

MONITORING ENERGIE EN GRONDSTOFFENFABRIEK OMZET.AMERSEFOORT



RAPPORT

2018
17

MONITORING ENERGIE EN GRONDSTOFFENFABRIEK
OMZET.AMERSFOORT

RAPPORT

2018

17

ISBN 978.90.5773.789.3



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEUR(S)
Patricia Clevering-Loeffen (Sweco)
Ruben Meulenkamp (Sweco)
Jan Eise Wieringa (Sweco)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
Victor Claessen (Waterschap de Dommel)
Hans Ellenbroek (Waterschap Vechtstromen)
Anouk Koelen (Waterschap Vechtstromen)
Dirk Koot (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
Ad de Man (Waterschapsbedrijf Limburg)
Cora Uijterlinde (STOWA)
Mark Verheij (Waterschap Vallei en Veluwe)
Marlies Verhoeven (Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden)

Bij de monitoring, de data-verstrekking, de juiste interpretatie van de data en het optekenen van de gebruikerservaringen zijn veel medewerkers van het waterschap Vallei en Veluwe betrokken geweest. Naast alle operators, procesbeheerders en zuiveringstechnici zijn dit in het bijzonder Jörgen Verschoor, Bram Hengeveld, Frank van de Grootevheen, Karin Boterman, Jan Wout Koelewijn en Wouter Steensma.

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2018-17
ISBN 978.90.5773.789.3

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

Het project Omzet.Amersfoort heeft inzicht gegeven in verschillende (typen) technologieën waaronder thermische drukhydrolyse, en kan zoals voorbeeld dienen voor andere zuiveringen met betrekking tot het terugwinnen van grondstoffen en het opwekken van energie. Ook de EC als subsidieverlener heeft de samenwerking van de STOWA en het Waterschap Vallei en Veluwe als positief beoordeeld.

Waterschap Vallei en Veluwe heeft zich tot doel gesteld om rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) Amersfoort om te bouwen tot een Energie- en Grondstoffenfabriek door de uitvoering van het project 'Omzet.Amersfoort'. De doelstelling van Omzet.Amersfoort is het realiseren van een netto energieopwekking en fosfaatterugwinning op RWZI Amersfoort, waarbij de slibproductie wordt verlaagd en de effluentkwaliteit behouden blijft.

In Omzet.Amersfoort zijn aanpassingen gerealiseerd aan de RWZI en is gebruik gemaakt van innovatieve technologieën. Deze technologieën zijn een thermische drukhydrolyse (Lyso-Therm®) voor verhoging van de biogas en dus de energieproductie en een technologie om fosfaat vrij te maken voor de gisting (WASSTRIP®) gecombineerd met een struviet (magnesium-ammoniumfosfaat) reactor (Pearl®) voor het terugwinnen van de grondstof fosfor. Oorspronkelijk zou aanvullend een slibdrooginstallatie die gebruik maakt van restwarmte, opgenomen worden. Deze installatie is uiteindelijk op RWZI Ede gerealiseerd. Deze aanpassingen moeten resulteren in 109% zelfvoorzienendheid voor elektriciteit en 1.028 ton struviet per jaar.

Voor het project Omzet.Amersfoort is een LIFE-subsidie verkregen. Eén van de acties voor de subsidie is om de doelen en de aanpak van Omzet.Amersfoort te monitoren en te evalueren. In dit rapport zijn deze monitoring en evaluatie opgenomen, waarbij de meetresultaten van een jaar waarin een nulmeting is uitgevoerd vergeleken wordt met de resultaten van een jaar na implementatie van Omzet.Amersfoort. Daarnaast zijn gebruikerservaringen geïnventariseerd en is een vertaling van de resultaten van de slibdroger op RWZI Ede vertaald naar de situatie op RWZI Amersfoort.

Door verschillende oorzaken heeft Omzet.Amersfoort tijdens de monitoringsperiode niet optimaal gedraaid. Ondanks dat is de teruggewonnen hoeveelheid energie sterk gestegen. RWZI Amersfoort levert echter nog niet meer energie dan het zelf gebruikt. In de Pearl-installatie wordt struviet gevormd, dit kan worden geoogst en is van voldoende kwaliteit. De kwantiteit blijft echter vooralsnog achter bij de verwachting.

Waterschap Vallei en Veluwe gaat in 2018 een aantal activiteiten uitvoeren om de stabiliteit en de resultaten verder verbeteren.

Ir. J.J. Buntsma
Directeur STOWA

SAMENVATTING

INLEIDING EN DOELSTELLING OMZET.AMERSFOORT

Waterschap Vallei en Veluwe heeft zich tot doel gesteld om RWZI Amersfoort om te bouwen tot een Energie- en Grondstoffenfabriek en heeft het project 'Omzet.Amersfoort' genoemd. De doelstelling van Omzet.Amersfoort is:

Realiseer een netto energieopwekking en fosfaatterugwinning op RWZI Amersfoort, waarbij de slibproductie wordt verlaagd en de effluentkwaliteit behouden blijft.

In Omzet.Amersfoort zijn een aantal aanpassingen gerealiseerd aan de RWZI en is gebruik gemaakt van een aantal specifieke technologieën. Deze technologieën zijn:

- Thermische drukhydrolyse (LysoTherm[®]) voor verhoging van de biogasproductie en daarmee de energieproductie
- Een technologie om fosfaat vrij te maken voor de gisting (WASSTRIP[®]) gecombineerd met een struviet reactor (Pearl[®]) voor het terugwinnen van de grondstof fosfor.

Oorspronkelijk zou aanvullend een slibdrooginstallatie op restwarmte opgenomen worden. Gezien de complexiteit van het project is deze installatie op RWZI Ede gerealiseerd. Ook is het (nog) niet mogelijk geweest biologische fosfaat verwijdering te realiseren, wat invloed heeft op de conclusies over het terugwinnen van fosfor. Een deelstroombehandeling (DEMON[®]) was al aanwezig voor het behalen van de effluenteisen voor totaal stikstof.

Voor het project Omzet.Amersfoort is een LIFE-subsidie verkregen. Een van de acties voor de subsidie is om de doelen en de aanpak van Omzet.Amersfoort te monitoren en te evalueren.

MONITORING EN EVALUATIE

De meetresultaten van een jaar "nulmeting" zijn vergeleken met de resultaten van een jaar monitoring na implementatie van Omzet.Amersfoort. Daarnaast zijn gebruikerservaringen geïnventariseerd en zijn de resultaten van de slibdroger op RWZI Ede vertaald naar de situatie op RWZI Amersfoort.

METINGEN EN BALANSEN

Het opstellen van sluitende massa-/nutriëntenbalansen op zuiveringen is erg lastig. Daarom is in het kader van dit project een uitgebreid bemonsterings- en analyseprogramma opgesteld en uitgevoerd. Er is bemonsterd in twee periodes van elk een jaar: een nul-periode voorafgaand aan de ombouw en een monitoringsperiode na de ombouw van RWZI Amersfoort.

Uit de opgestelde balansen blijkt dat enige afwijking niet te voorkomen is. In het bijzonder is het exact bepalen van de hoeveelheid en de samenstelling van de slibproductie lastig. Daarnaast is het vrijwel onmogelijk om bij complexe processen alle mogelijke procesconfiguraties goed te vatten in balansen die een geheel jaar omvatten. Incidentele stilstand van procesonderdelen en/of het gedeeltelijk verwerken van stromen veroorzaakt afwijkingen en onzuiverheden in de totaal balans.

Uiteindelijk is het gelukt om op basis van de uitgebreide meetgegevens, in nauwe samenwerking met de bedrijfsvoerders en technologen, een goed beeld te schetsen van het functioneren van de zuivering Amersfoort, zowel in de nul-periode als in de monitoringsperiode.

GEBRUIKERSERVARINGEN

De gebruikerservaringen laten zien dat een goed doordacht ontwerp geen garantie is voor een goed werkende installatie. Er zijn altijd aspecten die van te voren anders ingeschat zijn/worden. Naar aanleiding van het in gebruik nemen van de installatie zijn een aantal procesonderdelen aangepast. Het blijkt ook dat procesonderdelen grote invloed op elkaar hebben en dat uitval van het ene onderdeel, (grote) gevolgen heeft op andere plaatsen in het proces, zowel boven- als benedenstrooms.

DOELEN EN REALISATIE

De mate waarin de doelen van het project Omzet.Amersfoort behaald zijn, is beoordeeld op basis van meetdata tijdens de monitoringsperiode in vergelijking met de nul-periode en de doelstellingen vooraf. Ten opzichte van de gestelde doelen ontstaat een gemengd beeld. Aan sommige doelen wordt voldaan, en aan anderen niet. De zuivering bevond zich tijdens de monitoring echter nog niet in de gewenste eindsituatie. Daarom zijn de bevindingen in deze fase nog onvoldoende om het volledige potentieel van de installatie te kunnen beoordelen.

- De energiebalans op RWZI Amersfoort zelf is sterk verbeterd. Daarnaast wordt, gekeken naar het geheel van RWZI Amersfoort en de toeleverende RWZI's, meer energie opgewekt en stijgt de zelfvoorzienendheid naar 98%.
- De fosfaatterugwinning heeft zich nog niet voldoende kunnen bewijzen. De hoeveelheid teruggewonnen fosfaat blijft met 17.462 kg fosfor/jaar achter bij de verwachting. Dit wordt veroorzaakt doordat er veel minder fosfaat beschikbaar is voor terugwinning. Het geproduceerde struviet is van een voldoende kwaliteit om toe te passen als kunstmest.
- De ontwatering van slib is als gevolg van de nieuwe procesindeling verbeterd. Dankzij de hogere slibafbraak in de gisting en het betere eindontwateringsresultaat, is de totale slibafzet (slibkoek) naar de slibeindverwerker met 21% gedaald en voldoet dit aan de doelstelling.
- De effluentkwaliteit is iets verslechterd in de monitoringsperiode. Het stikstof- en CZV-gehalte is licht gestegen.
- De slibdroging op RWZI Ede laat zien dat drogen tot 90% droge stof mogelijk is. De beschikbaarheid van voldoende warmte is essentieel voor een goede en stabiele werking. Om al het slib op RWZI Amersfoort te kunnen drogen moet 27% van het biogas bijgestookt worden om voldoende warmte op te wekken. Zonder bijstoken van biogas kan op jaarbasis 36% van het slib gedroogd worden.

OPTIMALISATIESTAPPEN

In het proces zijn nog enkele optimalisatiestappen te maken. Het waterschap heeft voor de situatie op RWZI Amersfoort vier aspecten benoemd die op dit moment meest bepalend zijn voor het functioneren van Omzet.Amersfoort. De vier aspecten worden door het waterschap in 2018 opgepakt en betreffen:

- Warmtewisselaars slibgistingstanks.
- DEMON[®] deelstroombehandeling.
- Schoonmaken slibgistingstanks.
- Afvoerpompen van de zeefbandpersen (voorontwatering).

AANBEVELINGEN

Gezien de geplande optimalisatiestappen en het feit dat de installatie tijdens de monitoringsperiode zich niet in de gewenste eindsituatie bevond, is het aan te bevelen om de belangrijkste parameters uit de monitoringsperiode nogmaals vast te stellen als het proces wel draait zoals beoogd. Dit zal dan de maximaal haalbare verbetering van de nieuwe installatie laten zien.

Binnen de Energie- en Grondstoffenfabriek zijn alle procesonderdelen sterk verweven. Het is belangrijk deze onderlinge verbanden goed in beeld te hebben en te proberen de onderlinge afhankelijkheid van de installatieonderdelen zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast is het van belang de procesonderdelen goed te integreren om maximaal rendement uit de installatie te halen. Hierbij wordt een gefaseerde benadering aanbevolen in plaats van het in één keer uitvoeren van een integraal ontwerp. Een stapsgewijze benadering maakt het mogelijk tussentijds ontwerpuitgangspunten te toetsen aan de werkelijkheid zodat procesonderdelen meer optimaal gerealiseerd kunnen worden.

Indien slibdroging op de beschikbare restwarmte van RWZI Amersfoort toegevoegd wordt aan het proces, zijn fluctuaties in beschikbare warmte over het jaar, een juist ontwerp van de drooginstallatie en de integratie in het complexe proces op RWZI Amersfoort de belangrijkste aandachtspunten. Ook de financiële haalbaarheid inclusief afzet zal moeten worden bekeken.

Gedegen onderhoud kan veel problemen voorkomen. Daarnaast is het waardevol van te voren bestaande procesonderdelen goed te beoordelen op mogelijke risico's (storingen, uitval, gevolgen voor het proces) en indien noodzakelijk te adresseren (reservestelling, mogelijkheden/ flexibiliteit voor bijzonder bedrijf).

Het in bedrijf nemen van een omvangrijke en geavanceerde installatie stelt eisen aan de personele bezetting. Met name de opstart is een periode waarin veel geleerd wordt over een installatie. Het is daarom aan te bevelen dat bedrijfsvoerders en technologen voldoende tijd en ruimte krijgen om zich de installatie eigen te maken.

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 van 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.

MONITORING ENERGIE EN GRONDSTOFFENFABRIEK OMZET.AMERSFOORT

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Projectverloop en afbakening	1
1.3	Leeswijzer	2
2	BESCHRIJVING PROJECT RWZI AMERSFOORT	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Periode vaststelling	3
2.3	Doelstelling Omzet.Amersfoort	3
2.4	RWZI Amersfoort voor ombouw (situatie nul-periode)	4
2.5	Proces op RWZI Amersfoort tijdens de nul-periode	4
2.6	Aanpassingen ten behoeve van het project Omzet.Amersfoort	6
2.7	Procesbeschrijving RWZI Amersfoort tijdens de monitoringsperiode	8
2.8	Toelichting op de technologieën	9
2.8.1	WASSTRIP®	9
2.8.2	Pearl®	9
2.8.3	LysoTherm®	10
2.8.4	DEMON®	11
2.9	Analyse en bemonsteringsplan	11

3	BALANSEN EN TOELICHTING	12
3.1	Inleiding	12
3.2	Rekenmethode	12
3.3	Aanvoer influent, retourstromen en extern slib	12
3.3.1	Aanvoer influent	12
3.3.2	Retourstromen	14
3.3.3	Aanvoer extern slib	14
3.4	Voorbezinking en primair slib	14
3.4.1	Voorbezinking	15
3.4.2	Primair slib	15
3.5	Actiefslibtank	17
3.6	Surplusslib en indikking	18
3.7	Nabehandeling en effluent	19
3.7.1	Nabehandeling	19
3.7.2	Effluent	19
3.8	Pearl®	21
3.9	DEMON®	22
3.10	WASSTRIP®	24
3.11	Voorontwatering	24
3.12	LysoTherm®	24
3.13	Gisting	25
3.13.1	(Organisch) drogestofafbraak	25
3.13.2	Biogasproductie	27
3.13.3	Effect thermische druk hydrolyse	28
3.13.4	kWh-productie	28
3.13.5	Warmteproductie	29
3.14	Ontwatering en slibafvoer	29
3.15	Energieproductie en verbruik	31
4	GEBRUIKERSERVARINGEN	32
4.1	Inleiding en achtergrond	32
4.2	Samenvatting van de ervaringen	32
4.2.1	Bandindikers primair en secundair slib	32
4.2.2	WASSTRIP®	32
4.2.3	Voorontwatering na WASSTRIP® voor de gisting	33
4.2.4	LysoTherm®	33
4.2.5	Slibgisting	34
4.2.6	Gasmotoren	34
4.2.7	Slibontwatering	34
4.2.8	Pearl®	34
4.2.9	DEMON®	35
4.3	Belangrijkste knelpunten en vervolg	35
4.3.1	Warmtewisselaars slibgistingen	35
4.3.2	DEMON® deelstroombehandeling	35
4.3.3	Schoonmaken slibgistingstanks	35
4.3.4	Afvoerpompen van de zeefbandpersen	36

5	SLIBDROGING EDE	37
5.1	Inleiding	37
5.2	Slibdroogproef RWZI Ede	37
5.2.1	Doelstellingen	37
5.2.2	Ontwerp	38
5.2.3	Resultaten	39
5.3	Inpassing slibdrogen op RWZI Amersfoort	40
5.3.1	Uitgangspunten	40
5.3.2	Volledig drogen	41
5.3.3	Drogen op basis van beschikbare restwarmte	41
5.4	Conclusie slibdroging RWZI Amersfoort	41
6	RESULTATEN OMZET.AMERSFOORT	43
6.1	Inleiding	43
6.2	Projectdoelstelling	43
6.3	Technologische doelen	44
6.4	Vergelijking resultaten met de technologische doelen	44
6.4.1	Biogas	44
6.4.2	Elektriciteit	44
6.4.3	Warmte	45
6.4.4	Aandeel zelfvoorziening	45
6.4.5	Fosfaatterugwinning	46
6.4.6	Slibproductie	46
6.4.7	Operationele kosten	46
6.4.8	Samenvatting	46
6.5	Randvoorwaarde: behoud effluentkwaliteit	48
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	49
7.1	Inleiding	49
7.2	Metingen en balansen	49
7.3	Gebruikerservaringen	49
7.4	Doelen en realisatie	50
7.5	Aanbevelingen	50
7.5.1	Monstername	50
7.5.2	Beoordeling proces	50
7.5.3	Ontwerp	50
7.5.4	Bedrijfsvoering	51
Bijlage 1	Bemonstering en analyseplan tijdens de nul-periode	52
Bijlage 2	Bemonstering en analyseplan tijdens de monitoring periode	55
Bijlage 3	Balansen en toelichting nul-periode	60
Bijlage 4	Balansen en toelichting monitoring periode	64
Bijlage 5	Extra grafieken en tabellen bij de resultaten	68

1

INLEIDING

In 2009 heeft het waterschap deelgenomen aan het project 'De Energiefabriek'. Hierbij is de RWZI Amersfoort als mogelijke locatie behandeld. In 2010 heeft het waterschap Vallei en Eem (in 2013 gefuseerd met Waterschap Veluwe tot Waterschap Vallei en Veluwe) het Integraal Zuiveringsplan 2010-2015 gepubliceerd. Het plan beschrijft dat waterschap Vallei en Eem zoekt naar manieren om de rioolwaterzuiveringen energie-neutraal te laten werken met behulp van innovatieve technieken.

Het doel is gesteld dat de RWZI Amersfoort in 2014 zo is ingericht dat er sprake is van een energieoverschot en dat er waardevolle grondstoffen worden teruggewonnen. In 2010 is daarom gestart met het onderzoek Omzetspunt Amersfoort.

Deze rapportage vormt een belangrijke mijlpaal in dit onderzoek. Het vergelijkt de resultaten van de RWZI Amersfoort voor en na de aanpassingen die gedaan zijn om de zuivering om te vormen tot een Energie- en Grondstoffenfabriek.

1.1 AANLEIDING

Omzet.Amersfoort is het gezamenlijke project van Waterschap Vallei en Veluwe en STOWA om RWZI Amersfoort om te bouwen tot een 'energiefabriek' en 'grondstoffenfabriek'. De doelstelling van Omzet.Amersfoort is:

Realiseer een netto energieopwekking en fosfaatterugwinning op RWZI Amersfoort waarbij de slibproductie verlaagd wordt en de effluentkwaliteit behouden blijft.

Voor het project is een LIFE-subsidie verkregen. Eén van de acties voor de subsidie is om de doelen en de aanpak van Omzet.Amersfoort te monitoren en te evalueren. In dit rapport zijn deze monitoring en evaluatie opgenomen. De monitoring bestaat uit twee periodes:

- Een nulmeting.
- Een meting na implementatie van Omzet.Amersfoort.

1.2 PROJECTVERLOOP EN AFBAKENING

De realisatie van het project heeft enige vertraging gekend. Ondanks dat RWZI Amersfoort zich niet in de gewenste eindsituatie bevond heeft de monitoring plaatsgevonden. Dit heeft consequenties gehad voor de resultaten van Omzet.Amersfoort.

Waar van toepassing worden verdere optimalisaties kwalitatief aangegeven. Optimalisaties zijn niet meegenomen en/of geëxtrapoleerd in de beoordeling van de resultaten. De beoordeling is volledig uitgevoerd op basis van de analysegegevens. Er is middels de bemonstering tweemaal een 'technologische jaaropname' gemaakt van de zuivering en deze opnames worden vergeleken.

Tenslotte was ten tijde van de monitoringsperiode de garantietermijn van de aannemer op het project nog niet verstreken. Dit betekent dat het waterschap op sommige procesonderdelen niet de vrije hand heeft gehad in de bediening en aanpassing van de installatie.

1.3 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 is een beschrijving van het project op RWZI Amersfoort opgenomen, waarbij de doelstelling, de oorspronkelijke situatie, de aanpassingen en de situatie na ombouw beschreven zijn. Ook is het analyse- en bemonsteringsplan toegelicht. Hoofdstuk 3 bevat de balansen en hier worden de resultaten van de nul-periode en de monitoringsperiode per procesonderdeel besproken. Hoofdstuk 5 beschrijft de relevante resultaten van de slibdroogproef op RWZI Ede en een vertaling naar de situatie op RWZI Amersfoort. In hoofdstuk 4 zijn de gebruikerservaringen samengevat en zijn de belangrijkste knelpunten en de vervolgstappen van het waterschap beschreven. In hoofdstuk 6 is dieper ingegaan op in hoeverre de doelen van het project behaald zijn en hoe ze zich verhouden tot de destijds geformuleerde doelen voor de LIFE-subsidie. Ten slotte zijn in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen gegeven.

2

BESCHRIJVING PROJECT RWZI AMERSFOORT

2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt het project Omzet.Amersfoort toegelicht en de zuivering voor en na de aanpassingen beschreven. Daarnaast wordt de periode van de nul-meting en de monitoringsperiode afgebakend.

2.2 PERIODE VASTSTELLING

Het onderzoek is uitgevoerd in twee periodes. De eerste periode is gebruikt om de uitgangssituatie goed vast te stellen. Dit wordt de nul-periode genoemd. Vervolgens is gestart met de realisatie van Omzet.Amersfoort. Na de realisatie is wederom een periode intensief bemonsterd, dit wordt de monitoringsperiode genoemd.

De twee periodes omvatten de volgende tijdsvakken:

- De nul-periode 1 februari 2014 tot en met 31 januari 2015
- De monitoringsperiode 1 oktober 2016 tot en met 30 september 2017

In beide perioden is intensief bemonsterd. De analyseplannen voor beide perioden zijn opgenomen als bijlage 1 en 2.

2.3 DOELSTELLING OMZET.AMERSFOORT

- Het project Omzet.Amersfoort kent verschillende doelstellingen:
- Meer slib vergisten op RWZI Amersfoort;
- Meer biogas opwekken;
- Meer energie opwekken, zowel warmte als elektriciteit;
- Grondstoffen terugwinnen, met name fosfaat in de vorm van struviet.

Deze doelstellingen zijn beschreven in de aanvraag voor de LIFE subsidie. Deze zijn meetbaar geformuleerd en samengevat in Tabel 2.1.

TABEL 2.1

DOELEN OMZET.AMERSFOORT ZOALS GEFORMULEERD IN LIFE-SUBSIDIE

Aspect (per jaar)	Eenheid	Voor ombouw	Omzet.Amersfoort	Vershil
Biogas	m ³	2.340.000	3.740.000	60 %
Elektriciteit	kWh _e	4.825.000	8.653.000	79 %
Warmte	kWh _{th}	3.332.000	5.332.000	60 %
Aandeel energiezelfvoorzienend	%	58	109	88 %
P-terugwinning	Kg	0	128.480	-
Slibproductie	ton	26.500	22.000	-17 %
Operationele kosten	€	3.571.000	3.051.000	-15 %

Op basis van deze doelstellingen is het project in de markt gezet.

2.4 RWZI AMERSFOORT VOOR OMBOUW (SITUATIE NUL-PERIODE)

RWZI Amersfoort heeft een biologische capaciteit van circa 300.000 i.e. à 150 g TZV en een hydraulische capaciteit van 8.900 m³/h. Zie Figuur 2.1 voor een luchtfoto van de zuivering. Het is een RWZI met voorbezinking, verregaande stikstofverwijdering, chemische defosfatering en gisting. Daarnaast ontvangt RWZI Amersfoort extern slib van RWZI Nijkerk, RWZI Woudenberg en RWZI Soest, deels vergist en deels niet vergist. Na gisting wordt het slib ontwaterd en afgevoerd. Om de retourbelasting op de zuivering te beperken wordt deelstroombehandeling toegepast (DEMON[®]). De van belang zijnde eigenschappen zijn opgenomen in Tabel 2.2.

TABEL 2.2 EIGENSCHAPPEN RWZI AMERSFOORT EN TOELEVERENDE ZUIVERINGEN

RWZI	Ontwerp i.e. (à 150 g TZV)	Voorbezinking	Type P-verwijdering*	Gisting
Amersfoort	303.700	ja	chemisch + ZF	primaire, secundaire en externe
Nijkerk	53.500	ja	biologisch + ZF	primaire en secundaire
Soest	129.700	ja	chemisch	primaire en secundaire
Woudenberg	54.400	nee	biologisch + ZF	-

* ZF: zandfiltratie

FIGUUR 21 LUCHTFOTO RWZI AMERSFOORT, TIJDENS BOUW OMZET.AMERSFOORT



2.5 PROCES OP RWZI AMERSFOORT TIJDENS DE NUL-PERIODE

Figuur 2.2 geeft een schematisch overzicht van het proces op RWZI Amersfoort tijdens de nul-periode.

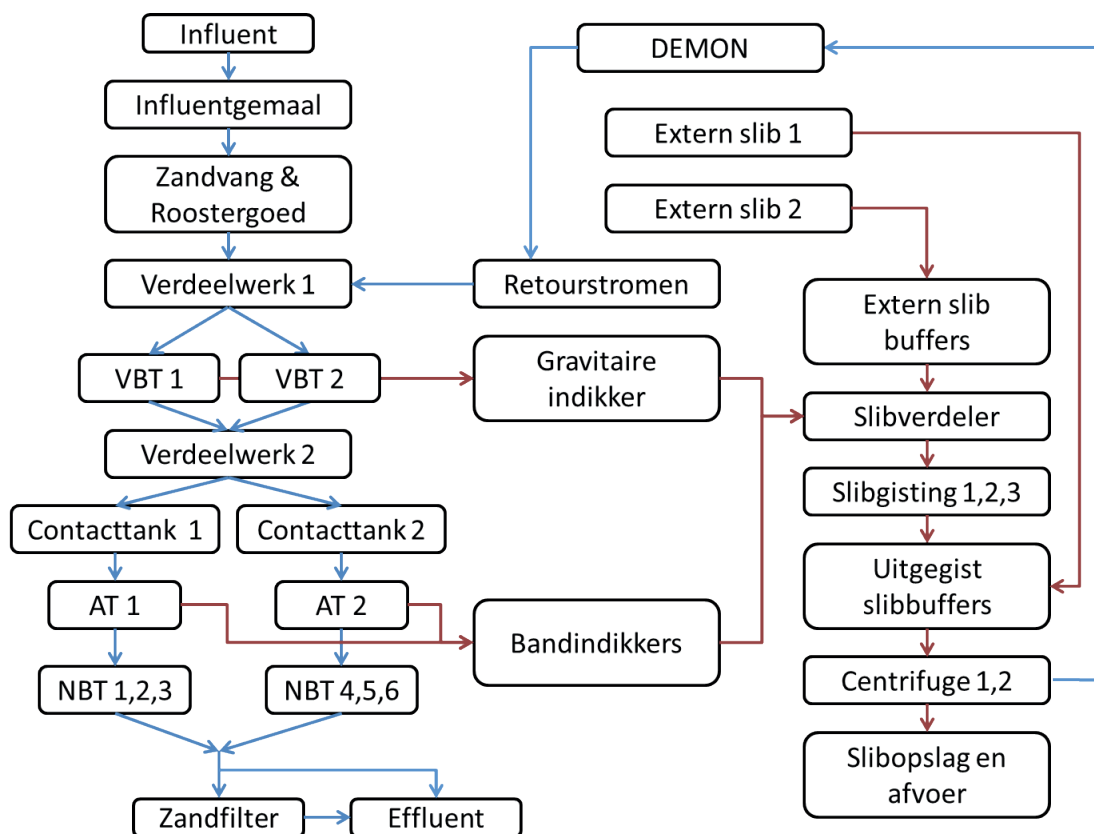
Het influent komt gedeeltelijk onder vrij verval en gedeeltelijk met persleidingen binnen op RWZI Amersfoort en wordt na de roostergoedverwijdering en zandvang in verdeelwerk 1 verdeeld over twee voorbezinktanks. In verdeelwerk 1 worden de retourstromen toegevoegd. Na de voorbezinktanks wordt het water weer verzameld in verdeelwerk 2 en ongeveer gelijk over twee straten verdeeld, elk met drie eigen nabezinktanks. Chemische defosfatering gebeurt door middel van aluminium en/of ijzerdosering. Na de nabezinktanks volgt een zandfiltratie met een ijzerdosering ten behoeve van P-verwijdering. Dit zandfilter verwerkt alleen DWA+, bij RWA wordt een deel van het effluent zonder aanvullende filtratie geloosd.

