

# ACTIEVER ACTIEF SLIB, ONDERZOEK MET ZEEFBOCHT OP RWZI OMMEN



RAPPORT

2020  
33

ACTIEVER ACTIEF SLIB, ONDERZOEK  
MET ZEEFBOCHT OP RWZI OMMEN

**RAPPORT**

2020

**33**

ISBN 978.90.5773.903.3



# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Patricia Clevering-Loeffen (Sweco)  
Christa Morgenschweis (Sweco, thans Waternet)  
Bas Meijer (ASM Design)

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Cora Uijterlinde (STOWA)  
Jeffrey den Elzen (Hoogheemraadschap van Rijnland)  
Meinard Eekhof (Waterschap Vechtstromen)  
Ivor Rohof (Waterschap Vechtstromen)  
Chris Reijken (Waternet)  
Robert Kras (Waterschap Aa en Maas)  
George Zoutberg (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)  
Ad de Man (Waterschapsbedrijf Limburg)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau  
STOWA STOWA 2020-33  
ISBN 978.90.5773.903.3

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

## **PRAKTIJKPROEF OP DE RWZI OMMEN MET SLIBZEVEN VOOR CELLULOSEPRODUCTIE EN EEN BETERE EFFLUENTKWALITEIT**

De voorspelde verandering van het klimaat leidt binnen de waterschappen tot hernieuwde aandacht voor energie en duurzaamheid. Het terugwinnen van grondstoffen is een van de manieren waarop de waterschappen hieraan willen bijdragen.

Cellulose is één van de grondstoffen die potentieel kan worden teruggewonnen. Ons afvalwater bevat veel wc-papier wat normaal gesproken op een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi) met het zuiveringsslib wordt afgevoerd. Op een aantal rwzi's in Nederland is inmiddels een fijnzeefinstallatie gerealiseerd die zeefgoed uit het influent zeft. Dit zeefgoed bestaat voor een aanzienlijk deel uit cellulosevezel.

De fluctuaties in het influent brengen uitdagingen in de procesvoering van de fijnzeven met zich mee. Hierdoor ontstond het idee om cellulose uit de actiefslibtank te zeven in plaats vanuit het influent, zodat er met een constant en veel lager toevoerdebiet naar de zeef kan worden gewerkt. Het zeven van het actief slib kan ook andere voordelen met zich meebrengen voor het zuiveringsproces, zoals minder inert materiaal (waaronder cellulose) in de beluchting, waardoor bij gelijkblijvende procesomstandigheden meer ruimte ontstaat voor het biologische proces en het actief slib als het ware actiever wordt.

Er zijn eerst succesvol verkennende handzeefproeven uitgevoerd met actief slib, waarna Waterschap Vechtstromen, Hoogheemraadschap van Rijnland en Waterschapsbedrijf Limburg de handen ineen hebben geslagen om samen met STOWA een full scale onderzoek op RWZI Ommen in te richten met twee zeefbochten en de installatie één jaar lang te monitoren. Ook is een model van de rwzi opgezet om vooraf de resultaten te voorspellen.

In dit rapport zijn de resultaten van deze monitoring beschreven en geëvalueerd. Daarnaast zijn gebruikerservaringen geïnventariseerd en is een vertaling van de resultaten van het onderzoek en de modellering naar een businesscase gemaakt. Het slibzeven geeft de mogelijkheid om de slibleeftijd te verhogen en leidt in hoogbelaste situaties tot een verbeterde effluentkwaliteit. De lessen uit dit full scale onderzoek kunnen worden gebruikt bij het toepassen van een zeefinstallatie op actief slib op andere rwzi's.

Joost Buntsma  
Directeur STOWA

# SAMENVATTING

## INLEIDING EN ONDERZOEKSDOELEN

In Nederland is al enige ervaring opgedaan met fijnzeven op het influent van een rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi). Het doel van een dergelijke installatie is om de biologie te ontlasten met bijkomend voordeel de mogelijkheid om cellulose als grondstof terug te winnen. De fluctuaties in het influent brengen uitdagingen in de procesvoering van de fijnzeven met zich mee. Hierdoor ontstond het idee om cellulose uit de actiefslibtank te zeven, zodat er met een constant en lager toevoerdebiet naar de zeef kan worden gewerkt.

Het zeven van het actief slib kan ook andere voordelen met zich meebrengen voor het zuiveringsproces, zoals minder inert materiaal (waaronder cellulose en haren) in de beluchting, waardoor bij gelijkblijvende procesomstandigheden er meer ruimte ontstaat voor het biologische proces en het energieverbruik afneemt.

Zeefbochten kunnen voor meerdere situaties worden toegepast, waarbij de twee uiterste scenario's zijn:

- Scenario 1 'Het actievere actiefslibproces', waarbij de belasting van een bestaand proces kan worden verhoogd danwel de effluentkwaliteit bij gelijkblijvende belasting kan worden verbeterd. Dit scenario is gekozen voor de uitwerking van de businesscase in dit rapport.
- Scenario 2 'Het verlagen van het slibgehalte bij gelijke prestatie', waarbij van een bestaand proces de ds belasting van de nabezinking kan worden verlaagd bij gelijkblijvende effluentkwaliteit en mogelijk ook het energieverbruik te verlagen. Dit scenario is gekozen voor het praktijkonderzoek op RWZI Ommen gezien de vergaande zuivering die nu al plaatsvindt.

Gedurende anderhalf jaar is op RWZI Ommen, Waterschap Vechtstromen, een full-scale-onderzoek uitgevoerd met twee zeefbochten. Hierbij is eerst gebruikgemaakt van een parallelle opstelling en vervolgens van een cascade opstelling. De doelen van dit onderzoek zijn het verkrijgen van inzicht in:

1. Het effect op het biologische deel van het zuiveringsproces.
2. De hoeveelheid en kwaliteit van het geproduceerde zeefgoed.
3. De bedrijfsvoeringsaspecten van de zeefbocht en de rwzi.

Naast het full scale-onderzoek, is gebruik gemaakt van een actiefslibmodel waarmee het effect van de verwijdering van inert materiaal uit actief slib op het biologische deel van het zuiveringsproces is gesimuleerd. De resultaten uit de modellering en het full-scale-onderzoek zijn gebruikt voor het uitwerken van een eenvoudige businesscase.

## OPZET ONDERZOEK

RWZI Ommen heeft een ontwerpcapaciteit van 26.500 i.e. à 150 g TZV en is gebouwd volgens het BCFS-principe (Biologisch Chemische Fosfaat- en Stikstofverwijdering), waarbij de chemicaliëndosering niet wordt gebruikt. Op de zuivering zijn naast huishoudens, ook industrieën (relatief groot aandeel) en campings aangesloten. De rwzi bestaat uit één zuiveringsstraat en de sliblijn bestaat uit een slibindikker en slibopslag.

De zeefbocht-installatie is op een brug over de aeratietank gerealiseerd en onttrekt met pompen het actiefslib uit de tank. Het filtraat valt terug in de aeratietank en het zeefgoed wordt met een schroef afgevoerd naar een container. Aanvankelijk werd het zeefgoed geperst, maar door problemen in de bedrijfsvoering van de pers, is de pers verwijderd en is het zeefgoed vanuit de container naar de slibopslag gebracht. De spleetwijdte van de zeefbochten is 0,5 mm. De parallelle opstelling is gedurende één jaar (2017) intensief bemonsterd. In dat jaar zijn drie fases te onderscheiden, waarbij de 1<sup>e</sup> periode niet representatief is door verstoringen, de 2<sup>e</sup> periode de zeefbochtinstallatie continu op 20 m<sup>3</sup>/h heeft gedraaid en de 3<sup>e</sup> periode continu op 80 m<sup>3</sup>/h, zie figuur x.

Bij de cascade opstelling is de installatie aangepast en is tweede zeefbocht met een fijnere zeef (0,3 mm) achter de eerste geplaatst. Het filtraat van de eerste zeefbocht is daarbij over de tweede zeefbocht geleid. In de periode maart tot en met juni 2019 is deze bemonsterd op hoeveelheid en samenstelling van het zeefgoed. In het cascade onderzoek heeft de opstelling bij drie aanvoerdebieten gedraaid, te weten 10, 20 en 30 m<sup>3</sup>/h.

FIGUUR 11 BEKNOPT OVERZICHT PILOT ONDERZOEK

Periode	2016												2017												2018				2019									
	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jan	feb	mrt	apr	mei	jun								
Opstelling zeefbochten	parallel												parallel												cascade				cascade									
Maaswijdte zeef	Zeef 1: 0,5 mm Zeef 2: 0,5 mm												Zeef 1: 0,5 mm Zeef 2: 0,5 mm												Zeef 1: 0,5 mm Zeef 2: 0,3 mm				Zeef 1: 0,5 mm Zeef 2: 0,3 mm									
Hydraulische belasting zeefbochten	1 <sup>e</sup> periode niet representatief												2 x 10 m <sup>3</sup> /h												2 x 40 m <sup>3</sup> /h				10 m <sup>3</sup> /h						20 m <sup>3</sup> /h		30 m <sup>3</sup> /h	
Bemonsteringsprogramma	intensief												intensief												intensief				beperkt									
Model berekeningen	Quick Scan, Standaard model												Quick Scan, Standaard model												Verbeterd model				Verbeterd model									

## RESULTATEN EN TUSSENCONCLUSIES

Na toetsing van de modelberekeningen met het praktijkonderzoek is geconcludeerd dat de standaard actiefslibmodellen, in dit geval IAWQ in Biowin 5.3, niet zijn toegerust om het effect van het slibzeven goed te kunnen beschrijven. Vandaar dat het model voor de business-case berekeningen is aangepast met een extra inerte influentfractie en een afbraakproces voor cellulose in de actiefslibtank.

### 1. INZICHT IN HET EFFECT OP HET BIOLOGISCHE DEEL VAN HET ZUIVERINGSPROCES

#### Scenario 1 'Het actievere actiefslibproces'

In het modelmatig doorgerekende scenario kan in een hoog belaste zuivering in kritische omstandigheden door het toepassen van zeven de effectieve sibleeftijd van de nitrificeerders worden verlengd en kan, afhankelijk van de actuele sibleeftijd, de effluentconcentratie van ammonium met 30-50% omlaag worden gebracht.

#### Scenario 2 'Het verlagen van het slibgehalte bij gelijke prestatie'

Uit de resultaten van de effluentconcentraties kan worden geconcludeerd dat de zeefbochten (zoals verwacht) weinig effect hebben op de effluentkwaliteit, de stikstof- en fosfaatconcentraties waren en blijven tijdens het onderzoek laag op RWZI Ommen.

De slibkwaliteit in de actiefslibtank (AT) verandert, door het toepassen van zeefbochten, licht tijdens de onderzoeksperiode, de gloeirest neemt licht toe, het droge stofgehalte daalt licht en de SVI blijft gelijk. Of de verhoogde gloeirest alleen toe te schrijven is aan de implementatie van de zeefbochten is niet zeker, mogelijk speelt hogere slibmineralisatie bij hogere temperatuur (ook) een rol. De slibproductie (slib + zeefgoed) blijft over het gehele jaar constant qua ds-vracht, de gloeirest stijgt net als in de AT licht.

Het energieverbruik van de beluchting daalt licht. Dit zou een beperkt effect van de toepassing van de zeefbochten kunnen zijn, een duidelijke conclusie over het effect is echter niet te trekken.

## 2. DE HOEVEELHEID EN KWALITEIT VAN HET GEPRODUCEERDE ZEEFGOED

Bij een toevoer van 20 m<sup>3</sup>/h is gemiddeld 118 kg ds zeefgoed/d afgevangen met de parallelle zeefbochten. Bij een verhoogde toevoer naar de zeefbochten (80 m<sup>3</sup>/h) is dit met gemiddeld 111 kg ds zeefgoed/d iets lager. Hieruit kan worden afgeleid dat niet zo zeer de hydraulische belasting (binnen de variatie 20 – 80 m<sup>3</sup>/h) van de zeefbocht bepalend is voor de hoeveelheid afgevangen zeefgoed, maar meer de spleetwijdte van de zeef in combinatie met de fractionering van CZV en droge stof in het influent.

De zeefgoedproductie op basis van drogestof ten opzichte van de spuislibproductie was ongeveer 10% (bij 20 m<sup>3</sup>/h) tot 15% (bij 80 m<sup>3</sup>/h).

Het zeefgoed is goed ontwaterbaar; bij toepassing van een pers is een droge stofgehalte van 35% gerealiseerd. Ook is het gloeirest in het zeefgoed (9 - 9,4%) lager dan in het actief slib (16,7 - 20,5%), wat zou betekenen dat organisch materiaal (zoals cellulose) verhoudingsgewijs meer wordt afgevangen door de zeefbocht dan anorganisch materiaal. Testen op nitrificatieactiviteit van het zeefgoed bewijzen dat het zeefgoed nauwelijks tot geen bacteriën bevat.

De vezelmetingen geven aan dat er vezels worden afgevangen met het zeefgoed. Het zeefgoed-ds bevat ongeveer 42 - 51% aan vezels. Ter vergelijking: het influent-ds bevatte 39% aan vezels. Het overgrote aandeel van de vezels in het influent is cellulose (84%) , in het zeefgoed is dit ongeveer 12 - 23% (overige vezels zijn hemicellulose en lignine).

Een aanvullend onderzoek laat zien dat wanneer het filtraat van de zeefbochten op RWZI Ommen met een handschudzeef (spleetwijdte 0,4 mm) nog verder wordt gezeefd, er minstens 50% extra aan zeefgoed-ds kan worden afgevangen. Het onderzoek met de cascade opstelling bevestigt dit, waarbij per m<sup>3</sup> aangevoerd naar de zeefbocht minimaal 70% meer zeefgoed ds is afgevangen dan tijdens de parallelle opstelling. Microscopische beelden laten zien dat het zeefgoed uit de schudproef en de fijnere zeef van de cascade opstelling veel vezels bevat en relatief zuiver is.

## 3. DE BEDRIJFSVOERINGSASPECTEN VAN DE ZEEFBOCHT (PARALLELE OPSTELLING)

Samengevat kan worden gesteld dat de zeefbochten zeer weinig aandacht van de bedrijfsvoerders vragen. Het systeem is robuust (weinig storingen, weinig onderhoud) en makkelijk te bedienen. Ondanks de veel hogere belasting, is er een minimaal verschil tussen de bedrijfsvoering bij 20 m<sup>3</sup>/h en 80 m<sup>3</sup>/h.

In de eerste maanden is gedraaid met een pers achter de zeefbochten. Deze heeft veel verstoppingen gekend, met name omdat deze niet specifiek voor deze toepassing was ontworpen.

Op de vorming van spinsels en vervuiling van de on-line meters in de waterlijn is geen effect waargenomen.

## BUSINESSCASE

De businesscase is doorgerekend voor Scenario 1 'Het actievere actiefslibproces' voor een over- of maximaal belaste generieke rwzi van 100.000 i.e. à 150 g TZV. De jaarlijkse kosten voor de

toepassing van zeefbochten komen neer op ongeveer € 100.000,00/jaar. Indien het zeefgoed nuttig kan worden verwerkt, kan er zelfs een jaarlijkse besparing worden gerealiseerd.

Belangrijk voordeel van de zeefbochten in scenario 1 is een betere effluentkwaliteit of het verminderde risico op het kwijtraken van nitrificatiecapaciteit in de winter. Dit voordeel kan niet in kosten worden uitgedrukt, omdat dit specifiek per locatie is. Voor situaties waarbij voorkómen wordt dat er maatregelen, als bijvoorbeeld nafiltratie, voor de verwijdering van stikstof dienen te worden gerealiseerd, kan er een aanzienlijke kostenbesparing worden bereikt.

Wanneer de toepassing vergeleken wordt met alternatieven, zoals andere zeeftechnieken of conventionele uitbreiding van de rwzi, is het toepassen van zeefbochten veel goedkoper en zijn zeefbochten eenvoudiger in bestaande systemen in te passen.

### **Samenvattende conclusie**

Bij het afvangen van 15% zeefgoed ten opzichte van de totale spuislibproductie blijkt uit modelberekeningen dat 'Het actievere actiefslibproces' gerealiseerd kan worden, waardoor de belasting van een bestaand proces kan worden verhoogd danwel de effluentkwaliteit bij gelijkblijvende belasting kan worden verbeterd. Het slibzeven biedt de bedrijfsvoering de optie om bij een hoog belaste zuivering in de winter de aerobe sibleeftijd te verhogen. De kans op verlies van nitrificatiecapaciteit in de winter kan daarmee worden verlaagd. Jaargemiddeld levert dit een lagere effluent ammonium en N-totaal concentratie op. Ook als er minder zeefgoed wordt verwijderd wordt volgens het model winst gehaald, maar met een geringere marge.

In de praktijk is aangetoond dat het systeem in een parallelle opstelling met twee zeefbochten (spleetwijdte van 0,5 mm) ongeveer 10-15% zeefgoed af kanvangen. Na aanpassing tot een cascade opstelling (eerste zeef met spleetwijdte 0,5 mm en tweede met 0,3 mm) kan tot 30% meer zeefgoed worden afgevangen. Per m<sup>3</sup> aangevoerd slib/water-mengsel heeft de cascade opstelling een minimaal 70% hogere opbrengst. Daarnaast blijkt de installatie, bij goed ontwerp, een robuust en eenvoudig te bedienen systeem te zijn.

Het toepassen van zeefbochten is, in vergelijking met alternatieven (andere zeeftechnieken of conventionele technieken), veel goedkoper en eenvoudiger in bestaande systemen in te passen

### **AANBEVELINGEN**

#### *Bij ontwerp van een zeefbochtopstelling*

Bij toepassing op een andere rwzi, zijn de eigenschappen van deze rwzi van belang. Te denken valt aan de fractionering van CZV en droge stof in het influent, het aandeel industrieel afvalwater in het influent, de vezelgrootteverdeling in het influent, de sibleeftijd, de ophoping en afbraak van cellulose in de beluchtingstanks en het temperatuurprofiel. Dit bepaalt onder andere het ontwerp en de bedrijfsvoering van de zeefbochten.

De zeefbochten op RWZI Ommen zijn tijdens het onderzoek hoger belast dan waar in het ontwerp van is uitgegaan. Er is geen groot verschil waargenomen tussen de hoeveelheid afgevangen zeefgoed bij verschillende hydraulische belastingen (20 – 80 m<sup>3</sup>/h) en het benodigde toezicht/onderhoud van de zeefbochten. Uit het oogpunt van investeringskosten is het daarom aan te bevelen de, vanuit de leverancier genoemde, hydraulische capaciteit van de



zeefbochten als minimum aan te houden en op zoek te gaan naar het optimum. Uit de modellering volgt dat meer dan 15% zeefgoed dient te worden afgevangen ten opzichte van de totale spuislibproductie om een zichtbaar effect op het biologische deel van de zuivering te realiseren. Met de cascade bleek een relatief grote opbrengst mogelijk, deze opstelling zou dan ook de voorkeur hebben.

Wanneer het wenselijk is het zeefgoed verder op te werken, is het belangrijk een goed gedimensioneerde pers te realiseren die geschikt is voor deze toepassing. Persen heeft niet alleen invloed op het ontwateringsresultaat van het eindproduct, maar ook op de retourstroom richting de waterlijn. Op RWZI Ommen was het aandeel zeefgoed in het retourwater aanzienlijk.

Bij een opstelling met een kleinere spleetwijdte van de zeefbochten, lijkt het zeefgoed aanzienlijk zuiverder. Het is aan te bevelen de benodigde zuiverheid met een potentiële afnemer af te stemmen en op basis daarvan de benodigde spleetwijdte van de zeefbocht vast te stellen.

Uit de modelberekening met een generieke overbelaste rwzi van 100.000 i.e. à 150 g TZV blijken voordelen voor de effluentkwaliteit en slibafvoer. Het is aan te bevelen het zeven van actief slib in de praktijk te testen op een rwzi die ook daadwerkelijk over- of maximaal belast is.

#### *Bij vervolgonderzoek*

Aanbevolen wordt om de haalbaarheid te onderzoeken van:

- het onttrekken (van de toevoer van de zeefbocht) uit het retourslib in plaats van uit het actief slib;
- het gebruik van gaatjes in plaats van spleetjes in de zeef en
- een trommelzeef als alternatieve technologie.

De analysemethode van vezels is in ontwikkeling. Met name de cellulosemetingen in het actief slib gaven helaas erg onbetrouwbare waarden op RWZI Ommen. Een juiste keuze van de analysemethode op basis van de nieuwste inzichten is belangrijk voor vervolgonderzoek. Ook een regelmatige meetfrequentie wordt aanbevolen om eventuele veranderingen gedurende seizoenen vast te kunnen stellen.

Het standaard model IAWQ is niet toegerust om het effect van het slibzeven goed te beschrijven. Het is aan te bevelen verder onderzoek te verrichten hoe dit het beste ingebouwd kan worden en het aangepaste model te toetsen met praktijkervaringen.

# 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 onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

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

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

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

# ACTIEVER ACTIEF SLIB, ONDERZOEK MET ZEEFBOCHT OP RWZI OMMEN

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
	1.1 Achtergrond	1
	1.2 Onderzoeksdoelen	2
	1.3 Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>OPZET ONDERZOEK ACTIEVER ACTIEF SLIB</b>	<b>3</b>
	2.1 Inleiding	3
	2.2 Beschrijving RWZI Ommen	3
	2.3 Ontwerp zeefbochtinstallatie	4
	2.4 Meetprotocol	6
	2.4.1 Procesvoering tijdens onderzoek	6
	2.4.2 Opzet analyseplanning	7
	2.4.3 Doel 1: Effect op het biologische deel van het zuiveringsproces	7
	2.4.4 Doel 2: Hoeveelheid en kwaliteit van het zeefgoed	8
	2.4.5 Doel 3: Bedrijfsvoeringsaspecten van de zeefbocht en de rwzi	8
	2.4.6 Cellulosemetingen	8
<b>3</b>	<b>MODELLERING</b>	<b>12</b>
	3.1 Inleiding	12
	3.2 Modelmatige scenariostudie	12
	3.2.1 Opzet van het actiefslibmodel voor RWZI Ommen	12
	3.2.2 Aanvullende metingen voor referentiemodel van RWZI Ommen	15
	3.2.3 Doorgerekende scenario's	16
	3.2.4 Resultaten	17
	3.2.5 Conclusies van de modelmatige scenariostudie	21
	3.2.6 De opzet van het onderzoek vanuit de randvoorwaarden vanuit de modellering	21
	3.3 Meer gedetailleerde modellering	22
	3.4 Verbeterd model	22
	3.4.1 Aanleiding voor een verbeterd model	22
	3.4.2 Opzet	23
	3.4.3 Doorgerekende scenario's	25
	3.4.4 Resultaten	25
	3.4.5 Conclusies van het verbeterd model	26
<b>4</b>	<b>RESULTATEN PILOTINSTALLATIE</b>	<b>28</b>
	4.1 Inleiding	28
	4.2 Perioden vaststelling resultaten	28

<b>4.3</b>	Vergelijking procesomstandigheden met referentiesituatie	29
4.3.1	Dagdebieten	29
4.3.2	Influentconcentraties	30
4.3.3	Temperatuur en sibleeftijd	31
4.3.4	Conclusie vergelijking procesomstandigheden	32
<b>4.4</b>	Effect op het zuiveringsproces	32
4.4.1	Effluentkwaliteit	33
4.4.2	Verwijderingsrendementen	34
4.4.3	Slibkwaliteit in AT: DS, gloeirest, SVI, vezels	35
4.4.4	Slibproductie en afzet	40
4.4.5	Energieverbruik beluchting	43
4.4.6	Conclusies effect op zuiveringsproces	45
<b>4.5</b>	Hoeveelheid en kwaliteit zeefgoed	46
4.5.1	Bedrijven van de zeefbochten	46
4.5.2	Hoeveelheid zeefgoed	47
4.5.3	Rendement over de zeefbocht	49
4.5.4	Kwaliteit zeefgoed: asrest en cellulose	50
4.5.5	Kwaliteit filtraat	54
4.5.6	Rendement over de zeefbocht	54
4.5.7	Vezelmetingen	55
4.5.8	Conclusies hoeveelheid en kwaliteit zeefgoed	58
<b>4.6</b>	Bedrijfsvoeringaspecten zeefbocht	60
4.6.1	Ervaringen bedrijfsvoerders	60
4.6.2	Conclusies bedrijfsvoeringaspecten zeefbochten	63
<b>5</b>	<b>VERVOLGONDERZOEK MET CASCADE</b>	64
5.1	Inleiding	64
5.2	Resultaten schudproeven	64
5.3	Resultaten opstelling in cascade	66
5.4	Vergelijking resultaten cascade met parallelle opstelling	68
5.5	Conclusies en implicaties voor een praktijkopstelling	69
<b>6</b>	<b>BUSINESSCASE ZEEFBOCHT</b>	70
6.1	Inleiding	70
6.2	Uitgangspunten	70
6.3	Kosten zeefbochten	71
6.3.1	Investeringskosten	71
6.3.2	Jaarlijkse kosten	72
6.4	Andere zeeftechnieken	72
6.5	Conventionele technieken	73
6.6	Conclusie	73
<b>7</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	74
7.1	Doelen	74
7.2	Conclusies	74
7.2.1	Inzicht in het effect op het biologische deel van het zuiveringsproces.	74
7.2.2	Inzicht in de hoeveelheid en kwaliteit van het geproduceerde zeefgoed.	75
7.2.3	Inzicht in de bedrijfsvoeringsaspecten van de zeefbocht en de rwzi.	76
7.2.4	Het uitwerken van een eenvoudige businesscase	77
7.2.5	Samenvattende conclusie	77
7.3	Aanbevelingen	77
7.3.1	Bij het ontwerp van een zeefbocht opstelling	77
7.3.2	Bij vervolgonderzoek	79
BIJLAGE 1	ANALYSEPLANNING	81
BIJLAGE 2	MODELLERING	82

# 1

## INLEIDING

### 1.1 ACHTERGROND

Tijdens een Stowa symposium in 2014 over cellulosewinning uit afvalwater is gesteld dat deeltjes en cellulosevezels ook uit het actief slib in plaats van uit afvalwater gezeefd kunnen worden en dat dit mogelijk eenvoudiger en goedkoper is. In 2015 is dit op RWZI Sleen met een kleine testzeefbocht onderzocht. Uit deze test is gebleken dat een deel van de inerte fractie van het slib, zoals cellulosevezels en haren, met een zeefbocht uit het actief slib kan worden verwijderd. Praktijkgegevens en modelberekeningen tonen aan dat het mogelijk is, met een zeefbocht, 15-20% van het actief slib als inactief en vezelrijk materiaal af te vangen.

Dit zou het in de praktijk mogelijk maken om een “actiever actiefslibproces” te realiseren waarbij bij gelijkblijvend slibgehalte een betere stikstofverwijdering kan worden bereikt bij gelijke belasting danwel de belasting van een systeem kan worden verhoogd. Een andere toepassing is om het slibgehalte in de beluchtingstank te verlagen bij gelijkblijvende effluentkwaliteit en daarmee ook de ds belasting van de nabezinking te verlagen. Hypothese is dat hiermee een energievoordeel te behalen is.

Het afgevangen vezelrijke zeefgoed zou kunnen worden vergist of mogelijk worden afgezet als secundaire grondstof, iets wat wordt verkend binnen de landelijke Energie- en Grondstoff-fabriek.

Gezien de positieve resultaten uit de test op RWZI Sleen en de verwachte voordelen van het zeven van actief slib, is een technisch praktijkonderzoek op RWZI Ommen opgezet waarin de toepassing van de zeefbocht en de effecten op het zuiveringsproces zijn onderzocht. Dit is in eerste instantie uitgevoerd met twee zeefbochten. De praktijktest is uitgevoerd in de periode januari tot en met december 2017 in welke periode een bemonsteringsprogramma is uitgevoerd conform een vooraf vastgesteld meetprotocol. Op basis van de resultaten, is een optimalisatie aan de zeefbochten uitgevoerd door ze in cascade op te stellen. In de eerste helft van 2019 heeft deze gedraaid en zijn aanvullende bemonsteringen en analyses uitgevoerd.

Als het onderzoek uitwijst dat de technologie technisch haalbaar is en technologische voordelen kan bieden, geeft dat de mogelijkheid om het concept toe te passen op andere zuiveringen. Op basis van een positieve business case kan het zeven van slib een belangrijke bijdrage leveren aan de gestelde duurzaamheidsdoelstellingen.

Het project is gefinancierd door STOWA, Waterkracht, Waterschapsbedrijf Limburg en Hoogheemraadschap van Rijnland. Het onderzoek is begeleid door Sweco. ASM design B.V. heeft technologische modelleringen uitgevoerd.

## 1.2 ONDERZOEKSDOELEN

De onderzoeksdoelen van het full-scale-onderzoek met zeefbochten op RWZI Ommen, zijn het verkrijgen van inzicht in:

1. Het effect op het biologische deel van het zuiveringsproces.
2. De hoeveelheid en kwaliteit van het geproduceerde zeefgoed.
3. De bedrijfsvoeringsaspecten van de zeefbocht en de rwzi.

Naast het full-scale-onderzoek, is gebruik gemaakt van een actiefslib model waarmee het effect van de verwijdering van inert materiaal uit actief slib is gesimuleerd. Hiervoor is het proces in aanvang van het praktijkonderzoek gemodelleerd om een inschatting te krijgen van de testomstandigheden. Op basis van de eindresultaten is een tweede modellering uitgevoerd, aangevuld met nieuwe procesinzichten en is er een inschatting gemaakt van de toepassing van een zeefbocht op een fictieve zuivering zonder voorbezinking van 100.000 i.e. à 150 g TZV.

Data uit deze tweede modellering en het full-scale-onderzoek zijn gebruikt voor het uitwerken van een eenvoudige businesscase.

## 1.3 LEESWIJZER

In hoofdstuk 2 is het project beschreven en in hoofdstuk 3 de modellering ter ondersteuning van het project. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten van het meetprogramma uitgewerkt, in hoofdstuk 5 wordt vervolgonderzoek beschreven. Hoofdstuk 6 geeft de business case weer en in hoofdstuk 7 zijn conclusies en aanbevelingen opgenomen.

# 2

## OPZET ONDERZOEK ACTIEVER ACTIEF SLIB

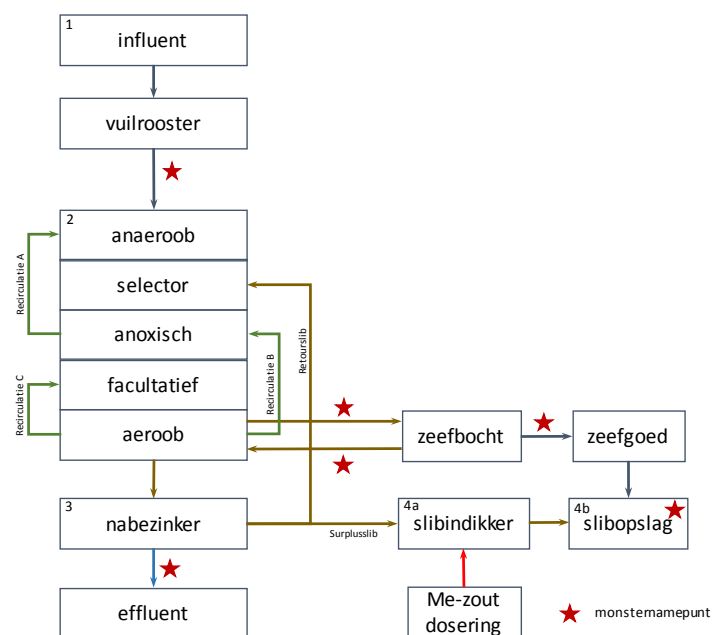
### 2.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk is een beschrijving van RWZI Ommen opgenomen. Vervolgens is ingegaan op het ontwerp van de zeefbochtinstallatie en het meetprotocol.

### 2.2 BESCHRIJVING RWZI OMMEN

RWZI Ommen heeft een capaciteit van 26.512 i.e. à 150 g TZV en is gebouwd volgens het BCFS-principe (Biologisch Chemische Fosfaat- en Stikstofverwijdering). In Figuur 2.1 is een luchtfoto en een blokschema van de rwzi weergegeven. In Tabel 2.1 zijn de belangrijkste algemene ontwerpdetails en zuiveringskengetallen van de zuivering opgenomen.

FIGUUR 2.1 LUCHTFOTO EN BLOKSCHEMA RWZI OMMEN



Het BCFS-proces is een variant op het concept van de University of Cape-Town (UCT-principe). Kenmerk van het UCT-principe is de recirculatiestroom vanuit de afloop van de anoxische ruimte naar de anaerobe ruimte (recirculatie A). Deze stroom moet een nitraatvrije anaerobe zone garanderen. Dit in tegenstelling tot het Phoredox-principe waar de slibretourstroom vanuit de nabezinktank naar de anaerobe zone wordt geleid. Specifieke kenmerken van het BCFS-proces zijn verder:

- De aparte facultatieve anoxisch/aerobe reactor, de zogenaamde wisselreactor, naast de aerobe reactor in plaats van één beluchtingsruimte.
- Recirculatie C van de aerobe reactor naar de wisselreactor, deze is alleen actief wanneer de wisselreactor in anoxisch bedrijf is.

- De metaalzoutdosering aan de indikker ('stripper'). Deze metaalzoutdosering wordt op RWZI Ommen niet gebruikt omdat de lozingsseisen voor fosfaat zonder problemen worden gehaald. In het effluent is een online fosfaatmeting aanwezig.

Er zijn naast huishoudens, ook industrieën (melkfabriek, slachterij) en campings (seizoensgebonden aanvoer) aangesloten. Het aandeel industrieel afvalwater is relatief groot (25-35%) en de influentsamenstelling is daardoor niet typisch dat van huishoudelijk afvalwater. Door de industriële bijdrage kunnen er grote fluctuaties in de influentsamenstelling voorkomen wat ook tijdens de onderzoeksperiode is waargenomen.

De lozingsseisen voor stikstof en fosfaat zijn respectievelijk 10 mg N en 2 mg P/l. Door een hoge CZV/N-verhouding in het influent worden de N- en P-normen in de praktijk makkelijk gehaald. De rwzi is niet dagelijks bemest, beschikt over Scada en kan op afstand worden bediend.

TABEL 2.1 ONTWERP EN PRAKTIJKRESULTATEN RWZI OMMEN

Parameter	Waarde	Eenheid
<b>Ontwerp</b>		
Type zuivering	UCT (BCFS)	
Ontwerpcapaciteit	26.500	i.e. á 150 g TZV
RWA	875	m <sup>3</sup> /h
DWA	360	m <sup>3</sup> /h
<b>Zuiveringskengetallen (praktijk, 2015)</b>		
i.e. belasting	31.000	i.e. á 150 g TZV
DS-gehalte	4,5	g/l
SVI	117	ml/g
Slibbelasting	57	g BZV/kg ds.d
Slibleeftijd*	27	dagen

\* slibleeftijd is berekend op basis van totale volume (dus inclusief selector en anaerobe tank)

### 2.3 ONTWERP ZEEFBOCHTINSTALLATIE

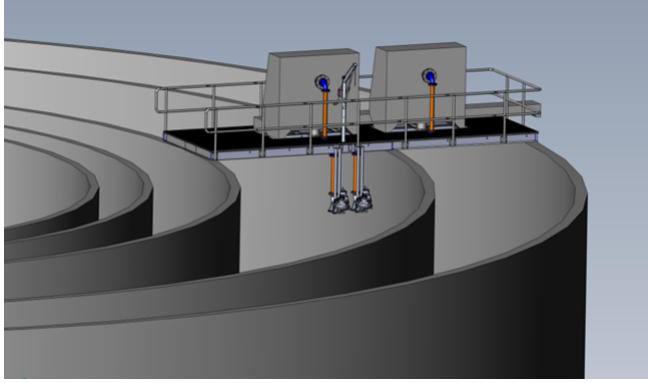
De ontwerpparameters voor de zeefbochtinstallatie op RWZI Ommen zijn gebaseerd op de resultaten van een pilot op RWZI Sleen. Op RWZI Sleen was een kleine (gehuurde) testzeefbocht toegepast met een spleetwijdte van 0,5 mm.

In Figuur 2.2 en Figuur 2.3 is de opstelling op RWZI Ommen (schematisch) weergegeven. De zeefbochtinstallatie is een bestaande zeefbochtinstallatie afkomstig van RWZI Glanerbrug welke is omgebouwd tot proefinstallatie voor RWZI Ommen. De installatie bestaat uit twee zeefbochten, een transportschroef en een pers (de laatste is na voortschrijdend inzicht verwijderd). De proefinstallatie is zo gebouwd dat deze makkelijk op een andere rwzi is te gebruiken (mobiele installatie). De installatie is voorzien van tracing om vorstschade te voorkomen.



FIGUUR 2.2

SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN ZEEFBOCHTEN OP BELUCHTINGSTANK RWZI OMMEN



FIGUUR 2.3

ZEEFBOCHTEN MET TRANSPORTSCHROEF OP BORDES GEÏNSTALLEERD OP RWZI OMMEN



Op basis van de resultaten op RWZI Sleen is een droge stofbelasting van  $15 \text{ kg ds/m}^2 \cdot \text{h}$  vastgesteld bij een spleetwijdte van  $0,5 \text{ mm}$ . Op basis hiervan is de zeefbochtinstallatie voor RWZI Ommen ontworpen.

Op RWZI Ommen zijn twee zeefbochten geïnstalleerd van  $2,1 \text{ m}^2$  per zeefbocht. Hiermee kan circa  $31,5 \text{ kg ds/h}$  per zeefbocht worden verwerkt, dus in totaal  $63 \text{ kg ds/h}$  voor twee zeefbochten. Bij circa  $4,5 \text{ g/l}$  (ds gehalte in de beluchting) betekent dit een debiet van circa  $7 \text{ m}^3/\text{h}$  bij (zoals weergegeven in Tabel 22). Er zijn twee pompen geplaatst met een grotere maximale capaciteit (regelbaar: minimum  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  en maximum  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ ) om de grenzen van de zeefbocht te kunnen onderzoeken. Bij continubedrijf van 24 uur per dag kan circa  $63 \times 24 = 1.510 \text{ kg ds}$  per dag worden gezeefd. De totale actiefslibmassa in het actiefslibstelsysteem bedraagt circa  $27.000 \text{ kg ds}$  ( $6.000 \text{ m}^3$  en circa  $4,5 \text{ g/l}$ ), dit betekent dat het totale actiefslibvolume per slibleeftijd (27 dagen) ongeveer 1,5 keer wordt gezeefd.

In de praktijk zijn de zeefbochten hoger belast geweest dan het ontwerp (zie paragraaf 4.5).

TABEL 2.2 ONTWERPPARAMETERS ZEEFBOCHTEN OP RWZI OMMEN

Parameter	Waarde	Eenheid
Aantal zeefbochten	2	-
Oppervlak per zeefbocht	2,1	m <sup>2</sup>
Drogestofbelasting	15	kg ds/m <sup>2</sup> .h
Spleetwijdte	0,5	mm
Doorzet per zeefbocht	31,5	kg ds/h
Ontwerpdebiet per zeefbocht	7	m <sup>3</sup> /h
Debiet per toevoerpomp	10 - 40	m <sup>3</sup> /h

Tijdens het onderzoek hebben de zeefbochten eerst een periode met constant 10 m<sup>3</sup>/h per zeefbocht gedraaid en daarna een periode met 40 m<sup>3</sup>/h per zeefbocht (zie paragraaf 4.2). In de laatste periode is het slib daarmee meerdere malen (8,5 keer) per slibleeftijd gezeefd. Bij 100% afvangen van de cellulose in de zeefbocht is de 'celluloseverblijftijd' tijdens het onderzoek respectievelijk 13 en 3 dagen bij het debiet van 10 en 40 m<sup>3</sup>/h per zeefbocht (zie paragraaf 4.5.1). De verblijftijd van cellulose in de beluchtingstank wordt hiermee losgekoppeld van de slibverblijftijd.

Voor het onttrekken van het slib is uitgegaan van slib uit de beluchting in plaats van onttrekken uit retourslib, vanwege de stabiliteit van het drogestofgehalte ten opzichte van retourslib en de eenvoud van de praktische uitvoerbaarheid. De zeefbochten zijn bovenop een extra geplaatste brug over de beluchtingstank geplaatst. Met dompelpompen, welke aan de brug hangen en in hoogte verstelbaar zijn, kan er continu actief slib over de zeefbochten worden gepompt. Het filtraat loopt in vrij verval door de zeef terug de actiefslibtanks in. Het geproduceerde zeefgoed wordt via een transportschroef afgevoerd en opgevangen in een container. Aanvankelijk werd dit tijdens de test geperst en als roostergoed apart afgevoerd, later is de pers eruit gehaald en is het zeefgoed naar de slibbuffer afgevoerd. Voor toekomstige toepassing wordt gekeken naar alternatieve afzetroutes binnen de werkgroep cellulose van de landelijke samenwerking Energie en Grondstoffenfabriek (EFGF).

## 2.4 MEETPROTOCOL

Het meetprotocol voor het praktijkonderzoek en de modellering is gedetailleerd weergegeven in bijlage 1 en wordt kort toegelicht in de volgende paragrafen aan de hand van de drie onderzoeksdoelen genoemd in paragraaf 1.2. Daarnaast wordt er kort ingegaan op de cellulosemetingen, aangezien dit momenteel geen reguliere metingen zijn op rwzi's.

### 2.4.1 PROCESVOERING TIJDENS ONDERZOEK

Tijdens de onderzoeksperiode is zoveel mogelijk getracht de rwzi operationeel stabiel te bedrijven. De procesinstellingen zijn voorafgaand aan het onderzoek vastgesteld aan de hand van modelberekeningen (zie paragraaf 3.2.6). Op basis van operationele overwegingen is ervoor gekozen om het spuislibdebiet tijdens de testperiode zo veel mogelijk constant te houden. Als gevolg van de inzet van de zeefbocht zou een verandering van het actiefslibgehalte in de tanks dan de meetbare grootheid worden. Eventuele storingen in het zuiveringsproces tijdens de onderzoeksperiode, zoals technische calamiteiten en bijvoorbeeld uitzonderlijke variaties in de aanvoer, zijn door beheer met technologie besproken en vastgelegd in een logboek.

De bedrijfsvoeringsaspecten van de zeefbocht zijn nader toegelicht in paragraaf 4.6. Een aantal storingen hebben effect gehad op het onderzoek. De opeenvolging van deze storingen heeft ervoor gezorgd dat een gedeelte van de meetperiode niet representatief is geweest voor een normaal bedrijf (zie paragraaf 4.2). Het gaat om de volgende storingen:

- Technische storingen aan de zeefbocht in aanvang van de test, onder andere door winterweer en het ontbreken van tracing.
- Storingen aan de persinstallatie voor ontwatering van het zeefgoed en
- tenslotte een periode waarbij er een reeks van industriële lozingen zijn geweest met een zeer groot aandeel droge stof waardoor de slibhuishouding van de zuivering ernstig is ontregeld.

#### 2.4.2 OPZET ANALYSEPLANNING

In bijlage 1 is de analyseplanning opgenomen voor het oorspronkelijke onderzoek met de twee parallelle zeefbochten. In deze planning is uitgegaan van drie soorten analyses uitgaande van een referentieperiode die is vastgesteld aan het begin van het onderzoek en analyses die zijn uitgevoerd tijdens het verloop van het onderzoek:

- Reguliere analyses per maand uitgevoerd in de voorafgaande referentieperiode en tijdens het onderzoek.
- Extra analyses tijdens de referentieperiode; dit zijn aanvullende analyses ten behoeve van de modellering (zie paragraaf 3.2.2), beantwoording van de onderzoeksvragen en opzet van het onderzoek. Enkele van deze aanvullende analyses zijn:
  - bepaling van de influent-fractionering (bepaling fracties opgeloste en vaste deeltjes,
  - inerte en de biologisch afbreekbare fractie van ds, CZV, N en P);
  - de hoeveelheid en samenstelling van het onttrokken zeefgoed (dit is voorafgaand aan het onderzoek gedaan middels een handzeef met een zeefwijdte van 0,63 mm);
  - de vezelsamenstelling (o.a. het type cellulose) van verschillende (actief)slibstromen.
- Analyses gedurende de onderzoeksperiode; dit zijn de analyses voor de beantwoording van de onderzoeksvragen (zie paragrafen 2.4.3 tot en met 2.4.5). Een aantal analyses zijn aanvankelijk frequenter uitgevoerd, naarmate het onderzoek vorderde is de frequentie verlaagd.

Voor de doelstelling van het onderzoek met de cascade opstelling, is de bemonstering en analyse alleen gericht op de kwantiteit van het totaal geproduceerde zeefgoed en de kwaliteit van het zeefgoed per zeefbocht (drogestof- en gloeirest).

#### 2.4.3 DOEL 1: EFFECT OP HET BIOLOGISCHE DEEL VAN HET ZUIVERINGSPROCES

De concentraties N en P in het influent en effluent zijn hiervoor periodiek bepaald, naast de online meting van  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{O}_2$  (in de beluchtingstank) en  $\text{PO}_4\text{-P}$  (in het effluent). SVI is periodiek bepaald in het lab en het energieverbruik is gemonitord.

Andere parameters die gemeten zijn om het effect op het zuiveringsproces goed te kunnen monitoren, zijn het DS-gehalte in de actiefslibtanks en de hoeveelheid afgevangen zeefgoed. Daarnaast is de spuislibproductie bijgehouden door middel van het aantal afgevoerde slibvrachten (een debietmeter in de spuislibafvoer ontbreekt). Het DS-gehalte in de beluchtingstank is zowel handmatig geanalyseerd als online gemeten. Voor de referentieperiode en tijdens de onderzoeksperiode zijn ter indicatie nitrificatie activiteitstesten met actiefslib uitgevoerd. Ook is een nitrificatietest met het zeefgoed uitgevoerd.

#### 2.4.4 DOEL 2: HOEVEELHEID EN KWALITEIT VAN HET ZEEFGOED

De hoeveelheid zeefgoed is bepaald door het wegen van de container met zeefgoed telkens wanneer deze werd afgevoerd. De droge stof en asrest van het zeefgoed is gemeten door uit de container een zo'n homogeen mogelijk monster te nemen en daarvan de indamprest en gloei-rest te bepalen. Daarnaast is het zeefgoed geanalyseerd op cellulose vezels en onderworpen aan een microscopisch onderzoek.

Er zijn in de onderzoeksperiode geen testen gedaan van de vergistbaarheid en ontwaterbaarheid van het zeefgoed. Wel is aan het begin van het onderzoek het zeefgoed geperst met de pers, wat een beeld geeft van de ontwaterbaarheid van het zeefgoed.

#### 2.4.5 DOEL 3: BEDRIJFSVOERINGASPECTEN VAN DE ZEEFBOCHT EN DE RWZI

Regelmatig zijn de online meters opgehaald om een visuele inspectie (foto en beschrijving) van de hoeveelheid spinsels vast te leggen in de rwzi. Vervolgens zijn de spinsels verwijderd van de meters, zodat bij een volgende inspectie de ontwikkeling/het verloop van het aantal spinsels gedurende het onderzoek in kaart gebracht kon worden.

Bij 'bedrijfsvoeringaspecten van de zeefbocht' is met name gekeken naar het voorkomen van storingen en de hoeveelheid benodigd onderhoud aan de zeefbochten. Ook de opbouw van zeefgoed op de zeefbochten is hierbij van belang, net als de afvoer van zeefgoed en het energieverbruik (draaiuren en vermogen). Deze aspecten zijn vastgelegd in een logboek.

#### 2.4.6 CELLULOSEMETINGEN

##### 2.4.6.1 ACHTERGROND

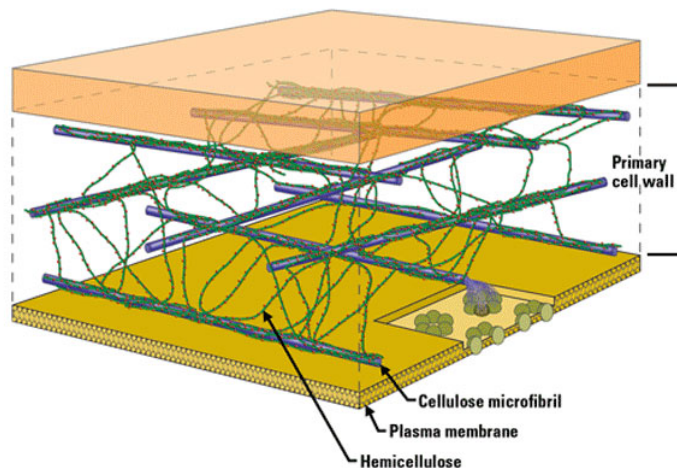
Vezels worden gedefinieerd als lang, dun filament met een lengte van minstens 5 µm, een diameter kleiner dan 3 µm, waarvan de lengte ten minste drie keer groter is dan de doorsnede. Vezels kunnen bestaan uit synthetische of natuurlijke organische moleculen.

Houtvezels zijn chemisch samengesteld uit cellulose, hemicellulose en lignine.

- Cellulose is een eenvoudig molecuul, bestaande uit polymeren van lineair aan elkaar gebonden glucosemoleculen (C6-suiker).
- Hemicellulose is een verzamelnaam voor een reeks zeer nauw verwante koolhydraten, bestaand uit ketens van een aantal suikers (C5-suikers) die worden gemaakt in planten. Hemicellulose is een belangrijke component van de celwand van de plant en vormt meestal een soort matrix waarin cellulosemoleculen ingebed liggen.
- Lignine komt voor in de celwand van de plant en is een polymeer van aromatische verbindingen. Het vormt samen met hemicellulose een matrix van ongeordend materiaal, waarin de geordende cellulosemoleculen zijn ingebed. Lignine fungeert als een soort lijm en geeft ook bescherming aan de plant.<sup>1</sup>

1 Cellulose analyse in verschillende stromen van een Riolwaterzuiveringsinstallatie, Leeuwarden 2013

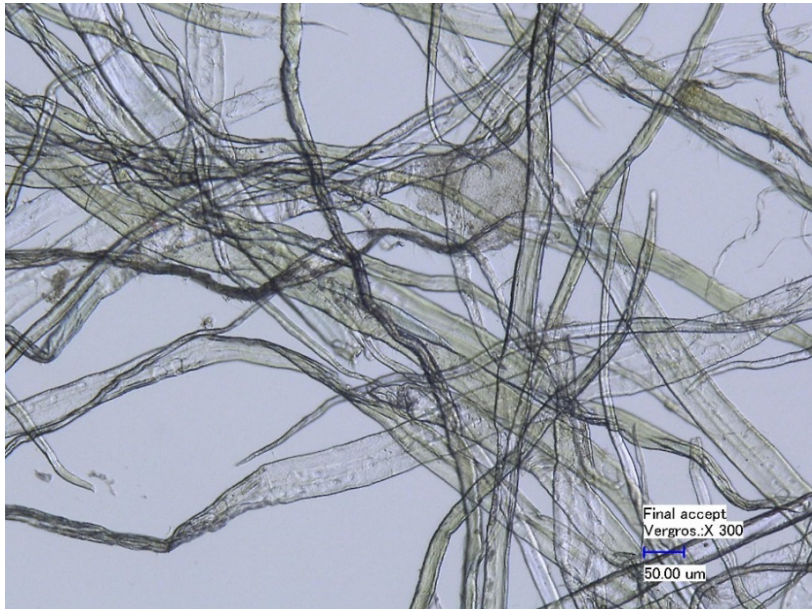
FIGUUR 2.4 VISUALISATIE CELLULOSE EN HEMICELLULOSE



In houtvezels voor de papierproductie is cellulose, hemicellulose en lignine aanwezig in respectievelijk de volgende percentages: 47-53%, 17-27% en 19-29%. De onderlinge verhoudingen zijn afhankelijk van het type hout. Omdat papier uit hout wordt geproduceerd bevat ook papier een netwerk van de verschillende vezels.

