

# VAN ZEEFGOED NAAR ASFALT, VAZENA



RAPPORT

2017  
29

VAN ZEEFGOED NAAR ASFALT, VAZENA  
ONTWIKKELING EERSTE PRODUCT-MARKT-COMBINATIE  
VOOR ZEEFGOEDCELLULOSE

RAPPORT

2017

29

ISBN 978.90.5773.758.9



# COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer  
Postbus 2180  
3800 CD Amersfoort

## PROJECT-CONSORTIUM

Wetterskip Fryslân  
Provinsje Fryslân  
KNN Cellulose BV  
Esha Infra Solutions B.V.  
Jansma B.V.  
Roelofs B.V.  
STOWA

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

B. Bult, Wetterskip Fryslân  
M. Henssen, Bioclear  
W. Koopmans  
R. Kras, Waterschap Aa en Maas  
C. Uijterlinde, STOWA  
P. Vriend, Waternet  
R. Weijling, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

## UITVOERING EN RAPPORTAGE

E. Pijlman, KNN Cellulose BV  
Y. Flapper, KNN Cellulose BV  
H. de Vries, KNN Cellulose BV  
Y. van der Kooij, Wetterskip Fryslân  
D. Verweij, Wetterskip Fryslân  
P. Vriend, Waternet

FOTO OMSLAG Fietspad waarin de VAZENA-afdruipremmer verwerkt is.

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau  
STOWA STOWA 2017-29  
ISBN 978.90.5773.758.9

**COPYRIGHT** Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

**DISCLAIMER** Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

# TEN GELEIDE

**De verwaardingsketen voor zeefgoedcellulose een stap verder.**

**Het project Van Zeefgoed Naar Asphalt (VAZENA) is een demonstratie van een markttoepassing voor zeefgoedcellulose. Cellulose is een waardevolle grondstof. Het potentieel van cellulose kan belangrijk zijn in de ontwikkeling van een circulaire en biobased economie. Er wordt al bij enkele waterschappen cellulose gewonnen in de vorm van zeefgoed.**

De Nederlandse waterschappen hebben de ambitie om op duurzame wijze grondstoffen uit rioolwater terug te winnen en weer hoogwaardig in te zetten. Ze geven dit actief vorm door middel van de netwerkorganisatie De Energie- en Grondstoffenfabriek. Cellulose is een van die nog onbenutte grondstoffen in rioolwater. Cellulose in rioolwater is vooral het doorgepoelde toiletpapier.

Dit project heeft invulling gegeven aan aanbevelingen uit een eerder STOWA-onderzoek naar marktontwikkeling voor zeefgoed (STOWA 2013-21). In het project is een consortium van ketenpartijen met elkaar aan de slag gegaan om de product-markt-combinatie vorm te geven van zeefgoedcellulose naar afdruipremmer. Afdruipremmer is een celluloseproduct dat wordt toegepast binnen de asfaltindustrie. Het waarborgt de homogeniteit van een asfaltmix tijdens productie, transport en verwerking. De cellulose is uit rioolwater teruggewonnen, opgewerkt tot afdruipremmer en toegepast in asfalt waarmee een fietspad is aangelegd. De resultaten zijn gevalideerd conform de standaarden van de civiele sector.

De huidige en op korte termijn verwachte zeefgoedproductie op rioolwaterzuiveringsinstallaties sluit qua omvang goed aan op de omvang van de Nederlandse markt voor afdruipremmers. Doorontwikkeling naar een keten op commerciële grondslag is mogelijk. Het vergt samenwerking van partijen, die invulling geven aan de nog openstaande opgaven. De belangrijkste daarvan zijn van technisch-economische en juridische aard (beide geen onderdeel van het voorliggende project).

