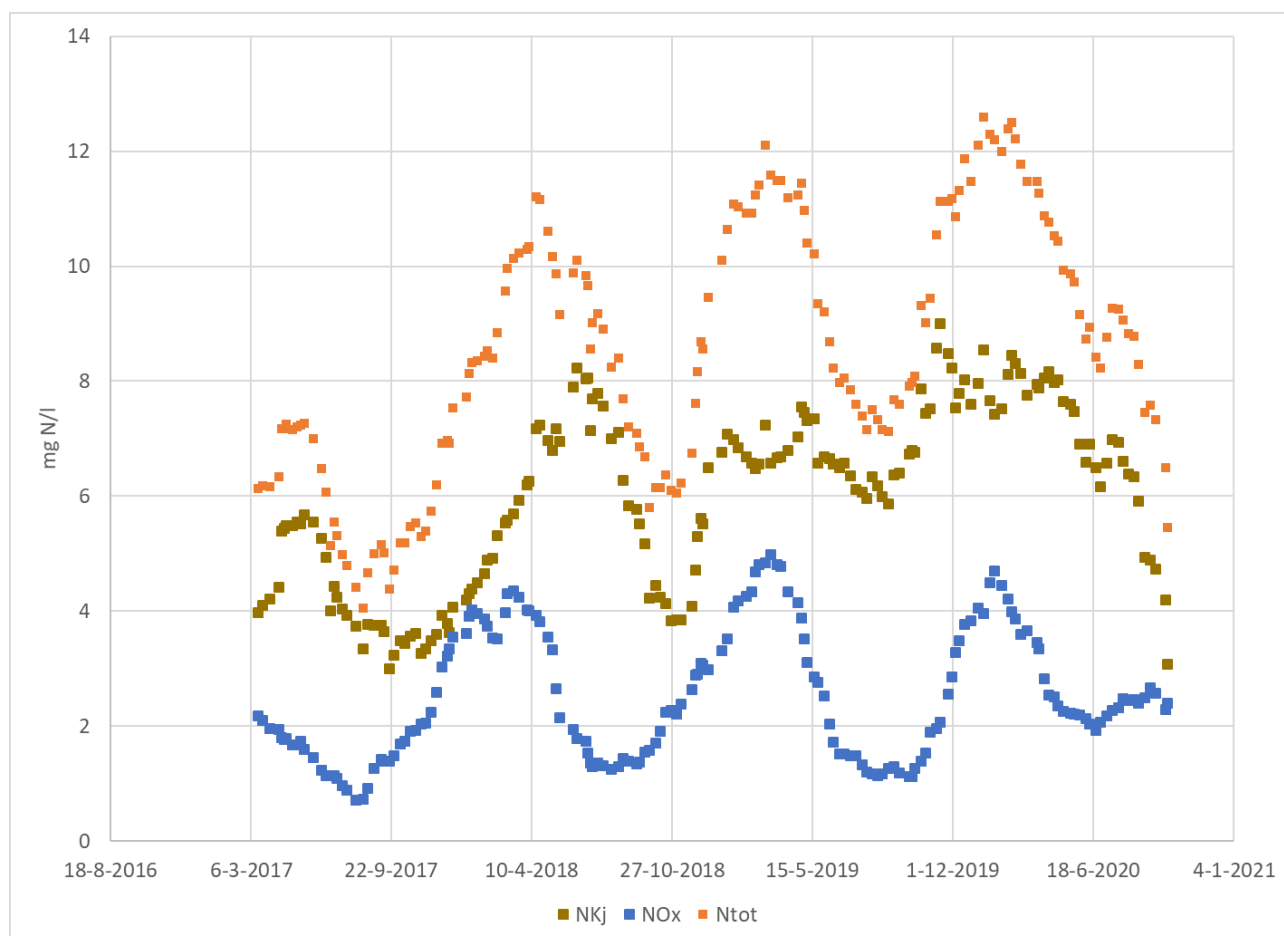
3.1. Effluentkwaliteit

Het document #1709233 van de aanvraagdocumenten toont de effluentmetingen van rwzi Woerden van 3 oktober 2019 tot en met 1 oktober 2020. De overschrijdingen hebben betrekking gehad op N_{totaal} . De effluentkwaliteit met betrekking tot stikstof is weergegeven in Figuur 3.1. Deze grafiek laat zien dat er sprake is van een voortschrijdend gemiddelde dat structureel zeer dicht bij de effluenteis van 10 mg N_{tot}/l (voortschrijdend gemiddelde) ligt en dat hierbij overschrijdingen hebben plaatsgevonden.