In afvalwater bevinden zich voornamelijk cellulosevezels, afkomstig uit toilet papier, maar ook uit andere papier houdende doekjes, bladafval en resten van plantaardig materiaal zoals groente, fruit en granen. Daarnaast bevat afvalwater textielvezels, zowel van natuurlijke (bijvoorbeeld katoen) als synthetische oorsprong (bijvoorbeeld polyester).

FIGUUR 2.5 CELLULOSEVEZELS IN WATER (STOWA 2016-18)



#### 2.4.6.2 ANALYSEMETHODE

De metingen worden door Masterlab in een gedroogd monster uitgevoerd en zijn gebaseerd op de 'Van Soest'-methode. Dit is een kwantitatieve methode om het aandeel cellulose, hemicellulose en lignine te bepalen. De monsters zijn hierbij gefractioneerd op basis van het NDF/ADF/ADL-meetprincipe<sup>2</sup>:

<sup>2</sup> STOWA 2016-18: Verkenning haalbaarheid terugwinning cellulose uit primair slib

- NDF (Neutral Detergent Fiber) = totaal vezelgehalte (cellulose, hemicellulose en lignine-fractie; lost niet op in neutraal detergens);
- ADF (Acid Detergent Fiber) = cellulose en lignine fractie (lost niet op in zuur detergens);
- ADL (Acid Detergent Lignin) = lignine fractie (lost niet op in een sterk zuur);
- Het verschil tussen ADF en ADL wordt beschouwd als het cellulose deel.

Voor de influentmeting van cellulose is een voorbehandeling noodzakelijk om de cellulose te concentreren.

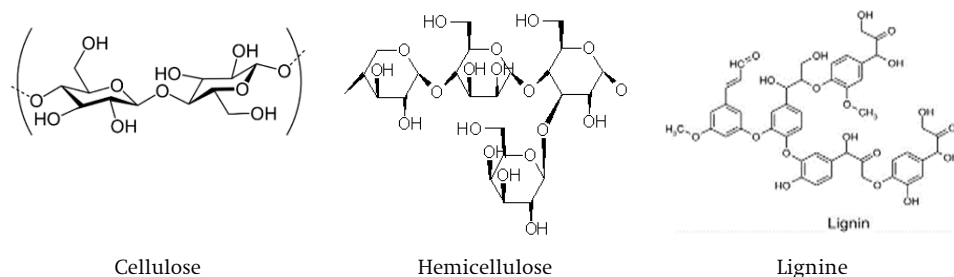
### 2.4.6.3 TOEPASSING VAN CELLULOSEMETINGEN IN ACTIEFSLIBMODELLERING

In actiefslibmodellering wordt het drooggewicht gemodelleerd op basis van het totaal van:

- organische drogestof (in het model VSS, Volatile Suspended Solids);
- anorganische drogestof (de asrest, in het model ISS, Inert Suspended Solids).

De relatie tussen organische drogestof en de vaste CZV-fracties is gemodelleerd door voor biomassa, substraat, inert organisch materiaal en endogeen residu, fractieverhoudingen op te geven. Dit is de CZV/VSS-verhouding voor organische vaste bestanddelen. Voor biomassa (en endogeen residu) is deze waarde 1,42 g CZV/g VSS.

Voor substraat en inert CZV kan deze verhouding variëren afhankelijk van de influentsamenstelling. In de regel heeft substraat een hogere CZV/VSS-fractie dan inert CZV. Substraat bestaat voornamelijk uit vetzuren, suikers eiwitten en vetten waarvan de CZV/VSS-verhouding gemiddeld hoger is. Inert CZV bestaat voor een groot deel uit een matrix van slecht biologisch afbreekbare (cellulose)vezels. Vertaling van de analytische metingen van drooggewicht cellulose, hemicellulose en lignine naar CZV is mogelijk met de moleculaire compositie.



TABEL 2.3 BEREKENING THEORETISCH ZUURSTOFVERBRUIK VAN CELLULOSE, HEMICELLULOSE EN LIGNINE

Parameter	Cellulose (C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>n</sub>	Hemicellulose (C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub> ) <sub>n</sub>	Lignine (C <sub>31</sub> H <sub>34</sub> O <sub>11</sub> ) <sub>n</sub>	Eenheid
aantal C-atomen	6	5	31	-
aantal H-atomen	10	8	34	-
aantal O-atomen	5	4	11	-
Molmassa (n=1)	162	132	582	g/mol
ThOD* (molair)	(C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>n</sub> + 6O <sub>2</sub> → 6CO <sub>2</sub> + 5H <sub>2</sub> O	(C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub> ) <sub>n</sub> + 5O <sub>2</sub> → 5CO <sub>2</sub> + 4H <sub>2</sub> O	(C <sub>31</sub> H <sub>34</sub> O <sub>11</sub> ) <sub>n</sub> + 34O <sub>2</sub> → 31CO <sub>2</sub> + 17H <sub>2</sub> O	-
ThOD* (g)	1,185	1,212	1,869	gCZV/gVSS

\* ThOD=Theoretical Oxygen Demand, het theoretisch zuurstofverbruik wat kan worden vertaald naar CZV.

Onderstaande formule geeft een benadering van de theoretische CZV-berekening in Tabel 2.3.

$$ThOD = \frac{16[2C + 0,5H - O]}{Molmassa}$$

Het feit dat een aanzienlijk deel van het vaste inert CZV uit cellulose bestaat, in dit onderzoek 33,5% van de organische onopgeloste bestanddelen, is in overeenstemming met de lagere CZV/VSS-verhouding in vergelijking met substraat. Voor modellering wordt standaard voor inert CZV een CZV/VSS-verhouding van 1,2 aangehouden en voor vast substraat 1,8. In de praktijk kunnen deze waarden sterk afwijken en daarom wordt meting van deze samenstelling aangeraden.

#### 2.4.6.4 KANTTEKENINGEN BIJ DE ANALYSEMETHODE

Bij de diverse fijnzeef-onderzoeken worden twee analysemethoden voor cellulose gebruikt:

1. De 'Van Soest'-methode
  - Aanvankelijk wordt veel gebruik gemaakt van de 'Van-Soest'-methode (waarbij niet alleen cellulose gemeten wordt, maar ook hemicellulose en lignine). Deze methode lijkt goede, betrouwbare resultaten op te leveren voor analyse in zeefgoed, influent en primair slib. Daarentegen bleek de 'Van Soest'-methode niet geschikt voor analyse van cellulose-vezels in actief slib, en gaf veel te hoge resultaten (op RWZI Aarle-Rixtel).
2. De enzymatische methode
  - Bij andere onderzoeken (zoals op RWZI Beemster) is ook de enzymatische methode gebruikt. De enzymatische methode lijkt goed te werken op zeefgoed. Deze methode levert in het algemeen een (iets) lager cellulose-gehalte in vergelijking tot de 'Van Soest'-methode (gebaseerd op een zeefgoed monster op RWZI Aarle Rixtel).

Er zijn diverse kanttekeningen bij de 'Van Soest'-methode die gebruikt is in het onderzoek op RWZI Ommen, deze zijn deels gebaseerd op de ervaringen op RWZI Aarle-Rixtel met deze meting:

- Het is niet bekend hoeveel verlies van cellulosevezel er bij de analysemethode optreedt. Na behandeling met chemicaliën worden de monsters gezeefd en gespoeld over een filter van 0,040 mm. Kleine en/of verzwakte vezels gaan daarbij mogelijk verloren.
- Het is mogelijk dat andere factoren, zoals de matrix van actief slib (bijvoorbeeld vetten), een storend effect hebben op de cellulosemeting. Met cellulosemeting in actiefslib is minder ervaring dan met metingen in bijvoorbeeld influent en zeefgoed. Daarom dienen de resultaten van de cellulosemeting in actiefslib voorzichtig te worden beoordeeld.
- Daarnaast is onbekend of NDF (Neutral Detergent Fiber) bestaat uit vezel of een totaal is van vezel en iets anders, bijvoorbeeld deels zaden etc.
- Evenmin is bekend of hemicellulose echt hemicellulose is of bestaat uit een combinatie van diverse stoffen.
- 

De resultaten met betrekking tot de cellulosemetingen in dit onderzoek dienen, met in acht-neming van deze onzekerheid, te worden geïnterpreteerd.

# 3

## MODELLERING

### 3.1 INLEIDING

Het praktijkexperiment met de zeefbocht is op verschillende wijze ondersteund met actief-slibmodellering. Daarvoor is de modelleringsoftware BioWin versie 5.3 ([www.envirosim.com](http://www.envirosim.com)) gebruikt. Alle modelberekeningen zijn statisch uitgevoerd, op basis van gemiddelde uitgangswaarden.

In aanvang van het project is een modelmatige quickscan (modelmatige scenariostudie, zie paragraaf 3.2) uitgevoerd. De resultaten van de modellering zijn gebruikt om de opzet van het experiment te bepalen en vast te stellen welke metingen er verricht moeten worden. Met het model zijn twee verschillende operationele scenario's voor de slibzef berekend, deze worden verderop besproken in paragraaf 3.2.3 als:

- Scenario 1 'Het actievere actiefslibproces'.
- Scenario 2 'Het verlagen van het slibgehalte bij gelijke prestatie'.

De doelstelling van het meetprogramma is om de resultaten zo goed mogelijk vast te kunnen leggen en daarnaast een meer gedetailleerde modellering mogelijk te maken. Voor deze meer gedetailleerdere modellering is een statistisch betrouwbare dataset nodig op basis waarvan het model kan worden gekalibreerd en een tweede dataset voor model validatie. Door de verschillende omstandigheden die zich tijdens de onderzoeksperiode hebben voorgedaan zijn de meetdata niet geschikt gebleken voor detailuitwerking met het bestaande model, zie paragraaf 3.3.

Wel is het inzicht, dat is verkregen uit de praktijk meetdata met de zeefbochten op RWZI Ommen, verwerkt in het oorspronkelijke model dat gebruikt is voor de hierboven genoemde modelmatige scenariostudie, met als resultaat een verbeterd model. Modelvergelijkingen zijn aangepast/toegevoegd om expliciet:

- de (af te vangen) cellulose fractie in het influent als een aparte fractie te modelleren en
- de langzame afbraak van vezels die plaats kan vinden in het actiefslibproces te modelleren.

Dit verbeterde model (zie paragraaf 3.4) is vervolgens toegepast voor het doorrekenen van een businesscase.

### 3.2 MODELMATIGE SCENARIOSTUDIE

#### 3.2.1 OPZET VAN HET ACTIEFSLIBMODEL VOOR RWZI OMMEN

Voorafgaand aan de uitvoering van het praktijkonderzoek, is het proces eerst bestudeerd op basis van een modelberekening. Er zijn twee operationele toepassingen doorgerekend; scenarioanalyses 1 en 2 (zie paragraaf 3.2.3).

- Scenario 1 'Het actievere actiefslibproces'.
- Scenario 2 'Het verlagen van het slibgehalte bij gelijke prestatie'.



Uit praktische en financiële overwegingen is een vereenvoudigd model (quickscan) in Biowin gebruikt waarvoor een beperkt bemonsteringsprogramma is uitgevoerd voor een influentkarakterisering van RWZI Ommen (zie paragraaf 3.2.2 en bijlage 1). Er zijn gangbare parameterinstellingen toegepast voor de kinetiek en stoichiometrie en het model is statisch gekalibreerd op basis van de gemiddelde slibleeftijd gemeten in 2016 (Z-info data).

Het referentiemodel representeert bij benadering de bestaande situatie op RWZI Ommen en kan worden gebruikt voor een kwalitatieve vergelijking van verschillende operationele scenario's. Kwantitatieve voorspellingen zijn met een niet gevalideerd model minder betrouwbaar. Voor het modelleren van de slibzeef is in eerste instantie een black-box benadering gebruikt. Daarbij is aangenomen dat er een bepaalde vracht aan inert CZV uit het actiefslib wordt gehaald met een geschat volume, zonder het zeefrendement in acht te nemen.

Voor het praktijkonderzoek is het belangrijk de slibbalans van de zuivering goed voor ogen te hebben aangezien toepassing van de zeefbocht daar het meest invloed op heeft. De slibbalans in het model is gerelateerd aan CZV, met name de inerte fractie. Daarvoor zijn de volgende bepalingen uitgevoerd (zie ook paragraaf 3.2.2):

- berekening van de hoeveelheid inert organische massa in droge stof en CZV die met het influent wordt aangevoerd,
- berekening van de hoeveelheid droge stof en CZV in het afgevoerde spuislib,
- meting van de hoeveelheid droge stof en CZV in het actiefslib en
- meting van de hoeveelheid droge stof en CZV afgevoerd via het zeefgoed.

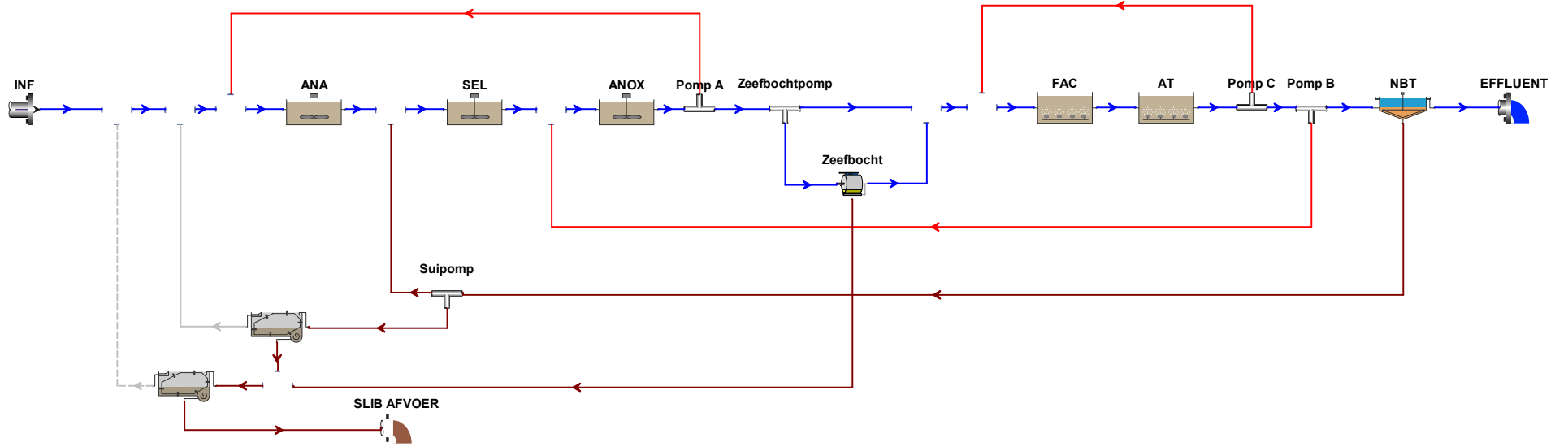
Voor de schatting van de verhoudingen CZV en organische massa (CZV/VSS) is een aantal steekmonsters genomen van verschillende slibstromen. Daarnaast is de influentkarakterisering gebruikt om het aandeel inert organisch materiaal in het influent te schatten. Deze schatting gebeurt op basis van een BZV-model en is indicatief met een betrouwbaarheid van +/- 25%.

Op basis van de beschikbare data is het mogelijk het proces te modelleren zonder aanpassing van de modelstoichiometrie en kinetiek. Het model voorspelt de lage stikstofwaarden in het effluent overeenkomstig de metingen. Dit toont aan dat de biologische omzettingen (in het model) niet kritisch zijn. Het model is daarnaast relatief ongevoelig voor de toegepaste slibleeftijd. Mogelijke fouten in de gemeten slibdata (de slibbalans) kunnen daardoor niet goed worden gedetecteerd. De ongevoeligheid van de slibleeftijd in het model wordt veroorzaakt doordat de omzettingen niet kritisch zijn hetgeen in overeenstemming is met de vergaande stikstofverwijdering die in de praktijk wordt gemeten.

Dat het model kan worden gefit op basis van meetdata zonder parameters aan te passen is een aanwijzing dat de zuiveringsdata geen grove fouten bevat. Echter, door de ongevoeligheid in het model voor de slibbalans en schatting van de inerte CZV massa in het influent blijven afwijking van +/- 25% mogelijk. Voor de modellering zijn geen uitvoerige controle-data verzameld. De modeluitkomsten in deze studie zijn daardoor vooral indicatief en geschikt voor kwalitatieve beoordeling van het effect van het slibzeven.

Voor het doel van het onderzoek was het model goed genoeg om te worden gebruikt voor het bepalen van het experimentele ontwerp, de planning, het opstellen van het meetprogramma en om beter inzicht te krijgen in het mogelijke verdere verloop van het onderzoek. Door het proces van tevoren te modelleren was het mogelijk om, op basis van de resultaten, aandachtspunten vooraf vast te stellen.

FIGUUR 3.1 TOEGEPASTE BIOWIN 5.3 MODEL RWZI OMMEN VOOR DE QUICKSCAN

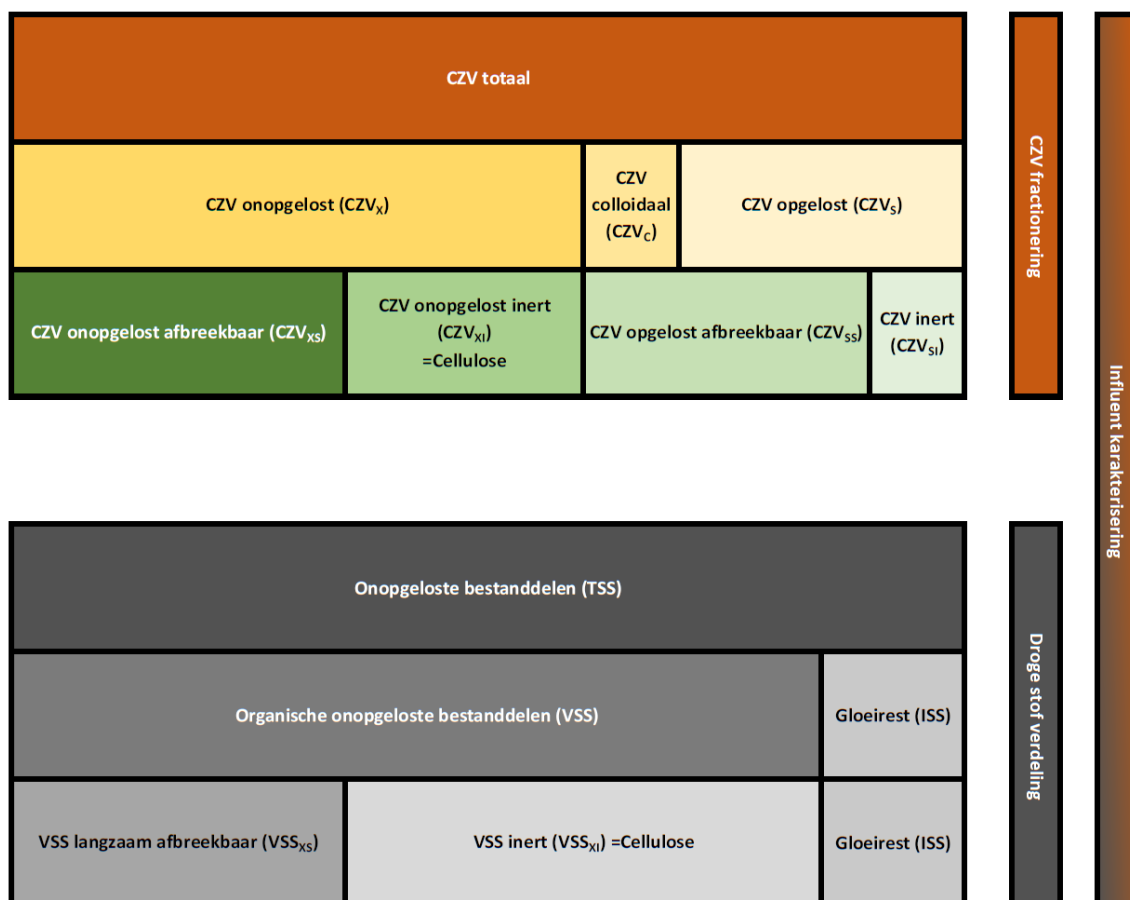


### 3.2.2 AANVULLENDE METINGEN VOOR REFERENTIEMODEL VAN RWZI OMMEN

#### 3.2.2.1 INFLUENT FRACTIONERING

Influent fracties zijn een belangrijke modelinput, vooral in dit onderzoek, omdat het de verwachting is dat de zeefbocht effect heeft op het verlagen van de inerte actiefslibfractie. In Figuur 3.2 zijn de verschillende fracties aan CZV en droge stof gegeven. De inerte slibfractie is voor meer dan 90% afkomstig uit influent. Voorafgaand aan het onderzoek is daarom met enkele controlemetingen de influent-fractionering vastgesteld en berekend (zie paragraaf 2.4.3). De resultaten van die metingen en berekeningen zijn weergegeven in bijlage 2. Het influent heeft bij de meeste rwzi's een min of meer constante samenstelling, zeker als het huishoudelijk afvalwater betreft. Om die reden is die meting eenmalig uitgevoerd (in triplo). Achteraf kan uit data worden vastgesteld dat dit voor de proefperiode een onterechte aanname is geweest, waarschijnlijk als gevolg van industriële lozingen die tijdens die periode hebben plaatsgevonden.

FIGUUR 3.2 INFLUENTKARAKTERISERING



#### 3.2.2.2 BEREKENING CZV/VSS-VERHOUDING VAN CELLULOSETYPES

Om een schatting te kunnen maken van de hoeveelheid vezelmateriaal in zeefgoed en om dit te kunnen modelleren is het nodig vast te stellen wat het CZV-gehalte is van het organische materiaal. Dat bestaat uit verschillende types cellulose. Uit de literatuur is een standaard vergelijking gebruikt om het CZV-gehalte te kunnen berekenen. Op basis van deze conversie berekeningen zijn de vezelmetingen in paragraaf 2.4.6.3 verder uitgewerkt en zijn er schattingen gemaakt voor de verdere compositie.

### 3.2.3 DOORGEREKENDE SCENARIO'S

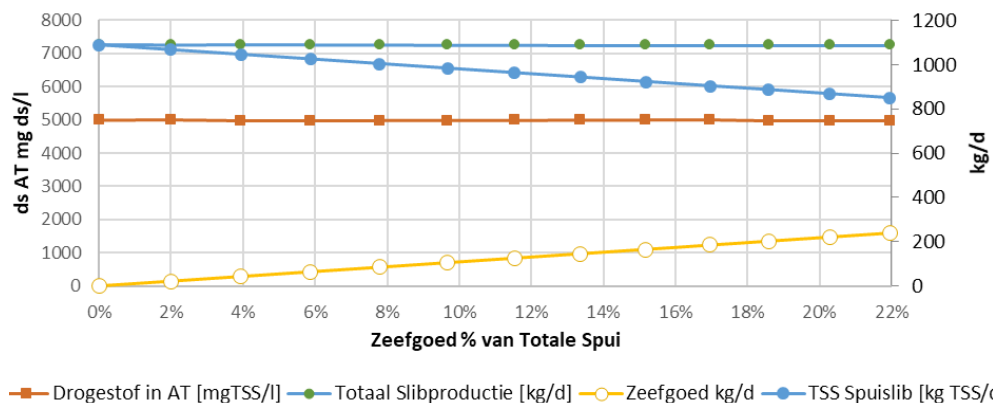
De werking van de zeefbocht is vooraf bestudeerd met een modelmatige scenariostudie. In een reeks steady state simulaties is het effect berekend op het zuiveringsproces van de onttrekking van verschillende vrachten zeefgoed. De hoeveelheid zeefgoed is gevarieerd tussen 0 en 22% onttrekking ten opzichte van de totale slibonttrekking (spuislib plus zeefgoed). Dit komt overeen met 0 tot 240 kg ds/d zeefgoed.

Er zijn twee uiterste operationele scenario's om de zeef te bedrijven die allebei met het actief-slibmodel zijn doorgerekend:

- Scenario 1 'Het actievere actiefslibproces':
  - Er worden vezels onttrokken uit het actiefslib waarbij de slibleeftijd gelijk wordt gehouden. Dit volgens het bedrijf in Figuur 33. Het spuidebiet wordt daarvoor omlaag gebracht evenredig met de toename van de zeefgoedproductie. De totale hoeveelheid onttrokken slib en de actiefslibconcentratie blijven daardoor gelijk maar het aandeel vezels in het slib neemt af en de biologische activiteit neemt toe. De belasting van het biologische slib neemt af en in theorie betekent dit dat een actievere actiefslibproces hoger kan worden belast bij gelijkblijvende effluentprestatie.
- Scenario 2 'Het verlagen van het slibgehalte bij gelijke prestatie':
  - Er wordt extra zeefgoed onttrokken uit de actiefslibtanks waarbij de SRT afneemt volgens Figuur 3.4. Daarvoor wordt het spuidebiet gelijk gehouden. De hoeveelheid slib in de tanks neemt af naarmate er meer zeefgoed wordt onttrokken. Het actieve deel van het slib blijft na zeping achter in de tanks. Metingen hebben aangetoond dat het zeefgoed van een zeefbocht vooral vezels en weinig actiefslib bevat (zie resultaten paragraaf 4.5). Door de extra onttrekking van vezels daalt de slibconcentratie in de actiefslibtanks en als gevolg ook de SRT. De hoeveelheid actieve biomassa blijft in theorie gelijk. Doordat er daarnaast meer slib wordt onttrokken laat het model een hele lichte daling van zuurstofvraag zien, dit zou betekenen dat het proces met minder beluchting toe zou kunnen waarmee energie kan worden bespaard. Een tweede voordeel van deze wijze van bedrijf, is dat de drogestofbelasting van de nabezinking afneemt door daling van de actiefslibconcentratie. De omzettingen en effluentkwaliteit van het proces blijven daarbij gelijk.

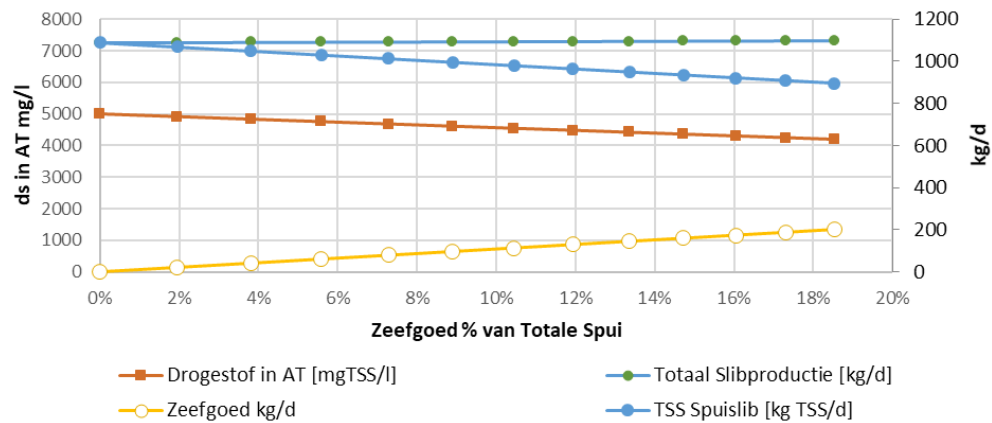
FIGUUR 3.3

MODELBEREKENING 1: OPERATIE VAN DE SLIBZEEF BIJ CONSTATE SRT EN GELIJKBLIJVENDE SLIBCONCENTRATIE IN DE AT. DE DOELSTELLING IS VERHOGEN VAN DE BELASTING VAN DE ZUIVERING BIJ GELIJKBLIJVENDE SLIBCONCENTRATIE



FIGUUR 3.4

MODELBEREKENING 2: OPERATIE SLIBZEEF VOOR AFNAME VAN DE SRT EN HET SLIBGEHALTE IN DE AT. DOELSTELLING IS VERLAGEN VAN DE DROGE STOF BELASTING VAN DE NABEZINKING EN VERLAGING VAN DE ZUURSTOFVRAAG BIJ GELIJKBLIJVENDE BELASTING VAN DE ZUIVERING



### 3.2.4 RESULTATEN

#### 3.2.4.1 GENERIEKE RESULTATEN SCENARIO 1 EN SCENARIO 2

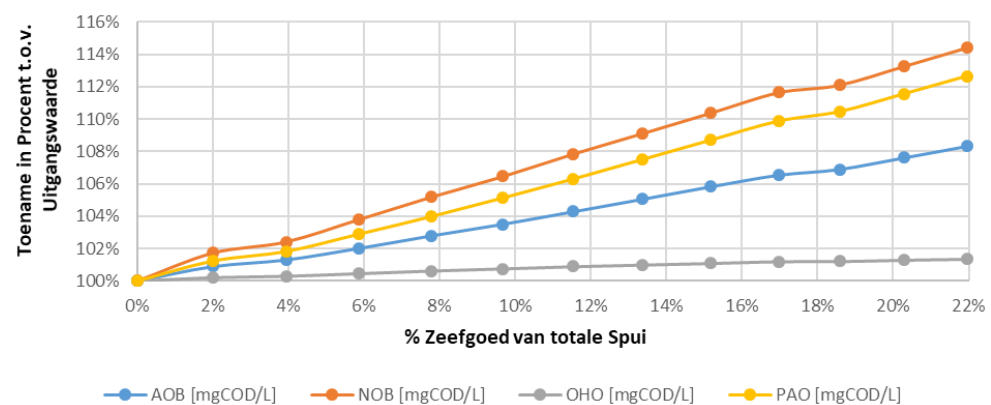
De modelberekeningen tonen aan dat ongeacht de wijze van toepassing van de zeef, het effect van zeefgoedonttrekking pas meetbaar zal worden als deze groter is dan 15% van de totale slibonttrekking (het spuislib plus het zeefgoed). Bij een onttrekking kleiner dan 15% zal het meetbare effect op het proces opgaan in meetruis en natuurlijke procesvariabiliteit.

#### 3.2.4.2 RESULTATEN MODELBEREKENINGEN SCENARIO 1 'HET ACTIEVERE ACTIEFSLIBPROCES'

Met het operationeel scenario 1 wordt het actiefslib actiever. Het effect wordt relevant bij onttrekking van zeefgoed groter dan 20%. Het model voorspelt daarbij een relatieve toename van nitrificerders (AOB's) van ongeveer 8% (Figuur 35). Dit is het directe gevolg van een toename van de effectieve slibleeftijd voor nitrificerders. Die stijgt met ongeveer 10% bij een zeefgoedonttrekking van ongeveer 20% (Figuur 3.6). Volgens hetzelfde principe hebben ook nitriet-oxiderende biomassa (NOB's) en fosfaat-bacteriën (PAO's) voordeel van het slibzeven.

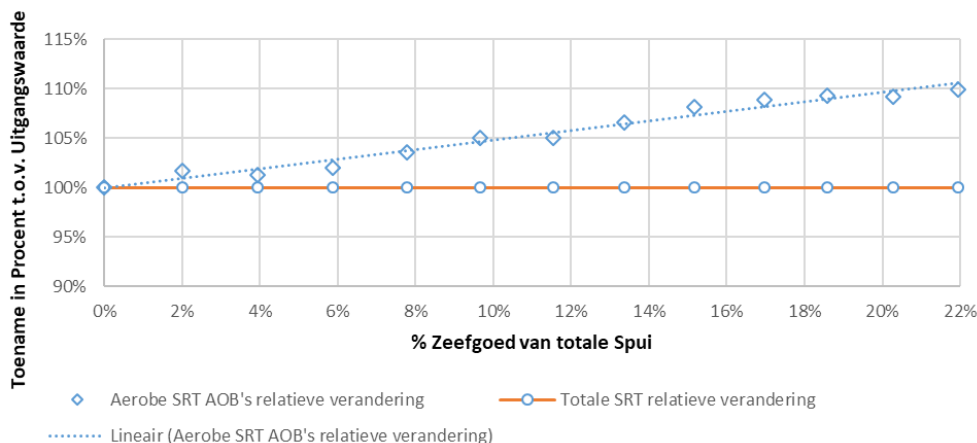
FIGUUR 3.5

TOENAME ACTIEVE BIOMASSA



FIGUUR 3.6

## SCENARIO 1: TOENAME EFFECTIEVE SLIBLEEF TIJD AOB



Uit het model komt naar voren dat er meetbare effecten zijn in het actiefslib als gevolg van het slibzeven. Er is een relatieve toename van de gloeirestfractie van het slib (in het model ISS of Inert Suspended Solids) en tegelijkertijd een lichte afname van het organisch gehalte (VSS, Volatile SS). Dit komt doordat er met de zeef voornamelijk slecht biologisch omzetbaar organisch materiaal (vezels) uit het slib wordt gehaald.

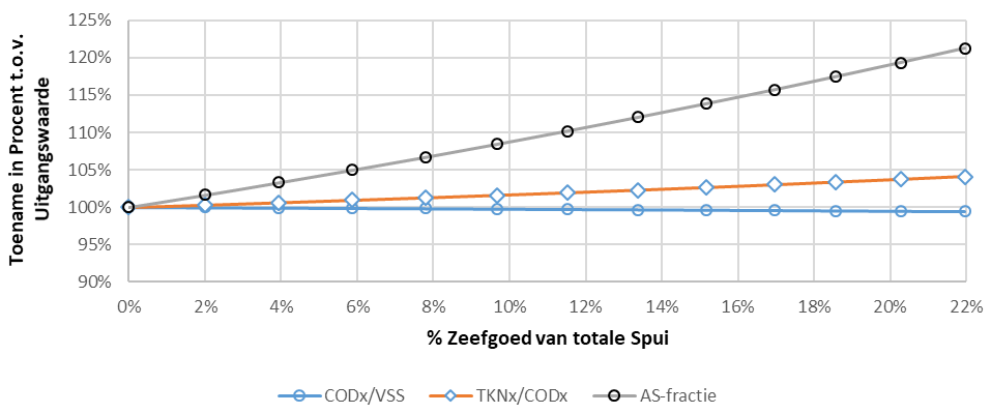
Uit metingen is vastgesteld dat zeefgoed een laag gloeirest-gehalte heeft vergeleken met actief slib (zie paragraaf 4.5.4). Door onttrekking van zeefgoed zal het gloeirest gehalte in het actiefslib in verhouding toenemen. Daarnaast is het de verwachting dat het P- en gloeirest-gehalte toeneemt als gevolg van de toename van PAO's in het slib.

De organische compositie van zeefgoed (de CZV/VSS-verhouding) is ongeveer gelijk aan die van actiefslib. Zeefgoedonttrekking heeft daardoor waarschijnlijk geen meetbaar effect op die verhouding (zie Figuur 3.7).

Het model berekent dat organisch gebonden stikstof in het actiefslib omhooggaat met ongeveer 4%. Vezels bevatten relatief weinig stikstof (voornamelijk cellulose) vergeleken bij actiefslib (bevat ook levende biomassa). In theorie zou door het onttrekken van cellulose en toename van actieve biomassa een hoger N-gehalte in het slib gemeten moeten worden. In de praktijk zal dit niet goed te meten zijn, door de onnauwkeurigheid van de metingen en de fout die wordt doorgegeven in de vaste fractieberekening TKN/CZV.

FIGUUR 3.7

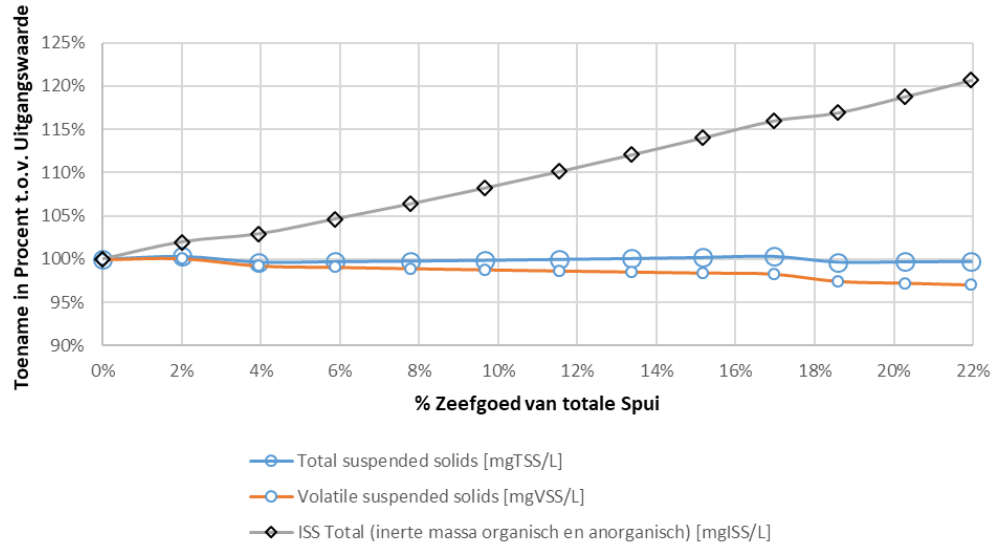
## SCENARIO 1: MEETBARE RELATIEVE VERANDERINGEN IN DE ACTIEFSLIB FRACTIES COD/VSS, TKN/COD EN ISS/TSS



Als gevolg van een hogere actieve biomassaconcentratie in de tanks en een langere effectieve SRT neemt de endogene activiteit toe. Dit effect is gemodelleerd in Figuur 3.8. Door slib mineralisatie neemt het gloeirest-gehalte toe en het organische gehalte af. De totale toename van de asrest is een combinatie van alle bovenstaande effecten door het slibzeven onder operationeel scenario 1.

FIGUUR 3.8

SCENARIO 1: TOENAME ENDOGENE ACTIVITEIT EN SLIB-MINERALISATIE

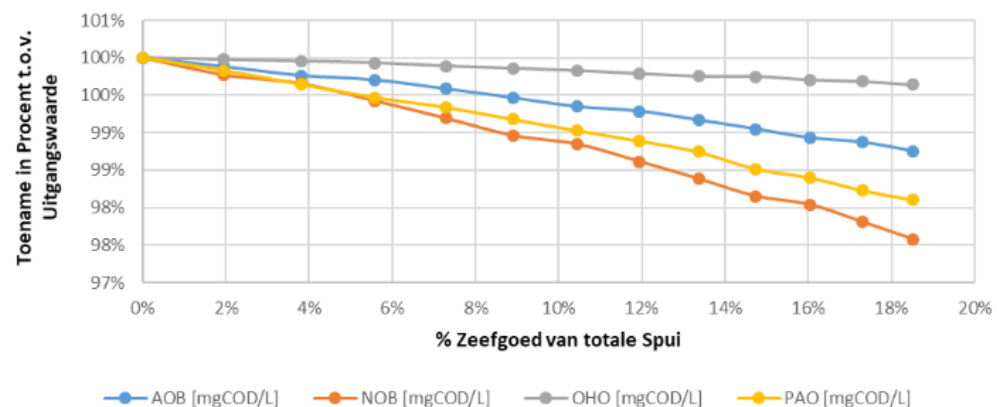


### 3.2.4.3 RESULTATEN MODELBEREKENINGEN SCENARIO 2 'HET VERLAGEN VAN HET SLIBGEHALTE BIJ GELIJKE PRESTATIE'

Bij zeefgoedonttrekking volgens scenario 2 daalt het droge stofgehalte in de AT als gevolg van de onttrekking van zeefgoed. In het geval er ongeveer 19% van de totale slibproductie via de zeef wordt onttrokken, daalt de slibconcentratie in de biologie met ongeveer 15% (zie Figuur 3.3 en Figuur 3.4). De totale slibleeftijd neemt hierdoor af, van 26,0 naar 22,6 dagen (een afname van 13%), terwijl de actieve biomassa vrijwel gelijk blijft (simulaties tonen een afname tussen 1 en 2%, Figuur 3.9). De relatieve slibleeftijd van AOB's blijft nagenoeg gelijk zoals weergegeven in Figuur 3.10.

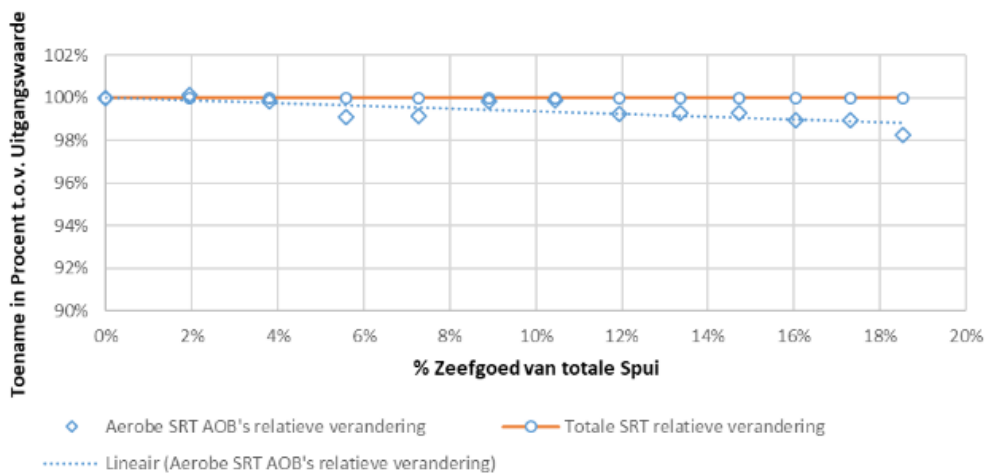
FIGUUR 3.9

SCENARIO 2: RELATIEVE AFNAME BIOMASSA



FIGUUR 3.10

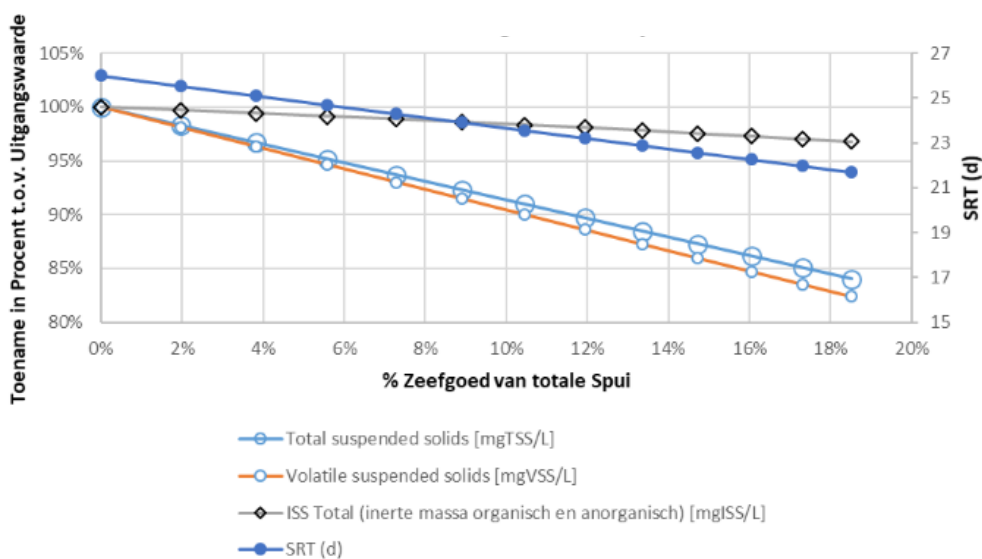
## SCENARIO 2: RELATIEVE SLIBLEEF TIJD NITRIFICERENDE BIOMASSA



Bedrijf volgens scenario 2, levert een proces op met een lagere SRT en een lagere actiefslibconcentratie waarbij in theorie dezelfde hoeveelheid afvalwater kan worden behandeld. Hoe in scenario 2 zeefgoed onttrekking de concentraties in actiefslib beïnvloedt is weergegeven in Figuur 3.11. Door zeefgoedonttrekking stijgt het gloeirest-gehalte van het actiefslib. Echter, door daling van de slibconcentratie en een kortere SRT is de slib-mineralisatie lager. Het nettoresultaat is dat het gloeirest-gehalte in de tanks iets daalt (ongeveer 3%) terwijl het organische gehalte met circa 18% afneemt.

FIGUUR 3.11

## SCENARIO 2: VERLAGING VAN DE SRT EN HET SLIBGEHALTE IN DE TANKS

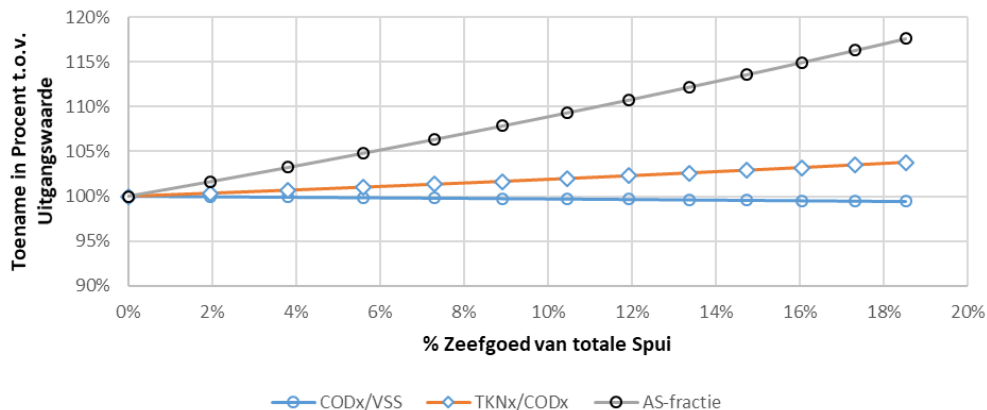


De actiefslibsamenstelling (fracties COD/VSS, TKN/COD en ISS/TSS) verandert op dezelfde wijze als in scenario 1 (Figuur 3.12) doordat er voornamelijk vezels worden onttrokken en de actieve biomassa in het slib in verhouding toeneemt. Net als in scenario 1 zal de verandering in het gloeirest-gehalte van het slib meetbaar moeten zijn bij ongeveer 20% zeefgoedonttrekking en zal het toegenomen N-gehalte waarschijnlijk wegvallen in meetruis.



FIGUUR 3.12

SCENARIO: MEETBARE VERANDERING VAN DE SLIBSAMENSTELLING



### 3.2.5 CONCLUSIES VAN DE MODELMATIGE SCENARIOSTUDIE

Er kan volgens de modelberekeningen een verbetering van de efficiëntie van de rwzi plaats vinden door het onttrekken van inert vezelmateriaal direct uit de actiefslibtanks door toepassing van een zeefbocht. De positieve werking zou in de bedrijfsvoering waarneembaar moeten zijn als de onttrekking van vezels groter is dan 15% van de totale spuislibproductie, bij lagere onttrekkingen zijn de effecten kleiner of mogelijk te klein om goed meetbaar te zijn voor bijvoorbeeld de samenstelling van het slib, de effecten zullen wegvallen in de meetruis en natuurlijke variaties.

Een belangrijk effect van de zeefbocht is dat er minder spuislib wordt geproduceerd (volume) en dat de SRT kan afnemen zonder nadelig effect op de biologie (nitrificatie). In theorie geeft dit ruimte voor een circa 10% hogere belasting bij een zeefgoedonttrekking van ca. 15% van de totale slibproductie (zeefgoed plus spui).

Er zijn twee (uiterste) toepassingsscenario's doorgerekend. Eén waarbij de belasting van een bestaand proces kan worden vergroot (Scenario 1) en één waarbij van een bestaand proces het energieverbruik en de ds belasting van de nabezinking kan worden verlaagd (Scenario 2).

Voor een betere voorspelling van de gloeirest en de slibproductie zijn in de bemonstering aanvullende asrestmetingen uitgevoerd van het ruwe influent. Voor het nauwkeuriger modelleren van de nutriëntenbalans over de zuivering, is in verschillende slibstromen het gehalte CZV, N en P bepaald in het (organische deel van het) slib. Voor detaillering van de zeefbocht zijn de debieten vastgelegd en analytische metingen verricht van het zeefgoed en het filtraat. Nadat de resultaten van de praktijktesten zijn verwerkt en gemodelleerd kunnen eventueel verschillende operationele scenario's worden bestudeerd.

### 3.2.6 DE OPZET VAN HET ONDERZOEK VANUIT DE RANDVOORWAARDEN VANUIT DE MODELLERING

Zowel scenario 1 als 2 zijn in overweging genomen voor het onderzoek op RWZI Ommen. Het oorspronkelijke idee was het onderzoek uit te voeren volgens scenario 1. De modelberekeningen laten echter zien dat het 'actiever' maken van het actiefslib op Ommen niet meetbaar zou zijn omdat de effluentkwaliteit van RWZI Ommen al zeer goed is. Het onderzoek is daarom uitgevoerd volgens scenario 2: Het verlagen van de actiefslibconcentratie door verwijdering van zeefgoed zonder verlies van effluentkwaliteit. Tijdens de onderzoeksperiode is daarvoor het spuislibdebiet (zo veel mogelijk) gelijk gehouden. Voor een theoretische onderbouwing van het onderzoek is een modellering uitgevoerd. Er is in diverse proeven praktische

data verzameld die gebruikt is ter verbetering van de modellering. De opzet van het onderzoek was om in drie stappen de hydraulische belasting van de zeefbochten van 20 m<sup>3</sup>/h naar een maximum debiet van 80 m<sup>3</sup>/h te brengen, het maximale debiet op basis van de geïnstalleepompen. De looptijd van het onderzoek was geschat op drie maanden.

