stowa

VERKENNEND ONDERZOEK IN DE PRAKTIJK

# SLIBONTWATERING MET EEN SCHROEFPERS

RAPPORT 2014 07

stowa

# SLIBONTWATERING MET EEN SCHROEFPERS

RAPPORT 2014 07

ISBN 978.90.5773.637.7

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

UITVOERDERS
Hans Kuipers (Waterschap Zuiderzeeland)
Joost van den Bulk (Tauw)
Berend Reitsma (Tauw)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
Arne Boswinkel (RVO, voorheen AgentschapNL)
Otto Kluiving (Waterschap Hunze en Aa's)
Dirk Koot (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
Hans Kuipers (Waterschap Zuiderzeeland)
Coert Petri (Waterschap Rijn en IJssel)
Cora Uijterlinde (STOWA)
Inge van der Velde (Waterschap Reest en Wieden)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2014-07
ISBN 978.90.5773.637.7

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

# TEN GELEIDE

De waterschappen willen in 2020 minstens 40% van het energieverbruik zelf opwekken. In de Meerjarenafspraken energie-efficiency (2008), Klimaatakkoord (2010), Lokale Klimaatagenda (2011) Green Deal (2011), Ketenakkoord Fosfaat en recentelijk het SER Energieakkoord (2013) zijn beleidsmatige afspraken gemaakt over energie- en fosfaatterugwinning. Energie- en kostenbesparing zijn belangrijke uitdagingen voor de toekomst.

De eindontwatering van zuiveringsslib gebeurt in Nederland vooral met centrifuges, zeefbandpersen en kamerfilterpersen. Deze technieken kenmerken zich door gebruik van chemicaliën (polymeer) en energie. Dat levert een grote kostenpost op. In dit kader zijn de waterschappen voortdurend op zoek naar slimmere technieken/technologieën voor slibontwatering, die minder polymeer en minder energie verbruiken (met hetzelfde ontwateringsresultaat). Ook onderhoud en betrouwbaarheid van de slibontwateringsapparatuur speelt een belangrijke rol.

De schroefpers is een alternatieve ontwateringstechniek. Met deze techniek kan potentieel op polymeer en energie worden bespaard. Bij de Nederlandse waterschappen is geen ervaring met het ontwateren van zuiveringsslib met behulp van een schroefpers. Samen met een aantal waterschappen zijn kleinschalige ontwateringstesten uitgevoerd. Op de rwzi Tollebeek is een wat langduriger test uitgevoerd. RVO heeft bijgedragen aan het project. Met deze experimenten is de toepassing van slibontwatering met een schroefpers verkend.

# SAMENVATTING

De schroefpers is voor de Nederlandse rwzi's een nieuwe ontwateringstechniek waarmee op andere Europese rwzi's (Duitsland, Zwitserland, Oostenrijk) al de nodige ervaring is opgedaan. Er zijn verschillende leveranciers van schroefpersen maar in dit onderzoek is er slechts één onderzocht. Om te beoordelen of de schroefpers in staat is om slib van diverse Nederlandse rwzi's te ontwateren, zijn er een zestal kleinschalige testen uitgevoerd. Vervolgens is er op een grotere schaal een duurtest uitgevoerd op de awzi Tollebeek waarbij de ontwateringsprestaties van de schroefpers langduriger en in meer in detail gemonitord zijn. Op basis van de resultaten uit de duurtest is een indicatieve vergelijking gemaakt tussen de prestaties van schroefpersen, centrifuges en zeefbandpersen waarbij de technieken beoordeeld zijn op kosten en andere relevante criteria.

Een schroefpers lijkt op centrifuge maar het verschil is dat zich aan de binnenzijde van de schroefpers een schroef en een zeefkorf bevinden. De zeefkorf zit om de schroef heen. Het te ontwateren slib komt aan het begin van de schroef binnen waarna de langzaam draaiende schroef het te ontwateren slib tegen de zeefkorf drukt. De waterfractie loopt door de zeefkorf heen terwijl het slib in de schroef achterblijft. Het te ontwateren slib doorloopt in de schroefpers drie verschillende fasen waarbij het achtereenvolgens ingedikt, gefiltreerd en tot slot ontwatert (geperst) wordt. Aan het einde van de schroef valt het ontwaterde slib de machine uit.

De kleinschalige testen zijn uitgevoerd met een klein model schroefpers (nominale belasting van 15 kg drogestof per uur) en duurden gemiddeld drie dagen. De testen zijn uitgevoerd op de awzi Tollebeek en de rwzi's Assen, Den Helder, Echten, Heerenveen en Zutphen. Bij de test op de rwzi Heerenveen is tevens getest met slibben van de rwzi's Leeuwarden, Sneek en Bolsward. Uit de testen is naar voren gekomen dat de schroefpers goed in staat is om de verschillende slibben te ontwateren. Het drogestofgehalte heeft in de verschillende testen gevarieerd van 20 tot 26% bij een PE verbruik van 8 tot 16 kg per ton drogestof.

De duurtest is met een groter model schroefpers uitgevoerd op de awzi Tollebeek (capaciteit van 90 kg drogestof per uur). De schroefpers heeft 3,5 week zonder problemen gedraaid waarbij ook regelmatig 's nachts is doorgedraaid. Naast het gerealiseerde drogestofgehalte en PE verbruik zijn tijdens de test de kwaliteit van het perswater, slibsamenstelling, energieverbruik, beheer/onderhoud en overige parameters gemonitord. Het drogestofgehalte heeft tijdens de duurtest gevarieerd van 20 tot 26%. Het PE verbruik bedroeg tijdens de duurtest 13 tot 16 kg per ton drogestof. Het perswater van de schroefpers is over een extra bezinktank geleid waardoor een gemiddeld afscheidingsrendement groter dan 99% behaald werd. Het specifiek gemeten energieverbruik van de schroefpers bedroeg 2,8 kWh/ton drogestof wat zeer laag is in vergelijking met andere ontwateringstechnieken.

Tijdens de duurtest is een vergelijking gemaakt tussen de centrifuges op de awzi Tollebeek en de schroefpers. De centrifuges leverden in deze periode een gemiddelde drogestofgehalte van 22,6% bij een gemiddelde PE dosering van 20 kg per ton drogestof. Het PE verbruik van de schroefpers lag hiermee gemiddeld 34% lager dan dat van de centrifuge. Hierbij moet opgemerkt worden dat de PE aanmaak en dosering van de schroefpers in deze periode geoptimaliseerd zijn terwijl dit bij de centrifuges mogelijk niet optimaal verliep.

Op basis van de resultaten van de duurtest is een indicatieve vergelijking gemaakt van de exploitatiekosten van schroefpersen, centrifuges en zeefbandpersen. Hierin zijn de investerings-kosten, het PE- en energieverbruik en de verwerkingskosten van de slibkoek meegenomen. De schroefpers komt uit deze afweging als meest kosteneffectief naar voren. Ook uit de Multi Criteria Analyse waarin, buiten de exploitatiekosten, aspecten zoals duurzaamheid en beheer/onderhoud meegenomen zijn, komt de schroefpers als beste naar voren. Het energiegebruik van de schroef-pers verdient hierbij speciale aandacht omdat dit met een verwacht gebruik van 5 kWh per ton drogestof vele malen lager ligt dan dat van centrifuges (53 kWh/ton ds) en zeefbandpersen (28 kWh/ton ds). Het netto totale energieverbruik van een rwzi met slibontwatering kan naar verwachting met gemiddeld 5% gereduceerd worden door over stappen op schroefpersen.

Al met al lijkt de schroefpers een kansrijk alternatief te vormen voor de ontwatering van Nederlands rwzi slib. Het drogestofgehalte en PE verbruik zijn concurrerend, en het energieverbruik relatief laag, in vergelijking met andere slibontwateringstechnieken. De schroefpers is in staat om verschil-lende soorten Nederlands rwzi slib succesvol te ontwateren. Omdat het een nieuwe techniek betreft, is er nog weinig inzicht in de beheer- en onderhoudskosten maar gezien het lage toerental, de eenvoudige constructie en weinige slijtende onderdelen zullen deze waarschijnlijk laag zijn.

# DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie. Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de ‘kennisvragen van morgen’ – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

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

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

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

# SLIBONTWATERING MET EEN SCHROEFPERS

## INHOUD


| | | | |
|---|---|---|---|
| | | TEN GELEIDE | |
| | | SAMENVATTING | |
| | | DE STOWA IN HET KORT | |
| **1** | | INLEIDING | 1 |
| **2** | | SCHROEFPERS VOOR SLIBONTWATERING | 3 |
| | **2.1** | Inleiding | 3 |
| | **2.2** | Werkingsprincipe van de schroefpers | 3 |
| **3** | | ONDERZOEKSMETHODIEK EN UITGANGSPUNTEN | 6 |
| | **3.1** | Inleiding | 6 |
| | **3.2** | Kleinschalige testen | 6 |
| | | 3.2.1 Inleiding | 6 |
| | | 3.2.2 Kenmerken kleinschalige schroefpers | 6 |
| | | 3.2.3 Onderzochte locaties met karakteristieken | 7 |
| | | 3.2.4 Bemonsteringsprotocol | 8 |
| | **3.3** | Duurtest op grote schaal | 8 |
| | | 3.3.1 Inleiding en doel | 8 |
| | | 3.3.2 Kenmerken duurtest awzi Tollebeek | 8 |
| | | 3.3.3 Beschrijving van de schroefpers installatie | 9 |
| | | 3.3.4 Bemonsteringsprotocol | 12 |
| **4** | | RESULTATEN KLEINSCHALIGE TESTEN | 13 |
| | **4.1** | Inleiding | 13 |
| | **4.2** | Rwzi Assen | 13 |
| | **4.3** | Rwzi Den Helder | 13 |
| | **4.4** | Rwzi Echten | 14 |
| | **4.5** | Rwzi Heerenveen | 15 |
| | **4.6** | Awzi Tollebeek | 16 |
| | **4.7** | Rwzi Zutphen | 17 |
| | **4.8** | Conclusies kleinschalige testen | 19 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **5** | | RESULTATEN DUURTEST AWZI TOLLEBEEK | 21 |
| | **5.1** | Inleiding | 21 |
| | **5.2** | Aanvoer schroefpers | 21 |
| | **5.3** | Drogestofgehalte ontwaterd slib schroefpers en centrifuges | 22 |
| | **5.4** | PE verbruik schroefpers en centrifuges | 23 |
| | | 5.4.1 PE verbruik schroefpers en centrifuges awzi Tollebeek | 24 |
| | **5.5** | Kwaliteit perswater en centraat | 25 |
| | **5.6** | Energiegebruik schroefpers en centrifuges | 26 |
| | **5.7** | Fosfor balans | 26 |
| | **5.8** | Samenvatting en conclusies duurtest | 26 |
| **6** | | VERGELIJKING VAN SCHROEFPERS MET CENTRIFUGES EN ZEEFBANDPERSEN | 27 |
| | **6.1** | Inleiding | 27 |
| | **6.2** | Uitgangspunten | 27 |
| | **6.3** | Aanneemsom en investeringskosten | 31 |
| | **6.4** | Exploitatiekosten en gevoeligheidsanalyse | 31 |
| | | 6.4.1 Gevoeligheidsanalyse exploitatiekosten schroefpers | 31 |
| | **6.5** | Multi Criteria Analyse | 32 |
| | **6.6** | Conclusies | 34 |
| **7** | | DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN | 35 |
| | **7.1** | Discussie | 35 |
| | **7.2** | Conclusies | 36 |
| | **7.3** | Aanbevelingen | 37 |
| **8** | | LITERATUURLIJST | 38 |
| | | BIJLAGE(N) | |
| | **1** | Centraatkwaliteit centrifuges awzi Tollebeek | 39 |
| | **2** | Bemonsteringsprotocol kleinschalige testen en duurtest | 40 |
| | **3** | Resultaten kleinschalige testen | 42 |
| | **4** | Analyseresultaten duurtest | 44 |
| | **5** | Zware metalen in uitgegist slib en perswater duurtest | 48 |
| | **6** | P balans | 50 |
| | **7** | Effect van slibtemperatuur op PE verbruik | 52 |

# 1

# INLEIDING

De eindontwatering van zuiveringsslib gebeurt in Nederland vooral met centrifuges, zeefband-persen en kamerfilterpersen. Bij dit ontwateringsproces worden chemicaliën (polymeer) en energie verbruikt. Door de benodigde investeringen, onderhoud en de personele inzet, is de slibontwatering voor de waterschappen een grote kostenpost. Na de ontwatering wordt het slib over het algemeen verbrand. Vanuit kostentechnisch oogpunt is het noodzakelijk om een zo hoog mogelijk drogestofgehalte te realiseren zodat er minder tonnen slib afgezet en verbrand hoeven te worden. Ook energetisch gezien levert een hoger drogestofgehalte voordelen op omdat er in dat geval minder water verdampt hoeft te worden.

De waterschappen zijn voortdurend op zoek naar slimmere technieken/technologieën voor slibontwatering, die minder polymeer en minder energie verbruiken (met hetzelfde ontwateringsresultaat). Naast doelmatigheid is ook de reductie van het energiegebruik van belang (MJA3 en klimaatakkoord). Uiteraard spelen ook onderhoud en betrouwbaarheid van de slibontwatering een belangrijke rol (assetmanagement).

De schroefpers is een alternatieve ontwateringstechniek. Met deze techniek kan potentieel op PE en energie worden bespaard. Bij de Nederlandse waterschappen is geen ervaring met deze techniek. In het buitenland is deze ervaring er al wel (Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland).

De afgelopen tijd hebben een aantal Nederlandse waterschappen (Zuiderzeeland, Hunze en Aa's en Rijn en IJssel) kleinschalige ontwateringstesten uitgevoerd met schroefpersen. Daarbij zijn aspecten zoals het drogestofgehalte van het ontwaterde slib, zwevendestofgehalte van perswater en het verbruik van PE gemonitord. Uit deze testen kwam naar voren dat er een drogestofgehalte van meer dan 20% gerealiseerd werd bij een relatief laag PE verbruik (10 tot 15 kg per ton drogestof). Ook zou de schroefpers mogelijk voordelen kunnen opleveren met betrekking tot het energieverbruik en de robuustheid van het proces. De schroefpersen bewegen langzamer dan bijvoorbeeld centrifuges waardoor er naar verwachting minder slijtage optreedt en de onderhoudskosten mogelijk lager zullen uitvallen. Andere mogelijke voordelen betreffen de beperkte geluidsproductie (Arbo) en de compacte bouw.

Op basis van deze resultaten is besloten om meer kleinschalige testen en een duurtest op grote schaal uit te voeren. De resultaten van deze testen worden beschreven in dit rapport. Hierbij is vooral aandacht besteed aan het PE- en energieverbruik.

De resultaten van de testen zijn vervolgens gebruikt om een indicatieve afweging te maken tussen schroefpersen, centrifuges en zeefbandpersen. In deze afweging is gekeken naar jaarlijkse kosten maar ook naar criteria zoals duurzaamheid en beheer- en onderhoud.

**LEESWIJZER**

In hoofdstuk 2 wordt achtergrond informatie over de schroefpers gegeven. Wat is het werkingsprincipe en welke ervaringen zijn er met deze apparaten? Hoofdstuk 3 beschrijft de

onderzoeksmethodiek. Hierin worden de uitgangspunten en de opzet van de kleinschalige testen en de duurtest omschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van de kleinschalige testen besproken waarna hoofdstuk 5 ingaat op de resultaten van de duurtest op de awzi Tollebeek. In hoofdstuk 6 wordt er een vergelijking gemaakt met andere ontwateringsapparatuur (centrifuges en zeefbandpersen). De discussie, conclusies en aanbevelingen volgen in hoofdstuk 7. De literatuurlijst is opgenomen in hoofdstuk 8.

# 2

# SCHROEFPERS VOOR SLIBONTWATERING

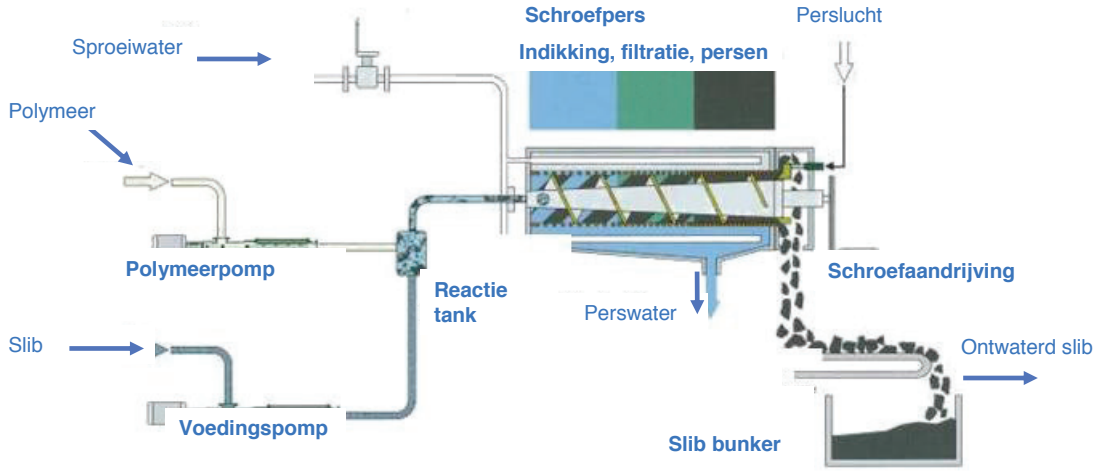
## 2.1 INLEIDING

Het gebruik van schroefpersen voor slibontwatering is niet nieuw. Schroefpersen worden in Europa (Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland) al enkele jaren op praktijkschaal toegepast voor het ontwateren van slib. In Nederland worden schroefpersen alleen gebruikt voor het ontwateren van andere afvalstromen (o.a. mest en compost). In dit hoofdstuk wordt de werking beschreven van de Ishigaki schroefpers waarmee de duurtest en kleinschalige testen uitgevoerd zijn.

## 2.2 WERKINGSPRINCIPE VAN DE SCHROEFPERS

In de geteste schroefpers doorloopt het te ontwateren slib 3 verschillende fasen waarbij het achtereenvolgens ingedikt, gefiltreerd en tot slot ontwaterd (geperst) wordt. In Figuur 2.1 is het ontwateringsproces in de schroefpers en de bijbehorende randapparatuur (voedingspompen, PE installatie en reactie tank) schematisch weergegeven.

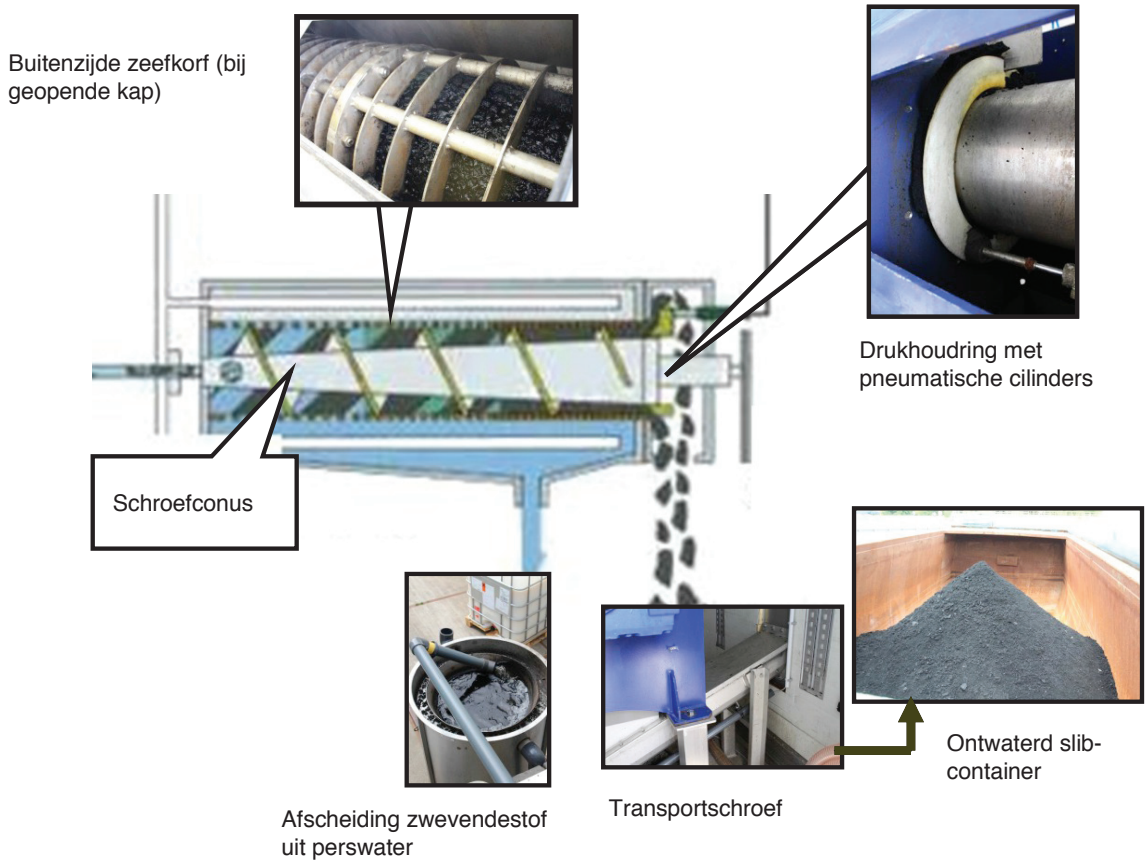
FIGUUR 2.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN SLIBONTWATERINGSPROCES MET DE ISHIGAKI SCHROEFPERS (BRON MTI-ENGINEERING)




In Figuur 2.1 is te zien dat het te ontwateren slib in een reactie tank gemengd wordt (mengtank) met aangemaakt PE. Het mengsel van slib en PE komt binnen aan het begin van de schroef (daar waar de schroef het smalste is). Om de schroef heen zit een zeefkorf. De waterfractie (perswater) loopt door de zeef heen terwijl het te ontwateren slib in de schroef achterblijft (indikking). Het perswater wordt opgevangen in de opvangbak onder de zeefkorf. De maaswijdte van de zeefkorf is in de indikkingsfase relatief groot en wordt kleiner naarmate het ontwateringsproces vordert (filtratie- en persfase).

In Figuur 2.2 zijn de verschillende onderdelen van de schroefpers nader uitgelicht.