Figuur 3.1 – Effluentkwaliteit rwzi Woerden m.b.t N_{tot} . Overschrijdingen zijn in rood weergegeven.

Figuur 3.2 toont de het voortschrijdend gemiddelde van 10 metingen, een periode van circa twee maanden, voor NK_j , NO_x en N_{tot} .

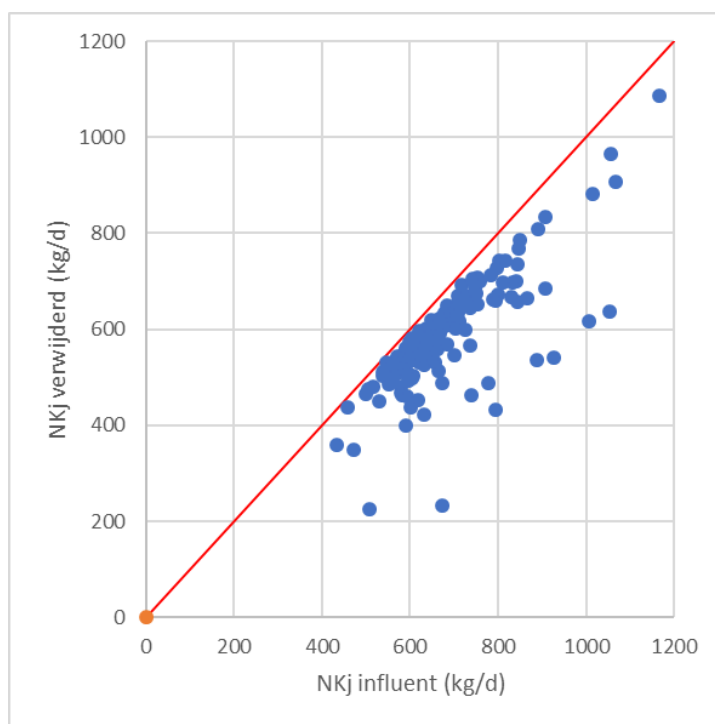


Figuur 3.2 – Voortschrijdend gemiddelde van 10 metingen voor het effluent van rwzi Woerden.