### 3.3 MEER GEDETAILLEERDE MODELLEERING

De initiële doelstelling van het project was om data te verzamelen waarmee een gedetailleerde modelstudie mogelijk zou zijn. Het onderzoek heeft waardevolle praktijkdata en inzichten opgeleverd in de werking, opbrengsten en mogelijkheden van het slibzeven. De meetdata uit de praktijk zijn echter niet geschikt gebleken om het model te fitten, kalibreren of valideren:

- Sommige meetdata zijn niet representatief als gevolg van opstartproblemen van de zeef, waaronder bevrozing van onderdelen en lekkage van de zeefgoedpers die later uit bedrijf is genomen.
- De looptijd van het onderzoek is langer geweest dan gepland waardoor externe verstoringen zoals de watertemperatuur en influentsamenstelling effect hebben gehad op het proces (slibhuishouding). De meetdata zijn daardoor minder betrouwbaar.
- Tijdens het onderzoek zijn er industriële lozingen geweest die gedurende enkele weken de slibhuishouding hebben verstoord. Over een periode van enkele weken is gemeten dat de spuislibproductie van RWZI Ommen is verdubbeld en de samenstelling van het actiefslib is veranderd. De metingen in die periode en daarna zijn niet of minder representatief.
- Het onderzoek met een 0,5 mm zeefbocht levert een relatief kleine zeefgoedproductie op waarvan het effect op het proces lastig is te meten ten opzichte van de normale operationele variatie en meetruis.
- Er zijn geen zeefgoedfractie-metingen in het influent verricht voor verschillende poriediameters, terwijl, op basis van voortschrijdend inzicht, is vastgesteld dat deze meting in combinatie met andere factoren bepaalt hoe de zeefbocht kan werken.

Standaard actiefslibmodellen, waaronder BioWin 5.3, zijn wat minder goed toegerust om het slibzeven goed te kunnen beschrijven. De bevindingen van het onderzoek hebben geleid tot het maken van modelaanpassingen waarmee modelleren van het slibzeven wel mogelijk is (zie de volgende paragraaf 3.4).

### 3.4 VERBETERD MODEL

#### 3.4.1 AANLEIDING VOOR EEN VERBETERD MODEL

Uit de metingen tijdens het praktijkonderzoek blijkt dat de hoeveelheid zeefgoed niet primair wordt bepaald door het toegepaste zeefdebiet, zoals eerder aangenomen. Ook is de opbrengst niet lineair met het zeefdebiet. Deze hoeveelheid hangt van meerdere factoren af:

- De toegepaste spleetwijdte van de zeefbocht.
- De hoeveelheid (vracht) materiaal in het influent wat in theorie over deze spleetwijdte kan worden afgevangen.
- De zeefrequentie oftewel met welk zeefdebiet in hoeveel tijd de totale biologie gezeefd kan worden in relatie tot de slibleeftijd van het actiefslibproces.
- Het specifieke zeefrendement berekend op basis van de afvangbare vezelfractie.
- De afbraaksnelheid van cellulose waarmee in theorie de afvangbare fractie over tijd afneemt.

Om bovenstaande zaken te kunnen modelleren, is het actiefslibmodel op twee punten

aangepast:

- Er is een extra organische 'inerte' influent-fractie geïntroduceerd met een (aangenomen) deeltjesgrootte groter dan de spleetwijdte van de slibzeef.
- Omdat cellulose in de praktijk gedeeltelijk afbreekt in het actiefslibproces is een afbraak-proces voor cellulose toegevoegd.

De theoretisch afvangbare influentvracht aan vezelmateriaal is bepalend voor de opbrengst die met de slibzeef gehaald kan worden. Bij het ontbreken van die gegevens is aan het einde van de onderzoeksperiode één testmeting uitgevoerd op het influent van Ommen met een schudzeef met verschillende porie diameters (zie paragraaf 5.2). Uit die meting is geschat dat de theoretische afvangbare influent fractie ongeveer 37% is van het totaal aan af te vangen materiaal. In het aangepaste model is voor deze fractie een afbraaksnelheid aangenomen van 0,125 /d. Het werkelijke proces, waarbij organische deeltjes in de zuivering door hydrolyse tot steeds kleinere deeltjes vervallen en uiteindelijk oplossen tot substraat (fermentatie), wordt zodoende benaderd.

Als gevolg van afbraak van cellulose, zal de opbrengst bij een lagere zeeffrequentie (het aantal maal per SRT dat de totale inhoud van de actiefslibinstallatie wordt gezeefd) lager zijn dan bij een hoge zeeffrequentie. Doordat dit is opgenomen in het model kan een betere inschatting gemaakt worden van het optimale bedrijf en de verwachte opbrengsten aan zeefgoed.

#### 3.4.2 OPZET

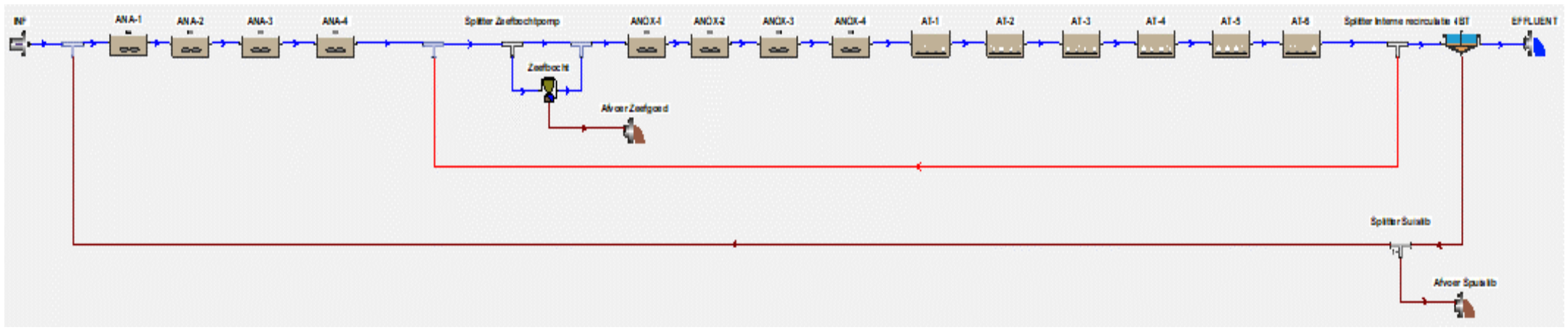
Op basis van de aspecten genoemd in de vorige paragraaf, is in een later stadium van het onderzoek een verbeterd model opgesteld ten opzichte van de eerste eenvoudige modellering (quickscan). Dit verbeterd model is toegepast op het simuleren van een normaal en een hoog/overbelast systeem voor een rwzi van 100.000 i.e. Zie bijlage 2 voor de beschrijving en uitwerking van dat model. Het model is gebruikt voor de businesscase in hoofdstuk 6.

In het verbeterde model wordt uitgegaan van

- een afvangbare slibfractie die afvlakt naar een maximum bij toename van het zeefdebiet;
- dat vezels worden afgebroken.

In het model voor de quickscan (zie paragraaf 3.2) is de afvangbare slibfractie lineair met het zeefdebiet en is er geen vezelafbraak gemodelleerd.

FIGUUR 3.13 TOEGEPASTE BIOWIN 5.3 MODEL RWZI OMMEN VOOR HET VERBETERDE MODEL



### 3.4.3 DOORGEREKENDE SCENARIO'S

Er zijn twee uiterste praktijksituaties doorgerekend:

- hoog/overbelast systeem met een klein actief slibvolume;
- normaal belast systeem met een groter actief slibvolume.

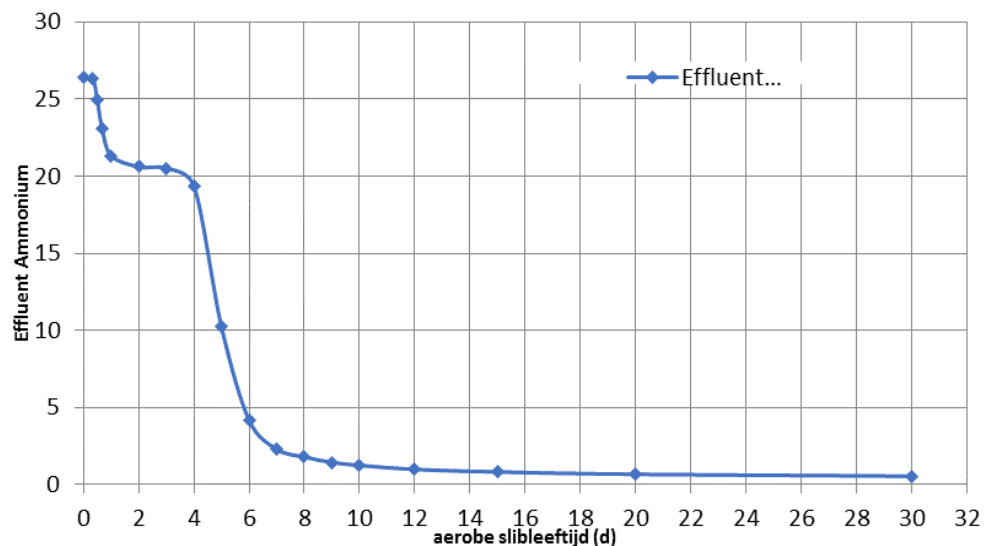
Voor het hoog/overbelaste systeem is het operationele scenario 1 uit de verkennende quickscan het best van toepassing, terwijl voor het normaal belast systeem scenario 2 geldt (zie paragraaf 3.2.3). Dit laatste komt overeen met de situatie op RWZI Ommen.

Voor de businesscase van de zeefbochten is het hoog/overbelaste systeem het meest gunstig, vandaar dat alleen deze verder wordt beschreven in deze paragraaf. In paragraaf 7 van bijlage 2 is de uitwerking van het normaal belaste systeem opgenomen, net als de uitgebreidere uitwerking van het hoog/overbelaste systeem.

Figuur 314 geeft een voorbeeld van de relatie tussen sibleeftijd en effluentconcentratie in een hoogbelast systeem bij lage temperaturen (winter). In een hoogbelast systeem kan vergroting van de aerobe sibleeftijd in kritieke situaties, zoals in de winter en bij lage sibleeftijden, een aanzienlijke verbetering van de prestaties geven. Het plotselinge omslagpunt van het verlies aan nitrificatiecapaciteit bij een te lage aerobe sibleeftijd is te zien aan de steile helling in de figuur, verlies van nitrificatiecapaciteit kan in dit geval worden voorkomen door de sibleeftijd groter dan circa 6 dagen te houden.

In normaal belaste systemen is ook in de winter de nitrificatiecapaciteit voldoende.

FIGUUR 3.14 RELATIE SLIBLEEFTIJD EN EFFLUENTCONCENTRATIE VOOR EEN HOOG BELAST SYSTEEM BIJ LAGE TEMPERAATUUR (STARTCONCENTRATIE AMMONIUM HIER OVERIGENS IETS HOGER DAN IN DE SIMULATIE FIGUUR 3.14)



### 3.4.4 RESULTATEN

Door het onttrekken van vezels uit het slib met het slibzeven kan de sibleeftijd worden verhoogd. In Figuur 3.15 zijn de verschillende systeemp parameters, zoals het zeefdebiet, de aerobe sibleeftijd en ammoniumconcentratie uit de simulatie met het verbeterd model weer gegeven. Er zijn met het model 8 runs uitgevoerd, van een laag naar hoog debiet over de zeefbochten, de verschillende kleuren zijn gebruikt voor een goed onderscheid van de runs. Het startpunt van de simulatie is een aerobe sibleeftijd rond vijf dagen waarbij is uitge-

gaan van het actiever maken van het slib conform scenario 1 (drogestofgehalte AT constant houden, zie quickscan paragraaf 3.2). Bijvoorbeeld bij een zeefdebiet van circa 2.500 m<sup>3</sup>/d kan in de winter bij een hoog/overbelast systeem de aerobe sibleeftijd worden vergroot van 5,1 naar circa 5,8 dagen resulterend in een lagere ammoniumconcentratie van 6,2 naar 3,4 mg/l, dit bij een spuislibproductie van circa 88% (en 12% zeefgoed, totaal 100%).

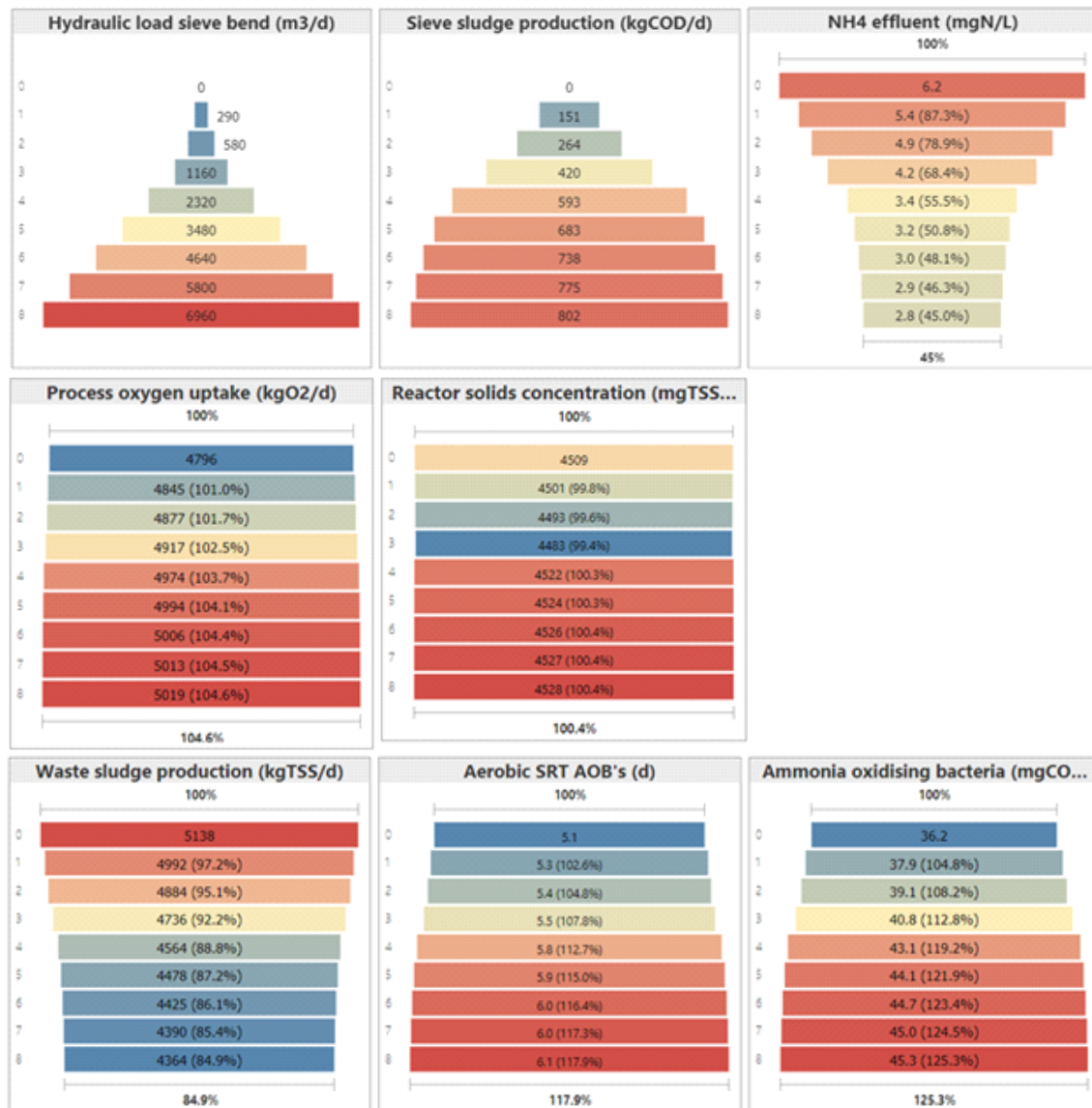
Onder kritische omstandigheden leidt een geringe verhoging van de aerobe sibleeftijd dus tot een aanzienlijke vergroting van de hoeveelheid nitrificerende bacteriën en een verlaging van de ammoniumconcentratie met 2-3 mg/l NH<sub>4</sub>/l. Verwijdering van 10-15% zeefgoed geeft dan een significante verbetering in de prestatie en biedt een voldoende veilige marge voor nitrificatie in de winter. Ook als er minder zeefgoed wordt verwijderd, wordt volgens het model winst gehaald. Dit geeft echter wel een minder veilige marge, omdat de sibleeftijd dan dichter bij de steile curve van de grafiek is (zie Figuur 3.14).

#### **3.4.5 CONCLUSIES VAN HET VERBETERD MODEL**

Het algemene effect van het slibzeven is een verhoging van de aerobe sibleeftijd en een verlaging van de effluent ammoniumconcentratie met 30 tot 50%, afhankelijk van de actuele aerobe sibleeftijd.

Het slibzeven biedt de bedrijfsvoering de optie om bij een hoog belaste zuivering in de winter de aerobe sibleeftijd door middel van zeven te verhogen. De kans op verlies van nitrificatiecapaciteit in de winter kan daarmee worden verminderd. Jaargemiddeld levert dit een lagere effluent ammonium en N-totaal concentratie.

FIGUUR 3.15 SYSTEEMPARAMETERS BIJ MODELLERING HOOG BELASTE ZUIVERING VAN 100.000 IE BIJ HET SLIBZEVEN. ER ZIJN MET HET MODEL 8 RUNS UITGEVOERD, VAN EEN LAAG NAAR HOOG ZEEFDEBIET, DE VERSCHILLENDE KLEUREN ZIJN GEBRUIKT VOOR EEN GOED ONDERSCHIED VAN DE RUNS. LINKSBOVEN GEEFT HET ZEEFDEBIET, DE OVERIGE AFBEELDINGEN GEVEN HET EFFECT OP DE VERSCHILLENDE PARAMETERS VAN DE RWZI. DE CIRKELS GEVEN HET GEBIED BIJ EEN REDELIJK HAALBAAR ZEEFDEBIET EN ZEEFGOEDVERWIJDERING WEER (RUN 4). HET ZEEFDEBIET IS GEBASEERD OP DE RESULTATEN VAN DE HOEVEELHEID ZEEFGOED IN DE PROEVEN MET DE HANDSCHUDZEEF VAN 0,4 MM



# 4

## RESULTATEN PILOTINSTALLATIE

### 4.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van het onderzoek met de zeefbochten uitgewerkt. Er is ingegaan op de verschillende perioden in het meetjaar en de samenstelling van het influent tijdens het meetjaar in vergelijking met de voorgaande jaren. Vervolgens is beschreven:

- het effect op het zuiveringsproces (zie paragraaf 4.4);
- de hoeveelheid en kwaliteit van het zeefgoed (zie paragraaf 4.5);
- de bedrijfsvoeringaspecten van de zeefbocht en de rwzi (zie paragraaf 4.6).

### 4.2 PERIODEN VASTSTELLING RESULTATEN

Vanaf januari 2017 zijn de twee zeefbochten in bedrijf. In de eerste twee maanden hebben verschillende oorzaken ertoe geleid dat de zeefbochten niet continu konden draaien. Problemen zoals vorst en verstopping met name bij de pers waren de oorzaak. Vanaf eind januari loopt de installatie tot op zekere hoogte stabiel. Omdat de poriën van de pers groter zijn dan de spleetwijdte van de zeefbocht, ging een groot deel van het zeefgoed retour naar de beluchtingstank. Dit is een onwenselijke situatie voor het onderzoek. Daarom is medio maart (17 maart 2017) de opstelling veranderd en is de stap met de ontwateringspers eruit gehaald en het zeefgoed wordt sindsdien via opslag in een tussencontainer naar de slibbuffer getransporteerd. Er vindt vanaf dat moment dus geen ontwatering van het zeefgoed meer plaats. Het drogestofgehalte van het zeefgoed is hierdoor lager en er is geen retourstroom meer van de pers naar de zuivering.

De rwzi ontvangt geregeld industriële pieklozingen. Eind maart 2017 vonden er grote lozingen plaats vanuit een zuivelfabriek, waardoor de zuivering niet meer optimaal functioneerde. De bedrijfsvoering is naar aanleiding hiervan aangepast ten opzichte van de afgesproken instelling voor het onderzoek. Hierdoor zijn de resultaten van de periode april en mei 2017 afwijkend. Ook waren de zeefbochten in deze periode niet continu in bedrijf. Vanaf juni 2017 hebben de zeefbochten continu gedraaid ( $2 \times 10 \text{ m}^3/\text{h}$ ) en vanaf augustus 2017 continu op maximale capaciteit ( $2 \times 40 \text{ m}^3/\text{h}$ ). In paragraaf 4.6 is de bedrijfsvoering nader toegelicht.

Terugblikkend over het jaar 2017 tot en met december, zijn er meerdere periodes geweest met verschillende bedrijfsvoering van of de zuivering of de zeefbochten. Hierdoor zijn de resultaten dan ook niet gemiddeld over het hele jaar, maar per periode. De verschillende perioden zijn in Tabel 4.1 weergegeven.



TABEL 4.1 PERIODEN IN 2017 MET VERSCHILLENDE BEDRIJFSVOERING TEN AANZIEN VAN DE ZEEFBOCHTEN

Periode	Tijdsbestek	Voeding zeefbochten	Opmerking bedrijfsvoering
1	januari t/m februari 2017 maart 2017 half maart t/m mei 2017	Wisselend 30, 50 m <sup>3</sup> /h 0 m <sup>3</sup> /h en 20 m <sup>3</sup> /h 20 m <sup>3</sup> /h, niet continu	met zeefgoedpers ombouw zeefgoedafvoer onstabiel draaien rwzi, directe afvoer zeefgoed
2	juni t/m juli 2017	20 m <sup>3</sup> /h continu	Stabiel draaien zeefbochten
3	augustus t/m december	80 m <sup>3</sup> /h continu	Stabiel draaien zeefbochten

Op basis van deze perioden is ervoor gekozen om de eerste periode van januari tot en met mei 2017, waarin verschillende situaties qua bedrijfsvoering zijn geweest, samen te vatten als de 'opstartperiode'. De resultaten in deze periode zijn wel in de tabellen vermeld, maar niet in de verdere beschouwing meegenomen en om die reden gearceerd weergegeven.

Het presteren van de zeefinstallatie wordt beoordeeld op basis van de data van de periodes 2 en 3, waarin de zeefbochtinstallatie stabiel heeft gedraaid.

### 4.3 VERGELIJKING PROCESOMSTANDIGHEDEN MET REFERENTIESITUATIE

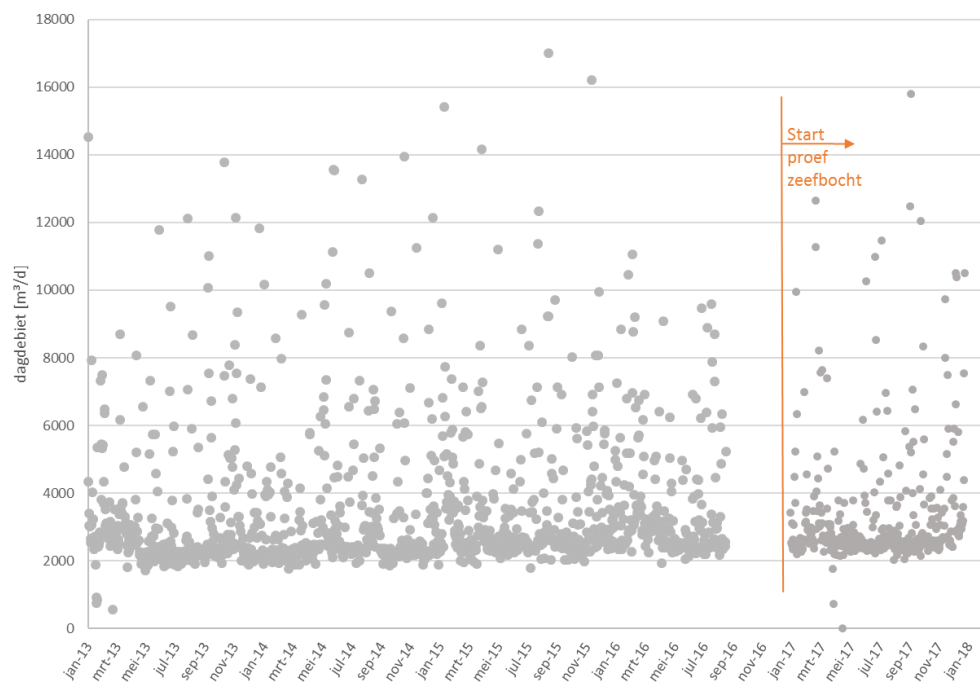
#### 4.3.1 DAGDEBIETEN

In Tabel 4.2 en Figuur 4.1 zijn de influentdebieten weergegeven. Uit de data blijkt dat de debieten over de onderzoeksperiode van de zeefbocht (januari tot en met december 2017) vergelijkbaar zijn met de data van de referentiesituatie.

TABEL 4.2 JAARGEMIDDELTE DAGDEBIETEN INFLUENT RWZI OMMEN

Parameter	2013	2014	2015	2016	2017	Eenheid
Dagdebiet	3.265	3.288	3.599	3.325	3.446	m <sup>3</sup> /d

FIGUUR 4.1 INFLUENTDEBIET 2013 T/M 2017, RWZI OMMEN



### 4.3.2 INFLUENTCONCENTRATIES

De jaargemiddelde influentconcentraties staan in Tabel 4.3 vermeld. Er zit fluctuatie in de concentraties. Over het algemeen zijn de waarden redelijk constant, alleen de CZV- en N-totaal-concentraties zijn in 2016 en 2017 iets hoger dan de jaren ervoor.

**TABEL 4.3** JAARGEMIDDELTE CONCENTRATIES EN VRACHTEN INFLUENT RWZI OMMEN, 2013 - 2017

Parameter	2013	2014	2015	2016	2017*	Eenheid
Concentraties:						
CZV	974	922	982	1238	1133	mg/l
OB	392	322	343	434	363	mg/l
N-tot	74	65	71	80	84	mg/l
P-tot	12	11	11	14	13	mg/l
Vrachten:						
CZV	3180	3032	3534	3811	3904	kg/d
OB	1280	1059	1234	1337	1251	kg/d
N-tot	242	214	256	247	289	kg/d
P-tot	39	36	40	43	45	kg/d

\* exclusief de periode eind maart t/m mei

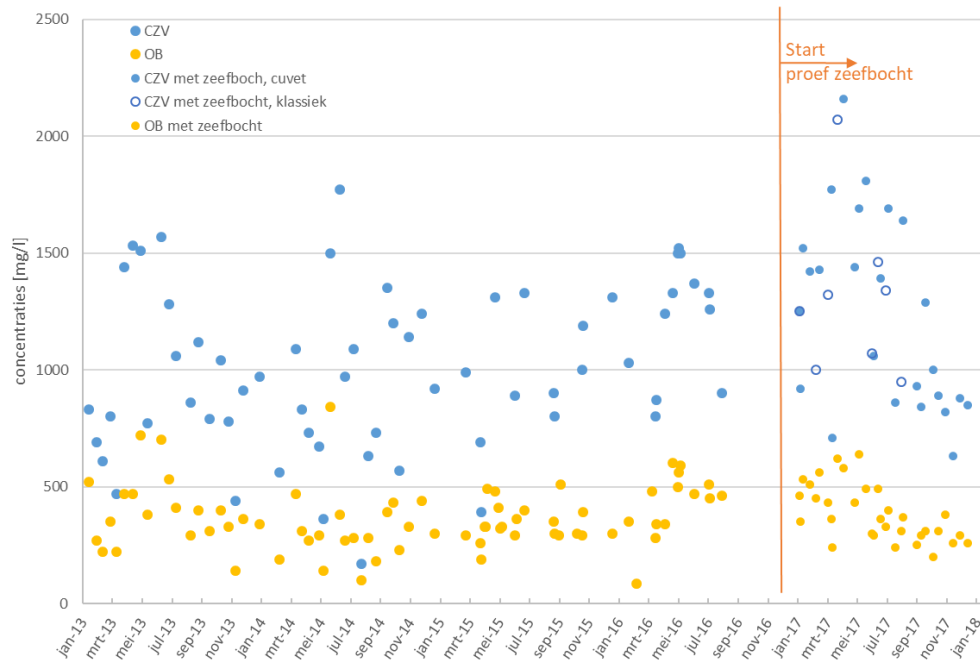
In Figuur 4.2 en Figuur 4.3 is de variatie van de influentconcentraties zichtbaar gemaakt. In de grafieken is te zien dat de waarden fluctueren, net zoals in de jaren ervoor.

Er zijn in 2017 zowel klassieke als cuvet analyses uitgevoerd voor CZV op 24-uur-gemiddelde monsters. Wat opvalt is dat de CZV-concentraties uitgevoerd met behulp van de CZV cuvet testen (conform NEN-ISO 15705) in 2017 iets hoger zijn (ongeveer 4%), terwijl de analyses uitgevoerd met behulp van de klassieke CZV-methode (conform NEN 6633:2006) vergelijkbaar zijn met voorgaande jaren. Beide geaccrediteerde analyses zijn door het laboratorium uitgevoerd.

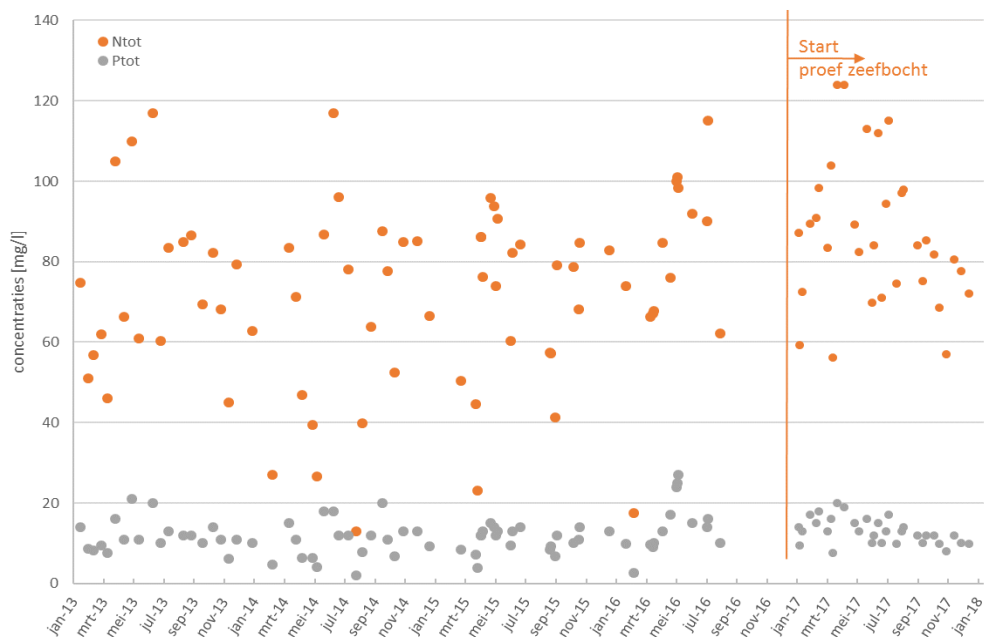
In de periode van half maart tot half april zijn met name de CZV, BZV en OB-concentraties hoger. Dit heeft te maken met de eerdergenoemde lozing van de zuivelfabriek (zie paragraaf 4.2). Het N-totaal gehalte is in 2017 hoger dan in de voorgaande jaren.

Voor RWZI Ommen worden de concentraties van onopgeloste bestanddelen (OB) geanalyseerd na een filtratie met een Whatman GF/A-filter met een poriegrootte van 1,6 µm. Vezelanalyses hebben alleen in het jaar 2017 plaatsgevonden, waardoor geen vergelijking kan worden gemaakt met de voorgaande jaren. Wel is het zo dat vezels/cellulose onderdeel uitmaken van de gemeten OB. Deze blijkt over de jaren niet erg te veranderen, met een uitschieter in 2016, zie Figuur 4.2. Op basis hiervan is aangenomen dat de hoeveelheid cellulose in het influent over de jaren vergelijkbaar is gebleven.

FIGUUR 4.2 INFLUENTCONCENTRATIES CZV EN OB (IN MG/L) RWZI OMMEN, 2013-2017



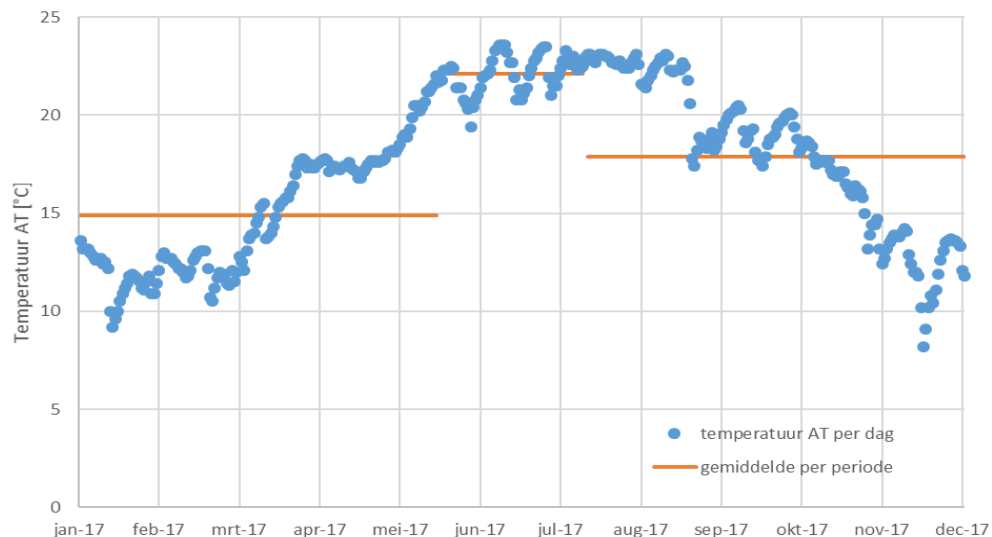
FIGUUR 4.3 INFLUENTCONCENTRATIES N-TOTAAL EN P-TOTAAL (IN MG/L) RWZI OMMEN, 2013 -2017



### 4.3.3 TEMPERATUUR EN SLIBLEEF TIJD

In Figuur 44 is het verloop van de temperatuur in de actiefslibtank (AT) in 2017 weergegeven. Te zien is dat in de opstartperiode de temperatuur lager is dan in periode 2 en 3, de periodes waarin de zeefbochten stabiel hebben gedraaid. De temperatuurafhankelijkheid van het nitrificatieproces en de afbraak van cellulose kan een rol spelen in de resultaten (zie paragraaf 4.4.2). In de zomermaanden zal deze beter zijn dan in de wintermaanden.

FIGUUR 4.4 TEMPERAATUUR IN DE ACTIEFSLIBTANK (AT) IN 2017, RWZI OMMEN



In Tabel 4.4 is de gemiddelde temperatuur en de gemiddelde slibleeftijd per periode gegeven. Hieruit valt op te maken dat de slibleeftijd 16 - 24 d bedraagt exclusief het volume van de selector/anaerobe tank en 20 - 30 dagen wanneer het totale volume wordt gerekend. Dit is voldoende voor verregaande nitrificatie en komt goed overeen met de referentieperiode (27 dagen, zie Tabel 2.1). Te zien is dat in periode 2 de slibleeftijd wat korter is dan in periode 1 en 3.

TABEL 4.4 GEMIDDELTE TEMPERAATUUR EN SLIBLEEF TIJD PER PERIODE IN 2017, RWZI OMMEN

Parameter	periode 1	periode 2	periode 3	Eenheid
	jan - mei	jun - jul	aug - dec	
temperatuur	14,9	22,1	17,9	°C
slibleeftijd o.b.v. actiefslibtank *	23,5	16,2	22,2	dagen
slibleeftijd o.b.v. actiefslibtank+selector/anaerobe tank *	29,6	20,4	28,0	dagen

\* De slibleeftijd is berekend door het drogestofgehalte in de AT te vermenigvuldigen met het volume van de actiefslibtank (al dan niet inclusief selector/anaerobe tank) en te delen door de gemiddelde dagelijkse afgevoerde slibhoeveelheid (in kg ds/d). Volume van de voordennitrificatie + wissel + aerobe ruimte = 5.320 m<sup>3</sup>, inclusief selector/anaerobe tank = 6.700 m<sup>3</sup>.

#### 4.3.4 CONCLUSIE VERGELIJKING PROCESOMSTANDIGHEDEN

De debietmetingen laten zien dat het influentdebiet in 2017 niet afwijkt van de jaren ervoor. De influentconcentraties zijn over de jaren ook redelijk constant, alleen CZV en N-totaal lijken in 2016 en 2017 iets toegenomen. De temperatuur in periode 2 is hoger en de slibleeftijd lager. Het temperatuurverloop is normaal voor een rwzi. De slibleeftijd is in 2017 vergelijkbaar met de referentieperiode.

#### 4.4 EFFECT OP HET ZUIVERINGSPROCES

Om het effect van de zeefbochten op het zuiveringsproces te bepalen, is een aantal parameters nader bekeken:

- effluentkwaliteit (met name N en P);
- drogestofconcentratie in AT;
- slibkwaliteit: SVI, asrest, vezels;
- slibproductie en afzet;
- energieverbruik beluchting.

#### 4.4.1 EFFLUENTKWALITEIT

Wanneer gekeken wordt naar de belasting van RWZI Ommen (zie Tabel 2.1), blijkt dat de rwzi in 2015 een hogere influentbelasting (in i.e. à 150 g TZV) ontvangt dan waar deze oorspronkelijk voor ontworpen is. In Tabel 4.5 zijn de jaargemiddelde effluentkarakteristieken gegeven over de periode 2013-2017. Ondanks de hogere influentbelasting dan het ontwerp, presteert de rwzi zeer goed met een slibbelasting van ongeveer 0,04 kg BZV/kg ds.d en N-totaal waarden in het effluent van 5 tot 7 mg/l en een P concentratie lager dan 1,0 mg/l.

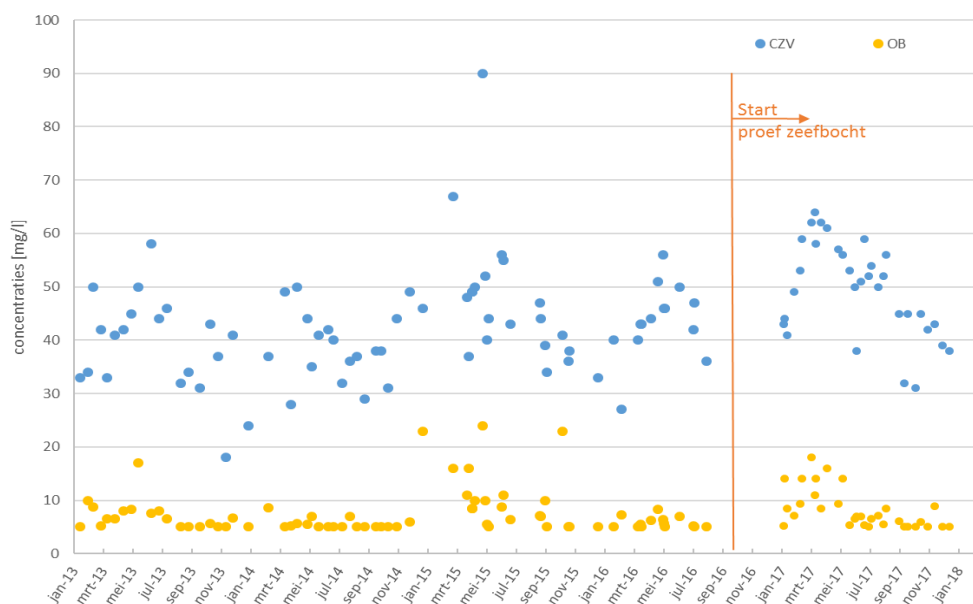
De CZV-concentratie in het effluent neemt over de jaren heen iets toe, terwijl N-totaal gelijk blijft. In 2015 is de ammoniumwaarde hoger dan in de andere jaren.

TABEL 4.5 JAARGEMIDDELTE EFFLUENTCONCENTRATIES EN JAARGEMIDDELD EFFLUENTDEBIET RWZI OMMEN, 2013 - 2017

Parameter	2013	2014	2015	2016	2017	Eenheid
Jaargemiddeld dagdebiet	3.265	3.288	3.599	3.325	3.599	m <sup>3</sup> /d
CZV	38,9	39,3	47,2	43,5	49,5	mg/l
N-tot	4,5	4,5	6,7	3,9	4,7	mg/l
NH4-N	0,5	1,2	4,0	1,2	1,4	mg/l
NO3-N	1,8	1,4	0,6	0,6	0,5	mg/l
P-tot	0,5	0,5	0,8	0,6	0,8	mg/l
P04-P	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	mg/l
OB	7,0	6,5	9,9	6,1	8,2	mg/l

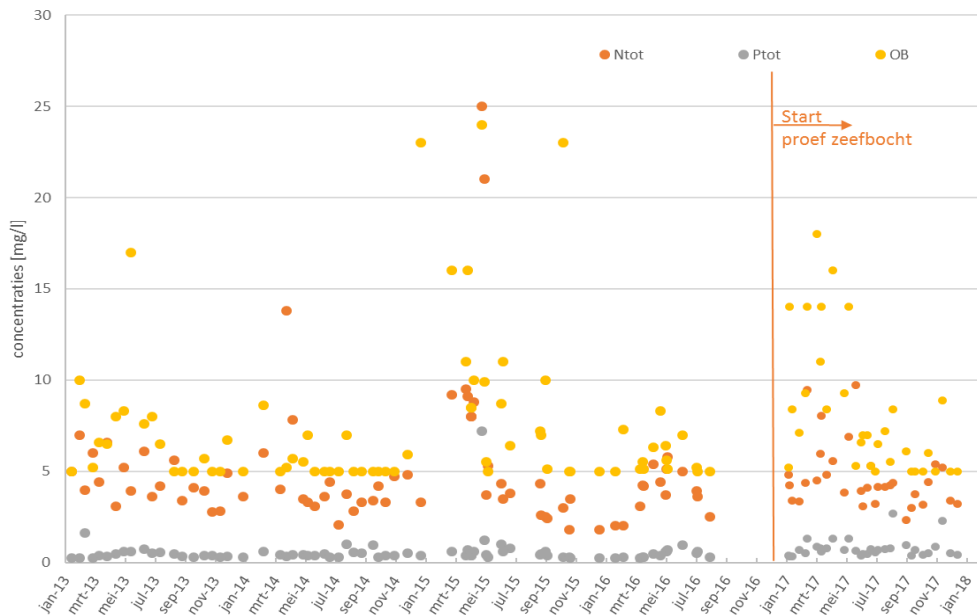
Wanneer nader wordt gekeken naar de variatie in de effluentconcentraties in de tijd (zie Figuur 4.5 en Figuur 4.6), is er behoorlijke fluctuatie in de concentraties. Opvallend zijn enkele uitschieters. Eind april en begin mei 2015 zijn twee uitschieters van N-totaal zichtbaar van respectievelijk 25 en 21 mg N/l, die veroorzaakt worden door hoge ammoniumconcentraties van 19 mg N/l. Wanneer deze waarden niet meegenomen worden, is de jaargemiddelde concentratie in 2015 voor N-totaal in het effluent 5,0 mg/l in plaats van 6,7 mg/l. Dit is goed in lijn met de voorgaande jaren. Ook in 2017 zijn hoge waarden voor CZV, OB en N-totaal zichtbaar als gevolg van de lozing vanuit de zuivelfabriek (zie paragraaf 4.2).

FIGUUR 4.5 EFFLUENTCONCENTRATIES CZV EN OB (IN MG/L) RWZI OMMEN, 2013-2017



FIGUUR 4.6

EFFLUENTCONCENTRATIES OB, N-TOTAAL EN P-TOTAAL (IN MG/L) RWZI OMMEN, 2013-2017



In Tabel 4.6 zijn de effluentconcentraties gemiddeld over de drie periodes in 2017 gegeven. Door de verstoring in de opstartperiode (1) is het N-totaal gehalte iets verhoogd. In de periodes 2 en 3 zijn de effluentkwaliteiten van stikstof beter dan in de rest van het jaar. De hogere temperatuur in de zomer zal hierbij een rol hebben gespeeld.

Opvallend is dat de P-totaal concentratie in de laatste periode wat hoger is. Dit komt door twee gemeten waarden, die flink hoger zijn en elk aan het begin van een regenperiode liggen. De hogere waarden lijken dus het effect van regenweer te zijn, waardoor er geen relatie met de zeefbochten kan worden gelegd. Zonder deze twee waarden, is de gemiddelde concentratie 0,6 mg P/l in periode 3. Verder zijn de effluentconcentraties over de drie periodes vergelijkbaar.

TABEL 4.6

GEMIDDELTE CONCENTRATIES PER PERIODE IN HET EFFLUENT VAN RWZI OMMEN (2017)

Parameter	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Eenheid
	jan - mei	jun - jul	aug - dec	
CZV	54	51	43	mg/l
OB	11	6,4	5,9	mg/l
N-tot	5,6	4,0	3,9	mg/l
P-tot	0,7	0,6	1,0	mg/l

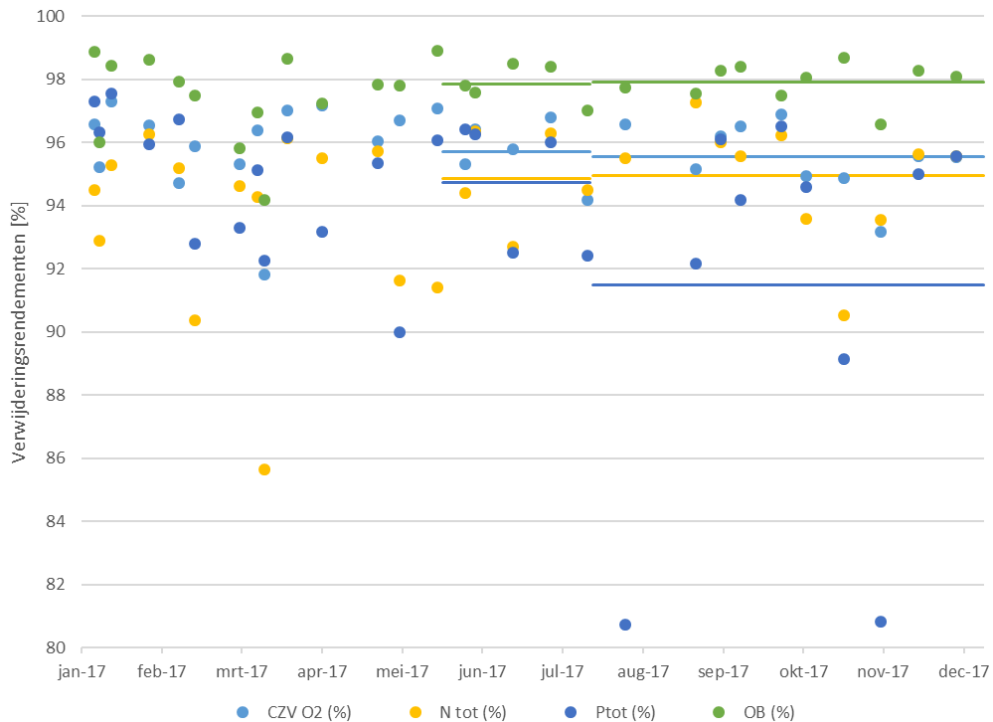
Uit deze resultaten en de, aan het onderzoek voorafgaande, modelberekeningen kan de conclusie worden getrokken, dat de zeefbochten weinig effect hebben op de effluentkwaliteit op RWZI Ommen. Dit omdat de effluentconcentraties al laag zijn en ook laag blijven.

#### 4.4.2 VERWIJDERINGSRENDEMENTEN

In Figuur 4.7 zijn de verwijderingsrendementen van RWZI Ommen in 2017 weergegeven op de meetpunten. In Tabel 4.7 zijn de gemiddelde verwijderingsrendementen van de drie periodes weergegeven, de gemiddelde waarden voor periode 2 en 3 zijn ook in Figuur 4.7 opgenomen.

FIGUUR 4.7

VERWIJDERINGSRENDEMENTEN (IN %) IN 2017, RWZI OMMEN



De rendementen schommelen in de opstartperiode (januari t/m mei). De rendementen in periode 2 en 3 zijn goed vergelijkbaar, behalve het rendement voor P-totaal. In periode 3 is het gemiddelde rendement voor fosfor aanzienlijk lager, vanwege de twee RWA-dagen.

TABEL 4.7

GEMIDDELD VERWIJDERINGSRENDEMENTEN PER PERIODE RWZI OMMEN

Parameter	Periode 1*	Periode 2	Periode 3	Eenheid
	jan - mei	jun - jul	aug - dec	
CZV	96	96	96	%
OB	97	98	98	%
N-tot	94	95	95	%
P-tot	95	95	91	%

\*rekenkundig gemiddelde over hele periode

#### 4.4.3 SLIBKWALITEIT IN AT: DS, GLOIEST, SVI, VEZELS

##### Drogestof (DS)

In Tabel 4.8 is het jaargemiddelde drogestofgehalte in de actiefslibtank van 2013 tot en met 2017 vermeld, de variatie ervan is zichtbaar gemaakt in Figuur 4.8. Het drogestofgehalte in de actiefslibtank varieert over de jaren tussen 3 en 6 g ds/l, met een gemiddelde van 4,5 g ds/l.

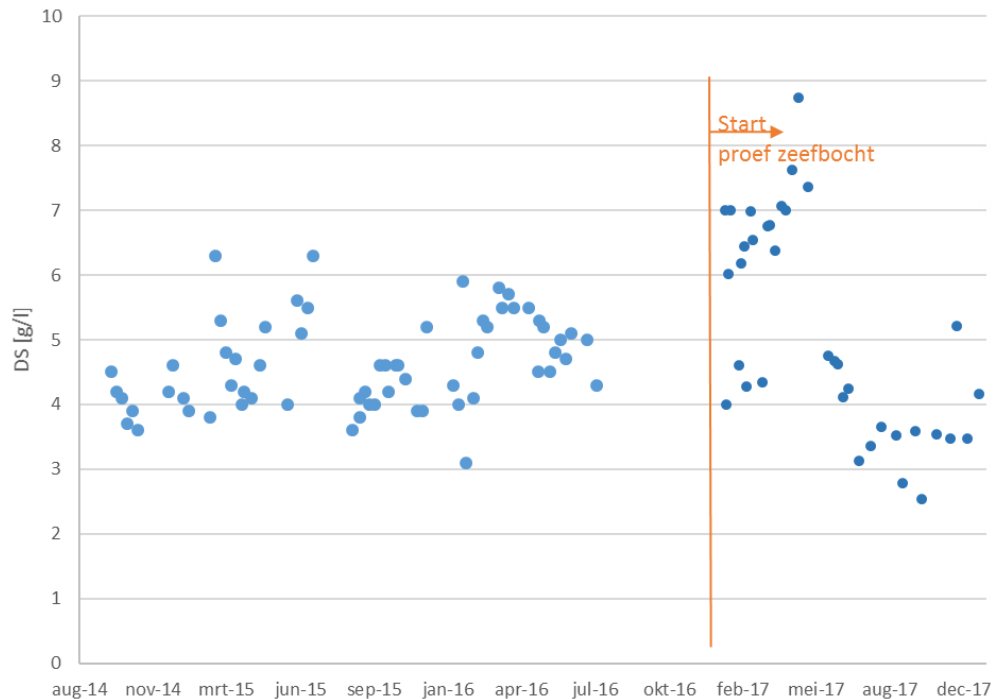
TABEL 4.8

JAARGEMIDDELD SLIBGEHALTE RWZI OMMEN, 2013 - 2017

Parameter	2013	2014	2015	2016	2017	Eenheid
DS	4,6	4,1	4,5	4,9	5,1	g/l

FIGUUR 4.8

DROGESTOFGEHALTE (IN G/L) RWZI OMMEN, 2014-2017



In Figuur 4.9 is het drogestofgehalte en de asrest weergegeven over 2017, en de gemiddelde waarden van periode 2 en 3 van ds en gloeirest. In Tabel 4.9 zijn de gemiddelde waarden per periode vermeld van de samenstelling van het actief slib in de actiefslibtanks.