Primair slib wordt gravitair ingedikt. Secundair slib wordt met behulp van bandindikkers ingedikt. Beide slibben worden via een slibverdeler over de drie gistingstanks verdeeld.

Niet vergist extern slib vanuit RWZI Woudenberg wordt ontvangen in de extern slibbuffers. Deze voeden ook de slibverdeler en het slib wordt vervolgens vergist op RWZI Amersfoort. Uitgegist slib wordt vanaf de gisting opgevangen in uitgegistslibbuffers. Ook extern slib vanuit RWZI Nijkerk en RWZI Soest (beiden reeds vergist) wordt voor ontwatering ingereiden in de uitgegistslibbuffers. Het slib wordt ontwaterd met een tweetal centrifuges, opgeslagen en afgevoerd per as.

Rejectiewater wordt behandeld met een DEMON[®] deelstroombehandeling. De deelstroombehandeling is voorzien van een Salsnes-filter als voorbehandeling om een eventueel teveel aan droge stof af te vangen.

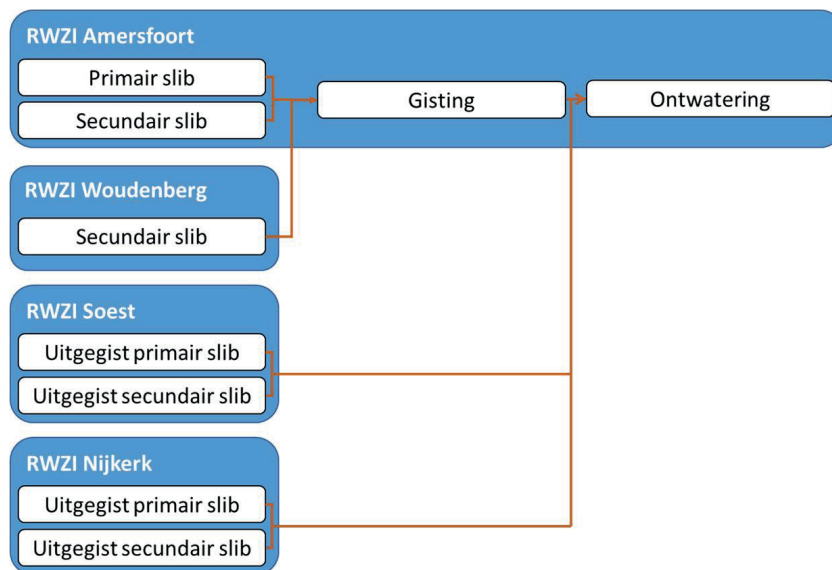
FIGUUR 2.2 SCHEMATISCH OVERZICHT PROCESSTAPPEN RWZI AMERSFOORT TIJDENS DE NUL-PERIODE. EXTERN SLIB 1 BETREFT HET UITGEGIST SLIB VAN NIJKERK EN SOEST. EXTERN SLIB 2 IS HET NIET VERGISTE SLIB UIT WOUDENBERG



In Figuur 2.3 is van de aanvoer van extern slib naar RWZI Amersfoort verder gedetailleerd. Dit dient vooral ter vergelijking voor de monitoringssituatie waar de aanvoer van extern slib iets gecompliceerder is.

FIGUUR 2.3

SCHEMATISCH OVERZICHT AANVOER EXTERN SLIB OP RWZI AMERSFOORT TIJDENS DE NUL-PERIODE



2.6 AANPASSINGEN TEN BEHOEVE VAN HET PROJECT OMZET.AMERSFOORT

Binnen het project Omzet.Amersfoort is RWZI Amersfoort omgebouwd tot energie- en grondstoffenfabriek om te kunnen voldoen aan de doelstellingen zoals ze genoemd zijn in Tabel 2.1. Hiertoe zijn een aantal aanpassingen gerealiseerd waarbij gebruik gemaakt is van een aantal specifieke technologieën. Deze technologieën zijn kort toegelicht in paragraaf 2.8.

De beoogde aanpassingen conform ontwerp zijn puntsgewijs behandeld:

- Het secundaire slib van RWZI Nijkerk wordt vergist op RWZI Amersfoort. Hierdoor is een uitbreiding van de WKK-installatie op RWZI Nijkerk niet meer nodig. De bestaande gisting- en WKK-installaties worden ingezet om alleen het eigen primaire slib te verwerken.
- Het sluiten van de gisting op RWZI Soest. Hierdoor is renovatie van de gisting en plaatsing van een nieuwe WKK op RWZI Soest niet meer nodig. Zowel het primair slib als het secundaire slib wordt afgevoerd naar en vergist op RWZI Amersfoort.
- Op de RWZI Amersfoort is een combinatie van technologieën ingezet om de extra hoeveelheid slib goed te kunnen verwerken in het bestaande gistingsvolume:
 - Er worden twee nieuwe bandindikkers geplaatst om het secundaire slib van één straat van RWZI Amersfoort en het primaire slib in te dikken. Na ombouw is afgezien van het verwerken van primair slib met de bandindikkers (zie paragraaf 2.7).
 - Er is een WASSTRIP® geplaatst waarin het secundaire slib en extern slib wordt opgevangen. De WASSTRIP® is ten behoeve van de nieuwe P-terugwinning en ter voorkoming van struvietvorming in de leidingen en de slibontwatering na de gisting.
 - Er zijn twee zeefbandpersen geplaatst die het slib na de WASSTRIP® ontwateren tot ongeveer 13% voor het de gisting ingaat. Het filtraat hiervan bevat veel vrijgekomen fosfaat.
- Om de afbraak in de gisting te verbeteren en de viscositeit in de gisting te verlagen, is een thermische druk hydrolyse (TDH) installatie (LysoTherm®) in recirculatie over de gisting gerealiseerd. Het verlagen van de viscositeit ten gevolge van TDH maakt (het voeden met) hogere drogestofgehalten in de gisting mogelijk.
- Er is bio-P gerealiseerd op RWZI Soest door het ombouwen van de anoxische ruimte naar bio-P-tank.
- Er was beoogd om bio-P te realiseren op RWZI Amersfoort door het ombouwen van anoxi-

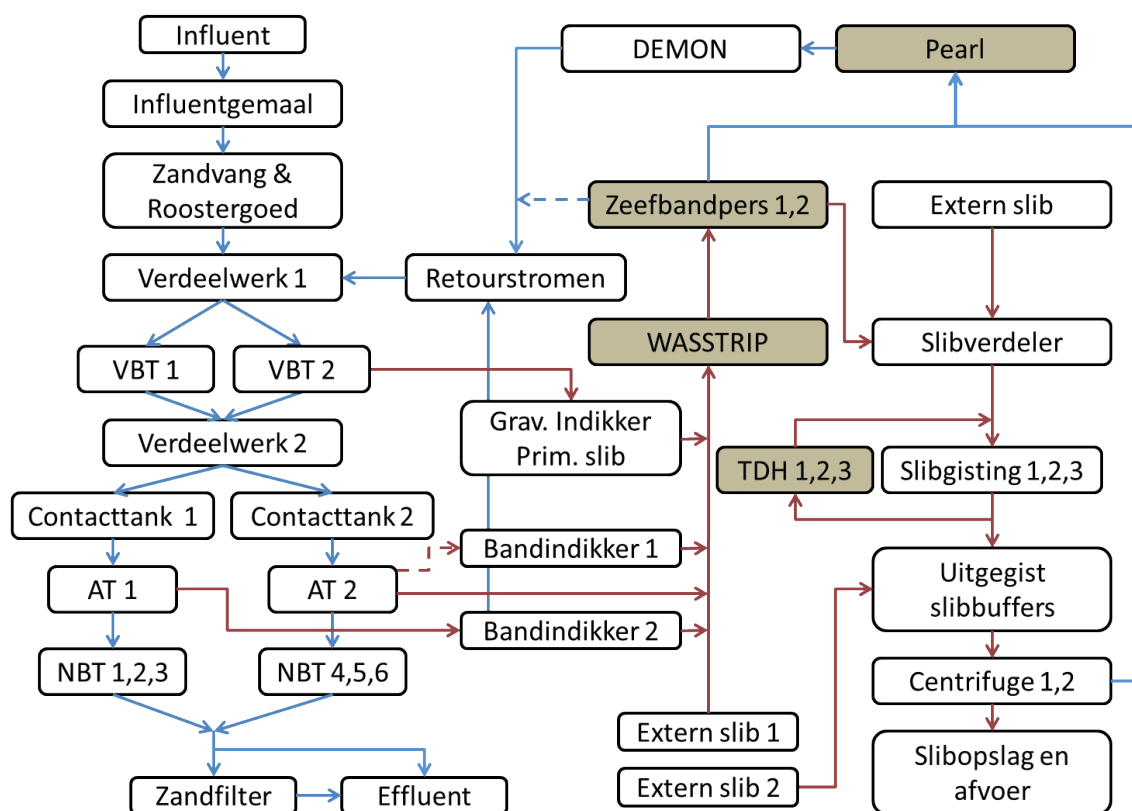
sche ruimtes naar anaerobe ruimtes ten behoeve van bio-P. Dit is tijdens de monitoringsperiode niet gerealiseerd (zie paragraaf 2.7). Nadat de belangrijkste knelpunten zijn opgelost (zie paragraaf 4.3), is het waterschap voornemens dit alsnog te realiseren.

- Het centraat van de eindontwatering wordt samen met het fosfaatrijke filtraat van de voorontwatering voorafgaand aan de DEMON[®] behandeld in een Pearl[®] reactor. Hiermee wordt hoogwaardig kunstmest teruggewonnen in de vorm van struviet.

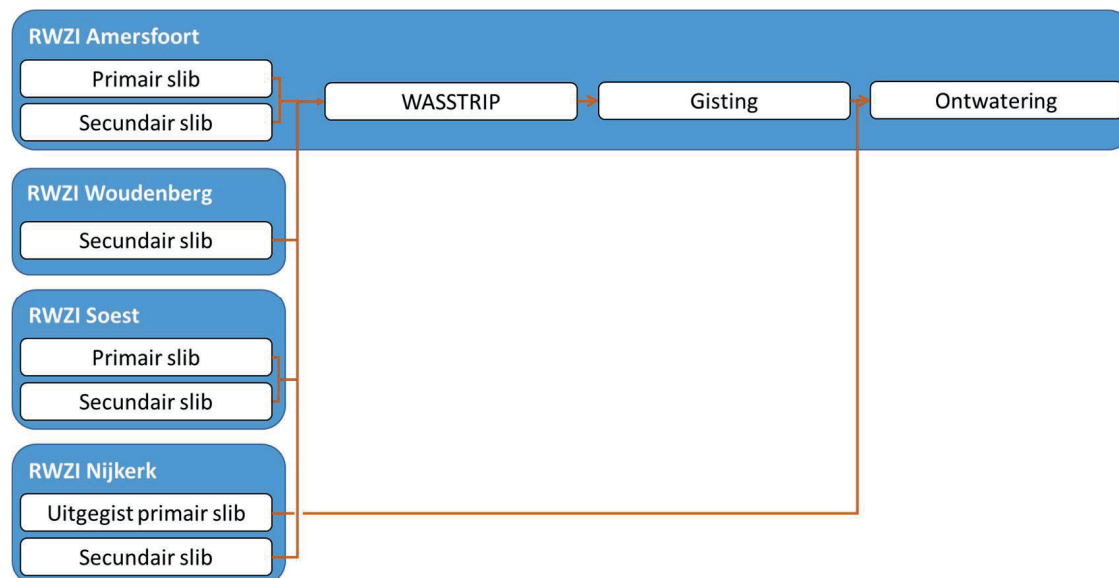
Figuur 2.4 geeft een schematisch overzicht van RWZI Amersfoort na de aanpassingen, waarbij de gearceerde procesonderdelen nieuw zijn ten opzichte van de nul-periode.

Figuur 2.5 geeft een schematisch overzicht van de aanvoer van het externe slib in de nieuwe situatie.

FIGUUR 2.4 SCHEMATISCH OVERZICHT RWZI AMERSFOORT (SITUATIE MONITORING OMZET,AMERSFOORT), WAARBIJ DE GEARCEERDE PROCESONDERDELEN NIEUW ZIJN TEN OPZICHT VAN DE NUL-PERIODE. EXTERN SLIB 1 IS NIET VERGIST EXTERN SLIB EN EXTERN SLIB 2 IS VERGIST EXTERN SLIB



FIGUUR 2.5 SCHEMATISCH OVERZICHT AANVOER EXTERN SLIB OP RWZI AMERSFOORT TIJDENS MONITORING



2.7 PROCESBESCHRIJVING RWZI AMERSFOORT TIJDENS DE MONITORINGSPERIODE

De waterlijn is tijdens de realisatie van Omzet.Amersfoort niet aangepast. Het is niet gelukt om voor of tijdens de monitoring Bio-P te realiseren. De ruimte in de waterlijn was noodzakelijk voor de stikstofverwijdering, zie ook paragraaf 4.2.9. Als gevolg hiervan is tijdens de monitoringsperiode met name chemisch gedefosfateerd.

De sliblijn is wel ingrijpend veranderd. De helft van het secundair slib wordt met behulp van bandindikers ingedikt, om een juist drogestofgehalte in de WASSTRIP® te bereiken. Het slib wordt vervolgens voor vergisting tot ongeveer 11% ontwaterd (ontwerpwaarde is 13%) met zeefbandpersen en via de slibverdelers over de drie gistingstanks verdeeld. Elke gistingstank is voorzien van zijn eigen TDH-module, die in recirculatie bedreven wordt. Uitgegist slib wordt opgevangen in uitgegistslibbuffers, ontwaterd met centrifuges, opgeslagen en afgevoerd per as.

Na de ombouw en voorafgaand aan de monitoringsperiode is conform het ontwerp het primaire slib tijdelijk via de bandindiker geleid. Dit bleek niet succesvol voor de situatie op RWZI Amersfoort (zie paragraaf 4.2.1). Daarop is de situatie aangepast en wordt alleen het secundaire slib van één straat via één van de twee bandindikers geleid.

Niet vergist extern slib wordt ontvangen in de WASSTRIP®. Uitgegist primair slib van Nijkerk wordt voor ontwatering in de uitgegistslibbuffers gelost.

Tabel 2.3 geeft de eigenschappen van RWZI Amersfoort en de toeleverende zuiveringen weer tijdens de monitoringsperiode.

TABEL 2.3 EIGENSCHAPPEN RWZI AMERSFOORT EN TOELEVERENDE ZUIVERINGEN TIJDENS DE MONITORINGSPERIODE

RWZI	Ontwerp i.e. (à 150 g TZV)	Voorbezinking	Type P-verwijdering	Gisting
Amersfoort	303.700	Ja	Chemisch ¹⁾ + ZF ²⁾	primaire, secundaire en externe
Nijkerk	53.500	Ja	biologisch + ZF	primaire
Soest	129.700	ja	Biologisch	nee
Woudenberg	54.400	Nee	biologisch + ZF	nee

1) Het realiseren van Bio-P is tijdens de realisatie van Omzet.Amersfoort en de monitoringsperiode niet gelukt.

2) Zandfiltratie

2.8 TOELICHTING OP DE TECHNOLOGIEËN

Er zijn op RWZI Amersfoort een aantal technologieën toegepast die (nu nog) uniek zijn binnen de Nederlandse markt. Dit betreft WASSTRIP[®], Pearl[®] en Lysotherm[®]. In deze paragraaf zijn deze technologieën kort toegelicht. Daarnaast wordt op RWZI Amersfoort de deelstroombehandelingstechnologie DEMON[®] toegepast. Deze technologie is niet nieuw in de Nederlandse markt maar is ter volledigheid ook kort toegelicht.

2.8.1 WASSTRIP[®]

WASSTRIP[®] is een afkorting en staat voor Waste Activated Sludge Stripping To Remove Internal Phosphorous. In dit proces wordt de afgifte van fosfaat uit surplusslib gestimuleerd voordat het slib wordt vergist. Zo worden fosfaatgehalten in de slibgisting verlaagd. Naast fosfaat wordt door het slib ook calcium en magnesium uitgescheiden. Verlaaging van fosfaat- en magnesiumgehalten in de gisting vermindert struvietvorming in de gisting zelf maar ook met name in het leidingwerk en de ontwatering na de gisting. WASSTRIP[®] is alleen van toepassing op Bio-P slib.

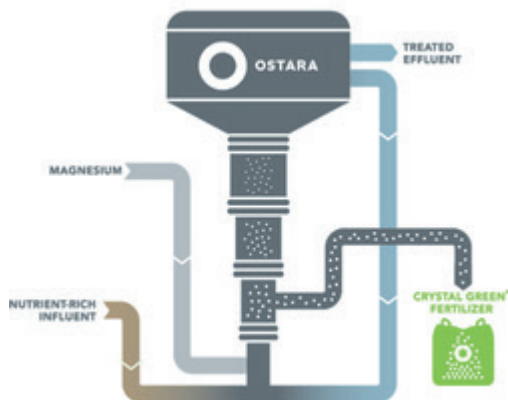
Het proces bestaat uit een gemengde tank waarin het surplusslib onder zuurstofloze omstandigheden gehouden wordt. Het slib verzuurt hierdoor enigszins door de vorming van vetzuren. De vetzuren stimuleren de afgifte van fosfaat uit fosfaat-accumulerende bacteriën. Hierna wordt het slib ingediktd voordat het aan de gisting wordt gevoed. Het rejectiewater wat hierbij vrijkomt bevat een grote hoeveelheid ortho-fosfaat en een aanzienlijke hoeveelheid magnesium.

Op RWZI Amersfoort is de WASSTRIP[®] gecombineerd met de ontvangstbuffer voor externe slib. Het slib van Woudenberg en Soest, evenals het secundaire slib van Nijkerk wordt in de WASSTRIP[®] ontvangen op RWZI Amersfoort. Al deze slibben worden, samen met het secundaire slib van RWZI Amersfoort zelf, gestript van hun biologisch vastgelegde fosfaat. De verblijftijd van de WASSTRIP[®] is ongeveer 1 dag maar kan gestuurd worden. Het filtraat van de zeefbandpersen na de WASSTRIP[®] wordt naar de Pearl[®] geleid.

2.8.2 PEARL[®]

Pearl[®] is een kristallisatietechnologie waarbij struviet gemaakt wordt. In een opstroomreactor wordt magnesiumchloride en (indien noodzakelijk) natronloog gedoseerd in fosfaat- en ammoniumrijk water (bijvoorbeeld rejectiewater). De opstroomreactor bestaat uit verschillende 'verdiepingen' met een steeds toenemende diameter. Zo ontstaat een verschil in stroomsnelheid, en dus in deeltjesgrootte. Onderin de reactor is de stroomsnelheid het hoogst, en bevinden zich dus de grootste korrels. Deze worden op gezette tijden geoogst. Het product, Crystal Green[®], is een erkende EU meststof en wordt verwerkt in kunstmest.

FIGUUR 2.6

PRINCIPESCHETS PEARL® TECHNOLOGIE¹

Op RWZI Amersfoort wordt in de Pearl®-reactor zowel het water afkomstig van de voorontwatering (na de WASSTRIP®) als het water van de eindontwatering verwerkt. Zo wordt een zo groot mogelijk aandeel fosfaat teruggewonnen. De gecombineerde stroom wordt na behandeling in de Pearl® afgevoerd naar de DEMON®.

2.8.3 LYSOTHERM®

LysoTherm® is een type thermische drukhydrolyse waarbij slib tot 150 – 160 °C verhit wordt. Hierbij loopt de druk op tot ongeveer 8 bar. Het slib wordt daardoor gekraakt zodat het beter vergistbaar wordt. Het is een continu proces waarbij gebruik wordt gemaakt van warmte-wisseling. Hierbij wordt gebruik gemaakt van thermische olie die verwarmd wordt met de rookgassen van een WKK.

Een LysoTherm® bestaat uit een aantal stappen, gecombineerd in volledig geïsoleerde modules. De eerste stap is het voorverwarmen van slib. De inloop van de LysoTherm® wordt verwarmd middels een warmwatercircuit. Dit warmwatercircuit haalt zijn warmte uit het afkoelen van slib dat de LysoTherm® verlaat. Zo wordt zo veel mogelijk warmte teruggewonnen.

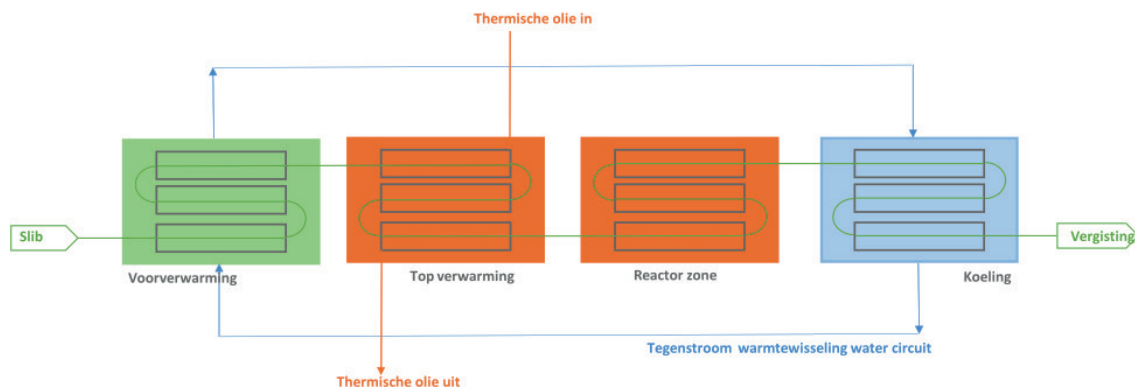
In de tweede stap wordt het slib middels thermische olie verhit tot de hydrolyse temperatuur waardoor ook de druk oploopt. Het slib wordt vervolgens in de hydrolyse stap (stap drie) op deze hoge temperatuur en druk gehouden waardoor het slib gekraakt wordt.

In de laatste stap wordt het slib weer terug gekoeld middels een warmwatercircuit. Dit warmwatercircuit staat zijn warmte vervolgens weer af aan het slib dat de LysoTherm® ingevoerd wordt.

Figuur 2.7 geeft deze vier stappen schematisch weer.

¹ Ostara website: www.ostara.com/nutrient-management-solutions/

FIGUUR 2.7

PRINCIPESCHETS LYSOTHERM® TECHNOLOGIE²

Op RWZI Amersfoort is gekozen om elke gisting te voorzien van zijn eigen LysoTherm® module. Het slib wordt aan de gistingstank onttrokken, gekraakt en vervolgens weer teruggevoerd. Het gekraakte slib wordt gecombineerd met het slib dat aan de gisting gevoed wordt en weer de gistingstank ingevoerd. Er is gekozen voor dit recirculatiebedrijf vanwege het hoge drogestofgehalte in de toevoer van de gisting als gevolg van de voorontwatering. Een LysoTherm® kan tot ongeveer 7% droge stof verwerken. Daarboven neemt de efficiëntie van de warmteoverdracht sterk af en het risico op verstopping neemt sterk toe. Op RWZI Amersfoort is het drogestofgehalte in de gisting als gevolg van de afbraak van droge stof voldoende laag voor de LysoTherm®.

2.8.4 DEMON®

DEMON®, ofwel DEamMONification, is een deelstroombehandeling gericht op het verwijderen van ammoniumstikstof uit rejectiewater. Hierbij wordt gebruik gemaakt van deammonificerende bacteriën (ook wel *Anammox* genoemd). DEMON® maakt gebruik van intermitterende beluchting. Het aan/uitschakelen van de beluchting wordt aangestuurd op basis van pH. Tijdens beluchte periodes daalt de pH als gevolg van nitrificatie. Zodra de pH voldoende gedaald is wordt de beluchting uitgeschakeld en zal de pH, als gevolg van het voeden van rejectiewater, weer stijgen. Zodra de pH voldoende gestegen is wordt de beluchting weer ingeschakeld.

Tijdens de beluchte periodes wordt ammonium omgezet naar nitriet door ammonium oxide-rende bacteriën. Tijdens de onbeluchte periodes wordt nitriet vervolgens met ammonium omgezet tot stikstofgas door de deammonificerende bacteriën.

DEMON® Amersfoort is een continu gevoed systeem, waarbij water en slib gescheiden worden in een nabezinker en het slib teruggevoerd wordt naar de reactor. Slib wordt middels een cycloon gespuid waarbij de onderloop de deammonificerende korrels bevat. Deze worden teruggevoerd naar de reactor. De bovenloop wordt afgevoerd met het effluent. Zo wordt de slibleeftijd voor nitrificatie laag genoeg gehouden om nitraatvorming te voorkomen en is de slibleeftijd voor deammonificatie voldoende lang.

2.9 ANALYSE EN BEMONSTERINGSPLAN

In bijlage 1 en 2 is een uitwerking van de monsternamenpunten, de beschikbare debieten en de uitgevoerde analyses opgenomen. Deze informatie is gebruikt voor het opstellen van de balansen over de 2 perioden (zie hoofdstuk 3).

2 H₂O-Vakartikel; "LysoTherm® thermische drukhydrolyse van slib."

3

BALANSEN EN TOELICHTING

3.1 INLEIDING

De balansen zijn opgesteld op basis van de analyseresultaten en online gemeten gegevens zoals debieten en energieverbruik en-productie. Er zijn twee totaalbalansen gepresenteerd, één over de nul-periode en één over de monitoringsperiode.

De balansen zijn als geheel in bijlage 3 en 4 toegevoegd. In dit hoofdstuk worden de verschillende procesonderdelen besproken, evenals de nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en variatie van de verschillende analyses.