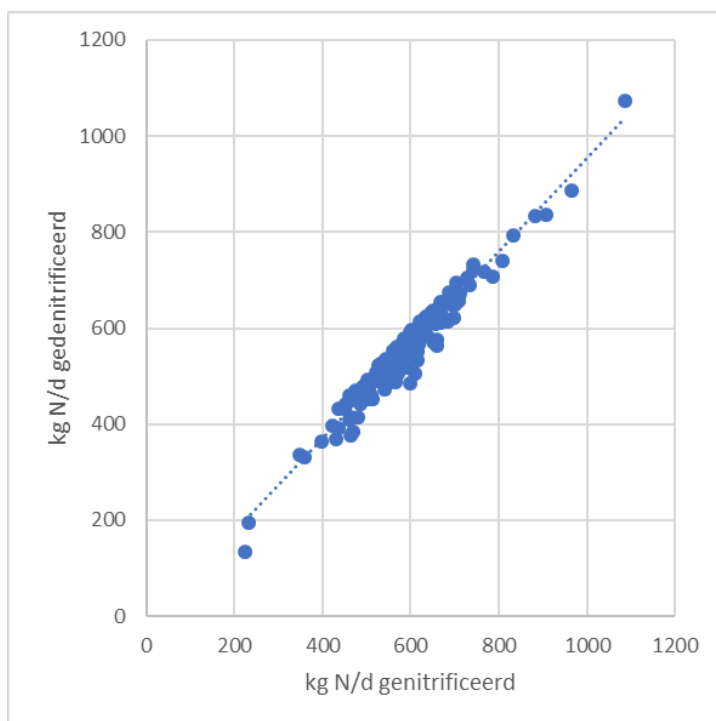
3.2. Nitrificatie en denitrificatie

Figuur 3.3 toont het verband tussen de NKj-vracht in het influent en de verwijdering van NKj door de zuivering. De meeste meetpunten bevinden zich relatief dichtbij de rode lijn, die ter vergelijking is toegevoegd en past bij een volledige verwijdering van NKj. Over het gehele bereik van influentvrachten zijn er uitzonderingen waarbij de stikstofverwijdering achterblijft. De ontwerpvracht van 630 kg NKj/d is in deze figuur niet terug te zien. Er zijn goede zuiveringsprestaties boven deze vracht, maar ook slechte prestaties bij vuilvrachten die onder deze ontwerpvracht vallen.

Figuur 3.4 laat zien dat Kjeldahl-stikstof die de zuivering door middel van nitrificatie verwijderd, ook in voldoende mate wordt gedenitrificeerd. Het gebrek aan anoxisch volume waarvan op basis van Tabel 3.1 sprake is wordt door deze grafiek niet bevestigd. Mogelijk is er vanwege slechte beluchting in de praktijk minder aeroob volume in de beluchtingstank en meer anoxisch volume.

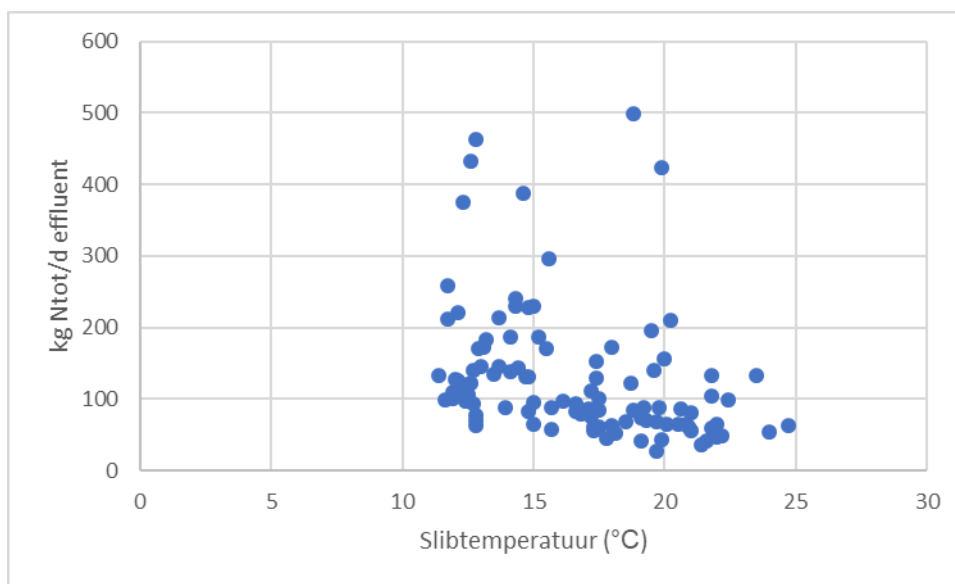


Figuur 3.3 – De verwijdering van NKj-stikstof als functie van NKj in het influent.



Figuur 3.4 – De gedenitrificeerde stikstofvracht ($\Delta \text{NKj} - \text{NO}_x$) ten opzichte van de genitrificeerde stikstofvracht.

Er is geprobeerd om te duiden onder welke omstandigheden de stikstofverwijdering achterblijft. Figuur 3.5 toont de verwijdering van N_{totaal} als functie van de slibtemperatuur. Hieruit kan geen specifieke situatie worden geïdentificeerd waarbij de stikstofverwijdering slecht is. Ook met andere parameters zoals slibgehalte is er geen verband gevonden met de stikstofverwijderingsprestaties van de zuivering.



Figuur 3.5 – De verwijdering van N_{totaal} als functie van de slibtemperatuur.