FIGUUR 2.2 DE VERSCHILLENDE ONDERDELEN VAN DE SCHROEFPERS




Allereerst is linksboven in Figuur 2.2 een inkijk gegeven aan de binnenkant van de schroefpers. Wanneer de kappen aan de buitenkant van de schroefpers geopend zijn is de buitenzijde van de zeefkorf te zien. De schroef zelf is niet zichtbaar. Te zien is dat het te ontwateren slib van binnenuit door de zeef geperst wordt. De waterige fractie (perswater) wordt hierdoor gescheiden van het te ontwateren slib. Het te ontwateren slib blijft (voor het grootste deel) achter aan de binnenkant van de zeef.

Rechtsboven in Figuur 2.2 is een foto opgenomen van het uiteinde van schroef waar het ontwaterde slib door de schroef naar buiten gedraaid wordt. Tegen deze uitdraai opening is een drukhoudring gemonteerd. Deze drukt door middel van een pneumatische cilinder tegen de slibkoek. De druk kan gereguleerd worden (manometer) om zodoende een optimale ontwatering te realiseren. Een compressor levert de benodigde druk via een lucht aansluiting op de schroefpers.

Rechtsonder in Figuur 2.2 is de transportschroef te zien waarmee het ontwaterde slib naar de slibcontainer getransporteerd wordt.

Tot slot is midden onderin Figuur 2.2 een foto opgenomen van een nabehandelingsstap voor het perswater (bezinktank). Het doel van deze bezinktank is om het afscheidingsrendement voor zwevendestof te vergroten. De afgescheiden zwevendestof wordt teruggevoerd naar de slibaanvoerleiding van de schroefpers waarna het met het aangevoerde uitgegiste slib naar de mengtank gaat.

De schroef wordt aangedreven door middel van een elektromotor en wordt zo nu en dan automatisch gespoeld wanneer de zeefkorf teveel vervuild raakt (toenemende druk). Vanwege de beperkte frequentie waarmee de schroefpers gespoeld hoeft te worden is het spoelwaterverbruik relatief laag. Voor de spoeling kan zowel bedrijfswater als drinkwater gebruikt worden. De schroefpers is voorzien van afneembare kappen, zodat geur en eventueel sproeiwater in de machine blijven.

# 3

# ONDERZOEKSMETHODIEK EN UITGANGSPUNTEN

## 3.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de opzet en de uitgangspunten van de testen besproken. De opzet en uitgangspunten van de kleinschalige testen worden besproken in paragraaf 3.2 gevolgd door die van de duurtest in paragraaf 3.3.

## 3.2 KLEINSCHALIGE TESTEN

### 3.2.1 INLEIDING

Om ervaring op te doen met de schroefpers voor verschillende situaties en slibben hebben de waterschappen Zuiderzeeland, Hunze en Aa's, Rijn en IJssel, Hollands Noorderkwartier, Reest en Wieden en het Wetterskip Fryslân in 2010, 2012 en 2013 testen uitgevoerd met een kleinschalige schroefpers. In paragraaf 3.2.2 wordt een beschrijving van de kleinschalige schroefpers gegeven, gevolgd door een beschrijving van de onderzochte locaties met hun karakteristieken in paragraaf 3.2.3. Tenslotte volgt in paragraaf 3.2.4 het bemonsteringsprotocol.

### 3.2.2 KENMERKEN KLEINSCHALIGE SCHROEFPERS

De kleinschalige testinstallatie is weergegeven in Figuur 3.1.

FIGUUR 3.1 KLEINSCHALIGE TESTINSTALLATIE SCHROEFPERS

De testen zijn allen uitgevoerd met hetzelfde type schroefpers (ISGK 0205). Het aantal uitgevoerde metingen en het aantal gebruikte PE typen verschilt per test. In Tabel 3.1 worden de kenmerken van de geplaatste schroefpers beschreven.

**TABEL 3.1** **KENMERKEN VAN ISGK 0205 SCHROEFPERS**

| Aspect | Eenheid | Kenmerken |
|---|---|---|
| Maximale belasting schroefpers | kg ds/h | 25 |
| Geïnstalleerd vermogen schroef | kW | 0,25 |
| Omwentelingen schroef | rpm | 0,4 – 1,7 |
| Conusdruk | bar | 2 – 4 |
| Spoelvoorziening | l/cyclus | 100 – 150 |
| | l/min | 25 |
| | druk | 3 bar |
| Afmetingen | lengte (mm) | 2.590 |
| | breedte (mm) | 800 |
| | hoogte (mm) | 1.000 |
| Gewicht leeg | ton | 1,6 |

### 3.2.3 ONDERZOCHTE LOCATIES MET KARAKTERISTIEKEN

Tabel 3.2 geeft de kenmerken van de locaties waar de kleinschalige testen uitgevoerd zijn.

**TABEL 3.2 ONDERZOCHTE LOCATIES MET KARAKTERISTIEKEN**

| Waterschap / Hoogheemraadschap | | Waterschap Zuider-zeeland | Waterschap Hunze en Aa's | Hoogheemraad-schap Hollands Noorderkwartier | Waterschap Reest en Wieden | Waterschap Rijn en IJssel | Wetterskip Fryslân |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Locatie | | awzi Tollebeek | rwzi Assen | Rwzi Den Helder | rwzi Echten (Hoogeveen) | rwzi Zutphen | rwzi Heerenveen ** |
| Testperiode | | September 2013 | Oktober 2012 | September/ oktober 2013 | September 2013 | December 2010 | September 2013 |
| Type zuivering | | Carrousel | Carrousel | Carrousel | BCFS | Carrousel | Carrousel (zie tabel 3.3) |
| Ontwerpbelasting | i.e. (150) | 132.000 | 121.000 | 129.000 | mengsel alle rwzi's | 181.000 | (zie tabel 3.3) |
| Feitelijke belasting | | 114.000 | 90.000 | 124.000 | | 150.000 | |
| Type te ontwateren slib | | uitgegist PS en SS * | uitgegist PS en SS | uitgegist PS en SS | SS | SS+ uitgegist PS+ SS rwzi Holten | SS+uitgegist PS+SS |
| Uitgegist slib? | | ja | ja | uitgegist | ja (thermo+ mesofiel) | ja/nee | ja/nee ** |
| DS gehalte slib | % ds | 3,1 | 2,6 | 3,1 | 3,0 – 3,4 | 3,8 | 3,0 – 4,3 |
| OS gehalte slib | % van ds | 59 | 76 | | 53 - 56 | 80 | 58 - 69 |
| P verwijdering | wijze | bio-P + chemisch | bio-P + chemisch | chemisch | bio-P + chemisch | bio-P | bio-P + chemisch |
| Slibleeftijd AT | - | 48 | 18 | 16 – 18 | 20 - 30 | 29 | ** |
| **Kenmerken test** | | | | | | | |
| Duur van test | dagen | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| Aantal metingen | aantal | 8 | 10 | 8 | 8 | 3 | 9 |
| Aantal PE typen | | 4 | 5 | 2 | 2 | 2 | 1 |

* PS = primair slib, SS = secundair slib

** testen uitgevoerd met slib van rwzi's Bolsward, Heerenveen, Leeuwarden, Sneek, zie tabel 3.3

De kenmerken van de rwzi's Bolsward, Heerenveen, Leeuwarden en Sneek (Wetterskip Fryslân) zijn opgenomen in Tabel 3.3.

TABEL 3.3 KARAKTERISTIEKEN RWZI'S BOLSWARD, HEERENVEEN, LEEUWARDEN EN SNEEK

| Aspect | Rwzi Bolsward | Rwzi Heerenveen | Rwzi Leeuwarden | Rwzi Sneek |
|---|---|---|---|---|
| Type rwzi | Carrousel | Carrousel | Carrousel | Carrousel |
| Ontwerpbelasting (i.e. 150) | 41.000 | 130.000 | 227.000 | 66.000 |
| Slibgisting | nee | nee | Ja | nee |
| Type te ontwateren slib | onvergist ingedikt SS | onvergist ingedikt SS | onvergist ingedikt SS | onvergist ingedikt SS |

Uit Tabel 3.2 en Tabel 3.3 is af te leiden dat er een grote verscheidenheid aan slibben is getest. De slibben zijn afkomstige van verschillende typen rwzi's (Carrousel, BCFS, UCT), de wijze van fosfaatverwijdering verschilt (biologisch en/of chemisch) en er is zowel met primair als secundair slib en vergist/onvergist slib getest.

### 3.2.4 BEMONSTERINGSPROTOCOL

De volgende parameters zijn tijdens de kleinschalige testen geanalyseerd:

- drogestof, CZV, BZV, N-totaal, NH4, NKj, ortho-P, P-totaal, zwevendestof, TZV, pH, temperatuur
- slibdebiet
- PE verbruik van schroefpersen (kg actief PE / ton ds);
- effect van slibtype op ontwaterbaarheid;
- de centraatkwaliteit (mg/l TSS).

In bijlage 2 zijn voor de verschillende testen de geanalyseerde parameters opgenomen.

## 3.3 DUURTEST OP GROTE SCHAAL

### 3.3.1 INLEIDING EN DOEL

De duurtest is uitgevoerd om de ontwateringsresultaten van de schroefpers gedurende een langere periode (3 tot 4 weken) en op een grotere schaal te testen en te monitoren. Het doel van de test was enerzijds om onder procescondities te draaien die representatief zijn voor slibontwatering in Nederland (optimum tussen PE dosering, drogestofgehalte, kwaliteit van perswater en overige relevante aspecten). Anderzijds had de test ook tot doel om te bepalen wat voor drogestof waarden er maximaal haalbaar zijn met de schroefpers. Tijdens de testperiode is geëxperimenteerd met instellingen (druk en snelheid van schroefpers), PE typen en maximaal te behalen drogestofgehalten om de optimale ontwatering te bereiken. Hierbij moet opgemerkt worden dat er op de awzi Tollebeek biologische fosfaatverwijdering plaatsvindt (aangevuld met chemische P verwijdering) waardoor het PE verbruik van de eindontwatering relatief hoog is [2]. In paragraaf 3.3.2 wordt een beschrijving van de toegepaste schroefpers gegeven, gevolgd door de karakteristieken van de awzi Tollebeek in paragraaf 3.3.3. Tenslotte volgt in paragraaf 3.3.4 het bemonsteringsprotocol.

### 3.3.2 KENMERKEN DUURTEST AWZI TOLLEBEEK

De kenmerken zijn samenvattend opgenomen in Tabel 3.4.

**TABEL 3.4 KENMERKEN DUURTEST TOLLEBEEK**

| Aspect | Eenheid | Waarde |
|---|---|---|
| Duur van test | Dagen | 24 |
| Capaciteit awzi Tollebeek | i.e. (150) | 130.000 |
| Kenmerken awzi Tollebeek | - | Bio-P, slibgisting, aanvullend FeCl3 |
| Uitgegist slibproductie awzi Tollebeek | kg ds/h | ±360 kg ds/h * |
| Maximale capaciteit schroefpers | kg ds/h | 150 |
| Nominale capaciteit schroefpers (60%) | kg ds/h | 90 |
| Te ontwateren slib | Type | Uitgegist slib awzi Tollebeek |
| Drogestofgehalte uitgegist slib | % ds | 3,2 |
| PE duurtest | Merk, type, prijs (€/kg actief PE) | Zetag 9016, € 4,94 kg incl BTW **<br>Zetag 9046FS, € 4,94 kg incl BTW **<br>Zetag 9049FS, € 4,94 kg incl BTW ** |
| Prijs PE awzi Tollebeek | €/kg actief PE | € 5,16 kg incl BTW |

* Gemiddelde drogestof vracht in uitgegist slib tijdens duurtest

** Bron MTI-engineering: 49% actief PE

De toegepaste schroefpers heeft een maximale capaciteit van 150 kg ds/h. De nominale capaciteit van de schroefpers is 60% wat neerkomt op 90 kg ds/h. De totale productie van drogestof in het uitgegiste slib van de awzi Tollebeek bedroeg gedurende de test 360 kg ds/h. De geplaatste schroefpers is theoretisch dus in staat om maximaal (150/360=) 42% en nominaal (90/360=) 25% van het uitgegiste slib van de awzi Tollebeek te ontwateren. Tijdens de duurtest is de nominale belasting van 90 kg ds/h gehanteerd. Bij een drogestofgehalte van 3,2% komt dit neer op een hydraulische belasting van ongeveer 3 $m^3$/h.

De verschillende typen PE zijn op advies van MTI-engineering[1] (MTI) gebruikt omdat uit de reeds uitgevoerde kleinschalige test naar voren kwam dat deze typen een goed ontwateringresultaat opleverden. In Tabel 3.5 is opgenomen gedurende welke periode van de duurtest ze gebruikt zijn.

**TABEL 3.5 PE TYPEN EN TESTPERIODE**

| Aspect | Eenheid | Zetag 9016 | Zetag 9046 SF | Zetag 9049 FS |
|---|---|---|---|---|
| Producent | | BASF | BTC | BTC |
| Testperiode | | 7 t/m 14 juli<br>29 juli t/m 1 augustus | 15 t/m 29 juli | 29 juli |

### 3.3.3 BESCHRIJVING VAN DE SCHROEFPERS INSTALLATIE

De schroefpers en de bijbehorende randapparatuur zijn weergegeven in Figuur 3.2. Deze is begin juli 2013 op de awzi Tollebeek geplaatst. De gehele installatie is opgesteld in een container.

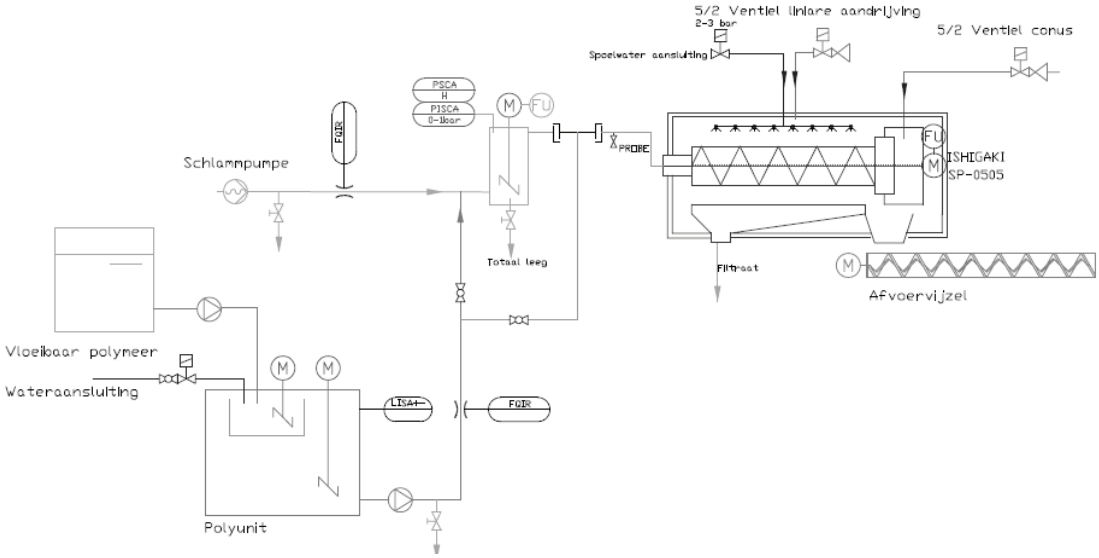
1 MTI-engineering

**FIGUUR 3.2** **CONTAINER MET AANVOERLEIDINGEN (LINKS) EN OPSTELLING VAN SCHROEFPERS IN CONTAINER (RECHTS)**

Een schematische weergave van de pilotinstallatie met alle bijbehorende onderdelen is weergegeven in Figuur 3.3. De onderdelen betreffen:

- PE aanmaak en doseerinstallatie
- mengtank
- schroefpers (capaciteit 150 kg ds/h) met aansluitingen voor spoelwater en lucht
- afvoervijzel ontwaterd slib
- slib-, water- en PE pompen
- debietmeters en randapparatuur
- bezinktank voor verbeteren kwaliteit perswater (niet opgenomen in Figuur 3.3)

**FIGUUR 3.3** **SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN PILOT SCHROEFPERS INSTALLATIE**




Uitgegist slib wordt vanaf de awzi Tollebeek aangevoerd naar de container waarin de schroefpers is opgesteld. In de container zijn slibpompen opgesteld waarmee het uitgegiste slib naar de mengtank wordt gepompt. Aan dit uitgegiste slib wordt tevens de afgevangen zwevendestof toegevoegd die, vanuit de bezinktank, over de schroefpers gerecirculeerd wordt. Voorafgaand aan de mengtank wordt PE gedoseerd op de slibleiding. In de mengtank vindt een optimale menging plaats tussen PE en slib. Het slib-PE mengsel gaat vervolgens naar de schroefpers waar het in verschillende fasen (indikking, filtratie en persfase) ontwaterd wordt. Via een schroef wordt het ontwaterde slib afgevoerd.

### PE AANMAAK- EN DOSEERINSTALLATIE

De PE aanmaak- en doseerinstallatie is geleverd door MTI en bevond zich in de container met de schroefpers. In Figuur 3.3 is de PE installatie schematisch weergegeven. Het geconcentreerde PE wordt aangemaakt met gebroken drinkwater waarbij het mengsel intensief gemengd wordt. Vervolgens gaat de aangemaakte PE naar de rijpingstank (voorzien van een langzaam draaiende menger). De PE kan op twee punten gedoseerd worden; voorafgaand aan de mengtank of juist vlak voor de schroefpers. Over het algemeen wordt het doseerpunt voorafgaand aan de mengtank gebruikt, omdat hierdoor een betere menging van slib en PE gerealiseerd wordt. Tijdens de duurtest is alleen PE gedoseerd via dit punt.

### MENGTANK

In de mengtank worden slib en PE gemengd. De menger wordt frequentie geregeld.

### SCHROEFPERS

De schroefpers die voor deze test geleverd is heeft een lengte van 2 meter en is verhoogd opgesteld op een frame. Voor de werking van de schroefpers zie paragraaf 2.2.

### AFVOERVIJZEL

Het ontwaterd slib wordt met een vijzel afgevoerd naar een container.

### POMPEN

In de container zijn de volgende pompen opgenomen:

- slibpomp
- geconcentreerd PE pomp
- aangemaakt PE pomp

### BEZINKTANK VOOR NABEHANDELING PERSWATER

Het perswater van de schroefpers gaat naar een bezinktank (type Dortmundtank) om het afscheidingsrendement voor zwevendestof te vergroten (Figuur 3.4). Zwevendestof bezinkt in deze tank en wordt met een pomp gerecirculeerd naar de aanvoerleiding van de schroefpers. Het perswater loopt aan de bovenkant uit de tank en wordt geloosd op de terreinriolering.

FIGUUR 3.4 BEZINKTANK VOOR NABEHANDELING VAN PERSWATER

### DEBIETMETERS EN OVERIGE INSTALLATIES

In de container zijn elektromagnetische debietmeters geplaatst op de aanvoerleidingen van slib, PE en water om het verbruik hiervan te meten. Verder is de hoeveelheid perswater

gemeten aan de hand van het volume van de opvangbak en de frequentie waarmee deze geleegd is.

Tot slot bevindt zich in de container nog noodzakelijke overige apparatuur zoals een besturingskast.

### 3.3.4 BEMONSTERINGSPROTOCOL

Het belangrijkste doel van de duurtest is om inzicht te verkrijgen in het drogestofgehalte van het ontwaterde slib, het PE verbruik, het energieverbruik en de hoeveelheid zwevendestof in het perswater. Tijdens de duurtest zijn de verschillende deelstromen (uitgegist slib, PE, perswater en ontwaterd slib) geanalyseerd. Het uitgevoerde bemonsteringsprotocol is opgenomen in bijlage 2. De volgende parameters zijn bepaald:

- debietmeting ingaand slib en PE schroefpersen en centrifuges Tollebeek (middels elektromagnetische flowmeters)
- drogestofmeting uitgegist en ontwaterd slib (analyse op awzi Tollebeek en op laboratorium waterschap Groot Salland (verder in deze rapportage beschreven als: gecertificeerd laboratorium))
- analyse perswater op CZV, TSS, NKj, $NH_4$ en P (analyse door gecertificeerd laboratorium)
- asrest uitgegist en ontwaterd slib (analyse door gecertificeerd laboratorium)
- analyse van zware metalen in uitgegist slib en perswater
- het energiegebruik van schroefpersen en centrifuges Tollebeek (kWh / ton ds).

# 4

# RESULTATEN KLEINSCHALIGE TESTEN

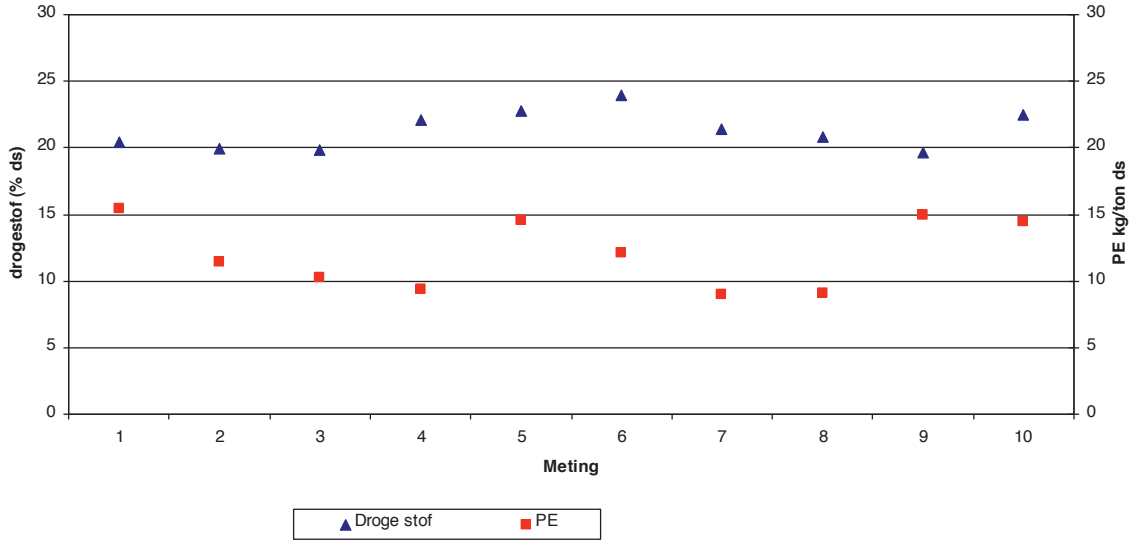
## 4.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de resultaten beschreven van de kleinschalige testen die recentelijk met schroefpersen zijn uitgevoerd op Nederlandse rwzi's. In bijlage 3 zijn de resultaten van de verschillende testen opgenomen.