Joost Buntsma

# SAMENVATTING

De Nederlandse waterschappen hebben een prominente plaats in het fundament van Nederland. Deze maatschappelijke positie, gecombineerd met de verwerkingstaak van al ons rioolwater, maakt dat de waterschappen een kansrijke uitgangspositie hebben in de verduurzaming van grondstoffengebruik. De waterschappen dragen die ambitie ook uit en geven dit actief vorm door middel van de netwerkorganisatie De Energie- en Grondstoffenfabriek. Cellulose is één van die nog onbenutte grondstoffen in rioolwater. Cellulose is een waardevolle grondstof, denk bijvoorbeeld aan gebruik op grote schaal binnen de papier en kartonindustrie. Het potentieel van cellulose is daarnaast groot in de ontwikkeling van een circulaire en biobased economie. Cellulose in rioolwater is vooral het gebruikte toiletpapier. Er wordt al bij enkele waterschappen cellulose gewonnen in de vorm van zeefgoed. De hoogwaardige vermarkting daarvan staat echter nog in de kinderschoenen.

Het project Van Zeefgoed Naar Asphalt (VAZENA) is een full scale demonstratie van een markttoepassing voor dat zeefgoedcellulose. Binnen dit project is een consortium van belanghebbende ketenpartijen met elkaar aan de slag gegaan om de ontwikkeling van een productmarkt-combinatie vorm te geven. Het product betreft een zogenaamde 'afdruipremmer'. Afdruipremmer is een celluloseproduct dat als zodanig wordt toegepast binnen de asfaltindustrie. Het waarborgt de homogeniteit van de asfaltmix tijdens productie, transport en verwerking. Binnen VAZENA is zeefgoedcellulose uit rioolwater als alternatieve afdruipremmer ontwikkeld. Cellulose is teruggewonnen, opgewerkt tot afdruipremmer en toegepast in asfalt waarmee een fietspad is aangelegd. De resultaten zijn gevalideerd conform de standaarden van de civiele sector.

Het resultaat van dit project is een succesvol gedefinieerd product op basis van zeefgoedcellulose. Dat betekent dat het eindproduct voldoet aan de technische specificaties van de civiele industrie. Bovendien is er enthousiasme over de verdere ontwikkeling van deze specifieke keten bij alle betrokken partijen. Dit tezamen is daarmee een goede basis gelegd voor doorontwikkeling van een verwaardingsketen op commerciële grondslag.

Bestendinging van deze keten vergt een gecommiteerd consortium van partijen, dat doorontwikkelt aan de nog openstaande opgaven. De belangrijkste daarvan zijn van technisch-economische en juridische aard (beide geen onderdeel van het voorliggende project).

De technisch-economische opgave bestaat uit de doorontwikkeling van opwerktechnologie inclusief kostprijs. Ook helderheid in de prijsstelling van ruw zeefgoed door waterschappen maakt daar onderdeel van uit. Het creëren van een gecommiteerd consortium over langere termijn kan tot slot zorgen voor verdere reductie van technisch-economische risico's zoals meerjarige stabiliteit in kwaliteit en kwantiteit van zeefgoedcellulose.

De juridische uitdaging is gelegen in de wettelijke acceptatie van cellulose opgewerkt uit zeefgoed als vrij verhandelbare grondstof. Concreet betekent dit een positieve beoordeling door het daartoe bevoegde gezag, zijnde de provinciale omgevingsdiensten. Het aantoonbaar maken van een stabiele functionele markt en gelimiteerde en gecontroleerde risico's in termen van volksgezondheid en milieu zijn daartoe voorwaardelijk.

Kortom: met de voltooiing van VAZENA is een wezenlijke stap gezet naar een volwaardige verwaardingsketen voor zeefgoedcellulose. De opvolgende stap is ontwikkeling van een gecommiteerde groep partijen die in gezamenlijkheid de openstaande opgaven te lijf gaat en zo doende de keten duurzaam kan activeren.

# DE STOWA IN HET KORT

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

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

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

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

# SUMMARY

Dutch water authorities are part of the foundation of The Netherlands. This position, combined with the processing task of all sewage water, means that the water authorities have a prominent starting position in creating a sustainable system for raw materials recovery from sewage water.

Cellulose is one of these raw materials in sewage. Cellulose is a valuable raw material as it is already widely used in the paper and pulp industry. The potential of cellulose as a feedstock is also prominent in the development of a circular and biobased economy. Cellulose in sewage water is mostly flushed toilet paper. Dutch water authorities are already extracting a raw fraction which contains this cellulose. However, a high value application for this material has not yet been developed. This was the goal for project VEZENA.