TABEL 4.9

GEMIDDELTE WAARDEN PER PERIODE ACTIEF SLIB IN 2017, RWZI OMMEN

Parameter	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Eenheid
	jan - mei	jun - jul	aug - dec	
DS	6,4	4,0	3,6	g/l
Gloeirest	16,5	16,7	20,5	% van DS
CZV	1.177	1.145	1.108	mg/l
N-Kj	82	81	74	mg/l
P-tot	26	27	34	mg/l

In de opstartperiode is geen duidelijk effect zichtbaar. Het drogestofgehalte in de tanks stijgt tot boven 8 g ds/l als gevolg van de lozingen van de zuivelfabriek en het niet optimaal draaien van de rwzi.

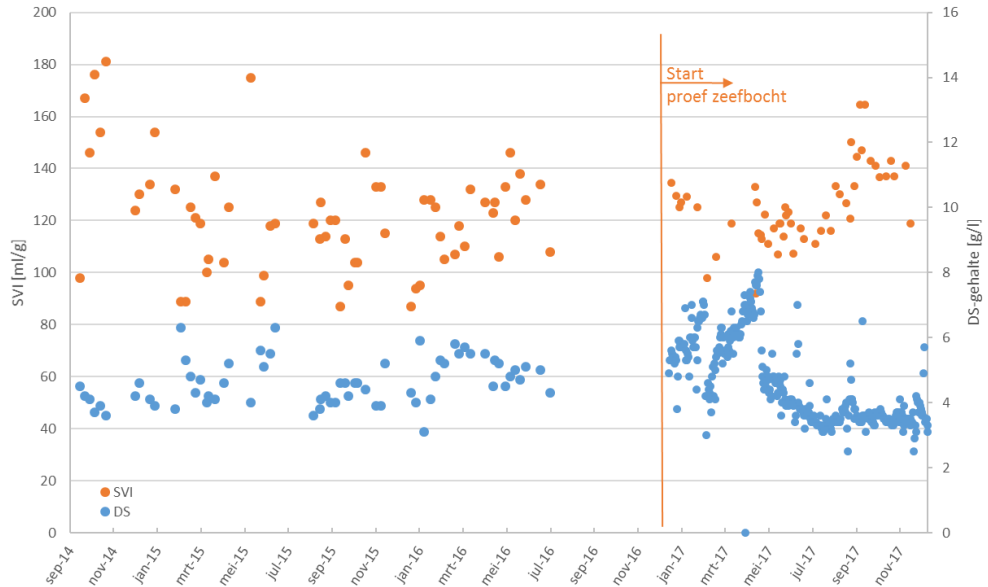
Begin juni zit het ds-gehalte weer op het gewenste niveau van 4-5 g ds/l. Aan het einde van periode 2 daalt het drogestofgehalte tot onder de 4 g ds/l. Ook neemt in dezelfde tijd de gloeirest toe van 16-17% naar 21%. In periode 3 is de gemiddelde waarde voor drogestofgehalte lager dan in periode 2 en de gloeirest hoger.

In de perioden 2 en 3 is de temperatuur toegenomen. De toename van de gloeirest kan het gevolg zijn van verdergaande slibmineralisatie bij hogere temperatuur en is daarmee niet met zekerheid toe te schrijven aan de toepassing van de zeefbochten.





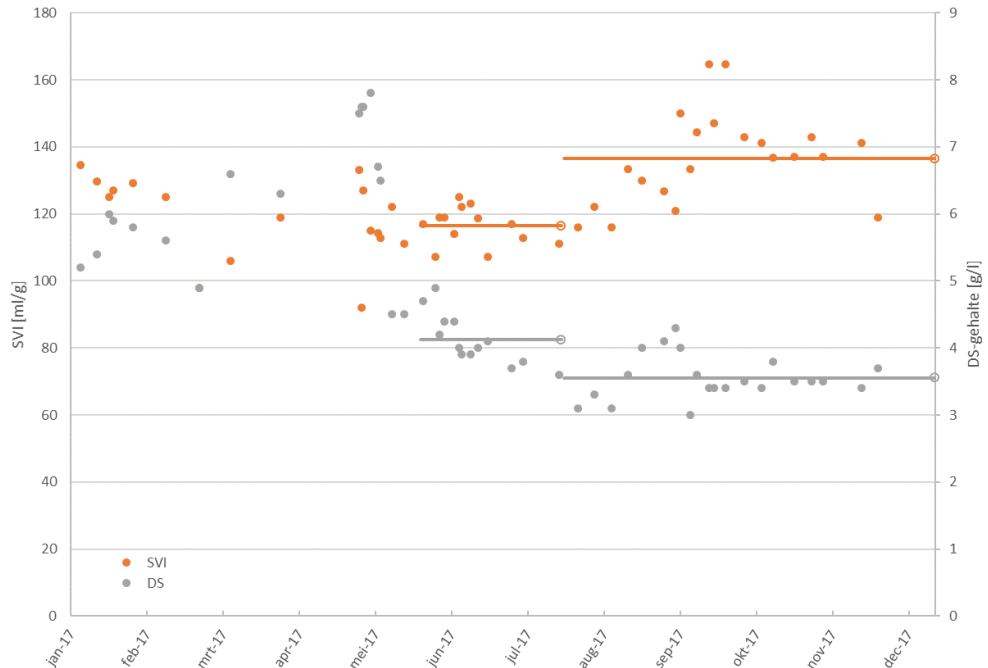
FIGUUR 4.10 DROGESTOFGEHALTE (DS IN G/L) EN SLIBVOLUME-INDEX (SVI IN ML/G) IN ACTIEFSLIBTANK RWZI OMMEN, 2014-2017



De SVI in de AT blijft in de opstartperiode en periode 2 ongeveer gelijk op 116 ml/g. In periode 3 stijgt de SVI naar 136 ml/g, gelijktijdig met een daling van de drogestof (van 4 g/l naar 3,6 g/l), zie Figuur 4.11. Dit kan te maken hebben met een seizoenseffect, zoals ook is waargenomen in 2014 en ervoor.

De conclusie is, dat de SVI door het toepassen van zeefbochten niet slechter wordt.

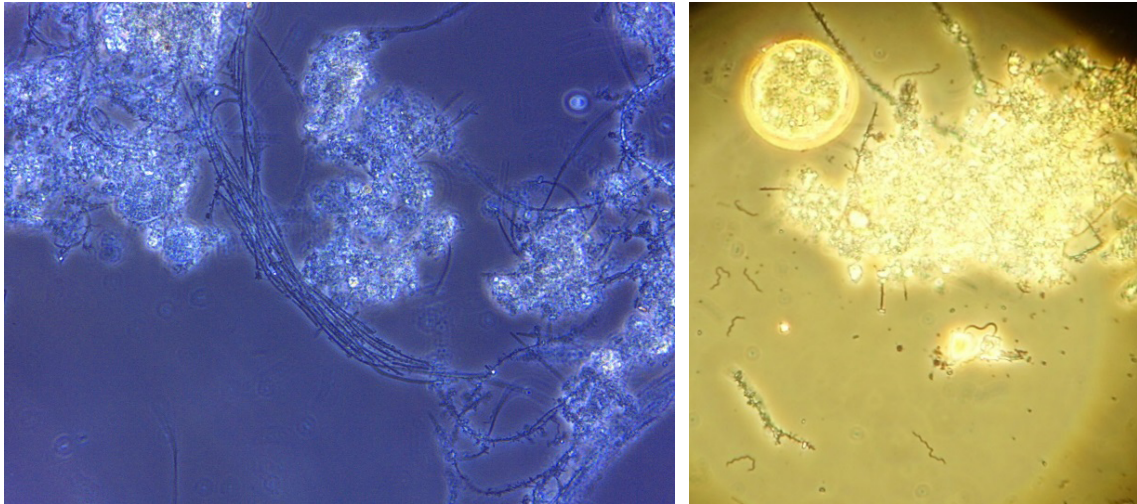
FIGUUR 4.11 SLIBVOLUME-INDEX (SVI IN ML/G) EN DROGESTOFGEHALTE (DS IN G/L) IN ACTIEFSLIBTANK IN 2017, RWZI OMMEN



*Microscopisch beeld*

Om de kwaliteit van het actiefslib te controleren zijn microscopische beelden in de verschillende periodes gemaakt. Hieronder een selectie van deze foto's. Op basis van deze foto's zijn veranderingen in het slib zichtbaar. Omdat er geen 'referentiebeelden' van het slib van RWZI Ommen voorafgaand aan het onderzoek zijn gemaakt, zijn de veranderingen niet eenduidig te koppelen aan het onderzoek met de zeefbochten.

**FIGUUR 4.12** MICROSCOPISCH BEELD ACTIEF SLIB IN PERIODE 1 (LINKS) EN PERIODE 2 (RECHTS) (VERGROTING ONBEKEND)

*Vezels*

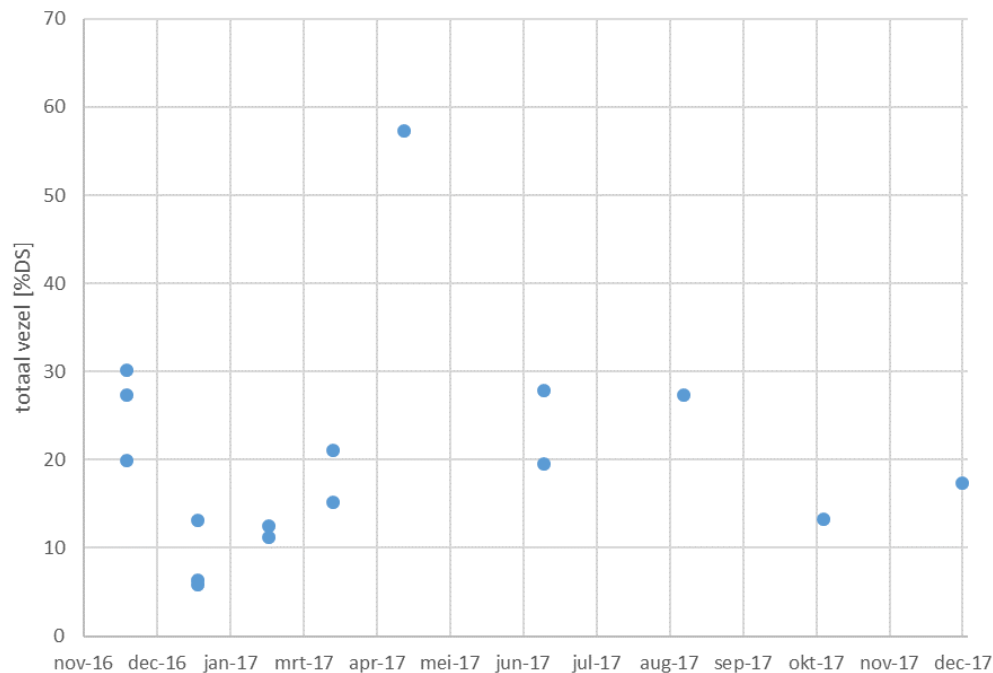
De hypothese is dat na het realiseren van de zeefbochten, het gehalte aan vezels in het actief slib zal dalen. In Figuur 4.13 is het gemeten totaal vezelgehalte aan vezels in het actief slib weergegeven gemeten met de 'Van Soest'-methode. Er zijn twijfels of het meetprotocol geschikt is voor actief slib (zie paragraaf 2.4.6), waardoor deze resultaten op RWZI Ommen zeer onbetrouwbaar zijn.

Het afvalwater van RWZI Ommen heeft een groot aandeel industrieel water afkomstig van een (varkens)slachterij en zuivelindustrie. Het is onduidelijk of de industriële stromen vezels bevatten en van welk type. Visueel kan er worden vastgesteld dat er vetbolletjes en resten van varkenssharen in het zeefgoed aanwezig zijn.

De gemeten resultaten fluctueren fors. Ook zijn er op sommige dagen meerdere analyses gedaan, met een verschillend resultaat (2 of 3 punten in grafiek op een dag). Vanaf het stabiel draaien van de zeefbochten eind mei 2017 lijkt het erop dat het totaal vezelgehalte met de tijd licht afneemt, dit komt overeen met het beeld dat verwacht werd bij aanvang van het onderzoek.

FIGUUR 4.13

VEZELGEHALTE (TOTAAL VEZEL) IN ACTIEF SLIB (IN %DS) GEMETEN MET DE 'VAN SOEST'-METHODE, IN 2017, RWZI OMMEN. DE GEGEVENS ZIJN INDICATIEF AANGEZIEN DE GESCHIKTHEID VAN DE MEETMETHODE VOOR ACTIEF SLIB TWIJFELACHTIG IS



#### 4.4.4 SLIBPRODUCTIE EN AFZET

##### *Slibproductie*

In Tabel 4.12 is de slibproductie en de hoeveelheid nat slib afvoer gegeven, de variatie ervan is zichtbaar gemaakt in Figuur 4.14 en Figuur 4.15. Opgemerkt dient te worden dat de slibafvoer discontinu plaatsvindt, waardoor de maandgemiddelde waarden in de figuren fluctueren.

De slibproductie neemt over de jaren toe. In 2017 is het zeefgoed opgenomen in de hoeveelheid afgevoerd slib (het zeefgoed wordt eerst apart opgevangen in een container (om de hoeveelheid te kunnen bepalen) en vervolgens naar de slibbuffer gepompt, waar het samen met het spuislib wordt opgeslagen en periodiek per as wordt afgevoerd). Wanneer de hoge waarde van mei niet meegenomen wordt (zie Figuur 4.14) dan is de afvoer voor 2017 vergelijkbaar of iets lager dan in 2015-2016.

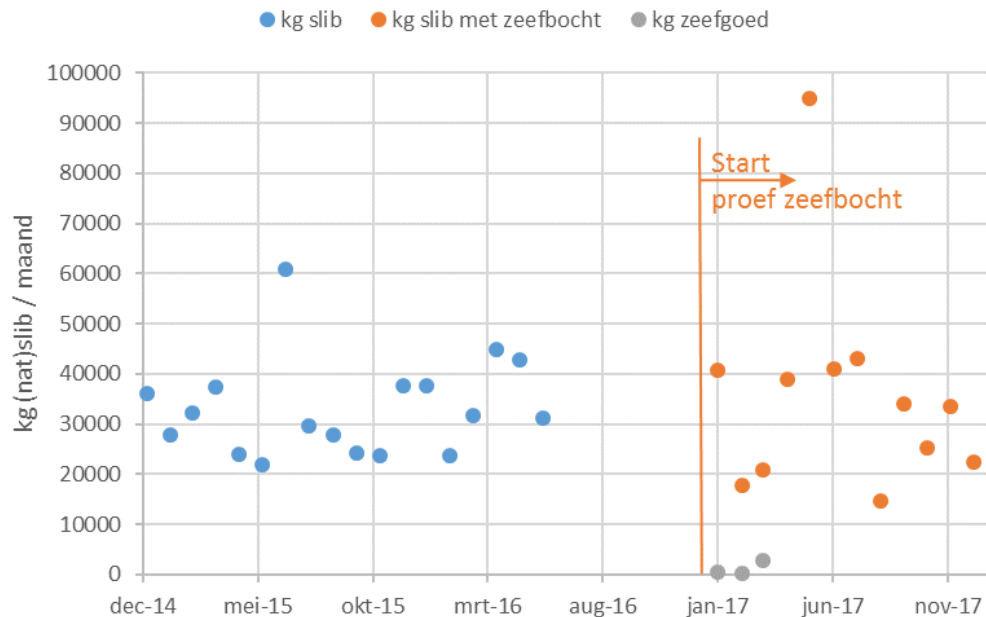
TABEL 4.12

SLIBPRODUCTIE RWZI OMMEN, 2013 - 2017

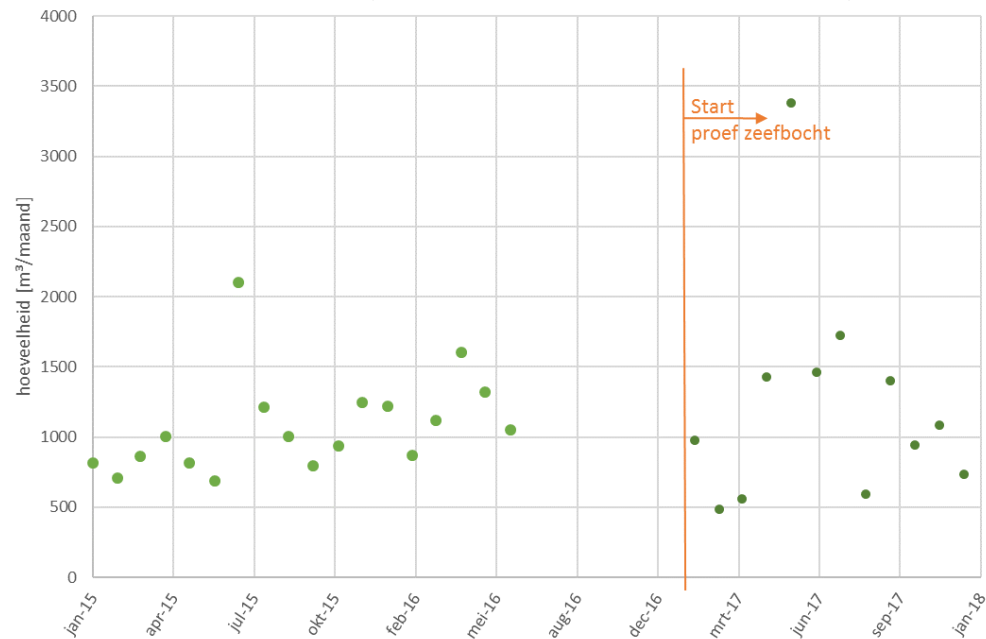
Parameter	2013	2014	2015	2016	2017	Eenheid
Slibproductie, totaal	298	-	383	398	427	tonnen ds per jaar
Afvoer nat slib	8.983	-	12.178	12.837	14.772	m <sup>3</sup> per jaar

FIGUUR 4.14

AFGEVOERDE SLIBHOEVEELHEDEN IN (NATTE) KG PER MAAND (VANAF MAART 2017 ZIT HET ZEEFGOED IN DE KG SLIB)



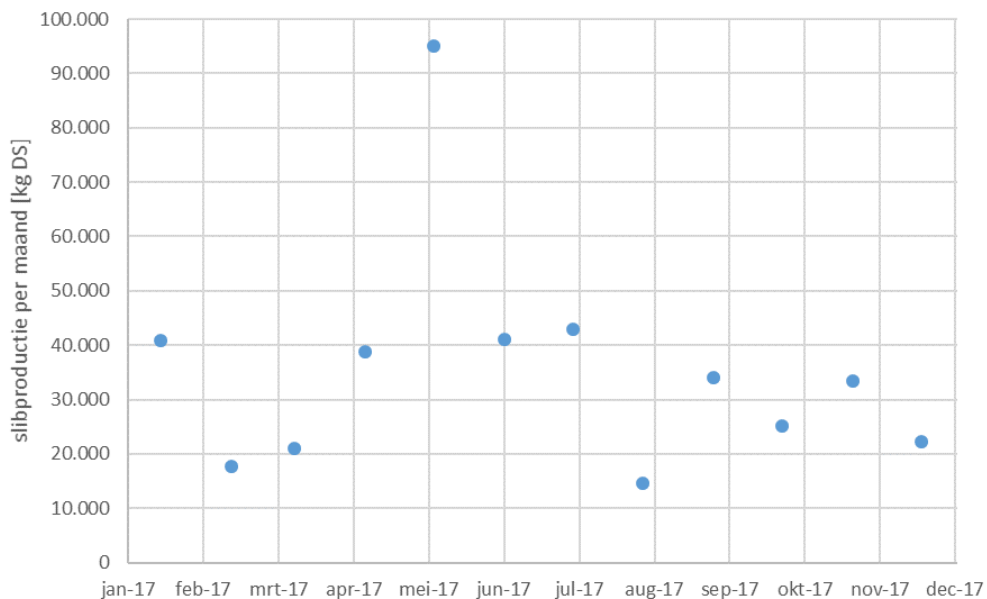
FIGUUR 4.15

AFGEVOERDE SLIBHOEVEELHEDEN IN M<sup>3</sup> PER MAAND (VANAF MAART 2017 IS HET ZEEFGOED IN DE SLIBAFVOER OPGENOMEN)

In Figuur 4.16 is de maandelijkse slibproductie in kg drogestof gegeven, vanaf maart inclusief het zeefgoed (daarvoor zonder zeefgoed). Hierbij dient te worden opgemerkt dat de waarden zijn berekend aan de hand van het aantal gevulde vrachtwagens die afgevoerd zijn. Dit afvoeren vindt ongeveer om de anderhalve week plaats.

Opvallend is de hoge spuislibafvoer in mei 2017. In deze periode is het spuislib maximaal gezet om het verhoogde drogestofgehalte in de AT, als gevolg van de grote pieklozing vanuit de zuivelfabriek, te verlagen (zie paragraaf 4.6).

FIGUUR 4.16 SLIBPRODUCTIE IN KG DS PER MAAND, VANAF MAART INCL. ZEEFBOED, IN 2017



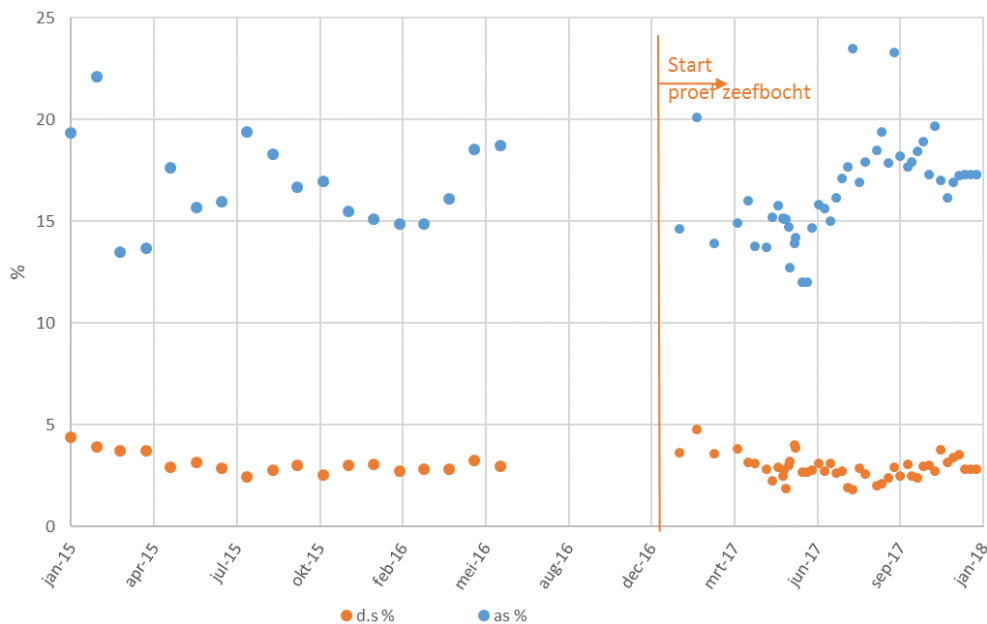
Slibkwaliteit: ds en gloeirest van het afgevoerde slib

In Tabel 4.13 zijn de jaargemiddelde drogestof en asrest van het afgevoerd slib weergegeven. De variatie ervan is in Figuur 4.17 te zien. De jaargemiddelde drogestof en asrest zijn constant.

TABEL 4.13 JAARGEMIDDELTE SLIBKARAKTERISTIEK AFGEVOERD SLIB RWZI OMMEN, 2015 - 2017

Parameter	2015	2016	2017	Eenheid
drogestof	3,2	3,1	2,9	ds %
gloeirest	16,9	17,1	16,5	% van ds

FIGUUR 4.17 VARIATIE IN DE PERCENTAGES DROGESTOF EN GLOEIREST VAN DE SPUISLIBAFVOER VAN RWZI OMMEN, 2015 - 2017

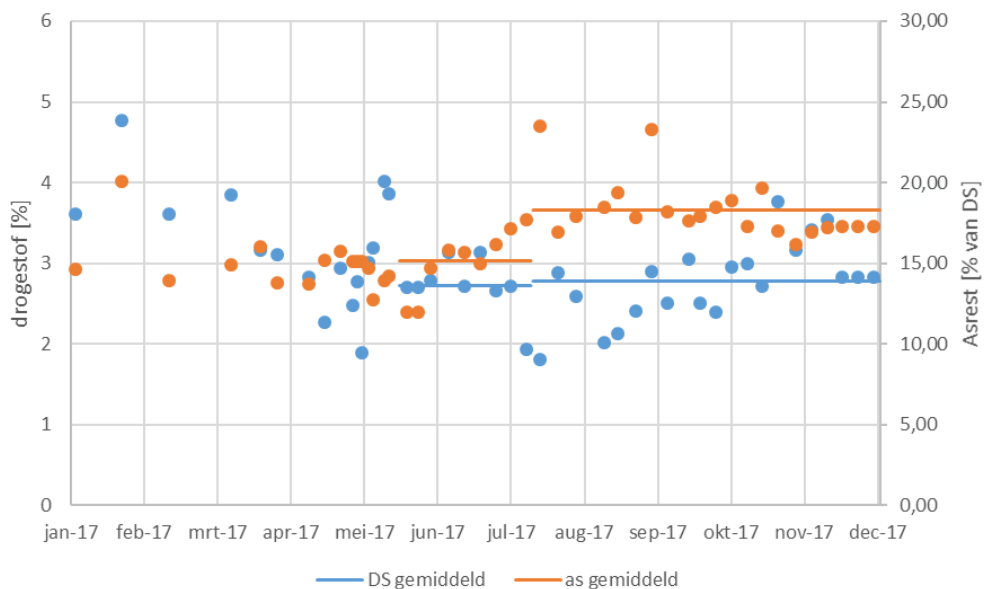


In Figuur 4.18 is het gemeten drogestof- en gloeirestgehalte in procent gegeven van het afgevoerde slib. De gemiddelde waarden per periode zijn weergegeven in Tabel 4.14. Vanaf half maart is het drogestofgehalte van het afgevoerde slib lager. De reden hiervoor is dat vanaf dat moment het zeefgoed direct (dus niet in ontwaterde vorm) afgevoerd werd naar de slibbuffer en dit een lager drogestofgehalte heeft dan het gravitair ingedikte spuislib. De asrest blijft ongeveer gelijk tot medio juli. In de tweede helft van periode 2 stijgt de gloeirest geleidelijk van 15% naar gemiddeld 18% in periode 3. Deze stijging komt overeen met de stijging van de gloeirest in de AT in dezelfde periodes.

In dezelfde tijd dat de gloeirest stijgt is er een daling van het drogestofgehalte. Dit komt overeen met de verwachtingen aan het begin van het onderzoek (zie paragraaf 3.2.4.3).

FIGUUR 4.18

SLIBSAMENSTELLING AFGEVOERDE SLIB UIT SLIBBUFFER, DROGESTOF EN ASREST (IN %) IN 2017, RWZI OMMEN



TABEL 4.14

GEMIDDELTE WAARDEN PER PERIODE SLIBAFVOER RWZI OMMEN

Parameter	periode 1	periode 2	periode 3	Eenheid
	jan - mei	jun - jul	aug - dec	
DS	3,2	2,7	2,8	%
Gloeirest	14,9	15,1	18,3	% van ds
Gloeirest in AT	16,5	16,7	20,5	% van ds

Het gloeirest gehalte stijgt in het actiefslib in de AT (met 4% procentpunten) en ook in het ingedikte slib (met 3% procentpunten). De kleine hoeveelheid zeefgoed (met een lager gloeirestgehalte) heeft een beperkt effect op het gloeirestgehalte van het ingedikte slib.

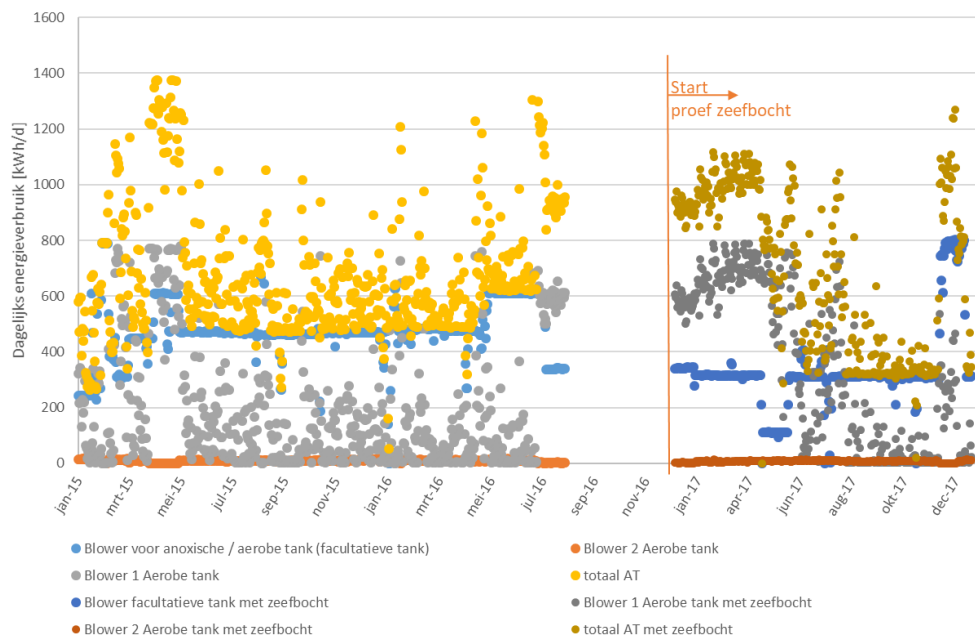
#### 4.4.5 ENERGIEVERBRUIK BELUCHTING

Het totale energieverbruik van de beluchting is gegeven in Tabel 4.15 en het verloop is zichtbaar gemaakt in Figuur 4.19. Over de jaren 2013 en 2014 zijn geen betrouwbare waarden beschikbaar.

TABEL 4.15 ENERGIEVERBRUIK VAN DE BELUCHTING OP RWZI OMMEN, 2015 - 2017

Parameter	2015	2016	2017	Eenheid
Beluchting totaal	246.754	247.658	249.860	kWh per jaar
Blower 1 AT	76.234	64.412	126.662	kWh per jaar
Blower 2 AT	3.309	3.180	2.505	kWh per jaar
Blower facultatieve ruimte	167.211	180.066	120.693	kWh per jaar

FIGUUR 4.19 ENERGIEVERBRUIK VAN DE BELUCHTING (BLOWERS) RWZI OMMEN, 2015-2017



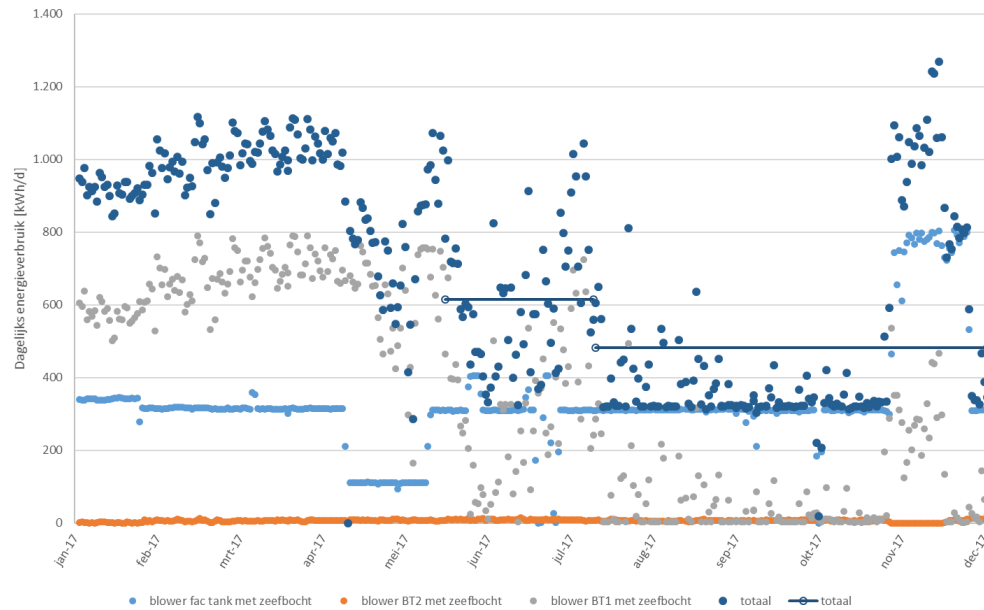
Het energieverbruik van de beluchting van het jaar 2017 is gegeven in Figuur 4.20. En in Tabel 4.16 zijn de dagelijkse energieverbruiken per periode weergegeven en het gemiddelde van het dagelijkse verbruik van periode 2 en 3 is ook in Figuur 4.20 opgenomen.

In april is er een piek in het energieverbruik als gevolg van de pieklozing vanuit de industrie. In periode 2 is het energieverbruik lager dan aan het begin van het jaar, dit kan een effect zijn van de hogere temperatuur in die periode. In periode 3 is het gemiddelde energieverbruik nog wat lager. Uitzondering op deze daling is december 2017, waar het energieverbruik weer hoger ligt. Hier is geen verklaring voor gevonden.



FIGUUR 4.20

DAGELIJKSE ENERGIEVERBRUIK BLOWERS VAN DE BELUCHTINGSRUIMTES IN 2017, RWZI OMMEN



TABEL 4.16

GEMIDDELTE DAGELIJKSE ENERGIEVERBRUIKEN PER PERIODE BELUCHTING RWZI OMMEN

Parameter	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Eenheid
	jan – mei	jun – jul	aug – dec	
Totaal verbruik	931	615	482	kWh/d
Blower facultatieve ruimte	275	297	396	kWh/d
Blower 1, aerobe ruimte	650	308	80	kWh/d
Blower 2, aerobe ruimte	6	10	6	kWh/d

Het lijkt erop dat door de inzet van de zeefbochten het energieverbruik van de blowers voor de beluchting is verlaagd. Echter het slibgehalte is door de andere procesvoering lager ten opzichte van de voorgaande jaren. Dit brengt ook een lager energieverbruik met zich mee. Een duidelijke conclusie van het effect van de zeefbochten op het energieverbruik is derhalve niet te trekken. Het effect is beperkt.

#### 4.4.6 CONCLUSIES EFFECT OP ZUIVERINGSPROCES

Uit de resultaten van de effluentconcentraties kan worden geconcludeerd dat de zeefbochten weinig effect hebben op de effluentkwaliteit op RWZI Ommen. Dit omdat de effluentconcentraties al laag zijn in de periode voorafgaand aan het onderzoek en ook laag blijven tijdens het onderzoek. Hetzelfde beeld is zichtbaar voor de verwijderingsrendementen die in periode 2 en 3 goed vergelijkbaar zijn met de periode voorafgaand aan het onderzoek. Uitzondering is het rendement voor P-totaal dat in periode 3 aanzienlijk lager uitvalt vanwege twee RWA-dagen. De slibkwaliteit verandert licht tijdens de onderzoeksperiode, waarbij dit beoordeeld is aan de hand van de gloeirest. De gloeirest neemt van periode 2 naar periode 3 toe, gelijk met een toename van de temperatuur in de AT. Hierdoor is de verhoging van de gloeirest niet met zekerheid toe te schrijven aan de toepassing van de zeefbochten. Het drogestofgehalte verandert minimaal en de SVI verandert niet door het toepassen van zeefbochten. Uit het microscopisch beeld van het actief slib zijn geen conclusies afleidbaar. Hetzelfde geldt voor de vezelmetingen in het actief slib, die als erg onbetrouwbaar worden ingeschat.

De spuislibproductie (metingen van het afgevoerd slib) blijft over het gehele jaar constant. De gloeirest van dit slib stijgt geleidelijk van 15% in periode 2 naar gemiddeld 18% in periode 3. Deze stijging komt overeen met de stijging van de gloeirest in de AT in dezelfde periodes. In dezelfde tijd dat de gloeirest stijgt is er een daling van de drogestofgehalte. Dit komt overeen met verwachtingen aan het begin van het onderzoek op basis van de modellering van scenario 2 (zie paragraaf 3.2.4.3). Zoals hierboven aangegeven is de stijging van de gloeirest niet met zekerheid toe te schrijven aan de toepassing van de zeefbochten door de toename van temperatuur.

Het energieverbruik van de beluchting daalt licht, dit zou een beperkt effect van de toepassing van de zeefbochten kunnen zijn. Een duidelijke conclusie over het effect van de zeefbochten op het energieverbruik is niet te trekken.

#### 4.5 HOEVEELHEID EN KWALITEIT ZEEFGOED

Eerst is in deze paragraaf ingegaan op hoe de zeefbochten bedreven zijn tijdens onderzoek. Daarna is de hoeveelheid en kwaliteit van het zeefgoed nader bekeken, dit is weergegeven op basis van de volgende parameters:

- hoeveelheid zeefgoed;
- kwaliteit zeefgoed: asrest en cellulose;
- kwaliteit van het filtraat van de zeefbocht;
- balans over de zeefbocht.

##### 4.5.1 BEDRIJVEN VAN DE ZEEFBOCHTEN

De zeefbochten zijn in periode 3 op een hoger debiet bedreven dan oorspronkelijk in het ontwerp was opgenomen (zie Tabel 4.17). Ondanks dat het drogestofgehalte in de AT lager was dan aangenomen in het ontwerp, betekent dit dat de drogestofbelasting hoger is geweest dan de oorspronkelijk beoogde  $15 \text{ kg ds/m}^2\cdot\text{h}$ . In periode 2 was deze met  $19 \text{ kg ds/m}^2\cdot\text{h}$  ongeveer 1,3 x het ontwerp en in periode 3 zelfs 4,5 x.

TABEL 4.17 PARAMETERS ZEEFBOCHTEN OP RWZI OMMEN: ONTWERP VERSUS PRAKTIJK

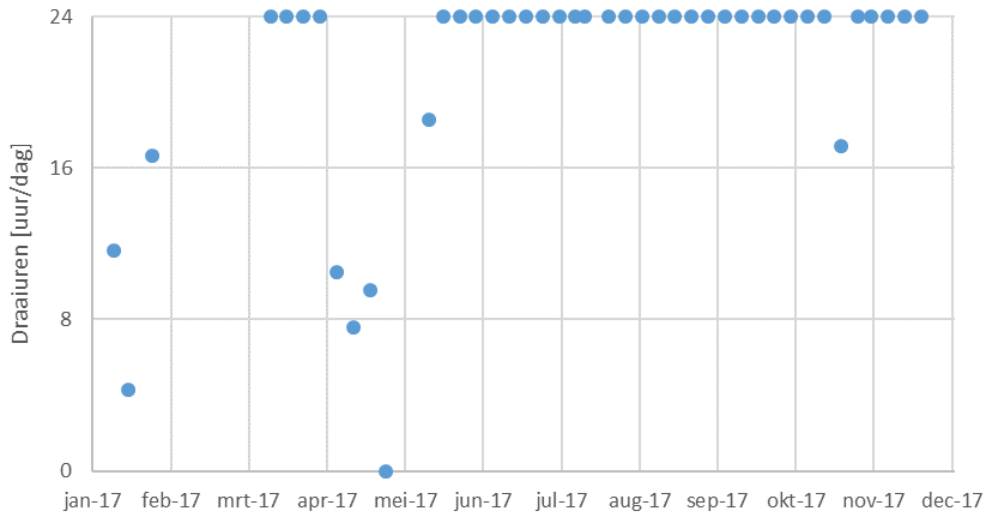
Parameter	Ontwerp	Periode 2	Periode 3	Eenheid
Oppervlak zeefbocht totaal	4,2	4,2	4,2	m <sup>2</sup>
DS-gehalte in AT	4,5	4,0	3,6	g ds/l
Debiet zeefbocht totaal	14	10	40	m <sup>3</sup> /h
Doorzet zeefbocht totaal	63	81	288	kg ds/h
Drogestofbelasting zeefbocht	15	19	68	kg ds/m <sup>2</sup> .h
Zeeffrequentie (tijd waarin totale actief slibvolume via zeefbocht gaat)*	18	13	3	dagen

\* volume AT = 6.000 m<sup>3</sup>

In Figuur 4.21 zijn de draaiuren van de zeefbocht gegeven. Hieruit blijkt dat na de aanpassing van de afvoer van het zeefgoed half maart, de installatie 24 uur per dag heeft gedraaid. Uitzondering is de periode eind april en begin mei en een dag in november, waarin de zeefbochten buiten bedrijf waren. Zie nadere toelichting in paragraaf 4.6.

FIGUUR 4.21

DRAAIUREN PER DAG VAN DE ZEEFBOCHTEN IN 2017, RWZI OMMEN



#### 4.5.2 HOEVEELHEID ZEEFGOED

In Figuur 4.22 is de zeefgoedproductie per dag weergegeven. De data zijn ongeveer om de week verzameld, in sommige perioden minder frequent. De productie fluctueert vooral in de opstartperiode, wat mogelijk veroorzaakt wordt door deze wijze van data verzamelen. Van enkele metingen is het drogestofgehalte niet bepaald maar overgenomen van de laatste meting, hierdoor zijn op sommige punten de waarden hetzelfde (met name in juli).

In periode 2 is er gemiddeld 118 kg ds zeefgoed/d afgevangen. Met een verhoogde toevoer naar de zeefbochten (80 m<sup>3</sup>/h in plaats van 20 m<sup>3</sup>/h) in periode 3 is dit met gemiddeld 111 kg ds zeefgoed/d vergelijkbaar, waarbij de afgevangen hoeveelheden in augustus en september aanzienlijk hoger waren dan aan het eind van periode 3.

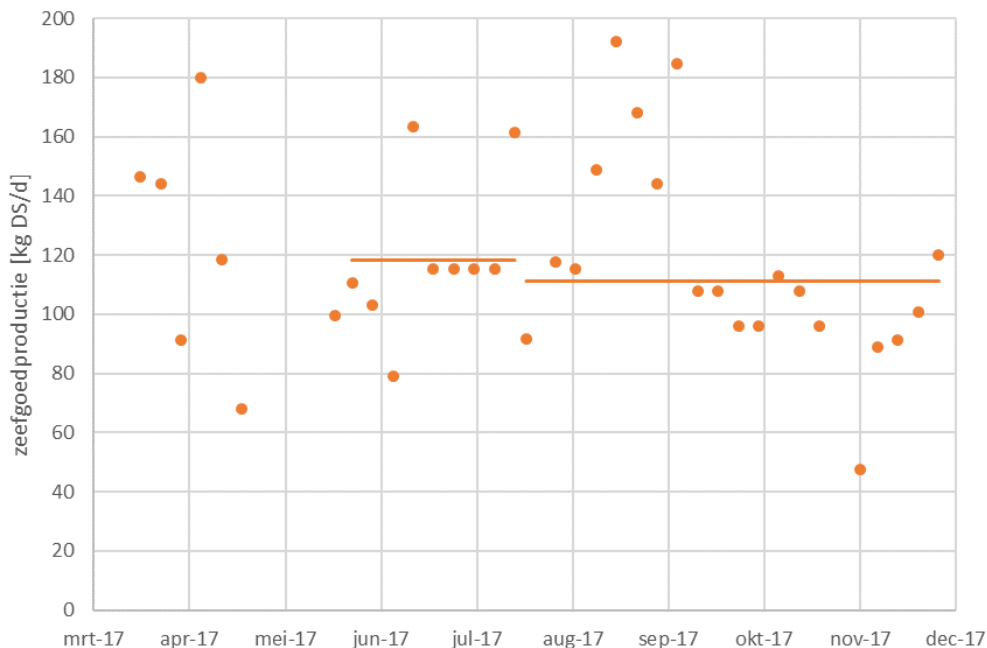
Een hypothese voorafgaand aan de onderzoeksperiode was dat bij verhoging van het debiet over de zeefbocht (periode 3) de absolute hoeveelheid afgevangen zeefgoed zou toenemen ten opzichte van periode 2. Ook was de verwachting dat er door verkorten van de zeeffrequentie naar 3 dagen er minder cellulose-vezels afgebroken zouden worden in de AT en dat er dus meer cellulose vezels (zeefgoed) afgevangen zouden worden door de zeefbocht.

Dit is niet het geval; er is een vergelijkbare hoeveelheid zeefgoed van ongeveer 111-118 kg per dag afgevoerd bij een doorzet van 20 tot 80 m<sup>3</sup>/h.

Dat betekent dat de hydraulische en droge stofbelasting (binnen de gehanteerde range) niet bepalend is voor de hoeveelheid afgevangen zeefgoed en er weinig effect is van minder bio-afbraak van cellulose-vezels in de periode van 3 tot 13 dagen (zeeffrequentie). Hieruit blijkt de spleetwijdte van de zeef in hoge mate bepalend is voor de hoeveelheid afgevangen zeefgoed en het debiet bij de onderzochte doorzet van 20 en 80 m<sup>3</sup>/h in veel mindere mate.

FIGUUR 4.22

ZEEFGOEDPRODUCTIE IN KG DROGE STOF PER DAG (VANAF 17 MAART 2017) IN 2017



TABEL 4.18

GEMIDDELDE DAGELIJKSE ZEEFGOEDPRODUCTIE IN KG DS PER DAG PER PERIODE 2017, RWZI OMMEN

Parameter	Periode 1*	Periode 2	Periode 3	Eenheid
	jan - mei	jun - jul	aug - sep	
Zeefgoedproductie	80 (122**)	118	111	kg ds/d

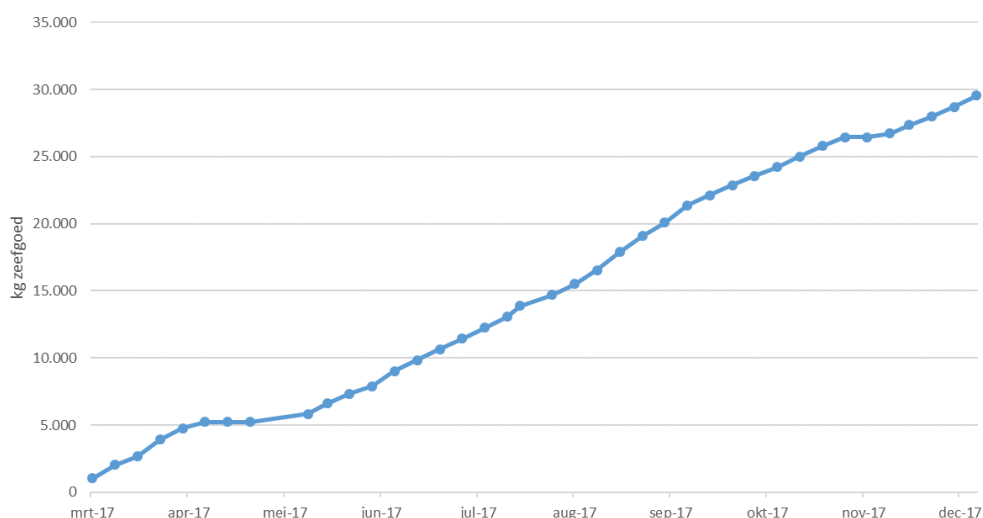
\* Periode vanaf 17 maart 2018, omdat vanaf dat moment het geproduceerde zeefgoed niet meer via de pers afgevoerd is.

\*\* In periode 1 (in deze tabel: 17 maart t/m 28 mei 2017) heeft de zeefbocht 25 dagen uit gestaan. De zeefgoedproductie tussen haakjes is de productie ten opzichte van het aantal dagen dat de zeefgoed daadwerkelijk in bedrijf is geweest.

In Figuur 4.23 is de hoeveelheid zeefgoed cumulatief weergegeven. Tot half maart is er slechts weinig zeefgoed afgevangen door de problemen met de bedrijfsvoering van de pers. Vanaf half maart is het zeefgoed niet meer geperst en is de lijn blijvend stijgend. De knik van de curve in april en mei komt doordat de zeefbochten uit bedrijf waren.

De hypothese voorafgaand aan de onderzoeksperiode was dat de hoeveelheid zeefgoed bij aanvang van het onderzoek hoog zou zijn en vervolgens zou afvlakken. Dit omdat er aanvankelijk veel inert materiaal uit het bestaande systeem gezeefd zou worden en naar verloop van tijd dit vooral uit de nieuwe aanvoer zou komen. Een afvlakking zou in Figuur 4.23 zichtbaar moeten zijn als verandering van de richtingscoëfficiënt en dit is niet gevonden in de resultaten. Het vermoeden is dat dit kan betekenen dat door de instabiele periode met de zeefbocht in het begin van het jaar de afvlakking niet gemeten is. Het lijkt namelijk door de rechte lijn in de grafiek dat er een evenwicht is. Helaas is het niet mogelijk om door vergelijking van de cellulosemetingen in het actief slib dit vermoeden te onderbouwen. Een ophoping van cellulose in het actiefslib kan door de vergelijking influent cellulose en afgevangen cellulose niet worden uitgesloten (zie ook Figuur 4.35).

FIGUUR 4.23 CUMULATIEVE HOEVEELHEDEN (KG DS/WEEK) ZEEFGOED (APRIL-MEI WAREN DE ZEEFBOCHTEN DEELS BUITEN BEDRIJF WAT DE KNIK HEEFT VEROORZAAKT IN DE GRAFIEK, HETZELFDE IN NOVEMBER)



#### 4.5.3 RENDEMENT OVER DE ZEEFBOCHT

Het rendement over de zeefbocht voor droge stof is op twee manieren bepaald:

- ten opzichte van het aanvoerdebiet naar de zeefbocht (in kg zeefgoed ds/m<sup>3</sup> aanvoer, zie Figuur 4.24 en Tabel 4.19) en;
- ten opzichte van de drogestofvracht naar de zeefbocht (in kg zeefgoed ds/kg ds naar zeef, zie Tabel 4.19).