## 4.2 RWZI ASSEN

In oktober 2012 zijn er op de rwzi Assen gedurende drie dagen testen uitgevoerd met de schroefpers. Gedurende deze drie dagen is uitgegist slib met een drogestofgehalte van gemiddeld 2,6% ontwaterd. Tijdens de test zijn vier verschillende polymeer typen gebruikt en zijn er in totaal tien metingen gedaan. In Figuur 4.1 zijn het PE verbruik en gerealiseerde drogestofgehalte gezamenlijk weergegeven.

FIGUUR 4.1 DROGESTOFGEHALTE ONTWATERD SLIB EN GERELATEERD PE VERBRUIK



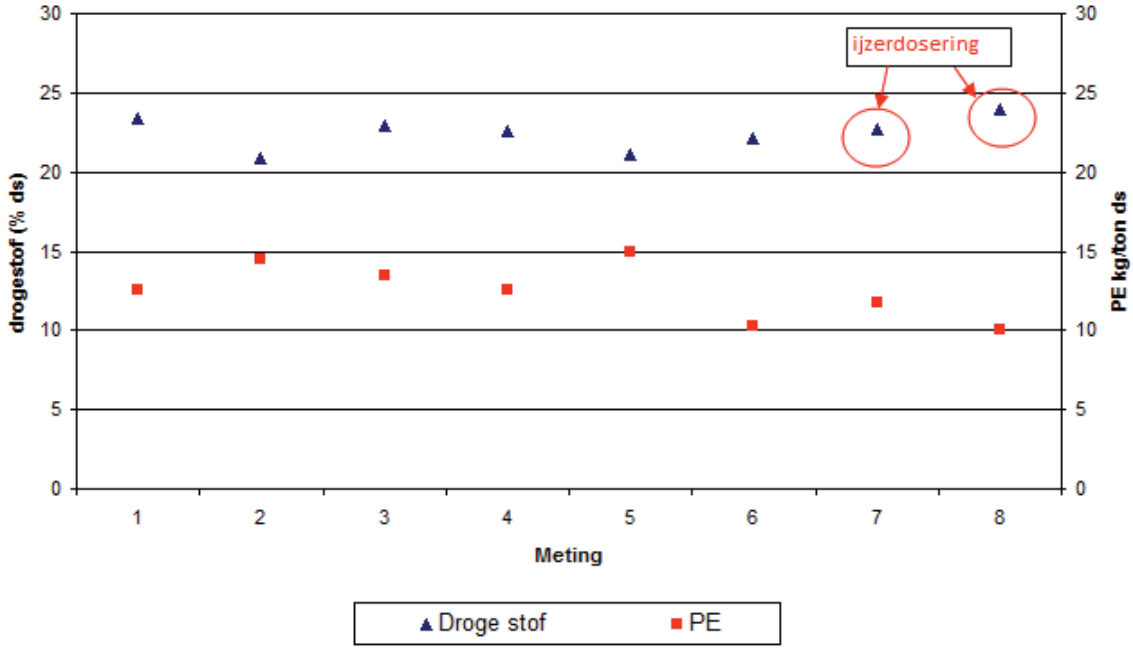

Uit Figuur 4.1 volgt een drogestofgehalte variërend tussen de 20 en 24% bij een PE verbruik van 9 tot 15 kg/ton drogestof.

## 4.3 RWZI DEN HELDER

Op de rwzi Den Helder is in september en oktober 2013 een kleinschalige test uigevoerd. Omdat er tijdens de testperiode in september een storing aan de installatie optrad is de test in oktober gedurende twee dagen voortgezet. Tijdens de test is vergist slib met een drogestofgehalte van gemiddeld 3% ontwaterd waarbij er tijdens test 7 en 8 ijzerchloride gedoseerd is (300 ml per uur) om het ontwateringsresultaat te verbeteren.

In Figuur 4.2 zijn het PE verbruik en gerealiseerde drogestofgehalte gezamenlijk weergegeven.

FIGUUR 4.2 DROGESTOFGEHALTE ONTWATERD SLIB EN GERELATEERD PE VERBRUIK RWZI DEN HELDER




Uit Figuur 4.2 is af te leiden dat er een drogestofgehalte van 21 tot 24% gehaald is bij een PE verbruik van 10 tot 15 kg per ton drogestof. Verder is te zien dat er bij de laatste twee metingen (7 en 8) relatief weinig PE gedoseerd terwijl het drogestofgehalte juist hoog was. Dit kan verklaard worden doordat er juist bij deze testen ijzerchloride gedoseerd is. Het zwevendestofgehalte in het perswater is eenmaal gemeten en bedroeg 220 mg/l.

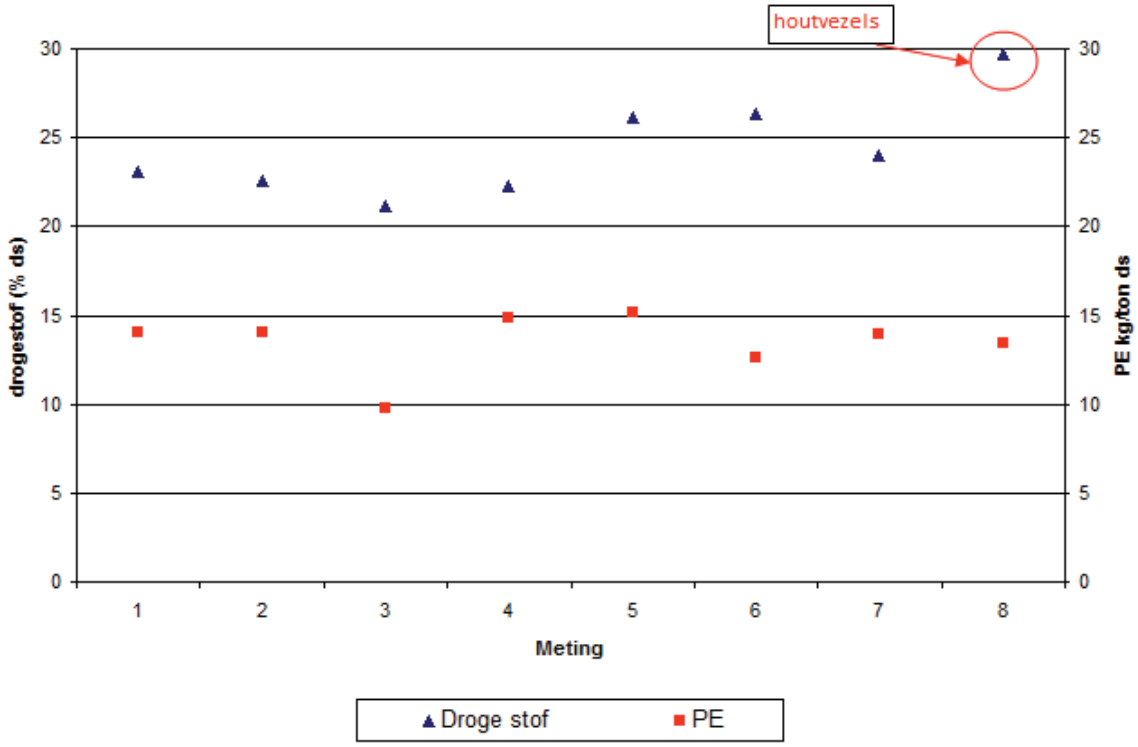
## 4.4 RWZI ECHTEN

Op de rwzi Echten is in september 2013 gedurende drie dagen getest met de schroefpers. Tijdens deze drie dagen zijn acht metingen gedaan. Na dag 2 zijn tevens houtvezels toegevoegd (60 kg per ton drogestof) om het ontwateringsresultaat verder te verbeteren[2].
De MAP-reactor waarmee struviet (magnesium ammonium fosfaat) geproduceerd wordt, is niet in bedrijf geweest tijdens de test. IJzer is ook niet gedoseerd. Dit gebeurt normaal gesproken wel bij de kamerfilterpers.

Figuur 4.5 geeft de gerealiseerde drogestofgehalten en het bijbehorende PE verbruik tijdens de test weer.

2 Waterschap Reest en Wieden voegt bij kamerfilterpersen standaard houtvezels toe bij de slibontwatering om het ontwateringsproces verder te verbeteren. Het slib wordt vervolgens gecomposteerd.

FIGUUR 4.3 DROGESTOFGEHALTE ONTWATERD SLIB EN GERELATEERD PE VERBRUIK RWZI ECHTEN




Uit Figuur 4.5 is af te leiden dat het drogestofgehalte tussen de 21 en 26% lag bij een PE dosering die varieerde van 10 tot 15 gram / kg drogestof. Bij de laatste meting zijn houtvezels gedoseerd. Mét dosering van houtvezels liep het (bruto) drogestofgehalte op tot 30% waarbij het PE verbruik gelijk bleef. Het netto drogestofgehalte (exclusief houtvezels) bedroeg 28,4%, wat significant hoger is dan het gemiddeld gemeten drogestofgehalte. Netto lijkt de dosering van houtvezels dus tot een toename van het drogestofgehalte te leiden.

## 4.5 RWZI HEERENVEEN

De test op de rwzi Heerenveen is in september 2013 uitgevoerd en duurde drie dagen. Tijdens de test is niet alleen het slib van de rwzi Heerenveen ontwaterd maar ook dat van andere rwzi's van Wetterskip Fryslân (rwzi's Leeuwarden, Bolsward en Sneek). Tijdens alle testen is hetzelfde PE type gebruikt.

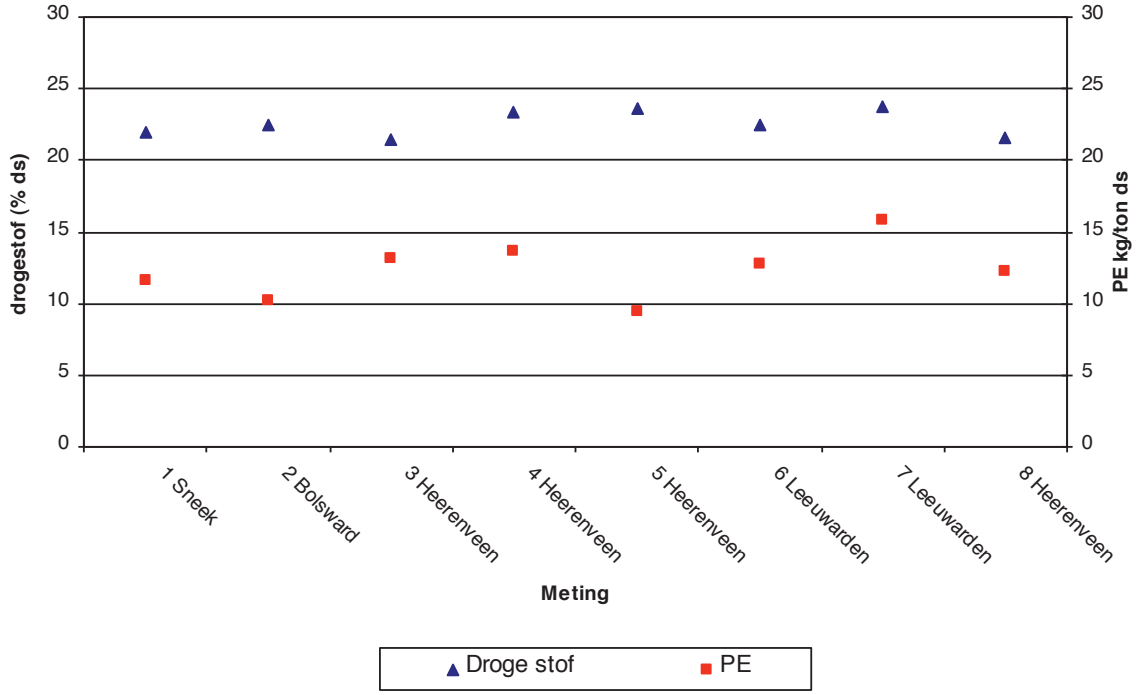
In Tabel 4.1 worden de kenmerken gegeven van het slib wat achtereenvolgens met de schroefpers behandeld is.

TABEL 4.1 KENMERKEN VAN ONTWATERDE SLIBBEN

| Test | Slib | Drogestof ingaand slib (% ds) | Debiet ($m^3$/h) | Drogestofvracht (kg ds/h) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Sneek | 3,3 | 0,41 | 13,6 |
| 2 | Bolsward | 3,2 | 0,37 | 11,7 |
| 3 | Heerenveen; gemengd slib tank2 | 3,1 | 0,42 | 13,1 |
| 4 | Heerenveen; gemengd slib tank2 | 3,0 | 0,42 | 12,6 |
| 5 | Heerenveen; gemengd slib tank2 | 3,2 | 0,42 | 13,3 |
| 6 | Leeuwarden | 4,1 | 0,35 | 14,2 |
| 7 | Leeuwarden | 4,3 | 0,35 | 14,8 |
| 8 | Heerenveen | 3,3 | 0,43 | 13,9 |

In Figuur 4.4 is het gerealiseerde drogestofgehalte en het bijbehorende PE verbruik te zien.

FIGUUR 4.4 DROGESTOFGEHALTE ONTWATERD SLIB EN GERELATEERD PE VERBRUIK VAN VERSCHILLENDE LOCATIES OP DE RWZI HEERENVEEN

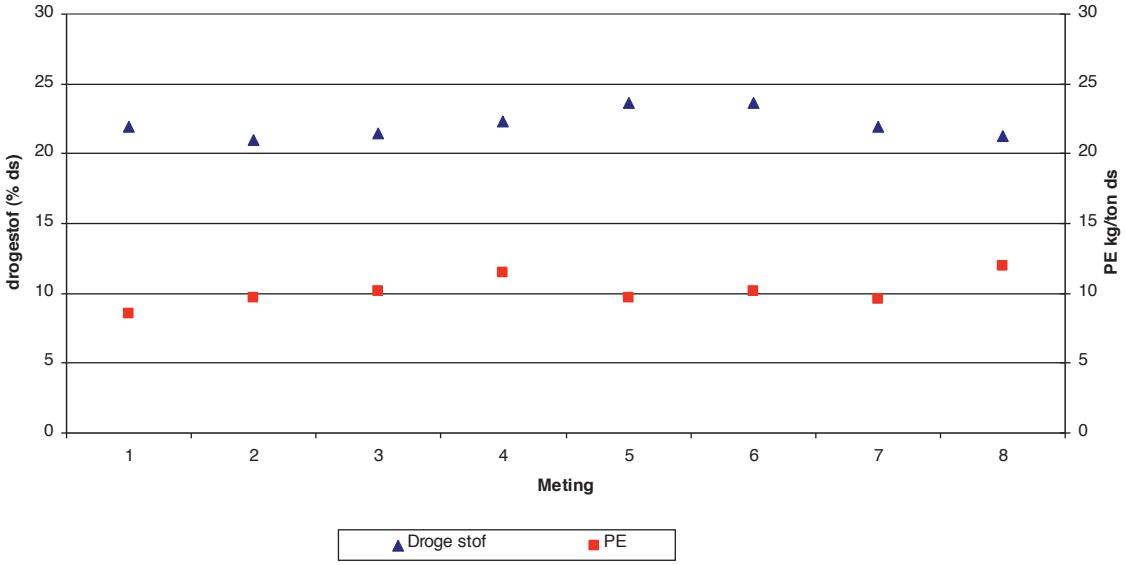



Uit Figuur 4.4 komt naar voren dat de spreiding in drogestofgehalte en PE verbruik relatief beperkt zijn. Het drogestofgehalte in het ontwaterde slib varieert van 21 tot 24% terwijl het PE verbruik varieert van 10 tot 16 kg per ton drogestof. Het slib van de rwzi Leeuwarden is als enige vergist. Het PE verbruik lijkt bij het slib van Leeuwarden relatief hoog te liggen maar door de beperkte hoeveelheid metingen is hier geen uitsluitsel over te geven.

## 4.6 AWZI TOLLEBEEK

Op de awzi Tollebeek is in maart 2013 een kleinschalige test uigevoerd. In Figuur 4.1 zijn het PE verbruik en gerealiseerde drogestofgehalte gezamenlijk weergegeven.

FIGUUR 4.5 DROGESTOFGEHALTE ONTWATERD SLIB EN GERELATEERD PE VERBRUIK




Uit Figuur 4.1 volgt een drogestofgehalte variërend tussen de 21 en 24% bij een PE verbruik van 9 tot 12 kg per ton drogestof.

Tijdens de test is tevens een vergelijking gemaakt tussen de kwaliteit van het perswater van de schroefpers en van het centraat van de centrifuges. De schroefpers was tijdens deze test niet uitgerust met een bezinktank om de kwaliteit van het perswater te verbeteren. De resultaten van de analyses zijn weergegeven in Tabel 4.2.

TABEL 4.2 KWALITEIT VAN PERSWATER EN CENTRAAT AWZI TOLLEBEEK

| Aspect | Eenheid | Centraat (centrifuge) | Perswater (schroefpers) |
|---|---|---|---|
| BZV | mg/l | 49 | 110 |
| CZV | mg/l | 550 | 1.180 |
| onopgeloste stoffen | mg/l | 95 | 440 |
| stikstof Kjeldahl | mg/l | 1.060 | 1.130 |
| orthofosfaat | mg/l | 200 | 210 |
| totaal fosfor | mg/l | 210 | 230 |

Uit bovenstaande tabel komt naar voren dat het perswater relatief hoge concentraties onopgeloste stoffen bevat, wat resulteert in verhoogde BZV en CZV concentraties.

## 4.7 RWZI ZUTPHEN

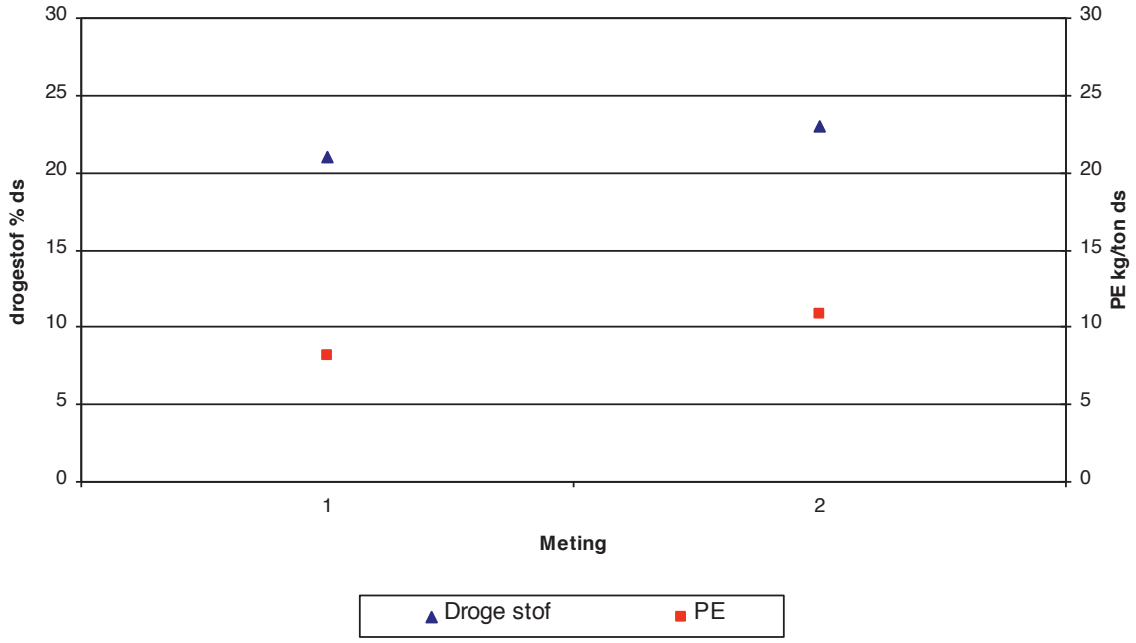
De test op de rwzi Zutphen is al in december 2010 uitgevoerd. Tijdens deze test is zowel slib uit de actiefslibtank als uitgegist slib ontwaterd. Er zijn slechts drie metingen uitgevoerd tijdens de test. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.3.

TABEL 4.3 RESULTATEN SCHROEFPERS TEST RWZI ZUTPHEN

| Aspect | Type slib | Debiet (m3/h) | Ingaand drogestofgehalte (% ds) | Uitgaand drogestofgehalte (% ds) | PE verbruik (actief) (kg PE/ton ds) |
|---|---|---|---|---|---|
| Test 1 | Actief slib (direct uit AT) | 1,5 | 0,33 | 16 | 6,3 |
| Test 2 | Uitgegist slib | 0,53 | 4,4 | 21 | 8,2 |
| Test 3 | Uitgegist slib | 0,4 | 4,0 | 23 | 10,9 |

Het drogestofgehalte en bijbehorende PE verbruik van de twee testen waarbij uitgegist slib ontwaterd is, zijn weergegeven in Figuur 4.6.

FIGUUR 4.6 DROGESTOFGEHALTE ONTWATERD SLIB EN PE VERBRUIK RWZI ZUTPHEN




Uit Figuur 4.6 komt een gemiddeld drogestofgehalte van 22% naar voren bij een PE verbruik van 10 gram PE/kg drogestof.

## 4.8 CONCLUSIES KLEINSCHALIGE TESTEN

In Tabel 4.4 zijn de gemiddelde resultaten van de verschillende testen opgenomen.