This project VAZENA is a full scale demonstration of a market application for cellulose recovered from sewer systems: the first successfully tested product market combination (PMC). Within this project, a consortium of stakeholders has been established to shape and execute this development. The product is a so-called 'drip inhibitor'. The drip inhibitor is a cellulose product that is used in the asphalt industry. It ensures the homogeneity of the asphalt mix during production, transportation and processing. Within VAZENA, cellulose has been recovered from sewage and treated in a way that it becomes a replacement drip inhibitor. It is applied on full scale in asphalt with which a bike lane is laid out. The results have been validated in accordance with the standards of the Dutch civil sector.

The result of this project is a successfully defined product based on sewer cellulose. This means that the final product complies with the technical specifications of the civil industry. In addition, there is enthusiasm on this particular chain among all parties involved in terms of economics and environmental values. This means that a solid foundation is created for further development of the value chain on a commercial basis.

Further development of this chain requires a committed consortium of parties. Together they can tackle the remaining hurdles. The most important of these are of technical-economic and legal nature (both not part of the VAZENA-project).

In short: with the completion of VAZENA, an essential step has been taken towards a full-fledged value chain for sewer cellulose. The next step is the development of a committed public-private partnership which jointly engages activating this chain. A huge possibility to create a new and moreover sustainable part of our economy.

# STOWA IN BRIEF

The Foundation for Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are all ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater treatment installations and dam inspectors.

The water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative legal and social scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed based on requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as knowledge institutes and consultants, are more than welcome. After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

STOWA does not conduct any research itself, instead it commissions specialised bodies to do the required research. All the studies are supervised by supervisory boards composed of staff from the various participating organisations and, where necessary, experts are brought in.

The money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some 6,5 million euro.

For telephone contact number is: +31 (0)33 - 460 32 00.

The postal address is: STOWA, P.O. Box 2180, 3800 CD Amersfoort.

E-mail: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl).



# AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN

AKC	Asfalt Kennis Centrum
Cellulose	Cellulose is een polysacharide van glucose, die door nagenoeg alle planten wordt gemaakt. De molecuulformule is $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Samen met lignine en hemicellulose vormt cellulose hout. Cellulose is een basisgrondstof voor (toilet)papier.
CE-markering	Markering in overeenstemming met de Europese regelgeving
CEW	Centre of Expertise Water Technology
EFGF	Energie- en Grondstoffen Fabriek
Filtraat	De fractie die door het filter heen is gegaan.
GWV	Grond-, Weg- en Waterbouwsector
i.e.	inwonerequivalent
Influent	Aangevoerd rioolwater op een RWZI
MVO	Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen
OSA	Open Steen Asphalt
PF	Provinsje Fryslân
PMC	Product Markt-Combinatie
PPS	Publiek private samenwerking
q-PCR	Kwantitatief Polymerasekettingreactie. Amplificatietechniek waarbij de toename van het DNA op elk moment gevolgd kan worden.
RAW	Rationalisatie en Automatisering Grond-, Water- en Wegenbouw
REACH	Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
SMA	Steenmastiakasfalt
WAC	Waterapplicatiecentrum
WF	Wetterskip Fryslân
Zeefgoed	Gezeefde fractie uit influent van een RWZI met een fijnzeef
Zeefgoedafdruipremmer	Een additief dat wordt toegepast in asfaltmengels waarvan de grondstof zeefgoed is, gewonnen uit rioolwater
ZOAB	Zeer open asfaltbeton

# VAN ZEEFGOED NAAR ASFALT, VAZENA

ONTWIKKELING EERSTE PRODUCT-MARKT-COMBINATIE  
VOOR ZEEFGOEDCELLULOSE

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
	SUMMARY	
	STOWA IN BRIEF	
	AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
	1.1 Achtergrond en kaders	1
	1.2 Doelstelling: ontwikkeling van een product-marktcombinatie (PMC)	2
	1.3 Project Van Zeefgoed Naar Asphalt (VAZENA)	3
	1.4 Leeswijzer	3
<b>2</b>	<b>DEFINIËRING PRODUCTSPECIFICATIES</b>	<b>4</b>
	2.1 Functie en omschrijving afdruipremmer	4
	2.2 Definiëring kwaliteitseisen technologisch en procesontwikkeling	4
	2.3 Veiligheid, gezondheid en milieu	8
	2.4 Juridisch landschap	9
<b>3</b>	<b>PRAKTIJK: PRODUCTIE ZEEFGOEDAFDRUIPREMMER</b>	<b>13</b>
	3.1 Uitgangspunten	13
	3.2 Setup Demosite	14
	3.3 Resultaten en ervaringen	18