3.2 REKENMETHODE

Daar waar mogelijk zijn vrachten debietproportioneel vastgesteld. Dit is alleen mogelijk voor monsternamapunten waar zowel debietproportioneel bemonsterd is als het debiet bekend is. Dit betreft:

- Influent na roostergoed
- Afloop voorbezinktanks
- Afloop nabezinktanks
- Totaal effluent

Op locaties waar alleen met steekmonsters gewerkt kon worden, zijn de vrachten op basis van gemiddelde concentraties en gemiddelde debieten bepaald. Dit is met name van toepassing in de sliblijn. In de tabellen met analyse resultaten wordt de rekenmethode aangegeven (debietproportioneel en rekenkundig).

De fout die gemaakt wordt door deze twee rekenwijzen te combineren, wordt geaccepteerd. Deze is echter naar verwachting beperkt omdat de samenstelling van de stromen die met steekmonsters bemonsterd zijn niet zo sterk debietsafhankelijk zijn als bijvoorbeeld het influent waar verschillen in RWA en DWA een grote invloed hebben.

In het effluent zijn met enige regelmaat analyses uitgevoerd waarbij het resultaat onder de detectiegrens lag. Deze waarden zijn geschat op basis van de Volkert-Bakker methode.

3.3 AANVOER INFLUENT, RETOURSTROMEN EN EXTERN SLIB

De aanvoer naar de zuivering bestaat niet alleen uit influent, maar ook extern slib. Omdat extern slib resulteert in aanvullende retourstromen (bijvoorbeeld ontwatering extern uitgestig slib) worden ook deze hier behandeld.

3.3.1 AANVOER INFLUENT

De aanvoer wordt 24-uurs debietproportioneel bemonsterd. Dit geeft een goed beeld van de samenstelling. Er zijn geen substantiële verschillen tussen de resultaten van de nul-periode en monitoringsperiode (zie Tabel 3.1).

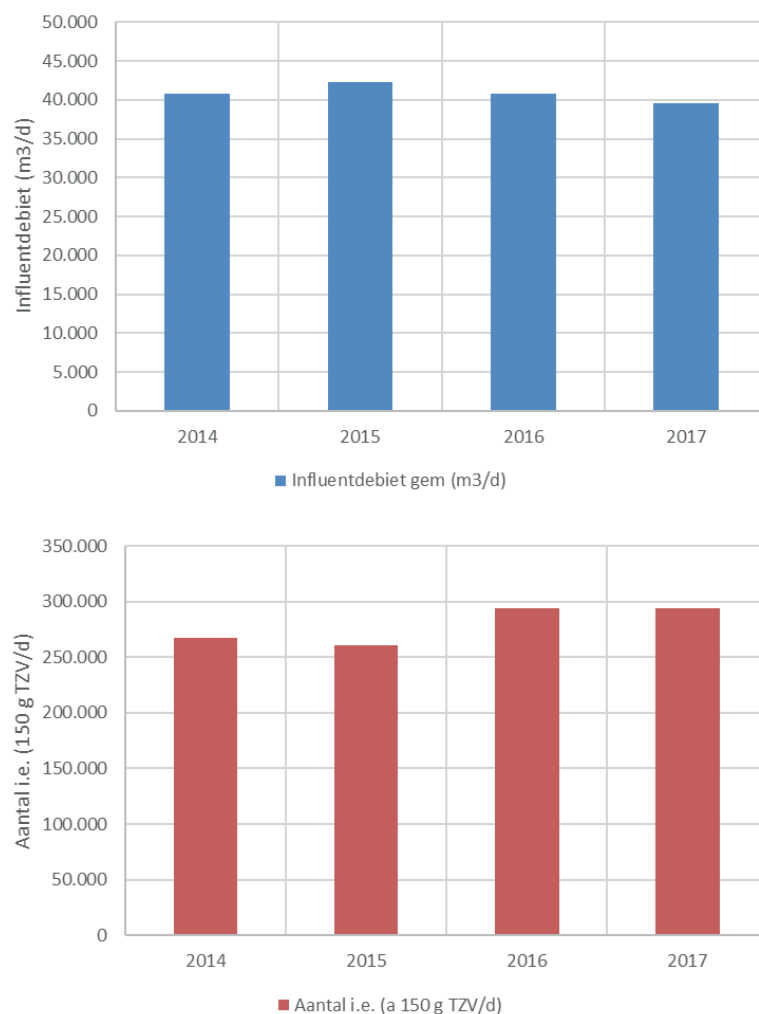
De analyses laten een hoge mate van spreiding zien (zie Tabel 3.1). Er is sprake van een grote mate van onderlinge afhankelijkheid; wanneer CZV hoog is, zijn N, P en TSS ook hoog. Dit is conform de verwachting en past goed in het beeld van DWA/RWA-omstandigheden. In bijlage 5 zijn grafieken met de afzonderlijke resultaten van de verschillende parameters opgenomen.

TABEL 3.1 RESULTATEN MONSTERNAME INFLUENTKELDER NUL-PERIODE EN MONITORINGSPERIODE. DE GEMIDDELDE CONCENTRATIE IS DEBIETPROPORTIONEEL VASTGESTELD. DE MINIMUM EN MAXIMUM CONCENTRATIE ZIJN ABSOLUTE MEETWAARDEN

	Nul-periode					Monitoringsperiode				
	Debiet m ³ /dag	CZV mg/l	Ntot mg/l	Ptot mg/l	OB mg/l	Debiet m ³ /dag	CZV mg/l	Ntot mg/l	Ptot mg/l	OB mg/l
Gemiddeld	41.639	706	58	7,7	299	39.235	818	68	8,7	346
Minimum	25.145	170	23	3,6	51	25.925	370	28	3,8	200
Maximum	156.966	1.910	95	11,0	480	130.538	1.450	99	14,0	750
Standaarddeviatie	19.320	232	15	1,8	81	17.383	176	14	2,0	84

Het verloop van het influentdebiet en het aantal i.e. tussen 2012 en 2016 zijn weergegeven in Figuur 3.1. Het influentdebiet is redelijk stabiel over de nul-periode (2014 – 2015) en de monitoringsperiode (2016 – 2017), de i.e. belasting ligt tijdens de monitoringsperiode 10% hoger maar valt binnen de ontwerpbelasting van de zuivering (303.700 i.e. à 150 g TZV).

FIGUUR 3.1 HET VERLOOP VAN HET INFLUENTDEBIET EN HET AANTAL I.E. VAN RWZI AMERSFOORT ('14-'17). DE DATASET OVER 2017 IS INCOMPLEET EN GEËXTRAPOLEERD NAAR EEN VOLLEDIG JAAR



3.3.2 RETOURSTROMEN

De percentages van de retourstromen ten opzichte van de som van de retourstromen en het influent staan vermeld in Tabel 3.2. Op basis van de metingen hebben de retourstromen een groot aandeel op de totale belasting van de zuivering. Dit aandeel is lager tijdens de monitoringsperiode dan tijdens de nul-periode ondanks dat er meer extern slib is aangevoerd (zie Tabel 3.3). Voor fosfaat is de afname deels te verklaren doordat relatief veel fosfaat chemisch wordt vastgelegd (zie paragraaf 3.5). Daarnaast draagt de fosfaatterugwinning bij aan het beperken van de retourbelasting met fosfaat. De individuele retourstromen worden besproken bij de procesonderdelen waar zij deel van uitmaken.

TABEL 3.2 PERCENTAGES VAN DE BIJDRAGE VAN DE RETOURSTROMEN AAN VOLUME, CZV, TSS, N EN P TEN OPZICHTE VAN DE SOM VAN DE RETOURSTROMEN EN HET INFLUENT

Parameter	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
Volume	11	13	%
CZV	23	13	%
TSS	30	16	%
N	21	20	%
P	48	34	%

3.3.3 AANVOER EXTERN SLIB

De hoeveelheid extern slib is bepaald op basis van het aantal vrachten. Uitgangspunt voor een vracht is 36 m³. De gemiddelde hoeveelheid extern slib die per dag is aangevoerd, is weergegeven in Tabel 3.3.

TABEL 3.3 AANVOER VAN EXTERN SLIB

Parameter	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
Woudenberg	69	75	m ³ /d
Nijkerk (uitgest, primair, naar ontwatering)	77	61	m ³ /d
Nijkerk (niet vergist, secundair, naar Wasstrip)	-	43	m ³ /d
Soest (niet vergist, secundair & primair)	113	121	m ³ /d
Totaal	259	300	m ³ /d

Op basis van de nieuwe procesindeling (gedeeltelijke vergisting op Nijkerk op opheffen vergisting Soest) wordt verwacht dat er meer slib aangevoerd wordt. De slibproductie van Nijkerk laat deze verwachte stijging zien. Soest neemt maar beperkt toe.

Tijdens de nul-periode zijn stikstof en fosfaat eenmaal per maand gemeten in het slib op basis van een steekmonster, tijdens de monitoringsperiode is dit wekelijks gemeten. Tijdens de nul-periode was alleen het slib uit Woudenberg niet vergist en tijdens de monitoringsperiode was ook het slib uit Soest en het secundair slib uit Nijkerk (zie Figuur 2.3 en Figuur 2.5) niet vergist. De overige slibben kwamen wel vergist aan op RWZI Amersfoort. In de analyses van stikstof en fosfaat is dan ook een verschil zichtbaar tussen de slibeigenschappen tijdens de nul- en de monitoringsperiode. De waarden liggen in lijn met de verwachte waarden.

3.4 VOORBEZINKING EN PRIMAIR SLIB

De voorbezinking en indikking van primair slib zijn nauw met elkaar verbonden. Er is sprake van een recirculatiestroom waarbij de overloop van de gravitaire primair slib indikker weer retour gaat naar de aanvoer van de voorbezinking.

3.4.1 VOORBEZINKING

De aanvoer naar de voorbezinktanks (VBT's) wordt niet apart gemeten en is gebaseerd op de som van het influent en de retourstromen. De afloop van de VBT wordt daarentegen 24-uurs debietproportioneel gemeten. De verwijderingspercentages in de VBT's zijn op verschillende manieren berekend voor zowel de nul-periode als de monitoringsperiode, zie Tabel 3.4:

- inclusief retourstromen, waarbij de afloop voorbezinktank wordt vergeleken met de daadwerkelijke vracht naar de voorbezinktank;
- exclusief retourstromen, waarbij de afloop voorbezinktank wordt vergeleken met het influent.

De rendementen over de voorbezinktank laten voor VBT 1 en 2 vergelijkbare resultaten zien, vandaar dat in de tabel alleen de rendementen over beide VBT's samen zijn gegeven.

Wanneer de afloop voorbezinktank wordt vergeleken met het influent (dus geen enkele retourstromen worden meegenomen) zijn de verwijderingspercentages behoorlijk goed, zeker in de monitoringsperiode.

Wanneer alle retourstromen worden meegenomen, zijn in beide periodes de rendementen goed tot zeer goed met een rendement op CZV van 54% en op TSS van 71%. Omdat het overloop water van de primair slib indikkers retour gaan naar de voorbezinking ontstaat er een recirculatie over de voorbezinktank die mogelijk het rendement beïnvloed. Het rendement over de voorbezinktank is daarom ook zonder deze recirculatiestroom berekend. Ook dan zijn de rendementen hoog, dit lijkt dus niet een volledige verklaring.

Het verschil tussen de nul-periode en de monitoringsperiode voor de rendementen van CZV en TSS is slechts marginaal wanneer alle retourstromen worden meegenomen in de berekening van het rendement. Het rendement op stikstof daarentegen neemt sterk toe. Eventuele uitspoeling van struviet kan dit niet verklaren, immers het rendement voor fosfaat is wel vergelijkbaar. Mogelijk betreft het vooral organisch gebonden stikstof die wel afgevangen kan worden in de voorbezinktank, dit in tegenstelling tot ammonium.

TABEL 3.4

VERWIJDERINGSPERCENTAGES IN DE VBT'S (IN %)

Parameter	Incl. retour	Nul-periode		Monitoringsperiode		
		Incl. retour	Influent	Incl. retour	Incl. retour	Influent
		excl. VWG1	excl. retour		excl. VWG1	excl. retour
CZV	54	46	40	54	51	47
TSS	72	67	59	71	69	65
N	12	6	-10	24	20	4
P	32	23	-29	27	22	-11

3.4.2 PRIMAIR SLIB

Het primair slibdebiet is gemeten, evenals het ingedikte primair slibdebiet. Ook is de samenstelling van de overloop van de primair slibindikker en het ingedikte primair slib gemeten. Op basis van deze metingen is een balans opgesteld van de primair slibafvoer.

Wat betreft de balans is het opvallend dat er meer slib uit de primair slibindikker richting de gisting gaat dan er op basis van de metingen de indikker ingaat. Het hoge rendement over de indikker is met 126% in de nul-periode en 110% in de monitoringsperiode waarschijnlijk het gevolg van een structurele meetfout.

In de meetgegevens van het ingedikte primaire slib staan droge stof gehalten hoger dan 5%. Dit is voor gravitair ingedikt primair slib relatief hoog. In de nul-periode was dit wel veel vaker het geval: 19 van de 54 tijdens de nul-periode tegenover 8 van 39 metingen tijdens de monitoringsperiode. Tijdens de monitoringsperiode wordt er tevens 16% meer P vanuit de primair slibindikker naar de gisting gevoerd dan dat er de primair slibindikker in gaat.

In het kader van deze resultaten heeft het waterschap de debietmetingen van ingedikt primair slib gecontroleerd en acht deze betrouwbaar. Daarentegen wordt het primair slib door middel van een steekmonster bemonsterd, waardoor hier een onnauwkeurigheid kan ontstaan met betrekking tot de gemeten concentraties. Er zijn wisselende ervaringen bij een overbelasting van een gravitaire indikker: door de overbelasting kunnen juist hoge droge stof gehalten gerealiseerd worden, maar ook lage droge stof gehalten. In het geval van Amersfoort laten de gemeten waarden hoge percentages zien. Het waterschap geeft aan dat de droge stof gehalten aan de hoge kant zijn, vandaar dat gecorrigeerd is op droge stof metingen boven 5%.

Wanneer de hoge percentages (>5%) in beide periodes niet meegenomen worden, neemt de primair slibvracht in de nul-periode af met bijna 18% (zie Tabel 35) en wordt het rendement over de indikking verlaagd van 126 naar 104%. Voor de monitoringsperiode maakt dit bijna geen verschil voor de totale primair slib productie (1,7%) en dus ook niet voor het rendement (van 110% naar 108%). De gecorrigeerde waarden zijn opgenomen in de balansen in Bijlage 3 en 4.

Wanneer in de nul-periode naar de gisting gekeken wordt, is de biogasproductie lager dan verwacht mag worden op basis van de slibtoevoer (zie ook paragraaf 3.13). Dit kan verschillende redenen hebben. Ten eerste is de hoeveelheid CZV in de sliblijn gebaseerd op een literatuurwaarde (aannee: 1,4 kg CZV/ kg ODS). Deze aanname is mogelijk niet nauwkeurig genoeg. Daarnaast is het droge stofgehalte onzeker, evenals het debiet. Deze laatste twee zijn gecontroleerd en (met correctie voor DS) ingeschat als redelijk nauwkeurig. Het CZV gehalte van het primair slib is een aantal keer gemeten. Deze metingen geven echter wisselende resultaten. Het blijkt zeer lastig een representatief slibmonster te nemen.

TABEL 3.5

PARAMETERS RONDOM PRIMAIR SLIB INDIKKING ZONDER EN MET CORRECTIE

Parameter	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
Gemiddelde van alle gemeten waarden	5,2	4,3	%
Gemiddelde van waarden <5%	4,3	4,0	%
Berekende gem primairslibproductie	16.121	12.705	kg ds/d
Gecorrigeerde gem primairslibproductie	13.263	12.486	kg ds/d
Percentage verlaging slibproductie	17,7	1,7	%
Rendement indikking	126	110	%
Rendement indikking gecorrigeerd	104	108	%

De gemeten concentraties in het vuilwatergemaal 1 (de overloop van de primair slib-indikker) waren in de nul-periode zeer hoog. Toentertijd was de primair slibindikker structureel overbelast, waardoor slibuitspoeling veel voorkwam. In de nieuwe situatie (monitoringsperiode) zijn de gemeten concentraties veel lager, ondanks dat er nu een gedeelte onbehandeld centraat bijkomt in het vuilwatergemaal. Dit komt door een nieuwe regeling op de primair slib pompen waardoor het primair slib sneller wordt afgevoerd bij hogere aanvoer en er geen structurele slibuitspoeling plaats heeft gevonden. De concentraties van het vuilwatergemaal zijn weergegeven in Tabel 3.6.

TABEL 3.6 RESULTATEN MONSTERNAME VUILWATERGEMAAL 1, NUL-PERIODE EN MONITORINGSPERIODE

	Nul-periode				Monitoringsperiode			
	CZV	Ntot	Ptot	OB	CZV	Ntot	Ptot	OB
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Gemiddelde (rekenkundig)	2.861	113	41	1.288	1.000	76	17,6	498
Minimum	360	31	7	170	270	31	5,3	120
Maximum	25.300	549	360	18.000	4.670	143	57,0	2.300
Standaard deviatie	5.463	107	65	3.113	1.033	29	12,2	645

3.5 ACTIEFSLIBTANK

De verwijderingspercentages in de biologie (NBT uit ten opzichte van afloop VBT) zijn voor de verschillende perioden weergegeven in Tabel 3.7. Hieruit blijkt dat de verwijdering tijdens de nul-periode voor de diverse parameters tussen de 82 en 88% is geweest en tijdens de monitoringsperiode tussen de 82 en 92%.

TABEL 3.7 VERWIJDERINGSPERCENTAGES IN DE AT'S VAN DE VERSCHILLENDE PARAMETERS

Parameter	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
CZV	88	88	%
TSS	82	86	%
N	86	82	%
P	88	92	%

CZV, TSS en stikstof zijn hierin afhankelijk van een afgeleide concentratie in de afloop van de nabezinktank, omdat deze daar niet gemeten worden. Deze waarden zijn mede bepaald op basis van de balansen over het zandfilter, zie paragraaf 3.7.

Ten behoeve van de fosfaatverwijdering in de waterlijn is er op RWZI Amersfoort in 2014 ongeveer 21 ton aluminium (Al) en 145 ton ijzer (Fe) gedoseerd. Dit is nog exclusief de dosering op het zandfilter. Dit komt overeen met een Me:P verhouding van ongeveer 0,9 ten opzichte van het fosfaat in de toevoer van de AT en 1 tot 1,1 – ten opzichte van het fosfaat in het influent.

Tijdens de monitoringsperiode is deze dosering ongeveer 54 ton aluminium (Al) en 101 ton ijzer (Fe) geweest. Dit komt overeen met een Me:P verhouding van ongeveer 0,9 ten opzichte van het fosfaat in de toevoer van de AT en 0,95 – ten opzichte van het fosfaat in het influent.

Ondanks een kleine verschuiving in dosering (van ijzer naar aluminium) is er geen verandering in de dosering ten opzichte van de voeding naar de AT, maar wel een daling in de dosering ten opzichte van de hoeveelheid fosfaat in het influent. Dit laat zien dat de retourbelasting in de nieuwe situatie een kleinere invloed heeft dan in de oude situatie. Dit is ook de verwachting indien fosfaat teruggewonnen wordt.

3.6 SURPLUSSLIB EN INDIKKING

De balans over de surplusslibindikking is middels aannames sluitend gemaakt aan de hand van analyses aan het secundaire slib, het filtraat is niet apart bemonsterd. Daarnaast is de afloop van de nabezinktank alleen bemonsterd voor fosfaat ten behoeve van het zandfilter. Na het zandfilter wordt het totaal effluent (wat deels via het zandfilter is gegaan) bemeten. Hierdoor is er geen aanvullende controle van de balans over de surplusslibindikking mogelijk. De resultaten zijn echter geloofwaardig waardoor aanvullende controle niet noodzakelijk is.

Het afscheidingsrendement van de bandindikers voor TSS is tijdens de nul-periode 81%, tijdens de monitoringsperiode is dit 91% (zie Tabel 3.8). Het drogestofpercentage van het ingedikte slib is hoger in de nul-periode, maar het rendement is hoger in de monitoringsperiode. Dit is te verklaren doordat naast de volumestroom ook de drogestofvracht naar de bandindikers in de monitoringsfase veel lager is geweest. Het drogestofpercentage in de sliblijn is bepaald op basis van een steekmonster.

Het PE verbruik is conform verwachting voor een mechanische slibindikker. Het PE-verbruik tijdens de monitoringsperiode is wel veel lager dan tijdens de nul-periode. Daartegenover is ook het indikresultaat flink lager.

TABEL 3.8 RESULTATEN SURPLUSLIBINDIKKING, NUL-PERIODE EN MONITORINGSPERIODE

Parameter	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
Slibaanvoer BI's volume	1.192	686	m ³ /d
Slibaanvoer BI's vracht	8.547	3.535	kg/d
Slibafvoer BI's volume	119	81	m ³ /d
Slibafvoer BI's vracht	6.952	3.192	kg/d
Resultaat indikking	5,8	3,9	% ds
Rendement BI's	81	90	%
PE dosering	5,8	4,6	kg act PE/ton ds

De concentraties van het filtraat (vuilwatergemaal 2) en de standaarddeviatie zijn gegeven in Tabel 3.9. Opvallend is dat zowel alle concentraties als de standaarddeviaties tijdens de monitoringsperiode veel lager zijn dan tijdens de nul-periode. Tijdens de nul-periode is de standaarddeviatie voor alle parameters erg hoog (90-100% van het gemiddelde). Dit is vermoedelijk te wijten aan het verbeterde rendement van de bandindikker. Daarbij komt dat in de monitoringssituatie het vuilwatergemaal niet alleen gevoed wordt met filtraat van de bandindikers, maar ook nog met filtraat van de zeefbandpers (hogere concentraties dan filtraat bandindikers). Er is tijdens de monitoringsperiode ongeveer evenveel filtraat vanuit de zeefbandpersen aangevoerd als vanuit de bandindikers.

TABEL 3.9 RESULTATEN MONSTERNAME VUILWATERGEMAAL 2, NUL-PERIODE EN MONITORINGSPERIODE

	Nul-periode					Monitoringsperiode				
	Debiet	CZV	Ntot	Ptot	OB	Debiet	CZV	Ntot	Ptot	OB
	m ³ /h	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	m ³ /h	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Gemiddeld (rekenkundig)	1.098	1.873	117	81	1.453	1.254	1.046	73	64,7	532
Minimum		150	14	6	170		270	26	22,0	130
Maximum		9.590	578	420	9.100		2.670	129	110,0	1.900
Standaard deviatie		1.735	105	73	1.446		460	27	22,2	320

3.7 NABEHANDELING EN EFFLUENT

RWZI Amersfoort is voorzien van een zandfilter dat DWA+ kan behandelen voor aanvullende fosfaatverwijdering. Daartoe wordt ijzerchloride gedoseerd. Bij RWA wordt een deel van het effluent zonder aanvullende zandfiltratie geloosd.

3.7.1 NABEHANDELING

Het zandfilter behandelt ongeveer 40.000 m³ per dag behandeld. De hoeveelheid RWA die niet behandeld wordt door het zandfilter is in de nul-periode gemiddeld ongeveer 2.100 m³/d en

in de monitoringsperiode gemiddeld ongeveer 2.500 m³/d. De totale volumebalans klopt in beide periodes goed. Er is minder dan 3% afwijking op het debiet in alle periodes, waarmee de verwaarlozing van condens, regenwater, et cetera bevestigd wordt. In de nul-periode is wel veel meer ijzerchloride gedoseerd aan de zandfilters. In de nul-periode is gemiddeld 164,3 kg Fe per dag gedoseerd, ofwel een Me:P verhouding van ongeveer 2 -. In de monitoringsperiode was dit gemiddeld 35,4 kg Fe per dag, dit komt overeen met een Me:P verhouding van 0,6 -. Opvallend is dat de hogere metaalzoutendosering in de nul-periode niet resulteert in een betere effluentkwaliteit met betrekking tot fosfaat. Een mogelijke verklaring is de terugwinning van fosfaat waardoor de fosfaatbelasting op de waterlijn beperkt wordt. Daarnaast is in de nul-periode een periode beperkt/geen metaalzout gedoseerd in de aeratietanks waardoor de chemische defosfatering volledig plaatsvond in het zandfilter.

3.7.2 EFFLUENT

De gegevens van het totaal effluent van RWZI Amersfoort tijdens de nul-periode en de monitoringsperiode zijn weergegeven in Tabel 3.10.

TABEL 3.10

EFFLUENTKwaliteit RWZI AMERSFOORT IN DE NUL-PERIODE EN DE MONITORINGSPERIODE

Effluentkwaliteit (debietproportioneel)					
	CZV	Ntot	Ptot	OB	BZV
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Nul-periode	44 ¹⁾	9,2	0,9	14	2,6
Monitoringsperiode	40	10,4	0,5	4	2,1

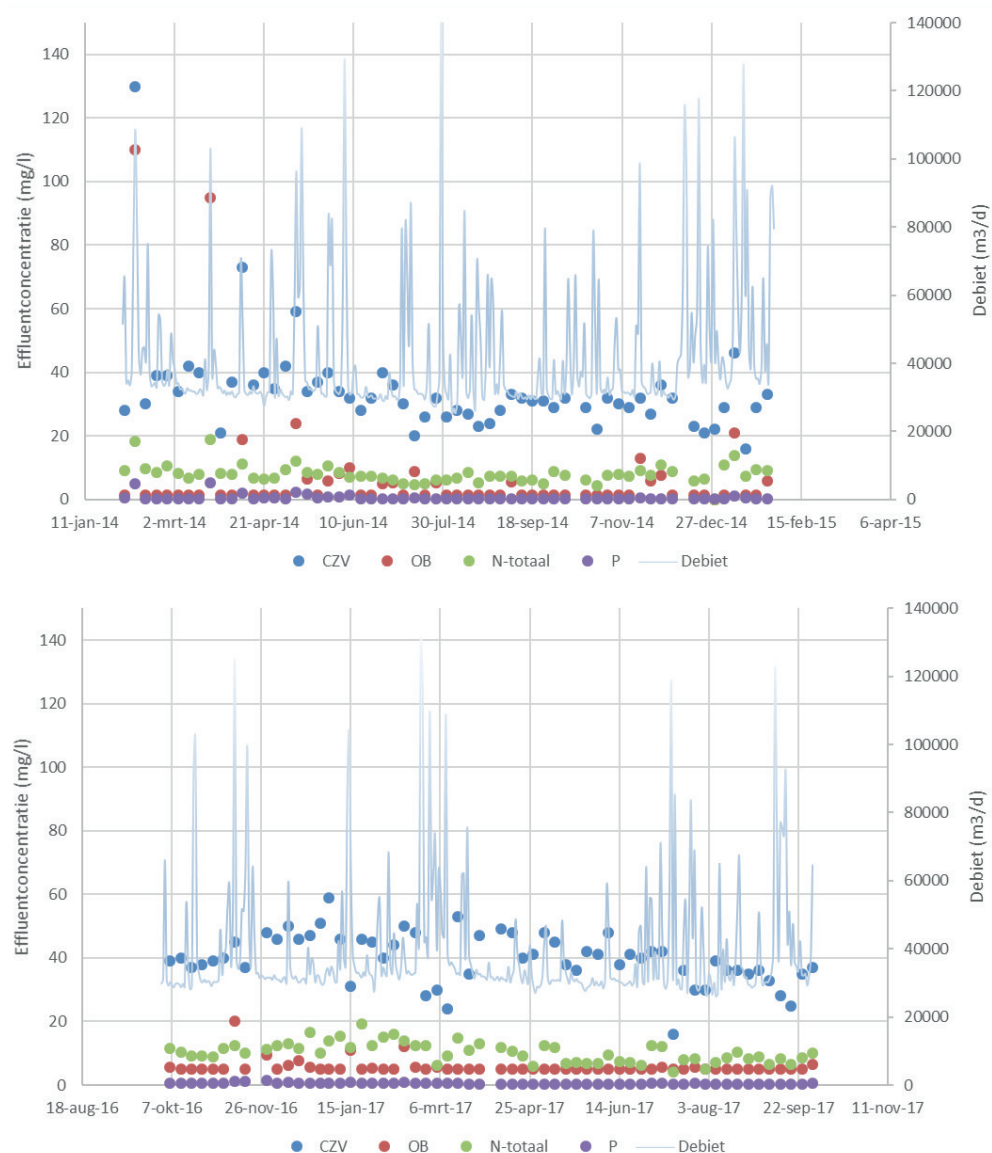
1) Wanneer gecorrigeerd wordt voor de uitschieters daalt deze concentratie naar 36,4 mg/l CZV

In de nul-periode zijn de onopgeloste bestanddelen in het effluent aanzienlijk hoger. Dit wordt mede veroorzaakt door enkele uitschieters tijdens de nul-periode als gevolg van uitspoeling van drijflagen. De mogelijke reden hiervoor is dat er tijdens een groot gedeelte van de nul-periode geen/beperkt metaalzouten zijn gedoseerd in de beluchting (metaal-zoutendosering niet beschikbaar) op de rwzi, wat een negatieve invloed heeft gehad op de SVI. De droge stof concentratie in het effluent is met name in de eerste drie maanden van de nul-periode hoog. Het waterschap heeft aangegeven dat er in die periode bij RWA met enige regelmaat drijflagen van de nabezinktank zijn uitgespoeld. De uitspoeling en de SVI laten een correlatie zien: wanneer er sprake is van een hoge SVI, worden ook hoge gehalten effluent droge stof gemeten. Bij de uitschieters in CZV en TSS tijdens de nul-periode is ook de concentratie N-totaal en P-totaal in het effluent hoog. Dit duidt ook op enige slibuitspoeling.