TABEL 4.4 GEMIDDELDE RESULTATEN VAN KLEINSCHALIGE TESTEN

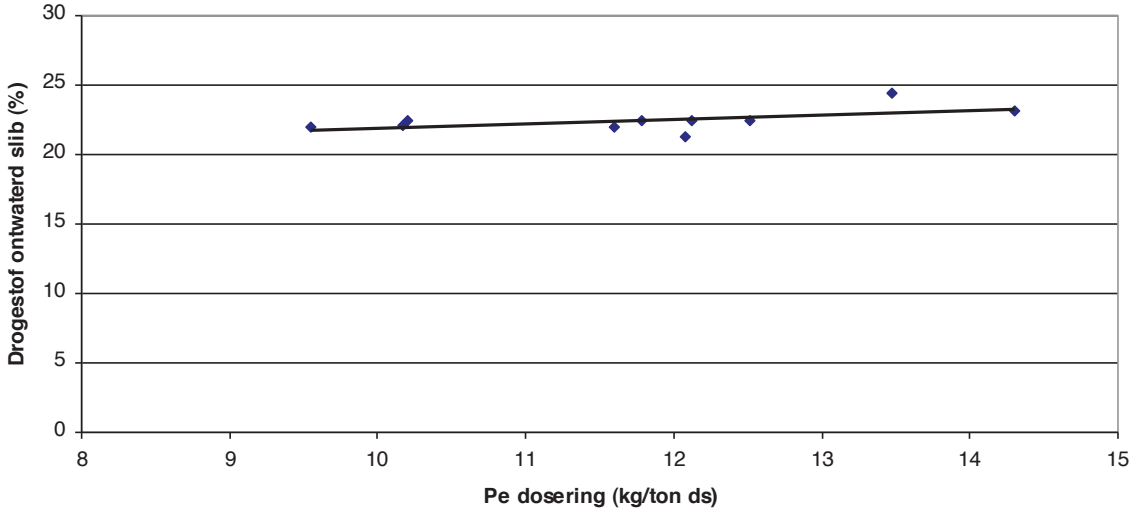
| Rwzi | Gemiddelde aanvoer $m^3/h$ | Gemiddelde drogestof in % ds | Gemiddelde belasting kg ds/h | PE dosering kg/ton ds | Drogestof uit % ds |
|---|---|---|---|---|---|
| Rwzi Assen | 0,49 | 2,6 | 12,7 | 9,0 – 15,4 | 19,6 – 23,9 |
| Rwzi Den Helder | 0,47 | 3,2 | 14,8 | 10,0 – 14,9 | 20,9 – 23,9 |
| Rwzi Echten | 0,42 | 3,3 | 13,9 | 9,8 – 15,2 | 21,2 – 26,3 * |
| Rwzi Heerenveen | 0,42 | 3,1 | 13,2 | 9,5 – 13,6 | 21,5 – 23,6 |
| Rwzi Leeuwarden | 0,35 | 4,2 | 14,5 | 12,8 – 15,8 | 22,5 – 23,7 |
| Rwzi Sneek | 0,41 | 3,3 | 13,6 | 11,6 | 22,0 |
| Rwzi Bolsward | 0,37 | 3,2 | 11,7 | 10,2 | 22,5 |
| Awzi Tollebeek | 0,52 | 2,9 | 15,1 | 8,5 – 12,0 | 21,0 – 23,6 |
| Rwzi Zutphen ** | 0,47 | 4,2 | 19,7 | 8,2 – 10,9 | 21 – 23 |
| Gemiddeld | 0,43 | 3,3 | 14,4 | 8,2 – 15,8 | 19,6 – 26,3 |

* exclusief de 29,7% drogestof bij houtsnipper dosering

** exclusief de resultaten bij de directe ontwatering van actiefslib

Uit Tabel 4.4 kan worden afgeleid dat drogestofgehalten van 21,3 tot 24,4% haalbaar zijn bij PE doseringen van 9,6 tot 13,5 kg/ton drogestof. Het merendeel van de ontwaterde slibben betreft bio-P slibben die in het algemeen slecht te ontwateren zijn [2]. Om te bepalen of er een verband te zien is tussen het drogestofgehalte van het ontwaterd slib en het PE verbruik zijn deze in Figuur 4.7 tegen elkaar uitgezet.

FIGUUR 4.7 RELATIE DROGESTOF GEHALTE ONTWATERD SLIB EN PE DOSERING




Uit Figuur 4.7 is geen significant verband af te leiden tussen PE dosering en drogestofgehalte van het ontwaterd slib. Gemiddeld lijkt het drogestofgehalte te stijgen bij een hogere PE dosering maar deze stijging is zeer beperkt in verhouding tot de hoeveelheid gedoseerd PE.

Uit de test die op de awzi Tollebeek is uitgevoerd kan verder worden geconcludeerd dat het zwevendestofgehalte in het perswater relatief hoog is in vergelijking met dat van centrifuges. Om deze reden is er tijdens de duurtest een extra bezinktank geplaatst waardoor het zwevendestof in het perswater de gelegenheid krijgt om te bezinken, om vervolgens te worden gerecirculeerd naar de ingaande slibstroom van de schroefpers.

Samengevat kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- het drogestofgehalte bij de ontwatering van ingedikt (uitgegist) slib lag tussen de 20 en 26%
- het PE verbruik tijdens de testen lag tussen de 8 en 16 kg per ton drogestof
- tijdens de verschillende testen is de schroefpers gemiddeld belast met 13 tot 20 kg drogestof per uur
- de hydraulische aanvoer tijdens de verschillende testen bedroeg 0,4 tot 0,5 $m^3/u$
- de dosering van ijzer en hout leidde tot een daling van het PE verbruik en een verhoging van het drogestofgehalte
- bij de directe ontwatering van actief slib (drogestofgehalte van 0,33%) werd een drogestofgehalte van 16% gerealiseerd bij een PE dosering van 6 kg PE per ton drogestof.

# 5

# RESULTATEN DUURTEST AWZI TOLLEBEEK

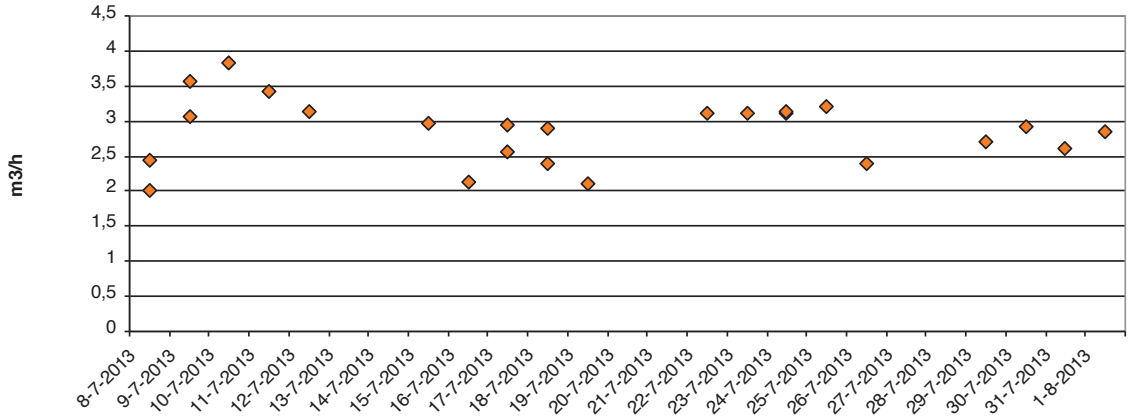
## 5.1 INLEIDING

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de duurtest op de awzi Tollebeek. Hierbij is in paragraaf 5.2 de aanvoer van de schroefpers beschreven waarna in paragrafen 5.3 en 5.4 respectievelijk het drogestofgehalte van het ontwaterde slib en het PE verbruik aan bod komen (in relatie tot het drogestofgehalte). Verder wordt in paragraaf 5.4 een vergelijking gemaakt met de prestaties van de centrifuges voor slibontwatering op de awzi Tollebeek gedurende de duurtest. Paragraaf 5.5 bespreekt de kwaliteit van het perswater van de schroefpers. Tot slot is ook het energiegebruik van de schroefpersinstallatie vergeleken met het energiegebruik van de centrifuges op de awzi Tollebeek (paragraaf 5.6). In bijlagen 4 en 5 zijn alle analyseresultaten van de duurtest opgenomen. Met de beschikbare debieten, drogestofgehalten en fosfaatconcentraties is getracht een fosforbalans (P-balans) op te stellen over de schroefpers. Het doel hiervan was om te bepalen of er in de schroefpers struvietafzettingen optreden.

## 5.2 AANVOER SCHROEFPERS

De schroefpers is van 8 juli t/m 1 augustus in bedrijf geweest. In deze periode is de schroefpers gevoed met uitgegist slib en een klein deel aan zwevendestof die, vanuit de bezinktank, over de schroefpers gerecirculeerd wordt. In Figuur 5.1 is het debiet weergegeven zoals dat in deze periode naar de schroefpers is aangevoerd.

FIGUUR 5.1 DEBIET AANVOER SCHROEFPERS (M3/H)




Uit Figuur 5.1 is af te leiden dat de aanvoer naar de schroefpers gevarieerd is van 2 tot 4 $m^3$/h. Gemiddeld genomen bedroeg het aangevoerde debiet 2,9 $m^3$/h.

De samenstelling van het ingaande slib is uitgebreid gemeten. Het debiet is continu gemeten en het drogestofgehalte, temperatuur, pH, CZV en indamprest zijn dagelijks bepaald. Het gehalte aan NKj en P is gemiddeld 2 maal per week geanalyseerd. In bijlage 4 zijn alle analyseresultaten weergegeven. De samenstelling van het uitgegiste slib is opgenomen in Tabel 5.1.

TABEL 5.1 GEMIDDELDE SAMENSTELLING VAN GEMIDDELDE AANVOER SCHROEFPERS (UITGEGIST SLIB)

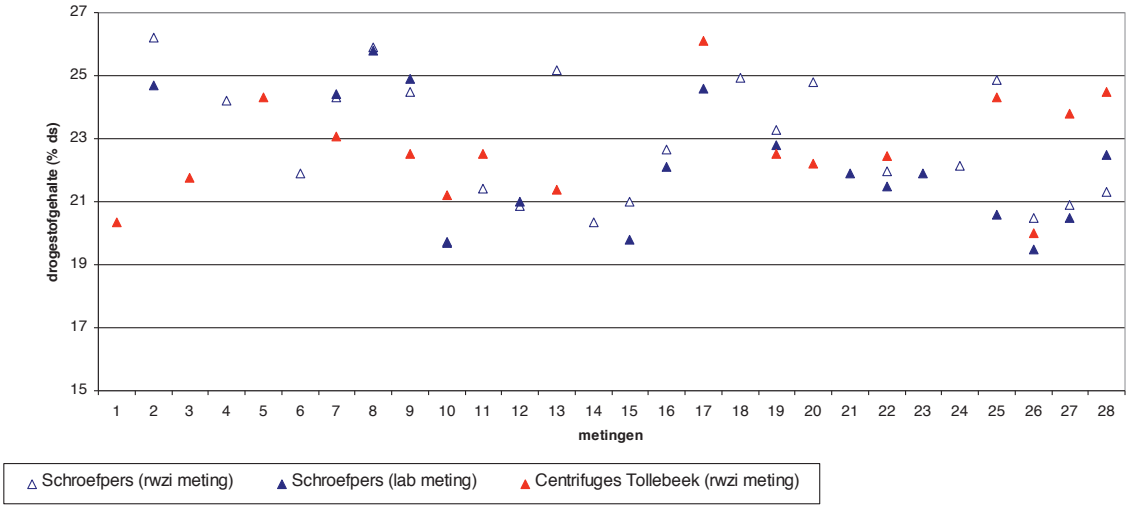
| Aspect | Eenheid | Waarde |
|---|---|---|
| Debiet | $m^3/h$ | 2,9 |
| Temperatuur | °C | 33,2 |
| pH | - | 7,4 |
| CZV | g/kg ds | 834 |
| Drogestof | % ds | 3,4 |
| Gloeirest | % van ds | 45 |
| NKj | g/kg ds | 88 |
| Totaal P | g/kg ds | 55 |

Op basis van de gegevens in Tabel 5.1 kan worden afgeleid dat de gemiddelde drogestofbelasting naar de schroefpers (2,9 $m^3/h$ x 3,4% ds ≈) 100 kg drogestof per uur bedroeg. Deze drogestofvracht bevat tevens de zwevendestof die gerecirculeerd wordt vanuit de bezinktank. In paragraaf 5.5 is de hoeveelheid gerecirculeerde zwevendestof uitgewerkt, welke 0,7% van de totaal aangevoerde drogestofvracht bedraagt.

## 5.3 DROGESTOFGEHALTE ONTWATERD SLIB SCHROEFPERS EN CENTRIFUGES

Figuur 5.2 geeft het drogestofgehalte van het door de schroefpersen ontwaterde slib weer gedurende de duurtest. In het figuur zijn zowel de analyseresultaten van de awzi Tollebeek[3] als de analyseresultaten van het gecertificeerde laboratorium opgenomen. Ter referentie zijn in dit figuur tevens de drogestofgehalten in het ontwaterde slib van de centrifuges opgenomen die op de awzi Tollebeek staan opgesteld.

FIGUUR 5.2 DROGESTOFGEHALTE ONTWATERD SLIB SCHROEFPERS EN CENTRIFUGES AWZI TOLLEBEEK




Uit bovenstaand figuur is af te leiden dat het drogestofgehalte van de centrifuges en de schroefpers elkaar nauwelijks ontlopen. Aan het begin van de test worden er met de schroefpers wat hogere drogestofgehalten gehaald terwijl de laatste dagen van de test de centrifuges iets beter presteren. Een exacte oorzaak voor het lagere drogestofgehalte aan het eind van de test is niet aan te wijzen. Er zijn in deze periode wijzigingen aangebracht in de conusdruk, schroefsnelheid en het toerental van de menger van de PE installatie. Deze aanpassingen hebben mogelijk effect gehad op het uiteindelijke drogestofgehalte. Verder blijkt uit het figuur dat

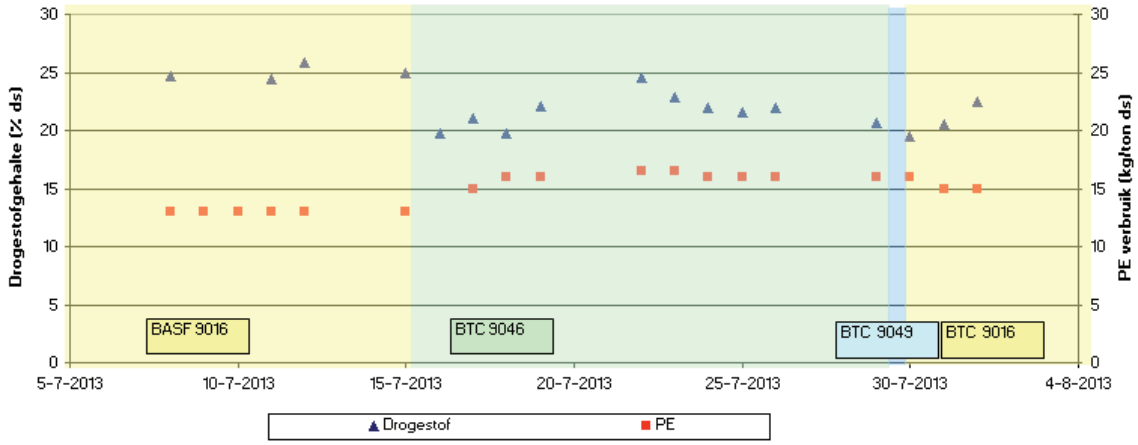
3 Analyses uitgevoerd met meetapparatuur van Waterschap Zuiderland

de analyseresultaten van het gecertificeerde laboratorium en de metingen op de awzi redelijk goed met elkaar overeen komen (drogestofgehalte ontwaterd slib schroefpers). Het gemiddeld gemeten drogestofgehalte van het door de schroefpers ontwaterde slib bedroeg 22,9% tegenover 22,2% voor de laboratorium resultaten. Het gemiddelde drogestofgehalte van het slib wat door de centrifuges is ontwaterd, bedroeg in deze periode 22,6% (meting awzi Tollebeek).

## 5.4 PE VERBRUIK SCHROEFPERS EN CENTRIFUGES

Tijdens de duurtest met de schroefpers zijn verschillende typen PE toegepast om het effect daarvan te bepalen op het ontwateringsresultaat. In Figuur 5.3 zijn zowel het PE type, PE verbruik als het drogestofgehalte van het ontwaterde slib opgenomen. De perioden waarin verschillende PE typen getest zijn, worden in dit figuur weergegeven door middel van verschillende kleuren.

FIGUUR 5.3 PE VERBRUIK, PE TYPE EN DROGESTOFGEHALTE TIJDENS DUURTEST SCHROEFPERS




Uit Figuur 5.3 is op te maken dat een drogestof gehalte van 20 tot 26% gehaald werd bij een PE dosering van 13 tot 16 gram per kg drogestof. De hoeveelheid drogestof die gerecirculeerd wordt over de schroefpers bedraagt slechts 0,7% waardoor het slechts in zeer beperkte mate bijdraagt aan het uiteindelijke PE verbruik.

In Tabel 5.2 zijn de gemiddelde drogestof gehalten en de PE dosering per PE type weergegeven.

TABEL 5.2 GEMIDDELDE DROGESTOFGEHALTE EN PE VERBRUIK

| Periode | Type PE | Drogestofgehalte % ds | PE verbruik kg actief PE / ton ds |
|---|---|---|---|
| 8 t/m 15 juli | BASF 9016 | 25,0 | 13 |
| 15 t/m 28 juli | BTC 9046 | 21,7 | 16 |
| 29 juli | BTC 9049 | 20,6 | 16 |
| 30 juli t/m 1 augustus | BASF 9016 | 20,8 | 15 |

Uit Tabel 5.2 blijkt duidelijk dat in de eerste week van de test de beste resultaten behaald zijn. De twee PE-typen die in de periode van 15 t/m 29 juli getest zijn, leverden minder goede resultaten op. Opvallend is dat de ontwateringsresultaten tijdens de laatste drie dagen van de test niet vergelijkbaar zijn met de resultaten uit de eerste week van de test terwijl er hetzelfde type PE is gebruikt. De oorzaken van de verschillen zijn niet bekend. Mogelijk kunnen de schommelingen verklaard worden door wijzigingen in de slibaanvoer (variaties in primair

slib aanvoer door visindustrie). Ook de centrifuges verbruikten in de periode van 30 juli t/m 1 augustus gemiddeld meer PE (hier wordt in paragraaf 5.4.1 verder op ingegaan).

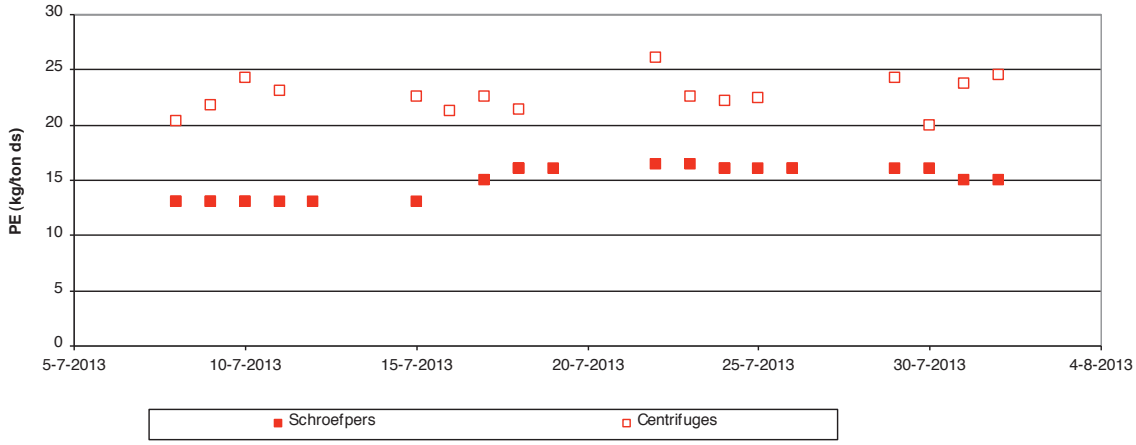
Over het algemeen is het opvallend dat het PE verbruik van de schroefpers tijdens de duurtest een stuk hoger ligt (14,8 kg/ton ds) dan tijdens de kleinschalige test (10,2 kg/ton ds) terwijl het drogestofgehalte ongeveer gelijk is. Een oorzaak hiervoor is moeilijk aan te wijzen. Mogelijke oorzaken kunnen bijvoorbeeld liggen in het PE type, seizoensinvloeden of eventuele aanvoer vanuit de industrie.

Om te beoordelen of de hogere benodigde PE dosering veroorzaakt kan zijn door temperatuurfluctuaties in het aangevoerde slib, zijn het PE verbruik en de temperatuur van het slib tegen elkaar uitgezet (bijlage 7). Er lijkt echter geen verband te zijn tussen temperatuur en PE verbruik.

### 5.4.1 PE VERBRUIK SCHROEFPERS EN CENTRIFUGES AWZI TOLLEBEEK

In Figuur 5.4 is zowel het PE verbruik van de schroefpers als dat van de centrifuges van de awzi Tollebeek weergegeven.

FIGUUR 5.4 PE VERBRUIK SCHROEFPERS EN CENTRIFUGES AWZI TOLLEBEEK




Uit Figuur 5.4 is af te leiden dat het PE verbruik van de schroefpers significant lager lijkt te liggen dan het PE verbruik van de centrifuges. Hierbij dient opgemerkt te worden dat er tijdens de duurtest met de schroefpers extra aandacht is geweest voor de optimalisatie van de PE aanmaak en dosering terwijl dit bij de centrifuges niet het geval is geweest.

In Tabel 5.3 zijn het gemiddelde PE verbruik en het drogestofgehalte van het ontwaterde slib van de centrifuges en schroefpersen opgenomen (periode 8 juli t/m 1 augustus 2013).

TABEL 5.3 PE VERBRUIK EN DROGESTOFGEHALTEN SCHROEFPERS EN CENTRIFUGES AWZI TOLLEBEEK (8-7 T/M 1-8-2013)

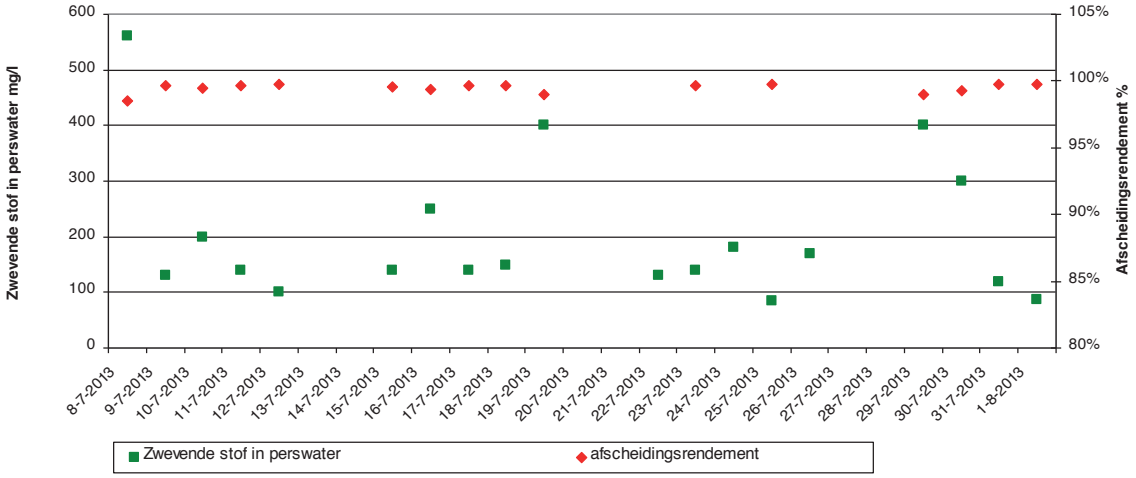
| | Drogestof (meting awzi) (% ds) | Drogestof (meting gecertificeerd laboratorium) (% ds) | PE verbruik (kg/ton ds) |
|---|---|---|---|
| Schroefpers | 22,9 | 22,2 | 14,8 |
| Centrifuges | 22,7 | - | 19,9 |

Uit bovenstaande grafiek komt naar voren dat het drogestofgehalte van schroefpersen en centrifuges vergelijkbaar is maar dat het PE verbruik van de schroefpers significant lager ligt (ca 34%).