<b>4</b>	<b>PRAKTIJK: TEST- EN DEMONSTRATIEPROJECTEN</b>	<b>30</b>
4.1	Monitoringsprotocol	30
4.2	Resultaten	31
4.3	Conclusies	32
<b>5</b>	<b>KETENPERSPECTIEVEN</b>	<b>33</b>
5.1	Motieven voor vervolg: value case	33
5.2	Doorontwikkeling keten	35
<b>6</b>	<b>CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>38</b>
6.1	Conclusies	38
6.2	Aanbevelingen voor doorontwikkeling	39
BIJLAGE 1	HANDLING INFORMATIEBLAD ZEEFGOED-AFDRUIPREMMER VAZENA	41
BIJLAGE 2	BEMONSTERPLAN	43
BIJLAGE 3	OZON ANALYSE	50
BIJLAGE 4	MEETRESULTATEN EN DATA-ANALYSE	51

# 1

## INLEIDING

### 1.1 ACHTERGROND EN KADERS

Bevolkingsomvang en welvaartsniveau nemen almaar toe terwijl de beschikbaarheid van grondstoffen afneemt. De druk op onze leefomgeving neemt dus toe en daarmee wordt optimale benutting van beschikbare grondstoffen en hergebruik dus steeds belangrijker.

De Nederlandse waterschappen beschouwen rioolwater niet langer als een afvalproduct, maar als een bron van duurzame energie, grondstoffen en schoon water. Zeefgoed wordt door middel van fijnzeven gewonnen uit het influent van rioolwaterzuiveringsinstallaties. Het zeefgoed bestaat voor circa 70 % uit cellulosevezels (STOWA 2012-07); voornamelijk doorgespoeld wc-papier.

Cellulose wordt van oudsher op grote schaal toegepast in de papier- en kartonindustrie. Ook in allerlei nichemarkten wordt cellulose toegepast, denk aan isolatie, vulstof, wapening en als grondstof voor de productie van glucose (suiker) voor ethanol en bioplastics. Cellulose is daarmee een belangrijke grondstof voor een (biobased) economie. Cellulose wordt gewonnen uit hout (primaire stroom). Dit is een energie-intensief proces omdat de cellulose ontdaan wordt van lignine. Ook wordt cellulose op grote schaal hergebruikt, denk aan oud papier (secundaire stroom). Een derde (tertiaire) stroom is cellulose die terecht komt in reststromen zoals toiletpapier.

In Nederland wordt per jaar zo'n 180.000 ton toiletpapier doorgespoeld. Dat eindigt nu als zuiveringsslib en wordt vergist, gecomposteerd en verbrand. Voor elke ton aan vers toiletpapier is ongeveer 1 boom nodig. Met hergebruik (hoger dan inzet voor energieproductie) van cellulose uit rioolwater blijft de grondstof beschikbaar voor nieuwe toepassingen.

Door zeefgoed te winnen en een technisch-economische afzetroute te creëren is ook kostenbesparing mogelijk. De waterschappen hebben in de afgelopen jaren onderzoek uitgevoerd naar verwaardingsmogelijkheden voor zeefgoedcellulose (o.a. STOWA 2010-19, STOWA 2012-07, STOWA 2013-21). Daaruit is gebleken dat cellulose uit zeefgoed onder voorwaarden een waardevolle grondstof is die concurrerend in de markt afgezet kan worden. Een beloftevolle markt betreft het toepassen van zeefgoedcellulose als afdruiptremmer in asfalt.