De zuiveringsprestaties passen bij een zuivering die in algemene zin boven de ontwerpcapaciteit wordt belast. Dit is op basis van de effluentdata niet te herleiden tot specifieke onderdelen van de zuivering.



4 Conclusies

Vanwege een verhoging van de vuilvracht ten opzichte van de ontwerpbelasting zijn er procestechnologische aanpassingen aan rwzi Woerden nodig. De zuurstofbehoefte is toegenomen tot 17.111 kg O₂/d in schoon water terwijl de huidige installatie 10.464 kg O₂/d kan inbrengen. Dit is een gevolg van reeds toegenomen vuilvrachten, een lage α -factor en toekomstige uitbreiding. De specificaties van de nieuwe installatie zijn afgestemd op 4,0 g/l slibgehalte in de zomer (25 °C).

Op basis van het HSA-model is berekend welke tankvolumes er nodig zijn voor de toekomstige vuilvracht. Er is in het verleden rekening gehouden met een verhoging van het slibgehalte tot 5 g/l. Inclusief deze verhoging is het beschikbare totaalvolume circa 10% kleiner dan nodig is op basis van de HSA-berekening. Daarbij is met name het anoxisch volume te klein, verantwoordelijk voor de verwijdering van nitraat. Het aerobe gedeelte is voldoende. Dit komt door de verhoging van het slibgehalte, en doordat we met 10 °C als minimumtemperatuur rekenen in plaats van 9 °C uit het ontwerp uit 2008. Wat betreft de anaerobe tank en de selector zijn de huidige volumes acceptabel.

De verhoging van het slibgehalte heeft geen aanpassingen aan de nabezinktanks, wel een vergroting van het retourslibgemaal (2.030 m³/h naar 2.668 m³/h). Geadviseerd wordt om een verhoging van het slibgehalte en aanpassing van het gemaal pas na de renovatie van de beluchting uit te voeren. Aan de ene kant omdat de aanpassing van de zuurstofinbrengcapaciteit aanzienlijk is en reeds veel effect zal hebben op met name NKj en op N_{totaal}. Anderzijds is verhoging van het slibgehalte op zichzelf onvoldoende is om hiermee te voldoen aan het ontwerp voor de toekomstige vrachten. Eenzelfde overweging geldt voor recirculatie A waarvoor wordt aanbevolen om de huidige capaciteit te handhaven. Voor wat betreft recirculatie B is de huidige capaciteit voldoende bij een effluentkwaliteit van 3 mg N/l of hoger (met 40% van de totale denitrificatie in de voordenenitrificatie en 60% in de carrousel).

Een samenvatting van de uitkomsten is in Tabel 4.1 weergegeven.

Onderdeel		Benodigd	Beschikbaar
Anaeroob	m ³	1.098	1.041
Selector	m ³	549	518
Anoxisch	m ³	4.703	3.583
- Denitrificatietanks	m ³	-	1.938
- Carrousel anoxisch	m ³	-	1.645
Carrousel aerob	m ³	3.694	3.838
Totaal	m ³	10.044	8.980

Tabel 4.1 – Overzicht van de beschikbare en benodigde volumes per zuiveringsonderdeel.



Onderdeel		Benodigd	Beschikbaar
Carrousel omloopsnelheid	m/s	0,25	0,13
Zuurstofinbrengcapaciteit	kg O ₂ /d	17.111	10.464
Retourslibgemaal		2.668	2.030
Nabezinktanks	m ²	3.775	3.780
Recirculatiegemaal A		732	600
Recirculatiegemaal B		2.739	3.000

Tabel 4.2 vervolg – Overzicht van de aanpassingen.

N.B.: De kolom Beschikbaar toont voor de gemalen de waarden volgens het technologisch ontwerp 2008.