## 5.5 KWALITEIT PERSWATER EN CENTRAAT

Het perswater van de schroefpers gaat via een bezinktank naar de terreinriolering. Het effluent van de bezinktank is tijdens deze test geanalyseerd. Figuur 5.5 geeft de hoeveelheid onopgeloste bestanddelen in het perswater en het afscheidingsrendement van de schroefpers weer.

FIGUUR 5.5 ZWEVENDESTOF IN PERSWATER EN AFSCHEIDINGSRENDEMENT SCHROEFPERS




Uit Figuur 5.5 is af te leiden dat de zwevendestof concentratie in het perswater ongeveer 200 mg/l bedroeg. Dit is significant lager dan de 440 mg/l die tijdens de kleinschalige test op de awzi Tollebeek gemeten werd. Gemiddeld is tijdens de duurtest met de schroefpers en de bezinktank een afscheidingsrendement >99% gehaald. De bezinktank lijkt hiermee een effectieve techniek om de hoeveelheid zwevendestof in het perswater omlaag te brengen. Als referentie zijn in bijlage 1 meetwaarden opgenomen van de hoeveelheid zwevendestof in het centraat van centrifuges van de awzi Tollebeek in de periode 2011 - 2013. Deze centrifuges leveren een centraatkwaliteit met zwevendestof concentraties van gemiddeld 309 mg/l.

In Tabel 5.4 zijn de gemiddelde waarden van de overige parameters in het perswater weergegeven.

TABEL 5.4 GEMIDDELDE CONCENTRATIES IN PERSWATER

| Apect | Eenheid | Waarde |
|---|---|---|
| CZV | mg/l | 834 |
| SS | mg/l | 201 |
| NKj | mg/l | 970 |
| Ammonium | mg/l | 873 |
| Ortho P | mg/l | 323 |
| P totaal | mg/l | 336 |

De zwevendestof uit de bezinktank wordt gerecirculeerd naar de slibaanvoerleiding van de schroefpers. De vracht aan zwevendestof is berekend door de zwevendestofconcentratie na de bezinktank (200 mg/l) af te trekken van de eerder gemeten zwevendestofconcentratie tijdens de kleinschalige test (440 mg/l). Dit levert een concentratie op van 240 mg/l. Bij een gemiddeld debiet van 2,9 m3/h levert dit per uur een drogestofvracht op van (2,9 $m^3$ x 240 mg/l =) 0,7 kg/h. Op de totale hoeveelheid drogestof die aangevoerd wordt naar de schroefpers (100 kg/h) betekent dit een aandeel van minder dan 1%.

## 5.6 ENERGIEGEBRUIK SCHROEFPERS EN CENTRIFUGES

Het energiegebruik van de schroefpers en de bijbehorende onderdelen (compressor, PE installatie, pompen, etc) is dagelijks gemonitord. Hiervoor is een kWh meter geplaatst op de schroefpers. Ook het opgenomen vermogen van de centrifuges op de awzi Tollebeek is geregistreerd (exclusief de PE installaties en pompen behorende bij de centrifuges).

Gemiddeld gebruikte de schroefpers 2,8 kWh/ton ds tegenover 70 kWh/ton ds voor de centrifuges. Het opgenomen vermogen van de schroefpers (0,26 kW) bevat echter niet de compressor die benodigd is voor het leveren van de druk op de drukhoudring (de hiervoor benodigde energie is echter beperkt omdat de compressor niet continu hoeft te draaien om dit systeem op druk te houden).

## 5.7 FOSFOR BALANS

Vanwege een beperkte hoeveelheid gegevens en het bestaan van recirculatiestromen bleek een sluitende P balans niet mogelijk. In bijlage 6 zijn de beschikbare fosforgegevens opgenomen.

## 5.8 SAMENVATTING EN CONCLUSIES DUURTEST

In Tabel 5.5 zijn de belangrijkste resultaten van de duurtest samengevat.

**TABEL 5.5 GEMIDDELDE RESULTATEN DUURTEST**

| Aspect | Eenheid | Schroefpers | Centrifuge |
|---|---|---|---|
| Aanvoer uitgegist slib | $m^3/h$ | 2,9 | 8,35 |
| Doge stof concentratie uitgegist slib | % ds | 3,4 | 3,4 |
| Aangevoerde drogestofvracht | ton ds/h | 0,093 | 0,271 |
| Drogestof concentratie ontwaterd slib | % ds | 22,2 * – 22,9 ** | 22,7 ** |
| PE verbruik | kg actief PE / ton ds | 14,8 | 19,9 |
| Zwevendestof in perswater/centraat | mg/l | 201 | 309 *** |
| Energiegebruik schroefpers / centrifuge | kWh/ton ds | 2,8 | 70 |

* meting door gecertificeerd laboratorium
** meting awzi
*** gemiddelde zwevende stof concentratie in periode 2011 - 2013

Op basis van de duurtest kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Het ontwateringsresultaat van de schroefpers die tijdens de duurtest op de awzi Tollebeek heeft gedraaid is gelijkwaardig aan dat van de centrifuges op de awzi Tollebeek. Het gemiddelde drogestofgehalte van het door de schroefpers ontwaterde slib bedroeg 22,2% (meting gecertificeerd laboratorium) tot 22,9% (meting awzi) tegenover 22,7% (meting awzi) voor de centrifuges
- Het PE verbruik van de schroefpers was met 14,8 kg/ton drogestof lager dan dat van de centrifuges (19,9 kg/ton drogestof)
- Het zwevendestofgehalte in het perswater van de schroefpers lag met 200 mg/l lager dan dat het gemiddelde zwevendestofgehalte van 309 mg/l wat in de periode 2011-2013 in het centraat van de centrifuges is gemeten. Gemiddeld werd over de schroefpers en de nageschakelde bezinktank een afscheidingsrendement groter dan 99% gehaald.
- Het energiegebruik van de schroefpers lag met een verwacht verbruik van 2,8 kWh/ton drogestof significant lager dan dat van centrifuges (70 kWh/ton drogestof)

# 6

# VERGELIJKING VAN SCHROEFPERS MET CENTRIFUGES EN ZEEFBANDPERSEN

## 6.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt een vergelijking gemaakt tussen slibontwatering met schroefpersen, centrifuges en zeefbandpersen. Hiervoor zijn voor een rwzi met een schaalgrootte van 100.000 i.e. (a 150 g TZV) de investerings- en exploitatiekosten van schroefpersen vergeleken met die van gangbare ontwateringtechnieken (centrifuges en zeefbandpersen). Vervolgens zijn de verschillende ontwateringstechnieken via een Multi Criteria Analyse met elkaar vergeleken waardoor ook kwalitatieve aspecten beoordeeld kunnen worden. Op deze manier is onder andere het primaire energiegebruik van de verschillende ontwateringstechnieken met elkaar vergeleken waarbij ook aspecten zoals de GER waarde[4] van PE en het energiegebruik van het slibtransport meegewogen zijn.

## 6.2 UITGANGSPUNTEN

In deze paragraaf worden de uitgangspunten voor het bepalen van de investeringskosten, exploitatiekosten en de Multi Criteria Analyse beschreven.

Uitgangspunt is een rwzi zonder extern slib met een capaciteit van 100.000 ie (à 150 g TZV/ie) met voorbezinktank en gisting. Slibproductie vóór gisting is 20 kg ds/(ie.jaar). Verder is uitgegaan van 50% primair en 50% secundair slib en een afbraak in de slibgisting van totaal 40% wat een drogestofproductie van 12 kg ds/(ie.jaar) oplevert. Voor 100.000 ie à 150 TZV/ie is dat dus 1.200 ton ds/jaar. Tabel 6.1 geeft de uitgangspunten samenvattend weer.

TABEL 6.1 UITGANGSPUNTEN MODEL RWZI (100.000 I.E.)

| Aspect | Eenheid | Waarde |
|---|---|---|
| Totale belasting | i.e. (150 g TZV) | 100.000 |
| Type slib | - | Uitgegist |
| Extern slib | Ja / nee | Nee |
| Fosfaatverwijdering | - | Bio-P |
| Jaarlijkse slibproductie na vergisting | ton ds/j | 1.200 |

De investeringskosten van de schroefpers zijn gebaseerd op kostenramingen die ontvangen zijn van MTI-engineering[5]. De investeringskosten van de centrifuge en de zeefbandpers zijn gebaseerd op kostenramingen van andere partijen. Deze ramingen zijn vervolgens vertaald naar investeringskosten voor een rwzi met een schaalgrootte van 100.000 i.e. Hierbij is er van uitgegaan dat de ontwateringsapparatuur 20 uur per dag in bedrijf is en dat er geen reservecapaciteit staat opgesteld. In de praktijk zal rekening gehouden moeten worden met

4 Gross Energy Requirement (zie STOWA 2012-06)
5 Commerciele specificaties rwzi Assen, Den Helder en awzi Tollebeek

reservestelling en andere stelposten. De in paragraaf 6.3 geraamde investeringskosten vallen hierdoor lager uit dan in de praktijk.

De exploitatiekosten zijn bepaald op basis van:
- Afschrijving ontwateringsapparatuur
- Hoeveelheid slibkoek
- Verbruik van PE
- Energiegebruik

De kosten voor beheer en onderhoud van de verschillende typen ontwateringapparatuur zijn in dit stadium niet in de exploitatiekosten meegenomen omdat deze voor de schroefpers nog niet bekend zijn. In de Multi Criteria Analyse wordt nader ingegaan op de aspecten beheer en onderhoud.

Een ander aspect wat niet meegenomen is in de Multi Criteria Analyse betreft het ruimtebeslag van de ontwatering. Een schroefpers met de capaciteit zoals beschreven in Tabel 6.1 heeft een lengte van 5,3 meter, een breedte van 1,4 meter en een hoogte van 1,8 meter. Dit is fors groter dan een centrifuge. In vergelijking met een zeefbandpers neemt de schroefpers naar verwachting iets minder ruimte in.

### AFSCHRIJVING ONTWATERINGSAPPARATUUR

Op basis van de investeringskosten, de afschrijvingstermijn en de rente kan de jaarlijkse afschrij-ving over de ontwateringsapparatuur worden bepaald (exclusief afschrijving op randapparatuur en gebouwen). In Tabel 6.2 zijn de gehanteerde uitgangspunten opgenomen.

TABEL 6.2 UITGANGSPUNTEN AFSCHRIJVING WERKTUIGBOUWKUNDIG

| Aspect | Eenheid | Waarde |
|---|---|---|
| Afschrijvingstermijn | Jaar | 15 |
| Rente | % | 4 |
| Annuïteit per jaar | Factor | 0,090 |

### HOEVEELHEID SLIBKOEK

De verwerkingskosten van het ontwaterde slib zijn direct afhankelijk van de hoeveelheid slibkoek. Om een goede vergelijking te kunnen maken tussen de schroefpers, centrifuge en zeefbandpers zijn in Tabel 6.3 zowel de tijdens de duurtest gerealiseerde drogestofgehalten, als de gemiddeld op Nederlandse rwzi's gerealiseerde drogestofgehalten, opgenomen. Het gemiddelde drogestofgehalte wat op Nederlandse rwzi's met centrifuges behaald wordt, bedraagt 22,8% tegenover 20,9% voor zeefbandpersen [7]. Het drogestofgehalte van zeefbandpersen ligt in Nederland dus gemiddeld 8,3 % lager. Het gemiddelde ontwateringsresultaat van schroefpersen op Nederlandse rwzi's is afgeleid uit de resultaten van de duurtest. Uit de duurtest volgt dat de schroefpers een ((22,9-22,7)/22,7 ≈) 1% hoger drogestofgehalte behaalt. Omdat dit een verwaarloosbaar verschil betreft, is als uitgangspunt gehanteerd dat zowel de schroefpers als de centrifuge een gelijkwaardig drogestofgehalte (22,8%) behalen.

De ontwateringsresultaten uit de kortdurende testen zijn niet meegenomen omdat het aantal metingen tijdens deze testen beperkt was en omdat er tijdens deze testen geen vergelijking is gemaakt met de prestaties van centrifuges/zeefbandpersen.

TABEL 6.3 UITGANGSPUNTEN SLIBVERWERKINGSKOSTEN

| Aspect | Eenheid | Duurtest | Gemiddelde Nederlandse rwzi's (uitgangspunt) |
|---|---|---|---|
| Drogestofgehalte schroefpers | % ds | 22,9 | 22,8 |
| Drogestofgehalte centrifuge | % ds | 22,7 | 22,8 |
| Drogestofgehalte zeefbandpersen | % ds | - | 20,9 |
| Verwerkingstarief ontwaterd slib | € / ton | - | 70 * |

* Tarief is een aanname en is inclusief BTW en transport. Door marktontwikkelingen in 2014 is dit tarief in beweging

## PE VERBRUIK SLIBONTWATERING

De kosten van PE bepalen een belangrijk deel van de totale slibverwerkingskosten. Het PE verbruik van de diverse slibontwateringstechnieken en de bijbehorende bronnen zijn opgenomen in Tabel 6.4. Het PE verbruik van centrifuges en zeefbandpersen is bepaald op basis van recent onderzoek waarin zowel het verbruik van de centrifuges als dat van zeefbandpersen bepaald is voor diverse Nederlandse locaties [2],[7]. Uit deze studie komt naar voren dat centrifuges gemiddeld 13 kg PE per ton drogestof verbruiken, tegenover 9,0 kg voor zeefbandpersen. Het PE verbruik van de zeefbandpers ligt dus gemiddeld 31% lager. Om een goede vergelijking te kunnen maken tussen de schroefpers en centrifuge zijn de tijdens de duurtest gemeten PE verbruiken opgenomen. Hieruit volgt een verbruik van 14,8 kg per ton drogestof voor de schroefpers en 19,9 kg per ton drogestof voor de centrifuges. Het verbruik van de schroefpers valt dus 26% lager uit. Op de awzi Tollebeek wordt echter biologische fosfaatverwijdering toegepast wat over het algemeen resulteert in een hoger PE verbruik [2]. Voor de gemiddelde Nederlandse situatie is het PE verbruik van de schroefpers berekend door het gemiddelde verbruik van de centrifuges te verminderen met 26% wat een PE verbruik van 10 kg per ton drogestof oplevert.

TABEL 6.4 UITGANGSPUNTEN PE VERBRUIK EN KOSTEN

| Aspect | Eenheid | Duurtest | Gemiddelde Nederlandse rwzi's (uitgangspunt) |
|---|---|---|---|
| PE verbruik schroefpers | kg actief PE/ton ds | 14,8 | 10 |
| PE verbruik centrifuge | kg actief PE/ton ds | 19,9 | 13 |
| PE verbruik zeefbandpers | kg actief PE/ton ds | 11,0 | 9 |
| Kosten PE | €/ kg actief PE (incl BTW) | | 5,0 * |

* Kostenopgaven waterschap ZZL en MTI-engineering

## ENERGIEGEBRUIK

Tijdens de duurtest is het direct opgenomen vermogen van de schroefpers gemonitord. Bij de schroefpers leverde dit een opgenomen vermogens op van 2,8 kWh/ton drogestof. Omdat er voor de schroefpers ook een compressor nodig is (voor het uitoefenen van druk op de drukhoudring) is het door de leverancier van de schroefpers opgegeven energiegebruik van 5 kWh/ton drogestof in deze studie als uitgangspunt gehanteerd. Deze waarde ligt in de buurt van de gemeten waarden en lijkt daarmee een goede indicatie te zijn van het daadwerkelijk energiegebruik van de schroefpers (inclusief compressor).

Voor het energiegebruik van de centrifuges is een gebruik van 53 kWh per ton drogestof gehanteerd [3]. Als uitgangspunt voor het energiegebruik van de zeefbandpers is uitgegaan van 28 kWh per ton drogestof [3]. De gehanteerde uitgangspunten voor het direct opgenomen energiegebruik van de schroefpers, centrifuges en zeefbandpersen zijn opgenomen in Tabel 6.5.

TABEL 6.5 UITGANGSPUNTEN ENERGIEGEBRUIK EN BIJBEHORENDE KOSTEN

| Aspect | Eenheid | Waarde | Bron |
|---|---|---|---|
| Energiegebruik schroefpers | kWh/ton ds | 5 | Duurtest Tollebeek aangevuld met informatie MTI |
| Energiegebruik centrifuge | kWh/ton ds | 53 | [3] |
| Energiegebruik zeefbandpers | kWh/ton ds | 28 | [3] |
| Kosten elektriciteit | €/kWh | 0,12 | |

Het doel van de Multi Criteria Analyse (plussen en minnen tabel) is om zowel kwantitatieve als kwalitatieve aspecten mee te wegen in de beoordeling van de verschillende ontwateringstechnieken. In paragraaf 6.5 worden hiertoe de volgende aspecten meegewogen:

- Exploitatiekosten (afschrijving, hoeveelheid slibkoek, PE en energiegebruik)
- Beheer en onderhoud
- Duurzaamheid en bijdrage aan MJA3

### EXPLOITATIEKOSTEN

De exploitatiekosten wegen relatief zwaar ten opzichte van de overige aspecten en wegen daarom dubbel mee in de score.

### BEHEER EN ONDERHOUD

Op het vlak van beheer en onderhoud is er nog weinig bekend over de schroefpers. De beheer- en onderhoudskosten zijn om deze reden alleen kwalitatief meegewogen in de Multi Criteria Analyse.

### DUURZAAMHEID

Bij dit aspect wordt gekeken naar de duurzaamheid van het totale proces van slibontwatering tot de verwerking van het ontwaterd slib. De belangrijkste factor die hierin een rol speelt is het gebruik van primaire energie. Energiegebruik houdt immers niet op bij het direct opgenomen vermogen van de ontwateringsapparatuur. De energie die nodig is voor de productie van PE (GER waarde) en het transport van het slib moet ook worden meegewogen. De verschillende ontwateringswateringstechnieken zijn met elkaar vergeleken door het primaire energiegebruik van de ontwateringsapparatuur, het PE en het slibtransport bij elkaar op te tellen. Het slibtrans-port is berekend op basis van de hoeveelheid slibkoek. Het verschil in verbrandingswaarde van slibben is niet meegenomen omdat verschillen in verbrandingswaarde vooralsnog niet benut worden in de eindverwerking. In Tabel 6.6 zijn de uitgangspunten voor het bepalen van het primaire energiegebruik opgenomen.

TABEL 6.6 UITGANGSPUNTEN VOOR HET BEPALEN VAN HET PRIMAIRE ENERGIEGEBRUIK

| Aspect | Eenheid | Waarde | Bron |
|---|---|---|---|
| GER waarde PE | MJ/ kg actief PE | 66,7 | [1] |
| Rendement elektriciteitsproductie en transport | % | 40 | [4] |
| Energiegebruik slibtransport | MJ ton/km | 2,26 | [5] |
| Afstand slibtransport | Km | 50 | |

In de paragraaf duurzaamheid wordt tevens ingegaan op de potentiële bijdrage die schroefpersen kunnen leveren aan het behalen van de MJA3 doelstellingen.

**INNOVATIVITEIT EN RISICO'S**

Innovaties en risico's zijn niet meegewogen in de Multi Criteria Analyse maar spelen wel een belangrijke rol in de slibontwatering. Innovaties zijn van belang om kosten effectieve en energie besparende technieken een kans te geven. Nieuwe technieken brengen echter ook risico's met zich mee die zo goed mogelijk in beeld gebracht moeten worden.

## 6.3 AANNEEMSOM EN INVESTERINGSKOSTEN

De aanneemsom betreft de kosten voor de levering van de ontwateringsapparatuur. De aanneemsom is vermenigvuldigd met een factor 1,7 (BTW, risico's, winst en overige bijkomende kosten) om te komen tot de investeringskosten. Tabel 6.7 geeft de geraamde aanneemsom en investeringskosten van de verschillende ontwateringstechnieken.

TABEL 6.7 INVESTERINGSKOSTEN SCHROEFPERS, CENTRIFUGE EN ZEEFBANDPERS (CAPACITEIT 1.200 TON DS/J)

| Ontwateringstechniek | Eenheid | Aanneemsom | Investeringskosten | Bron |
|---|---|---|---|---|
| Schroefpers 100.000 i.e. | € | 60.000 | 100.000 | Kostenraming MTI-engineering |
| Centrifuge 100.000 i.e. | € | 60.000 | 100.000 | Kostenraming leverancier |
| Zeefbandpers 100.000 i.e. | € | 75.000 | 130.000 | Kostenraming leverancier |

## 6.4 EXPLOITATIEKOSTEN EN GEVOELIGHEIDSANALYSE

Tabel 6.8 geeft de exploitatiekosten voor de ontwateringstechnieken.

TABEL 6.8 EXPLOITATIEKOSTEN ONTWATERINGSTECHNIEKEN (CAPACITEIT 1.200 TON DS/J)

| Aspect | Eenheid | Schroefpers | Centrifuge | Zeefbandpers |
|---|---|---|---|---|
| Afschrijving | € / jaar | 9.000 | 9.000 | 12.000 |
| PE verbruik | € / jaar | 60.000 | 78.000 | 54.000 |
| Kosten slibeindverwerking | € / jaar | 368.000 | 368.000 | 402.000 |
| Energiegebruik | € / jaar | 1.000 | 8.000 | 4.000 |
| **Totale jaarlijkse kosten** | **€ / jaar** | **438.000** | **463.000** | **471.000** |

Uit Tabel 6.8 is af te leiden dat de jaarlijkse exploitatiekosten van schroefpersen relatief laag uitvallen ten opzichte van die van de andere technieken. Ten opzichte van centrifuges wordt dit verschil (EUR 25.000 per jaar) met name veroorzaakt door het lagere PE en energiegebruik. Ten opzichte van zeefbandpersen wordt dit verschil met name veroorzaakt door de lagere kosten voor de verwerking van het ontwaterde slib.