Tijdens de monitoringsperiode is de jaargemiddelde N-totaalconcentratie ongeveer 1 mg/l hoger. Dit komt omdat de DEMON[®] begin 2017 overbelast is geraakt en vervolgens opnieuw geënt en opgestart moest worden. Dit effect resulteert in hogere N-totaal resultaten tussen januari 2017 en april 2017. Daarbovenop is de totale stikstofvracht in de retourstroom toegenomen.

FIGUUR 3.2

HET VERLOOP VAN DE EFFLUENTGEGEVENS VAN RWZI AMERSFOORT TIJDENS DE NUL-PERIODE (BOVEN) EN DE MONITORINGSPERIODE (ONDER).
DUIDELIJK ZICHTBAAR ZIJN DE PIEKEN IN DE NUL-PERIODE WAAR SLIBUITSPOLING EEN PROBLEEM WAS



Wanneer gekeken wordt naar het verloop van het effluent CZV over de periodes valt op dat gedurende de nul-periode de gemiddelde concentratie CZV sterk wordt beïnvloed door de uitschieters. Wanneer gekeken wordt naar de trend ligt deze eerder in de buurt van de 35 mg/l dan de 44 mg/l. Als de uitschieters in de nul-periode niet meegenomen worden lijkt de CZV-concentratie in het effluent iets te zijn toegenomen. Aan het eind van de monitoringsperiode dalen de CZV-waarden echter weer naar ongeveer 30 mg/l.

De stijging in CZV kan meerdere oorzaken hebben. Ten eerste is de gemiddelde influent CZV-concentratie met 100 mg/l toegenomen. Dit kan een invloed hebben op de effluent concentratie. De retourbelasting van CZV uit de retourstromen is sterk afgenomen. Dit wordt vooral bepaald door de sterke verbetering van de primair slibindikking. Een mogelijke verklaring is dat bij toepassing van TDH een fractie moeilijk afbreekbaar CZV gevormd wordt. Deze fractie komt via de retourstroom terug naar de zuivering en kan een verhoging van de effluent CZV-concentratie veroorzaken. Zowel de aanvoer als de afvoer van de DEMON[®] laten een forse stijging zien met betrekking tot CZV. Met name in de afvoer van de DEMON[®] zal het

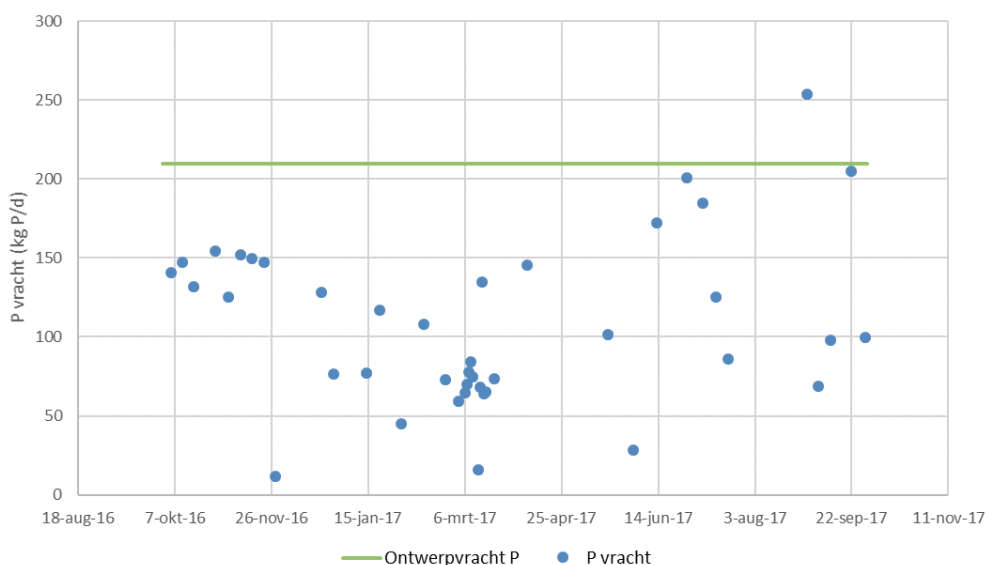
grootste deel van de opgeloste CZV moeilijk afbreekbaar zijn. Dit kan echter niet de volledige toename van het effluent CZV verklaren. De totale CZ-vracht afkomstig van de ontwatering die (al dan niet via de DEMON[®]) retour gaat naar de hoofd-zuivering draagt maximaal voor 2,5 mg/l bij in het effluent van de zuivering.

3.8 PEARL[®]

De Pearl[®] reactor is een volledig nieuw proceselement bedoeld om fosfaat te verwijderen en als struviet terug te winnen. De Pearl[®] wordt gevoed met twee fosfaatrijke stromen: centraat van de eindontwatering en filtraat van de voorontwatering. Figuur 3.3 laat het verloop zien van de P-vracht naar Pearl[®] tijdens de monitoringsperiode.

FIGUUR 3.3

HET VERLOOP VAN DE FOSFAATVRACHT NAAR DE PEARL[®] TIJDENS DE MONITORINGSPERIODE



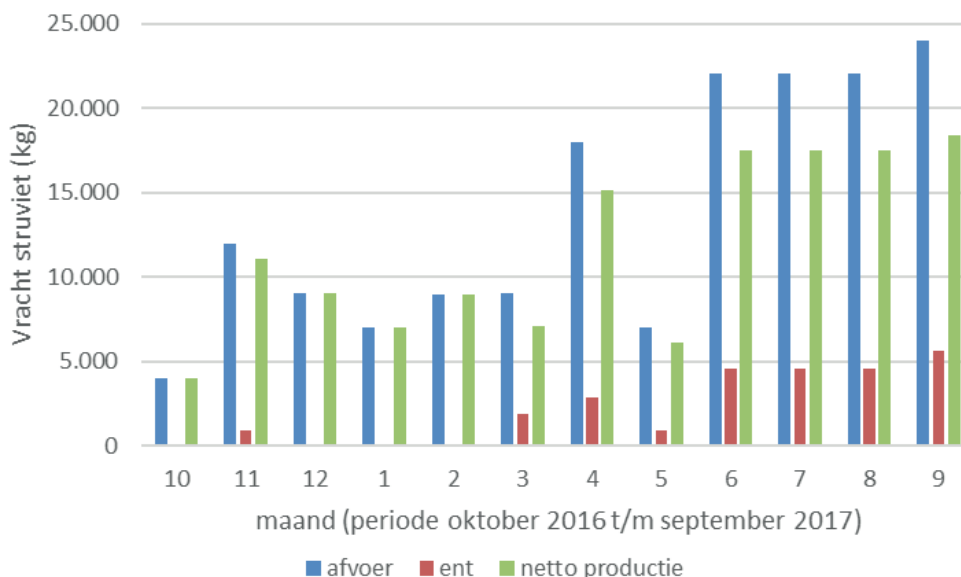
Tijdens de monitoringsperiode was de gemiddelde P-vracht naar Pearl[®] 103 kg P/d, veel lager dan de ontwerpvracht van 210 kg P/d. Dit komt doordat de DEMON[®] maar een beperkte hoeveelheid centraat kan verwerken (zie paragraaf 3.9). De voeding van de DEMON[®] gekoppeld is met de uitstroom van de Pearl[®], waardoor de belasting van Pearl[®] ook gelimiteerd is. Een ander gevolg van de beperkte capaciteit van de DEMON[®] is dat er een hoge vracht stikstof naar de waterlijn teruggaat en de ruimte in de biologie noodzakelijk is voor N-verwijdering. Het is hierdoor nog niet mogelijk geweest om bio-P te realiseren. Daarom zijn gedurende de monitoringsperiode chemicaliën gedoseerd voor defosfatering. Het fosfaat dat hiermee wordt vastgelegd kan niet meer als struviet teruggewonnen worden in de Pearl[®].

Het gemeten rendement van fosfaatverwijdering in de Pearl[®] is met 42% veel lager dan verwacht/ontworpen (80%+). Dit heeft verschillende oorzaken. Ten eerste wordt de Pearl[®] geregeld op een vaste uitgaande fosfaatconcentratie in plaats van op een vast verwijderingsrendement. Hogere fosfaatgehalten in de toevoer van Pearl[®] en gelijkblijvende uitgaande concentraties resulteren dus in een hoger rendement. De toevoerconcentraties waren met 151 mg P/l veel lager dan verwacht (> 250 mg P/l). Ook de uitgaande concentratie P is hoger dan verwacht, echter dit betreft totaal fosfaat en niet ortho-fosfaat. Er is waarschijnlijk enige sprake van uitspoeling van fijn materiaal (struviet) uit de Pearl[®] reactor. Het enten van struviet is een maatregel die dit moet tegengaan om korrel groei te bevorderen en vorming van kleine korrels tegen te gaan.

Per dag wordt gemiddeld 382 kg struviet geproduceerd waarmee 48 kg $\text{PO}_4\text{-P}$ per dag wordt teruggewonnen. Dit is 16% hoger dan berekend uit de fosfaatbalans. Hierbij is gecorrigeerd voor het struviet dat toegevoegd wordt aan Pearl® ten behoeve van enting. Enting vindt continu plaats waarbij tijdens de monitoringsperiode gemiddeld 71 kg struviet per dag is geënt.

FIGUUR 3.4

HET VERLOOP VAN DE STRUVIETPRODUCTIE PER MAAND TIJDENS DE MONITORINGSPERIODE. DE BLAUWE BALKEN LATEN DE GEOOGSTE HOEEVEELHEID STRUVIET ZIEN. DE RODE BALKEN GEVEN DE HOEEVEELHEID ENTMATERIAAL AAN. DE GROENE BALKEN GEVEN VERVOLGENS DE DAADWERKELIJKE PRODUCTIE VAN STRUVIET AAN



Het gemeten debiet over Pearl® is gemiddeld 30 m³/d hoger dan de som van het gemeten filtraat zeefbandpersen en centraat dat naar de Pearl® gaat. Volgens het waterschap is dit te wijten aan verdunningswater dat in de aanloop van de Pearl® gedoseerd wordt om struvietvorming in de toevoerleidingen te voorkomen.

Er worden loog en magnesiumchloride toegevoegd aan de Pearl®. De Pearl® wordt bedreven als een opstroomreactor, waarbij gerecirculeerd wordt om een constante opstroomsnelheid te garanderen. Loog en magnesiumchloride worden hierbij onder in de reactor, vlak na het punt waar toevoer en recirculatie samenkomen, gedoseerd. Tijdens de monitoringsperiode was dit gemiddeld 86 kg NaOH per dag en 65 kg Mg per dag. Dit komt overeen met een Me:P verhouding van 0,8 -, waarbij opgemerkt moet worden dat magnesium gedoseerd wordt op basis van ortho-fosfaat (normaliter in een verhouding van ongeveer 1 -) waarbij deze Me:P verhouding berekend is op totaal fosfaat.

3.9 DEMON®

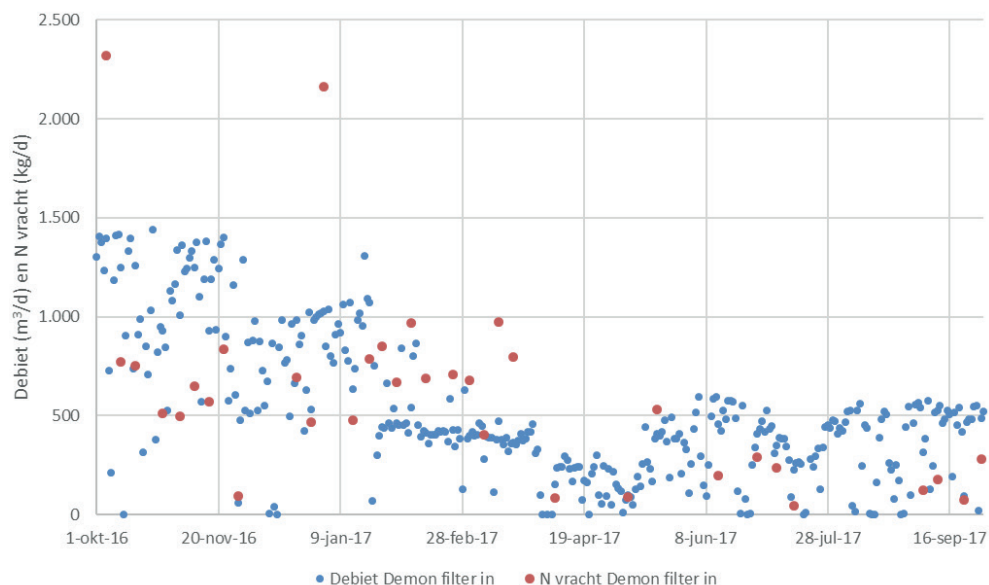
Tijdens de nul-periode is de DEMON® gevoed met alleen centraat. De metingen van het centraat zijn relatief constant geweest (gemiddeld 510 m³/d, 444 kg N/d) met een enkele uitschieter naar beneden. Dit is in overeenstemming met de realiteit, de toevoer van centraat is niet altijd continu door stilstand en/of opstarten van centrifuges. Bij opstarten van de centrifuge wordt centraat direct naar de waterlijn afgevoerd vanwege de hoge drogestof gehaltes. Ook wordt, op basis van een troebelheidsmeting, al te vuil centraat direct teruggevoerd naar de zuivering.

Deze gemiddelde belasting lag onder de ontwerpwaarde van de DEMON[®] (maximaal 720 m³/d, 511 kg N/d). In de praktijk vertaalt zich dit in een installatie die, indien in bedrijf, vrijwel vol belast wordt. Het gemiddelde wordt onderuitgehaald door de periodes van slechte centraat-kwaliteit en stilstand (storingen/onderhoud aan ontwatering, voorbehandeling en/of DEMON[®] installatie).

Tijdens de monitoringsperiode was de voeding gemiddeld over het jaar hydraulisch vergelijkbaar met de nul-periode (519 m³/d en 374 kg N/d), maar werd minder stikstof verwerkt. Deze waarde is geen representatieve waarde voor de situatie van Omzet.Amersfoort. Het verloop van de voeding van de DEMON[®] was tijdens de monitoringsperiode namelijk niet constant (zie Figuur 3.5). De reden hiervoor is dat begin 2017 de DEMON[®] fors overbelast is en vervolgens opnieuw is geënt en opgestart. Vervolgens is de voeding van de DEMON[®] beperkt. Dit is goed zichtbaar in de figuur.

De overbelasting heeft vooral te maken met een veel hogere CZV/BZV belasting van de DEMON[®] dan verwacht. Metingen begin maart 2017 laten zien dat de DEMON[®]-installatie veel meer BZV, CZV en droge stof aangeboden krijgt dan waar de installatie op ontworpen is. Daarnaast is de stikstofbelasting ook toegenomen. Dit heeft met name te maken met de lagere struvietproductie van de Pearl[®] waardoor ook minder stikstof afgevangen wordt. Naast de absolute waarden is de verhouding tussen de verschillende parameters in de toevoer van belang, zoals de BZV/N en de CZV (totaal)/N-verhouding. Bij een dergelijk grote hoeveelheid koolstofbron als in de toevoer van de DEMON[®] vindt er een verschuiving van de biologische routes plaats richting reguliere denitrificatie. Dit vraagt een hogere zuurstofvraag en werkt instabiele bedrijfsvoering in de hand.

FIGUUR 3.5

HET VERLOOP VAN HET DEBIET EN DE STIKSTOFVRACHT NAAR DE DEMON[®] TIJDENS DE MONITORINGSPERIODE

De balans rondom de DEMON[®] is lastig goed in beeld te brengen door diverse bypass-mogelijkheden die met name tijdens de monitoringsperiode in bedrijf zijn geweest. Op basis daarvan is het niet mogelijk exact te bepalen hoeveel kg N er verwijderd is en wat het verwijderingsrendement is geweest. Het rendement was rond de 90% in oktober 2016 en daalt flink naar slechts 20-30% in november 2016. Na de nieuwe opstart van de DEMON zijn de rendementen tussen de 50 en 65%. Bij de bedrijfsvoering van de DEMON[®] is tijdens de tweede helft van de

monitoringsperiode gestuurd op een constante effluentconcentratie voor ammonium en een zo hoog mogelijke doorzet (in verband met de Pearl[®] installatie). De ingaande stroom had een lage concentratie door verdunning met filtraat en door een laag rendement te accepteren kan meer water verwerkt worden. De zuurstofinbreng is de beperkende factor in de omzetting geweest.

3.10 WASSTRIP[®]

Tijdens de monitoringsperiode was de WASSTRIP[®] in bedrijf; dit was tijdens de nul-periode nog niet het geval. De aanvoer van slib naar de WASSTRIP[®] was gemiddeld 1.282 m³/d, waarvan 235 m³/d aan extern slib en 1.046 m³/d aan intern slib. De totale aanvoer naar de WASSTRIP[®] was redelijk constant, in het aanvoerdebiet van extern slib zat de meeste variatie. De WASSTRIP[®] hoort gestuurd te worden op verblijftijd in verband met onwenselijke vorming van vetzuren. Hier is onder andere een stabiel proces van slibaanvoer en slibafvoer vanaf de WASSTRIP[®] naar de zeefbandpers nodig. Met name door de problemen rondom de slibafvoer vanaf de zeefbandpers is dit niet goed mogelijk (zie paragraaf 4.2.3). De WASSTRIP[®] wordt nu gestuurd op een drogestof gehalte van 2,5% voor een goede bedrijfsvoering van de voorontwatering. In de monitoringsperiode is 2,3% gerealiseerd. Dit wordt bereikt door te variëren met de indikking van intern primair en secundair slib. In extreme gevallen is ook de indikking op de RWZI's Nijkerk en Soest aangepast.

3.11 VOORONTWATERING

De voorontwatering (twee zeefbandpersen) is nieuw gerealiseerd om slib uit de WASSTRIP[®] voor het de gisting in gaat verregaand in te dikken zodat de verblijftijd in de gisting voldoende hoog blijft. Daarnaast bevat het filtraat veel fosfaat wat teruggewonnen kan worden.

De voorontwatering heeft gemiddeld 1.282 m³ per dag à 2,3% droge stof verwerkt (29,5 ton droge stof per dag). Dit is ingedikt tot 10,6 % droge stof. Het PE verbruik is berekend op basis van de dosering van aangemaakt PE en komt uit op 1,3 gram actief PE per kilogram droge stof. Dit is erg laag. Daarom is deze waarde gecontroleerd aan de hand van de inkoop van PE ten behoeve van de voorontwatering. Daaruit blijkt dat maximaal 2 gram actief PE per kilogram droge stof is gedoseerd.

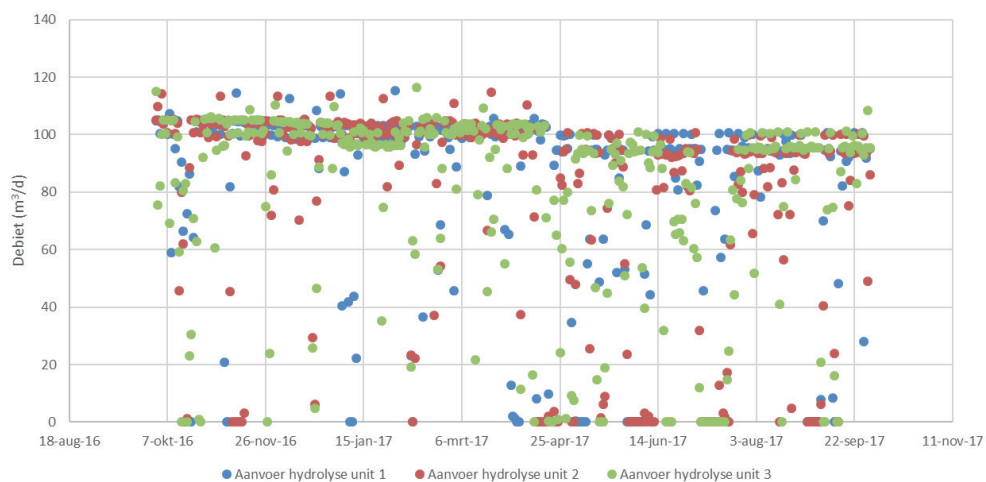
Er is ongeveer 1.000 m³ filtraat geproduceerd per dag met een fosfaatgehalte van 100 mg/l en een CZV-gehalte van ongeveer 1.300 mg/l. Het fosfaatgehalte is veel lager en het CZV-gehalte is veel hoger dan verwacht.

3.12 LYSOTHERM[®]

De LysoTherm[®] is een nieuw onderdeel van Omzet.Amersfoort en is de hele monitoringsperiode in bedrijf geweest. De Lysotherm[®] onttrekt slib uit de gisting en kraakt het slib. Daarbij maakt de installatie gebruik van de warmte uit de rookgassen van de WKK installatie. Tijdens de monitoring is er geen sprake geweest van een warmte tekort voor het bedrijven van de LysoTherm[®] installatie. Het gekraakte slib wordt na behandeling in de aanvoerleiding opgemengd met de voeding van de gisting en weer de gistingstank ingevoerd. Elke gisting is voorzien van zijn eigen Lysotherm[®] module. Het behandelde debiet schommelde voor alle drie de hydrolyse-modules tijdens de eerste helft van de monitoringsperiode rond de 105 m³/d met uitschieters naar beneden. Gedurende de tweede helft van de periode schommelde het

debiet rond de 95 m³ per dag door verhoging van de interne recirculatie (zie Figuur 3.6). Er is in de gehele periode relatief vaak stilstand van de installatie geweest (zie paragraaf 4.2.4).

FIGUUR 3.6 HET VERLOOP VAN HET DEBIET OVER DE LYSOTHERM® MODULES TIJDENS DE MONITORINGSPERIODE



3.13 GISTING

Zoals in paragraaf 3.12 genoemd, wordt de thermische druk hydrolyse bedreven in recirculatiebedrijf. Dit heeft geen effect op de hydraulische verblijftijd en de slibverblijftijd, maar wel op de sibleeftijd in de gisting. Normaliter wordt de sibleeftijd gelijkgesteld aan de hydraulische verblijftijd en wordt aangenomen dat de gisting fungeert als goed gemengd systeem. Bij toepassing van een TDH in recirculatiebedrijf wordt continu een deel van de actieve biomassa in de gisting afgedood. Hierdoor is de hydraulische verblijftijd nog wel gelijk aan de slibverblijftijd maar niet langer gelijk aan de sibleeftijd.

De hydraulische verblijftijd wordt berekend door het volume van de gisting te delen door het aanvoerdebiet. Dit geldt ook voor de slibverblijftijd. Bij het berekenen van de sibleeftijd echter dient ook het recirculatiedebiet opgenomen te worden en wordt de sibleeftijd bepaald door het volume van de gisting te delen door het aanvoerdebiet plus het recirculatiedebiet.

Alle resultaten zijn gespiegeld aan modelberekeningen die gebruik maken van het model van Chen & Hashimoto.

Tijdens de monitoringsperiode zijn er schommelingen geweest in de temperatuur van de gisting van 30 tot 42°C. Dit heeft vooral te maken met de bedrijfsvoering van de Lysotherm® (zie ook paragraaf 4.2.4). De effecten van deze schommelingen zijn in de beoordeling van de biogasproductie niet waargenomen, wel heeft dit effect gehad op de bedrijfsvoering van de gisting (zie ook paragraaf 4.2.5).

3.13.1 (ORGANISCH) DROGESTOFAFBRAAK

De voeding van de gisting is sterk veranderd tussen de nul-periode en de monitoringsperiode, zie Tabel 3.11.

TABEL 3.11 PARAMETERS INGAAND SLIB SLIBVERGISTING

Parameter	Nul-periode	Monitoring	Eenheid
Drogestofgehalte	4,4	8,2	%
Drogestofvracht	22.251	29.578	kg ds/d
Gloeirest	24,1	21,8	%
Aandeel primairslib	61	42	%

De berekende hydraulische verblijftijd in de gisting is 16 dagen tijdens de nul-periode en 22 dagen tijdens de monitoringsperiode (zie Tabel 3.12). Tijdens de monitoringsperiode is er dikker slib en een hogere droge stof vracht aangevoerd naar de gisting wat mogelijk gemaakt wordt door het indikken van slib voor het de gisting in gaat. De sibleeftijd in de gistingstank is tijdens de monitoringsperiode met 14 dagen een stuk lager dan de genoemde 22 dagen vanwege de recirculatie over de Lysotherm® en het afsterven van methanogeen slib wat daarbij hoort.