## 1.2 DOELSTELLING: ONTWIKKELING VAN EEN PRODUCT-MARKTCOMBINATIE (PMC)

Om een homogene kwaliteit in een asfaltlaag te verkrijgen wordt bij het verwerken van asfalt cellulose toegevoegd. De cellulose voorkomt het 'afdruipen' van bitumen<sup>1</sup> tijdens transport en verwerking. Op jaarbasis wordt in Nederland zo'n 9.000.000 ton asfalt verwerkt (bron: RVO 2013). Dit is een mix van types asfalt, waarvan 20% SMA en ZOAB+ (LCA, 2016). Ook het bijvoorbeeld op dijken ingezette OSA wordt voorzien van afdruipremmer. Interessant omdat de waterschappen zelf opdrachtgever/eigenaar zijn van dergelijke wegen. Het totale gebruik van cellulose in asfalt ligt tussen de 5.400 en 10.000 ton cellulose per jaar in Nederland. De ondergrens volgt uit de berekening, de bovengrens is op basis van praktijksignalen van marktpartijen. De markt is als stabiel te kenmerken qua omvang en waarde. De omvang van deze markt sluit aan bij de productieontwikkeling van zeefgoed in de aankomende jaren. Ook vanuit milieu, juridisch, veiligheid en imagoperspectief is deze markt relatief laagdrempelig (o.a. geen sprake van direct consumentencontact). Daarmee is de toepassing van zeefgoedcellulose in asfalt een bruikbare route om de totale ontwikkeling van de markt voor zeefgoedcellulose mee van de grond te krijgen.

De volgende stap naar een functionele keten is de technisch-economische ontwikkeling van een volwaardige productmarktcombinatie (PMC) in samenwerking met ketenpartners. Het project Van Zeefgoed Naar Asphalt (VAZENA) is de vervolgstap van een ontwikkeling die in 2010 op gang gekomen is.

**FIGUUR 1** RESULTAAT EERDERE TESTEN BEHANDELING ZEEFGOED (V.L.N.R.): OPGEWERKTE ZEEFGOEDCELLULOSE, OPGEWERKT EN GEMALEN ZEEFGOEDCELLULOSE GESCHIKT ALS AFDRIIPREMMER EN DE RESTFRACIE DIE VRIJKOMT BIJ OPWERKING.



Sinds die tijd zijn er onderzoeken naar cellulose winning uit rioolwater en naar toepassingen van zeefgoed, in STOWA-verband - of daaraan gelinkt -, uitgevoerd. Het VAZENA-project is een concrete uitwerking van een van de aanbevelingen in STOWA 2013-21, zie figuur 1. Daarin wordt aangegeven dat ketenontwikkeling in samenwerking met marktpartijen een essentiële volgende stap is naar concretisering van een functionele Grondstoffenfabriek, zoals beoogd door de Nederlandse waterschappen. Tevens is er een directe relatie met Green Deal 174 Grondstoffen Waterschappen. Daarin wordt gesproken over de (terug)winning van grondstoffen uit rioolwater (stimuleren, versnellen en opschalen) en het realiseren van pilot- en demonstratieprojecten en VAZENA is als voorbeeldproject opgenomen. Tot slot is er een directe relatie met het STOWA onderzoeksprogramma Cellulose. Het voorliggende project maakt ook daar onderdeel van uit.

1 Bitumen worden verhit tijdens de productie van asfalt. Hierdoor neemt de viscositeit af en krijgt de neiging tot afdruipen van de steenslag.

### 1.3 PROJECT VAN ZEEFGOED NAAR ASFALT (VAZENA)<sup>2</sup>

Doel van het project: Ontwikkeling van een productmarktcombinatie (PMC) voor zeefgoedcellulose in de infrasector op duurzame grondslag, zowel economisch als milieukundig.

Bij de ontwikkeling van een functioneel consortium is uitgegaan van mix van belanghebbende, kundige en enthousiaste partijen die tezamen een volwaardige keten vormen. Het VAZENA-consortium bestaat uit de volgende partijen:

- |   |                      |
|---|----------------------|
| • Kenniscentrum Nederlandse regionale waterbeheerders | STOWA                |
| • Leverancier zeefgoedcellulose                       | Wetterskip Fryslân   |
| • Civiele aannemerscombinatie                         | Roelofs-Jansma       |
| • Opdrachtgever civiel werk                           | Provinsje Fryslân    |
| • Toeleverancier afdruipremmer                        | Esha Infra Solutions |
| • Cellulose handels- en technologiebedrijf            | KNN Cellulose BV     |

Het project is opgebouwd uit drie fasen:

- 1 Productontwikkeling afdruipremmer
  - a Definiëring technische specificaties
  - b Productie naar specificatie op kiloschaal in lab
  - c Lab-testen op functionaliteit en kwalificaties
  - d Juridische toetsing
- 2 Batchproductie zeefgoedafdruipremmer
  - a Onderzoek functionaliteit procestechnologie
  - b Grootschalige productie op demosite Wetterskip Fryslân
  - c Lab-testen op technische functionaliteit
- 3 Demonstratie full scale
  - a Eerste volwaardige test RWZI St Annaparochie Wetterskip Fryslân (Roelofs Jansma)
  - b Tweede volwaardige test Fietssnelweg N357 (Roelofs, Jansma)

### 1.4 LEESWIJZER

De voorliggende rapportage is een verslag van de opgedane ervaringen, resultaten en conclusies. Als zodanig geeft het inzicht in de procesvoering en leerpunten; bovendien zijn aanbevelingen opgenomen ten behoeve van doorontwikkeling. Het consortium hoopt hiermee tevens inspiratie te kunnen bieden voor ontwikkeling van andere innovatieve productmarktcombinaties binnen kaders van circulair ondernemen.

<sup>2</sup> Oorspronkelijke titel: Van Afval Naar Asfalt (VANA).

# 2

## DEFINIËRING PRODUCTSPECIFICATIES

In dit hoofdstuk wordt de vraag beantwoord aan welke eisen een product moet voldoen om deze als afdruiptremmer te kwalificeren. Daarbij wordt ingegaan op technische productkwalificaties en overige randvoorwaarden.

### 2.1 FUNCTIE EN OMSCHRIJVING AFDRUIPTREMMER

In asfaltmengsels die relatief veel bitumen bevatten of in ZOAB+ bestaat de kans dat het asfalt gedurende het transport of tijdens het verwerken iets ontmengt. Dit toont zich vaak als vette plekken in het (SMA) asfalt. Wanneer in een asfalt laag plaatselijk te weinig bitumen aanwezig is zal dit ernstige gevolgen hebben voor de (technische) duurzaamheid.

Toevoegen van cellulosevezels tijdens de productie van asfalt, zorgt voor een homogene verdeling van het bitumen in het asfaltmengsel, en voorkomt het ontmengen (afdruipt) van bitumen gedurende opslag en transport. Hierdoor wordt de kwaliteit van het asfalt verhoogd, wat een aantoonbaar langere levensduur tot gevolg heeft. Het resulteert kortom in:

- Verbeterde homogeniteit, dus kwaliteit, van het asfaltmengsel
- Korte wals tijd voor snellere productie en verwerking van asfalt
- Besparing van energie en verminderen van CO<sub>2</sub> uitstoot

Afdruiptremmer wordt met name gebruikt bij productie van SMA en ZOAB+. SMA is een steenrijkmengsel waarmee een zeer stabiel korrelskelet wordt verkregen. Hierin wordt een relatief hoog bitumengehalte toegepast. Het geringe relatief oppervlak van het mineraal aggregaat kan deze grote hoeveelheid bitumen in de verwerkingsfase niet aan waardoor er een kans bestaat dat de bitumen gaat afdruipt. Door toepassing van afdruiptremmers wordt het bitumen als het ware opgezogen en blijft de mortel (steenslag/grind+ bitumen + afdruiptremmer) op het aggregaatooppervlak zitten zonder af te druipt. Door de dikke bitumen om het aggregaat heeft SMA een zeer hoge duurzaamheid.

### 2.2 DEFINIËRING KWALITEITSEISEN TECHNOLOGISCH EN PROCESONTWIKKELING

Afdruiptremmer is niet gestandaardiseerd op basis van kwalitatieve eigenschappen. Er bestaat kortom geen technologische kwalificatie voor bijvoorbeeld gemiddelde vezellengte, as-percentage of drogestof gehalte. De functionaliteit dient aantoonbaar te zijn door middel van gestandaardiseerde proeven; oftewel proefondervindelijke kwalificatie.