### 6.4.1 GEVOELIGHEIDSANALYSE EXPLOITATIEKOSTEN SCHROEFPERS

Vanwege de beperkte ervaring met schroefpersen is een gevoeligheidsanalyse opgesteld. Het doel van deze gevoeligheidsanalyse is om het effect van wijzigingen in parameters te beoordelen. Voor de gevoeligheidsanalyse zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- 20% lagere of hogere afschrijving
- afname/toename van de PE dosering met 2 kg per ton drogestof
- afname/toename van het einddrogestofgehalte met 2%-punten
- afname/toename van het energieverbruik met 20%

Tabel 6.9 geeft het resultaat van de gevoeligheidsanalyse weer voor de schroefpers waarbij per aspect de minimale en maximale kosten berekend zijn (ten opzichte van de in Tabel 6.8 opgenomen referentiekosten).

TABEL 6.9 GEVOELIGHEIDSANALYSE EXPLOITATIEKOSTEN SCHROEFPERS

| Aspect | Eenheid | Minimale kosten | Referentiesituatie | Maximale kosten |
|---|---|---|---|---|
| Afschrijving | € / jaar | 7.000 | 9.000 | 11.000 |
| PE verbruik | € / jaar | 48.000 | 60.000 | 72.000 |
| Kosten slibverwerking | € / jaar | 339.000 | 368.000 | 404.000 |
| Energiegebruik | € / jaar | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| **Totale jaarlijkse kosten** | **€ / jaar** | **395.000** | **438.000** | **488.000** |

Uit Tabel 6.9 kan worden afgeleid dat de grootste gevoeligheid veroorzaakt wordt door de slibverwerkingskosten. Een afname van het einddrogestofstofgehalte met 2%-punten leidt bijvoorbeeld tot EUR 36.000 hogere slibverwerkingskosten waardoor de exploitatiekosten van de schroefpers hoger uitvallen dan die van de centrifuge en de zeefbandpers.

## 6.5 MULTI CRITERIA ANALYSE

Door middel van een Multi Criteria Analyse zijn de drie ontwateringstechnieken kwalitatief beoordeeld op de exploitatiekosten, beheer & onderhoud en duurzaamheid. De score op de exploitatiekosten is dubbel meegewogen in de totaalscore. De score die toegekend is aan de verschillende aspecten is hieronder verder toegelicht.

### EXPLOITATIEKOSTEN

De exploitatiekosten van de 3 technieken zijn uitgewerkt in paragraaf 6.4. De schroefpers komt het beste naar voren gevolgd door de centrifuge en de zeefbandpers.

### BEHEER EN ONDERHOUD

In vergelijking met centrifuges kenmerken zeefbandpersen zich over het algemeen door hogere beheerkosten en lagere onderhoudskosten. Centrifuges zijn vanwege de snel bewegende delen gevoeliger voor slijtage waardoor de onderhoudskosten van deze machines hoger uitvallen. Beheer- en onderhoudskosten van centrifuges en zeefbandpersen zijn in de Multi Criteria Analyse aan elkaar gelijk gesteld. Op basis van de ervaringen tijdens de duurtest en de kleinschalige testen wordt verwacht dat de beheer- en onderhoudskosten van de schroefpers beperkt zullen zijn. Na het opstarten van de schroefpers is er nauwelijks omkijken naar de installatie en ook 's nachts kon de installatie zonder toezichthoudend personeel blijven doordraaien. Omdat de schroefpers alleen langzaam bewegende delen heeft, is de verwachting dat het onderhoud aan de schroefpers beperkt zal zijn (in de Nederlandse praktijk moet dit nog worden bevestigd). Qua beheer en onderhoud is daarom als uitgangspunt gehanteerd dat de schroefpers gelijkwaardig is aan zeefbandpersen en centrifuges.

### DUURZAAMHEID EN BIJDRAGE AAN MJA3

De duurzaamheid van de verschillende ontwateringstechnieken is bepaald op basis van het primaire energiegebruik. In Tabel 6.10 is het primaire energiegebruik van de verschillende ontwateringstechnieken uitgewerkt op basis van de in paragraaf 6.2 opgestelde uitgangspunten.

TABEL 6.10 PRIMAIRE ENERGIEGEBRUIK ONTWATERINGSTECHNIEKEN

| Aspect | Eenheid | Schroefpers | Centrifuge | Zeefbandpers |
|---|---|---|---|---|
| Energiegebruik slibontwatering | MJ/ton ds | 50 | 470 | 250 |
| Energiegebruik PE | MJ/ton ds | 670 | 870 | 600 |
| Energiegebruik slibtransport | MJ/ton ds | 500 | 500 | 540 |
| **Totaal energiegebruik** | **MJ/ton ds** | **1.210** | **1.840** | **1.390** |

Uit Tabel 6.10 kan worden afgeleid dat het totale primaire energiegebruik van de schroefpers (1.210 MJ/ton ds) lager uitvalt dan dat van centrifuges (1.840 MJ/ton ds) en zeefbandpersen (1.390 MJ/ton ds). De schroefpers kan op deze manier een wezenlijke bijdrage leveren aan de MJA3 doelstellingen. Over de hele keten (ontwatering, PE verbruik, slibtransport) levert de toepassing van een schroefpers immers een forse energiebesparing op. Het vervangen van bestaande centrifuges voor schroefpersen levert hierbij de maximale bijdrage aan de MJA3.

Ook op het niveau van de rwzi levert het overschakelen op een schroefpers een forse besparing op. In 2006 bedroeg het totale jaarlijkse energieverbruik voor de zuivering van afvalwater 577 miljoen kWh [3]. De energie die benodigd was voor de ontwatering van slib droeg gemiddeld 5,7% bij aan het totale netto energieverbruik van een rwzi. Het direct opgenomen vermogen van de ontwateringsapparatuur leverde per jaar dus een verbruik op van (5,7% x 577 miljoen =) 33 miljoen kWh. Met een elektriciteitverbruik van 5 kWh per ton drogestof is het verbruik van een schroefpers significant lager dan dat van centrifuges en zeefbandpersen (het gemiddelde elektriciteitverbruik van centrifuges en zeefbandpersen bedraagt ongeveer 40 kWh/ton drogestof [3]). Het elektriciteitsverbruik van schroefpersen is hiermee gemiddeld (40/5 =) acht maal lager. Het elektriciteitsverbruik voor de ontwatering van slib bedraagt in dat geval (33.000.000 * 1/8 ≈) 4 miljoen kWh/j. Slibontwatering draagt in dat geval nog slechts voor 0,75% bij aan het totale energieverbruik van de rwzi. Dit betekent een netto energiebesparing van 5% op het totale verbruik van de rwzi.

### RESULTAAT MULTI CRITERIA ANALYSE

Tabel 6.11 geeft de score van de 3 varianten weer. De score van de verschillende criteria is hiervoor vertaald naar scores die variëren van 0 (gemiddeld) tot ++ (erg goed). Het kosten criterium is extra zwaar gewogen en wordt daarom 2 keer meegenomen in de totaalscore.
De gezamenlijke score van alle criteria leidt tot een samengestelde totaalscore uiteenlopend van 0 tot ++.

TABEL 6.11 MULTI CRITERIA ANALYSE

| No. | Aspect | Gewicht | Schroefpers | Centrifuge | Zeefbandpers |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Exploitatiekosten | 2 | + | 0 | 0 |
| 2 | Beheer en onderhoud | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | Duurzaamheid | 1 | ++ | 0 | + |
| | **Totaal score** | | **+** | **0** | **0** |

Op basis van de Multi Criteria Analyse kan geconcludeerd worden dat de schroefpers op alle aspecten goed lijkt te scoren. De exploitatiekosten zijn laag, beheer en onderhoudskosten lijken beperkt te zijn en ook op het aspect duurzaamheid scoort de techniek goed.

### INNOVATIVITEIT EN RISICO'S

Het aspect innovativiteit is niet meegewogen in de Multi Criteria Analyse maar speelt wel een

belangrijke rol. Met de ontwatering van slib gaat immers veel geld en energie gemoeid waardoor innovaties kunnen leiden tot kosten- en duurzaamheidsvoordelen. Uit de resultaten van de duurtest en de kleinschalige testen komt naar voren dat de schroefpers goede kansen biedt om de kosten en het (primaire) energiegebruik van de Nederlandse slibontwatering te reduceren. De schroefpers is hiermee een kansrijke innovatie.

Een ander aspect wat niet in de Multi Criteria Analyse meegenomen is zijn de risico's die innovaties met zich meebrengen. Tijdens de duurtest draaide de schroefpers constant en zonder toezicht maar op de lange termijn is nog niet aangetoond of de schroefpers probleemloos blijft functioneren.

## 6.6 CONCLUSIES

Uit de exploitatiekostenberekening en Multi Criteria Analyse komt naar voren dat de schroefpers het in vergelijking met centrifuges en zeefbandpersen goed doet. Het verbruik van PE en energie ligt lager en de ontwateringsresultaten zijn gelijkwaardig aan die van centrifuges. In vergelijking met zeefbandpersen is het PE verbruik van de schroefpers iets hoger, maar daar staat weer een lager direct opgenomen vermogen en een hoger drogestofgehalte (minder transport energie) tegenover. Een ander positief aspect van de schroefpers betreft de innovativiteit en de kansen die deze techniek biedt om de kosten van slibontwatering te verlagen en de duurzaamheid te verbeteren. Innovaties brengen echter ook risico's met zich mee. Op de lange(re) termijn moet de schroefpers zich nog bewijzen op Nederlands rwzi slib.

# 7

# DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

## 7.1 DISCUSSIE

De testen met de kleine schroefpers (tot 25 kg ds/h) zijn uitgevoerd op negen verschillende rwzi's. De schroefpers levert ontwaterd slib met een drogestofgehalte van 20 tot 26 %. Zoals in paragraaf 4.8 is te zien, is er geen significante relatie tussen het haalbare ds gehalte en de PE dosering. De PE-dosering varieert van 8 tot 16 kg per ton drogestof. Er lijkt niet echt een relatie te zijn tussen vergist en niet-vergist of bio-P en chemisch P.

Bij de duurtest op awzi Tollebeek met een schroefpers (maximale capaciteit 150 kg ds/h) is een ds gehalte gehaald van gemiddeld 22,9% (meting op awzi) bij een PE-dosering van 13-16 kg /ton ds (gemiddeld 14,8 kg PE/ton ds). De beste resultaten zijn behaald met het PE-type BASF 9016. De PE-dosering tijdens de duurtest ligt in dezelfde orde van grootte als tijdens de kleinschalige testen.

Tijdens de duurtest hebben de centrifuges van de awzi Tollebeek een gemiddeld drogestof gehalte gehaald van 22,7% bij een PE verbruik van 19,9 kg/ton ds. De schroefpers zit qua PE verbruik dus 34% lager. Ten opzichte van centrifuges doen schroefpersen het qua PE verbruik dus beter. Hierbij moet echter opgemerkt worden dat de PE aanmaak en dosering van de schroefpers tijdens de duurtest geoptimaliseerd zijn terwijl dit bij de centrifuges mogelijk niet optimaal verloopt.

Uit de kleinschalige testen op awzi Tollebeek bleek dat het perswater relatief veel zwevendestof bevatte (440 mg/l). Bij de grootschalige test is het perswater over een bezinktank geleid waardoor het gemiddelde zwevendestofgehalte terugliep van 440 mg/l naar 200 mg/l. Het gemiddelde afscheidingsrendement over de schroefpers en de bezinktank lag tijdens de duurtest boven de 99%. Het centraat van de centrifuges van de awzi Tollebeek bevat gemiddeld circa 300 mg/l zwevendestof. Het lijkt er op dat met een bezinktank de perswaterkwaliteit in ieder geval vergelijkbaar is met die van het centraat van centrifuges. Bij een vaste opstelling is deze bezinktank volgens de leverancier niet nodig en wordt het water uit de perszone apart afgescheiden en gerecirculeerd. Het water uit perszone bevat veruit de meeste zwevende stof en kan middels een schot gescheiden worden van het schonere water uit de indikkings- en filtratiezone.

Het direct opgenomen vermogen van de schroefpers bedroeg tijdens de duurtest 2,8 kWh per ton drogestof. Hier dient echter nog het gebruik van de compressor bij opgeteld te worden waarmee de drukhoudring op druk gehouden wordt. Het totale energiegebruik van de schroefpers is om deze reden ingeschat op 5 kWh per ton drogestof. Dit is fors lager dan het gebruik van centrifuges (53 kWh/ton ds) en zeefbandpersen (28 kWh/ton ds).

Met betrekking tot beheer en onderhoud is de tijdsduur van de testen te kort geweest om hier iets over te kunnen zeggen. Wel was in deze korte tijd het personeel van de rwzi's aangenaam verrast over de beperkte aandacht die nodig was. Omdat de schroefpers slechts langzaam beweegt is de verwachting dat de onderhoudskosten mee zullen vallen

In de korte testperiode zijn metingen gedaan om een fosfaatbalans op te kunnen stellen. Deze periode was echter te kort voor een fosfaatbalans en om iets te kunnen zeggen over de risico's van struviet-afzettingen op het apparaat.

In een kostenvergelijking voor een rwzi van 100.000 ie scoort de schroefpers gunstig ten opzichte van centrifuges en zeefbandpersen en ook in een kwalitatieve vergelijking (naast kosten en duurzaamheid) op beheer en onderhoud, innovativeit en risico's scoort de schroefpers gunstig.

## 7.2 CONCLUSIES

Op basis van dit onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De geteste schroefpersen zijn goed in staat om diverse slibben van Nederlandse rwzi's te ontwateren
- Het drogestofgehalte heeft in de verschillende kleinschalige testen gevarieerd van 20 tot 26%
- Het PE liep tijdens de kleinschalige testen uiteen van 8 tot 16 kg per ton drogestof
- Het gemiddeld behaalde ontwateringsresultaat van de schroefpers bedroeg bij de duurtest 22,2% (meting gecertificeerd laboratorium) tot 22,9% (meting op awzi)
- Gemiddeld werd er tijdens de duurtest 14,8 kg PE per ton drogestof gedoseerd op de schroefpers
- Het PE verbruik van de centrifuges van de awzi Tollebeek was tijdens de duurtest 34% hoger dan dat van de schroefpers terwijl met beide technieken gelijkwaardige drogestofgehalten gehaald werden
- Door het perswater van de schroefpers met een bezinktank na te behandelen werd tijdens de duurtest een gemiddeld zwevende stof gehalte van 200 mg/l gerealiseerd tegenover een zwevende stof gehalte van 440 mg/l tijdens de kleinschalige test. Hiermee leverde de schroefpers tijdens de duurtest een gemiddeld afscheidingsrendement groter dan 99%. De schroefpers presteerde hiermee beter dan de centrifuges waar de afgelopen jaren gemiddeld een zwevende stof gehalte van 300 mg/l in het centraat werd gemeten (bij een vaste opstelling is deze bezinktank niet nodig en wordt het water uit de perszone apart teruggevoegd over de schroefpers)
- Het energiegebruik van de schroefpers bedraagt naar verwachting 5 kWh per ton drogestof wat significant lager is dan het energiegebruik van centrifuges (53 kWh/ton ds) en zeefbandpersen (28 kWh/ton ds)
- Door over te schakelen op schroefpersen kan gemiddeld 5% op het totale netto energieverbruik van een rwzi bespaard worden
- Uit indicatieve berekeningen komt naar voren dat de jaarlijkse kosten van slibontwatering met een schroefpers relatief laag zijn in vergelijking met slibontwatering door centrifuges en zeefbandpersen
- Door het lage verbruik van PE en energie scoort de schroefpers op het gebied van duurzaamheid beter dan centrifuges en zeefbandpersen.

## 7.3 AANBEVELINGEN

De geteste schroefpers lijkt een serieus alternatief voor de ontwatering van Nederlands rwzi slib en dient overwogen te worden bij de realisatie van nieuwe slibontwateringsapparatuur.

In het buitenland zijn er echter meer leveranciers van schroefpersen. Er wordt aanbevolen om een inventarisatie te maken van de leveranciers van schroefpersen en de verschillen tussen de systemen die ze aanbieden (voor- en nadelen). Enkele belangrijke aspecten die in dit onderzoek meegenomen kunnen worden zijn de kosten, het ruimtebeslag en de benodige PE typen.

Verder wordt aanbevolen om een gebruikersonderzoek te doen naar de praktijkervaringen met schroefpersen. In Duitsland staan al sinds enkele jaren schroefpersen opgesteld op rwzi's, waardoor het relatief eenvoudig is om ervaringen in te winnen over aspecten zoals beheer, onderhoud en energiegebruik.

De kwaliteit van het perswater van de schroefpers is tijdens de duurtest verbeterd door het na te behandelen in een bezinktank. In de praktijk is deze bezinktank volgens de leverancier niet nodig en voldoet een schot in de opvangbak, waarmee het perswater uit de perszone van de schroefpers gescheiden wordt van het water uit de indikkings- en filtratiezone. Het water uit de perszone wordt vervolgens gerecirculeerd over de schroefpers. Dit principe is op Nederlandse rwzi's nog niet getest en verdient aanbeveling om nader te worden onderzocht.

# 8

# LITERATUURLIJST


1 STOWA 2012-30, Handleiding model milieuimpact en energiebehoefte van awzi's

2 STOWA 2012-46 LR, Trends in slibontwatering

3 KWR / STOWA 2008-17, Op weg naar een klimaatneutrale waterketen

4 KWR 2011, Energie onder één noemer

5 STOWA 2012-20, Emissie broeikasgassen vanuit rwzi's

6 Verslagen kortdurende testen met schroefpers op de rwzi's Assen, Wervershoof en de awzi Tollebeek

7 Mondeling contact met Leon Korving op 16-9-2013

**BIJLAGE 1**

# CENTRAATKWALITEIT CENTRIFUGES AWZI TOLLEBEEK

| Datum | Centrifuges awzi Tollebeek<br>Zwevendestof |
|---|---|
| 18-2-2011 8:00 | 550 |
| 19-5-2011 8:00 | 680 |
| 17-8-2011 8:00 | 120 |
| 15-11-2011 8:00 | 200 |
| 19-1-2012 8:00 | 240 |
| 4-4-2012 8:00 | 190 |
| 3-7-2012 8:00 | 130 |
| 15-10-2012 8:00 | 160 |
| 14-2-2013 12:30 | 480 |
| 16-5-2013 10:00 | 250 |
| 14-8-2013 10:00 | 400 |
| **Gemiddeld** | **309** |

**BIJLAGE 2**

# BEMONSTERINGSPROTOCOL KLEINSCHALIGE TESTEN EN DUURTEST

**KLEINSCHALIGE TESTEN**

| | **Eenheid** | **Waterschap Zuider-zeeland** | **Waterschap Hunze en Aa's** | **Hoogheemraad-schap Hollands Noorderkwartier** | **Waterschap Reest en Wieden** | **Waterschap Rijn en IJssel** | **Wetterskip Fryslân** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rwzi** | **-** | **awzi Tollebeek** | **rwzi Assen** | **rwzi Den Helder** | **rwzi Echten (Hoogeveen)** | **rwzi Zutphen** | **rwzi Heerenveen** |
| Drogestof | % ds | X *** | X *** | X *** | X *** | X *** | X *** |
| CZV | mg/l | X * | X * | | X ** | | X * |
| BZV | mg/l | X * | X * | | X ** | | |
| Cl | mg/l | X * | X * | | X ** | | X * |
| N totaal | mg/l | | X * | | | | X * |
| $NH_4$-N | mg/l | | X * | | X ** | | X * |
| NKj | mg/l | X * | X * | | X ** | | |
| Ortho-P | mg/l | X * | X * | | X ** | | X * |
| P totaal | mg/l | X * | X * | | X ** | | X * |
| SS | mg/l | X ** | X ** | | | | X ** |
| TZV | mg/l | | X * | | | | |
| pH | - | | X * | | | | |
| Temp | °C | | X | | | | |
| Debiet slib | | X | X | X | X | X | X |
| Debiet PE | $m^3/h$ | X | X | X | X | X | X |

* alleen ingaand slib en perswater

** alleen perswater

*** alleen ingaand slib en ontwaterd slib

**DUURTEST AWZI TOLLEBEEK**

| Analyse | Eenheid | Frequentie | Op rwzi Tollebeek | Lab Groot Salland |
|---|---|---|---|---|
| **Ingedikt uitgegist slib** | | | | |
| Debietmeting | m3/h | 1x per dag | X | |
| Droge stof (op rwzi) | % ds | 2x per dag | X | |
| Droge stof | % ds | 1x per dag | | X |
| Organisch droge stof | % van ds | om de dag | | X |
| Asrest | % van ds | om de dag | | X |
| NKj | mg/l | om de dag | | X |
| P totaal | mg/l | om de dag | | X |
| CZV | mg/l | 1x per dag | | X |
| Zware metalen | mg/l | 1x per week | | X |
| **PE dosering en verdunningswater** | | | | |
| Debietmeting PE | m3/h | 1x per dag | X | |
| Debietmeting verdunningswater | m3/h | 1x per dag | X | |
| **Ontwaterd slib** | | | | |
| Droge stof (op rwzi) | % ds | 2x per dag | X | |
| Droge stof | % ds | 1x per dag | | X |
| **Perswater** | | | | |
| Debietmeting | m3/h | 1x per dag | X | |
| zwevende stof | mg/l | 1x per dag | | X |
| NKj | mg/l | om de dag | | X |
| P totaal | mg/l | om de dag | | X |
| CZV | mg/l | 1x per dag | | X |
| Zware metalen | mg/l | 1x per week | | X |