TABEL 3.12 AFBRAAK EN VERBLIJFTIJD IN GISTING

Parameter	Nul-periode		Monitoringsperiode		Eenheid
	Balans	Chen&Hashimoto	Balans	Chen&Hashimoto	
Hydraulische verblijftijd	16	16	22	22	dagen
Sibleeftijd	16	16	14	14	dagen
DS afbraak	42	37	38	32	%
ODS afbraak	52	48	49	41	%

Tijdens de nul-periode behaalt de gisting een droge stof afbraak van 42% en een organische stof afbraak van 52%. Modelberekeningen voorspellen een iets lagere afbraak, namelijk 37% droge stof afbraak en 48% organische stof afbraak. De gisting laat daarmee reeds goede resultaten zien. Tabel 3.13 geeft de eigenschappen van het uitgeste slib. Op basis van de gloeirest wordt voor de nul-periode een iets lagere afbraak voorspeld (46% organische stof en 35% droge stof), die meer overeenkomen met de voorspellingen van de modelberekening. Voor de monitoringsperiode komen de afbraak op basis van de meetwaarde en de berekende afbraak op basis van de gloeirest goed overeen. Er lijkt dus enige onzekerheid te zitten in de meetresultaten van de nul-periode.

TABEL 3.13 PARAMETERS UITGESTE SLIB

Parameter	Nul-periode	Monitoring	Eenheid
Drogestofgehalte	2,9	5,1	%
Drogestofvracht	14.527	18.438	kg ds/d
Gloeirest	37,0	36,5	%

Tijdens de monitoringsperiode is een droge stof afbraak van 38% gemeten en een organische stof afbraak van 49%. Dit is iets lager dan in de nul-periode. Modelberekeningen voorspellen een veel lagere afbraak, namelijk 32% droge stof afbraak en 41% organische stof afbraak. De modelberekening is niet gecorrigeerd voor het effect van TDH.

De afbraak in de gisting daalt slechts licht, ondanks een veel hogere droge stof belasting van de gisting (toegenomen met 33%), een lagere sibleeftijd in de gisting (verlaagd van 16 naar 14 dagen) en een lager aandeel primair slib in de monitoringsperiode dan tijdens de nul-periode (zie Tabel 3.11).

3.13.2 BIOGASPRODUCTIE

De biogasproductie is tijdens de monitoring met 10.318 Nm³/d ongeveer 53% hoger dan de biogasproductie in de nul-periode (6.742 Nm³/d) (zie Tabel 3.14). Daarmee is de biogasproductie sterker toegenomen dan de toevoer van slib (toename van 33%).

Het was tijdens de monitoringsperiode moeilijk om de gisting stabiel op de juiste temperatuur te houden. De wisselingen in temperatuur hebben echter geen duidelijk merkbaar/meetbaar effect gehad op de biogasproductie.

TABEL 3.14

BIOGASPRODUCTIE

Parameter	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
Gemeten biogasproductie	6.742	10.318	Nm ³ /d
Methaangehalte biogas	60,7	60,4	%
Methaanproductie	4.092	6.231	Nm ³ /d
Chen&Hashimoto	4.746	5.460	Nm ³ /d
CZV-balans	5.295	5.384	Nm ³ /d

In Tabel 3.14 is de gemeten biogasproductie omgerekend naar methaangasproductie en vergeleken met de te verwachten methaangasproductie op basis van verschillende modelberekeningen gebaseerd op het model van Chen & Hashimoto en op basis van een CZV balans over de gisting.

Tijdens de nul-periode is de gemeten methaangasproductie lager dan de berekende waarden. De berekende waarden op basis van de CZV-balans en Chen en Hashimoto zijn respectievelijk 23% en 14% hoger dan de gemeten waarde. Reden voor de hogere berekende waarden zou kunnen zijn dat de aanvoer aan droge stof aan de hoge kant is (zie paragraaf 3.3) of dat de gebruikte theoretische waarde voor de CZV/drogestofratio van 1,8 en 1,4 kg CZV/kg ODS voor respectievelijk primair en secundair slib te hoog is.

Tijdens de monitoringsperiode is de biogasproductie met 53% toegenomen. De berekende waarden op basis van CZV en Chen en Hashimoto zijn nu lager dan de gemeten waarde (respectievelijk 16% en 14%). Dit is te verwachten aangezien in de berekening geen rekening gehouden is met het effect van TDH. Het effect van TDH was ook duidelijk te zien in de afbraak en de biogasproductie. Het is daarom logisch dat dit effect ook terug te zien is in de methaanproductie.

Wanneer gekeken wordt naar de specifiek biogasproductie (Tabel 3.15 en Tabel 3.16) valt op dat de specifieke biogasproductie sterk toeneemt door toepassing van TDH. In handboek slibgisting (STOWA 2011-16) is gegeven dat de biogasproductie typisch tussen 200 en 500 liter biogas per kg ingaande organische stof en tussen 700 en 1.100 liter biogas per kg omgezette organische stof ligt voor een slibgisting die een combinatie van primair en secundair slib behandelt. De waarden op RWZI Amersfoort vallen binnen deze ranges, met uitzondering van de specifieke biogasproductie per afgebroken organische stof tijdens de nul-periode.

TABEL 3.15

SPECIFIEKE BIOGASPRODUCTIE

Parameter	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
Specifieke biogasproductie	0,268	0,349	Nm ³ /kg DS ingaand
	0,352	0,446	Nm ³ /kg ODS ingaand
	0,637	0,926	Nm ³ /kg DS afgebroken
	0,674	0,903	Nm ³ /kg ODS afgebroken

TABEL 3.16

SPECIFIEKE METHAANGASPRODUCTIE

Parameter	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
Specifieke methaanproductie	0,163	0,211	Nm ³ /kg DS ingaand
	0,213	0,269	Nm ³ /kg ODS ingaand
	0,386	0,559	Nm ³ /kg DS afgebroken
	0,409	0,545	Nm ³ /kg ODS afgebroken

De toename van de specifieke biogasproductie bedraagt 30%. Alleen voor de biogasproductie per kilogram droge stof afgebroken valt dit veel hoger uit (toename van 45%).

3.13.3 EFFECT THERMISCHE DRUK HYDROLYSE

De LysoTherm[®] lijkt een sterk positief effect te hebben op de werking van de gisting. De afbraak blijft vrijwel gelijk ondanks een veel hogere droge stof belasting (toename van 33%) en een lagere slibleeftijd (afname van 13%). Daarnaast stijgt de biogasproductie veel meer dan verwacht mag worden op basis van de toename in voeding (33% meer voeding tegen 53% meer biogas). Er is sprake van zowel een hogere specifieke biogas productie op basis van het ingaande slib (een hogere afbraak) als een hogere productie per kilogram afgebroken slib (een meer efficiënte afbraak). Modelberekeningen ondersteunen deze conclusie; er wordt een veel lagere afbraak voorspeld voor de monitoringsperiode dan daadwerkelijk gerealiseerd is, waar in de nul-periode de modelberekeningen de daadwerkelijke afbraak redelijk benaderen.

3.13.4 KWH-PRODUCTIE

Per 5 juni 2014 zijn er goede registraties van de opgenomen en teruggeleverde energie. Op basis van deze metingen is een extrapolatie gemaakt naar het volledige jaar.

De gasmotoren zijn vervangen om een zo hoog mogelijk rendement te halen uit de toegenomen biogas productie. Het rendement is berekend vanuit de biogasproductie en de kWh opwekking. Het rendement is 28% tijdens de nul-periode en 34% tijdens de monitoringsperiode (zie ook Tabel 3.17).

TABEL 3.17

BIOGASPRODUCTIE EN OMZETTING NAAR ELEKTRICITEIT

Parameter	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
Biogasproductie	6.742	10.318	Nm ³ /d
CH ₄ gehalte	60,7	60,4	%
Biogas naar fakkel	378	295	m ³ /d
Biogas naar WKK	6.350	10.985	m ³ /d
kWh opgewekt	10.794	22.436	kWh/dag
Rendement WKK	28,1	33,9	%

Opmerking: de biogasproductie is gemeten in Nm³/dag met een "slimme meter" die ook online het CH₄ gehalte meet. De overige biogasdebieten zijn gemeten in m³/dag. De balans van de verschillende metingen is dus niet sluitend.

Het rendement in de monitoringsperiode is iets lager dan verwacht op basis van de opgave van de leverancier van de gasmotoren. De wisselende omstandigheden rondom de gisting

tijdens de monitoringsperiode (zie paragraaf 4.2.5) kunnen een negatieve invloed hebben gehad op de samenstelling van het biogas. Ook hebben de gasmotoren de nodige storingen gehad (zie paragraaf 4.2.6). De opwekking van energie neemt met 107% toe door toename van zowel het rendement (20% hoger) als de biogas productie (53% toename). Daarnaast is iets minder gas afgefakkeld in de monitoringsperiode.

3.13.5 WARMTEPRODUCTIE

Tijdens de nul-periode is de beschikbare warmte niet gemeten maar afgeleid met een aanname voor het thermische rendement van de bestaande WKK. Dit thermische rendement is 30,6%. De warmte die wordt opgewekt in de WKK is in de nul-periode op basis van deze berekening 4.279 MWh_{th}. Dit is veel hoger dan de referentie situatie. Het is onbekend hoeveel warmte hiervan gebruikt wordt voor verwarming van de gisting, bedrijfsgebouwen, et cetera. Er is dus geen inschatting van de beschikbare restwarmte.

Tijdens de monitoring is ook een aanname gedaan voor de warmteproductie van de nieuwe WKK's. Aangenomen wordt dat de WKK 0,927 kWh_{th} oplevert per kWh_e opgewekt. Dit levert een warmteproductie op van 7.579 MWh_{th} voor de monitoringsperiode, een toename ten opzichte van de nul-periode met 77%.

Samen met de warmtevraag voor het proces (gisting, LysoTherm[®]) en de overige warmtevraag (verwarming gebouwen, et cetera) kan de restwarmte berekend worden. Het overzicht van de warmte productie en -vraag is opgenomen in Tabel 3.18.

TABEL 3.18 WARMTEPRODUCTIE, WARMTEVRAAG EN BESCHIKBARE RESTWARMTE

Parameter	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
Warmteproductie	4.278.823	7.578.995	kWh _{th} /jaar
Warmtevraag proces	onbekend	3.706.296	kWh _{th} /jaar
Warmtevraag overig	onbekend	onbekend	kWh _{th} /jaar
Beschikbare warmte	onbekend	3.872.699	kWh _{th} /jaar

Van de opgewekte warmte is voor Omzet.Amersfoort 3.706 MWh_{th} benodigd, exclusief de warmtevraag voor gebouwen. De beschikbare restwarmte is vervolgens 3.873 MWh_{th}. Deze warmte zou nuttig ingezet kunnen worden voor drogen.

3.14 ONTWATERING EN SLIBAFVOER

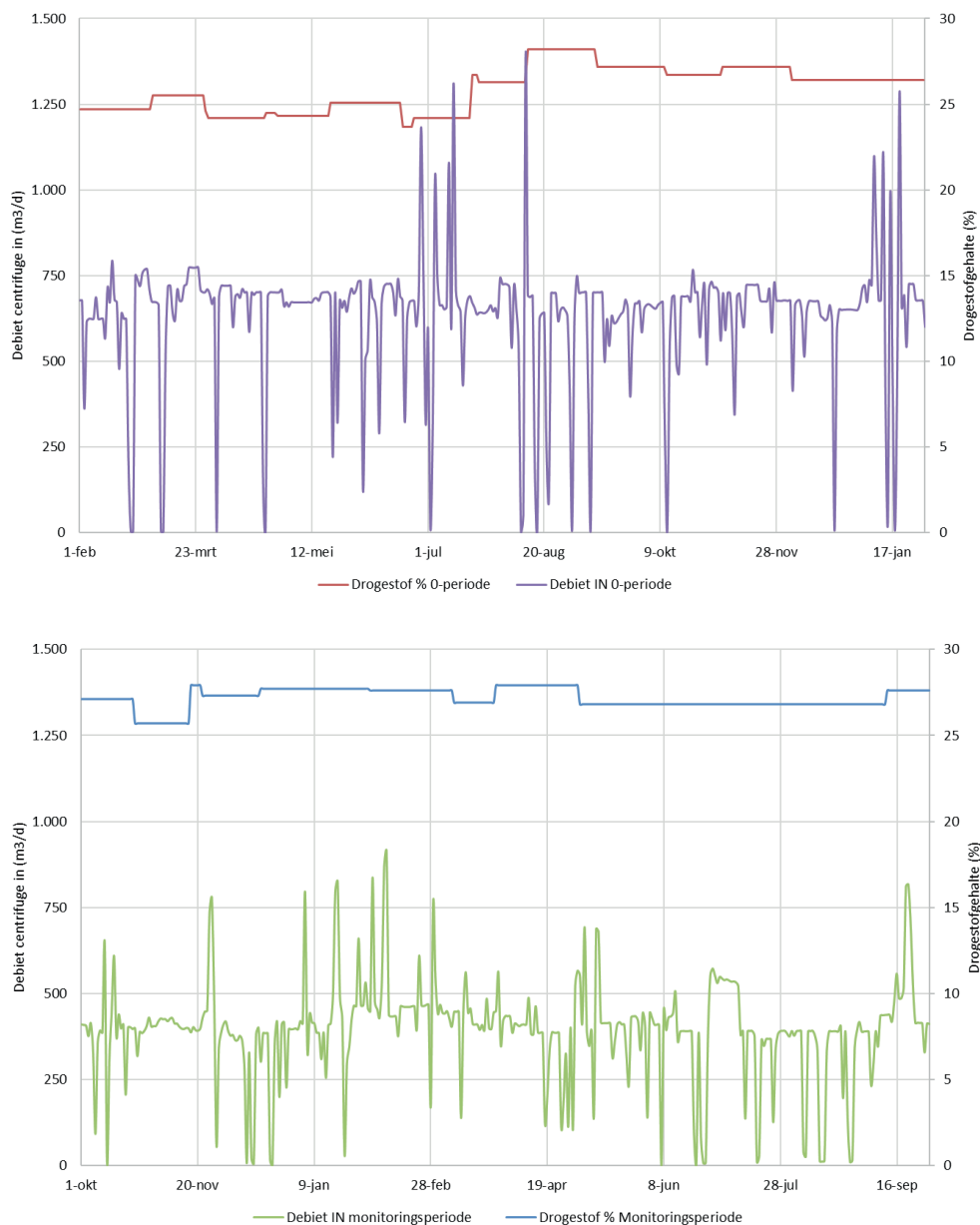
Het drogestofgehalte van het ontwaterde slib is over het gehele jaar redelijk constant, met name tijdens de monitoringsperiode. Het aanvoerdebiet en de drogestofpercentages van het ontwaterde slib zijn weergegeven in Figuur 37. Het einddrogestofgehalte was gemiddeld 25,6% tijdens de nul-periode en 27,1% tijdens de monitoringsperiode.

Het gemiddelde specifieke polymeergebruik is tijdens de nul-periode 22,6 g actief PE/kg ds, tijdens de monitoringsperiode is dit 17,4 g PE/kg ds. Het specifieke polymeerverbruik is dus met 23% gedaald. Gedurende de nul-periode als de monitoringsperiode is niet gewisseld van type PE. Gedurende de overgang van de nul-periode naar de monitoringsperiode is echter wel gewisseld van type PE. Vanwege de gewijzigde slibsamenvoeging en het toepassen van TDH is dit ook te verwachten. Tijdens de monitoringsperiode zijn nog enkele testen gedaan met ander PE, maar die gaven onvoldoende resultaat om tijdens de monitoringsperiode te wisselen.

De verbetering van de ontwaterbaarheid moet het gevolg zijn van zowel de verandering van PE als de toepassing van TDH. Normaliter zou een groter aandeel secundair slib en Bio-P slib (RWZI Soest is wel overgegaan van chemische naar biologische defosfatering) moeten resulteren in een verslechtering van de ontwaterbaarheid.³

FIGUUR 3.7

HET AANVOERDEBIET EN HET DROGESTOFGEHALTE VAN HET ONTWATERDE SLIB TIJDENS BEIDE PERIODES



Opvallend is de lagere aanvoer naar de centrifuges in de monitoringsperiode. Hoewel meer slib verwerkt wordt, is het gemiddelde debiet met 393 m³/dag in de monitoringsperiode aanzienlijk lager dan tijdens de nul-periode (623 m³/dag). Dit is het gevolg van een hoger droge stof gehalte in de gisting en dus een hoger droge stof gehalte naar de ontwatering.

De slibafzet is bepaald op basis van de gewogen vrachten bij de slibeindverwerker. De afzet is met 21,7% gedaald van 21.066 ton slibkoek per jaar tijdens de nul-periode naar

3 Rapport "Trends in slibontwatering", STOWA 2012-46.

16.487 ton slibkoek tijdens de monitoringsperiode. Hier dragen zowel de verdergaande afbraak als de verbeterde ontwateringsresultaten aan bij.

3.15 ENERGIEPRODUCTIE EN VERBRUIK

De kWh productie is reeds gegeven in paragraaf 3.13.4. Dit geeft de volgende energieopbrengst per jaar:

- | | | |
|----------------------|-------|----------|
| • Nul-periode | 3.940 | MWh/jaar |
| • Monitoringsperiode | 8.176 | MWh/jaar |

Daar tegenover staat het verbruik van de RWZI Amersfoort:

- | | | |
|----------------------|-------|----------|
| • Nul-periode | 6.754 | MWh/jaar |
| • Monitoringsperiode | 8.373 | MWh/jaar |

Voor de ombouw was er sprake van een zelfvoorzienendheid van 58%, na de ombouw is dit gestegen naar 98%.

Wanneer gekeken wordt naar de combinatie van alle zuiveringen verschuift dit beeld. Er wordt dan ook rekening gehouden met de energieopbrengst en het verbruik op de toelevende zuiveringen. De totale energieopbrengst is:

- | | | |
|----------------------|-------|----------|
| • Nul-periode | 5.949 | MWh/jaar |
| • Monitoringsperiode | 8.907 | MWh/jaar |

Het totale energieverbruik van de zuiveringen gecombineerd is:

- | | | |
|----------------------|--------|----------|
| • Nul-periode | 13.543 | MWh/jaar |
| • Monitoringsperiode | 14.520 | MWh/jaar |

Indien alle zuiveringen meegeteld worden is er sprake van 44% zelfvoorziening in de nul-periode en van 61% zelfvoorziening in de monitoringsperiode.

4

GEBRUIKERSERVARINGEN

4.1 INLEIDING EN ACHTERGROND

Tijdens de monitoring van Omzet.Amersfoort is niet alleen gekeken naar de analyseresultaten en de balans, maar zijn ook de ervaringen van de gebruikers geïnventariseerd.

De opgenomen ervaringen van de gebruikers betreffen de nieuwe onderdelen:

- Bandindikers ten behoeve van indikking secundair en primair slib;
- WASSTRIP®;
- Voorontwatering middels zeefbandpersen voor de gisting;
- LysoTherm®;
- Pearl®.

Daarnaast zijn een aantal bestaande procesonderdelen beknopt meegenomen:

- Slibgisting;
- Gasmotoren;
- Eindontwatering middels centrifuges;
- DEMON®.

Er is een vragenlijst opgesteld en ingevuld door beheer. De vragen richtten zich op:

- algemene indruk;
- regulier onderhoud;
- incidentele reparaties of storingen;
- effecten op het verdere zuiverings- of slibverwerkingsproces.

Veel ervaringen zijn kwalitatief beschreven, dit zijn de ervaringen en beoordelingen van de operators en zuiveringstechnici die dagelijks met de apparatuur werken. In paragraaf 4.2 zijn deze ervaringen samengevat. Vervolgens zijn in paragraaf 4.3 de meest bepalende aspecten voor het functioneren opgesomd en de vervolgstappen benoemd die in 2018 worden opgepakt door het waterschap.

4.2 SAMENVATTING VAN DE ERVARINGEN

4.2.1 BANDINDIKKERS PRIMAIR EN SECUNDAIR SLIB

De bandindikers hebben tot nu toe redelijk tot goed gedraaid. De bedrijfsvoering is wel anders dan in het ontwerp. Oorspronkelijk werd ook primair slib over de bandindikers geleid. Dit veroorzaakte echter versmering van de bandindikers. Daarom wordt nu alleen nog surplusslib mechanisch ingedikt. Dit levert een stabiel draaiende installatie. Primair slib wordt nu weer gravitair ingedikt in de bestaande indikker.

4.2.2 WASSTRIP®

De WASSTRIP® heeft tot nu toe redelijk gedraaid. De installatie heeft zelf weinig bewegende delen. Aanvankelijk trad er een kortsluitstroming op en na aanpassing hiervan is er een

betere menging in de WASSTRIP® en een gelijkmatigere toevoer naar de zeefbandpersen. Verder wordt de WASSTRIP® gezien als robuuste installatie.

De WASSTRIP® hoort gestuurd te zijn op verblijftijd (ongeveer 1 dag), in verband met onwenselijke vorming van vetzuren. Hier is onder andere een stabiel proces van slibafvoer vanaf de WASSTRIP® naar de zeefbandpers nodig. Met name door de problemen rondom de slibafvoer vanaf de zeefbandpers is dit nog niet goed mogelijk (zie paragraaf 4.2.3). Hierdoor treedt verzuring op in de WASSTRIP® en blijkt er een te grote hoeveelheid vetzuren naar de DEMON® te gaan (zie paragraaf 4.2.9). Deze effecten waren vooraf niet voorzien in zowel het ontwerp als door de bedrijfsvoering.

De WASSTRIP® wordt nu gestuurd op een maximaal drogestofgehalte, voor een goede bedrijfsvoering van de zeefbandpers. Oplossingen worden gezocht in aanpassingen bij de DEMON® gericht op het vergroten van de capaciteit enerzijds en het voorkomen dan wel minimaliseren van de oververzuring in de WASSTRIP® door het verbeteren van de afvoer van het slib van de zeefbandpers waardoor weer op verblijftijd gestuurd kan worden.

De aangepaste indikking resulteert wel in een andere samenstelling van het slib in de WASSTRIP®, het primaire slib is nu niet langer met PE geconditioneerd voor ontwatering, maar wordt na alleen gravitaire indikking aan de WASSTRIP® toegevoegd.

4.2.3 VOORONTWATERING NA WASSTRIP® VOOR DE GISTING

De installatie heeft tot nu toe wisselvallig gedraaid. Dit wordt met name veroorzaakt door problemen met de afvoerpompen die het ontwaterde slib afvoeren naar de gisting. Bij de afvoerpompen moeten gemiddeld elke maand (aanvankelijk zelfs elke twee weken) nieuwe statoren geplaatst worden. Vooraf was aangegeven dat dit 1 à 2 keer per jaar zou zijn. Op dit punt is het onderhoud veel intensiever dan vooraf aangegeven. Ook is de ruimte rondom de zeefbandpersen aan de krappe kant voor onderhoud.

De zeefbandpersen zijn de bottleneck gebleken voor de slibverwerking (van de hele regio), waardoor het geheel stil kan komen te staan. Het drogestofgehalte van het ingedikte slib is nu iets onder de 11%, dit zou eigenlijk 13% moeten zijn conform het ontwerp.

4.2.4 LYSOTHERM®

De installatie heeft tot nu toe redelijk gedraaid. In 'normale' bedrijfsvoering draait de installatie redelijk goed, op af en toe een verstopping na. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door opgehoopte vervuiling uit de gistingstanks. Echter zijn er ook een aantal structurele problemen met software en fragiele onderdelen waar nog geen oplossing voor is gevonden. Ook vond er gasinsluiting in de recirculatie plaats. Dit is verholpen door het verlagen van de recirculatie. In theorie heeft dit een nadelig effect op de resultaten aangezien minder slib door de TDH gevoerd wordt.

Door stilstand van de LysoTherm® is de warmtehuishouding vaak niet op orde en wisselt de temperatuur in de gistingstanks vaak (tussen de 30 tot 42 graden Celsius).

Door de bouw in containers is de werkruimte bij de installatie zeer beperkt en is de toegankelijkheid matig voor onderhoud.

4.2.5 SLIBGISTING

De werking van de slibgisting wordt sterk beïnvloed door de slechte warmtehuishouding en wisselvallige bedrijfsvoering van de LysoTherm®. Op RWZI Amersfoort is één Lysotherm per gisting aanwezig, bij uitval van één Lysotherm betekent dat dat de bijbehorende gisting geen gehydrolyseerd slib meer krijgt. Het is niet mogelijk om de andere twee Lysotherm® modules voor die gisting in te zetten.

De slibstructuur in de gisting veranderd snel en bij uitval van LysoTherm® wordt vooral een toenemende viscositeit waargenomen. Hierdoor wordt de afvoer van het uitgest gisting bemoeilijkt of stagneert en verloopt de eindontwatering slechter. Ook het mengen van de gisting (middels gasinblazing) ondervindt hinder van de toename in viscositeit.

In de zomer is er sprake van een warmteoverschot, waardoor de gistingtemperatuur tot gevaarlijke hoogtes stijgt (>42°C). Eventuele koeling was niet voorzien. Warmtewisselaars, die bedoeld zijn voor het verwarmen van de gisting zijn aanwezig. Deze warmtewisselaars zijn ingezet om de gisting te koelen, alleen bleken deze niet geschikt voor een systeem met LysoTherm®. Er is daardoor slib in het CV-systeem gekomen waardoor de gasmotoren lang stilgestaan hebben.

4.2.6 GASMOTOREN

De gasmotoren draaien zeer wisselvallig. Er zijn regelmatig storingen geweest door onder andere koelwaterlekkages of versleten onderdelen. De oorzaak lijkt te liggen bij het nalaten van gedegen preventief onderhoud.

Gevolg hiervan is dat er regelmatig gas afgefakkeld moet worden en dat er bij stilstand van de gasmotoren te weinig warmte is om bijvoorbeeld struviet te drogen.

4.2.7 SLIBONTWATERING

Na ingebruikname van de LysoTherm® zit er meer zwevende stof in het centraat. Dit blijkt moeilijk af te vangen. Daarnaast wisselt de samenstelling van het slib, met name bij stilstand van de Lysotherm®. Doordat het slib geen constante samenstelling heeft, is het moeilijk om een goed ontwateringsrendement en resultaat te halen (bij een acceptabele polymeedosering). Dit heeft weer een slechte centraatkwaliteit tot gevolg, wat vervolgens de Pearl® en DEMON® beïnvloedt. Als het centraat erg vervuild is, gaat het direct naar de waterlijn, waardoor deze zwaarder wordt belast.

4.2.8 PEARL®

De installatie draait tot nu toe redelijk tot goed. Er is een beperkt aantal storingen geweest. Wanneer de Pearl® niet actief is, krijgen de (toch al overbelaste) DEMON® en de waterlijn het zwaarder te verduren. Dit is het gevolg van een verminderde stikstofverwijdering door struvietvorming en een hogere retourbelasting met fosfaat waardoor de chemicaliëndosering omhoog moet.

De productie van struviet valt tegen, dit heeft vooral te maken met het beperkte aanbod van ortho-P naar de Pearl®-reactor. Het verwijderingsrendement is echter wel voldoende. De Pearl® heeft zichzelf nog niet kunnen bewijzen bij de ontwerpcapaciteit, omdat deze capaciteit nu niet gehaald kan worden. Het beheer van de zuivering heeft een goede algemene indruk van de installatie.

4.2.9 DEMON®

De DEMON® is door de nieuwe situatie overbelast. Er wordt meer slib verwerkt en de afbraak is hoger wat resulteert in een hogere stikstofvracht. Hoewel in de Pearl®-reactor ook ammonium verwijderd wordt als gevolg van struvietvorming, is de stikstofverwijdering vanwege de beperkte beschikbaarheid van fosfaat ook de verwijdering van stikstof laag.