In de opstartperiode 1 is een zeer grote variatie in beide rendementen zichtbaar. In periode 2 is de zeefgoedproductie ten opzichte van het aanvoerdebiet naar de zeef ongeveer 239 g ds per m<sup>3</sup>, dit bij het constante debiet van de zeefbochten van 20 m<sup>3</sup>/h. Bij een constant debiet van 80 m<sup>3</sup>/h is dit met gemiddeld 58 g/m<sup>3</sup> aanzienlijk lager. Hetzelfde beeld is zichtbaar voor het droge stof rendement over de zeefbochten. Deze was in periode 2 6% en in periode 3 met 1,8% een stuk lager. Zoals eerder aangegeven, is de absolute hoeveelheid geproduceerde zeefgoed (in kg/d) in beiden perioden gelijk, zie Tabel 4.18. Het verhogen van het debiet of de vracht over de zeefbocht heeft bij de onderzochte doorzet van 20 en 80 m<sup>3</sup>/h geen effect op de absolute hoeveelheid zeefgoed, wel op het rendement.

Kijkende naar de zeefgoedproductie ten opzichte van de drogestofvracht in het influent, is de zeefgoedproductie in verhouding met 12,1% gelijk in periode 2 en periode 3.

TABEL 4.19 GEMIDDELD RENDEMENT OVER DE ZEEF PER PERIODE RWZI OMMEN

Parameter	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Eenheid
	jan-mei	jun-jul	aug-dec	
Zeefgoed ds t.o.v. aanvoerdebiet naar zeefbocht	345	239	58	g ds/m <sup>3</sup>
Zeefgoed ds t.o.v. ds-vracht naar zeefbocht	4,0	6,0	1,8	%
Zeefgoed ds t.o.v. ds influentvracht van de rwzi	5,7 (10,4*)	12,1	12,1	%

\* In periode 1 (in deze tabel: 17 maart t/m 28 mei 2017) hebben de zeefbochten 25 dagen uit gestaan. Het zeefgoedrendement ten opzichte van de influent drogestofvracht dat tussen haakjes is gegeven, is de productie ten opzichte van het aantal dagen dat de zeefbochten daadwerkelijk in bedrijf zijn geweest.



FIGUUR 4.26

ZEEFGOED OP DE ZEEFBOCHT (AUGUSTUS 2017)



FIGUUR 4.27

ZEEFGOED IN CONTAINER (PERIODE 2/3)



In Tabel 4.20 zijn de eigenschappen van het zeefgoed gegeven per periode. In de eerste twee maanden is het drogestofgehalte met 35,1% fors hoger. Reden hiervan is dat in die periode de pers in bedrijf was en het monster na de pers is genomen. Daarna zijn de monsters genomen vanaf de zeef. De metingen aan het zeefgoed zijn genomen van het zeefgoed vanaf de zeef. In de container zit naast zeefgoed ook spoelwater, waardoor het verdund is.

Ten opzichte van de opstartperiode is niet alleen het ds gehalte lager, ook de gloeirest in het zeefgoed is veranderd en hoger dan in periode 1. Op RWZI Aarle Rixtel ging er na het persen van het fijnzeefgoed veel gloeirest met het centraat mee en bleef er minder in het zeefgoed achter. Dit lijkt in periode 1 ook te zijn gebeurd op RWZI Ommen.

De gloeirest in het zeefgoed is met 9,0 - 9,4% lager dan in het actief slib (16,7-20,5%, Tabel 4.9), wat zou betekenen dat organisch materiaal (zoals cellulose) verhoudingsgewijs meer wordt afgevangen door de zeefbocht dan anorganisch materiaal.

TABEL 4.20

KWALITEIT ZEEFGOED PER PERIODE IN 2017

Parameter	Periode 1*	Periode 2	Periode 3	Eenheid
	jan - mei	jun - jul	aug - dec	
DS vanaf de zeef	35,1 en 7,2	9,7	9,8	%
DS in container	-	1,7	1,7	%
Gloeirest	7,1	9,4	9,0	%
CZV	1.391	1.121	1.355	g/kg DS
N-kj	31,5	33,5	24,6	g/kg DS
P-totaal	5,5	7,5	7,5	g/kg DS

\* vanaf 15 februari is het monster genomen vanaf de zeef. Voor periode 1 zijn waarden gemiddeld over monsters na pers en vanaf de zeef. Uitzondering hierop is het drogestofgehalte deze is wel onder gesplitst in twee waarde na de pers (35,1 %) en vanaf de zeef na 15 februari (7,2 %)

#### *Nitrificatiecapaciteit van het zeefgoed*

Bij voorkeur worden er zo weinig mogelijk bacteriën/'kostbare' nitrificeerders met het zeefgoed uit de AT gezeefd. Om inzicht in de hoeveelheid bacteriën in zeefgoed te krijgen is in november 2017 een nitrificatietest uitgevoerd met het zeefgoed. Een respiratietest met het zeefgoed, dat een breder beeld geeft van de activiteit, was volgens het lab niet uitvoerbaar met het zeefgoed, vandaar dat alleen een nitrificatietest is uitgevoerd.

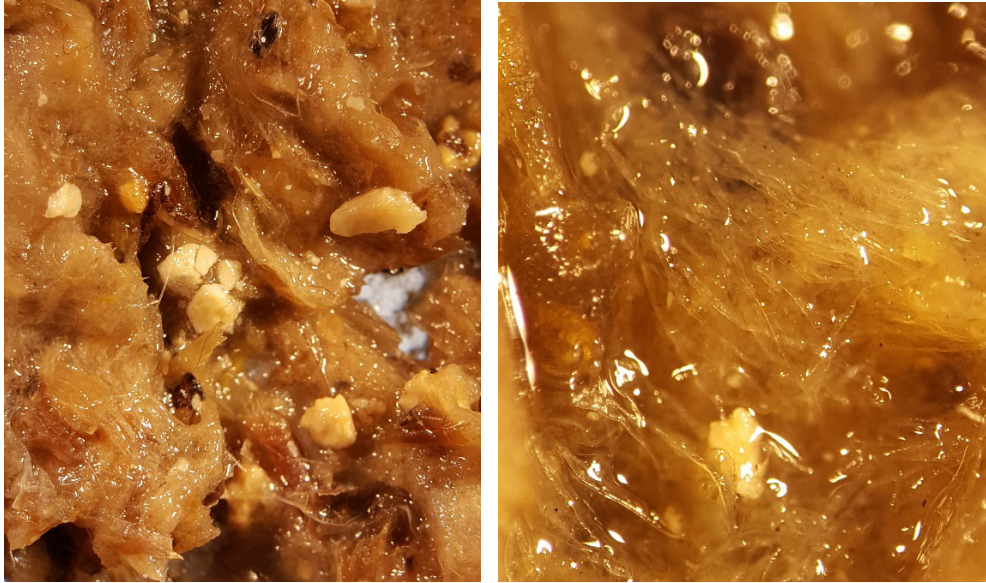
Tijdens deze meting is een nitrificatiecapaciteit van het zeefgoed kleiner dan 0,1 mg N/kg ds.h gemeten en dit is zo laag dat dit beneden de meetgrens is. Er zijn dus geen of nauwelijks nitrificeerders in het zeefgoed aanwezig. Samen met de andere geanalyseerde parameters, zoals de (lage) gloeirest van het zeefgoed, lijkt er geen/nauwelijks verwijdering van nitrificeerders/bacteriën met het zeefgoed op te treden.

#### *Microscopisch beeld*

In Figuur 4.28 zijn twee afbeeldingen van het zeefgoed onder de microscoop te zien. Het valt op dat naast vezels ook vetachtig materiaal aanwezig is in het zeefgoed, dit zijn de witachtige brokjes in de afbeeldingen. Dit vet zou afkomstig kunnen zijn vanuit de industriële lozing (slachterij, zuivel).

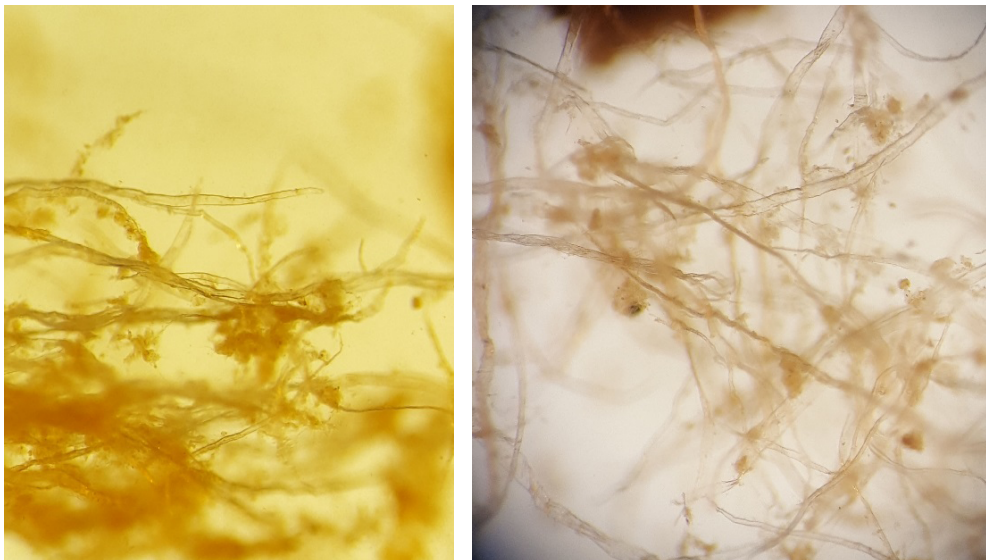


FIGUUR 4.28 MICROSCOPISCH BEELD VAN HET ZEEFGOED (PERIODE 3), VERGROTING ONBEKEND



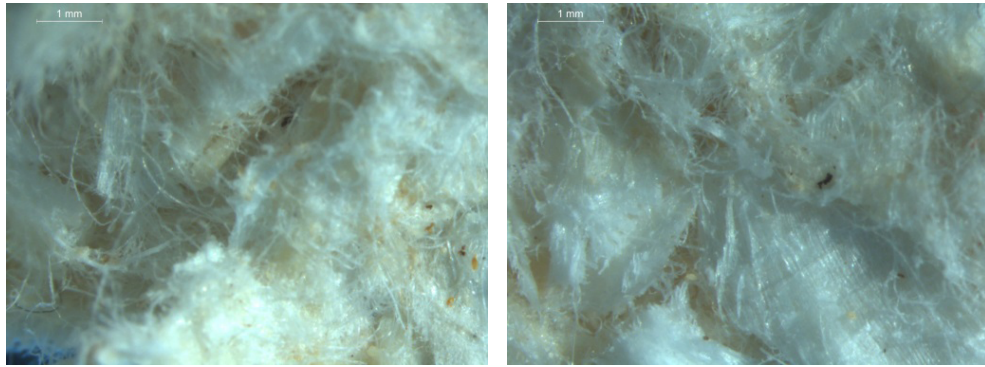
In Figuur 4.29 zijn de vezels van dichterbij bekeken (linker beeld: zeefgoed; rechter beeld: toilet papier). De vezels in het zeefgoed zijn goed vergelijkbaar met vezels van toilet papier. Hieruit kan worden geconcludeerd worden dat de zeefbocht vezels uit toilet papier afvangt (zie hiervoor ook hoofdstuk 4.5.7).

FIGUUR 4.29 VEZELS ONDER DE MICROSCOOP, LINKS: VEZELS IN HET ZEEFGOED VAN PERIODE 3, RECHTS: VEZELS VAN SCHOON TOILETPAPIER (VERGROTING ONBEKEND)

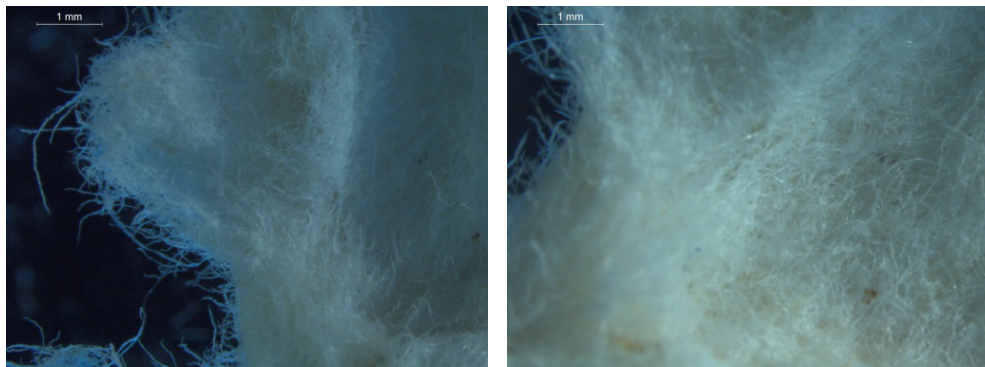


In Figuur 4.30 en Figuur 4.31 zijn foto's van opgeschoond zeefgoed van RWZI Ommen (januari 2017) opgenomen. De foto's zijn van het gedroogde materiaal. Duidelijk is dat de opwerking van de monsters in het laboratorium voor de analyse behoorlijk schone cellulose oplevert, er is weinig restvervuiling zichtbaar onder de microscoop.

FIGUUR 4.30 CELLULOSE UIT HET ZEEFGOED VAN RWZI OMMEN, NA OPWERKING IN LAB



FIGUUR 4.31 CELLULOSE UIT HET INFLUENT VAN RWZI OMMEN, NA OPWERKING IN LAB



#### 4.5.5 KWALITEIT FILTRAAT

Het filtraat van de zeefbocht stroomt direct terug in de AT. De resultaten van de kwaliteit van het filtraat zijn gegeven in Tabel 4.21. De analysewaarden van het filtraat zijn vergelijkbaar met de meetresultaten van het actief slib, waarbij de asrest-waarden in het filtraat net iets lager zijn. Dat de gloeirest in het filtraat lager is dan in de AT is in tegenspraak met de metingen van de gloeirest in het zeefgoed die significant lager zijn dan in de AT. Hier is geen verklaring voor. Het verschil met droge stof is in de orde grootte van tienden %-punt en valt binnen de spreiding van de metingen, het verschil in gloeirest is wel groter.

TABEL 4.21 KWALITEIT FILTRAAT PER PERIODE VERGELEKEN MET ACTIEF SLIB

Parameter	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Eenheid
	jan - mei	jun - jul	aug - dec	
DS in filtraat	6,3	4,1	3,4	g/l
As in filtraat droge stof	15,6	15,9	18,8	% van DS
DS in AT	6,4	4,0	3,6	g/l
As in AT-slib	16,5	16,7	20,5	% van DS

#### 4.5.6 RENDEMENT OVER DE ZEEFBOCHT

De rendementen van de zeefbocht zijn in Tabel 4.22 weergegeven. Het bleek dat in januari en februari een grote hoeveelheid drogestof via de terreinriolering terug naar de waterlijn is gegaan. Op basis van een aantal metingen is afgeleid dat ongeveer 2/3 van de drogestof dat door de zeefbocht is afgevangen via deze route weer terug naar de waterlijn is gestroomd. Vandaar dat na die periode de installatie is omgebouwd en het zeefgoed vanaf 17 maart, via een container, direct naar de slibbuffer is afgevoerd (zie paragraaf 4.6).

Door het instabiele draaien in de opstartperiode, zijn alleen de resultaten van periode 2 en 3 gebruikt om conclusies uit te trekken. Het zeefgoedrendement in periode 2 op basis van droge stof ligt rond de 6,0% ten opzichte van de ds-aanvoer naar de zeefbocht en ten opzichte van de spuislibproductie is dit 9,9% (dit is een belangrijke parameter in de modelberekeningen van paragraaf 3.2.5). In periode 3 ligt het rendement in zeefgoed-ds ten opzichte van de ds-vracht naar de zeefbocht met 1,8% veel lager, terwijl wanneer gekeken wordt naar de hoeveelheid zeefgoed ten opzichte van het spuislib dit met 14,8% veel hoger ligt. De absolute hoeveelheid zeefgoed die afgevangen is, is juist in periode 3 net iets lager. Dit is tegenstrijdig met de oorspronkelijke verwachting voorafgaand aan het verhogen van het debiet in periode 3 (zie paragraaf 4.5.2).

Opvallend is dat de verwijdering van gloeirest, CZV, N-Kj en P-totaal door de zeefbocht in periode 2 fors hoger is dan in periode 3. Hier is geen eenduidige verklaring voor. Wanneer bijvoorbeeld gekeken wordt naar het CZV-rendement dat in periode 2 hoger is dan in periode 3 past dit in de verhouding van ds-rendement tussen periode 2 en periode 3. Hierbij is opvallend dat er in verhouding veel meer CZV wordt verwijderd dan drogestof. Een mogelijke verklaring zou het afvangen van relatief meer vet kunnen zijn. Echter, kijkende naar het CZV-gehalte in het zeefgoed (Tabel 420), wordt deze extra afvang van CZV niet teruggevonden en is het niet mogelijk een eenduidige verklaring te geven voor de verschillen.

TABEL 4.22

RENDEMENTEN ZEEFBOCHT PER PERIODE IN 2017

Parameter	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Eenheid
	jan - mei	jun - jul	aug - dec	
Zeefgoed ds t.o.v. ds-vracht naar zeefbocht	4,0	6,0	1,8	%
Zeefgoed ds t.o.v. spuislibproductie*	4,4 (10,2**)	9,9	14,8	%
Gloeirest t.o.v. vracht naar zeefbocht	0,9	3,4	0,8	%
CZV t.o.v. vracht naar zeefbocht	11,9	23,0	7,7	%
N-Kj t.o.v. vracht naar zeefbocht	1,8	8,5	1,8	%
P-totaal t.o.v. vracht naar zeefbocht	0,7	5,6	1,1	%

\* de hoeveelheid zeefgoed is afgetrokken van de slibafvoer om het rendement te bepalen.

\*\* over de periode 17 maart t/m 28 mei 2017. In deze periode heeft de zeefbocht 25 dagen uit gestaan. Het rendement van de zeefgoedproductie tussen haakjes is de zeefgoedproductie in de dagen dat de zeefbocht daadwerkelijk in bedrijf is geweest (zie Tabel 4.7). Er is ook gerekend met de spuislibproductie op dezelfde dagen.

#### 4.5.7 VEZELMETINGEN

De resultaten van de meting van vezels, cellulose, hemicellulose en lignine in het zeefgoed zijn weergegeven in Figuur 4.32. Het blijkt dat de resultaten verschillen tussen twee perioden: toen de zeefgoedpers in gebruik was (tot en met februari) en zonder toepassing van de pers. Het geperste zeefgoed heeft een relatief hogere vezelfractie per kg ds dan het ongeperste zeefgoed (respectievelijk 70% en 45%).

Hypothese is dat door de pers vooral de kleinere vezels via het perswater en de retourstroom worden afgevoerd en dat deze kleinere vezels wel in het ongeperste zeefgoed zitten. Het vermoeden is dat deze kleine vezels wel worden gemeten als droge stof maar in de vezelmetingen niet goed worden meegenomen, waardoor een verschil ontstaat tussen geperst en ongeperst zeefgoed.

Een andere hypothese is dat er meer vezels afgebroken worden in de actiefslib tank in periode 2 en 3 door de hogere temperatuur in deze perioden. Dit lijkt bevestigd te worden door de hogere cellulose waarden in januari, februari en november 2017 in het zeefgoed.

Met de huidige zeef van 0,5 mm spleetwijdte kan na 12 maanden draaien duidelijk worden vastgesteld dat er vezels worden afgevangen. Het zeefgoed-ds bevat in de metingen in periode 2 (slechts 2 metingen) ongeveer 42% aan vezels (waarvan 16% hemicellulose, 12% cellulose en 14% lignine). In periode 3 zijn er drie metingen uitgevoerd, met gemiddeld 51% vezels (waarvan 16% hemicellulose, 23% cellulose en 12% lignine). Opvallend is dat met name het aandeel cellulose in periode 3 hoger is, deze is overigens vergelijkbaar met de metingen in periode 1 die hier niet gepresenteerd zijn.

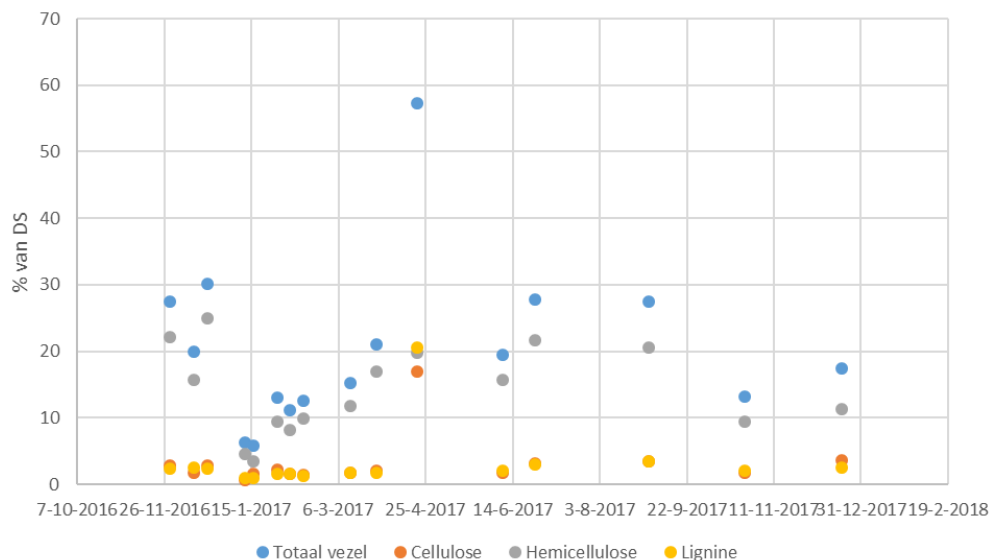
Wanneer vergeleken wordt met de resultaten van het zeefgoed van de fijnzeef op RWZI Aarle Rixtel die ook via de 'Van Soest'-methode zijn geanalyseerd, is het vezels en cellulose gehalte in het zeefgoed op RWZI Ommen lager dan in de fijnzeef (respectievelijk 61% bij de fijnzeef versus 42 en 51% van ds bij de zeefbochten en 55% versus 12 en 23% van ds). Het hemicellulose en ligninegehalte in het zeefgoed op RWZI Ommen is juist hoger dan in het zeefgoed van de fijnzeef op RWZI Aarle Rixtel (respectievelijk 8% bij de fijnzeef versus 16% van ds bij de zeefbochten en 5% versus 14 en 12% van ds).

TABEL 4.23 VEZELMETINGEN IN ZEEFGOED EN INFLUENT TEN OPZICHTE VAN DROGESTOF (ZEEFGOED) EN ONOPGELOSTE BESTANDDELEN (INFLUENT)

Parameter	Zeefgoed Periode 2 jun - jul	Zeefgoed Periode 3 aug - dec	Influent 1e 3 metingen	Eenheid
Vezels	42	51	39	% van DS
Hemicellulose	16	16	4,6	% van DS
Cellulose	12	23	32	% van DS
Lignine	14	12	1,5	% van DS

FIGUUR 4.32

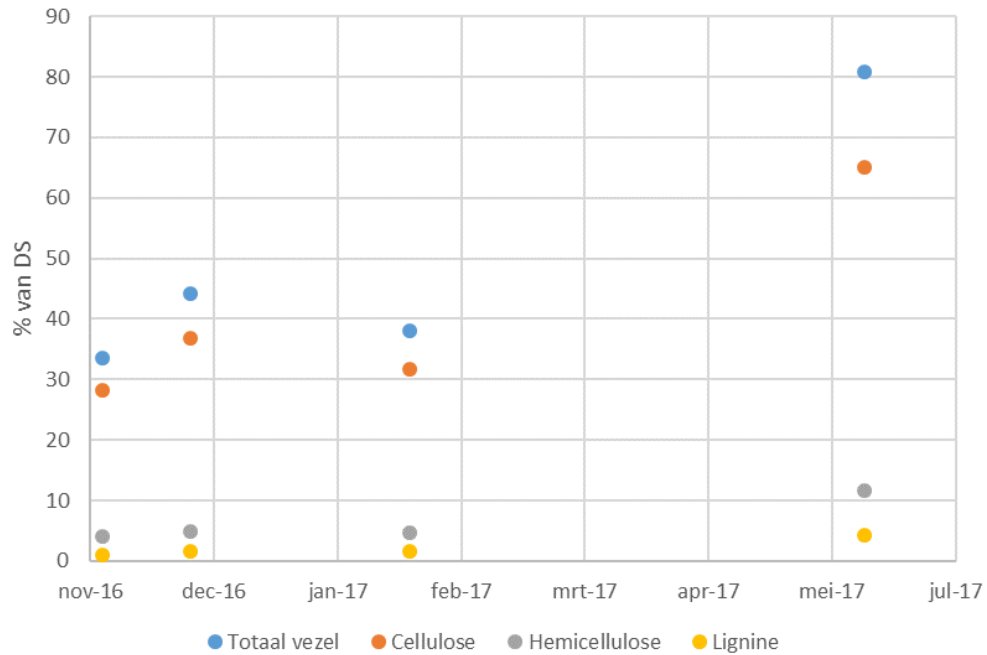
TOTAAL VEZELS, CELLULOSE, HEMICELLULOSE EN LIGNINE (IN %DS) IN ZEEFGOED IN 2017, RWZI OMMEN



In het influent zijn bij aanvang van het onderzoek (eind 2016/begin 2017) een viertal metingen van vezels, cellulose, hemicellulose en lignine uitgevoerd, de resultaten zijn gegeven in Figuur 4.33. Met name de eerste drie metingen geven een coherent resultaat en laten zien dat 39% van het ds bestaat uit vezels. Het overgrote aandeel hiervan is cellulose. Van de vierde meting zijn alle waarden wat hoger.

FIGUUR 4.33

TOTAAL VEZELS, CELLULOSE, HEMICELLULOSE EN LIGNINE (IN %DS) IN HET INFLUENT IN 2017, RWZI OMMEN

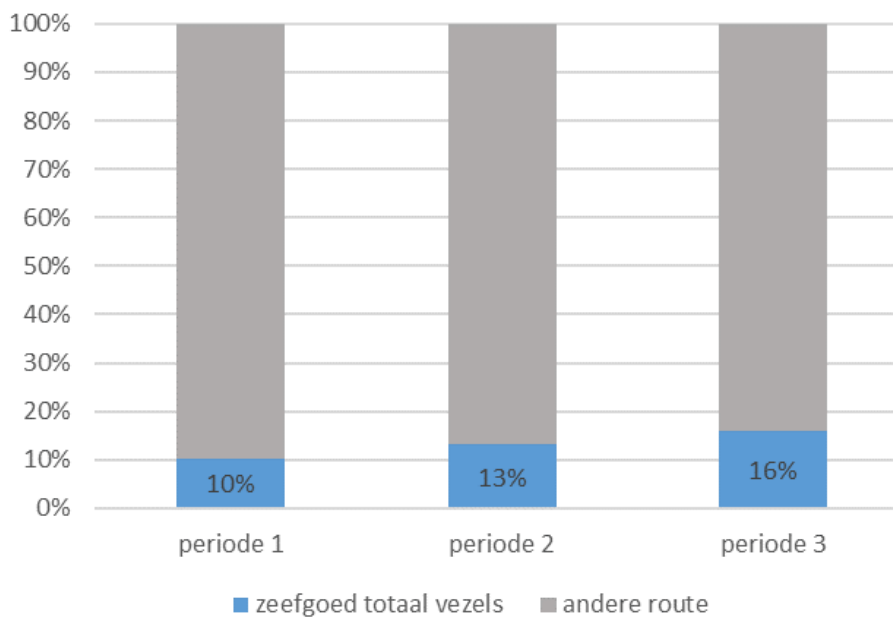


In Figuur 4.34 is een balans weergegeven van de totaal vezels in de verschillende periodes. Hierbij is 100% de hoeveelheid totaal vezels gemeten in het influent. Het percentage van de totaal vezels die uit het influent in het zeefgoed terecht komt neemt gedurende de periodes steeds iets toe: van 10% in periode 1, 13% in periode 2 tot 16% in periode 3. Toch komt de overgrote hoeveelheid aan vezels vanuit het influent niet in het zeefgoed terecht. Mogelijke routes van deze vezels zijn uitspoeling met het effluent, inbouw in het spuislib of afbraak van de vezels waardoor deze niet meer meetbaar zijn. Welke van deze routes bepalend is, is op basis van dit onderzoek niet te concluderen.

Ter vergelijking; de rendementen van de fijnzeven op RWZI Aarle-Rixtel (in project Screencap) en op RWZI Beemster (in project Cellu2PLA) waren respectievelijk 20-25% en 37% en dus hoger dan de rendementen met de zeefbochten op RWZI Ommen (10-16%).

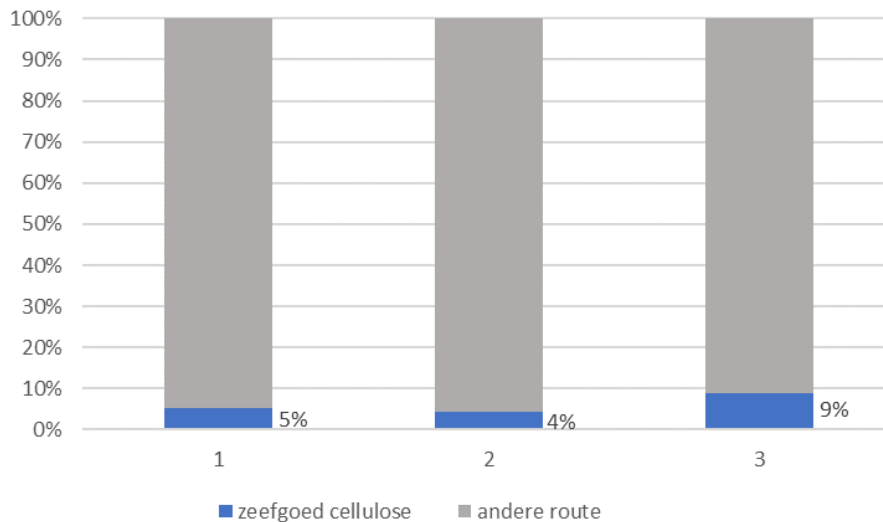
FIGUUR 4.34

AANDEEL TOTAAL VEZELS VAN INFLUENT TOTAAL VEZELS (INFLUENT = 100%) DAT IN ZEEFGOED TERECHT KOMT (BLAUW), HET ANDERE AANDEEL (GRIJS) NEEMT EEN ANDERE ROUTE (EFFLUENT, SLIB, AFBRAAK); PER PERIODE IN 2017



In Figuur 4.35 is het aandeel van de cellulose gemeten in het influent dat in het zeefgoed terecht komt weergegeven (blauw). De grijze balken geven aan dat er veel cellulose een andere route kiest: uitspoeling met het effluent, inbouw in het slib of afbraak in de actiefslibtank.

FIGUUR 4.35 AANDEEL CELLULOSE VAN INFLUENT CELLULOSE (INFLUENT = 100%) DAT IN ZEEFGOED TERECHT KOMT (BLAUW), HET ANDERE AANDEEL (GRIJS) NEEMT EEN ANDERE ROUTE (EFFLUENT, SLIB, AFBRAAK); PER PERIODE IN 2017



Kijkend naar voorgaande figuren kan voorzichtig worden geconcludeerd dat in de warme maanden meer cellulose in het slib afbreekt dan in de koude maanden. In Figuur 4.32 wordt duidelijk dat in het zomerhalfjaar (april t/m oktober) er minder cellulose (rode bolletjes) in het zeefgoed is vastgesteld, maar in het winterhalfjaar de waardes hoger liggen. In Figuur 4.35 is te zien dat in periode 2 (zomermaanden) voor de helft minder van de influent cellulose in het zeefgoed terecht komt dan in periode 3 (gedeeltelijk wintermaanden).

Helaas kunnen deze waarnemingen niet geverifieerd worden met de cellulose metingen in het actiefslib, omdat deze zeer onbetrouwbaar zijn.

#### 4.5.8 CONCLUSIES HOEVEELHEID EN KWALITEIT ZEEFGOED

De zeefbochten zijn op een hoger debiet en daarmee hogere droge stofbelasting bedreven dan oorspronkelijk in het ontwerp was opgenomen, namelijk met 19 kg ds/m<sup>2</sup>.h was deze in periode 2 ongeveer 27% hoger dan de ontwerpwaarde van 15 kg ds/m<sup>2</sup>.h. In periode 3 was deze zelfs 4,5 keer zo hoog.

De zeefbochten hebben in periode 2 en 3 continu gedraaid.

De hypothese dat de zeefgoedproductie zou afvlakken nadat de AT 'leeggezeefd' was, is niet in de metingen teruggevonden. Dit wil niet zeggen dat dit niet is gebeurd; omdat in periode 1 niet continu is gedraaid met de zeefbochten kan dit 'gemist' zijn.

In periode 2 is er gemiddeld 118 kg ds zeefgoed/d afgevangen. Met een verhoogde toevoer naar de zeefbochten (80 m<sup>3</sup>/h in plaats van 20 m<sup>3</sup>/h) in periode 3 is dit met gemiddeld 111 kg ds zeefgoed/d vergelijkbaar. Op basis hiervan lijkt een vaste absolute hoeveelheid zeefgoed dagelijks afgevangen te worden. Het zeefgoedrendement op basis van droge stof ten opzichte van de ds-aanvoer naar de zeefbocht ligt rond de 6,0% in periode 2. In periode 3 is deze met

1,8% veel lager. De zeefgoedproductie ten opzichte van de spuislibproductie is in periode 2 met 9,9% juist weer lager dan in periode 3, waar deze 14,8% is. Meer debiet en een kortere zeefrequentie leiden niet tot hogere afvang. Hieruit kan worden afgeleid dat de spleetwijdte van de zeef bepalend is voor de hoeveelheid afgevangen zeefgoed, dit bij een doorzet van 20 tot 80 m<sup>3</sup>/h.

Kijkende naar de eigenschappen van het zeefgoed, valt met name op dat het drogestofgehalte na de pers met 35,1% hoog is. Ook is de gloeirest in het zeefgoed met 9-9,4% lager dan in het actief slib (16,7-20,5%), wat zou betekenen dat organisch materiaal (zoals cellulose) door de zeefbocht verhoudingsgewijs meer wordt afgevangen dan anorganisch materiaal.

De nitrificatieactiviteit van het zeefgoed is zeer laag, wat betekent dat er geen of nauwelijks nitrificeerders in het zeefgoed aanwezig zijn.

Uit het microscopisch beeld blijkt dat zowel vezelachtig als vetachtig materiaal aanwezig is in het zeefgoed. De vezels lijken onder de microscoop op die van toilet papier. Na opwerking van de monsters in het laboratorium levert dit behoorlijk schone cellulose op.

Vastgesteld kan worden dat er duidelijk vezels worden afgevangen met de huidige zeef van 0,5 mm spleetwijdte. Het zeefgoed-ds bevat ongeveer 42 - 51% aan vezels, hiervan is 16 - 23% cellulose. Ter vergelijking: het influent-ds bevatte 39% aan vezels. Het overgrote aandeel van de vezels in het influent is cellulose. Het aandeel cellulose is in het zeefgoed aanzienlijk afgenomen ten opzichte van in het influent

De analysewaarden van het filtraat vanaf de zeefbocht wat betreft ds en gloeirest zijn vergelijkbaar met de meetresultaten van het actief slib.

## 4.6 BEDRIJFSVOERINGASPECTEN ZEEFBOCHT

### 4.6.1 ERVARINGEN BEDRIJFSVOERDERS

De bedrijfsvoeringaspecten van de zeefbocht (robuustheid, storingen, bedieningsgemak) en de effecten op de rwzi (vervuiling, spinsels, onderhoud van de meters) zijn gebaseerd op ervaringen van de bedrijfsvoerders van de rwzi en de uitvoerders van het onderzoek.

FIGUUR 4.36

CLOSE-UP ZEEFBOCHT EN



SCHROEFPERS NAAR CONTAINER



De draaiuren van de zeefbocht zijn weergegeven in Figuur 4.21. De installatie is vanaf januari 2017 in bedrijf. In de eerste maanden hebben de zeefbochten niet continu gedraaid. Dit werd veroorzaakt door verstoppingen van de pers voor ontwatering van het zeefgoed als gevolg van vorst, maar ook door de aanwezigheid van vet. Tevens werden veel zeefgoeddeeltjes via de gaatjes van de pers weer naar het zuiveringsproces teruggevoerd, waardoor de afscheiding onvoldoende was en de hoeveelheid afgevangen zeefgoed werd onderschat. De pers was niet ontworpen voor een dergelijke toepassing, de ervaring met de pers kan worden meegenomen in een eventuele definitieve opstelling (zoals keuze van de grootte van de persgaatjes, spoelvoorziening pers). Het drogestofgehalte van het geperste materiaal was circa 35%. In het vervolg van het onderzoek is de pers verwijderd en is het zeefgoed via een container direct naar de slibbuffer gepompt (zie Figuur 4.37).



FIGUUR 4.37

OPSTELLING ZEEFGOEDCONTAINER NA VERWIJDERING PERS



In april 2017 waren er problemen met een extreme industriële lozing, waardoor de zeefbochten zijn stilgezet of minder hebben gedraaid om prioriteit te geven aan het op orde krijgen van het zuiveringsproces. Sinds 23 mei 2017 zijn de zeefbochten continu in bedrijf (24/7), eerst met een capaciteit van  $2 \times 10 \text{ m}^3/\text{h}$ . Vanaf 28 juli 2017 is de capaciteit verhoogd naar  $2 \times 40 \text{ m}^3/\text{h}$ .

De zeefbochten zijn voorzien van een automatisch spoelsysteem. Er is met verschillende spoelfrequenties getest, variërend van één spoelbeweging per twintig minuten tot één spoelbeweging per uur (één spoelbeweging is één keer heen en terug met de spoelkop). Vervuiling van de zeven trad niet snel op. Het effect van de spoelfrequentie op de vervuiling van de zeven was niet duidelijk vast te stellen, bij vervuiling speelt ook het jaargetijde en industriële lozing een rol. Periodiek kan vervuiling met een hogedrukspuit eenvoudig en snel worden verwijderd. In het onderzoek heeft deze hoge druk reiniging 1 maal per 2 maanden (bij  $2 \times 10 \text{ m}^3/\text{h}$ ) en 1 maal per 2-3 weken (bij  $2 \times 40 \text{ m}^3/\text{h}$ ) plaatsgevonden.

Het zeefgoed is vanuit de container in de slibbuffer gepompt, waar ook het spuislib wordt opgevangen. De slibwaterscheiding in de slibopslag verliep visueel minder goed dan voorheen (het water in de slibopslag wordt handmatig met behulp van schuiven periodiek afgelaten). Het gescheiden invoeren van de stromen (zeefgoed, spuislib) in een buffer en/of het nat invoeren van zeefgoed lijkt tot een minder goede indikking in de slibopslag te leiden. Om het zeefgoed zo droog mogelijk naar de slibopslag af te voeren is de spoelfrequentie van de zeefbochten uiteindelijk laag ingesteld (minder water in het zeefgoed). Overigens speelt dit aspect van spoelfrequentie in relatie tot afvoer van nat zeefgoed geen rol als gebruik gemaakt wordt van persen van het zeefgoed (tot circa 35%) en aparte afvoer hiervan.

De vorming van spinsels en vervuiling van de meters in de waterlijn lijkt niet te zijn verminderd. De spinsels betreffen voornamelijk lange slierten die niet of onvoldoende door de (pompen van de) zeefbocht uit het actiefslib worden onttrokken. In het ontvangstwerk is een rooster van 6 mm aanwezig.

FIGUUR 4.38

SPINSELS AAN DE POMP. LINKS: 13 DECEMBER 2016, RECHTS: 21 SEPTEMBER 2017



FIGUUR 4.39

SPINSELS AAN DE ONLINE METERS OP 21 SEPTEMBER 2017



#### 4.6.2 CONCLUSIES BEDRIJFSVOERINGASPECTEN ZEEFBOCHTEN

Samengevat kan worden gesteld dat de zeefbochten zeer weinig aandacht van de bedrijfsvoerders vragen. Het systeem is robuust (weinig storingen, weinig onderhoud) en makkelijk te bedienen.

In de eerste maanden is gedraaid met een pers achter de zeefbochten. Deze heeft veel verstoppingen gekend omdat de pers niet voor deze toepassing was ontworpen. Daarnaast speelden vorst en vet in het actief slib ook een rol. De verstoppingen hebben geleid tot stilstand van de zeefbochten. Ook zijn er door het ontwerp van de pers veel afgevangen zeefgoeddeeltjes terug naar de waterlijn gevoerd.

Op de vorming van spinsels en vervuiling van de analysemeters in de waterlijn is geen effect waargenomen.

# 5

## VERVOLGONDERZOEK MET CASCADE

### 5.1 INLEIDING

Uit de resultaten van het praktijkonderzoek (zie hoofdstuk 4) volgt een afvangst van 118 kg zeefgoed ds/d en 239 g zeefgoed ds/m<sup>3</sup> aanvoer zeefbocht, bij een debiet over de zeefbochten van 20 m<sup>3</sup>/h (periode 2). Hogere hydraulische belasting van de zeefbochten laat geen of nauwelijks toename van de afvang van zeefgoed zien (in kg). Een mogelijke verklaring is dat de zeefbocht slechts de grovere vezelfractie afvangt, waardoor de afscheiding en het rendement van de zeef vooral beperkt lijkt te worden door de 0,5 mm spleetwijdte. Het kan interessant zijn om in een vervolgonderzoek een kleinere spleetwijdte toe te passen, waarmee mogelijk meer en schonere cellulose afgevangen kan worden.

Dit is met schudzeefhandproeven begin 2018 onderzocht. Uit deze schudzeefproeven komt naar voren dat meer dan 50% extra zeefgoed kan worden verkregen als het filtraat van de 0,5 mm zeef door een fijnere zeef wordt geleid. Dit bood voldoende perspectief om de zeefbochtinstallatie om te bouwen naar een cascade opstelling. Deze cascade is de eerste helft van 2019 in gebruik geweest op RWZI Ommen.

De resultaten van de schudzeefproef en het praktijkonderzoek met de cascade opstelling zijn in respectievelijk paragraaf 5.2 en 5.3 beschreven.

### 5.2 RESULTATEN SCHUDPROEVEN

Met een schudhandzeef zijn proeven gedaan op het filtraat van de zeefbocht. Hiertoe is 45 liter filtraat van de zeefbocht (0,5 mm) opgevangen en met de hand gezeefd over een schudzeef (gaatjes) van 0,4 mm (en met waterstraal gespoeld). Het afgevangen materiaal is verzameld en gewogen. Vervolgens is dit materiaal geanalyseerd en onder de microscoop bekeken.

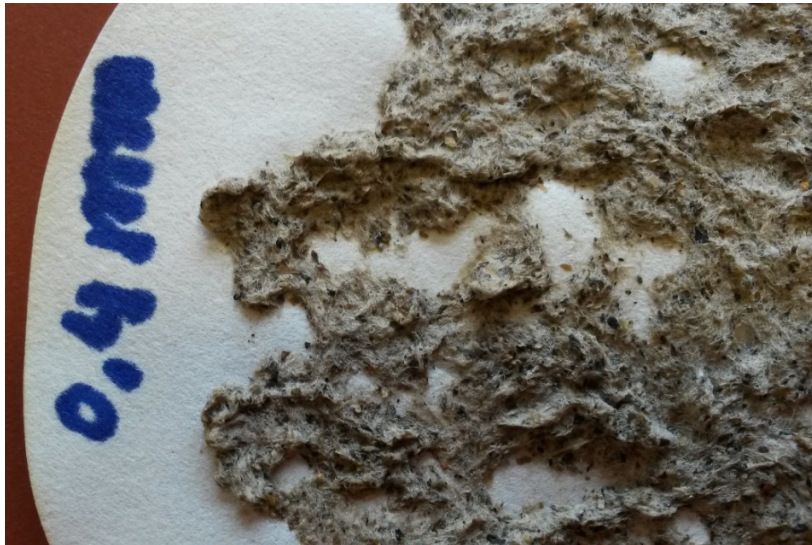
De resultaten van analyse van het afgevangen materiaal is gegeven in Tabel 51. Het afgevangen materiaal was circa 100 g met een drogestofgehalte van circa 7% (70 g/l). Er is uit 45 liter dus circa 7 g droge stof verkregen, uitgaande van de aanname dat 100 g overeenkomt met 100 ml. Omgerekend naar 1 m<sup>3</sup> filtraat komt dit neer op 155 g ds of 0,155 kg ds.

TABEL 5.1 ANALYSE AFGEVANGEN MATERIAAL NA PROEVEN SCHUDHANDZEEF 0,4 MM

Parameter	Waarde	Eenheid
DS	7	%
DS	155	g DS/m <sup>3</sup> filtraat
Gloeirest	5	% van DS
CZV	1.190	g CZV/kg DS
N	17	g N-Kj/kg DS
P	4,4	g P/kg DS

Het afgevangen materiaal lijkt vezelig en weinig vervuild (zie Figuur 5.1). Om deze eerste conclusie te verifiëren is het gedroogde zeefgoed nog onder de microscoop bekeken, zie Figuur 5.2 en Figuur 5.3 (tweede in vergelijking met beeld toiletpapier).

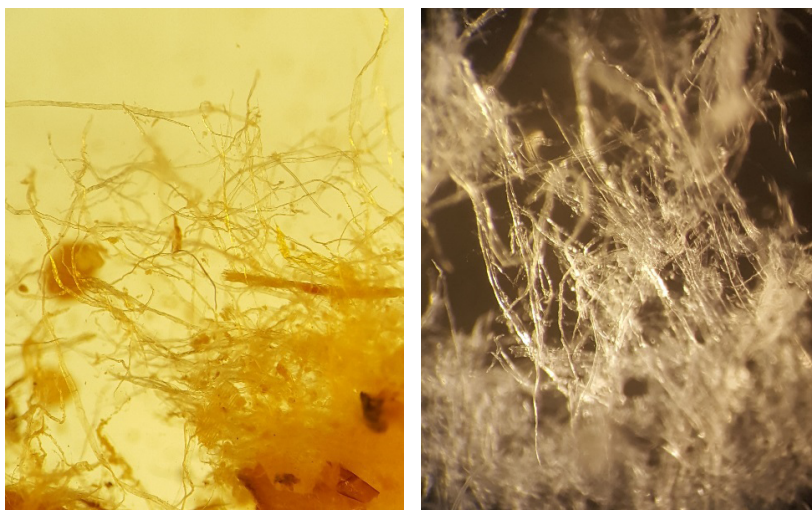
**FIGUUR 5.1** FOTO VAN GEDROOGD ZEEFGOED OP FILTERPAPIER NA ZEVEN OVER HANDZEEF VAN 0,4MM



**FIGUUR 5.2** MICROSCOPISCH BEELD GEDROOGD ZEEFGOED, HANDZEEF (0,4MM)



**FIGUUR 5.3** MICROSCOPISCH BEELD; LINKS: GEDROOGD ZEEFGOED HANDZEEF (0,4MM); RECHTS: TOILETPAPIER



De hoeveelheid zeefgoed die in de praktijk kan worden afgevangen is een resultante van veel factoren, zoals onder andere:

- samenstelling en debiet van het influent;
- afbraak grote deeltjes in kleinere in de zuivering;
- sibleeftijd;
- rendement van het afvangen van zeefgoed;
- spleet/gaatjes breedte van de zeefbocht;
- toevoerdebiet naar de zeefbocht.

Uit de schudzeefproef met de handzeef 0,4 mm is uit 1 m<sup>3</sup> filtraat van de zeefbocht 0,155 kg ds/m<sup>3</sup> verkregen. Afvoer via de zeefbocht met een 0,4 mm zeef in cascade (0,5 + 0,4 mm) zou circa 500 kg ds/week extra kunnen opleveren voor 2 zeefbochten (10 m<sup>3</sup>/h per zeefbocht en 250 kg ds/week per zeefbocht).

Ten opzichte van de huidige hoeveelheid (111-118 kg zeefgoed ds/d = 780 - 830 kg ds/week) zou dan met een 0,4 mm zeef in cascade opstelling de productie met minimaal 50% kunnen worden verhoogd. Uit de foto's lijkt het materiaal bovendien erg vezelig en relatief zuiver.

### 5.3 RESULTATEN OPSTELLING IN CASCADE

Om de cascade opstelling te kunnen realiseren op RWZI Ommen is bij één van de huidige zeefbochten de 0,5 mm zeef vervangen door een 0,3 mm zeef. Er is gekozen voor een 0,3 mm zeef en niet voor 0,4 mm (zoals gebruikt in de schudproef). Deze keuze heeft te maken met het verschil in uitvoering van de handzeef en de zeefbocht. De handzeef uit de schudproef is alleen maar verkrijgbaar met gaatjes, terwijl de zeef voor de zeefbocht alleen verkrijgbaar is met spleetjes. Toepassing van spleetjes heeft waarschijnlijk een minder goede afscheiding dan gaatjes en dus wat meer lekverliezen (een vezel kan als die in de lengterichting van de spleet komt te liggen erdoorheen glippen). De verwachting is dat door het toepassen van een wat fijnere zeef (0,3 mm in spleetjes ten opzichte van 0,4 mm in gaatjes bij de schudzeef) dit effect zou kunnen worden gecompenseerd.

Bij de cascade opstelling van de zeefbochten wordt het filtraat van de zeefbocht met de 0,5 mm zeef opgevangen in een opvangbak en vervolgens over de fijnere zeef gepompt, zie Figuur 5.4.

FIGUUR 5.4

CASCADE VAN 2 ZEEFBOCHTEN (LINKS SCHAKELKAST)



Opvangbak waaruit het filtraat van de 0,5 mm over de 0,3 mm zeef wordt verpompt

De cascade is de eerste helft van 2019 in bedrijf geweest en getest. Het analyse- en bemonsteringsprogramma dat was opgezet voor de test met de parallelle zeven was toen al beëindigd. De doelstelling van het onderzoek met de cascade opstelling met de kleinere spleetwijdte was om aan te tonen dat er in het totaal meer zeefgoed zou kunnen worden afgevangen dan bij de parallelle opstelling en dat de kwaliteit zuiverder zou worden. Vandaar dat de bemonstering van de cascade opstelling alleen op de kwantiteit en kwaliteit van het zeefgoed is gericht.

In het begin zijn er veel storingen geweest door kapotte trilmotoren. Deze zijn vervangen, waarna de zeefbocht vrijwel zonder problemen heeft kunnen functioneren. Het advies is om bij een langdurige buitenopstelling een betere kwaliteit van de trilmotoren te kiezen die beter bestand zijn tegen de effecten van afvalwater.