**BIJLAGE 3**

# RESULTATEN KLEINSCHALIGE TESTEN

## RWZI ASSEN

| Monster | Datum | Type PE | [PE]-opl. | PE dosering | Qin | DSin | Temp | DSuit | Indikking | Qfiltraat* | Quit** | pH | [CZV] | [BZV] | [Cl⁻] | [N] | [$NH_4^+$] | [Nkj] | [P] | [$PO_4$] | OB | TZV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *(dd-mm-jjjj)* | *(-)* | *(%)* | *(Kg PE/Ton DS)* | *(m3/h)* | *(%)* | *(° C)* | *(%)* | *(factor)* | *(m3/h)* | *(m3/h)* | *(-)* | *(mg/L)* | *(mg/L)* | *(mg/L)* | *(mg/L)* | *(mg/L)* | *(mg/L)* | *(mg/L)* | *(mg/L)* | *(mg/L)* | *(mg/L)* |
| $M_1$* | 1-10-2012 | | 0,2 | 15,4 | 0,5 | 2,71 | 37,1 | 20,4 | 7,5 | 0,42 | 0,09 | | | | | | | | | | 690 | |
| $M_2$ | 1-10-2012 | | 0,3 | 11,4 | 0,52 | 2,42 | 37,1 | 19,9 | 8,2 | 0,43 | 0,09 | 7,1 | 420 | 73 | | | | | | | 139 | |
| $M_3$ | 1-10-2012 | | 0,2 | 10,3 | 0,48 | 2,43 | 37,1 | 19,8 | 8,1 | 0,40 | 0,08 | 7,1 | 320 | 36 | 118 | 580 | 561 | 580 | 300 | 300 | 210 | 2970 |
| $M_4$ | 1-10-2012 | | 0,2 | 9,4 | 0,48 | 2,42 | 37,1 | 22,1 | 9,1 | 0,40 | 0,08 | 7,1 | 585 | 90 | 121 | 560 | 581 | 560 | 300 | 300 | 407 | 3150 |
| $M_5$ | 2-10-2012 | | 0,3 | 14,6 | 0,5 | 2,46 | 37,4 | 22,8 | 9,3 | 0,42 | 0,09 | 7,1 | 455 | 62 | 122 | 560 | 561 | 560 | 290 | 290 | 514 | 3020 |
| $M_6$ | 2-10-2012 | | 0,3 | 12,1 | 0,5 | 2,54 | 37,4 | 23,9 | 9,4 | 0,42 | 0,09 | 7,2 | 350 | 84 | 110 | 540 | 565 | 540 | 290 | 280 | 229 | 2820 |
| $M_7$ | 2-10-2012 | | 0,3 | 9 | 0,5 | 2,48 | 37,4 | 21,4 | 8,6 | 0,42 | 0,09 | 7,2 | 200 | 77 | 101 | 260 | 562 | 260 | 130 | 280 | 578 | 1380 |
| $M_8$ | 2-10-2012 | | 0,2 | 9,07 | 0,48 | 2,69 | 37,4 | 20,8 | 7,7 | 0,40 | 0,08 | 7,2 | 480 | 48 | 97 | 520 | 514 | 520 | 260 | 260 | 533 | 2850 |
| $M_9$ | 3-10-2012 | | 0,2 | 15 | 0,45 | 2,96 | 24,0 | 19,6 | 6,6 | 0,37 | 0,08 | 7,2 | 305 | 56 | 520 | 520 | 546 | 520 | 240 | 210 | 79 | 2700 |
| $M_{10}$ | 3-10-2012 | | 0,2 | 14,5 | 0,48 | 2,87 | 24,0 | 22,5 | 7,8 | 0,40 | 0,08 | 7,2 | 510 | 62 | 540 | 540 | 561 | 540 | 250 | 250 | 464 | 2980 |
| **Gemiddeld** | | | **0,24** | **12,077** | **0,489** | **2,6** | **34,6** | **21,32** | **8,253165** | **0,40587** | **0,08313** | **7,2** | **402,778** | **65,3333** | **216,125** | **510** | **556,375** | **510** | **257,5** | **271,25** | **384,3** | **2733,75** |

## RWZI DEN HELDER

| Test | DS slib in | Debiet in | slib | PE | PE aangemaakt | PE | DS slib uit | Filtraat | FeCl3 dosering |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % DS | m3/h | kg/ds uur | merk | % | kg/ton ds | % | mg/l | ml/u |
| **1** | 3,35 | 0,432 | 14,472 | Praestol K333 (vloeibaar) | 0,2 | 12,6 | 23,33 | | |
| **2** | 3,35 | 0,432 | 14,472 | Praestol K333 (vloeibaar) | 0,3 | 14,5 | 20,93 | | |
| **3** | 3,35 | 0,432 | 14,472 | Praestol K333 (vloeibaar) | 0,3 | 13,5 | 22,95 | | |
| **4** | 3,37 | 0,439 | 14,8 | SNF EM 231 S (vloeibaar) | 0,3 | 12,6 | 22,61 | | |
| **5** | 3,00 | 0,467 | 14,01 | SNF EM 231 S (vloeibaar) | 0,3 | 14,9 | 21,11 | 220 | |
| **6** | 3,00 | 0,501 | 15,03 | SNF EM 231 S (vloeibaar) | 0,3 | 10,3 | 22,105 | | |
| **7** | 3,00 | 0,519 | 15,57 | SNF EM 231 S (vloeibaar) | 0,3 | 11,7 | 22,7 | | 300 |
| **8** | 3,00 | 0,519 | 15,57 | SNF EM 231 S (vloeibaar) | 0,3 | 10 | 23,91 | | 300 |
| **Gemiddeld** | **3,18** | **0,47** | **14,80** | | **0,29** | **12,51** | **22,46** | **220,00** | **300,00** |

## RWZI HEERENVEEN

| Slib | Test | DS slib in | Debiet in | slib | PE | PE aangemaakt | PE | DS slib uit | Filtraat | FeCl3 dosering | konusdruk |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | % DS | m3/h | kg/ds uur | merk | % | kg/ton ds | % | mg/l | ml/u | |
| Sneek | **1** | 3,32 | 0,41 | 13,6 | Zetag 9049 (vloeibaar) | 0,3 | 11,6 | 22,0 | | | |
| Bolsward | **2** | 3,19 | 0,369 | 11,7 | Zetag 9049 (vloeibaar) | 0,3 | 10,2 | 22,5 | | | 2 bar |
| Gemengd slib tank2 | **4** | 3,11 | 0,42 | 13,06 | Zetag 9049 (vloeibaar) | 0,3 | 13,09 | 21,5 | | | |
| Gemengd slib tank2 | **5** | 2,99 | 0,42 | 12,55 | Zetag 9049 (vloeibaar) | 0,3 | 13,6 | 23,3 | | | |
| Gemengd slib tank2 | **6** | 3,16 | 0,42 | 13,27 | Zetag 9049 (vloeibaar) | 0,3 | 9,5 | 23,6 | | | 5 bar |
| Leeuwarden | **7** | 4,13 | 0,345 | 14,2 | Zetag 9049 (vloeibaar) | 0,3 | 12,8 | 22,5 | | | |
| Leeuwarden | **8** | 4,25 | 0,35 | 14,8 | Zetag 9049 (vloeibaar) | 0,3 | 15,8 | 23,7 | | | 2 bar |
| Heerenveen | **9** | 3,25 | 0,43 | 13,9 | Zetag 9049 (vloeibaar) | 0,3 | 12,3 | 21,6 | | | 3 bar |
| | **Gemiddeld** | **3,4** | **0,4** | **13,4** | | **0,3** | **12,4** | **22,6** | | | |

| Test | 1 | 2 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stroom | Perswater | Perswater | invoer | perswater | filterkoek | invoer | perswate | filterkoek | invoer | perswater | filterkoek | invoer | perswater | filterkoek | invoer | perswater | filterkoek | invoer | perswater | filterkoek |
| Eenheid | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| **SS** | 140 | 360 | | 180 | | | 150 | | | 2250 | | | 440 | | | 890 | | | 890 | |
| **Cl** | 150 | 110 | 220 | 250 | | 510 | 380 | | 540 | 480 | | 220 | 250 | | 220 | 250 | | 310 | 250 | |
| **CZV** | 610 | 1040 | 29300 | 840 | | 31500 | 760 | | 30800 | 1020 | | 35800 | 530 | | 36500 | 1110 | | 35200 | 1110 | |
| **NH4-N** | 4,5 | 120 | 200 | 5,1 | | 220 | 140 | | 230 | 5,1 | | 1300 | 1100 | | 1400 | 1300 | | 72 | 1300 | |
| **N+ NH4** | 211 | 138 | 67000 mg/kg ds | 187 | | 62000 mg/kg | 168 | | 70000 mgg/kg d | 202 | | 71000 mg/l | 1210 | | 68000 mg/ | 1270 | | 72 | 97 | |
| **orthoP** | 310 | 310 | 250 | 200 | | 190 | 110 | | 190 | 140 | | 100 | 100 | | 99 | 97 | | | | |
| **Totaal P** | 330 | 330 | 33000 mg/kg ds | 210 | | 31000 mg/kg | 120 | | 32000 mg/kg ds | 150 | | 29000 mg/l | 130 | | 25000 mg/ | 150 | | | | |
| **Eenheid** | | | | | | | | | | | | | | | | | | % | % | % |
| **Droge stof** | | | 2,83 | | 21,4 | 2,99 | | 22,1 | 3,16 | | 22,7 | 4,13 | | 21,9 | 4,25 | | 22,3 | 3,25 | | 21,2 |
| **Gloeirest** | | | 32,9 | | 29,8 | 33,5 | | 31,9 | 31,4 | | 32 | 41,9 | | 42,6 | 42,1 | | 39,5 | 30,2 | | 34,1 |
| **Gloeiverlies** | | | 67,1 | | 70,2 | 68,1 | | 68,1 | 68,6 | | 68 | 58,1 | | 57,4 | 57,9 | | 60,5 | 69,1 | | 65,9 |

## RWZI ECHTEN

| Test | DS slib in | Debiet in | slib | PE | PE aangemaakt | PE | DS slib uit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % DS | m3/h | kg/ds uur | merk | % | kg/ton ds | % |
| **1** | 3,35 | 0,414 | 13,86 | Praestol 644 (poeder) | 0,3 | 14,06 | 23,11 |
| **2** | 3,35 | 0,414 | 13,86 | Praestol 644 (poeder) | 0,3 | 14,06 | 22,59 |
| **3** | 3,35 | 0,414 | 13,86 | Praestol 644 (poeder) | 0,2 | 9,8 | 21,2 |
| **4** | 3,35 | 0,423 | 14,1 | Praestol 644 (poeder) | 0,3 | 14,8 | 22,3 |
| **5** | 3,2 | 0,432 | 13,8 | Kemira C448 poeder | 0,3 | 15,2 | 26,1 |
| **6** | 3,2 | 0,432 | 13,8 | Kemira C448 poeder | 0,3 | 12,6 | 26,3 |
| **7** | 3 | 0,432 | 13,8 | Praestol 644 (poeder) | 0,4 | 13,9 | 24 |
| **8** | 3,25 | 0,432 | 14,04 | Praestol 644 (poeder) | 0,3 | 13,4 | 29,7 |
| **Gemiddeld** | **3,26** | **0,42** | **13,9** | | **0,30** | **13,5** | **24,4** |

| Test | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| **BZV** | 52 | 46 | 48 | 49 | 20 | 35 | 41 | 80 |
| **CZV** | 810 | 800 | 880 | 890 | 630 | 630 | 780 | 570 |
| **Chloride** | 370 | 370 | 350 | 380 | 2700 | 2900 | 3100 | 1500 |
| **Sulfaat** | 44 | 32 | 29 | 23 | 33 | 35 | 38 | 24 |
| **stikstof Kjeldahl** | 1040 | 1010 | 1020 | 970 | 957 | 996 | 1040 | 984 |
| **Ammonium** | 985 | 989 | 993 | 972 | 950 | 983 | 1010 | 966 |
| **Nitraat / nitriet** | 0,36 | 0,37 | 0,54 | 0,48 | 0,74 | 0,54 | 0,45 | 0,05 |
| **Orthofosfaat** | 130 | 130 | 150 | 130 | 7,2 | 9,3 | 5,7 | 13 |
| **fosfor** | 150 | 150 | 150 | 130 | 23 | 24 | 25 | 16 |
| | % | % | % | % | % | % | % | % |
| **droge stof** | 20,6 | 23 | 21,9 | 20,6 | 26 | 24,7 | 24,4 | 17,6 |
| **asrest** | 45,8 | 45,2 | 46,2 | 45,5 | 46 | 46,4 | 46,9 | 43,5 |

## AWZI TOLLEBEEK

| Test | DS slib in | Debiet in | slib | PE | PE aangemaakt | PE | DS slib uit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % DS | m3/h | kg/ds uur | merk | % | kg/ton ds | % |
| 1 | 2,83 | 0,5 | 14,15 | ZETAG 9048 (vloeibaar) | 0,2 | 8,5 | 21,9 |
| 2 | 2,83 | 0,52 | 14,7 | Superfloc C448 (poeder) | 0,2 | 9,7 | 20,98 |
| 3 | 2,83 | 0,52 | 14,7 | Superfloc C448 (poeder) | 0,2 | 10,2 | 21,5 |
| 4 | 2,83 | 0,52 | 14,7 | Superfloc C448 (poeder) | 0,2 | 11,5 | 22,3 |
| 5 | 3 | 0,52 | 14,7 | Polymeer Tollebeek | 0,2 | 9,7 | 23,6 |
| 6 | 3 | 0,535 | 16,05 | Superfloc C448 (poeder) | 0,2 | 10,2 | 23,6 |
| 7 | 3 | 0,52 | 15,6 | Superfloc C448 (poeder) | 0,2 | 9,6 | 21,9 |
| 8 | 3 | 0,52 | 15,9 | ZETAG C448 | 0,2 | 12 | 21,3 |
| **Gemiddeld** | **2,9** | **0,5** | **15,1** | | **0,2** | **10,2** | **22,1** |

| | | Centrifuge | Schroefpers |
|---|---|---|---|
| BZV | mg/l | 49 | 110 |
| CZV | mg/l | 550 | 1180 |
| onopgeloste stoffen | mg/l | 95 | 440 |
| stikstof Kjeldahl | mg/l | 1060 | 1130 |
| Orthofosfaat | mg/l | 200 | 210 |
| totaal fosfor | mg/l | 210 | 230 |

## RWZI ZUTPHEN

| Test | DS slib in | Debiet in | slib | PE | PE aangemaakt | PE | DS slib uit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | % DS | m3/h | kg/ds uur | merk | % | kg/ton ds | % |
| 1 | 0,33 | 1,5 | 4,95 | Zetag 9068 | | 6,26 | 16 |
| **2** | 4,4 | 0,53 | 23,32 | Zetag 9068 | | 8,2 | 21 |
| **3** | 4 | 0,4 | 16 | Zetag 7878 | | 10,9 | 23 |
| **Gemiddelde over testen 2 en 3** | **4,2** | **0,465** | **19,66** | | | **9,55** | **22** |

## BIJLAGE 4

# ANALYSERESULTATEN DUURTEST

### UITGEGIST SLIB TOLLEBEEK

| week | Datum | Tijd | 800-IUS Ingedikt uitgegist slib | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Debietmeting | Debietmeting | Droge stof | Temp | PH | CZV | indamprest | percentage gloeirest | stikstof kjeldahl | totaal fosfor | zuurgraad | temperatuur |
| | | | m3/d | m3/h | % ds | graden celcius | | g/kg ds | % ds | % van ds | g/kg ds | g/kg ds | pH | °C |
| wk28 | 8-7-2013 | 12:00 | | 2 | 3,3 | | | | | | | | | |
| | 8-7-2013 | 15:00 | | 2,45 | 3,3 | | | 860 | 3,4 | 41,1 | 90 | 49 | | |
| wk28 | 9-7-2013 | 11:00 | 15,11 | 3,06 | 3,3 | | | | | | | | | |
| | 9-7-2013 | 15:00 | | 3,56 | 3,25 | | | 940 | 3,1 | | | | | |
| wk28 | 10-7-2013 | 12:00 | 21,64 | | | | | | | | | | | |
| | 10-7-2013 | 15:00 | | 3,82 | 3,28 | | | 860 | 3,4 | 41,6 | 88 | 48 | | |
| wk28 | 11-7-2013 | 15:00 | 22,66 | 3,42 | 3,24 | 26,8 | 7,79 | 880 | 1,5 | | | | 7,79 | 26,8 |
| wk28 | 12-7-2013 | 15:00 | 11,32 | 3,14 | 2,96 | 29 | 7,5 | 900 | 2,9 | 39,8 | 98 | 44 | 7,5 | 29 |
| wk29 | 15-7-2013 | 15:00 | 20,12 | 2,97 | 3,01 | 31,9 | 7,23 | 890 | 3,2 | 38,9 | 94 | 46 | | |
| wk29 | 16-7-2013 | 15:00 | 12,34 | 2,12 | 3,16 | 33 | 7,21 | 910 | 3,2 | | | | | |
| wk29 | 17-7-2013 | 11:00 | 15,82 | 2,55 | 3,19 | | | | | | | | | |
| wk29 | 17-7-2013 | 15:30 | | 2,94 | 3,17 | 33,7 | 7,51 | 910 | 3,1 | 39,4 | 96 | 48 | | |
| wk29 | 18-7-2013 | 10:00 | 57,29 | | 3,17 | | | | | | | | | |
| wk29 | 18-7-2013 | 12:00 | | 2,4 | 3,19 | | | | | | | | | |
| wk29 | 18-7-2013 | 15:00 | | 2,9 | 3,27 | 33,8 | 7,24 | 920 | 3,2 | | | | | |
| wk29 | 19-7-2013 | 11:00 | 17,80 | 2,1 | 3,22 | 33,9 | 7,22 | 600 | 4,6 | 59,2 | 84 | 93 | | |
| wk30 | 22-7-2013 | 8:00 | 59,40 | | | | | 710 | 3,8 | 44,6 | 85 | 54 | | |
| wk30 | 22-7-2013 | 15:30 | | 3,12 | 3,52 | 34 | 7,45 | | | | | | | |
| wk30 | 23-7-2013 | 15:00 | 71,90 | 3,11 | 3,06 | 34,3 | 7,58 | 880 | 3,2 | | | | | |
| wk30 | 24-7-2013 | 9:00 | 66,10 | 3,1 | 3,09 | | | | | | | | | |
| wk30 | 24-7-2013 | 15:00 | | 3,14 | | 34,5 | 7,77 | 850 | 3,2 | 42,3 | 98 | 48 | | |
| wk30 | 25-7-2013 | 15:00 | 61,80 | 3,21 | 2,75 | 34,5 | 7,63 | 850 | 3 | | | | | |
| wk30 | 26-7-2013 | 8:00 | 14,80 | | | | | 710 | 3,9 | 50,2 | 83 | 55 | | |
| | 26-7-2013 | 14:00 | | 2,39 | 3,73 | 34,4 | 7,49 | | | | | | | |
| wk 31 | 29-7-2013 | 15:00 | 70,40 | 2,71 | 3,42 | 34,5 | 7,23 | 660 | 5 | 52,6 | 70 | 71 | | |
| wk 31 | 30-7-2013 | 15:00 | 60,30 | 2,93 | 3,54 | 34,5 | 7,04 | 860 | 3,6 | | | | | |
| wk 31 | 31-7-2013 | 15:00 | | 2,6 | 3,47 | 34,4 | 7,12 | 850 | 3,7 | 40,9 | 80 | 52 | | |
| wk 31 | 1-8-2013 | 8:00 | | 2,85 | 3,38 | 34,5 | 7,34 | 800 | 4 | | | | | |

## PE DOSERING EN VERDUNNINGSWATER SCHROEFPERS

| week | Datum | Tijd | 800-PE<br>**PE dosering en verdunningswater**<br>Debietmeting PE<br>l/h | Debietmeting<br>m3/h | Debietmeting PE<br>m3/d | Debietmeting water<br>m3/d | PE dosering<br>kg/ton ds |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| wk28 | 8-7-2013 | 12:00 | 406 | | | | 13 |
| | 8-7-2013 | 15:00 | 336 | | | | 13 |
| wk28 | 9-7-2013 | 11:00 | 372 | 0,59 | 2,66 | 2,00 | 13 |
| | 9-7-2013 | 15:00 | 510 | | | | 13 |
| wk28 | 10-7-2013 | 12:00 | | 0,50 | 3,55 | 3,00 | 13 |
| | 10-7-2013 | 15:00 | 468 | | | | 13 |
| wk28 | 11-7-2013 | 15:00 | 362 | 0,50 | 3,78 | 4,00 | 13 |
| wk28 | 12-7-2013 | 15:00 | 361 | 0,41 | 1,98 | 2,00 | 13 |
| wk29 | 15-7-2013 | 15:00 | 418 | 0,50 | 3,29 | 3,00 | 13 |
| wk29 | 16-7-2013 | 15:00 | 308 | 0,31 | 1,93 | 2,00 | |
| wk29 | 17-7-2013 | 11:00 | 401 | 0,66 | 3,22 | 3,00 | |
| wk29 | 17-7-2013 | 15:30 | 516 | | | | 15 |
| wk29 | 18-7-2013 | 10:00 | | 0,48 | 11,79 | 12,00 | 16 |
| wk29 | 18-7-2013 | 12:00 | 485 | | | | 16 |
| wk29 | 18-7-2013 | 15:00 | 524 | | | | 16 |
| wk29 | 19-7-2013 | 11:00 | 386 | 0,47 | 3,72 | 3,00 | 16 |
| wk30 | 22-7-2013 | 8:00 | | 0,53 | 12,39 | 12,00 | |
| wk30 | 22-7-2013 | 15:30 | 563 | | | | 16,5 |
| wk30 | 23-7-2013 | 15:00 | 525 | 0,62 | 14,93 | 14,00 | 16,5 |
| wk30 | 24-7-2013 | 9:00 | | 0,56 | 13,70 | 13,00 | 16 |
| wk30 | 24-7-2013 | 15:00 | | | | | 16 |
| wk30 | 25-7-2013 | 15:00 | | 0,52 | 12,41 | 12,00 | 16 |
| wk30 | 26-7-2013 | 8:00 | | 0,45 | 2,99 | 3,00 | 16 |
| | 26-7-2013 | 14:00 | | | | | 16 |
| wk 31 | 29-7-2013 | 15:00 | 588 | 0,56 | 15,12 | 15,00 | 16 |
| wk 31 | 30-7-2013 | 15:00 | 578 | 0,60 | 13,70 | 13,00 | 16 |
| wk 31 | 31-7-2013 | 15:00 | 446 | | | | 15 |
| wk 31 | 1-8-2013 | 8:00 | 481 | | | | 15 |