Ondanks een uitgebreide beluchtingscapaciteit, is volledige hydraulische belasting (die ook uitgebreid is) niet mogelijk. Met name het filtraat afkomstig van de zeefbandpersen (ontwatering voor gisting) voldoet niet aan de ontwerpwaarden (met name BZV/CZV). Dit betreft waarschijnlijk veel vetzuren doordat extern slib soms enkele dagen op locatie al in een buffer zit. De DEMON® heeft hierop aanpassingen nodig.

4.3 BELANGRIJKSTE KNELPUNTEN EN VERVOLG

Uit de gebruikservaringen blijkt dat de procesonderdelen grote invloed op elkaar hebben en dat uitval van het ene onderdeel, (soms grote) gevolgen heeft voor de rest van het proces. Dit kan zowel benedenstrooms zijn (werking WASSTRIP® die de Pearl® en DEMON® beïnvloed) als bovenstrooms (overbelasting DEMON® voorkomt hogere belasting Pearl®, of zelfs beide kanten op (voorontwatering als beperking voor de slibverwerking van het hele deelgebied).

Het waterschap heeft voor de situatie op RWZI Amersfoort vier aspecten benoemd die op dit moment meest bepalend zijn voor het functioneren van Omzet.Amersfoort. De vier aspecten worden door het waterschap in 2018 opgepakt.

4.3.1 WARMTEWISSELAARS SLIBGISTINGEN

In de zomer van 2017 is gebleken dat de temperatuur in de slibgistingstanks te hoog opliep aangezien er geen koelstap aanwezig is in het LysoTherm® circuit. De bestaande slibwarmtewisselaars (voorheen alleen een back-up functie) worden vervangen. De nieuwe wisselaars dienen robuust te zijn en worden zodanig ingepast dat het slib ook gekoeld kan worden.

4.3.2 DEMON® DEELSTROOMBEHANDELING

Het is gebleken dat de stikstofverwijderingscapaciteit van de deelstroombehandeling onvoldoende is voor de nieuwe situatie. Een van de oorzaken is de veel hoger dan verwachte zuurstofvraag veroorzaakt door een hogere CZV en BZV vracht. Dit is het gevolg van de toepassing van TDH en/of verhoogde vetzuren door toepassing van WASSTRIP® en de vorming van vetzuren in de slibbuffers op de slibtoevoerende installaties. In eerste instantie word de zuurstof inbrengcapaciteit op de deelstroombehandeling vergroot.

Door de beperkte stikstofverwijdering in de deelstroom is het ook nog niet mogelijk om over te gaan naar bio-P verwijdering op de waterlijn omdat de voor Bio-P beoogde anaerobe ruimte benodigd is als anoxische ruimte voor de stikstofverwijdering.

4.3.3 SCHOONMAKEN SLIBGISTINGSTANKS

Het LysoTherm® proces heeft veel storingen gehad welke veroorzaakt worden door vervuiling in het uitgegiste slib. Deze vervuiling is door de jaren heen opgebouwd in de slibgistingstanks. De toevoerende zuiveringen zijn inmiddels allemaal voorzien van deugdelijke roostergoedverwijdering. Door de slibgistingstanks achtereenvolgens allemaal schoon te maken moeten de verstoppingsproblemen op de LysoTherm®'s uit blijven.

4.3.4 AFVOERPOMPEN VAN DE ZEEFBANDPERSEN

Er is overmatig onderhoud aan de afvoerpompen van de zeefbandpersen. Door het afgaande leidingwerk (nu nog gecombineerd) te splitsen en bochten zoveel als mogelijk te elimineren moeten de tegendrukken omlaag gaan. Daarnaast worden er andere pompen toegepast welke op een veel lager toerental draaien. Hierdoor krijgen de voorgeschakelde schroeven het dikke slib (> 11% ds) beter in het pompgedeelte. De stand tijd van de pompen moet dan significant omhoog gaan.

5

SLIBDROGING EDE

5.1 INLEIDING

Binnen het Omzet.Amersfoort project was oorspronkelijk een slibdroogstap opgenomen waarin het ontwaterde slib gedroogd zou worden met de restwarmte uit de WKK. Gezien de complexiteit (verschillende nieuwe technologieën) van het project op RWZI Amersfoort, is besloten de slibdroogstap niet mee te nemen in het project Omzet.Amersfoort, maar op demonstratieschaal te realiseren op RWZI Ede en hier de resultaten te monitoren.

Omdat deze proef losstaat van de monitoring op RWZI Amersfoort worden hier niet de nulperiode en monitoringsperiode aangehouden, maar wordt gekeken naar de resultaten van 2017.

In dit hoofdstuk zijn de relevante resultaten van de proef op RWZI Ede samengevat op basis van een concept voortgangsrapportage van januari 2018. Deze resultaten zijn geëxtrapoleerd naar het effect op de afgevoerde hoeveelheid slib voor de situatie op RWZI Amersfoort.

Voor de definitieve en uitgebreide beschrijving van de resultaten van de proef op RWZI Ede wordt verwezen naar het STOWA rapport hierover ⁴.

5.2 SLIBDROOGPROEF RWZI EDE

RWZI Ede heeft een biologische capaciteit van 272.000 i.e. à 150 g TZV en een hydraulische capaciteit van RWA 6.750 m³/uur. Op de RWZI wordt slib van de RWZI's Ede en Bennekom vergist. Dit slib wordt samen met het extern aangevoerde vergiste slib van Renkum en Veenendaal ontwaterd. In totaal is er ongeveer 4.500 ton droge stof per jaar beschikbaar aan ontwaterd slib. Het drogestofgehalte varieert tussen 23 en 25%. De droger is ontworpen voor 1.000 ton droge stof per jaar.

5.2.1 DOELSTELLINGEN

Ten aanzien van het onderzoek naar de werking en prestatie van de banddroger op RWZI Ede zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- Wat is het maximaal haalbare droge stof gehalte van het gedroogde slib.
- Hoe ziet de energiebalans er uit om zodoende te kunnen vaststellen hoeveel slib kan worden gedroogd met een beschikbare hoeveelheid restwarmte.
- Wat is de kwaliteit van het gedroogde product in verband met de afzet naar een eindverwerker.
- Wat is de luchtkwaliteit (geur) na behandeling in de gaswasser (scrubber).
- Verder zal het onderzoek meer inzicht moeten opleveren aangaande bedrijfsvoeringaspecten zoals inspanningen voor bediening, onderhoud en storingsgevoeligheid.

De uitkomsten van het onderzoek zijn vertaald naar het project Omzet.Amersfoort. Hiervoor is met name de uit de proef afgeleide waarde van de benodigde thermische energie (in kWh_{th}/kg verdampt water) belangrijk.

⁴ Rapport "Drogen zuiveringsslib met laagwaardige restwarmte in kassen en in een banddroger", STOWA 2018-16.

5.2.2 ONTWERP

Bij de op RWZI Ede geïnstalleerde banddroger zijn twee banden boven elkaar geplaatst (zie Figuur 5.1). Het slib wordt continu op de bovenste band ingebracht en valt vervolgens op de band eronder. Vanaf deze band verlaat het slib de droger. Biogas wordt verstoekt in een ketel om water te verhitten. Dit warme water gaat vervolgens door warmtewisselaars om de lucht op te warmen waarmee het ontwaterde slib op de band wordt gedroogd. De droge (niet met water verzadigde) warme lucht wordt vervolgens verticaal door de banden met het slib geblazen. De uittredende lucht wordt door een luchtwarmtewisselaar geleid om de koude buitenlucht voor te verwarmen. De af te voeren lucht wordt behandeld.

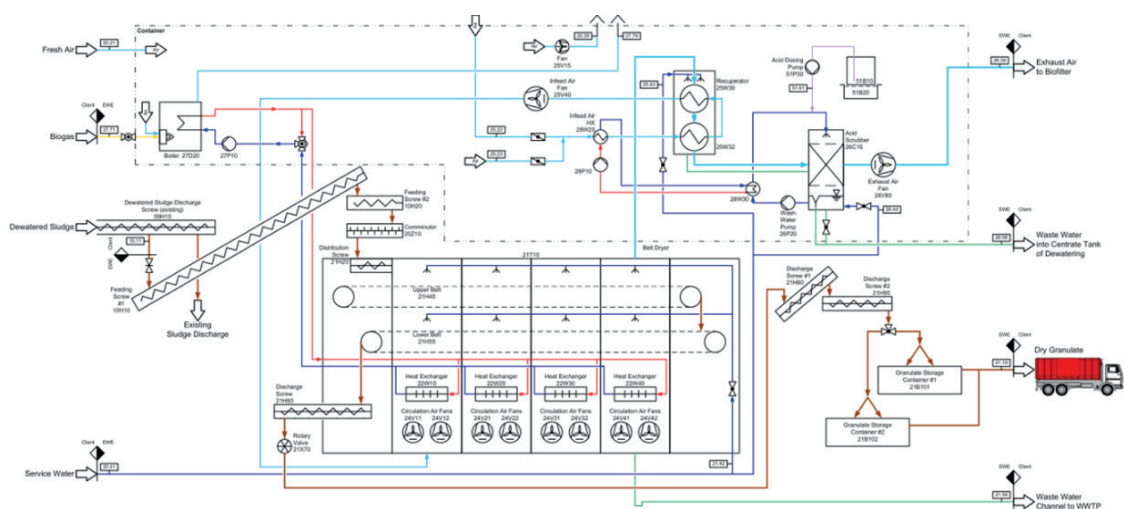
Aspecten die een rol spelen bij het ontwerp van de installatie zijn:

- De temperatuur van de ingebrachte lucht; hoe hoger de temperatuur, hoe kleiner de slibdrooginstallatie en de luchtbehandeling.
- De mate van waterverzadiging; hoe droger de lucht, hoe sneller de verdamping en dus hoe kleiner de installatie.
- De hoeveelheid slibkoek; hoe groter het aanbod van slibkoek, en dus het aanbod van te verdampen water, hoe groter de installatie.
- Het drogestofgehalte van het ontwaterde slib; hoe droger het slib, hoe minder water verdampst moet worden.
- Het specifiek oppervlakte van het opgebrachte slib; de wijze waarop het slib op de band gebracht wordt, bepaalt de grootte van de installatie.

De belangrijkste ontwerpuitgangspunten voor de banddroger op RWZI Ede zijn:

- Ontwaterd slib:
 - 450 kg slibkoek per uur.
 - 23-27% droge stof.
- Drogen tot minimaal 90% DS.
- Beschikbare warmte:
 - 200 kW thermische energie.
 - Warmtebron is een ketel gestookt op biogas met een methaan concentratie van 56-61%.
 - Het door biogas verwarmde water heeft een temperatuur van 90-95 °C.

FIGUUR 5.1 SCHEMATISCHE DOORSNEDE VAN DE BANDDROGER



FIGUUR 5.2

FOTO VAN DE OPSTELLING VAN DE BANDDROGER OP RWZI EDE



5.2.3 RESULTATEN

De resultaten die voor belang zijn voor de vertaling naar de situatie op RWZI Amersfoort zijn in deze paragraaf samengevat.

Het slib van RWZI Ede kan worden gedroogd naar 90%. Hierbij lijkt met name het percentage drogestof van het ontwaterde slib het eindresultaat te beïnvloeden. Bij 24% droge stof in het ontwaterde slib, wordt 90% DS of hoger in het gedroogde slib gehaald.

De beschikbaarheid van de droger was gemiddeld 20 uur/dag. Stilstand heeft te maken gehad met:

- De aanvoer van slib; het aanbod van slib vanuit de centrifuges is niet 'gegarandeerd' 24 uur per dag.
- De levering van warmte, bijvoorbeeld door problemen in de biogastoevoer, leidingen en ketel, maar ook doordat de warmtewisselaars gevoelig zijn voor stof en haren.
- Het uitvoeren van (preventief) onderhoud.
- Foutmeldingen uit het systeem (sensoren, pompen, communicatie). Bijvoorbeeld; door vervuilde sensoren, kwam de sprinklerinstallatie meer dan eens in bedrijf zonder dat er sprake was van stofbrand.

Hoe hoger de belasting aan ontwaterd slib, hoe efficiënter de droger functioneert. Door omstandigheden is niet altijd de ontwerpbelasting van 450 kg/h bereikt. Bij een belasting van 400 kg/h en hoger lijkt een specifiek thermisch energieverbruik van 0,825 kWh_{th}/kg water verdampt haalbaar. Dit is de ontwerpwaarde van de installatie.

Geconcludeerd wordt dat gestreefd moet worden naar een hoge belasting en/of de ontwerpbelasting bij een banddroger. Als de belasting lager is wordt de ingebrachte thermische energie niet goed benut. Daarnaast is het belangrijk dat de installatie zo continu mogelijk wordt bedreven, uit- en inschakelen levert ook inefficiëntie op.

5.3 INPASSING SLIBDROGEN OP RWZI AMERSFOORT

Voor de situatie op RWZI Amersfoort zijn twee scenario's doorgerekend:

- Al het slib van RWZI Amersfoort drogen (of wel volledig drogen);
- Zoveel slib drogen als er beschikbare restwarmte is op RWZI Amersfoort.

5.3.1 UITGANGSPUNTEN

De gebruikte uitgangspunten zijn:

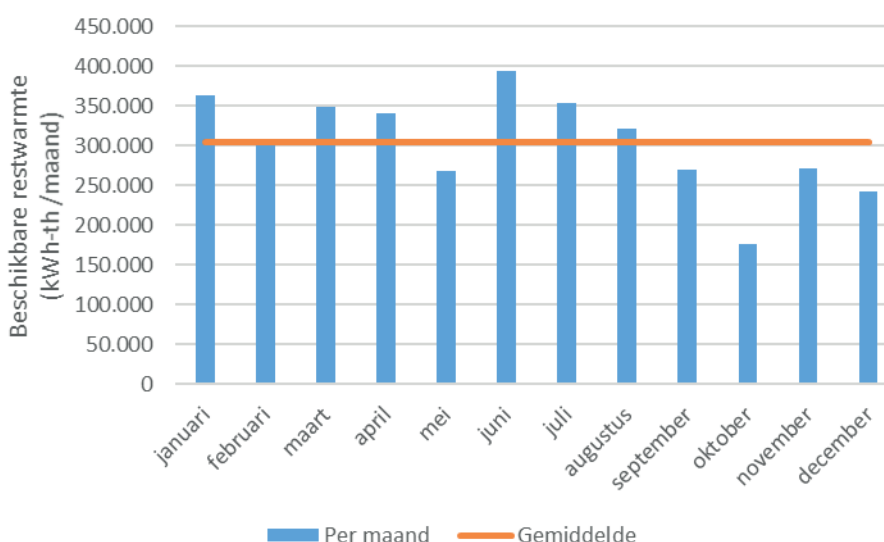
• Totale hoeveelheid slib op Amersfoort	4.500 ton DS/jaar à 27,6% DS
• Specifiek energieverbruik	0,900 MWh _{th} /ton H ₂ O verdampt
• Uitgaand drogestofpercentage	90 %
• CH ₄ -gehalte in biogas op Amersfoort	60,4 %
• Energie-inhoud methaan	35,88 MJ/m ³ CH ₄
• Energie-inhoud elektriciteit	3,6 MJ/kWh
• Beschikbare restwarmte op Amersfoort	3.652 MWh _{th} /jaar

Het specifiek energieverbruik is iets hoger gekozen dan uit de proeven blijkt, echter dit is een ontwerpwaarde die haalbaar lijkt. Hier is daarom gekozen voor een conservatieve aanname waarbij ruimte is voor enige inefficiëntie.

De beschikbare restwarmte fluctueert op RWZI Amersfoort over het jaar (zie Figuur 5.3). Het jaargemiddelde is 3.652 MWh_{th} per jaar. Dit verschilt van de waarde gevonden in de balans in paragraaf 3.13.5 (als gevolg van een andere periodeselectie), dit is het gevolg van de omrekening tussen 2017 (gegevens droger) en de monitoringsperiode. De minimum productie was in 2017 58% van de gemiddelde waarde, terwijl de maximum productie in juni 130% van de gemiddelde waarde was. Het is de verwachting dat de hoeveelheid restwarmte nog iets zal stijgen als het proces op RWZI Amersfoort straks stabiel gaat draaien. Maar er zal zeker onvoldoende warmte worden geproduceerd om het volledige slibaanbod mee te kunnen drogen (zie ook paragraaf 5.3.2).

FIGUUR 5.3

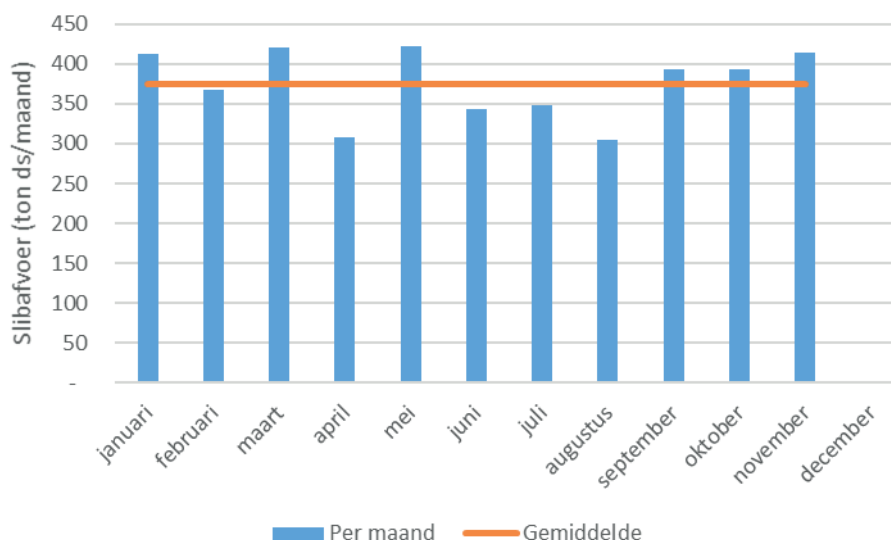
FLUCTUATIE IN BESCHIKBARE RESTWARMTE OP RWZI AMERSFOORT (SITUATIE 2017)



Ook de slibafvoer fluctueert op RWZI Amersfoort over het jaar (zie Figuur 5.4). Het jaargemiddelde is 4.503 ton droge stof per jaar. De minimum waarde was in 2017 in augustus 81% van de gemiddelde waarde, terwijl de maximum waarde in mei 113% van de gemiddelde

waarde was. Deze spreiding is dus veel minder groot dan die van de beschikbare restwarmte. Daarnaast vallen de pieken en dalen in slibproductie niet samen met de pieken en dalen in beschikbare restwarmte.

FIGUUR 5.4 FLUCTUATIE IN SLIBAFVOER OP RWZI AMERSFOORT (SITUATIE 2017)



5.3.2 VOLLEDIG DROGEN

In dit scenario wordt al het slib van RWZI Amersfoort gedroogd. Een gedeelte kan met de beschikbare restwarmte worden gedroogd. Voor het andere deel wordt in dit scenario uitgegaan van het stoken van biogas in ketels om warmte te produceren. Dit betekent dat er minder biogas beschikbaar is om elektriciteit mee te produceren. Een andere optie is om andere duurzame (rest)warmte in te zetten bijvoorbeeld uit de rookgassen van de WKK's.

De benodigde restwarmte voor het droging van al het slib van RWZI Amersfoort is 10.181 MWh_{th} per jaar. Hiervan kan 3.652 MWh_{th} met de beschikbare restwarmte worden ingevuld. Dit resulteert in een warmtetekort van 6.529 MWh_{th} per jaar.

Wanneer deze warmte met biogas wordt gemaakt, betekent dit dat hiervoor 27% van het biogas dat tijdens de monitoring in de WKK werd verstoekt, nodig is. Er zal hierdoor 2.215 MWh_e minder geproduceerd worden per jaar. Dit heeft dus een zeer grote invloed op de energieproductie en daaropvolgend ook op de SDE inkomsten.

5.3.3 DROGEN OP BASIS VAN BESCHIKBARE RESTWARMTE

De benodigde restwarmte voor het droging van al het slib van RWZI Amersfoort is 10.181 MWh_{th} per jaar. Hiervan kan 3.652 MWh_{th} per jaar met de beschikbare restwarmte worden ingevuld. Dit betekent dat jaargemiddeld 36% van het slib op RWZI Amersfoort gedroogd kan worden.

5.4 CONCLUSIE SLIBDROGING RWZI AMERSFOORT

Bij beide scenario's is het belangrijk bij het ontwerp en de inpassing van de droger in het proces op RWZI Amersfoort de droger zo dicht mogelijk bij de ontwerpwaarde te belasten. Dit levert de meest efficiënte en stabiele bedrijfsvoering.

Het bereiken van een efficiënte en stabiele bedrijfsvoering zorgt ervoor dat met een droger de restwarmte op RWZI Amersfoort nuttig ingezet kan worden. De restwarmte die nu beschikbaar is, is niet voldoende om al het slib te drogen, maar met optimalisatie van de warmtehuishouding kan er nog restwarmte gewonnen worden. Het lijkt niet haalbaar om biogas bij te stoken voor het drogen van slib, gezien de hoeveelheid biogas die hiervoor noodzakelijk is.

Zowel het aanbod van slib, als het aanbod van restwarmte, wisselt sterk door het jaar heen en de wisselingen in slib en restwarmte lopen niet gelijk. Het is daarmee niet mogelijk effectief en efficiënt om te gaan met alleen de beschikbare restwarmte en deze volledig in te zetten. Daarnaast spelen ook nog wisselingen van dag tot dag die in deze studie niet meegenomen zijn.

Wanneer een droger toegepast wordt is het daarom aan te bevelen het aanbod van slib en het aanbod van warmte los te koppelen. Door slechts een deel van het slib te drogen kan de droger altijd op vollast bedreven worden. Met een aanvullende ketel op biogas kunnen de pieken in warmtevraag opgevangen worden, ook als incidenteel geen warmte beschikbaar is vanuit de WKK's. Wanneer alle slib gedroogd wordt is een ketel sowieso noodzakelijk om te voldoen aan de warmtevraag. In dit geval is het echter niet mogelijk de droger altijd op de ontwerpcapaciteit te bedrijven vanwege de wisselingen in aanvoer van slib. Daarnaast heeft dit een grote negatieve impact op de hoeveelheid elektrische energie die geproduceerd wordt.

6

RESULTATEN OMZET.AMERSFOORT

6.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden in paragraaf 6.2 de algemene doelstelling van het project Omzet. Amersfoort en de specifieke technologische doelen beoordeeld op basis van de balansen en gebruikerservaringen.

Vervolgens worden de metingen van de nul-periode en tijdens de monitoringsperiode vergeleken met de technologische doelen van Omzet.Amersfoort in paragraaf 6.4. In paragraaf 6.5 is beschreven of er wordt voldaan aan de randvoorwaarde 'behoud effluentkwaliteit'.

6.2 PROJECTDOELSTELLING

De doelstelling van het project Omzet.Amersfoort is als volgt:

Realiseer een netto energieopwekking en fosfaatterugwinning op RWZI Amersfoort waarbij de slibproductie verlaagd wordt en de effluentkwaliteit behouden blijft.

Op basis van de balansen en gebruikerservaringen kan op deze vraag antwoord gegeven worden. De zuivering Amersfoort is niet zelfvoorzienend geworden, zeker niet wanneer de toeleverende zuiveringen in de balans betrokken worden. Wel is de mate van zelfvoorzienendheid sterk gestegen. Het is mogelijk dat met verdere optimalisaties zelfvoorzienendheid voor de RWZI Amersfoort alsnog behaald wordt. Hieraan zal met name een optimalere stikstofverwijdering (combinatie Pearl® en DEMON®) moeten bijdragen.

In de Pearl® installatie wordt struviet gevormd. Dit kan worden geoogst en is van voldoende kwaliteit. Ondanks dat de kwantiteit achterblijft bij de verwachting, kan gezegd worden dat fosfaat teruggewonnen wordt op RWZI Amersfoort. De doelstelling van fosfaatterugwinning wordt daarmee behaald.

De totale slibafzet naar de slibeindverwerking is met 21% gedaald. De toepassing van Lysotherm® thermische drukhydrolyse resulteert in een hogere slibafbraak en een grotere productie van biogas. Deze doelstelling wordt dus gehaald.

De effluentkwaliteit is vergelijkbaar voor de parameters onopgeloste bestanddelen, BZV en fosfaat, echter het CZV gehalte lijkt licht gestegen te zijn. Dit kan veroorzaakt zijn door hogere influentconcentraties maar kan ook het gevolg zijn van een toename van een fractie moeilijk afbreekbaar CZV dat ontstaat als gevolg van de thermische druk hydrolyse. Ook is de stikstof concentratie iets gestegen van 9,2 naar 10,4 mg/l jaargemiddeld. Het lijkt dus dat de doelstelling niet gehaald is, echter met de geplande optimalisaties zal blijken of de stikstofconcentratie in het effluent weer gaat dalen. Of de verhoging van de CZV concentratie structureel is zal uit langjarige analyses moeten blijken.

6.3 TECHNOLOGISCHE DOELEN

Zoals in Tabel 21 is aangegeven, zijn er voor het onderzoek Omzet.Amersfoort specifieke technologische doelen gesteld. De specifieke technologische projectdoelen zijn:

- Verhoog de biogasproductie met 60%;
- Verhoog de energieproductie met 79%;
- Wek 60% meer warmte op;
- Realiseer een netto energieopwekking (109% zelfvoorzienend);
- Verlaag de slibproductie met 17%;
- Win 80% fosfaat terug;
- Reduceer de kosten met 15%;
- behoud van effluentkwaliteit.

In de LIFE subsidieaanvraag zijn niet alleen bovenstaande percentages gegeven, maar ook de doelen met hun waarde per aspect (zie Tabel 6.1).

TABEL 6.1 DOELEN OMZET.AMERSFOORT ZOALS GEFORMULEERD IN LIFE SUBSIDIE

Aspect (per jaar)	Eenheid	Voor ombouw	Omzet.Amersfoort	Vershil
Biogas	Nm ³	2.340.000	3.740.000	60 %
Elektriciteit productie	kWh _e	4.825.000	8.653.000	79 %
Warmte	kWh _{th}	3.332.000	5.332.000	60 %
Aandeel energiezelfvoorzienend	%	58	109	88 %
P-terugwinning	Kg	0	128.480	80 %
Slibproductie	ton nat slib	26.500	22.000	-17 %
Operationele kosten	€	3.571.000	3.051.000	-15 %

De situatie "voor ombouw" wordt in dit hoofdstuk benoemd als de "referentiesituatie". Deze komt namelijk niet overeen met de nul-periode. Er zitten forse verschillen tussen de uitgangspunten zoals benoemd in de referentiesituatie en de metingen van de nul-periode in de praktijk. Deze verschillen worden bij de behandeling van elk punt benoemd. Ook kunnen de vooraf gestelde doelen op meerdere manieren geïnterpreteerd worden. Zo is bijvoorbeeld niet duidelijk of gekeken wordt naar de RWZI Amersfoort alleen, of dat ook de prestaties en veranderingen op de toeleverende zuiveringen meegewogen dienen te worden. Voor de volledigheid zijn de resultaten aan beide kaders getoetst.