De cascade opstelling is bedreven bij verschillende debieten (10-30 m<sup>3</sup>/h). In meetronden is de opbrengst van het zeefgoed bepaald en zijn diverse parameters geanalyseerd. De resultaten zijn gegeven in Tabel 5.2.

Uit de metingen met de cascade blijkt het volgende:

- De opbrengst bij een debiet van 10 en 20 m<sup>3</sup>/h van de cascade geeft vergelijkbare resultaten als met de parallelle zeefbochten. Bij 20 m<sup>3</sup>/h lijkt er dus niet meer te worden afgevangen. De opbrengst bij 30 m<sup>3</sup>/h is aanzienlijk groter (circa 30%). Er leek zich bovendien bij dit debiet onderaan de 0,3 mm zeef een soort koek of laag van zeefgoed op de zeef op te bouwen. Dit zorgde voor een enigszins vertraagde afvoer van zeefgoed en een soort koekfiltratie, waardoor er mogelijk meer deeltjes konden worden afgevangen. In die periode is ook het spoelregiem aangepast en getest (minder frequent spoelen) wat mede voor (extra) vorming van een soort koek/laag onderdaan op de zeef van de zeefbocht kan hebben gezorgd.
- De asrest van de 0,3 mm zeef is lager dan die van de 0,5 mm zeef. Dit wijst ook op een wat grotere zuiverheid van het materiaal van de fijnere zeef.
- Variaties in bedrijfsvoering (zoals periodiek schoonmaken van de zeef) en weersinvloeden (aanvoer zeefgoed via aanvoerstelsel na regen, temperatuur) hebben naar alle waarschijnlijkheid invloed op de resultaten, maar door de vele verschillende variabelen zijn deze niet afzonderlijk uit de testresultaten te herleiden.
- Het materiaal verzameld op de 0,3 mm zeef leek schoner. Zie ook Figuur 5.5. Dit materiaal is tevens door een externe partij beoordeeld (afzet als afdruiptremmer asfalt). Er is interesse dit verder op bruikbaarheid te onderzoeken. Dit was bij een (eerder) monster van de 0,5 mm zeef niet het geval, het werd toen nog te vuil bevonden (slibdeeltjes).

TABEL 5.2 RESULTATEN CASCADE (FILTRAAT 0,5 MM ZEEF NAAR 0,3 MM ZEEF IN SERIE)

Debiet (m <sup>3</sup> /h)	Opbrengst (kg ds/week)		Aantal meting	Periode (2019)	Drogestofgehalte (%)		Gloeirest (%)	
	range	gemiddeld			Af zeef 0,5	Af zeef 0,3	Af zeef 0,5	Af zeef 0,3 <sup>1)</sup>
10	500 - 895	683	5	mrt-half mei	9,3	7,8	8,9	8,4
20	446 - 871	672	6	half mei-jun	13,6	8,9	10,5	9,1
30 <sup>2)</sup>	904 - 1.185	1.048	4	jun	16,5	8,0	10,0	9,5

<sup>1)</sup> In de schudzeefproef is het materiaal op de zeef intensief gespoeld met water. De zeef van de zeefbocht wordt minder goed gespoeld, waardoor er meer (slib)deeltjes kunnen achterblijven en degloeirest hoger is dan in de oriënterende schudproef.

<sup>2)</sup> Er leek zich een soort laag onderaan de zeef te vormen, waardoor mogelijk een soort koekfiltratie plaats vond en extra zeefgoed werd afgevangen, mogelijk ook met wat extra slibdeeltjes (iets hoger gloeirest zeefgoed). In deze periode is ook het spoelregiem aangepast, namelijk minder frequent spoelen, dat mogelijk ook effect had op de vorming van een koeklaag en extra afvang.

FIGUUR 5.5

ZEEFGOED VAN 0,3 MM ZEEF (MET HAND UITGERPERST EN GEDROOGD BIJ 60 GRADEN C)



#### 5.4 VERGELIJKING RESULTATEN CASCADE MET PARALLELE OPSTELLING

In Tabel 5.3 zijn de resultaten van de cascade en parallelle opstelling met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt:

- De opbrengst bij de (eerdere) parallelle opstelling van de twee zeefbochten was totaal circa 800 kg ds/week (111-118 kg ds/d bij 20-80 m<sup>3</sup>/h, het debiet had weinig effect op opbrengst). Per parallelle zeef is dit circa 400 kg ds/week bij een debiet van 10-40 m<sup>3</sup>/h. Bij de cascade is de opbrengst ongeveer 680 kg ds/week totaal bij een doorzet van 10 en 20 m<sup>3</sup>/h en dat is 70% extra opbrengst (dus de vergelijking tussen één zeefbocht 0,5 mm met een zeefbocht 0,5 mm gevolgd door 0,3 mm). Dit is in lijn met de oriënterende proeven met de handzeef waarbij een extra opbrengst van minimaal 50% is gevonden (handzeef, zie paragraaf 5.2).
- Bij een debiet van 30 m<sup>3</sup>/h is met de cascade opstelling een verdubbeling van de opbrengst gerealiseerd ten opzichte van de cascade bij het lagere debiet, mogelijk speelt hierbij een aanvullend mechanisme een rol (koekopbouw, zie paragraaf 5.3).
- De opbrengst van de zeefbocht cascade is met gemiddeld 1.048 kg ds zeefgoed/week bij 30 m<sup>3</sup>/h ongeveer 30% hoger dan de opbrengst met die van de eerdere (totale) parallelle opstelling (800 kg ds zeefgoed/week). Bij dit debiet lijkt de cascade (twee zeefbochten in cascade) zonder meer de parallelle zeven (twee zeefbochten parallel) te kunnen vervangen. Bij lagere debieten van de cascade is de opbrengst van de cascade lager dan die van de parallelle zeefbochten.
- Voordeel van de cascade is dat de tweede fijnere zeef relatief zuiverder materiaal oplevert dan het materiaal uit de parallelle opstelling.

TABEL 5.3

VERGELIJKING RESULTATEN CASCADE MET PARALLELE OPSTELLING

Opstelling	Aanvoer (m <sup>3</sup> /h)		Opbrengst (kg ds zeefgoed/week)		
			Zeefbocht 1	Zeefbocht 2	Totaal
Parallel	10 - 40 <sup>1)</sup>	Zeefbocht 1: 0,5 mm	400 <sup>2)</sup>		
	10 - 40 <sup>1)</sup>	Zeefbocht 2: 0,5 mm		400 <sup>2)</sup>	
	20 - 80 <sup>1)</sup>	Beide zeefbochten parallel: 0,5 mm			800
Cascade	10 - 20	Zeefbocht 1 (0,5 mm) -> 2 (0,3 mm)	400	280 <sup>3)</sup>	680
Cascade	30	Zeefbocht 1 (0,5 mm) -> 2 (0,3 mm)	400	680 <sup>3)</sup>	1.048

1) Het debiet in de onderzochte range had weinig/beperkt effect op de opbrengst.

2) Is berekend; totaalopbrengst (gemeten) gedeeld door 2

3) Is berekend; totaal opbrengst cascade - opbrengst berekend parallel (0,5 mm, zie opmerking 1)



## 5.5 CONCLUSIES EN IMPLICATIES VOOR EEN PRAKTIJKOPSTELLING

- Twee zeefbochten kunnen parallel of in serie (cascade) worden opgesteld. Een cascade kan per m<sup>3</sup> aangevoerd actief slib meer zeefgoed verwijderen (maar dat is dan wel met meer in te zetten zeefoppervlak per m<sup>3</sup>), tot circa 70% extra of er lijkt zelfs een verdubbeling mogelijk bij hoge debieten, wellicht speelt bij dat laatste een soort koekfiltratie een rol. Met twee zeefbochten in cascade is ongeveer een 30% hogere afvang van zeefgoed (in ds) mogelijk ten opzichte van de parallelle opstelling, waarbij het zeefgoed van de zeefbocht met fijnere spleetwijdte van de cascade zuiverder is.
- In het onderzoek op RWZI Ommen is het zeefgoed opgevangen in een container en vervolgens naar de slibopslag gepompt. Voor het transport van het zeefgoed van de grove en fijnere zeef is een gecombineerde afvoerschroef toegepast. Om het zeefgoed van de fijnere zeef in te kunnen zetten voor hergebruik moet dit apart worden afgevangen en zullen een aparte afvoerschroeven en opvangbakken nodig zijn.
- Als een pers wordt toegepast voor het persen van het zeefgoed (tot een drogestofgehalte van circa 40%) kan het zeefgoed apart van de slibopslag worden afgevoerd en kunnen tevens eventuele slibdeeltjes (bacteriën) via het perswater weer naar de zuivering worden teruggevoerd.
- Een parallelle opstelling van de zeefbochten met 0,3 in plaats van 0,5 mm, dus feitelijk een 0,3 mm zeef zonder voorbehandeling, is niet onderzocht. Het vermoeden is dat dit leidt tot het vaker verstopen van en meer onderhoud aan de zeefbocht. Ook andere combinaties van spleetwijdtes bij de cascade zijn niet onderzocht, hierin kan mogelijk nog worden geoptimaliseerd.
- Bij een langdurige buitenopstelling wordt geadviseerd een betere kwaliteit van de trilmotoren te kiezen (beter bestand tegen de effecten van afvalwater) dan diegene die op RWZI Ommen gebruikt zijn .

# 6

## BUSINESSCASE ZEEFBOCHT

### 6.1 INLEIDING

Het praktijkonderzoek op RWZI Ommen levert vooral informatie op over de bedrijfsvoering van de zeefbocht en de mogelijkheden voor het afvangen van zeefgoed, zoals de hoeveelheden en kwaliteit. Vanwege de lage belasting van RWZI Ommen en de al goede effluentkwaliteit is het niet mogelijk het effect van het actiever worden van het slib door middel van lagere gemeten effluentwaarden aan te tonen.

Het toepassen van een zeefbochtinstallatie lijkt volgens de modellering met name interessant op rwzi's waar biologische krapte aanwezig is (hoog/overbelast systeem) en het 'actiever' worden van het slib van belang is.

In dit hoofdstuk zijn de kosten gegeven voor het toepassen van zeefbochten op een rwzi. Bovendien worden deze kosten op hoofdlijnen vergeleken met een aantal andere technieken om inzicht in de haalbaarheid van zeefbochten te verkrijgen.

### 6.2 UITGANGSPUNTEN

Er is uitgegaan van een standaard rwzi van 100.000 i.e. à 150 g TZV die hoog belast is en die door de inzet van de zeefbocht in kritieke situaties, zoals de winter, lagere effluentconcentraties ten aanzien van ammonium moet halen, resulterend in een lager jaargemiddelde totaalstikstof concentratie. De standaard rwzi is doorgerekend met het verbeterd model (zie paragraaf 3.4), waarbij de resultaten van de hoog belaste situatie zijn beschreven in paragraaf 3.4.4. Hieruit blijkt dat er 10-15% zeefgoed (ten opzichte van spuislib) zal moeten worden verwijderd. Dit is mogelijk met een zeefbochtinstallatie in parallelle of cascade opstelling. Wellicht dat met meer zeefbochten een grotere afvang zou kunnen worden gehaald, maar dit is niet onderzocht in de praktijk (geen extra zeefbochten bijgeplaatst tijdens het onderzoek).

De zeefbochtinstallatie op rwzi Ommen is ontworpen op 2 x 7 m<sup>3</sup>/h (parallelle opstelling), een veel hogere hydraulische belasting tot 40 m<sup>3</sup>/h bleek mogelijk, dit had echter weinig effect op de opbrengst van zeefgoed. Op basis van het praktijkonderzoek is een onttrekking van ongeveer 10-15% van het zeefgoed ten opzichte van het spuislib aangetoond (per zeef circa 400 kg ds/week, voor de gehele installatie met 2 zeven 800 kg ds/w). Voor een grotere afvangst per m<sup>3</sup> ingevoerd actief slib is een fijnere zeef nodig, zoals in een cascadeopstelling.

Uit het praktijkonderzoek op RWZI Ommen is naar voren gekomen dat per cascade bestaande uit 2 zeven een 30% hogere opbrengst kan worden verkregen dan per twee parallelle zeven. Wanneer uitgegaan wordt dat de opbrengst vergelijkbaar is en er twee zeefbochten aanwezig waren op RWZI Ommen (26.512 i.e. à 150 g TZV) tijdens het praktijkonderzoek, betekent dit dat voor een rwzi van 100.000 i.e. à 150 g TZV acht zeefbochten nodig zijn om voldoende zeef-

goed te kunnen onttrekken, zowel voor de parallelle opstelling als de cascade opstelling. Dit aantal is uitgangspunt voor de kostenberekening.

De mogelijkheden voor afzet van zeefgoed zijn nog volop in onderzoek. Deze zijn divers, zoals toepassing van cellulosevezels als afdruiptremmer in de asfaltindustrie of toepassing in geperste platen. Zeefgoed zou kunnen worden toegepast in een verzuringsreactor voor de productie van vetzuren die kunnen worden gedoseerd in de waterlijn voor een betere nutriëntenverwijdering.

De mogelijke opbrengsten zijn vooralsnog niet goed in kaart te brengen. Als het zeefgoed nuttig kan worden hergebruikt en apart wordt afgevoerd daalt de slibafvoer aanzienlijk met 10-15%.

### 6.3 KOSTEN ZEEFBOCHTEN

Voor de investeringskosten (100.000 i.e. à 150 g TZV) is een raming opgesteld voor een zeefbochtinstallatie in parallelle opstelling met 8 zeefbochten. Voor een cascade zijn ook acht zeefbochten nodig, deze opstelling heeft iets hogere kosten als de zeefgoedstromen van de grove en fijne zeef apart moeten worden opgevangen (aparte transportschroeven en opvangbakken). Verder is uitgegaan van de onderstaande kentallen voor ontwerp en kosten.

Verbruikskentallen:

- Capaciteit 2 zeefbochten RWZI Ommen 25.000 i.e. à 150 g TZV
- Specifiek energieverbruik beluchting 4,5 kg O<sub>2</sub>/kWh
- Slibeindverwerking € 600 /ton ds
- Elektriciteit € 0,10 /kWh
- Kapitaallasten 10 %/jaar maal investering
- Onderhoudslasten 1,5 %/jaar maal investering

#### 6.3.1 INVESTERINGSKOSTEN

De investeringskosten voor een zeefbochtinstallatie op een rwzi van 100.000 i.e. komen neer op € 785.000 inclusief BTW, zie Tabel 6.1. Hierbij is gebruik gemaakt van stelposten voor voorzieningen, procesautomatisering en de montage van de zeefbochten. Deze kunnen afhankelijk van de situatie op de rwzi en de wensen voor bedrijfsvoering afwijken.

TABEL 6.1 OPBOUW INVESTERINGSKOSTEN (€) ZEEFBOCHTINSTALLATIE VOOR EEN RWZI VAN 100.000 I.E.

Onderdeel	Kosten
Zeefbochten 8 stuks (4 per bordes)	€ 180.000,-
8 pompen, 2 schroeven, 1 container	€ 96.000,-
Voorzieningen	€ 50.000,-
EPA (procesautomatisering)	€ 60.000,-
Engineering, montage	€ 50.000,-
Bouwkosten excl. BTW	€ 436.000,-
Toeslagfactor (winst, risico, btw et cetera)	1,8
Totale investeringskosten incl. BTW	€ 785.000,-

### 6.3.2 JAARLIJKSE KOSTEN

De jaarlijkse kosten zijn gegeven in Tabel 6.2. Deze komen uit op € 91.600,00 per jaar en worden vooral bepaald door de kapitaallasten.

TABEL 6.2 JAARLIJKSE KOSTEN ZEEFBOCHTINSTALLATIE VOOR EEN RWZI VAN 100.000 I.E. (€ INCL. BTW)

Kostenpost	Kosten (€/jaar)	Besparingen (€/jaar)
Kapitaallasten	€ 78.500,-	
Onderhoud	€ 12.000,-	
Beluchtingsenergie <sup>1)</sup>	€ 1.100,-	
Minderkosten lagere slibafzet bij nuttige inzet zeefgoed <sup>2)</sup>		€ -150.000,-
<b>Totaal</b>	<b>€ 91.600,-</b>	<b>€ -150.000,-</b>
Netto jaarlijkse lasten		€ -58.400,-

<sup>1)</sup> De zuurstofbehoefte van het actief slib stijgt met circa 3% door onttrekken van zeefgoed. Hiertegenover staat een betere effluentkwaliteit.

<sup>2)</sup> De nuttige inzet is in ontwikkeling, op termijn kunnen de jaarlijkse kosten omlaag als nuttige inzet mogelijk is. Hier is gesteld dat de afnemende partij dit gratis afneemt (inclusief transport). In het geval er een hogere prijs voor het restproduct wordt gegeven wordt de besparing groter. Daartegenover staat dat mogelijk kosten gemaakt moeten worden op de rwzi voor deze afzet, zoals bijvoorbeeld het persen van zeefgoed.

Wanneer het zeefgoed op een andere manier wordt verwerkt dan afvoer met het slib (in een andere afzetroute met nuttige toepassing), kan bespaard worden op de slibafzet en ontstaan er jaarlijkse besparingen door toepassing van zeefbochten. Dit is afhankelijk van wat de afzet van het zeefgoed oplevert, maar bij gratis afzet van het zeefgoed werkt dit al zodanig positief op de jaarlijkse kosten, dat een besparing ontstaat. Mogelijk is het noodzakelijk het zeefgoed te persen. In dat geval zal een aanvullende investering nodig zijn en ontstaat er een retourstroom naar de rwzi, dit is nu niet opgenomen in de modellering en de kostenberekening.

Indien de zeefbocht alleen in de wintermaanden wordt bedreven zal de kostenopbouw veranderen (onderhoud, energie, afzet). Bij die afweging is vooral van belang of de zeefbocht alleen wordt ingezet voor het verkrijgen van actiever slib of dat ook de winning van cellulose voor nuttig gebruik een rol speelt. In de gepresenteerde kosten is uitgegaan van continue inzet.

Het voordeel van een betere effluentkwaliteit of het verminderde risico op het kwijtraken van nitrificatiecapaciteit in de winter is niet in kosten uit te drukken, dit is echter wel een belangrijk voordeel. Het voordeel van de betere effluentkwaliteit is niet in deze businesscase opgenomen.

### 6.4 ANDERE ZEEFTECHNIEKEN

Het zeven van het actief slib kan wellicht ook met een ander type zeef, bijvoorbeeld een zeef-trommel. Hiermee is wel goede pilot ervaring in Nederland, maar deze is nog onvoldoende gedocumenteerd.

Een ander type zeef is een fijnzeef. Met een fijnzeef in het influent wordt aan de voorkant van de rwzi gezeefd. Een influentzeef voor 100.000 i.e. zal minimaal € 1.500.000 investering vragen (alleen DWA), afhankelijk van de precieze uitvoering. Voor een grotere dimensionering op basis van RWA zullen de kosten circa 2-2,5 maal zo hoog worden. Voordeel van een fijnzeef is dat (bijna) al het influent wordt gezeefd en er meer cellulose kan worden afgevangen.

Nadelen van influentzeven zijn de hogere kosten, de hydraulische inpassing in de zuivering en de overige verontreinigingen die door de koekfiltratie in het zeefgoed terecht komen. Een ander verschil is dat met een fijnzeef voorafgaand aan het zuiveringsproces BZV verwijderd wordt, waardoor de BZV/N en BZV/P verhouding negatief beïnvloed kan worden.

De investering voor zeefbochten is ongeveer de helft van de kosten voor influent fijnzeven. Dit onderschrijft de aanleiding van dit onderzoek: het zeven van deeltjes en cellulosevezels uit het actief slib in plaats van uit afvalwater is eenvoudiger en goedkoper.

## 6.5 CONVENTIONELE TECHNIEKEN

Voor uitbreiding van de belasting kan gekozen worden voor uitbreiding/bijplaatsen van volume van de beluchtingstank of nageschakelde technieken in het effluent zoals nageschakelde stikstofverwijdering (nageschakelde denitrificatie). De investeringen voor nageschakelde stikstofverwijdering bedragen globaal 5 miljoen euro voor een rwzi van 100.000 i.e.. Ook de kosten voor uitbreiding of bijplaatsen van beluchtingsvolume voor extra nitrificatiecapaciteit liggen minimaal in die orde van grootte.

Dit betekent dat de investering voor conventionele technologie ongeveer 6 maal duurder is dan voor zeefbochten.

## 6.6 CONCLUSIE

De zeefbocht kan een relatief goedkope oplossing zijn voor de verhoging van de belasting van een hoogbelaste rwzi wanneer dit vergeleken wordt met alternatieve oplossingen.

Indien een goede afzetroute voor het zeefgoed kan worden gevonden kunnen de (jaarlijkse) kosten aanzienlijk omlaag of ontstaat er een jaarlijkse opbrengst.

# 7

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 7.1 DOELEN

De doelen van het onderzoek zijn:

- Inzicht krijgen in:
  - het effect op het biologische deel van het zuiveringsproces;
  - de hoeveelheid en kwaliteit van het geproduceerde zeefgoed;
  - de bedrijfsvoeringsaspecten van de zeefbocht en de rwzi.
- Het uitwerken van een eenvoudige businesscase.

Om de doelen te bereiken, is gebruik gemaakt van:

- Een full-scale-onderzoek met twee zeefbochten:
  - Eerst parallel opgesteld met beide een 0,5 mm zeef. Gedurende een jaar (2017) is getest, waarbij het onderzoek is onder te verdelen in 3 perioden, waarbij in periode 2 en 3 continu stabiel is gedraaid bij een voeding van respectievelijk 20 en 80 m<sup>3</sup>/h.
  - Daarna een kortere test met een cascade opstelling van één zeefbocht met een 0,5 mm zeef en achtereenvolgens één zeefbocht met een fijnere zeef van 0,3 mm. De cascade is een half jaar getest (begin 2019), alleen gericht op de hoeveelheid en kwaliteit van het zeefgoed.
- Modellerings met een actiefslibmodel waarmee het effect van de verwijdering van inert materiaal uit actief slib is gesimuleerd.

### 7.2 CONCLUSIES

#### 7.2.1 INZICHT IN HET EFFECT OP HET BIOLOGISCHE DEEL VAN HET ZUIVERINGSPROCES.

Zeefbochten kunnen voor twee situaties worden toegepast op een rwzi. Dit zijn:

- Scenario 1 'Het actievere actiefslibproces', waarbij de belasting van een bestaand proces kan worden verhoogd dan wel de effluentkwaliteit bij gelijkblijvende belasting kan worden verbeterd. Dit scenario is gekozen voor de uitwerking van de businesscase.
- Scenario 2 'Het verlagen van het slibgehalte bij gelijke prestatie', waarbij van een bestaand proces het energieverbruik en de ds belasting van de nabezinking kan worden verlaagd bij gelijkblijvende effluentkwaliteit. Dit scenario is gekozen voor het praktijkonderzoek op RWZI Ommen gezien de al vergaande zuivering die nu al plaatsvindt.

*Scenario 1 'Het actievere actiefslibproces'*

- Op basis van de modelberekeningen voor Scenario 1 is geconcludeerd:
- Eventueel kan het slibzeven alleen in de winter worden toegepast om in die kritische periode de aerobe slibleeftijd te verhogen.
- Door toepassen van het slibzeven in deze situatie kan de effectieve slibleeftijd van nitrificerders worden verlengd en de effluentstikstofconcentratie worden verlaagd. In het doorgerekende scenario is de effluent ammoniumconcentratie verlaagd met 30-50% ten opzichte van een uitgangconcentratie van 6,2 mg NH<sub>4</sub>-N/l.

*Scenario 2 'Het verlagen van het slibgehalte bij gelijke prestatie'*

In de modelberekeningen voor Scenario 2:

- Is aangetoond dat de efficiëntie van de rwzi kan verbeteren door het onttrekken van inert vezelmateriaal direct uit de actiefslibtanks door toepassing van een zeefbocht.
- Is positieve werking waarneembaar als de onttrekking van het zeefgoed groter is dan 15% van de totale spuislibproductie.

Uit het praktijkonderzoek met de zeefbochten (volgens Scenario 2) kan het volgende worden geconcludeerd:

- Er is geen aantoonbaar effect op de effluentkwaliteit en de verwijderingsrendementen op RWZI Ommen. Dit sluit aan bij de resultaten van de modelberekeningen voor Scenario 2.
- Er is geen noemenswaardig effect op het drogestofgehalte en de SVI in de beluchtings-tanks.
- Waarschijnlijk is er wel effect op de gloeirest. Deze neemt toe van periode 2 naar periode 3, echter wel gelijk met een toename van de temperatuur in de AT. Hierdoor is de verhoging van de gloeirest niet met zekerheid toe te schrijven aan de toepassing van de zeefbochten.
- Uit het microscopisch beeld van het actief slib zijn geen conclusies afleidbaar.
- Uit de vezelmetingen in het slib zijn geen conclusies afleidbaar, omdat deze metingen als erg onbetrouwbaar worden ingeschat.
- Het energieverbruik van de beluchting daalt licht, dit is mogelijk een beperkt effect van de toepassing van de zeefbochten. Een duidelijke conclusie hierover is echter niet te trekken.
- De hoeveelheid afgevoerd slib (= spuislib + afgevangen zeefgoed) blijft over het gehele jaar constant.
- De gloeirest van dit slib stijgt geleidelijk van 15% in periode 2 naar gemiddeld 18% in periode 3. Deze stijging komt overeen met de stijging van de gloeirest in de AT in dezelfde periodes. In dezelfde tijd dat de gloeirest stijgt is er een daling van de drogestofgehalte in het slib. Dit komt overeen met verwachtingen aan het begin van het onderzoek op basis van de modellering van scenario 2.

### 7.2.2 INZICHT IN DE HOEVEELHEID EN KWALITEIT VAN HET GEPRODUCEERDE ZEEFGOED.

De hoeveelheid en kwaliteit is vastgesteld in de parallelle en de cascade opstelling.

#### *Parallele opstelling*

De hypothese dat de cumulatieve zeefgoedproductie zou afvlakken nadat de AT 'leeggezeefd' was, is niet in de metingen teruggevonden. Dit wil niet zeggen dat dit niet is gebeurd; omdat in periode 1 niet continu is gedraaid met de zeefbochten kan dit 'gemist' zijn.

Kijkende naar de hoeveelheid zeefgoed en het rendement van de zeefbochten:

- In periode 2 is bij een toevoer van 20 m<sup>3</sup>/h gemiddeld 118 kg ds zeefgoed/d afgevangen bij een rendement van ongeveer 6% ten opzichte van de ds-aanvoer naar de zeefbocht. De zeefgoedproductie op basis van drogestof ten opzichte van de spuislibproductie was ongeveer 10%.
- Met een verhoogde toevoer naar de zeefbochten (80 m<sup>3</sup>/h in plaats van 20 m<sup>3</sup>/h) in periode 3 is de zeefgoed afvang met gemiddeld 111 kg ds zeefgoed/d iets lager. Het zeefgoedrendement op basis van droge stof ten opzichte van de ds-aanvoer naar de zeefbocht is met 1,8% veel lager dan bij de lagere aanvoer en de zeefgoedproductie ten opzichte van de spuislibproductie is in periode 3 met 14,8% juist weer hoger dan bij de lagere aanvoer.

Hieruit kan worden afgeleid dat de spleetwijdte van de zeef in combinatie met de fractienering van CZV en droge stof in het influent bepalend lijkt te zijn voor de hoeveelheid afgevangen zeefgoed en niet de hydraulische belasting van de zeef, dit bij een doorzet van 20 tot 80 m<sup>3</sup>/h.

Kijkende naar de eigenschappen van het zeefgoed:

- Valt met name op dat het drogestofgehalte na de pers met 35,1% hoog is.
- Ook is de gloeirest in het zeefgoed met 9 - 9,4% lager dan in het actief slib (16,7 - 20,5%), wat betekent dat organisch materiaal (zoals cellulose) verhoudingsgewijs meer wordt afgevangen door de zeefbocht dan anorganisch materiaal.
- Ook het microscopisch beeld laat zien dat het zeefgoed anders is samengesteld dan actief slib. Het beeld laat zowel vezelachtig als vetachtig materiaal zien. De vezels lijken onder de microscoop op die van toilet papier. Na opwerking van de monsters in het laboratorium levert dit behoorlijk schone cellulose op.
- Testen op nitrificatieactiviteit van het zeefgoed bewijzen dat er geen/nauwelijks verwijdering van nitrificeerders/bacteriën met het zeefgoed lijkt op te treden.

Met de huidige zeef van 0,5 mm spleetwijdte kan duidelijk worden vastgesteld dat er vezels worden afgevangen. Het zeefgoed-ds bevat ongeveer 42 - 51% aan vezels, hiervan is 12 - 23% cellulose (rest hemicellulose en lignine). Ter vergelijking: het influent-ds bevatte 39% aan vezels. Het overgrote aandeel van de vezels in het influent is cellulose. Het aandeel cellulose is in zeefgoed aanzienlijk afgenomen ten opzichte van in het influent.

De analysewaarden van het filtraat zijn vergelijkbaar met de meetresultaten van het actief slib.

#### *Cascade opstelling*

Een cascade opstelling kan:

- Per m<sup>3</sup> aangevoerd actief slib meer zeefgoed verwijderen (dan wel met meer in te zetten zeefoppervlak per m<sup>3</sup>):
  - Bij lager debiet is dit tot circa 70% extra.
  - Bij hoger debiet lijkt een verdubbeling mogelijk. Wellicht speelt dan een soort koekfiltratie een rol.
- Zuiverder zeefgoed opleveren bij de nageschakelde fijnere zeef.

### **7.2.3 INZICHT IN DE BEDRIJFSVOERINGSASPECTEN VAN DE ZEEFBOCHT EN DE RWZI.**

De zeefbochten zijn op een hoger debiet en daarmee belasting bedreven dan oorspronkelijk in het ontwerp was opgenomen. Dit had geen effect op de bedrijfstijd van de zeefbochten; deze draaiden in periode 2 en 3 continu.

Op basis van ervaringen van de bedrijfsvoerders kan worden gesteld dat de zeefbochten zeer weinig aandacht vragen. Het systeem is robuust (weinig storingen, weinig onderhoud) en makkelijk te bedienen. Het systeem is makkelijk inpasbaar en vraagt geen hydraulische inpasning in de water- of sliblijn.

In de eerste maanden is gedraaid met een pers achter de zeefbochten. Deze heeft veel verstoppingen gekend, met name omdat deze niet voor deze toepassing was ontworpen. Daarnaast zijn door vorst en vet in het actief slib ook verstoppingen opgetreden. De verstoppingen hebben geleid tot stilstand van de zeefbochten. Ook zijn er door het ontwerp van de pers veel afgevangen zeefgoeddeeltjes terug naar de waterlijn gevoerd.



Op de vorming van spinsels en vervuiling van de meters in de waterlijn is geen effect waargenomen.

#### 7.2.4 HET UITWERKEN VAN EEN EENVOUDIGE BUSINESSCASE

De businesscase is uitgevoerd voor een generieke rwzi van 100.000 i.e. à 150 g TZV die maximaal/overbelast wordt (Scenario 1). Deze kan door middel van het plaatsen van zeefbochten worden ontlast. De jaarlijkse kosten komen neer op ongeveer € 100.000,00/jaar. Wanneer het zeefgoed nuttig kan worden verwerkt en er minder of geen afzetkosten betaald hoeven te worden, kan er zelfs een besparing worden gerealiseerd.

Belangrijk voordeel van de zeefbochten is een betere effluentkwaliteit en/of het verminderde risico op het kwijtraken van nitrificatiecapaciteit in de winter. Dit kan niet in kosten worden uitgedrukt, omdat dit voordeel specifiek per locatie is. Voor situaties waarbij voorkomen wordt dat er kostbare maatregelen, als bijvoorbeeld nafiltratie voor de verwijdering van stikstof moeten worden gerealiseerd, kan er een aanzienlijke kostenbesparing worden bereikt. Wanneer de toepassing vergeleken wordt met alternatieven, zoals andere zeeftechnieken of conventionele technieken, is het toepassen van zeefbochten veel goedkoper en zijn zeefbochten eenvoudiger in bestaande systemen in te passen.

#### 7.2.5 SAMENVATTENDE CONCLUSIE

Bij het afvangen van 15% zeefgoed ten opzichte van de totale spuislibproductie blijkt uit modelberekeningen dat “Het actievere actiefslibproces” gerealiseerd kan worden, waardoor de belasting van een bestaand proces kan worden verhoogd danwel de effluentkwaliteit bij gelijkblijvende belasting kan worden verbeterd. Het slibzeven biedt de bedrijfsvoering de optie om bij een hoog belaste zuivering in de winter de aerobe slibleeftijd te verhogen. De kans op het verlies van nitrificatiecapaciteit in de winter kan daarmee worden verminderd. Jaargemiddeld levert dit een lagere effluent ammonium en N-totaal concentratie. Ook als er minder zeefgoed wordt verwijderd wordt volgens de modellering winst gehaald, maar met een minder veilige marge

In de praktijk is aangetoond dat het systeem zoals in een parallelle opstelling met twee zeefbochten (spleetwijdte van 0,5 mm) ongeveer 10-15% zeefgoed af kunnen vangen. Na aanpassing tot een cascade opstelling (eerste zeef met spleetwijdte 0,5 mm en tweede met 0,3 mm) kon tot 30% meer zeefgoed worden afgevangen. Per m<sup>3</sup> aangevoerd slib heeft de cascade een minimaal 70% hogere opbrengst. Daarnaast blijkt de installatie bij goed ontwerp een robuust en eenvoudig te bedienen systeem.

Het toepassen van zeefbochten is veel goedkoper en eenvoudiger in bestaande systemen in te passen in vergelijking met alternatieven (andere zeeftechnieken of conventionele technieken).

### 7.3 AANBEVELINGEN

#### 7.3.1 BIJ HET ONTWERP VAN EEN ZEEFBOCHT OPSTELLING

##### *Influentsamenstelling*

De fractieverdeling in het influent is bepalend voor de mate van afvang, op een andere locatie kan dit anders zijn dan op RWZI Ommen. Hier zal bij het toepassen van zeefbochten (of zeeftrommels) op het actief slib rekening mee moeten worden gehouden. Het is daarom aan te bevelen vooraf de fracties in het influent te analyseren.

Op RWZI Ommen zitten industriële lozingen, de verwachting is dan ook dat wanneer het aandeel huishoudelijk afvalwater op een rwzi hoger is, er verhoudingsgewijs meer cellulose in het influent aanwezig is en er in potentie meer zeefgoed kan worden afgevangen.

#### *Technische ontwerpeigenschappen*

De originele ontwerpwaarde voor de zeefbochten in parallelle opstelling was 15 kg ds/m<sup>2</sup>.h. Op RWZI Ommen is deze bedreven op zowel 19 kg ds/m<sup>2</sup>.h (1,3 x ontwerp) en op 68 kg ds/m<sup>2</sup>.h (4,5 x ontwerp). De hoogste belasting heeft bewezen ongeveer evenveel zeefgoed af te vangen als de lagere belasting. Hierbij was het wel noodzakelijk de zeefbochten vaker te spoelen. Het is aan te bevelen dat bij het ontwerp de belasting zeker hoger kan zijn dan 19 kg ds/m<sup>2</sup>.h. Waar het optimum ligt kan proefondervindelijk in vervolgonderzoek vastgesteld worden.

Modelberekeningen laten zien dat meer dan 15% zeefgoed dient te worden afgevangen ten opzichte van de totale spuislibproductie om een zichtbaar effect op de biologische processen te realiseren. De afvang van zeefgoed was 10-15% in de parallelle opstelling, bij de cascade was deze hoger dan bij de parallelle opstelling. De cascade heeft daarom de voorkeur.

De eerste maanden is het zeefgoed geperst. Deze pers was niet ontworpen voor een dergelijke toepassing. Exacte ontwerpwaarden zijn op basis van het onderzoek op RWZI Ommen niet te geven, wel kunnen de volgende aanbevelingen gedaan worden voor het ontwerp van een pers:

- kleinere persgaatjes zijn wenselijk, om de belasting in de retourstroom naar de rwzi te verkleinen;
- zorg voor een spoelvoorziening;
- zorg dat de installatie ook bij vorst kan functioneren.

Bij een langdurige buitenopstelling wordt geadviseerd een betere kwaliteit van de trilmotoren te kiezen dan op RWZI Ommen gebruikt zijn en die beter bestand zijn tegen de effecten van afvalwater.

#### *Grondstof terugwinnen*

Het zeefgoed uit de aanvullende handschudproef en uit de fijnere zeefbocht in de cascade opstelling heeft een vrij zuiver resultaat. De zuiverheid zal in verband met de toepasbaarheid nog nader door een afnemer moeten worden beoordeeld.

Tijdens de cascade opstelling is het zeefgoed van beide zeefbochten samen afgevoerd. Indien terugwinning van cellulose de doelstelling is, zal het zeefgoed van de zeefbochten met de kleinste zeef bij een cascade opstelling apart opgevangen moeten worden.

#### *Actiever actief slib*

RWZI Ommen is een zeer laagbelast systeem met een zeer goede effluentkwaliteit voor N-totaal. Het is daarom geen geschikte locatie geweest om aan te kunnen tonen dat het slib actiever is geworden. Naar verwachting is dit wel het geval op een rwzi die zwaarder belast is. Uit de modelberekening met een generieke overbelaste rwzi van 100.000 i.e. à 150 g TZV blijken voordelen voor de effluentkwaliteit en slibafvoer. De businesscase onderbouwd dit. Het is aan te bevelen dit in de praktijk te testen op een overbelaste (of zwaarbelaste) rwzi.

### 7.3.2 BIJ VERVOLGONDERZOEK

#### *Type zeef en ontwerp*

Bij vervolgonderzoek kan overwogen worden niet het actief slib, maar het retourslib te zeven. Door het hogere drogestofgehalte resulteert dit in een lager debiet en zijn er, zolang de drogestofbelasting niet bepalend is, minder zeven nodig.

In de zeefbochten op RWZI Ommen bestaan de zeven uit spleetjes. Het is ook mogelijk om gaatjes (gaas) te gebruiken. Het vermoeden bestaat dat hiermee vezels beter kunnen worden afgevangen.

Alternatief voor de zeefbocht is een trommelzeef. Op AWZI Noordwijk is hiermee verkennend onderzoek uitgevoerd. Helaas is dit onvoldoende gedocumenteerd geweest om op te nemen in dit rapport. Vervolgonderzoek met een trommelzeef op een hoogbelaste rwzi is aan te bevelen.

#### *Monsternamen en analyse*

De resultaten van de vezelmetingen in het influent waren in het begin van het onderzoek constant, waarna in de loop van 2017 nog maar twee metingen meer zijn uitgevoerd. Voor vervolgonderzoek wordt aanbevolen om ook de vezelmetingen in het influent in regelmatige frequentie te meten, bv maandelijks. Hieruit zou dan de verandering in het influent gedurende de seizoenen zichtbaar worden. Voor RWZI Ommen is dit nu niet vast te stellen.

De cellulosemetingen in het actief slib gaven helaas erg onbetrouwbare waarden, wat ook bij andere projecten is geconstateerd. Als voor een volgend onderzoek de resultaten van de cellulosemetingen in actief slib een grote rol spelen, wordt aanbevolen naar een meetmethode te zoeken, die ook betrouwbare waarden in actief slib kan meten. Een andere oplossing kan zijn, de metingen in actief slib niet uit te voeren, maar de hoeveelheid cellulose in actief slib aan de hand van balansen te bepalen.

#### *Aanvullende onderzoeksvragen bij vervolgonderzoek*

Het is de verwachting dat cellulose bij hogere temperatuur beter afbreekt in de AT, vooral bij lange slibleeftijden. De fractieverdeling in de AT, en dus de mate van het afvangen van zeefgoed, is afhankelijk van slibleeftijd, ophoping in de tanks en temperatuur. Een aanbeveling is om de zeefbochten in de zomer hoger te belasten om zo relatief meer actief slib via de zeefbocht te sturen en meer cellulose af te kunnen vangen. Bij deze hogere belasting krijgt de cellulose-fractie niet de tijd om bij de hogere temperatuur af te breken in de AT. Waar het optimum ligt kan proefondervindelijk in vervolgonderzoek vastgesteld worden.

De verwachting was dat de spinsels en vervuiling van de meters in de waterlijn zou verminderen door het toepassen van de zeefbochten. Dit blijkt echter niet het geval en dit wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat deze vervuiling niet wordt verpompt naar de zeefbochten. Het kan echter ook veroorzaakt worden door een te grote spleetwijdte. Het is aan te bevelen bij vervolgonderzoek met een kleinere spleetwijdte goed te monitoren of de spinselvorming/vervuiling afneemt. Indien de spleetwijdte geen invloed heeft, kan gedacht worden aan andere manieren van het oppompen van het actief slib of een roostergoedverwijdering met een kleinere spleetwijdte/diameter.

### *Modellering*

Na toetsing van de modelberekeningen met de resultaten van het praktijkonderzoek is geconcludeerd dat standaard actiefslibmodellen niet zijn toegerust om het slibzeven goed te kunnen beschrijven. Vandaar dat het model is aangepast tijdens dit onderzoek:

- Met een extra inerte fractie in het influent, waarbij de deeltjesgrootte groter is dan de spleetwijdte van de zeef.
- Met een afbraakproces voor cellulose in de actiefslibtank.

Het is aan te bevelen deze aanpassingen in een vervolg modellering te handhaven.

## BIJLAGE 1

## ANALYSEPLANNING

Bepalingen en analyses	Analyses per maand REFERENTIE (2015) frequentie	Extra analyses tbv REFERENTIE aantal	Analyses PROEFPERIODE frequentie	Opmerking
<b>Influent</b>				
administratie				
CZV	2x/maand	3	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
BZV5	1/maand	-	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
N-totaal	2x/maand	-	-	-
N-Kj	2x/maand	3	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
P-totaal	2x/maand	3	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
onopgeloste bestanddelen	2x/maand	3	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
Cellulose	-	2	4x/jaar	-
Asrest na zandvang	-	triplo	-	eenmalig een triplo voor modelberekeningen
CZV gefiltreerd 1,2µ glasvezel	-	3	-	-
CZV gefiltreerd 0,45µ membraan	-	3	-	-
P-orto na 0,45µ membraan	-	3	-	-
NH4-N na 0,45µ membraan	-	3	-	-
<b>Effluent</b>				
administratie				
CZV	2x/maand	3	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
BZV5	2x/maand	-	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
N-totaal	2x/maand	-	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
N-Kj	2x/maand	3	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
NH4	2x/maand	-	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
NO3	2x/maand	-	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
NO2	2x/maand	-	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
P-totaal	2x/maand	3	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
PO4-P	2x/maand	-	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
onopgeloste bestanddelen	2x/maand	3	4x/maand	2e helft van het jaar: 3x/maand
P-ortho na 0,45µ membraan	-	3	-	-
CZV gefiltreerd 0,45µ membraan	-	3	-	-
NH4-N na 0,45µ membraan	-	3	-	-
NO3-N na 0,45µ membraan	-	3	-	-
NO2-N na 0,45µ membraan	-	3	-	-
<b>Actief slib = Ingaande stroom</b>				
DS en gloeirest (g/l)	2x/maand	-	wekelijks	eerste 6 weken: 2x/week
DS ook via online meting	-	-	dagelijks	dagelijkse vastlegging min, gem, max
DS profiel	-	1x	-	eenmalig voor model
Activiteit nitrificatie	-	1x triplo	maandelijk	-
Online NH4	dagelijks	-	dagelijks	dagelijkse vastlegging min, gem, max
Online NO3	dagelijks	-	dagelijks	dagelijkse vastlegging min, gem, max
Online PO4	dagelijks	-	dagelijks	dagelijkse vastlegging min, gem, max
microscopisch	-	3	4x triplo	koppelen aan nitrificatietest met actief slib
berekenen vrachten	2x/maand	-	wekelijks	-
P-totaal g/kg ds	-	-	wekelijks	eerste 6 weken: 2x/week
N-Kj g/kg ds	-	-	wekelijks	eerste 6 weken: 2x/week
CZV g/kg ds	-	-	wekelijks	eerste 6 weken: 2x/week, CZV/P is belangrijk voor het model
SVI	2x/maand	-	wekelijks	-
Cellulose	-	4	1x/maand	eerste 6 weken: wekelijks, mrt: 2x, 2e helft van het jaar: 1x/2 maand
Test capaciteit zeef na steady state	-	-	een keer	lopende het onderzoek obv bevindingen en opgedane ervaring
<b>Filtraat (gezeefd actiefslib)</b>				
DS en gloeirest (g/l)	-	-	wekelijks	eerste 6 weken: 2x/week
activiteit nitrificatie / respiratie	-	-	1x triplo	koppelen aan nitrificatietest met actief slib
berekenen vrachten	-	-	wekelijks	-
hoeveelheid bedrijfswater	-	-	dagelijks	draaiuren x vast debiet (misschien obv meter)
<b>Zeefgoed (meerdere monsters uit container)</b>				
CZV	-	-	wekelijks	eerste 6 weken: 2x/week, 2e helft van het jaar: maandelijks
indamprest en gloeirest	-	-	wekelijks	eerste 6 weken: 2x/week, 2e helft van het jaar: maandelijks
P-totaal	-	-	maandelijks	-
N-Kj	-	-	maandelijks	-
gewicht	-	-	bij afvoer	per afgevoerde container (voorkeur: wekelijks)
vracht	-	-	wekelijks	eerste 6 weken: 2x/week, weging
microscopisch	-	-	4x triplo	koppelen aan nitrificatietest met actief slib
afbreekbaarheid / vergisting	-	-	-	-
cellulose	-	-	1x/maand	eerste 6 weken: wekelijks, mrt: 2x, 2e helft van het jaar: 1x/2 maand
visueel	-	-	wekelijks	eerste 6 weken: 2x/week
olien en vetten	-	-	optioneel	eenmalig
metalen	-	-	optioneel	eenmalig
monstername direct bij zeef: gewicht en ds	-	-	naar behoefte	-
<b>Ingedikt slib</b>				
indamprest en gloeirest	-	-	2x/maand	-
debieten	-	-	dagelijks	draaiuren x vast debiet
ontwaterbaarheid = PM	-	-	PM	wordt mogelijk nader ingevuld lopende het onderzoek
wateraflaat slibopslag	-	-	n.v.t.	n.v.t.
overloop gravitaire indikker	-	-	PM	niet meetbaar
<b>Vastleggen bedrijfsvoeringsaspecten</b>				
spoelen	-	-	indien aan orde	-
storingen	-	-	indien aan orde	-
opbouw zeefgoed /afvoer zeefgoed	-	-	indien aan orde	-
energieverbruik	dagelijks	-	dagelijks	-

## BIJLAGE 2

# MODELLERING

Het doel van het onderzoek is om praktische ervaring op te doen met het slibzeven onder de hypothese dat dit een positief effect heeft op het actiefslibproces en de bedrijfsvoering. De hypothese is onderzocht op basis van de meetresultaten en met actiefslibmodellering. Deze bijlage beschrijft hoe het onderzoek is uitgevoerd en presenteert de resultaten en conclusies van modelberekeningen.

## 1. AANPAK VAN DE MODELLERING

Het praktijkonderzoek is op verschillende wijze ondersteund door modellering, ter voorbereiding van het experiment en achteraf om gegevens te analyseren en beter inzicht te verkrijgen in de effecten van het slibzeven op het zuiveringsproces en de biologie. Er is begonnen RWZI Ommen te modelleren in de uitgangssituatie (het referentiemodel) op basis van historische data uit Z-info. In een voorstudie is onderzocht onder welke operationele condities het slibzeven het best kan worden toegepast. Met de voorstudie is vastgesteld hoe het praktijkonderzoek uit te voeren en welke parameters te meten.

Op basis van de meetresultaten is een verbeterd model voor het slibzeven ontwikkeld. Met het verbeterde model zijn twee operationele toepassingsscenario's voor een hoog- en laag-belaste zuivering van 100.000 i.e. doorgerekend. Het scenario met het beste resultaat is uitgewerkt in een voorlopige businesscase. In het modelleringsonderzoek zijn de volgende stappen doorlopen:

- Ontwikkeling referentiemodel en controle van historische meetdata van RWZI Ommen.
- Verkenning van de werking van de zeefbocht in een quickscan modelstudie.
- Ontwerp en planning van het experiment op basis van de quickscan.
- Bepaling van de uit te voeren metingen op basis van de quickscan.
- Ontwikkeling van een verbeterd model voor het slibzeven op basis van de onderzoeksresultaten.
- Beoordeling van de meetresultaten aan de hand van modelberekeningen.
- Simulatie van een hoog- en normaal belaste zuivering van 100.000 IE.
- Theoretische onderbouwing van het slibzeven en effecten op het actiefslibproces.
- Toepassing van simulatieresultaten voor berekening van een businesscase voor het slibzeven.

## 2. DOEL VAN MODELLERING

Ter ondersteuning van het onderzoek zijn in totaal drie modellen ontwikkeld. Het doel van ieder model is hieronder omschreven.

### HET REFERENTIEMODEL

Het doel van het referentiemodel is om de uitgangssituatie van RWZI Ommen zonder slibzeef vast te leggen en na te gaan of de historische data uit Z-info geschikt zijn voor modellering. Het referentiemodel dient als uitgangspunt voor de modelleringsstudie.

### DE QUICKSCAN

Het doel van de quickscan is om voorafgaand aan de uitvoering van het onderzoek vast te stellen hoe het slibzeven in de praktijk het best kan worden toegepast. Er zijn twee operationele toepassingsscenario's vastgesteld waarvan er voor het praktijkonderzoek één is gekozen. Op basis van de quickscan is vastgesteld hoe het experiment wordt uitgevoerd en welke metingen en analyses zijn uitgevoerd.

### MODELLERING ACHTERAF; VERBETERD MODEL

Het doel van de modelering achteraf is om de onderzoeksresultaten te beoordelen en gemeten effecten te verklaren aan de hand van modelverwachtingen en een beter model te ontwikkelen voor het slibzeven. Met het verbeterde model is het effect van het slibzeven berekend op basis van twee generieke zuiveringen van 100.000 i.e.; een hoog belast systeem met een klein actiefslibvolume en een laag belast systeem met een groot actiefslibvolume. Het doel is om modelmatig inzichtelijk te maken of en hoe het slibzeven een positief effect heeft op het actiefslibproces en gegevens te produceren die bruikbaar zijn voor een voorlopige businesscase.

## 3. TOEPASSINGSSCENARIO'S VOOR HET SLIBZEVEN

Modelmatig zijn twee operationele toepassingsscenario's voor het slibzeven bestudeerd. Scenario 1 en 2 verwijzen naar modelberekeningen in de voorstudie, scenario's 1A, 1B, 2A en 2B verwijzen naar berekeningen met het verbeterde model voor het slibzeven. Navolgend worden deze scenario's uitgelegd.