## ONTWATERD SLIB SCHROEFPERS

| week | Datum | Tijd | 800-OS **Ontwaterd slib** Droge stof (op rwzi) % ds | droge stof (lab) % ds | gloeirest (lab) % van ds | totaal fosfor g/kg ds |
|---|---|---|---|---|---|---|
| wk28 | 8-7-2013 | 12:00 | | | | |
| | 8-7-2013 | 15:00 | 26,2 | 24,7 | | |
| wk28 | 9-7-2013 | 11:00 | | | | |
| | 9-7-2013 | 15:00 | 24,2 | | | |
| wk28 | 10-7-2013 | 12:00 | | | | |
| | 10-7-2013 | 15:00 | 21,9 | | | |
| wk28 | 11-7-2013 | 15:00 | 24,3 | 24,4 | | |
| wk28 | 12-7-2013 | 15:00 | 25,9 | 25,8 | 36,8 | 31 |
| wk29 | 15-7-2013 | 15:00 | 24,48 | 24,9 | 36,4 | 33 |
| wk29 | 16-7-2013 | 15:00 | 19,74 | 19,7 | 36,5 | |
| wk29 | 17-7-2013 | 11:00 | 21,42 | | | |
| wk29 | 17-7-2013 | 15:30 | 20,85 | 21 | 36 | 38 |
| wk29 | 18-7-2013 | 10:00 | 25,16 | | | |
| wk29 | 18-7-2013 | 12:00 | 20,33 | | | |
| wk29 | 18-7-2013 | 15:00 | 20,99 | 19,8 | 37,5 | |
| wk29 | 19-7-2013 | 11:00 | 22,65 | 22,1 | 39,1 | 38 |
| wk30 | 22-7-2013 | 8:00 | | 24,6 | 42,1 | 41 |
| wk30 | 22-7-2013 | 15:30 | 24,92 | | | |
| wk30 | 23-7-2013 | 15:00 | 23,29 | 22,8 | 38,1 | |
| wk30 | 24-7-2013 | 9:00 | 24,78 | | | |
| wk30 | 24-7-2013 | 15:00 | | 21,9 | 41,1 | 39 |
| wk30 | 25-7-2013 | 15:00 | 21,95 | 21,5 | 39,5 | |
| wk30 | 26-7-2013 | 8:00 | | 21,9 | 38,1 | 40 |
| | 26-7-2013 | 14:00 | 22,13 | | | |
| wk 31 | 29-7-2013 | 15:00 | 24,87 | 20,6 | 38,2 | 42 |
| wk 31 | 30-7-2013 | 15:00 | 20,47 | 19,5 | 36 | |
| wk 31 | 31-7-2013 | 15:00 | 20,89 | 20,5 | 36,5 | 39 |
| wk 31 | 1-8-2013 | 8:00 | 21,32 | 22,5 | 35,4 | |

## PERSWATER SCHROEFPERS

| week | Datum | Tijd | z800-pw **perswater** CZV (lab) | onopgeloste stoffen (la | Stikstof Kjeldahl (lab) | ammonium (lab) | orthofosfaat (lab) | Totaal fosfor (lab) | Debietmeting |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | m3/h |
| wk28 | 8-7-2013 | 12:00 | | | | | | | |
| | 8-7-2013 | 15:00 | 670 | 560 | 1030 | | | 380 | |
| wk28 | 9-7-2013 | 11:00 | | | | | | | |
| | 9-7-2013 | 15:00 | 700 | 130 | | | | | |
| wk28 | 10-7-2013 | 12:00 | | | | | | | |
| | 10-7-2013 | 15:00 | 650 | 200 | 1010 | | | 340 | |
| wk28 | 11-7-2013 | 15:00 | 690 | 140 | | | | | |
| wk28 | 12-7-2013 | 15:00 | 570 | 100 | 940 | 879 | 300 | 300 | |
| wk29 | 15-7-2013 | 15:00 | 520 | 140 | 842 | 809 | 280 | 280 | |
| wk29 | 16-7-2013 | 15:00 | 900 | 250 | | | | | |
| wk29 | 17-7-2013 | 11:00 | | | | | | | |
| wk29 | 17-7-2013 | 15:30 | 570 | 140 | 1010 | 870 | 330 | 340 | |
| wk29 | 18-7-2013 | 10:00 | | | | | | | |
| wk29 | 18-7-2013 | 12:00 | | | | | | | |
| wk29 | 18-7-2013 | 15:00 | 840 | 150 | | | | | |
| wk29 | 19-7-2013 | 11:00 | 600 | 400 | 1030 | 992 | 320 | 330 | |
| wk30 | 22-7-2013 | 8:00 | 640 | 130 | 1050 | 858 | 330 | 340 | |
| wk30 | 22-7-2013 | 15:30 | | | | | | | |
| wk30 | 23-7-2013 | 15:00 | 2770 | 140 | | | | | 2,10 |
| wk30 | 24-7-2013 | 9:00 | | | | | | | 2,35 |
| wk30 | 24-7-2013 | 15:00 | 870 | 180 | 1100 | 945 | 310 | 320 | |
| wk30 | 25-7-2013 | 15:00 | 630 | 85 | | | | | 2,20 |
| wk30 | 26-7-2013 | 8:00 | 860 | 170 | 1040 | 907 | 320 | 340 | 2,26 |
| | 26-7-2013 | 14:00 | | | | | | | |
| wk 31 | 29-7-2013 | 15:00 | 980 | 400 | 696 | 677 | 320 | 320 | |
| wk 31 | 30-7-2013 | 15:00 | 820 | 300 | | | | | |
| wk 31 | 31-7-2013 | 15:00 | 620 | 120 | 921 | 916 | 400 | 410 | |
| wk 31 | 1-8-2013 | 8:00 | 940 | 87 | | | | | |

**BIJLAGE 5**

# ZWARE METALEN IN UITGEGIST SLIB EN PERSWATER DUURTEST

| Zware metalen | aluminium | antimoon | arseen | barium | beryllium |
|---|---|---|---|---|---|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| **perswater (µg/l), 12-7-2013** | 80 | 2,7 | 920 | 6 | < 0,1 |
| **perswater (µg/l), 19-7-2013** | 140 | 1,9 | 1000 | 11 | < 0,1 |
| **perswater (µg/l), 26-7-2013** | 550 | 1,9 | 1300 | 31 | < 0,1 |
| **ingedikt uitgegsist slib (mg/kg ds), 12-7-2013** | 6200 | 3,3 | 140 | 240 | 0 |
| **Ingedikt uitgegist slib (mg/kg ds), 19-7-2013** | 3900 | 2,9 | 91 | 180 | 0 |
| **ingedikt uitgegist slib (mg/kg ds), 26-7-2013** | 5400 | 2,2 | 110 | 200 | 0 |

| Zware metalen | cadmium | calcium | kobalt | chroom | ijzer |
|---|---|---|---|---|---|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| **perswater (µg/l), 12-7-2013** | < 0,1 | 19000 | 11 | <2 | 1300 |
| **perswater (µg/l), 19-7-2013** | 0,11 | 27000 | 13 | <2 | 2200 |
| **perswater (µg/l), 26-7-2013** | 0,19 | 24000 | 15 | 5,1 | 6000 |
| **ingedikt uitgegsist slib (mg/kg ds), 12-7-2013** | 0,84 | 30000 | 5,8 | 40 | 48000 |
| **Ingedikt uitgegist slib (mg/kg ds), 19-7-2013** | 0,54 | 22000 | <5 | 35 | 36000 |
| **ingedikt uitgegist slib (mg/kg ds), 26-7-2013** | 0,66 | 25000 | 5,1 | 34 | 44000 |

| Zware metalen | kalium | koper | kwik | lood | magnesium |
|---|---|---|---|---|---|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| **perswater (µg/l), 12-7-2013** | 320000 | 3,4 | <0,05 | <1 | 6900 |
| **perswater (µg/l), 19-7-2013** | 340000 | 5 | <0,05 | <1 | 11000 |
| **perswater (µg/l), 26-7-2013** | 340000 | 28 | 0,06 | 4,8 | 11000 |
| **ingedikt uitgegsist slib (mg/kg ds), 12-7-2013** | 17000 | 290 | 0,75 | 64 | 8500 |
| **Ingedikt uitgegist slib (mg/kg ds), 19-7-2013** | 10000 | 190 | 0,32 | 42 | 26000 |
| **ingedikt uitgegist slib (mg/kg ds), 26-7-2013** | 13000 | 220 | 0,4 | 43 | 22000 |

| Zware metalen | mangaan | molybdeen | natrium | nikkel | tin |
|---|---|---|---|---|---|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| **perswater (µg/l), 12-7-2013** | 28 | <5 | 140000 | 16 | <1 |
| **perswater (µg/l), 19-7-2013** | 47 | <5 | 160000 | 16 | <1 |
| **perswater (µg/l), 26-7-2013** | 66 | 5,6 | 160000 | 20 | 2,2 |
| **ingedikt uitgegsist slib (mg/kg ds), 12-7-2013** | 370 | 7,3 | 5300 | 27 | 15 |
| **Ingedikt uitgegist slib (mg/kg ds), 19-7-2013** | 330 | <5 | 3700 | 31 | 10 |
| **ingedikt uitgegist slib (mg/kg ds), 26-7-2013** | 390 | 6 | 4800 | 35 | 11 |

**Zware metalen**

| | vanadium | zilver | zink | strontium | telluur | thalium |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| **perswater (µg/l), 12-7-2013** | <1 | <5 | 19 | 53 | <1 | <1 |
| **perswater (µg/l), 19-7-2013** | <1 | <5 | 24 | 84 | <1 | <1 |
| **perswater (µg/l), 26-7-2013** | 2,1 | <5 | 88 | 85 | <1 | <1 |
| **ingedikt uitgegsist slib (mg/kg ds), 12-7-2013** | 15 | <5 | 880 | 20000 | <1 | <2 |
| **Ingedikt uitgegist slib (mg/kg ds), 19-7-2013** | 10 | <5 | 550 | 13000 | <1 | <2 |
| **ingedikt uitgegist slib (mg/kg ds), 26-7-2013** | 12 | <5 | 610 | 14000 | <1 | <2 |

## BIJLAGE 6

# P BALANS

Om te bepalen of er eventueel fosfor achter blijft in de schroefpers (struviet) is er een fosfor balans opgesteld over de installatie. Hiervoor is de forfor vracht in de in- en uitgaande stromen berekend. De fosforbalans is gebaseerd op de debieten, drogestofgehalten en analyseresultaten welke opgenomen zijn in tabellen 1 en 2.

**TABEL 1** **P VRACHT IN UITGEGIST SLIB EN PE**

| Datum | Uitgegist slib Debietmeting m3/d | Debietmeting m3/h | Droge stof (op rwzi) % ds | Ingaande DS vracht kg/h | totaal fosfor g/kg ds | Fosfor vracht P kg/h | PE Debietmeting PE m3/d | Debietmeting water m3/d | Debietmeting m3/h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8-7-2013 | | 2 | 3,3 | 66,00 | | | | | |
| 8-7-2013 | | 2,45 | 3,3 | 80,85 | 49 | 3,96 | | | |
| 9-7-2013 | 15,11 | 3,06 | 3,3 | 100,98 | | | 2,66 | 2,00 | 0,59 |
| 9-7-2013 | | 3,56 | 3,25 | 115,70 | | | | | |
| 10-7-2013 | 21,64 | | | | | | 3,55 | 3,00 | 0,50 |
| 10-7-2013 | | 3,82 | 3,28 | 125,30 | 48 | 6,01 | | | |
| 11-7-2013 | 22,66 | 3,42 | 3,24 | 110,81 | | | 3,78 | 4,00 | 0,50 |
| 12-7-2013 | 11,32 | 3,14 | 2,96 | 92,94 | 44 | 4,09 | 1,98 | 2,00 | 0,41 |
| 15-7-2013 | 20,12 | 2,97 | 3,01 | 89,40 | 46 | 4,11 | 3,29 | 3,00 | 0,50 |
| 16-7-2013 | 12,34 | 2,12 | 3,16 | 66,99 | | | 1,93 | 2,00 | 0,31 |
| 17-7-2013 | 15,82 | 2,55 | 3,19 | 81,35 | | | 3,22 | 3,00 | 0,66 |
| 17-7-2013 | | 2,94 | 3,17 | 93,20 | 48 | 4,47 | | | |
| 18-7-2013 | 57,29 | | 3,17 | | | | 11,79 | 12,00 | 0,48 |
| 18-7-2013 | | 2,4 | 3,19 | 76,56 | | | | | |
| 18-7-2013 | | 2,9 | 3,27 | 94,83 | | | | | |
| 19-7-2013 | 17,8 | 2,1 | 3,22 | 67,62 | 93 | 6,29 | 3,72 | 3,00 | 0,47 |
| 22-7-2013 | 59,4 | | | | 54 | | 12,39 | 12,00 | 0,53 |
| 22-7-2013 | | 3,12 | 3,52 | 109,82 | | | | | |
| 23-7-2013 | 71,9 | 3,11 | 3,06 | 95,17 | | | 14,93 | 14,00 | 0,62 |
| 24-7-2013 | 66,1 | 3,1 | 3,09 | 95,79 | | | 13,7 | 13,00 | 0,56 |
| 24-7-2013 | | 3,14 | 0 | | 48 | | | | |
| 25-7-2013 | 61,8 | 3,21 | 2,75 | 88,28 | | | 12,41 | 12,00 | 0,52 |
| 26-7-2013 | 14,8 | | | | 55 | | 2,99 | 3,00 | 0,45 |
| 26-7-2013 | | 2,39 | 3,73 | 89,15 | | | | | |
| 29-7-2013 | 70,4 | 2,71 | 3,42 | 92,68 | 71 | 6,58 | 15,12 | 15,00 | 0,56 |
| 30-7-2013 | 60,3 | 2,93 | 3,54 | 103,72 | | | 13,7 | 13,00 | 0,60 |
| 31-7-2013 | | 2,6 | 3,47 | 90,22 | 52 | 4,69 | | | |
| 1-8-2013 | | 2,85 | 3,38 | 96,33 | | | | | |

**TABEL 2** **P VRACHT IN ONTWATERD SLIB EN PERSWATER**

| Datum | Ontwaterd slib Berekende vracht ton OS per uur | droge stof (lab) % ds | droge stof kg ds/h | totaal fosfor g/kg ds | totaal fosfor kg/h | Perswater Debiet berekend m3/h | orthofosfaat (lab) | Totaal fosfor (lab) mg/l | Fosfor vra P kg/h |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8-7-2013 | | 0 | | | | | | | |
| 8-7-2013 | 0,33 | 24,7 | 80,85 | | | | | 380 | |
| 9-7-2013 | | 0 | | | | | | | |
| 9-7-2013 | | 0 | | | | | | | |
| 10-7-2013 | | 0 | | | | | | | |
| 10-7-2013 | | 0 | | | | | | 340 | |
| 11-7-2013 | 0,45 | 24,4 | 110,81 | | | 3,47 | | | |
| 12-7-2013 | 0,36 | 25,8 | 92,94 | 31 | 2,881 | 3,19 | 300 | 300 | 0,96 |
| 15-7-2013 | 0,36 | 24,9 | 89,40 | 33 | 2,950 | 3,11 | 280 | 280 | 0,87 |
| 16-7-2013 | 0,34 | 19,7 | 66,99 | | | 2,09 | | | |
| 17-7-2013 | | 0 | | | | | | | |
| 17-7-2013 | 0,44 | 21 | 93,20 | 38 | 3,542 | | 330 | 340 | |
| 18-7-2013 | | 0 | | | | | | | |
| 18-7-2013 | | 0 | | | | | | | |
| 18-7-2013 | 0,48 | 19,8 | 94,83 | | | | | | |
| 19-7-2013 | 0,31 | 22,1 | 67,62 | 38 | 2,570 | 2,26 | 320 | 330 | 0,75 |
| 22-7-2013 | | 24,6 | | 41 | | | 330 | 340 | |
| 22-7-2013 | | 0 | | | | | | | |
| 23-7-2013 | 0,42 | 22,8 | 95,17 | | | 3,32 | | | |
| 24-7-2013 | | 0 | | | | | | | |
| 24-7-2013 | | 21,9 | | 39 | | | 310 | 320 | |
| 25-7-2013 | 0,41 | 21,5 | 88,28 | | | 3,32 | | | |
| 26-7-2013 | | 21,9 | | 40 | | | 320 | 340 | |
| 26-7-2013 | | 0 | | | | | | | |
| 29-7-2013 | 0,45 | 20,6 | 92,68 | 42 | 3,893 | 2,82 | 320 | 320 | 0,90 |
| 30-7-2013 | 0,53 | 19,5 | 103,72 | | | 3,00 | | | |
| 31-7-2013 | 0,44 | 20,5 | 90,22 | 39 | 3,519 | | 400 | 410 | |
| 1-8-2013 | 0,43 | 22,5 | 96,33 | | | | | | |

Omdat er maar op vier dagen een compleet overzicht beschikbaar is van de fosfor concentraties in de benodigde in- en uitgaande stromen is er slechts een beperkte hoeveelheid data beschikbaar.

Voor het berekenen van de ingaande fosfor vracht is het debiet van het uitgegiste slib vermenigvuldigd met het gemeten fosfor gehalte (steekmonster 1x per dag). De uitgaande fosfor vracht is berekend door het debiet van het perswater te vermenigvuldigen met de gemeten fosfor concentratie (steekmonster 1x per dag) en daar de vracht fosfor in het ontwaterde slib

bij op te tellen welke berekend is door de drogestofvracht te vermenigvuldigen met de fosfor concentratie (steekmonster 1x per dag).

In onderstaande tabel zijn de berekende fosfor vrachten in de verschillende deelstromen weergegeven op de vier verschillende dagen. In de laatste kolom is het 'gat' in de balans te zien waarmee het verschil tussen de fosfor vracht in de in- en uitgaande stromen wordt weergegeven.

**INGAANDE EN UITGAANDE FOSFORVRACHTEN PER UUR**

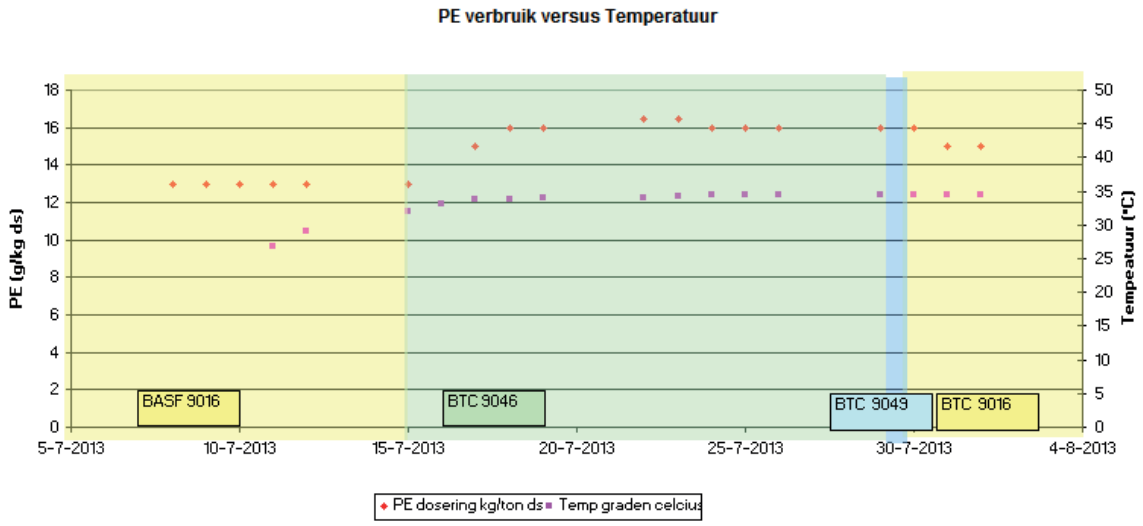
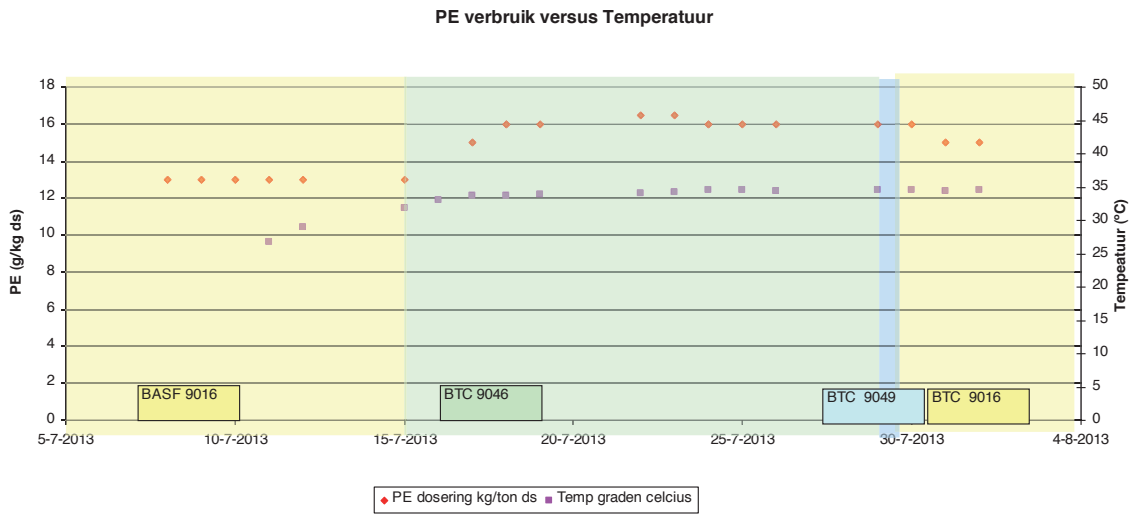
| Datum | Uitgegist slib (kg P/h) | PE (kg P/h) | Ontwaterd slib (kg P/h) | Perswater (kg P/h) | P-gat (kg P/h) |
|---|---|---|---|---|---|
| 12-7-2013 | 4,09 | 0 | 2,88 | 0,96 | 0,25 |
| 15-7-2013 | 4,11 | 0 | 2,95 | 0,87 | 0,29 |
| 19-7-2013 | 6,29 | 0 | 2,57 | 0,75 | 2,97 |
| 29-7-2013 | 6,58 | 0 | 3,89 | 0,90 | 1,79 |

Het gat in de balans zou veroorzaakt kunnen zijn door de wijze waarop de pilot installatie is bedreven. Er heeft een recirculatie plaatsgevonden van slib vanuit de bezinktank (voor het verbeteren van de kwaliteit van het perswater) naar de aanvoerleiding van de schroefpers. Deze gerecirculeerde stroom is meegerekend met de uitgegiste slibstroom die aangevoerd is naar de schroefpers.

Indien de hoeveelheid fosfor die binnenkomt via het uitgegiste slib daadwerkelijk groter is dan de hoeveelheid fosfor die de installatie verlaat (via het ontwaterde slib + perswater) zou er sprake kunnen zijn van afzettingen van fosfor (struviet) in de schroefpers met alle negatieve gevolgen van dien (verstoppen gaatjes zeef). Het is echter ook mogelijk dat de verschillen ontstaan zijn door onnauwkeurigheden in de analyses. De concentraties fosfor in de diverse stromen zijn bijvoorbeeld maar 1 keer per dag gemeten.

Vanwege de beperkte hoeveelheid analyseresultaten en het bestaan van recirculatiestromen is het niet mogelijk om vast te stellen of er fosfor (in de vorm van struviet) achterblijft in de schroefpers.

Een visuele inspectie van schroefpers leverde geen constatering van struviet aangroei op. Geadviseerd wordt om eventuele problemen met struvietafzettingen te inventariseren bij rwzi's waar schroefpersen reeds langer ingezet worden.

BIJLAGE 7

# EFFECT VAN SLIBTEMPERATUUR OP PE VERBRUIK