6.4 VERGELIJKING RESULTATEN MET DE TECHNOLOGISCHE DOELEN

Op basis van de gemeten gegevens kunnen de doelen getoetst worden.

6.4.1 BIOGAS

De absolute biogasproductie is met 3,77 miljoen Nm³/jaar hoger dan de verwachte productie van 3,74 miljoen Nm³/jr. Ten opzichte van de referentieperiode lag de biogasproductie tijdens de monitoring 61% hoger. Ten opzicht van de nul-periode is de productie tijdens de monitoringsperiode met 53%. Dit is iets lager dan de beoogde toename van 60%.

Afhankelijk van het toetsingskader (de absolute productie, de toename ten opzicht van de referentie of de toename ten opzichte van de nul-periode) wordt het doel wel of niet behaald.

6.4.2 ELEKTRICITEIT

De absolute elektriciteitsproductie op RWZI Amersfoort is met 8.176 MWh_e lager dan de

beoogde 8.653 MWh_e. Wanneer de productie op andere zuiveringen meegenomen wordt, word wel voldaan aan de beoogde productie met een totaal van 8.907 MWh_e.

De toename van de elektriciteitsproductie op RWZI Amersfoort (108% toename) is fors hoger dan de beoogde toename van 79%. Wanneer hier ook de andere zuiveringen meegewogen worden daalt de totale toename naar 50%. Dit is fors lager dan de beoogde toename.

De productie in de nul-periode was bijna 900 MWh_e lager dan in de referentiesituatie. Wanneer de toename van de productie niet op de nul-periode maar op de referentiesituatie betrokken wordt is de electriciteitsproductie op RWZI Amersfoort met 69% gestegen.

Ook bij de elektriciteitsvoorziening is het toepassen van het referentiekader doorslaggevend in het wel of niet behalen van de gestelde technologische doelen.

6.4.3 WARMTE

Tijdens de nul-periode is de beschikbare warmte niet gemeten maar afgeleid met een aanname voor het thermische rendement van de bestaande WKK (30,6 %).

De warmte die wordt opgewekt in de WKK is in de nul-periode op basis van deze berekening 4.279 MWh_{th}. Dit is veel hoger dan de referentie situatie. Het is onbekend hoeveel warmte hiervan gebruikt wordt voor verwarming van de gisting, bedrijfsgebouwen, et cetera. Er is dus geen inschatting van de beschikbare restwarmte.

Tijdens de monitoring is aangenomen dat de WKK 0,927 kWh_{th} oplevert per kWh_e opgewekt. Dit levert een warmteproductie op van 7.579 MWh_{th} voor de monitoringsperiode, een toename ten opzichte van de nul-periode met 77%. Ten opzichte van de referentiesituatie is dit een toename van zelfs 127%.

Van de opgewekte warmte is voor Omzet.Amersfoort 3.706 MWh_{th} benodigd, exclusief de warmtevraag voor gebouwen. De beschikbare restwarmte is vervolgens 3.873 MWh_{th}. Deze warmte zou nuttig ingezet kunnen worden voor drogen. Dit verschilt van het uitgangspunt voor de droger, dit is het gevolg van de omrekening tussen 2017 (gegevens droger) en de monitoringsperiode.

De geproduceerde warmte in absolute zin is veel hoger dan de beoogde warmte. Indien alleen gekeken wordt naar de beschikbare warmte is deze aanzienlijk lager. Het is dus wederom afhankelijk van het toetsingskader of voldaan wordt aan de beoogde technologische doelen.

6.4.4 AANDEEL ZELFVOORZIENING

Voor zelfvoorziening is naast de opwekking van energie ook het energieverbruik van belang. Dit is echter niet expliciet opgenomen als technologisch doel en wordt dus via de mate van zelfvoorzienendheid meegewogen.

De mate van zelfvoorzienendheid in de nul-periode (58%) komt exact overeen met de referentiesituatie. Het percentage zelfvoorzienendheid is gestegen naar 98% tijdens de monitoringsperiode. Dit is een aanzienlijke toename, maar wel lager dan de beoogde 109%. Hierbij is alleen gekeken naar de zuivering Amersfoort en niet gecorrigeerd voor effecten op de andere zuiveringen. Indien alle zuivering meegeteld worden is er sprake van 44% zelfvoorziening in de nul-periode en van 61% zelfvoorziening in de monitoringsperiode.

De mate van zelfvoorzienendheid blijft achter bij het gestelde doel, met name wanneer naar het geheel van zuiveringen gekeken wordt. Op RWZI Amersfoort zelf is het verschil echter klein en het is mogelijk dat met verdere optimalisaties de mate van zelfvoorzienendheid gaat stijgen.

6.4.5 FOSFAATTERUGWINNING

De hoeveelheid teruggewonnen struviet is ongeveer 16.500 kg P/jaar. Dit komt overeen met 13% van het fosfaat in het influent en is fors lager dan de verwachte hoeveelheid. Het maximaal te behalen rendement dat in literatuur beschreven wordt, bedraagt ongeveer 40-50% van de influentvracht⁵. Wanneer ook het fosfaat in de externe slibben meegeteld wordt is de terugwinning 7,4%. Ten opzichte van het fosfaat dat in het centraat van de eindontwatering en het filtraat van de voorontwatering (dit fosfaat is beschikbaar voor terugwinnen) wordt 25,4% teruggewonnen (het rendement van de Pearl[®] installatie zelf is hoger gezien een deel van het centraat en filtraat niet behandeld wordt). Dit is erg laag vergeleken met de waarde van 90-95% die genoemd wordt in literatuur⁵.

De reden voor de beperkte hoeveelheid teruggewonnen fosfaat is de beperkte toevoer naar de Pearl[®] aangeboden. Deze installatie wordt sterk onderbelast. Er wordt dus niet aan de gestelde technologische doelen voldaan.

6.4.6 SLIBPRODUCTIE

De slibproductie is gedaald van 21.066 ton slibkoek in de nul-periode naar 16.487 ton slibkoek in de monitoringsperiode, een daling van bijna 22%. Hiermee wordt ruim voldaan aan zowel de beoogde afzet (22.000 ton slibkoek), als aan de gewenste procentuele daling (17%). Wanneer niet naar de nul-periode maar naar de referentiesituatie gekeken wordt is de daling nog veel sterker. Dit wordt met name veroorzaakt doordat de slibproductie in de referentiesituatie (26.500 ton slibkoek) veel hoger is ingeschat dan deze in de nul-periode daadwerkelijk was. Dit technologische doel wordt dus ruim gehaald.

6.4.7 OPERATIONELE KOSTEN

De operationele kosten zijn binnen de nul-periode en de monitoringsperiode niet vastgesteld.

6.4.8 SAMENVATTING

De verschillende aspecten zoals ze hierboven genoemd zijn staat samengevat in Tabel 6.2.

TABEL 6.2 SAMENVATTING REFERENTIESITUATIE EN BEOOGDE RESULTATEN MET DE RESULTATEN UIT DE NUL-PERIODE EN DE MONITORINGSPERIODE

Aspect	Subsidieaanvraag			Realisatie			Eenheid
	Referentie	Beoogd resultaat	Vershil	0-periode (feb14 t/m jan15)	Monitoring (okt16 - sep17)	Vershil	
Biogas	2,34	3,74	60%	2,46	3,77	53%	Mm ³ /jaar
Elektriciteit (uit WKK)	4.825.000	8.653.000	79%	3.939.871	8.175.831	108%	kWh _e /jaar
Warmte uit WKK	3.332.000	5.332.000	60%	4.278.823	7.578.995	77%	kWh _{th} /jaar
Energie zelfvoorzienendheid	58	109	88%	58	98	67%	%
P-terugwinning	0	128.480	80%	0	17.462	nb	kg P/jaar
Slib productie	26.500	22.000	-17%	21.066	16.487	-22%	ton/jaar
Operationele kosten*	3.571.000	3.051.000	-15%	NB	NB	NB	€/jaar

*) Operationele kosten zijn niet bepaald (NB).

Om de resultaten van de monitoring niet alleen met de tabel uit de LIFE-subsidie te kunnen vergelijken maar ook met andere onderzoeken, is in Tabel 6.3 een overzicht met meer verdieping gegeven.

TABEL 6.3

VERDIEPING VERGELIJKING NUL-PERIODE MET MONITORINGSFASE

Aspect	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
Biogas			
Biogas Amersfoort	2.460.733	3.765.930	Nm ³ /jaar
Biogas Nijkerk	750.335	403.609	m ³ /jaar
Biogas Soest	753.027	0	m ³ /jaar
Biogas Totaal	3.964.095	4.169.539	m ³ /jaar
Elektriciteit			
Amersfoort			
Elektriciteit inkoop	2.846.356	1.106.430	kWh _e /jaar
Elektriciteit teruggeleverd	31.937	908.856	kWh _e /jaar
Elektriciteit uit WKK	3.939.871	8.175.831	kWh _e /jaar
Elektriciteit totaal verbruik	6.754.290	8.373.406	kWh _e /jaar
Energie zelfvoorzienendheid (incl. extern slib)	58	98	%
Nijkerk			
Elektriciteit inkoop	1.066.924	1.287.925	kWh _e /jaar
Elektriciteit teruggeleverd	0	0	kWh _e /jaar
Elektriciteit uit WKK	950.488	731.544	kWh _e /jaar
Elektriciteit totaal verbruik	2.017.412	2.019.469	kWh _e /jaar
Energie zelfvoorzienendheid	47	36	%
Soest			
Elektriciteit inkoop	2.295.281	2.896.222	kWh _e /jaar
Elektriciteit teruggeleverd	0	0	kWh _e /jaar
Elektriciteit uit WKK	1.058.460	0	kWh _e /jaar
Elektriciteit totaal verbruik	3.353.741	2.896.222	kWh _e /jaar
Energie zelfvoorzienendheid	32	0	%
Woudenberg			
Elektriciteit inkoop	1.327.164	1.231.150	kWh _e /jaar
Amersfoort, Nijkerk, Soest en Woudenberg			
Elektriciteit uit WKK	5.948.818	8.907.375	kWh _e /jaar
Elektriciteit totaal verbruik	13.452.607	14.520.247	kWh _e /jaar
Energie zelfvoorzienendheid	44	61	%
Warmte Amersfoort			
Warmte uit WKK	4.278.823	7.578.995	kWh _{th} /jaar
Beschikbare restwarmte	-	3.872.699	kWh_{th}/jaar
Slib wat gedroogd kan worden met restwarmte	-	36	%
Biogas benodigd voor volledig drogen	-	27	%
Chemicaliënverbruik			
Biogas benodigd voor volledig drogen	-	27	%
Chemicaliënverbruik			
Metaaldosering Amersfoort			
Aluminium	0	54.304	kg Al/jaar
IJzer	204.776	114.216	kg Fe/jaar
Magnesium	0	23.652	kg Mg/jaar
Totale aanvoer P Amersfoort (inclusief slib)	215.353	222.033	kg P/jaar
Me:P verhouding	0,53	0,70	-

Aspect	Nul-periode	Monitoringsperiode	Eenheid
PE-dosering Amersfoort			
Indikking	17.887	5.875	kg PE/jaar
	5,8	4,6	g act PE/kg ds
Voorontwatering	0	14.101	kg PE/jaar
	0	1,3	g act PE/kg ds
Eindontwatering	160.073	117.297	kg P/jaar
	22,6	17,4	g act PE/kg ds
P terugwinning			
Amersfoort			
P vracht influent	126.840	124.953	kg P/jaar
P vracht retourstroom	64.066	38.003	kg P/jaar
P vracht teruggewonnen Amersfoort	0	17.462	kg P/jaar
P-terugwinning t.o.v. P vracht naar Amersfoort	0	7	
P-terugwinning t.o.v. influent Amersfoort	0	14	%
P-terugwinning t.o.v. influent Pearl	0	46	%
Amersfoort, Nijkerk, Soest en Woudenberg			
P vracht influent Nijkerk	37.230	29.114	kg P/jaar
P vracht influent Soest	47.085	46.178	kg P/jaar
P vracht influent Woudenberg	23.725	21.789	kg P/jaar
Totaal P vracht van de 4 RWZI's	234.880	222.033	kg P/jaar
P-terugwinning t.o.v. influent	0	8	%
Slib			
Slib productie (afvoer vanuit Amersfoort)	21.066	16.487	ton slibkoek/jaar

6.5 RANDVOORWAARDE: BEHOUD EFFLUENTKWALITEIT

Bij de te realiseren verbeteringen op het vlak van energie, P-terugwinning en slibproductie, is aangegeven dat dit geen verslechtering van de effluentkwaliteit tot gevolg mag hebben. De effluentkwaliteit lijkt enigszins verslechterd met betrekking tot CZV en stikstof waarbij opgemerkt moet worden dat het niet duidelijk is of de verhoging van de CZV waarde structureel is (zie paragraaf 3.7.2). Voor fosfaat en BZV is er geen verandering en de onopgeloste bestanddelen zijn verbeterd. Beoogde optimalisaties (zie paragraaf 4.3) moeten resulteren in het herstellen van de effluentkwaliteit door verbetering van de stikstofverwijdering in de deelstroom.

7

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden conclusies getrokken ten aanzien van het uitvoeren van de metingen en het opstellen van de balansen over de nul-periode en de monitoringsperiode, de gebruikerservaringen en het behalen van de beoogde doelen.

7.2 METINGEN EN BALANSEN

Het opstellen van sluitende massa-/nutriëntenbalansen op zuiveringen is erg lastig. Daarom is in het kader van dit project een uitgebreid bemonsterings- en analyseprogramma opgesteld en uitgevoerd, waarbij ook de retourstroom in detail is bemeten. Deze wordt normaliter beperkt bemonsterd maar is van groot belang om de werking van de zuivering goed te doorgronden.

Uit de opgestelde balansen blijkt dat enige afwijking niet te voorkomen is. Wat opvalt is dat de slibproductie van zowel primair slib als secundair slib niet eenvoudig exact te bepalen is. De verschillende methoden en gegevens geven verschillende hoeveelheden. Deze afwijking zit zowel in het bepalen van de hoeveelheid van het slib, als in de samenstelling ervan. Hierbij is de kern waarschijnlijk het nemen van representatieve monsters. Dit is voor slibstromen erg lastig.

Daarnaast is het vrijwel onmogelijk om bij complexe processen alle mogelijke procesconfiguraties goed te vatten in balansen die een geheel jaar omvatten. Met name incidentele stilstand van procesonderdelen en/of het gedeeltelijk verwerken van stromen veroorzaakt onzekerheden.

Uiteindelijk is het gelukt om op basis van de uitgebreide meetgegevens, in nauwe samenwerking met de bedrijfsvoerders en technologen, een goed beeld te schetsen van de zuivering Amersfoort, zowel in de nul-periode als in de monitoringsperiode.

7.3 GEBRUIKERSERVARINGEN

De gebruikerservaringen laten zien dat een goed doordacht ontwerp geen garantie is voor een goed werkende installatie. Er zijn altijd aspecten die van te voren anders ingeschat zijn/worden. Naar aanleiding van het in gebruik nemen van de installatie zijn een aantal procesonderdelen aangepast. Zo wordt bijvoorbeeld het primair slib niet meer via de bandindikers geleid, waar dat op andere locaties wel tot bevredigende resultaten leidt, en is de recirculatie over de LysoTherm[®] verlaagd.

Het blijkt ook dat procesonderdelen grote invloed op elkaar hebben en dat uitval van het ene onderdeel, (soms grote) gevolgen heeft op andere plaatsen in het proces, zowel in boven- als benedenstromen.

7.4 DOELEN EN REALISATIE

De mate waarin de doelen van het project Omzet.Amersfoort behaald zijn is beoordeeld op basis van meetdata tijdens de monitoringsperiode in vergelijking met de nul-periode en de referentiesituatie. De zuivering bevond zich tijdens de monitoring nog niet in de gewenste eindsituatie. Daarom zijn de bevindingen in deze fase nog onvoldoende om het volledige potentieel van de installatie te beoordelen. Belangrijkste hierin zijn de overbelaste DEMON® en het nog niet realiseren van bio-P in de beluchtingstanks op RWZI Amersfoort.

De energiebalans op RWZI Amersfoort is sterk verbeterd. Ook wordt, als alle zuiveringen meegeteld worden, meer energie opgewekt en stijgt de zelfvoorzienendheid. Om dit te kunnen bereiken wordt op de RWZI Amersfoort veel meer slib verwerkt. De ontwatering van slib is als gevolg van de nieuwe procesindeling verbeterd.

De fosfaatterugwinning heeft zich nog niet voldoende kunnen bewijzen. Er is veel minder fosfaat beschikbaar omdat er geen Bio-P gerealiseerd is en de toevoer naar de installatie wordt sterk beperkt vanwege de grote afwijkingen in centraat en filtraatsamenstelling van de voor- en eindontwatering. Doordat de afvoer van de fosfaatterugwinning gekoppeld is aan de deelstroombehandeling voor stikstof is de doorvoer door beide installaties gekoppeld. Onvoldoende capaciteit in de stikstofverwijdering resulteert daardoor in een beperkte terugwinning van fosfaat.

Met de beschikbare restwarmte op RWZI Amersfoort zou ruim een derde van het ontwaterde slib gedroogd kunnen worden.

Ten opzichte van de gestelde doelen ontstaat een gemengd beeld. Aan sommige doelen wordt voldaan, en aan anderen niet. Daarnaast is het behalen van de doelen sterk afhankelijk van het toe te passen referentiekader wat op voorhand niet duidelijk genoeg gesteld is.

7.5 AANBEVELINGEN

7.5.1 MONSTERNAME

Tijdens de nul-periode en de monitoringsperiode is van groot belang geweest dat er voldoende tijd en ruimte gegeven is om de monstername goed in te richten, zowel technisch (meters, monsternamekasten, monsterpuntcodes, et cetera) als praktisch (aanvragen analyses, voorge-drukte labels monsterpotten, duidelijkheid over de methode van bemonsteren). Het zo vroeg mogelijk starten met de daadwerkelijke bemonstering (voor aanvang van de officiële periode) geeft ruimte voor pionieren, het identificeren van gaten in de procedures en het ophelderen van onduidelijkheden. Dit heeft een sterk positieve invloed gehad op de kwaliteit van de gegevens.

7.5.2 BEOORDELING PROCES

In het proces zijn nog enkele optimalisatiestappen te maken. Het is daarom aan te bevelen om de belangrijke kernparameters uit de monitoring nogmaals vast te stellen als het proces wel draait zoals beoogd. Dit zal dan de echte winst van de nieuwe installatie laten zien.

7.5.3 ONTWERP

Door onderlinge afhankelijkheden zijn installatiedelen sterk van elkaar afhankelijk. Het is daarom van belang vooraf de onderlinge verbanden in beeld te brengen, en waar mogelijk deze verbanden te verbreken. Daarmee wordt onderlinge afhankelijkheid van de installatie-onderdelen zo veel mogelijk beperkt. Zo wordt voorkomen dat het niet optimaal functioneren

van een enkel procesonderdeel veroorzaakt dat veel meer procesonderdelen niet optimaal ingezet/benut kunnen worden.

Aannames hebben een grote impact op ontwerpkeuzes en de dimensionering van nieuwe procesonderdelen en de beoordeling van reeds bestaande onderdelen. Uit Omzet.Amersfoort is gebleken dat afwijkingen in het proces elkaar verderop in het proces versterken. In het ontwerp is bijvoorbeeld vastgesteld dat aanpassingen van de DEMON[®] niet noodzakelijk waren. Uit de praktijk blijkt dat er sprake is van een forse overbelasting waardoor het systeem aangepast moet worden. Ook blijken toepassingen die op de ene locatie wel werken, op de andere locatie niet te werken vanwege onvoorziene locatie specifieke oorzaken (bijvoorbeeld de mechanische indikking van primair slib). Een dergelijk groot project heeft dus te maken met aanzienlijke onzekerheden. Hier moet voldoende ruimte voor zijn.

Binnen de Energie- en Grondstoffenfabriek zijn alle procesonderdelen sterk verweven. Een goede integratie van alle onderdelen is noodzakelijk om maximaal rendement uit de installatie te halen. Het is daarom logisch uit te gaan van één integraal ontwerp, echter vanwege de toenemende onzekerheid in het proces is het ook wenselijk een stapsgewijze benadering te gebruiken waarin tijd en ruimte is voor het verifiëren van aannames. Daarnaast het aan te bevelen voldoende ruimte te hebben voor het opvangen van verstoringen in de sliblijn, zodat de biologische defosfatering en stikstofverwijdering niet meteen verstoord worden.

Indien slibdroging op de beschikbare restwarmte van RWZI Amersfoort toegevoegd wordt aan het proces, zijn fluctuaties in beschikbare warmte over het jaar, een juist ontwerp van de drooginstallatie en de integratie in het complexe proces op RWZI Amersfoort de belangrijkste aandachtspunten. Ook de financiële haalbaarheid inclusief afzet zal moeten worden bekeken.

7.5.4 BEDRIJFSVOERING

Gedegen onderhoud kan veel problemen voorkomen. Daarnaast is het van belang bestaande procesonderdelen goed te beoordelen. Zo gaf reeds aanwezig vuil in de gisting (bestaand) problemen in de LysoTherm[®] (nieuw). Het is daarom waardevol van te voren dergelijke risico's in kaart te brengen en indien noodzakelijk te adresseren.

Het in bedrijf nemen van een omvangrijke installatie stelt eisen aan de personele bezetting. Met name de opstart is een periode waarin veel geleerd wordt over een installatie. Het is daarom aan te bevelen dat bedrijfsvoerders en technologen voldoende tijd en ruimte krijgen om zich de installatie eigen te maken. Een forse uitbreiding van de installatie en/of het toevoegen van processtappen geeft veel extra werk met betrekking tot onderhoud en bedrijfsvoering. De technologieën die toegepast worden in de Energie- en Grondstoffenfabriek zijn vaak geavanceerd en sterk geautomatiseerd. Vaak wordt aangenomen dat dergelijke installaties dus met een minimum aan personele inzet kunnen worden bedreven. Dit is niet altijd waar, met name onderhoud van kritische procesonderdelen (bijvoorbeeld sensoren) vergt aandacht en tijd. Dit heeft consequenties voor de personele bezetting. Vaak leidt dit tot reactief beheer ("brandjes blussen") in plaats van proactief beheer. Voor RWZI Amersfoort is ongeveer 2 tot 3 FTE extra personeel benodigd vergeleken met voor de ombouw. Naast het aantal FTE-en speelt ook het opleidingsniveau een rol. De innovatieve technieken en de complexe installatie vragen een hoger opleidingsniveau van het bediend personeel.

BIJLAGE 1

BEMONSTERING EN ANALYSEPLAN TIJDENS DE NUL-PERIODE

Monsternamepunten

De volgende monsternamepunten zijn vastgesteld:

In de waterlijn:

- Influent na roostergoed;
- Verdeelwerk 2 (oploop selectoren);
- Afloop NBT 3;
- Afloop NBT 6;
- Totaal effluent.

Dit zijn allemaal monsternamekasten die debiet-/tijdproportionele monsters kunnen nemen.

In de sliblijn:

- Ingedikt primair slib;
- Ingedikt-surplusslib;
- Uitgegist slib;
- Extern slib;
- Oploop centrifuges.

Dit zijn allemaal monsternamepunten voor steekmonsters.

In combinatie met de monsters worden ook debieten bepaald om de balansen op te kunnen stellen. De volgende debietmeters zijn op RWZI Amersfoort aanwezig:

- afloop roostergoedverwijdering;
- oploop selector 2;
- afloop primair-slibpompen;
- ingedikt-primair slib;
- oploop bandindikkers;
- ingedikt-surplusslib;
- uitgegist slib;
- biogasproductie;
- extern slib;
- PE-dosering centrifuges;
- PE-dosering bandindikkers;
- IJzer- en aluminiumdoseringen.

Naast al deze meet- en monsterpunten beschikt de RWZI Amersfoort natuurlijk ook over een groot aantal online kwaliteitsmeters (O_2 , NH_4 , et cetera). De data hiervan zijn vooral van belang tijdens verstoringen zodat goed vastgesteld kan worden wat de mogelijke oorzaken zijn.

ANALYSEPLAN

Het analyseplan is hierna opgenomen. Naast de in de tabel genoemde metingen zijn ook alle data van online sensoren beschikbaar. Hiertoe horen naast de debietmetingen ook bijvoor-

beeld de zuurstof, ammonium-, nitraat-, fosfaat-, troebelheids- en drogestofmetingen (opsomming niet uitputtend).

Meetpunt	Analyse	Frequentie (x per jaar)	Type monster	Type analyse
Influent	Debiet	Continu	-	Online
	Kj-N	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	NOx	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	P	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	BZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	CZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	SS	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
Afloop VBT	Debiet	Continu	-	Online
	Kj-N	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	NOx	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	P	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	BZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	CZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	SS	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
Effluent	Debiet	Continu	-	Rekenkundig
	Kj-N	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	NOx	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	P	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	BZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	CZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	SS	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
Overloop primair slib indikker	Debiet	Continu	-	Rekenkundig
	Kj-N	52	24 uur, tijdproportioneel	Labanalyse
	NOx	52	24 uur, tijdproportioneel	Labanalyse
	P	52	24 uur, tijdproportioneel	Labanalyse
	BZV	52	24 uur, tijdproportioneel	Labanalyse
	CZV	52	24 uur, tijdproportioneel	Labanalyse
	SS	52	24 uur, tijdproportioneel	Labanalyse
Oploop DEMON	Debiet	Continu	-	Online
	Kj-N	52	Steekmonster	Labanalyse
	NOx	52	Steekmonster	Labanalyse
	P	52	Steekmonster	Labanalyse
	BZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	CZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	SS	52	Steekmonster	Labanalyse
Afloop DEMON	Kj-N	52	Steekmonster (NH4 online)	Labanalyse
	NOx	52	Steekmonster, online meting	Labanalyse
	P	52	Steekmonster	Labanalyse
	BZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	CZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	SS	52	Steekmonster	Labanalyse
Primair slib	Debiet	Continu	-	Online
	% DS	52	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	52	Steekmonster	Labanalyse
	% N	52	Steekmonster	Labanalyse
	% P	52	Steekmonster	Labanalyse

Meetpunt	Analyse	Frequentie (x per jaar)	Type monster	Type analyse
Secundair slib	Debiet	Continu	-	Online
	% DS	52	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	52	Steekmonster	Labanalyse
	% N	52	Steekmonster	Labanalyse
	% P	52	Steekmonster	Labanalyse
Extern slib	Debiet	Continu	-	Online
	% DS	12	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	12	Steekmonster	Labanalyse
	% N	12	Steekmonster	Labanalyse
	% P	12	Steekmonster	Labanalyse
Uitgegist slib	Debiet	Continu	-	Online
	% DS	12	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	12	Steekmonster	Labanalyse
	% N	12	Steekmonster	Labanalyse
	% P	12	Steekmonster	Labanalyse
Ontwaterd slib	Debiet/Afvoer	Online/Uitlezen	-	Online/Handmatig
	% DS	12	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	12	Steekmonster	Labanalyse
	% N	12	Steekmonster	Labanalyse
	% P	12	Steekmonster	Labanalyse
Energie	Verbruik	Wekelijks	Uitlezen	Dagtotaal
	Opwekking	Wekelijks	Uitlezen	Dagtotaal
	Inkoop	Wekelijks	Uitlezen	Dagtotaal
Chemicaliën	Verbruik	4	Uitlezen	Kwartaaltotaal
Biogas	Productie	Continu	-	Online
	Kwaliteit	Continu	-	Online
Gebruiker	Ervaringen	2	-	Interview

BIJLAGE 2

BEMONSTERING EN ANALYSEPLAN TIJDENS DE MONITORING PERIODE

MONSTERNAMEPUNTEN

De volgende monsternamenpunten, relevant voor de monitoring, zijn geregistreerd:

In de waterlijn (DEMON[®] en Pearl[®] worden gerekend tot de waterlijn):

- Influent na roostergoed;
- Verdeelwerk 1 (oploop voorbezinktanks);
- Verdeelwerk 2 (oploop selectoren);
- Vuilwatergemaal 1 en 2;
- Afloop voorbezinktanks;
- Beluchtingstank 1 en 2;
- Toevoer voorbehandeling DEMON[®];
- Afvoer voorbehandeling DEMON[®];
- Afloop DEMON[®] zonder spuislib;
- Afloop DEMON[®] met spuislib;
- Toevoer filtraat Pearl[®];
- Toevoer centraat Pearl[®];
- Afloop Pearl[®];
- Afloop nabezinktanks;
- Oplloop zandfilters;
- Totaal effluent.