#### 'Het actievere actiefslibproces' (Scenario 1, 1A en 1B):

Er worden vezels onttrokken uit het actiefslib waarbij het slibgehalte van het actiefslibproces constant wordt gehouden. Dit verloopt volgens Figuur 33. Het spuidebiet is verlaagd evenredig met de toename van de zeefgoedproductie. De totale hoeveelheid onttrokken slib blijft gelijk. Het verzelgehalte van het actiefslib neemt af en het gehalte actieve biomassa neemt toe. Dit zorgt voor een verlaging van de effectieve belasting van de actieve biomassa waardoor in theorie een 'actiever actiefslibproces' hoger kan worden belast bij gelijkblijvende effluentprestatie.

#### 'Verlagen van het slibgehalte bij gelijke prestatie' (Scenario 2, 2A en 2B):

Er wordt extra slib onttrokken uit de actiefslibtanks in de vorm van zeefgoed. Het slibgehalte neemt daardoor af volgens Figuur 34. Het spuidebiet wordt gelijk gehouden terwijl met de zeef meer slib uit het proces wordt onttrokken. De actiefslibconcentratie in de tanks neemt af en de totale hoeveelheid actieve biomassa blijft gelijk. De drogestofbelasting van de nabezinking neemt af doordat met een lagere slibconcentratie in de tanks wordt gewerkt bij een gelijkblijvende zuiveringsprestatie. De hypothese is dat onder deze omstandigheden de zuurstofvraag van het actiefslibproces omlaag gaat.

Voor varianten 1B en 2B is gerekend is met een langzame afbraak van vezels in actiefslib tot substraat en meer zuurstofverbruik. In het standaard ASAD-model zijn vezels inert en worden niet afgebroken. Deze modelaannname biedt een mogelijk mechanisme voor de hypothese dat het slibzeven in scenario 2 resulteert in een daling van het zuurstofverbruik.

#### 4. UITVOERING EN METHODES

##### Opzet van het praktijkonderzoek op RWZI Ommen voor de modellering

##### OPZET PRAKTIJKEXPERIMENT VOLGENS TOEPASSINGSSCENARIO 2

De experimentele opzet is bepaald aan de hand van de voorstudie met de quickscan modellering. Daaruit volgen twee toepassingsmogelijkheden. Omdat RWZI Ommen een laag belaste zuivering is, is het experiment uitgevoerd volgens toepassingsscenario 2. De hypothese is dat door het zeven van actiefslib het actiefslibproces bedreven kan worden met een lagere actiefslibconcentratie zonder verlies van effluentkwaliteit en dat daarbij de zuurstofvraag daalt.

##### DOEL VAN HET EXPERIMENT

Het doel van het experiment vanuit het oogpunt van modellering is:

1. Om technologische data te krijgen over de werking van de zeef.
2. Om het effect van het slibzeven te meten op het actiefslibproces.
3. Om het proces te modelleren op basis van meetgegevens.
4. Om een (betrouwbaar) rekenmodel te ontwikkelen voor slibzeven.
5. Om de onderzoekshypothese te testen dat het slibzeven een positief effect heeft op het actiefslibproces.

##### HET MEETPROGRAMMA

Uit modelberekeningen zijn meetparameters vastgesteld die gevoelig zijn voor het effect van het slibzeven en in de praktijk kunnen worden gemeten in actiefslib. In paragraaf 5 van deze bijlage zijn de metingen besproken die specifiek voor modellering van belang zijn. Andere informatie die voor het praktijkonderzoek is verzameld is elders in dit rapport beschreven. Het was onbekend hoe lang de overgang zou duren naar een stabiele operatie. Daarvoor zijn in de eerste maand de meeste metingen uitgevoerd - vooral steekmonsters - en daarna is de bemonstering doorgegaan met een lagere meetfrequentie. Om het effect van temperatuurveranderingen en verandering van de influentsamenstelling niet mee te laten wegen in de onderzoeksresultaten is de looptijd van het onderzoek gepland op twee maanden waarin de procesvoering niet is aangepast.

##### UITVOERING

Het onderzoek is uitgevoerd door het spuidebiet constant te houden en met de slibzeef zeefgoed uit het proces te onttrekken. Daarvoor is een stap op het zeefdebiet gezet van 0 naar 20 m<sup>3</sup>/h. Het spuidebiet is geschat op basis van een pompcurve en het aantal draaiuren per dag dat constant is gehouden gedurende de looptijd van het experiment. Het verloop van het experiment is gevolgd aan de hand van de drogestofconcentratie in de actiefslibtanks en verandering van de slibsamenstelling. Om een uitspraak te kunnen doen over het zuurstofverbruik is het energieverbruik van de zuivering gemonitord op basis van data uit het SCADA-meetsysteem. Het experiment is bemonsterd vanaf de uitgangssituatie tot en met de overgangperiode naar een stabiele werking met een zeefdebiet van 20 m<sup>3</sup>/h. Meting van de overgangperiode levert vooral nuttige data op voor ontwikkeling van een rekenmodel. Vooraf is de overgangperiode ingeschat op maximaal 2,5 maal de slibleeftijd (totaal 38 dagen). De totale duur van het onderzoek is zo kort mogelijk en maximaal drie maanden, om te voorkomen dat het verloop van de watertemperatuur en influentsamenstelling effect heeft op de meetresultaten. Ook neemt bij een langere looptijd de kans op procesverstoringen toe. Het doel is om gedurende de testperiode operationeel niets (zo min mogelijk) aan het proces te veranderen. Op basis van de meetresultaten is besloten de hydraulische doorzet van de zeef in een tweede stap te verhogen naar 80 m<sup>3</sup>/h. De meetresultaten van het onderzoek zijn elders in dit rapport beschreven.



### *Modelleringssoftware en rekenmodel*

De toegepaste modelleringssoftware is BioWin versie 5.3 met het ASAD 'plant-wide super-model' ([www.envirosim.com](http://www.envirosim.com)). Het ASAD-model bevat een actiefslibmodel (ASM), een model voor anaerobe vergisting (gesimplificeerd ADM) en verschillende (eenvoudige) modellen voor slib/water scheiding en indikking. Met deze software is de totale zuivering gemodelleerd inclusief de sliblijn. Alle invoerwaardes en berekeningen in dit onderzoek zijn op basis van gemiddelde waarden (steady state berekeningen). In de grafieken met modelresultaten (zie modelresultaten in dit hoofdstuk) representeert iedere stabiele operatie één meetpunt. Voor het referentiemodel is één simulatie uitgevoerd, voor de quickscan zijn twee reeksen van 13 simulaties uitgevoerd (scenario 1 en 2) en voor de scenarioanalyse met het verbeterde model vier reeksen van 9 simulaties (scenario's 1A, 1B, 2A en 2B). In totaal zijn in dit onderzoek 63 simulaties uitgevoerd. De data zijn verwerkt in een database (MS Power BI).

### *De ontwikkelde procesmodellen*

Er zijn in totaal zeven modellen doorgerekend, namelijk een referentiemodel van RWZI Ommen (zonder slibzeef), een referentiemodel van RWZI Ommen met een simpel model van de slibzeef (figuur 1) die zijn doorgerekend in twee varianten (scenario 1 en 2) en een verbeterd model voor het slibzeven (figuur 2) waarmee vier scenario's zijn doorgerekend op basis van een generieke zuivering met een belasting van 100.000 IE (scenario's 1A, 1B, 2A en 2B). Scenario 1A en 1B betreft een hoog belaste zuivering van 100.000 IE met een klein actiefslibvolume. Scenario 2A en 2B betreft een normaal belaste zuivering van 100.000 IE met een groter actiefslibvolume. Varianten A en B zijn berekeningen zonder (A) en met afbraak van vezels (B). Het verbeterde model geeft een mogelijk theoretisch mechanisme voor het effect van het slibzeven op de biologie. Variant B voegt daar een mogelijk mechanisme aan toe voor afbraak van vezels. Op basis van de meetresultaten en modelberekening van scenario 1B is een businesscase uitgewerkt.

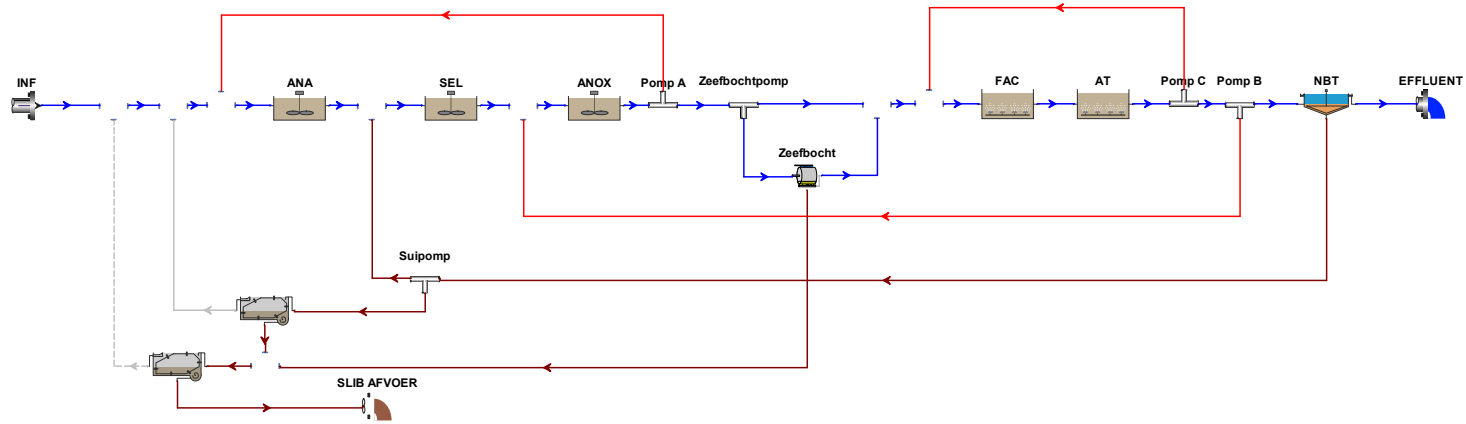
### *Methode vaststelling databetrouwbaarheid voor modellering*

Voor modellering moet data vrij zijn van grove/systematische fouten. Daarvoor is relationele datavalidatie toegepast. Meetdata (Z-info data uit 2016 en meetdata uit het onderzoek) zijn in het model gebracht waarbij de waterbalans, fosfaatbalans, droge stofbalans en CZV-balans gesloten moeten kunnen worden. Bij een marge groter is dan de standaarddeviatie zijn er waarschijnlijk grove/systematische fouten in de data. Die moeten worden verbeterd voordat de data geschikt is voor modellering. Daarvoor zijn controlemetingen toegevoegd aan het meetprogramma. Naast de directe meting van CZV, N en P in de in en uitgaande slibstromen, is het mogelijk uit de actiefslibsamenstelling (Tabel 4) balansen na te rekenen uit drogestofmetingen (TSS). Deze zijn vaak eenvoudiger te meten en kunnen daardoor vaker worden uitgevoerd of online worden gemeten.

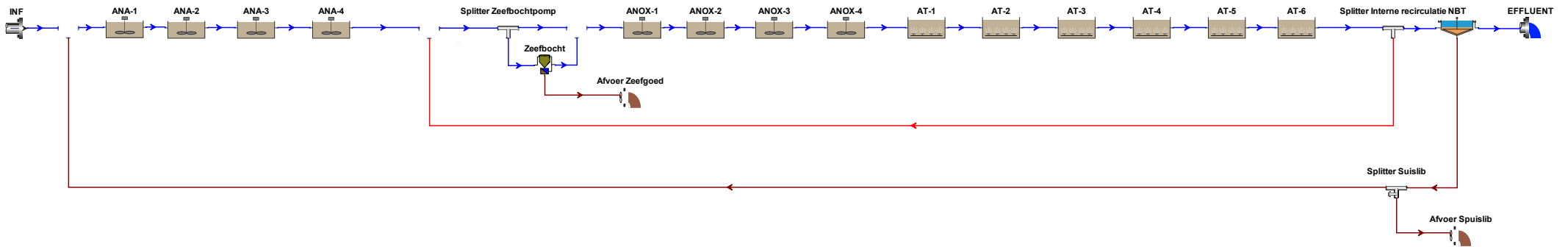
### *Kalibratiemethode model RWZI Ommen*

Modellering en (statische) kalibratie (referentie) is in drie stappen uitgevoerd. (1) Er is een procesmodel opgesteld op basis van de ontwerpgegevens en influentdata (figuur 1). (2) Data zijn gecontroleerd op grove/systematische fouten. (3) Het model is gefit op de historische Z-Info data uit 2016 en extra steekmonsters in het actiefslib en influent. Daarbij zijn in opeenvolgende orde de water-, P-, CZV, drogestof- (TSS) en N-balans in het model gefit. De modelstoichiometrie en kinetiek worden hierbij niet aangepast. De uitkomsten van dit model zijn getoetst aan de gemeten effluentkwaliteit. (4) Met één kinetische parameter voor de simultane nitrificatie/denitrificatie is de effluentstikstofconcentratie gefit. Zodoende beschrijft het model de lage effluent stikstofwaarden die in 2016 zijn gemeten. De statische kalibratie-

FIGUUR 1 REFERENTIEMODEL RWZI OMMEN INCLUSIEF EEN VEREENVOUDIGD MODEL VOOR HET SLIBZEVEN TOEGEPAST VOOR BEREKENING VAN DE UITGANGSSITUATIE EN SCENARIO'S 1 EN 2



FIGUUR 2 GENERIEKE ZUIVERING VAN 100.000 IE GEBRUIKT MET VERBETERD MODEL VOOR HET SLIBZEVEN TOEGEPAST VOOR BEREKENING VAN SCENARIO'S 1A, 1B, 2A EN 2B



methode is gevolgd volgens Meijer et al. (2004). Het verkregen referentiemodel is bruikbaar voor kwalitatieve analyse en om trends in het proces te voorspellen. In de voorstudie is het referentiemodel aangepast voor het slibzeven, door een vracht inert organisch materiaal uit de actiefslibtank te onttrekken. Het model is geëxtrapoleerd om het effect van de slibzeef voorafgaand aan het praktijkonderzoek te beoordelen (de quickscan).

#### *Schattingsmethodes voor de fractie vast inert organisch materiaal*

De slibbalans, die door toedoen van het slibzeven verandert, wordt vooral bepaald door de inerte vaste organische slibfractie ( $CZV_{XI}$  of XI). Er is aangenomen dat de inerte vaste fractie in actiefslib uit vezels bestaat en dat deze vezels voor circa 90% afkomstig zijn uit influent en voor 10% ontstaan in het actiefslibproces. Het eindproduct van de afbraak van biomassa wordt in het model aangeduid als endogeen residu. Er is aangenomen dat endogeen residu uit kleine vezeldeeltes bestaat die niet door een zeef worden afgevangen. Volgens deze redenering is het vangbare deel van het vezelmateriaal afkomstig uit het influent en daardoor bepaalt de influent-vracht de (maximale) zeefgoedopbrengst. Daarnaast hangt de vracht vangbare vezels af van de deeltjesgrootte en de poriediameter van de zeef. De vracht inert vast materiaal in het influent bepaalt of het slibzeven succesvol kan worden ingezet. Er zijn vier methodes voorgesteld om uit (indirecte) metingen de opbrengst van de slibzeef te schatten.

- Schattingsmethode 1: De hoeveelheid vezels (cellulose) is gemeten in het influent en in het actiefslib. In dit onderzoek is het totaal aan cellulosevezels in het influent en in het zeefgoed gemeten (relatieve standaarddeviatie orde grootte 10%). In het actiefslib is de reproduceerbaarheid van de meting lager (relatieve standaarddeviatie orde grootte 25%) en waarschijnlijk onderschat in de meetmethode. De vangbare vezelfractie in het influent kan ook met een handzeef worden bepaald. De poriediameter van de handzeef dient in dat geval representatief te zijn voor de zeefinstallatie.
- Schattingsmethode 2: De totale hoeveelheid vezels ( $CZV_{XI}$ ) in het influent is geschat op basis van  $CZV_X$  en  $BZV_5$  metingen in het influent. De biologisch afbreekbare fractie  $CZV_{XS}$  volgt uit extrapolatie van een BZV-model.  $CZV_{XI}$  is berekend uit het verschil tussen deze metingen. Deze schatting is volgens de standaardmethode voor influentkarakterisering (zie daarvoor paragraaf influentmetingen en tabel 1). Deze methode is afhankelijk van  $BZV_5$ -metingen in het influent en is daardoor minder betrouwbaar en wordt in combinatie met schattingsmethode 3 gebruikt.
- Schattingsmethode 3: De totale hoeveelheid vezels ( $CZV_{XI}$  in het influent) is geschat op basis van operationele RWZI-data en een model van de zuivering. Het model is gefit op de gemeten CZV-balans (slibproductie) door in het model de verhouding tussen vast inert en vast afbreekbaar materiaal in het influent aan te passen. De uitkomst is de schatting voor  $CZV_{XI}$  in het influent. Deze methode lijkt op schattingsmethode 2, met het verschil dat het zuiveringsmodel de plaats in van het BZV-model inneemt. Deze aanpak is betrouwbaar als de massabalansen binnen redelijke marge sluiten (afwijking kleiner dan 10-15%).
- Schattingsmethode 4: Deze schatting komt voort uit dit onderzoek en is op basis van meting (met een handzeef) van de totale influent (of actiefslib) CZV-fractie met een deeltjesgrootte groter dan de poriediameter van de zeef. De methode is niet exact omdat bij het zeven van influent ook een (klein) deel biologisch afbreekbaar materiaal afgevangen wordt. Het voordeel is dat CZV makkelijk kan worden gemeten in tegenstelling tot cellulose wat een ingewikkelde meting is. De meting kan daardoor vaker worden uitgevoerd. Voorafgaand aan het onderzoek was de methode nog niet bekend en er is één influentmeting gedaan met een handzeef om de methode te testen. Het resultaat voor het influent van RWZI Ommen is dat 37% van de totale CZV op een zeef met een

poriediameter van 0.4 mm achterblijft. Deze inschatting is toegepast in het verbeterde model voor de scenariostudie.

## 5. ONTWIKKELING VAN HET MEETPROGRAMMA VOOR HET PRAKTIJKONDERZOEK

### *Opzet meetprogramma*

Tijdens het onderzoek is de reguliere bemonstering van RWZI Ommen doorgegaan. Daarnaast zijn alle data verzameld om achteraf (een modelmatige) analyse van de resultaten uit te voeren (zie elders in deze rapportage). Ook zijn specifiek voor modellering data gemeten. Op basis van de quickscan is vastgesteld wat gevoelige meetparameters zijn in actiefslib waarmee het verloop van het praktijkonderzoek kan worden gevolgd. Er zijn controlemetingen uitgevoerd waarmee de betrouwbaarheid van de dataset en modelering is verbeterd (vooral de CZV-balans). Met het doel het model te kalibreren op de overgangperiode naar de stabiele operatie met de zeef in werking zijn in die periode extra monsters genomen. De extra metingen voor modellering zijn:

- Influent samenstelling op basis van: droge stof, asrest, opgeloste en vaste fracties  $BZV_5$ , CZV, N en P.
- Actiefslib gemeten in de AT: Slibfracties anorganische drogestof, organische drogestof, CZV, N en P.
- Het effluent: droge stof, TCZV, opgelost CZV<sub>MF</sub>,  $BZV_5$ , TP, TN, ammonium, nitraat en ortho-fosfaat.
- Zeefgoed en spuislib: anorganische drogestof, organische drogestof, TCZV, TN en TP.

### *Opzet van het experiment in relatie tot meetgevoeligheid*

Het doel van het onderzoek is om data te meten waarmee het mogelijk is een model te fitten, kalibreren en valideren. Het experiment is uitgevoerd door een stap op het proces te zetten en het zeefdebiet in te stellen van nul naar 20 m<sup>3</sup>/h en te meten hoe het proces (de slibbalans en actiefslibsamenstelling) verschuift naar een nieuwe stabiele toestand als gevolg van onttrekking van zeefgoed. Uit de quickscan is vastgesteld dat RWZI Ommen niet gevoelig is voor variaties van de slibleeftijd in relatie tot de effluentconcentratie. Effluent nitraat en ammonium zijn al laag omdat er voldoende biomassa, substraat, slibleeftijd en volume beschikbaar is voor omzetting van stikstof. Extra slibleeftijd door het slibzeven maakt geen verschil en effluentmetingen zijn zodoende ongevoelig en geven geen informatie over het verloop van het praktijkonderzoek. Uit de quickscan zijn ook andere gevoelige meetparameters vastgesteld waarmee het verloop van het onderzoek wel kan worden gevolgd, mits de de zeefgoedonttrekking groter is dan 15% van de totale slibproductie. Dit betreft de actiefslibsamenstelling en de slibbalans. In aanvang was het onbekend of een dergelijke zeefgoedonttrekking haalbaar zou zijn met een 0,5 mm zeef.

### *Meetcriteria*

Om betrouwbare metingen te krijgen op basis waarvan het verloop van het experiment kan worden beoordeeld moet het experiment voldoen aan de volgende meetcriteria; (1) de stap op het proces door het slibzeven moet groot genoeg zijn, (2) de meetparameters moeten gevoelig zijn voor de toegepaste procesverandering, (3) het meetverschil moet waargenomen kunnen worden boven de normale procesdynamiek en meetruis en (4) metingen moeten betrouwbaar zijn of vaker worden uitgevoerd om voldoende betrouwbaarheid te krijgen.

TABEL 1 METINGEN EN BEREKENDE INFLUENT WAARDES VOOR MODELLERING

Gemiddelde Influent Karakterisering					
Type meting	Afkorting	Omschrijving	Meting/berekening	Eenheid	Totaal gemiddeld
Q	Q <sub>INF</sub>	Debiet	MW	m <sup>3</sup> /d	2740,7
DS	TSS	Onopgelost bestanddeel OB	MW	mg/l	546,7
	VSS	Organisch deel OB	CALC	mg/l	485,2
	ISS	Anorganisch deel OB	CALC	mg/l	61,5
	VSS <sub>XI</sub>	Org. Vast inert (Xi)	CALC	mg/l	269,7
	VSS <sub>XS</sub>	Org. Vast biologisch afbreekbaar (Xs)	CALC	mg/l	215,4
CZV	CZV <sub>COL</sub>	Colloidaal	CALC	mg CZV/l	23,3
	CZV <sub>GF</sub>	Filtratie 1,2 µm	MW	mg CZV/l	386,7
	CZV <sub>MF</sub>	Filtratie 0,45 µm	MW	mg CZV/l	363,3
	CZV <sub>X</sub>	Vast	CALC	mg CZV/l	873,3
	CZV <sub>XI</sub>	Org. Vast inert	CALC	mg/l	327,2
	CZV <sub>XS</sub>	Org. Vast bio.	CALC	mg/l	546,1
	TCZV	Totaal CZV	MW	mg CZV/l	1260,0
N	TKN	N Kjeldahl	MW	mg N/l	92,3
	NH <sub>4</sub>	Ammonium	MW	mg N/l	52,3
	TKN <sub>X</sub>	Vast N	CALC	mg N/l	40,1
P	TP	Totaal P	MW	mg P/l	22,0
	PO <sub>4</sub>	Ortho P	MW	mg P/l	14,7
	TP <sub>X</sub>	Vast P	CALC	mg P/l	7,3
Fractie	CZV <sub>GF</sub> /TCZV	Opgelost + coll.	CALC	g/g	0,312
	CZV <sub>MF</sub> /TCZV	Opgelost	CALC	g/g	0,293
	CZV <sub>X</sub> /TCZV	Vast	CALC	g/g	0,688
	CZV <sub>X</sub> /TSS	Vast	CALC	g CZV/g ds	1,591
	CZV <sub>X</sub> /VSS	Vast	CALC	g CZV/g	1,792
	CZV <sub>XI</sub> /CZV <sub>X</sub>	Org. Vast inert	CALC	g/g	0,380
	CZV <sub>XI</sub> /VSS <sub>XI</sub>	Org. Vast inert	(1)	g CZV/g	1,213
	CZV <sub>XS</sub> /VSS <sub>XS</sub>	Org. Vast bio.	CALC	g CZV/g	2,517
	ISS/TSS	Anorganisch deel OB	(1)	g/g	0,113
	TKN <sub>X</sub> /CZV <sub>X</sub>	Vast N	CALC	g N/g CZV	0,045
	TP <sub>X</sub> /CZV <sub>X</sub>	Vast P	CALC	g P/g CZV	0,008
	VSS/TSS	Organisch deel OB	CALC	g /g	0,888
	VSS <sub>XI</sub> /VSS	Org. Vast inert (Xi)	(1)	g /g	0,556

MW: Meetwaarde, CALC: Berekenende waarde,

(1) Uit cellulosemeting

*Influentmetingen*

Voor de modelinvoer is een influentkarakterisering berekend op basis van drie bemonsteringsdagen voorafgaand aan het praktijkonderzoek. Het gemiddelde resultaat is weergegeven in tabel 1. De meetresultaten zijn omgerekend naar een modelinvoer volgens de BioWin-methode (bijlage influent fractieberekeningen). De inerte vaste CZV-vracht (vezels) in het influent is een onbekende parameter en is in de tabel berekend op basis van influent BZV-metingen en een BZV-model.

TABEL 2 GEMETEN EN BEREKENDE WAARDES VOOR DE GEMIDDELDE ACTIEFSLIBSAMENSTELLING

Gemiddelde Actiefslib Samenstelling					
Type meting	Afkorting	Omschrijving	Meting / berekening	Eenheid	Totaal gemiddeld
DS	TSS	Onopgelost Bestanddeel OB (filtratie)	MW	g/l	5,16
				mg/l	5164,4
	VSS	Organisch deel DS	CALC	mg/l	4280,7
				g VSS/g TSS	0,824
	ISS	Anorg. Deel van ob (gloeirest)	CALC	mg/l	884
				MW	17,6
				g ISS/g TSS	0,18
	VSS <sub>XI</sub>	Org. Inert deel (vezels)	(1)	mg/l	1024
	VSS <sub>XS</sub>	Org. Afbreekbaar deel (biomassa)	(1)	mg/l	3257
CZV	CZV <sub>X</sub>	CZV fractie van slib (g/kg ds)	CALC	mg CZV/l	5999
				mg CZV/l	1326
				mg CZV/l	4673
N	TKN <sub>X</sub>	N-fractie slib (g/kg ds)	CALC	mg N/l	417,7
				mg P/l	142,4
P	TP <sub>X</sub>	P-fractie slib (g/kg ds)	CALC	mg P/l	142,4
Fractie	CZV <sub>X</sub> /TSS	CZV fractie van slib (g/kg ds)	MW	g CZVX/g TSS	1,152
				mg CZV/g TSS	1151,7
	CZV <sub>X</sub> /VSS	Totale CZV slib fractie	CALC	g CZVX/g VSS	1,398
	CZV <sub>XI</sub> /VSS	Vezels CZV slib fractie	CALC	g CZVXI/g VSS <sub>XI</sub>	1,295
	CZV <sub>XS</sub> /VSS	Biomassa CZV slib fractie	CALC	g CZVXS/g VSS <sub>XS</sub>	1,430
	TKN <sub>X</sub> /CZV <sub>X</sub>	N-fractie slib (g/kg ds)	CALC	g N/g CZV	0,069
	TKN <sub>X</sub> /CZV <sub>XI</sub>	N-fractie slib (g/kg ds)	CALC	g N/g CZV	0,089
	TKN <sub>X</sub> /TSS	N-fractie slib (g/kg ds)	MW	g N/g TSS	0,080
				mg N/g TSS	79,8
	TKN <sub>X</sub> /VSS	N-fractie slib (g/kg ds)	CALC	g N/g VSS	0,097
	TP <sub>X</sub> /CZV <sub>X</sub>	P-fractie slib (g/kg ds)	CALC	g P/g CZV	0,025
	TP <sub>X</sub> /TSS	P-fractie slib (g/kg ds)	CALC	g P/g TSS	0,028
				mg P/g TSS	28,4
	TP <sub>X</sub> /VSS	P-fractie slib (g/kg ds)	CALC	g P/g VSS	0,035

MW: Meetwaarde, CALC: Berekenende waarde,

1): Uit cellulosemeting

*Meting van de actiefslibsamenstelling*

Als gevolg van het slibzeven verandert de slibbalans. Om deze veranderingen vast te kunnen stellen, zijn metingen gedaan in het spuislib, het zeefgoed en het actiefslib in de aeratietank. De quickscan laat zien dat zowel in scenario 1 als scenario 2 veranderingen in de actiefslibsamenstelling plaatsvinden die in de praktijk kunnen worden gemeten om het procesverloop te volgen. De modelberekeningen geven aan dat de ISS/TSS-verhouding en de N/CZV-verhouding, en in mindere mate de CZV/VSS-verhouding de meest gevoelige metingen zijn (TSS is total suspended solids, ISS is inorganic suspended solids en VSS is volatile suspended solids). Het mechanisme achter de verandering van de slibsamenstelling is verderop verklaard. De veranderingen in het slib zijn relatief klein, maar in het algemeen goed meetbaar, doordat de concentratie en samenstelling van het actiefslib traag (over een periode van dagen) verandert. De actiefslibsamenstelling is daarnaast bruikbaar als controle op de dataset, om uit het drogestofgehalte in afgeleide slibstromen de samenstelling te berekenen. De actiefslibsamenstelling is vooral tijdens de overgangperiode gemonitord om later op die curves het model op te kunnen kalibreren. De eerder besproken industriële pieklozingen die tijdens de opstartperiode hebben plaatsgevonden hebben behalve het influentbeeld ook de samenstel-

ling van het actiefslib verstoord. Gedurende een aantal weken was de slibproductie van RWZI Ommen meer dan dubbel de normale hoeveelheid. De data was daardoor niet bruikbaar voor modelkalibratie. Een overzicht van de gemiddelde samenstelling is weergegeven in tabel 2. In de tabel is weergegeven wat directe metingen zijn en welke fracties uit de metingen zijn berekend. Om de fracties met nauwkeurigheid te kunnen bepalen, is het belangrijk dat de juiste meetmethode wordt toegepast en dat alle parameters uit hetzelfde homogene slibmonster worden bepaald.

## 6. RESULTATEN VAN DE QUIC-SCAN

### *Resultaten quickscan scenario 1 en 2*

Met het referentiemodel is voorafgaand aan het praktijkonderzoek een quic-scan uitgevoerd om het effect van het slibzeven in te schatten. Omdat voorafgaand aan het experiment geen informatie beschikbaar was over de werking van de slibzeef, is het effect gemodelleerd door in oplopende stappen een vast volume inert organisch materiaal ( $CZV_{XI}$ ) uit het actiefslib te verwijderen. Iedere stap is gesimuleerd in steady state. Het onttrokken volume staat model voor het zeefdebiet. De vracht zeefgoed onttrokken in scenario 1 is gevarieerd van 0 tot 22% ten opzichte van de vracht spuislib. Dit komt overeen met een oplopend zeefgoedgewicht van 0 tot 240 kgTSS/d. De vracht zeefgoed onttrokken in scenario 2 is gevarieerd van 0 tot 19% ten opzichte van de vracht spuislib. Dit komt overeen met een oplopend zeefgoedgewicht van 0 tot 202 kgTSS/d. De maximale vracht in scenario 2 is lager doordat de actiefslibconcentratie in de tanks terugloopt naarmate er meer zeefgoed wordt gevangen. Doelstelling van scenario 1 is het vergroten van de belasting van de zuivering bij gelijkblijvende slibconcentratie. Doelstelling van scenario 2 is het verlagen van het drogestofgehalte in de tanks bij een gelijkblijvende biologische omzettingcapaciteit. Het hypothetische zuurstofverbruik van scenario 2 kan niet met het standaard ASAD-model worden gesimuleerd. Daarvoor is het model aangepast naar het verbeterde model voor het slibzeven verderop in dit hoofdstuk beschreven. De resultaten en figuren van de modellering volgens de quickscan zijn opgenomen in de hoofdttekst, omdat deze zijn gebruikt voor de opzet van het praktijkonderzoek.

## 7. RESULTATEN SIMULATIE MET HET VERBETERDE MODEL SCENARIO'S 1A, 1B, 2A EN 2B

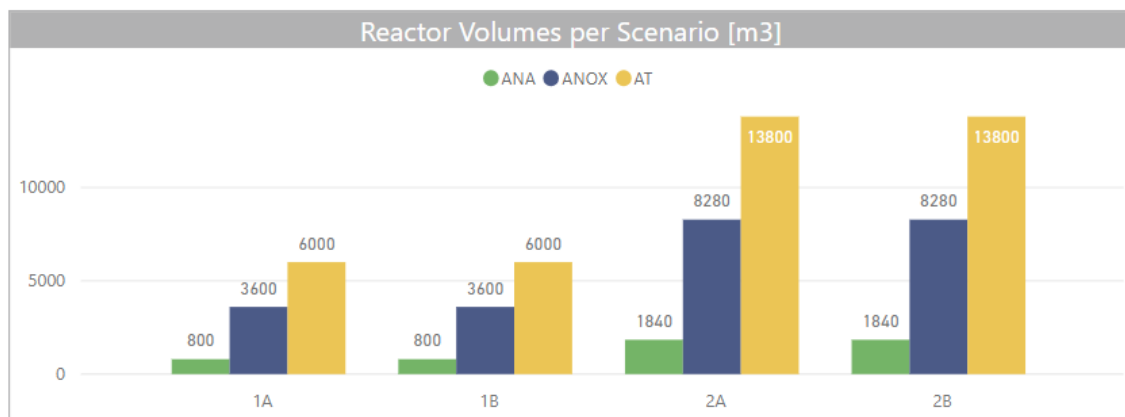
De werking van de slibzeef is beoordeeld op de volgende vier operationeel aspecten:

- effluentconcentratie;
- benodigd zeefdebiet en zeefgoedproductie;
- spuislibproductie;
- zuurstofverbruik.

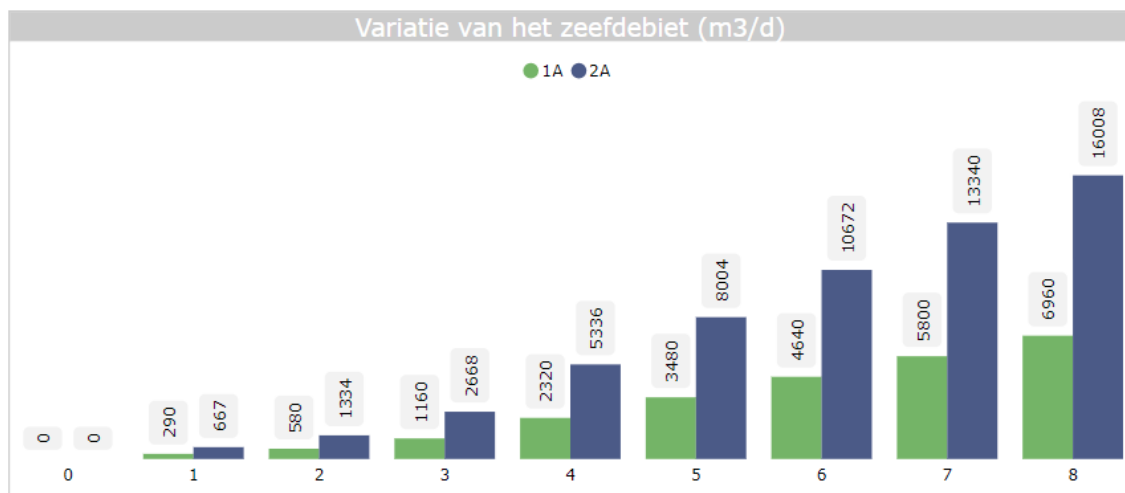
### *Uitvoeringsmethode scenariostudie 1A, 1B, 2A en 2B*

De scenariostudie met het verbeterde model is aangepakt volgens de twee uitvoeringsscenario's. De berekening is uitgevoerd op basis van twee hypothetische zuiveringen van 100.000 IE; Een hoog/overbelast actiefslibproces volgens Scenario 1 en een normaal belast actiefslibproces volgens Scenario 2. Het verschil is het gemodelleerde actiefslibvolume, wat in scenario 1 krap is en in scenario 2 ruim voldoende voor 100.000 IE (figuur 3). Variant A is het verbeterde model met afbraak van vezels naar substraat en variant B zonder afbraak. In het model is met een kleinere poriediameter gewerkt (aangenomen van 0,4 mm) wat in theorie meer zeefgoed oplevert dan in het praktijkonderzoek mogelijk is gebleken. Per scenario zijn 9 steady state simulaties uitgevoerd (run 0 t/m 8) met een toenemend zeefdebiet (figuur 4). In scenario 1 is gestuurd op een gelijkblijvende actiefslibconcentratie bij toename van de zeefgoedproductie. In scenario 2 is het spuidebiet constant en de afname van actiefslib het gevolg van extra slibonttrekking via de zeef.

FIGUUR 3 REACTORVOLUMES TOEGEPAST VOOR BEREKENING VAN SCENARIO'S 1A, 1B, 2A EN 2B. DE VOLUMES ZIJN DE TOTALEN BEHOOREND BIJ HET PROCES WEERGEGEVEN IN FIGUUR 2



FIGUUR 4 TOEGEPASTE ZEEFDEBIET VOOR SCENARIOBEREKENINGEN 1 EN 2 (VARIANTEN A EN B ZIJN GELIJK). HET ZEEFDEBIET VOOR SCENARIO 2A EN B IS AANZIENLIJK HOGER DOORDAT ER EEN GROTER ACTIEFSLIBVOLUME IS MET EEN TERUGLOPENDE ACTIEFSLIBCONCENTRATIE. OM EEN VERGELIJKBARE ZEEFGOEDOPBRENGST TE KRIJGEN MOET ER IN SCENARIO 2 MEER SLIB WORDEN GEZEEFD



De modelresultaten zijn niet gevalideerd op basis van praktijkmetingen. Voor de ontwikkeling van het model zijn aannames gedaan op basis van het standaard actiefslibmodel. De uitgangspunten voor deze hypothese zijn omschreven in paragraaf 8. Absolute uitkomsten van de modeluitkomsten zijn daarom indicatief. De modelresultaten zijn vooral bedoeld om inzicht te verkrijgen in de verwachte trends en verschillen tussen de toepassingsscenario's. De modeluitkomsten zijn vergeleken op basis van de onderstaande acht operationele prestatie indicatoren:

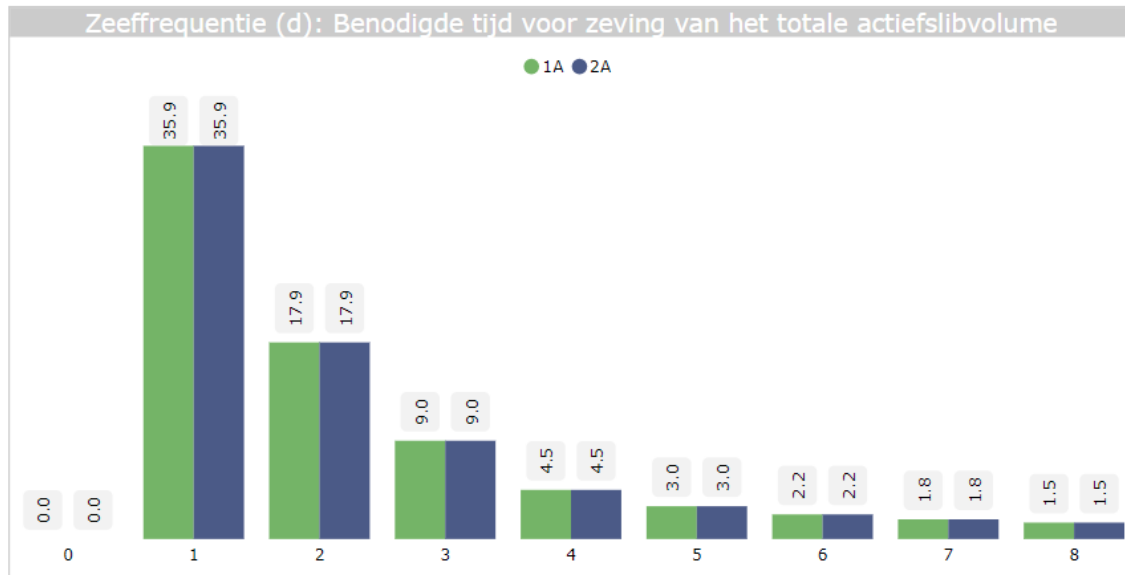
- de hydraulische belasting van de zeef (m<sup>3</sup>/d);
- de zeefgoedopbrengst (kgCZV/d);
- de effluent ammoniumconcentratie (mgN/L);
- de zuurstofopname van het actiefslibproces (kgO<sub>2</sub>/d);
- het drogestof in de actiefslibtanks (mgTSS/L);
- de spuislproductie (kgTSS/d);
- de aerobe slibleeftijd van nitrificerende biomassa (SRT, d);
- de hoeveelheid nitrificerende biomassa (AOB's, mgCZV/L.)

Voor de vier scenario's 1A tot en met 2B, zijn de trends weergegeven in figuren 6, 7, 8 en 9. De belangrijkste ontwerpparameter voor de slibzeef is de zeefrequentie (figuur 5). Dit is



de tijd waarin het volledige actiefslibvolume kan worden gezeefd en is een functie van het zeefdebiet (figuur 4). Voor alle scenario's zijn de berekende stappen in het zeefdebiet gelijk. Simulatienummer 0 is de uitgangssituatie zonder zeef. Simulatienummer (run) 1 een laag zeefdebiet en simulatie 8 het hoogste zeefdebiet.

FIGUUR 5 TOEGEPASTE ZEEFFREQUENTIE VOOR SCENARIOBEREKENINGEN 1 EN 2 (VARIANTEN A EN B ZIJN GELIJK). BIJ TOENEMENDE ZEEFFREQUENTIE (AANTAL DAGEN NODIG OM INHOUD TE ZEVEN) NEEMT HET ZEEFDEBIET STERK TOE



#### Resultaten verbeterde model voor het slibzeven scenario's 1A t/m 2B

De influent vracht en samenstelling is voor alle scenario's gelijkgesteld op 100.000 i.e. à 150 g TZV (1A, 1B, 2A en 2B). Alle scenarioberoeelingen gaan dus uit van een identieke influent vracht vangbare vezels groter dan 0,4 mm (mede op basis van de schudzeefproeven, zie hoofdstuk 4). Scenario's 1 en 2 tonen het verschil tussen het slibzeven toegepast op een hoog/overbelaste zuivering (Scenario 1A en 1B) en een laag-belaste zuivering (Scenario 2A en 2B). Afbraak van vezels is gesimuleerd in variant B. De scenario's zijn beoordeeld op de vier eerdergenoemde operationele aspecten hieronder verder gespecificeerd;

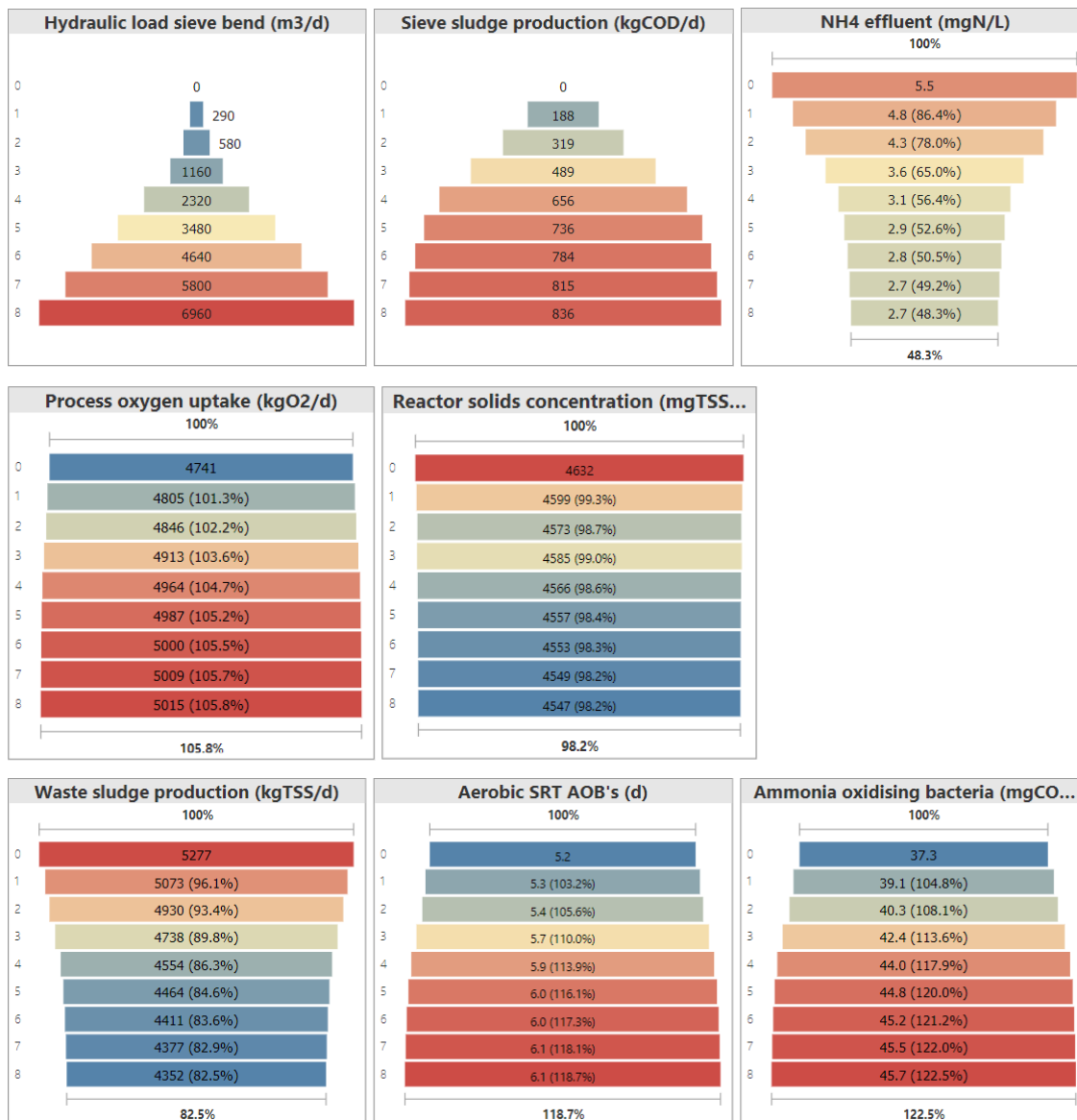
#### EFFLUENTCONCENTRATIE

Bij een overbelaste zuivering kan door het verwijderen van vezels de relatieve aerobe slibleef tijd worden verbeterd (figuur 6 en 7) wat een positief effect heeft op de nitrificatiecapaciteit. Hoe groot dit effect is, is afhankelijk van de hoeveelheid afvangbare vezels in het influent (in het model de fractie  $X_1$  groter dan 0,4 mm), de toegepaste zeef en het zeefdebiet. Toepassing onder scenario 1A en B heeft het meest effect de effluent ammoniumconcentratie verwacht onder winter omstandigheden, als de nitrificatie capaciteit op zijn laagst is. Bij een normaal belast systeem (Scenario 2A en B) tonen de simulatieberekeningen geen effect op de effluentconcentratie.

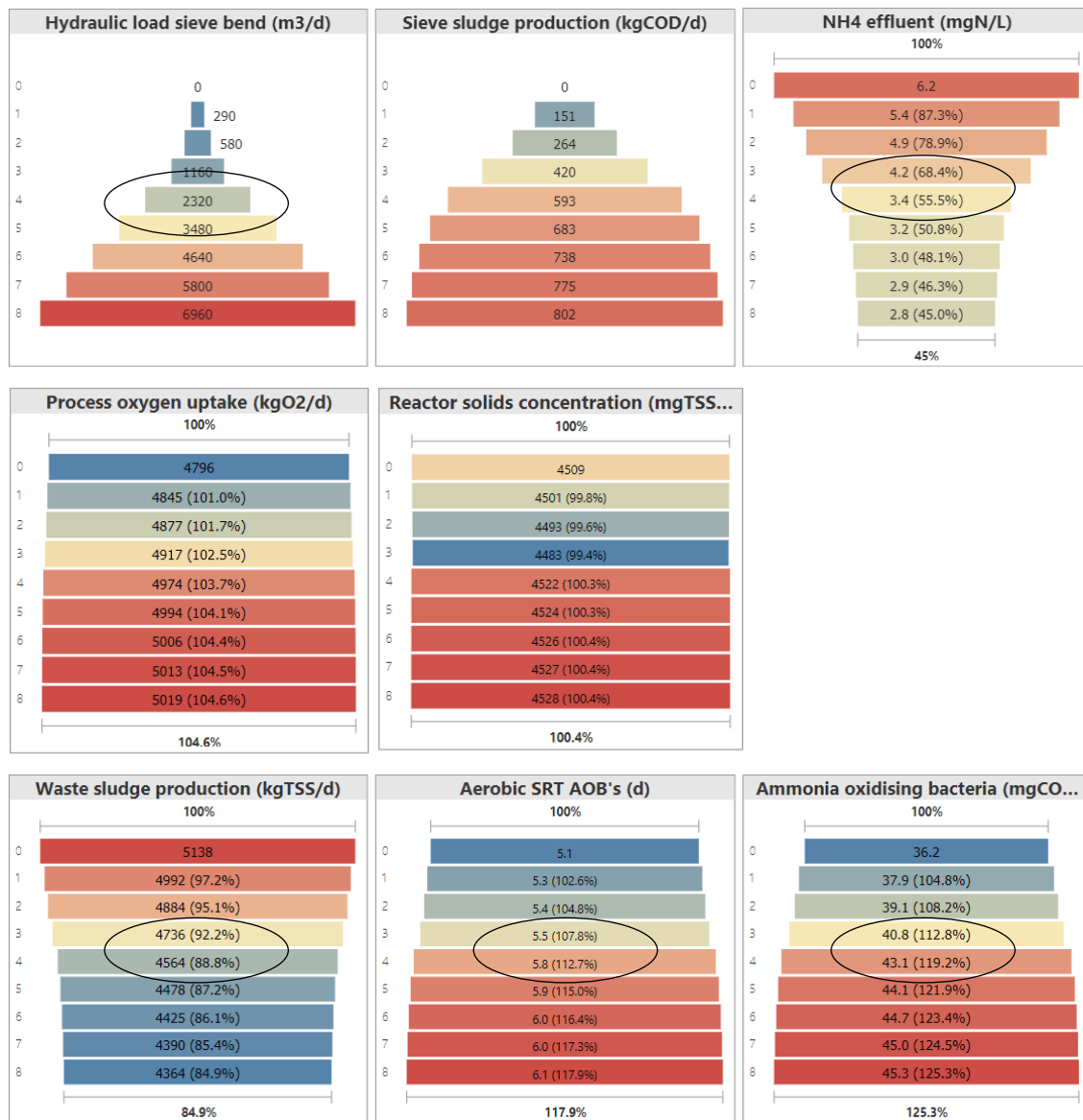
#### BENODIGD ZEEFDEBIET EN ZEEFGOEDPRODUCTIE

Het benodigde zeefdebiet is lager bij het hoog belaste systeem. Dit is het gevolg van het kleinere actiefslibvolume (figuur 3). Een slibzeef moet eens in de ongeveer 3-5 dagen het totale actiefslibvolume (figuur 4) zeven om richting 10-15% zeefgoed te verwijderen. Deze ontwerpparameter is uitgedrukt als de zeeffrequentie (figuur 5).