BIJLAGEN

A. Uitgangspunten HSA-berekening

Parameter	Eenheid	Oorspronkelijk ontwerp	Huidige gemiddelde	Ontwerpwaarde
Capaciteit	v.e.	66.000 à 150 g TZV/v.e.	-	- ¹
Hydraulische capaciteit	m ³ /h	2.900	-	2.900
Dagdebiet	m ³ /d	12.500	14.757	15.900
Aanvoerpatroon	h/d	-	24	24
DWA-debiet	m ³ /h	600	471 ²	662
Dagvracht				
-CZV	kg/d	6.120	7.008	8.069
-BZV	kg/d	2.300	2.808	3.270
-NKj	kg/d	630	672	758
-P _{totaal}	kg/d	106	89	101
-Onopgeloste bestanddelen	kg/d	2.840	2.868	3.429
Rendement voorbezinktank				
-CZV	%	25	29	29
-BZV	%	25	24	24
-NKj	%	8	5	5
-P _{totaal}	%	15	9	9
-Onopgeloste bestanddelen	%	50	48	48
Slibvolumeindex	ml/g	120	76	120
Ontwerptemperatuur	°C	9-22	16,6	10-25

Tabel 0.3 – Huidige parameters van rwzi Woerden en uitgangspunten voor de toetsing.

De toekomstige lozing van RO-concentraat vanuit Oasen is bij het bovenstaande opgeteld. Dit bestaat uit 36 kg NH₄-N/dag en is opgeteld bij het voorbezonden influent. Het DWA-debiet inclusief de 70 m³/h gemiddeld van Oasen wordt 732 m³/h.

¹ Huidig + 4.000 v.e. à 150 g TZV.

² 427 m³/h op basis van uurdebieten 1 April t/m 31 Mei 2020. 471 m³/h op basis van alle dagdebieten bij definitie DWA ≤15.000 m³/d en 24 uur/dag aanvoer.



B. Stikstofrecirculatie debieten

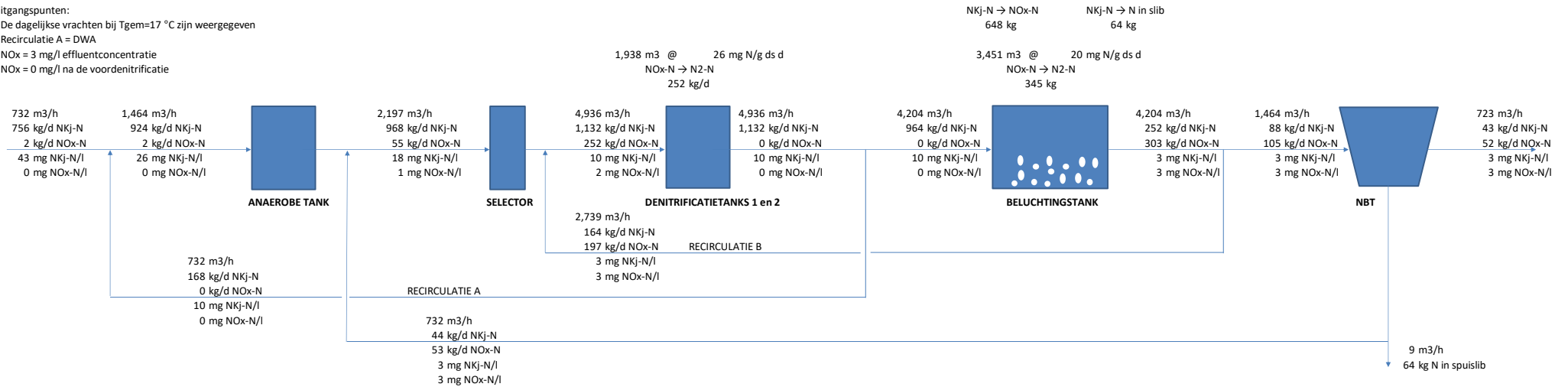
Uitgangspunten:

De dagelijkse vrachten bij Tgem=17 °C zijn weergegeven

Recirculatie A = DWA

NOx = 3 mg/l effluentconcentratie

NOx = 0 mg/l na de voordennitrificatie





iv-Water b.v.
Noordhoek 37
3351 LD Papendrecht
Nederland

Telefoon +31 88 943 3900

Postbus 1155
3350 CD Papendrecht
www.iv-water.nl