Dit zijn gedeeltelijk monsternamenkasten die debiet/tijdproportionele monsters kunnen nemen en gedeeltelijk punten waar steekmonsters genomen kunnen worden.

In de sliblijn:

- Primair slib;
- Ingedikt primair slib;
- Surplusslib;
- Ingedikt surplusslib;
- Ingedikt slib na WASSTRIP[®];
- Inhoud gistingstank 1, 2 en 3;
- Uitgegist slib totaal;
- Aangevoerd extern slib;
- Oplloop centrifuges;
- Afvoer slib.

Dit zijn allemaal monsternamenpunten voor steekmonsters.

In combinatie met de monsters worden ook debieten bepaald om de balansen op te kunnen stellen. De volgende (voor de balans relevante) debietmeters zijn op RWZI Amersfoort aanwezig:

- afloop roostergoedverwijdering;
- primair slib (tweemaal, VBT 1 en 2);
- surplusslib (tweemaal, straat 1 en 2);
- toevoer zandfilter 1 – 4 en toevoer zandfilter 5 – 8;
- vuil spoelwater zandfilter;
- ijzerchloride- en aluminiumchloridedosering waterlijn;
- ijzerchloridedosering zandfilter;
- toevoer DEMON[®];
- surplusslib DEMON[®];
- toevoer filtraat Pearl[®];
- toevoer centraat Pearl[®];
- afvoer Pearl[®];
- dosering magnesiumchloride Pearl[®] (tweemaal);
- dosering natronloog Pearl[®] (driemaal);
- oploop bandindikker 1 en 2;
- afloop bandindikker 1 en 2;
- lospunten extern slib WASSTRIP[®] (tweemaal);
- oploop zeefbandpers 1 en 2;
- afloop zeefbandpersen;
- polymeerdosering bandindikers (tweemaal);
- polymeerdosering zeefbandpersen (tweemaal);
- lospunt extern slib slibverdeling;
- biogasproductie;
- debietmeting thermische drukhydrolyse (driemaal);
- biogas naar gasfakkel;
- biogas naar gasmotoren (driemaal);
- biogas naar gasmotoren (driemaal);
- toevoer centrifuges (tweemaal);
- PE-dosering centrifuges (tweemaal)).

Naast al deze meet- en monsterpunten beschikt de RWZI Amersfoort natuurlijk ook over een groot aantal online kwaliteitsmeters (O_2 , NH_4 , et cetera). De data hiervan zijn vooral van belang tijdens verstoringen zodat goed vastgesteld kan worden wat de mogelijke oorzaken zijn.

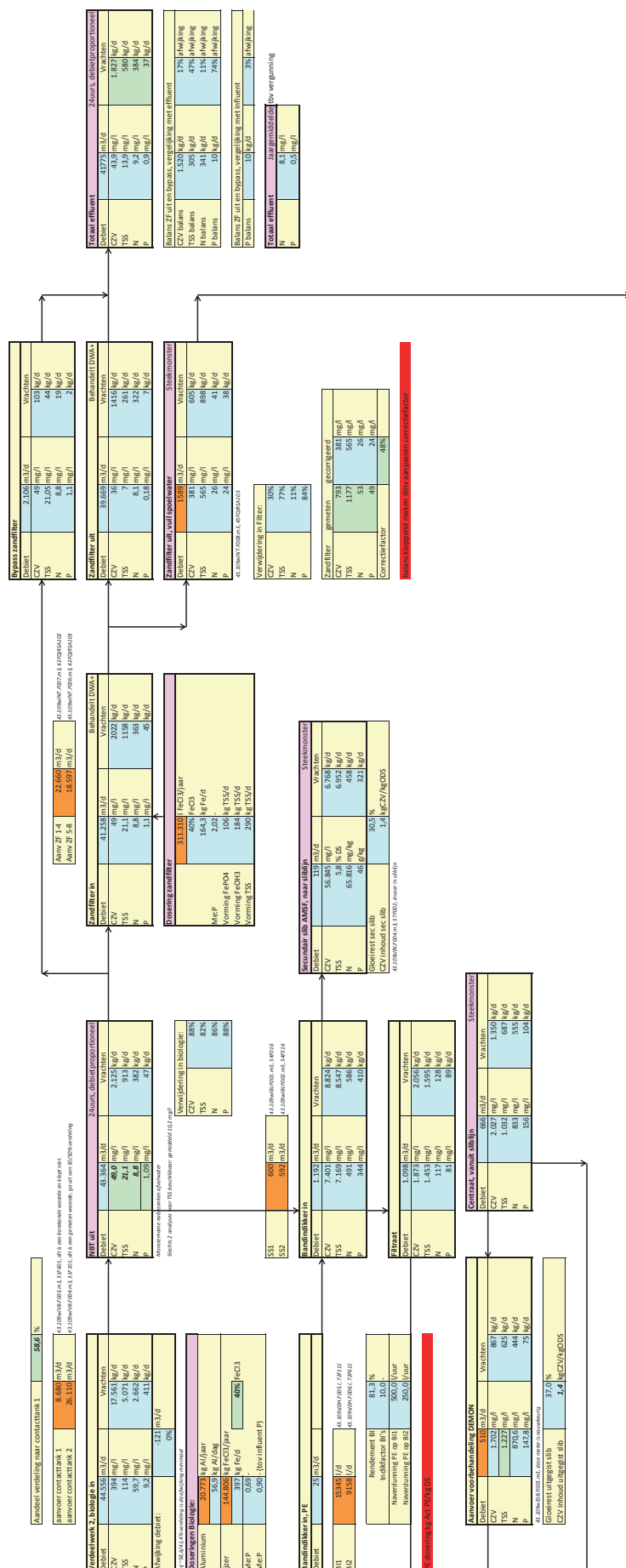
ANALYSEPLAN

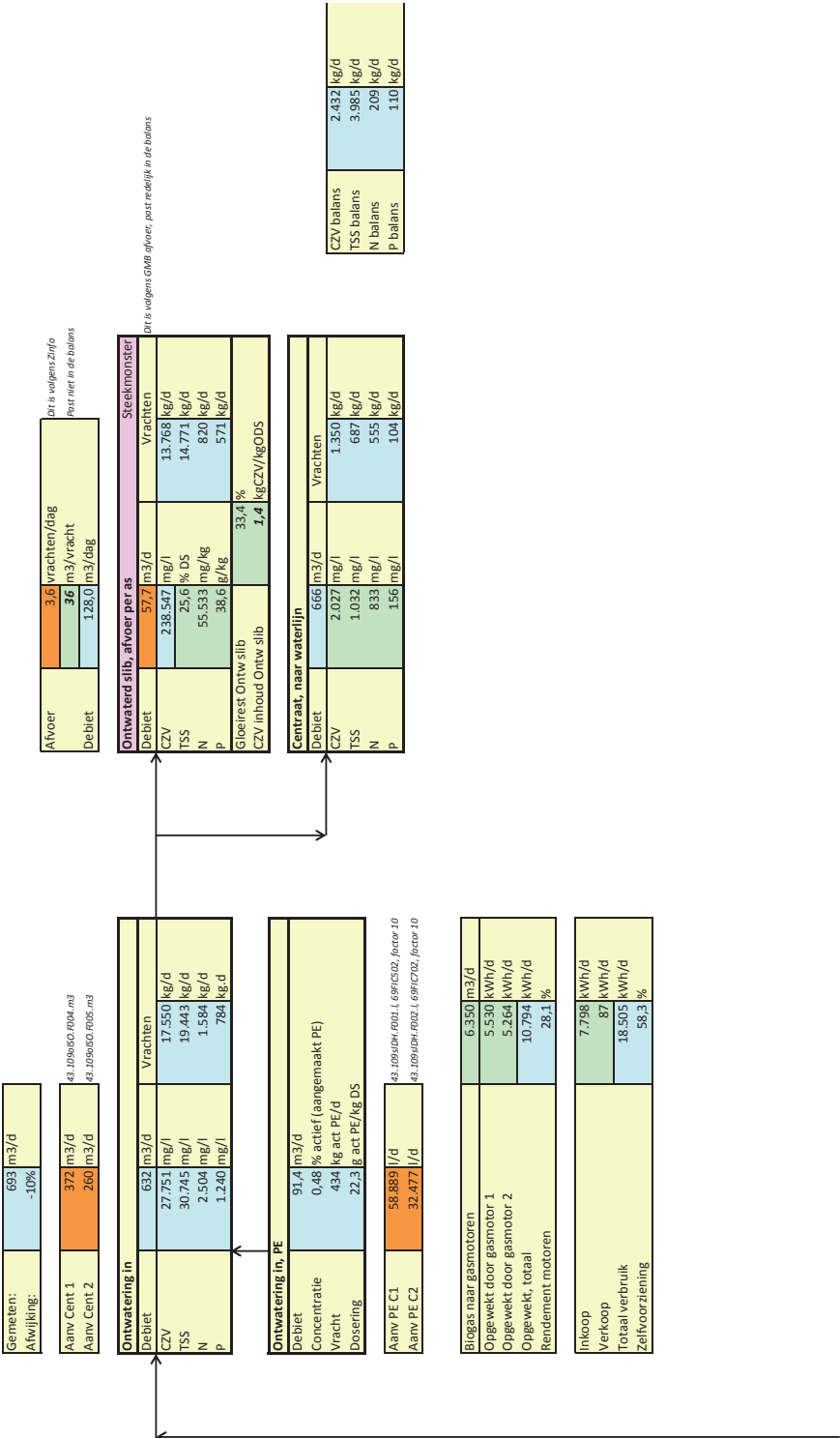
Het analyseplan is hierna opgenomen. Naast de in de tabel genoemde metingen zijn ook alle data van online sensoren beschikbaar. Hiertoe horen naast de debietmetingen ook bijvoorbeeld de zuurstof-, ammonium-, nitraat-, fosfaat-, troebelheids- en drogestofmetingen (opsomming niet uitputtend).

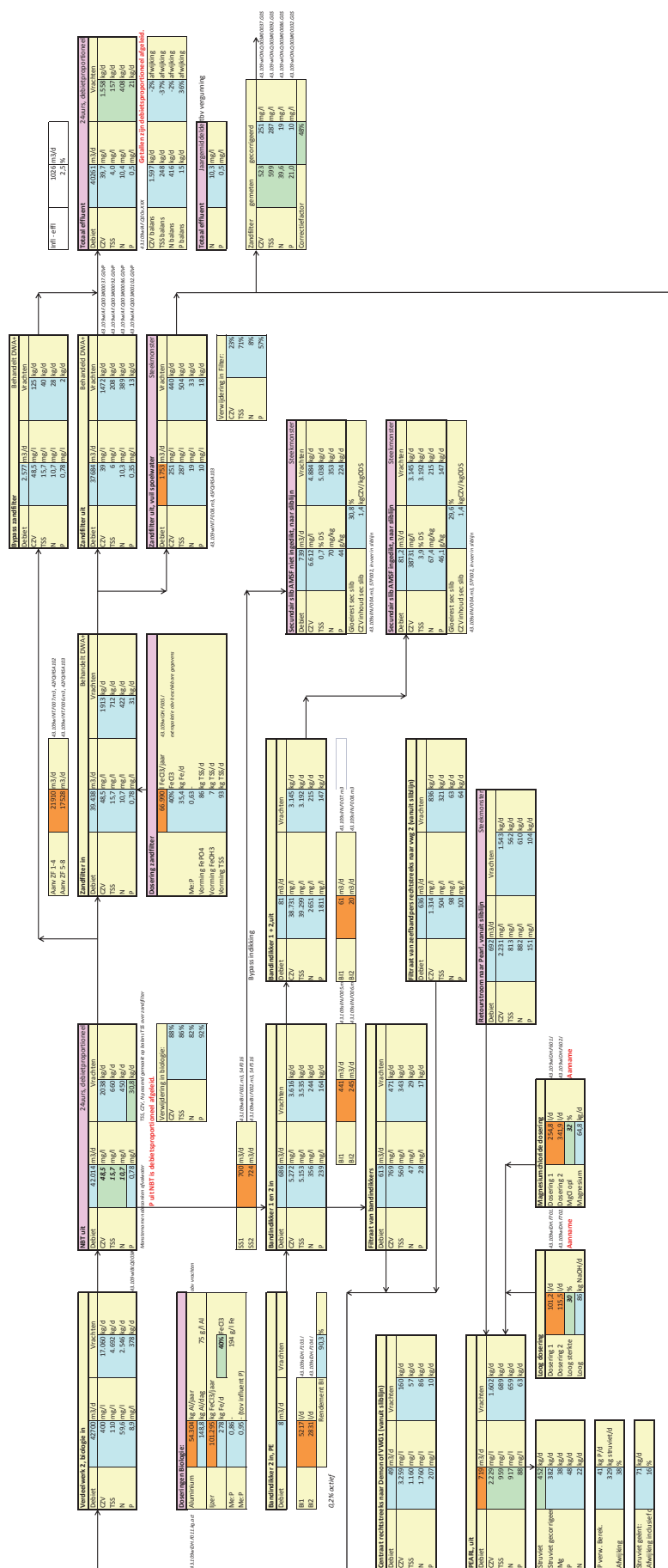
Meetpunt	Analyse	Frequentie (x per jaar)	Type monster	Type analyse
Influent	Debiet	Continu	-	Online
	Kj-N	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	NOx	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	P	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	BZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	CZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	SS	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
Afloop VBT	Debiet	Continu	-	Online
	Kj-N	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	NOx	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	P	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	BZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	CZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	SS	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
Effluent	Debiet	Continu	-	Rekenkundig
	Kj-N	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	NOx	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	P	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	BZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	CZV	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
	SS	60	24 uur, debietproportioneel	Labanalyse
Vuilwatergemaal 1 overloop bandindikers en primaïr slibindikker	Debiet	Continu	-	Rekenkundig
	Kj-N	52	Steekmonster	Labanalyse
	NOx	52	Steekmonster	Labanalyse
	P	52	Steekmonster	Labanalyse
	BZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	CZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	SS	52	Steekmonster	Labanalyse
Vuilwatergemaal 2 overloop bandindikers en primaïr slibindikker	Debiet	Continu	-	Rekenkundig
	Kj-N	52	Steekmonster	Labanalyse
	NOx	52	Steekmonster	Labanalyse
	P	52	Steekmonster	Labanalyse
	BZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	CZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	SS	52	Steekmonster	Labanalyse
Oploop Pearl, filtraat	Debiet	Continu	-	Online
	Kj-N	52	Steekmonster	Labanalyse
	NOx	52	Steekmonster	Labanalyse
	P	52	Steekmonster	Labanalyse
	BZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	CZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	SS	52	Steekmonster	Labanalyse
Oploop Pearl, centraat	Debiet	Continu	-	Online
	Kj-N	52	Steekmonster	Labanalyse
	NOx	52	Steekmonster	Labanalyse
	P	52	Steekmonster	Labanalyse
	BZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	CZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	SS	52	Steekmonster	Labanalyse

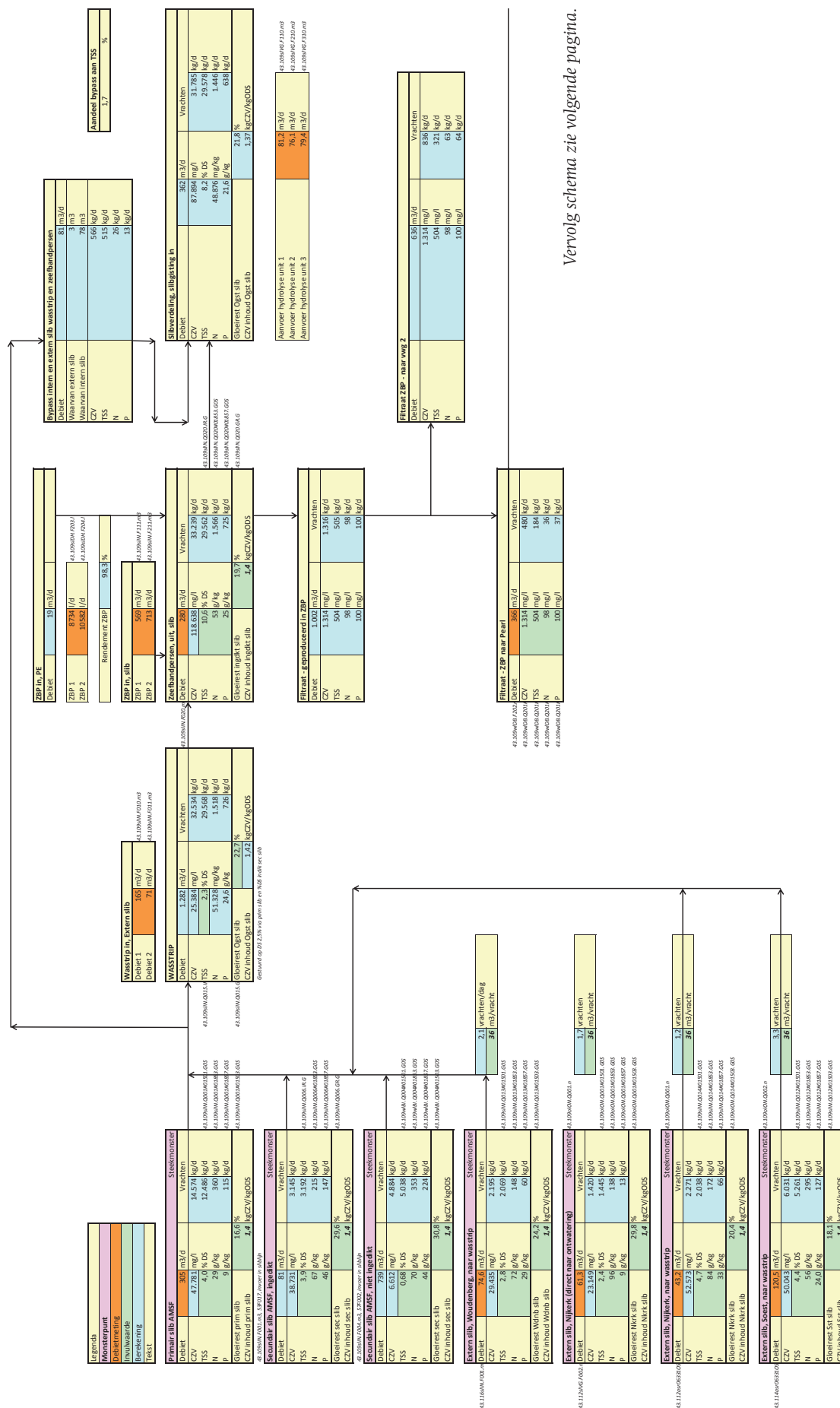
Meetpunt	Analyse	Frequentie (x per jaar)	Type monster	Type analyse
Afloop Pearl/	Debiet	Continu	-	Online
Oploop DEMON	Kj-N	52	Steekmonster	Labanalyse
	NOx	52	Steekmonster	Labanalyse
	P	52	Steekmonster	Labanalyse
	BZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	CZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	SS	52	Steekmonster	Labanalyse
Afloop DEMON	Kj-N	52	Steekmonster (NH4 online)	Labanalyse
exclusief spuislib	NOx	52	Steekmonster, online meting	Labanalyse
	P	52	Steekmonster	Labanalyse
	BZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	CZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	SS	52	Steekmonster	Labanalyse
Afloop DEMON	Kj-N	52	Steekmonster (NH4 online)	Labanalyse
inclusief spuislib	NOx	52	Steekmonster, online meting	Labanalyse
	P	52	Steekmonster	Labanalyse
	BZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	CZV	52	Steekmonster	Labanalyse
	SS	52	Steekmonster	Labanalyse
Primair slib	Debiet	Continu	-	Online
	% DS	52	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	52	Steekmonster	Labanalyse
	% N	52	Steekmonster	Labanalyse
	% P	52	Steekmonster	Labanalyse
Secundair slib	Debiet	Continu	-	Online
	% DS	52	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	52	Steekmonster	Labanalyse
	% N	52	Steekmonster	Labanalyse
	% P	52	Steekmonster	Labanalyse
Extern slib	Debiet	Continu	-	Online
	% DS	12	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	12	Steekmonster	Labanalyse
	% N	12	Steekmonster	Labanalyse
	% P	12	Steekmonster	Labanalyse
Ingedikt slib (na BI)	Debiet	Continu	-	Online
	% DS	12	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	12	Steekmonster	Labanalyse
	% N	12	Steekmonster	Labanalyse
	% P	12	Steekmonster	Labanalyse
Ingedikt slib (na ZBP)	Debiet	Continu	-	Online
	% DS	12	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	12	Steekmonster	Labanalyse
	% N	12	Steekmonster	Labanalyse
	% P	12	Steekmonster	Labanalyse
Uitgestigt slib	Debiet	Continu	-	Online
	% DS	12	Steekmonster	Labanalyse

Meetpunt	Analyse	Frequentie (x per jaar)	Type monster	Type analyse
Ontwaterd slib	% ods	12	Steekmonster	Labanalyse
	% N	12	Steekmonster	Labanalyse
	% P	12	Steekmonster	Labanalyse
	Debiet/Afvoer	Online/Uitlezen	-	Online/Handmatig
	% DS	12	Steekmonster	Labanalyse
	% ods	12	Steekmonster	Labanalyse
	% N	12	Steekmonster	Labanalyse
	% P	12	Steekmonster	Labanalyse
Energie	Verbruik	Wekelijks	Uitlezen	Dagtotaal
	Opwekking	Wekelijks	Uitlezen	Dagtotaal
	Inkoop	Wekelijks	Uitlezen	Dagtotaal
Chemicaliën	Verbruik	4	Uitlezen	Kwartaaltotaal
Biogas	Productie	Continu	-	Online
	Kwaliteit	Continu	-	Online
Gebruiker	Ervaringen	2	-	Interview

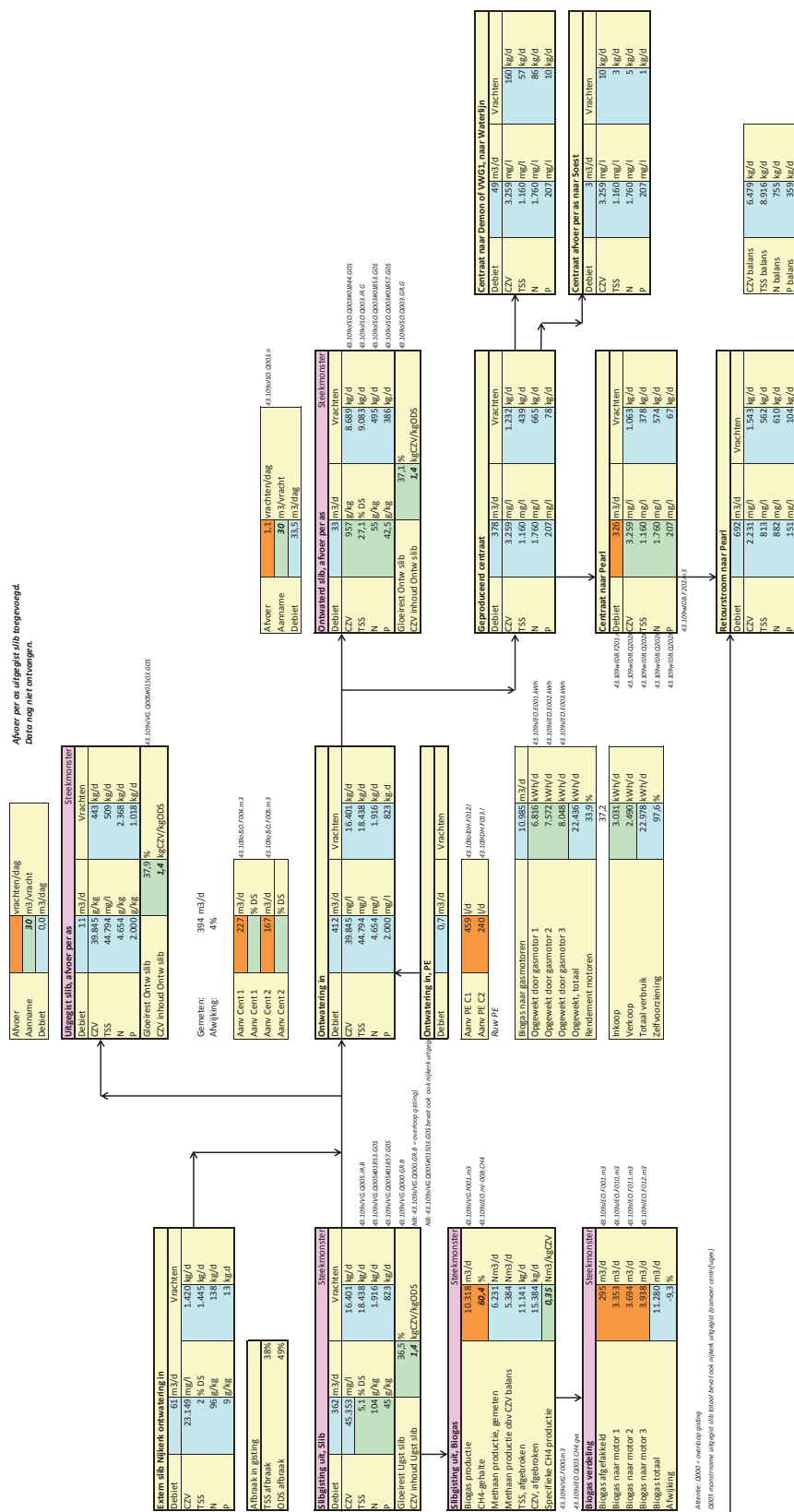








Vervolgschema zie volgende pagina.



BIJLAGE 5

EXTRA GRAFIEKEN EN TABELLEN BIJ DE RESULTATEN

INFLUENT

In de onderstaande grafieken is het verloop van de analyses van het influent van RWZI Amersfoort weergegeven tijdens beide periodes, waarbij de nul-periode van 1 februari 2014 t/m 31 januari 2015 liep en de monitoringsperiode van 1 oktober 2016 t/m 30 september 2017.