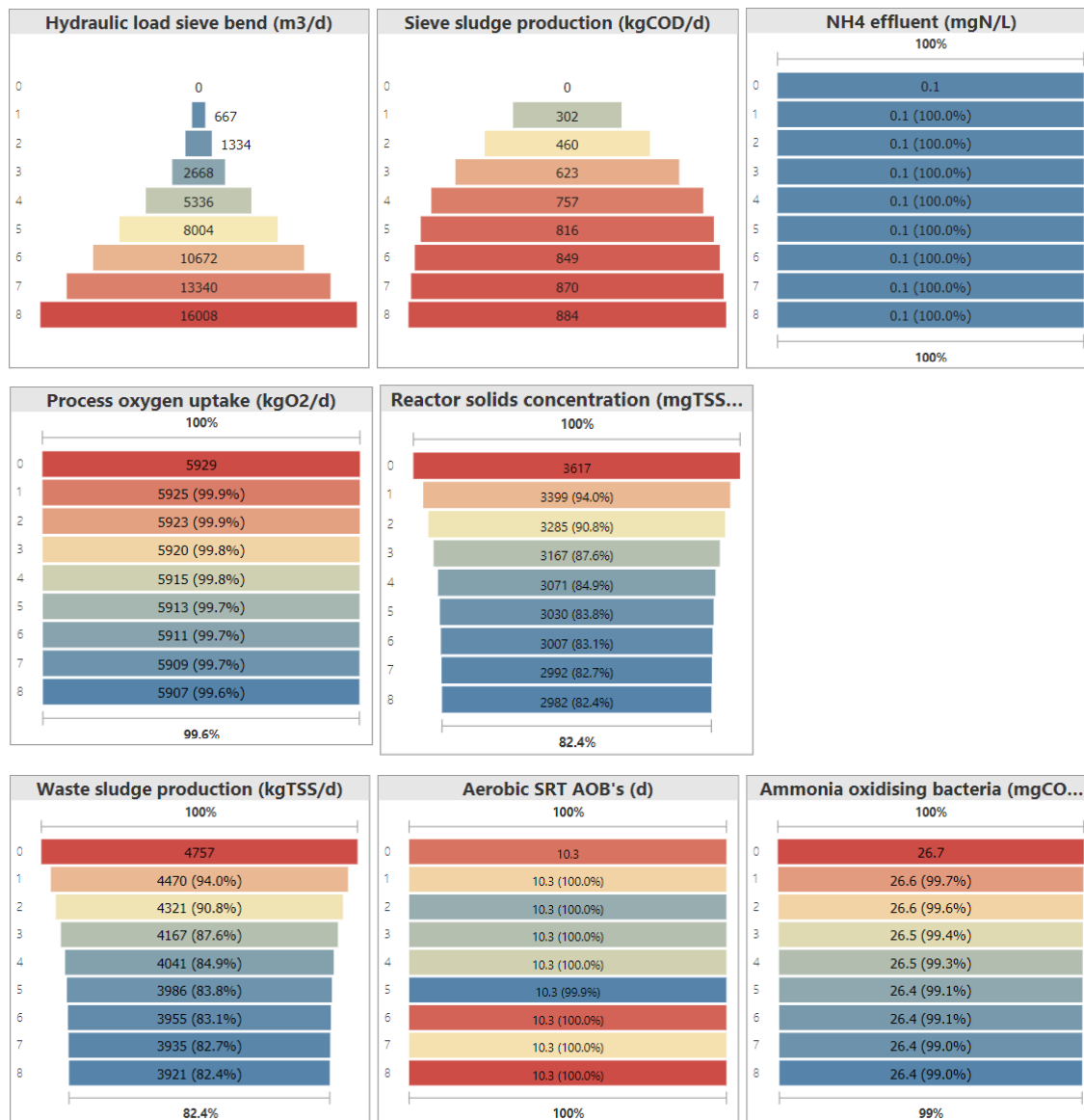
**FIGUUR 6** SCENARIO 1A: PRESTATIE INDICATOREN HOOG BELASTE ZUIVERING MET SLIBZEEF EN VEZELONTREKING ZONDER VEZELAFBRAAK GESIMULEERD IN 8 STAPPEN. VERBETERING VAN NITRIFICATIE, TOENAME ZUURSTOFVERBRUIK, ACTIEFSLIBCONCENTRATIE BLIJFT VRIJWEL GELIJK, VERMINDERING SPUISLIB EN TOENAME NITRIFICERENDE BIOMASSA EN SPECIEFIEKE SRT



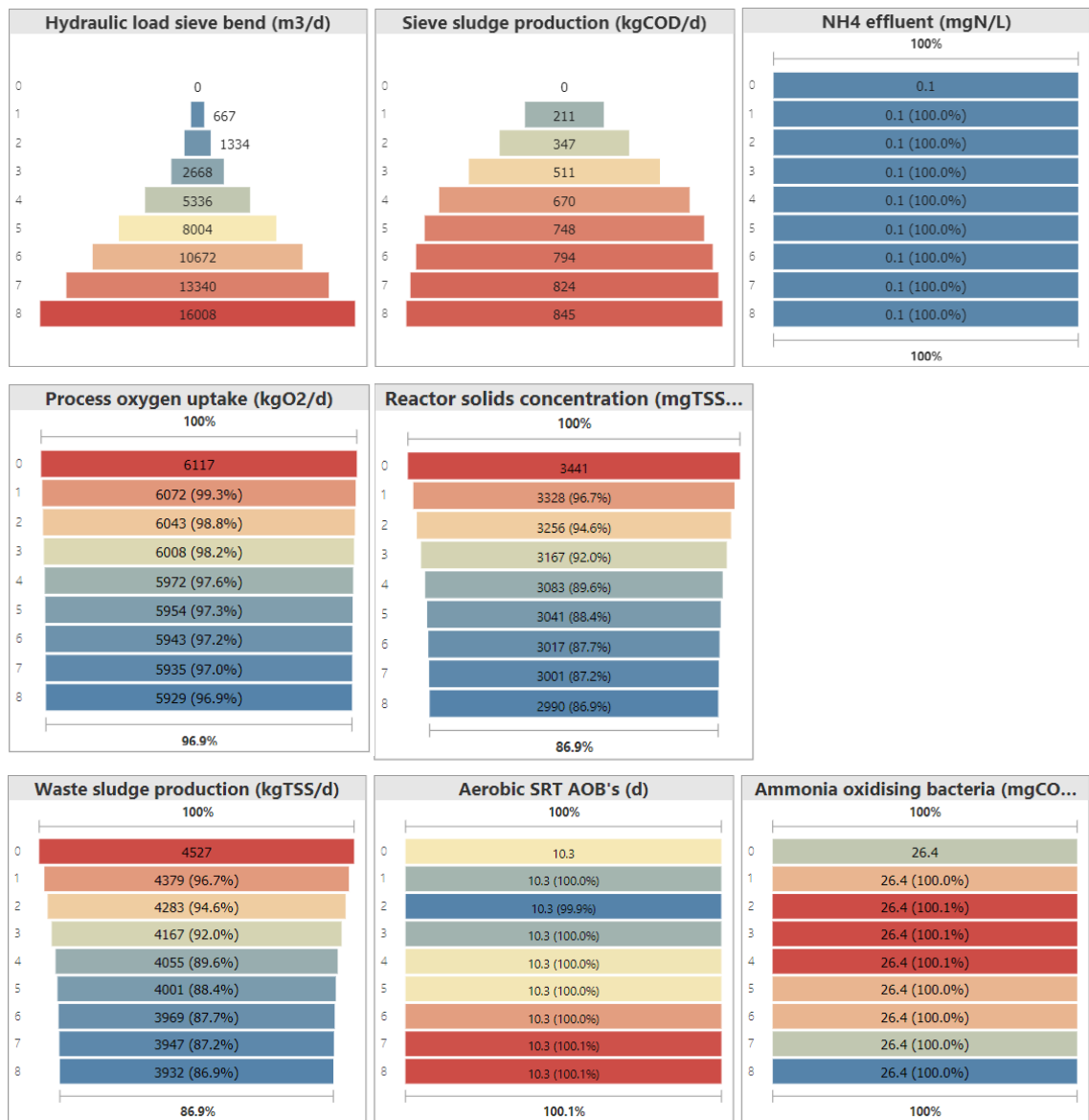
**FIGUUR 7** SCENARIO 1B: PRESTATIE INDICATOREN HOOG BELASTE ZUIVERING MET SLIBZEEF EN VEZELONTREKKING MET VEZELAFBRAAK GESIMULEERD IN 8 STAPPEN. VERBETERING VAN NITRIFICATIE, TOENAME ZUURSTOFVERBRUIK, ACTIEFSLIBCONCENTRATIE BLIJFT VRIJWEL GELIJK, VERMINDERING SPUISSLIB EN TOENAME NITRIFICERENDE BIOMASSA EN SPECIFIEKE SRT



**FIGUUR 8** SCENARIO 2A: PRESTATIE INDICATOREN NORMAAL BELASTE ZUIVERING MET SLIBZEEF EN VEZELONTREKING ZONDER VEZELAFBRAAK GESIMULEERD IN 8 STAPPEN. EFFLUENT AMMONIUM, NITRIFICERENDE BIOMASSA EN RELATIEVE SLIBLEEFTIJD BLIJFT GELIJK, ZUURSTOFVERBRUIK BLIJFT GELIJK, ACTIEFSLIBCONCENTRATIE EN SPUISLIB NEEMT AF



**FIGUUR 9** SCENARIO 2B: PRESTATIE INDICATOREN NORMAAL BELASTE ZUIVERING MET SLIBZEEF EN VEZELONTREKING MET VEZELAFBRAAK GESIMULEERD IN 8 STAPPEN. EFFLUENT AMMONIUM, NITRIFICERENDE BIOMASSA EN RELatieve SLIBLEEF TIJD BLIJFT GELIJK, ZUURSTOFVERBRUIK NEEMT LICHT AF, ACTIEFSLIBCONCENTRATIE EN SPUISLIB NEEMT AF



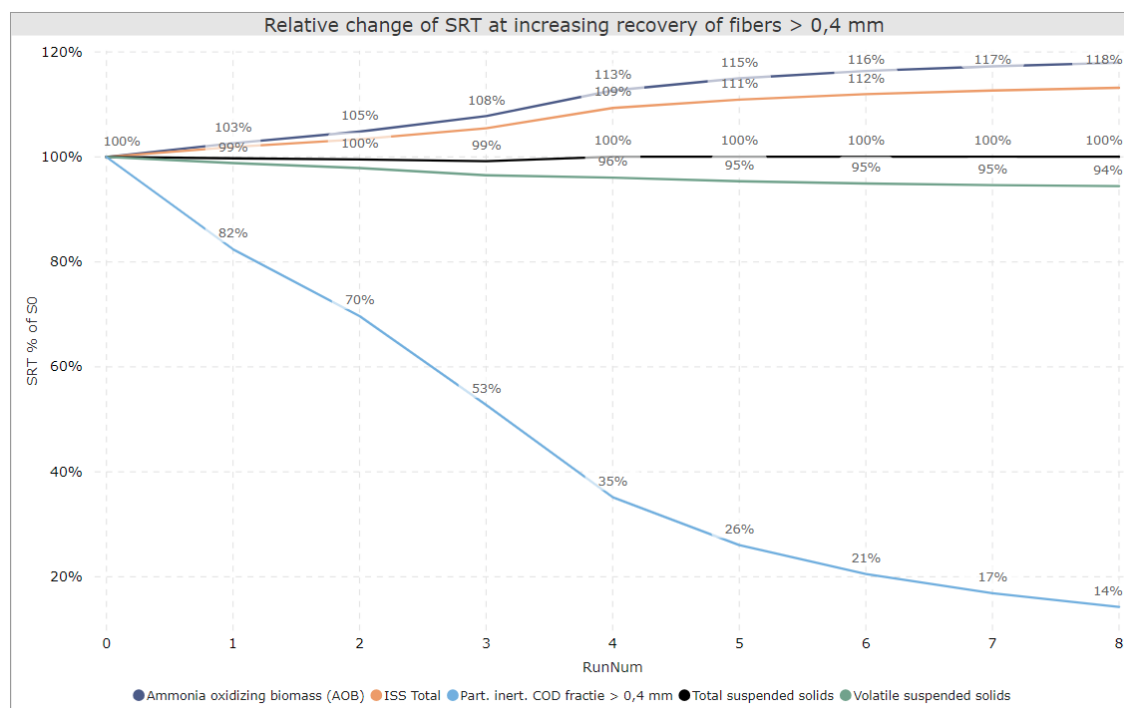
### PROCESBEOORDELING: SPUISLIBPRODUCTIE

In beide scenario's neemt de spuislibproductie af met een toename van zeefgoed. In scenario 1 is de spuislibreductie groter doordat de relatieve slibleeftijd en endogene slibafbraak toeneemt. In scenario 2 blijft de endogene afbraak gelijk doordat de actiefslibconcentratie afneemt. De verlaging van de spuislibproductie is geheel toe te schrijven aan de zeefgoedproductie. Hoe de relatieve slibleeftijd verandert als gevolg van onttrekking van vezels is weergegeven in de onderstaande figuren (figuren 10 en 11).

### PROCESBEOORDELING: ZUURSTOFVERBRUIK

Er is een verschil in het zuurstofverbruik tussen scenario 1 en 2 en tussen variant A en B. Modelleren van de afbraak van vezels (variant B) zorgt voor minder actiefslib en meer zuurstofverbruik in de referentiesituatie (run 0). De berekende verschillen tussen varianten A en B zijn klein als gevolg van hoe de afbraak is gemodelleerd en welke afbraaksnelheid is aangenomen. Het zuurstofverbruik in scenario 1 wordt hoger bij meer zeefgoedproductie. De relatieve slibleeftijd van de biomassa neemt toe samen met de endogene ademhaling en aerobe omzetting van CZV en Ammonium. Het positieve effect van het slibzeven is dat de effluent ammoniumconcentratie daalt in scenario 1. In Scenario 2 blijft het zuurstofverbruik nagenoeg gelijk in variant A en neemt af met ca. 3% in variant B, onder de aanname dat vezels afbreken tot substraat. In beide varianten (scenario 2A en 2B) heeft het slibzeven geen effect op het effluent.

**FIGUUR 10** SCENARIO 1B: VERANDERING VAN DE RELATIEVE (AEROBE) SLIBLEEF TIJD ALS GEVOLG VAN ONTTREKKING VAN VEZELS UIT ACTIEFSLIB. DE HOEVEELHEID ACTIEFSLIB IN DE TANKS BLIJFT GELIJK BIJ EEN TOENEMENDE ONTTREKKING VAN VEZELS EN DE ACTIEVE BIOMASSA IN HET SYSTEEM NEEMT DAARDOOR TOE. HET VERSCHIL TUSSEN VARIANTEN 1A EN B HEeft EEN KLEIN EFFECT OP DE RELATIEVE SLIBLEEF TIJD

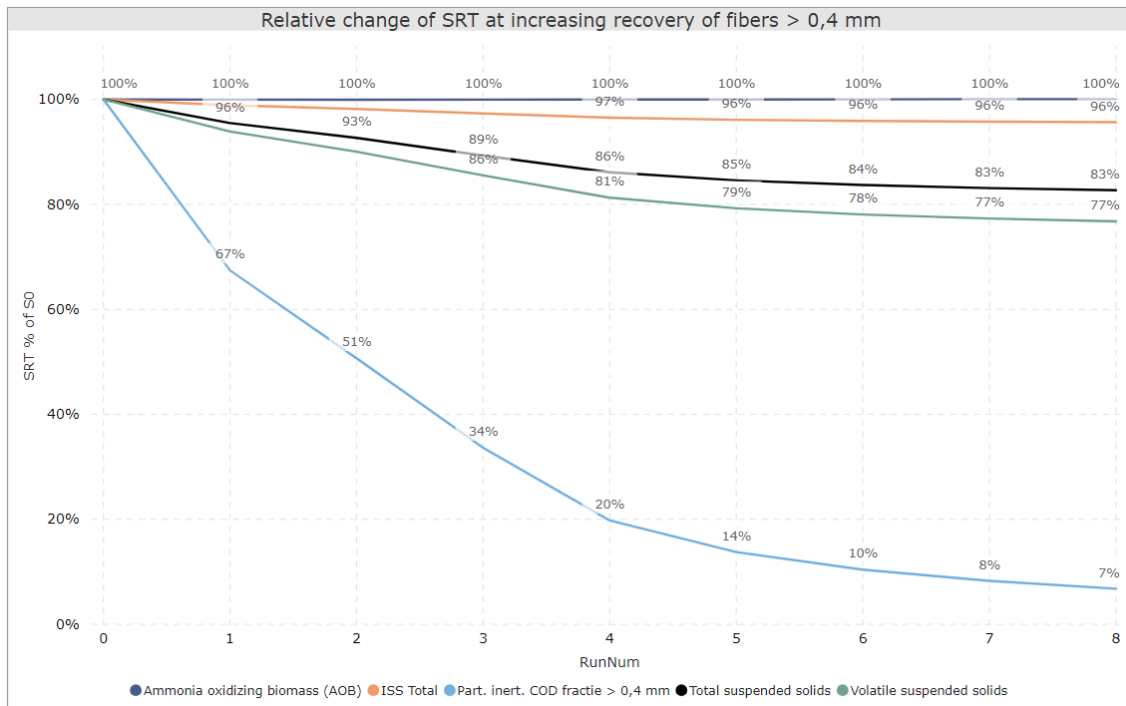


#### Duiding van het verloop van TSS, VSS en ISS

Het verloop van ISS, VSS en TSS is een opgeteld effect van veranderingen die plaatsvinden in het slib als gevolg van het slibzeven. TSS is de som van ISS en VSS. VSS is een optelling van het gewicht van actieve biomassa, grote en kleine vezels. ISS is de gloeirest van de drogestof en is een optelling van anorganisch inert materiaal afkomstig uit het influent (influent ISS)

en mineralen opgeslagen in actieve biomassa (ISS-cellular). Grote vezels zijn gemodelleerd met dezelfde stoichiometrie als biomassa en de gloeirest is geschat op 8%. Verwijdering van vezels heeft daardoor zowel effect op de gloeirest als op VSS in het slib. Grote vezels zijn als een aparte slibfractie gemodelleerd is de vezels hebben een eigen CZV/VSS-verhouding. Het slibzeven beïnvloedt daardoor de CZV/VSS-verhouding in actiefslib waardoor in tegenstelling tot de quickscan in het verbeterde model wel verschuiving van de CZV/VSS-verhouding zichtbaar is.

**FIGUUR 11** SCENARIO 2B: VERANDERING VAN DE RELATIEVE (AEROBE) SLIBLEEF TIJD ALS GEVOLG VAN ONTTREKKING VAN VEZELS UIT ACTIEFSLIB. DE HOEVEELHEID ACTIEFSLIB IN DE TANKS NEEMT AF ALS GEVOLG VAN EEN TOENEMENDE ONTTREKKING VAN VEZELS ZONDER DAT DIT EFFECT HEEFT OP DE ACTIEVE BIOMASSA. HET VERSCHIL TUSSEN VARIANTEN 2A EN B HEEFT EEN KLEIN EFFECT OP DE RELATIEVE SLIBLEEF TIJD



#### *Effect van het slibzeven op de relatieve slibleeftijd*

Beide scenario's maken gebruik van een verhoging van de relatieve slibleeftijd van actieve biomassa die omhoog kan (figuur 10) of gelijk kan blijven bij verlaging van de drogestof in de tanks (figuur 11) doordat er vezels worden onttrokken. Figuur 10 toont het verloop van de relatieve slibleeftijd in scenario 1B. Door het slibzeven en verlaging van het spuislibdebiet, stijgt de relatieve slibleeftijd van actieve biomassa; Er is meer groei van biomassa, de endogene ademhaling neemt toe, aerobe omzetting neemt toe, het zuurstofverbruik stijgt en de effluentconcentratie daalt. De slibleeftijd van de gloeirest (ISS) blijft achter op actieve biomassa. Dit is het gevolg van een netto optelsom; (1) toename van ISS-cellular via biomassa, (2) toename van ISS door meer slibmineralisatie en een hogere slibleeftijd en (3) verwijdering ISS via zeefgoed. In het model bevat zeefgoed 8% ISS en geen actieve biomassa. VSS is de netto optelsom van grote en kleine vezels en actieve biomassa. Actieve biomassa neemt in scenario 1B (en A) toe. Het netto-effect op de slibleeftijd is echter negatief door onttrekking van VSS via het zeefgoed.

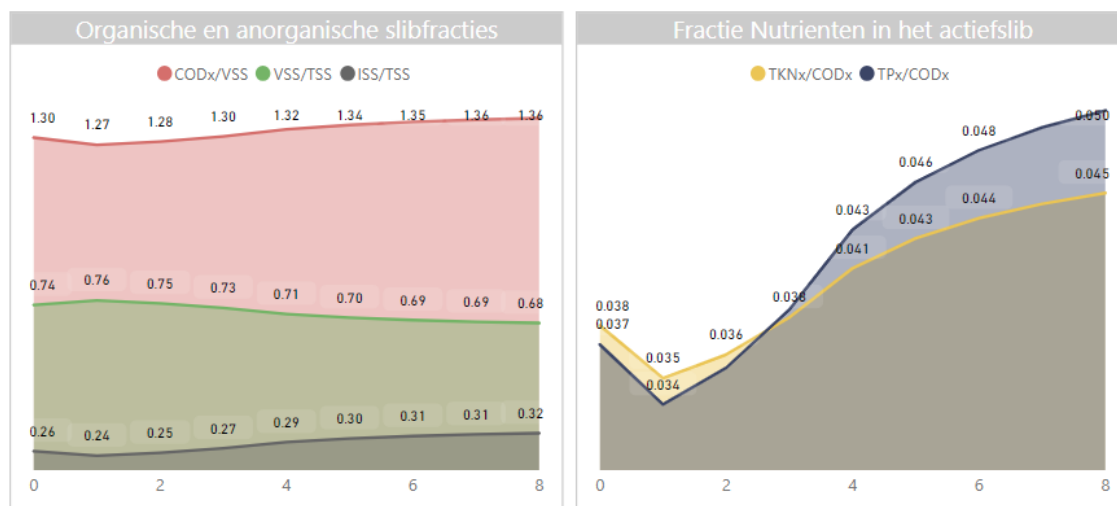
In scenario 2B (figuur 11) wordt door onttrekking van vezels de fractie actieve biomassa verhoogd, waardoor bij een gelijke slibleeftijd van actieve biomassa de drogestofconcentratie verlaagd kan worden. De veranderingen van de relatieve slibleeftijd zijn in dit scenario vooral het gevolg een lagere drogestofconcentratie. Voor de biomassa verandert er niets in de

slibleeftijd en er is geen effecten in de endogene ademhaling. ISS neemt relatief toe (figuur 13) maar gaat in slibleeftijd netto omlaag (figuur 11) doordat de concentratie in het proces afneemt en ISS via het zeefgoed wordt afgevoerd. VSS gaat omlaag en is een netto optelsom van een lagere concentratie in de tanks en vezel onttrekking met het zeefgoed.

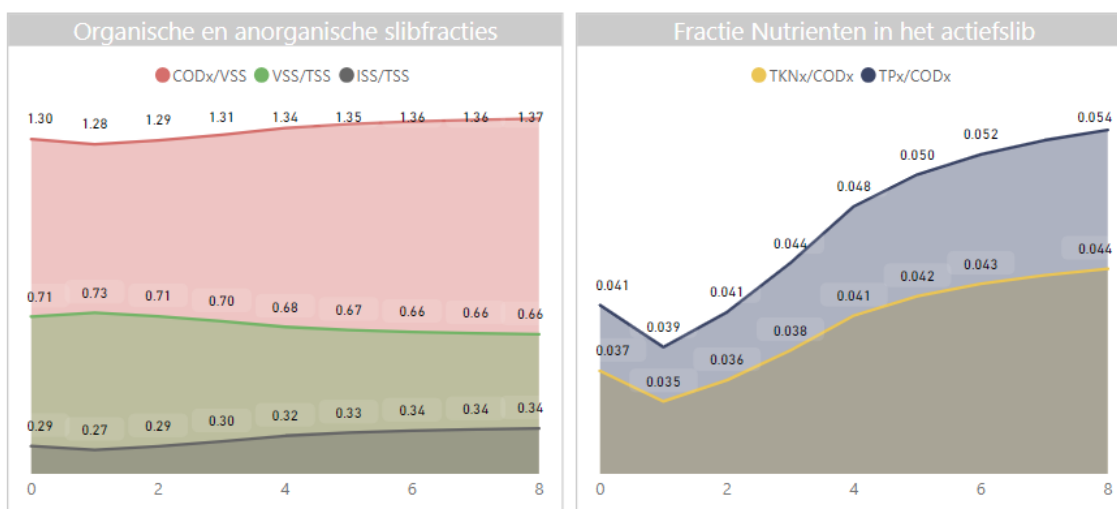
#### Simulatie van de actiefslibsamenvorming

De simulatie laten zien dat variant A ten opzichte van B geen noemenswaardig effect heeft op de actiefslibsamenvorming en relatieve slibleeftijd. Het verschil tussen variant A en B is vooral een toename in het zuurstofverbruik. Dit is eerder in deze paragraaf besproken. Het verloop van de CZV/VSS-slibverhouding is in alle simulaties goed zichtbaar. Dit was bij de quickscan simulaties niet waar te nemen maar kan in het verbeterde model beter worden berekend. De variaties blijven echter klein en zullen in de praktijk lastig te meten zijn.

**FIGUUR 12** SCENARIO 1B: SLIBFRACTIES. DOOR VERWIJDERING VAN VEZELS UIT ACTIEFSLIB NEEMT DE COD/VSS-VERHOUDING EN HET GLOEIEST-PERCENTAGE VAN ACTIEFSLIB TOE. HET STIKSTOF- EN FOSFAATGEHALTE NEEMT TOE DOOR EEN TOENAME VAN BIOMASSA. SCENARIO 1A GEEFT VERGELIJKBARE RESULTATEN. DE ACTIEFSLIBCONCENTRATIE (DROGE STOF) BLIJFT IN DE SIMULATIE CONSTANT



**FIGUUR 13** SCENARIO 2B: SLIBFRACTIES. DOOR VERWIJDERING VAN VEZELS UIT ACTIEFSLIB NEEMT DE COD/VSS-VERHOUDING EN HET GLOEIEST-PERCENTAGE VAN ACTIEFSLIB TOE. HET STIKSTOF- EN FOSFAATGEHALTE NEEMT TOE DOOR EEN TOENAME VAN BIOMASSA. SCENARIO 2A GEEFT VERGELIJKBARE RESULTATEN EN IS WEERGEGEVEN IN DE BIJLAGE. DE ACTIEFSLIBCONCENTRATIE (DROGE STOF) NEEMT IN DE SIMULATIE AF

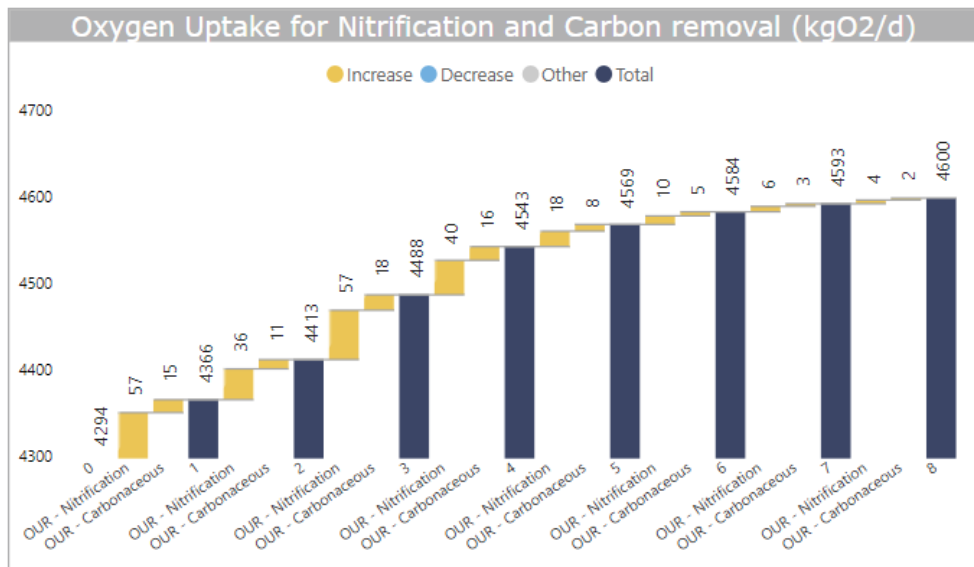




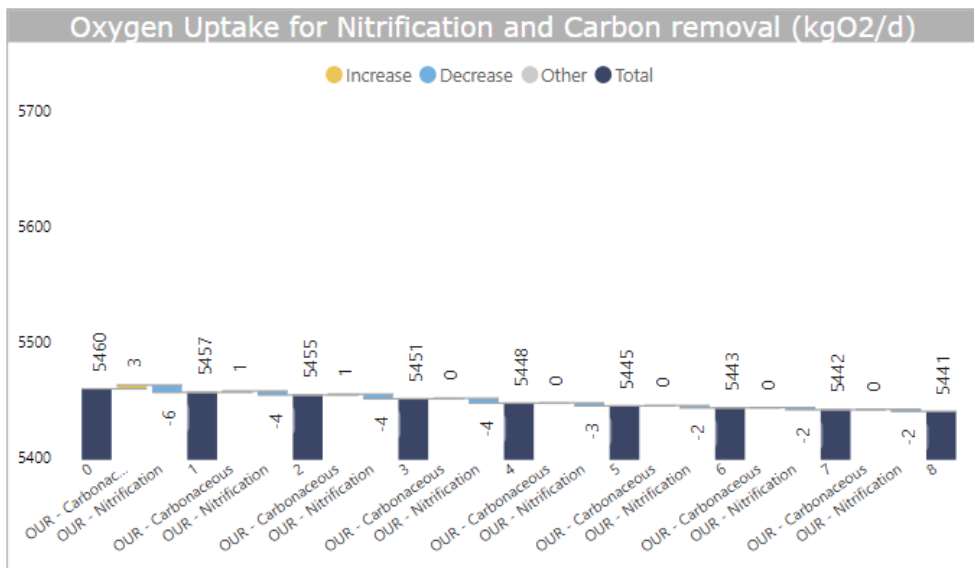
*Afbraak van vezels en de relatie tot zuurstofbesparing in toepassingsscenario 2*

Het verschil in afbreekbaarheid van de vezels in gemodelleerde varianten A en B heeft een direct effect op het zuurstofverbruik (zie daarvoor het verschil tussen figuur 15 en figuur 16. Dat neemt af bij een toenemende zeefgoedproductie doordat het afgevangen deel van de vezels niet meer in het proces kan worden afgebroken. De wijze waarop de afbraak van vezels is gemodelleerd betreft een hypothese. Het model is vooral gebruikt om de ordegrrootte in te schatten van een mogelijke besparing op het zuurstofverbruik als het slibzeven wordt toegepast op een normaal belaste zuivering volgens scenario 2. Om dit met meer zekerheid vast te kunnen stellen zijn meer gegevens nodig over de afbraak van vezels, de snelheid waarmee dit gebeurt en de biologische afbreekbaarheid van de restproducten van de afbraak.

**FIGUUR 14** SCENARIO 1A: TOENAME VAN HET ZUURSTOFVERBRUIK VOOR NITRIFICATIE EN CZV-OMZETTING ALS GEVOLG VAN VERWIJDERING VAN VEZELS. HET VERBRUIK NEEMT TOE ALS GEVOLG VAN MEER ACTIEVE BIOMASSA EN OMZETTING VAN AMMONIUM ALS GEVOLG VAN NITRIFICATIE EN OMZETTING VAN MEER CZV ALS GEVOLG VAN MEER ENDOGENE ADEMHALING. HET VERSCHIL MET SCENARIO 1B IS KLEIN

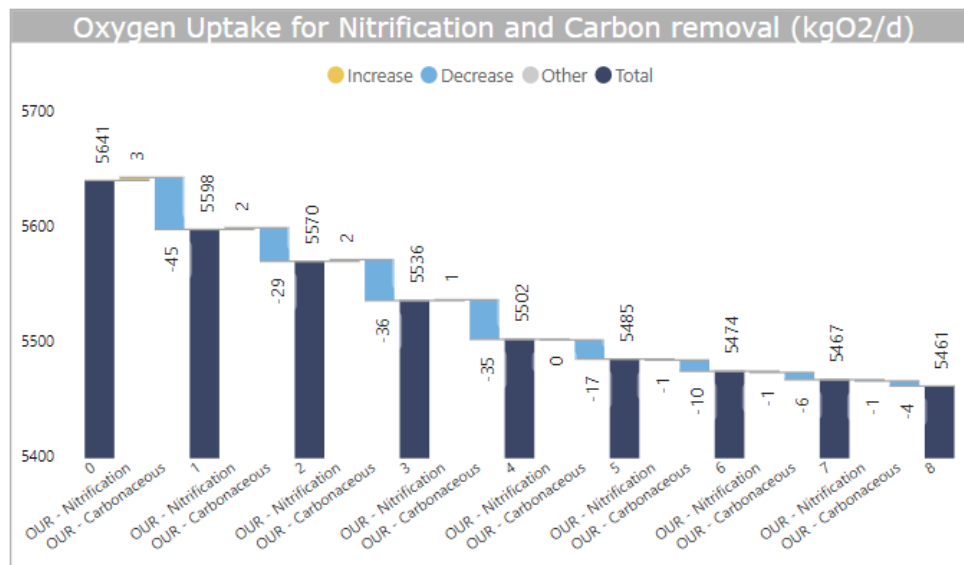


**FIGUUR 15** SCENARIO 2A: AFNAME VAN HET ZUURSTOFVERBRUIK VOOR NITRIFICATIE EN CZV-OMZETTING ALS GEVOLG VAN VERWIJDERING VAN VEZELS. HET ZUURSTOFVERBRUIK VERSCHUIFT (NIET NOEMENSWAARDIG) ALS GEVOLG EEN IETS KORTERE RELatieve SLIBLEEF TIJD EN EEN VERHOOGING VAN HET GLOEIESTGEHALTE



FIGUUR 16

SCENARIO 2B: AFNAME VAN HET ZUURSTOFVERBRUIK VOOR NITRIFICATIE EN CZV-OMZETTING ALS GEVOLG VAN VERWIJDERING VAN VEZELS. HET ZUURSTOFVERBRUIK NEEMT AF ALS ER MEER VEZELS WORDEN ONTTROKKEN DOORDAT ER MINDER SUBSTRAAT UIT VEZELS WORDT GEVORMD WAT AEROOB WORDT AFBROKEN. DE BESPARING IS GELIJK AAN DE HYPOTHETISCHE AFBRAAK VAN VEZELS DIE IN HET MODEL IS AANGENOMEN



## 8. DISCUSSIE ONTWIKKELING VAN EEN VERBETERD MODEL VOOR HET SLIBZEVEN

In de quickscan is het standaard ASAD-model toegepast. Dit model is aangepast om het slibzeven bij benadering te berekenen. Er zijn daarvoor verschillende aanpassingen gedaan in het model (de matrix, stoichiometrie en kinetiek) die hieronder verder zijn uitgelegd.

### *De vaste vangbare grote vezelfractie in het influent*

Het standaard ASAD-model rekent met één inerte organische vaste fractie. Er wordt in het model geen onderscheid gemaakt tussen deeltjes in het slib die wel en niet door een zeef kunnen worden afgevangen. Als het standaardmodel wordt gebruikt om het slibzeven te modelleren is het in theorie mogelijk om al het actiefslib uit de tanks te zeven. Dit klopt niet met de situatie die in de praktijk is gemeten. Praktijkmetingen laten zien dat als het zeefdebiet van 20 naar 80 m<sup>3</sup>/h wordt verhoogd, de hoeveelheid zeefgoed niet verder toeneemt. De opbrengst van zeefgoed lijkt dus gelimiteerd tot een maximum vracht. Het zeefrendement neemt af naarmate er meer grote vezels uit de actiefslibtanks worden onttrokken en de concentratie grote deeltjes in de actiefslibtanks daalt.

In de quickscan is het standaard ASAD-model toegepast. Om het effect van het slibzeven te kunnen simuleren is een simpele benadering gebruikt waarbij een in stappen een vracht inert vast organisch materiaal ( $X_i$ ) uit de tanks wordt gehaald met een geschat volume (concentratie). De totale vangbare vezelfractie in het standaardmodel is gelijk is aan de totale hoeveelheid inerte vaste organische massa in het actiefslib. De maximale hoeveelheid vangbaar zeefgoed in de quickscan is daardoor te groot ingeschat. De simulaties in de quickscan gaan door tot een afvang van 19-22% en er is een lineair verband tussen het zeefdebiet en de opbrengst van zeefgoed. De metingen laten echter zien dat met een spleetwijdte van 0,5 mm, de maximale hoeveelheid zeefgoed is gelimiteerd tot circa 10% van het totale spuidebiet. Deze opbrengst wordt gehaald bij 20 m<sup>3</sup>/h en het opvoeren van het zeefdebiet naar 80 m<sup>3</sup>/h had nagenoeg geen invloed op de opbrengst. De werkelijke werking van de zeef is dat de opbrengst van zeefgoed afvlakt naar een maximum waarbij het zeefrendement sterk afneemt en verdere verhoging van het zeefdebiet geen toegevoegd effect heeft op de opbrengst. Dit effect kan

alleen worden gesimuleerd als er in het model voor de grote vezeldeeltes een extra vezelfractie wordt geïntroduceerd.

#### *Afbraaksnelheid 'inert' vast organisch slib*

Uit experimenten met het slibzeven van influent is gebleken dat cellulose (gedeeltelijk) afbreekt in het actiefslibproces. Volgens mondelinge mededeling van Chris Reijnen van Waternet kan er worden gemeten dat cellulose afbreekt in het actiefslibproces. Een schatting is dat in 8 dagen de vezels zijn gehalveert. De afbraak kan effect hebben op de opbrengst van zeefgoed en het kan daarom zin hebben om te werken met een hoger zeefdebiet. De afbraak zou kunnen resulteren in het vrijkomen van substraat en daardoor de zuurstofvraag van het actiefslibproces kunnen beïnvloeden. Hoe dit effect heeft op het slibzeven is verder onderzocht in het model.

#### *Coagulatie of vlokvorming in actiefslib*

Het is in dit onderzoek niet duidelijk geworden in hoeverre er sprake is van vorming van een vangbare fractie in actiefslib. Deze onderzoeksvraag was vooraf niet gesteld en de metingen om dat vast te kunnen stellen zijn daarvoor niet uitgevoerd. Mogelijke mechanismes voor de vorming van grotere deeltes zijn coagulatie van kleinere deeltes tot grotere deeltes of aangroei van biomassa op bijvoorbeeld kleinere vezels. Wel is gemeten in activiteit testen dat zeefgoed groter dan 0,5 mm vrijwel geen biologische activiteit (zie meetresultaten elders in dit rapport). Bij het aanpassen van het rekenmodel is daarom vorming van vangbare deeltes in het actiefslib daarom buiten beschouwing gelaten.

#### *Uitgangspunten voor aanpassing van het model*

Om het zeven van actiefslib beter te kunnen voorspellen, zijn in het model verschillende aanpassingen gedaan op basis van de hieronder volgende uitgangspunten. Deze uitgangspunten zijn gebaseerd op de praktijkobservaties en metingen en op de ervaring met het quickscan model:

- Om zeven van vezelmateriaal te modelleren zijn tenminste twee inerte vaste fracties nodig; een grote vangbare fractie en een kleine vezelfractie die niet afgevangen wordt.
- De aanname is dat de maximale vracht zeefgoed gelijk is aan de vangbare vracht in het influent.
- Praktijkmetingen (deze studie) tonen aan dat zeefgoed groter dan 0,5 mm geen biologische activiteit heeft en dat in actief slib geen slib wordt gevormd groter dan 0,5 mm door aangroei van biomassa.
- Coagulatie van kleinere inerte vaste deeltes naar vangbare deeltes is buiten beschouwing gelaten.
- Praktijkmetingen laten zien dat de 0,5 mm zeef een hoog afvangrendement heeft. Visueel is waargenomen dat als het filtraat (opnieuw) wordt gezeefd (bij 0,5 mm), geen residu op de zeef achterblijft. Voor een afwijkende zeef is dit rendement mogelijk anders. In de modelberekeningen is voor het rendement van de zeef 95% aangenomen.
- In actiefslib worden grotere vangbare cellulosedeeltes mogelijk afgebroken naar kleine deeltes die niet op de zeef achterblijven. De specifieke afbraaksnelheid die daarvoor is aangenomen is 0,125 per dag.
- Door afbraak van vezels in actiefslib, neemt de vangbare vezelfractie in de tanks mogelijk af over de tijd. De (relatieve) slibleeftijd van het vezelmateriaal is hiervoor een goede indicatie.
- Afbraak van cellulose – de kleinere vezeldeeltes - naar substraat heeft een mogelijk verhogend effect op het zuurstofverbruik. De specifieke afbraaksnelheid die daarvoor is aangenomen is 0,125 per dag.

- Een belangrijke ontwerpparameter voor het slibzeven is de zeeffrequentie; Dit is de tijd die het duurt om met het zeefdebiet het totale volume van de actiefslibtanks te zeven.
- De vangbare vracht zeefgoed is afhankelijk van de onderstaande parameters:
  - de toegepaste zeef en poriediameter;
  - de totale vracht vangbaar materiaal in het influent;
  - de afbraaksnelheid van vezels in actiefslib en de relatieve slibleeftijd van vezels;
  - de vorming van vangbare deeltjes in actiefslib;
  - het zeefdebiet en zeeffrequentie;
  - het zeefrendement.

#### *Modelaanpassing 1: Modelering van twee fracties inert organisch materiaal in het influent*

Het standaard ASAD-model in BioWin is aangepast door toevoeging van een tweede inerte vaste organische influentfractie ( $X_i$ ). Aangenomen is dat deze extra vezelfractie een deeltjesgrootte heeft groter dan de spleetwijdte van de slibzeef en als enige wordt afgevangen. In het verbeterde model vangt de zeef uitsluitend de grote vastie inerte organische fractie af. Deze fractie is in de figuren weergegeven als de inerte vaste organische fractie  $> 0,4$  mm waarbij 0,4 een fictief gekozen waarde is (en op basis van de schudzeefproeven) voor de slibzeef die in de praktijk gekozen moet worden. Het gemodelleerde zeefrendement is 95% en het filtraat wordt teruggevoerd naar het actiefslib. Er is aangenomen dat actieve biomassa en vast biologisch afbreekbaar materiaal (vast substraat of XS) alleen uit kleine deeltjes bestaat en niet door een zeef word afgevangen.

#### *Modelaanpassing 2: Langzame afbraak van inert organisch materiaal*

Voor de simulaties variant B is aangenomen dat de grote fractie inert vast organisch materiaal  $> 0,4$  mm in actiefslib afbreekt. In variant A is de afbraak op nul gezet. Voor de afbraak van grote inerte organische vezels is aangenomen dat deze verloopt zoals de afbraak van biomassa; Vezels vallen uiteen in een deel substraat en een deel (aangenomen 8%) nieuw inert materiaal. De specifieke afbraaksnelheid is gekozen 0,04 per dag, onafhankelijk van anaerobe, anoxische of aerobe condities. De stoichiometrie is gemodelleerd volgens de afbraak van biomassa. omdat het onbekend is hoe de afbraak in de praktijk verloopt. Voor de CZV/VSS verhouding van grote vezels is een waarde genomen van 1.1 gCZV/gVSS, gelijk aan dat van gemeten vezelmateriaal op RWZI Ommen. Doordat het in het verbeterde model een eigen CZV/VSS-verhouding toe is gekend aan de vezels kan er berekend worden wat de verwachte variatie is, iets wat met het quickscan model niet mogelijk is. Aan de vezels zijn kleine fracties stikstof en fosfaat toegekend, respectievelijk 0.01 gN/gCZV en 0.001 gP/gCZV. Afbraak van grote vezels resulteert in een deel vast substraat en een deel nieuw inert materiaal kleiner dan 0,4 mm. Het vaste substraat is CZV en na hydrolyse en fermentatie beschikbaar voor heterotrofe groei. Als gevolg neemt het zuurstofverbruik toe. In het model bevatten vezels mineralen (gemodelleerd 8% als ISS-cellular). Deze aanname is gelijk aan de gloeirest van biomassa. Door modelering van een aparte gloeirest voor grote vezels kan beter het verloop van de inerte slibfractie in het slib worden gemodelleerd.

## **9. VERDERE OVERWEGINGEN**

### **ALGEMEEN BEELD DATAKWALITEIT**

Uit de data kunnen geen definitieve conclusies worden getrokken over het effect van het slibzeven op het actiefslibproces. De meetdata is niet geschikt om een model te fitten, kalibreren of valideren (paragraaf 8). Wel is op basis van de meetdata een verbeterd model voor het slibzeven ontwikkeld. Elders in dit rapport zijn de meetdata beoordeeld door het gemiddelde van

langere meetperiodes te vergelijken. De steekmonsters tonen grote spreiding wat een trendanalyse niet goed mogelijk maakt. Meetdata over een periode langer dan drie maanden zijn beïnvloed door de temperatuur en influentsamenstelling. Het verloop van de eerste drie maanden van het onderzoek is voornamelijk bepaald door (operationele) verstoringen (streng winterweer, industriële pieklozingen) en technische problemen rond de zeefinstallatie (vorst en storingen in de zeefgoedpers en een te kleine zeefgoedopbrengst door de toegepaste zeef). De aanpak van het onderzoek is tussentijds aangepast en het is niet goed mogelijk geweest de overgang in het proces te meten van de uitgangssituatie naar de stabiele toestand met het slibzeven.

#### **MEETBAARHEID EFFECT EN MINIMALE STAPGROOTTE**

Het praktijkonderzoek laat zien dat met de 0,5 mm zeef en een zeefdebiet van 20 m<sup>3</sup>/h een zeefgoedopbrengst van maximaal circa 12% wordt bereikt. Er wordt geen toename gemeten van de zeefgoedproductie door verhoging van het zeefdebiet van 20 naar 80 m<sup>3</sup>/h. Daaruit volgt dat voor de toegepaste zeef bij 20 m<sup>3</sup>/h de maximum zeefgoedopbrengst is bereikt. Het model voorspelt een verschuiving van de actiefslibsamenstelling als meer dan 15% is van de totale slibproductie wordt afgevangen als zeefgoed. Metingen laten maximaal circa 12% zeefgoed productie zien. Er is niet aan de minimale stapgrootte van 15% voldaan waardoor een (duidelijke) trend in de slibbalans en actiefslibsamenstelling moeilijk in de praktijk kan worden aangetoond (meetruis en natuurlijk variatie).

#### **METING VAN OVERGANGSPERIODE**

Doordat de slibzeef in de opstartperiode meerdere keren in en uit bedrijf is geweest, is de opstartperiode gemist in de meetdata. Volgens modelberekeningen verandert tijdens de overgang de actiefslibconcentratie met circa 0,5 gTSS/l. Er kan in de actiefslibsamenstelling geen trend worden waargenomen.

#### **DUUR TOT STABIELE OPERATIE**

Op basis van het verbeterde model is ingeschat dat na ongeveer 1,5 maal de zeeffrequentie het proces een nieuwe stabiele toestand heeft bereikt. Voor Ommen is dit 19 dagen bij een zeefdebiet van 20 m<sup>3</sup>/h en een actiefslibvolume van 6.000 m<sup>3</sup>. De overgangperiode is korter dan 2,5 maal de slibleeftijd zoals vooraf aangenomen.

#### **LENGTE MEETPERIODE EN EFFECT TEMPERATUUR**

De periode waarover meetdata is bemonsterd is langer geweest dan drie maanden. Uit het temperatuurverloop is duidelijk dat meetdata zijn beïnvloed door het de temperatuur en dat de influentsamenstelling is veranderd. Dit bemoeilijkt de beoordeling van meetdata.

#### **METING VAN DE INFLUENTSAMENSTELLING EN VERSTORINGEN**

Voorafgaand aan het praktijkonderzoek is de influentsamenstelling in triplo gemeten. De aanname was dat die samenstelling representatief is voor de onderzoeksperiode. Er loost echter een aantal industrieën op RWZI Ommen en in de eerste twee maanden van het onderzoek hebben er meerdere grote lozingen plaatsgevonden die het gemiddelde influentbeeld en de massabalansen van de zuivering hebben verstoord. Een belangrijk deel van de data (waarin de overgangperiode) is daardoor niet representatief en niet bruikbaar om het model te kalibreren.

**AANBEVELINGEN VOOR VERBETERING VAN DE MEETKWALITEIT**

Op basis van de meetdata zijn er drie aanbevelingen om voor een vervolgonderzoek de meetkwaliteit te verbeteren; (1) door het experiment te herhalen met een grotere stap op het proces en meer zeefgoed af te vangen, (2) door meer monsters te nemen waardoor de relatieve standaarddeviatie van de meting daalt en (3) door de meetperiode te verkorten waardoor invloed van procesvariabiliteit (bijvoorbeeld de temperatuur en het influent) kleiner wordt.

**HET VERBETERDE MODEL VOOR HET SLIBZEVEN**

De aanname dat vezels in actiefslib langzaam afbreken tot substraat is een mogelijk mechanisme voor de hypothese dat zeefgoedonttrekking bij een laag-belast systeem tot een verminderde zuurstofvraag leidt. Meetdata uit dit onderzoek geven over deze hypothese geen uitsluitsel. Er is meer onderzoek nodig naar de afbraak van vezels in actiefslib om deze aanname te kunnen onderbouwen.

**HOOG/OVERBELASTE ZUIVERING**

Modelberekeningen geven aan dat het slibzeven operationeel het meest effect heeft op een zuivering die hoog- of overbelast is, waarbij de aerobe slijftijd onder koude omstandigheden te kort is voor volledige nitrificatie.