In het project is in twee fasen tot de productie van afdruiptremmer uit zeefgoed gekomen. In eerste instantie is in een laboratoriumomgeving een batch van enkele kilo's geproduceerd en getest op functionaliteit. Nadat de resultaten van de technische functionaliteit en microbiële belasting voldoende bleken is dit proces vertaald naar de opstelling van grootschaliger procesapparatuur op de demosite Wetterskip Fryslân te Leeuwarden. (zie hoofdstuk 3).

## CERTIFICERING CONFORM RAW-SYSTEMATIEK

De RAW-besteksystematiek is een stelsel juridische, administratieve en technische voorwaarden dat in Nederland worden gebruikt voor het samenstellen van contracten in de grond-, weg- en waterbouwsector (GWW). De afkorting RAW staat voor Rationalisatie en Automatisering Grond-, Water- en Wegenbouw.

Voor toepassing in SMA dienen conform de Standaard RAW 2015 een drietal proeven te worden uitgevoerd. Dit gebeurt voor een cellulose-bitumenmengsel en voor mengsels inclusief granulaten, conform onderstaande beschrijving (RAW 2015):

Proef 70.1 afdruipproef. Hiermee wordt de werking van het materiaal aangetoond. Bij deze proef wordt het afdruippercentage bepaald van een mengsel van Steatietmaalkogels, CEN-standaardzand, vulstof en afdruippremmer.

Proef 70.2 Bepalen van benodigd gehalte aan afdruippremmende stof in het asfaltmengsel. De afdruipproef wordt uitgevoerd voor SMA 0/5, SMA 0/8 en SMA 0/11 mengsels met minimaal drie verschillende percentages afdruippremmer. Onderling mag de afdruippremmende stof niet meer dan 0,1 % verschillen. Door het uitzetten van de resultaten in een grafiek wordt bepaald hoeveel afdruippremmer per mengsel nodig is.

Ook 70.3 Beoordelen van de geschiktheid afdruippremmende stof voor asfalt. Indien uit proef 70.1 blijkt dat de afdruippremmer functioneert en met proef 70.2 het percentage toe te voegen afdruippremmer is bepaald dienen binnen 12 maanden 3 proefvakken te worden aangelegd van elk ten minste 200 ton SMA<sup>3</sup>.

De eerste van de beschreven drie proefvakken van 200 ton SMA is uitgevoerd door middel van het onderhavige project (fietsnelweg N357). De overige twee proefvakken vallen buiten de kaders van VAZENA. Deze dienen alsnog te worden uitgevoerd om te voldoen aan de RAW2015.

## RESULTATEN RAW-TESTEN

De beschreven RAW-testen zijn uitgevoerd door het Asfalt Kennis Centrum (AKC). De testen zijn twee maal uitgevoerd. De eerste test is uitgevoerd op basis van de batch opgewerkt materiaal (2,7 kg) uit de lab-productie. De tweede test is uitgevoerd op basis van productie op de demosite van Wetterskip Fryslân.

Door het AKC is onderzoek verricht naar de toepasbaarheid van de zeefgoed cellulose als afdruippremmer in asfalt. Hierbij is de zeefgoedcellulose vergeleken met standaard cellulosevezel middels afdruiponderzoek. Als eerste is er een indicatieve mengproef uitgevoerd middels de “Schellenberg” test om vast te stellen of de zeefgoedvezel goed mengt met de bitumen in het asfaltmengsel. Deze test is uitgevoerd met 2 ‰, 3 ‰ en 4 ‰ vezel. Vervolgens zijn afdruipproeven uitgevoerd conform proef 70 van de Standaard RAW Bepalingen.

### BATCH 1

De batch opgewerkt materiaal is geproduceerd op kleine schaal in het lab. Het gewonnen zeefgoed van de rioolwaterzuivering is gedesinfecteerd met perazijnzuur (Perazur 470). Er is een dosering van 1 liter perazijnzuur per 1 kg droge stof zeefgoed gebruikt. Dit zeefgoed is opgelost in water, waarna het over een 1 mm zeef is gepompt. Hierbij zijn de grove delen

<sup>3</sup> Met de aanleg van de fietsnelweg N357 is de eerste van de drie gerealiseerd. Voor de overige twee heeft het consortium de vraag in de markt uitgezet om in hieraan invulling te geven. Inmiddels zitten er twee projecten in de pijplijn.

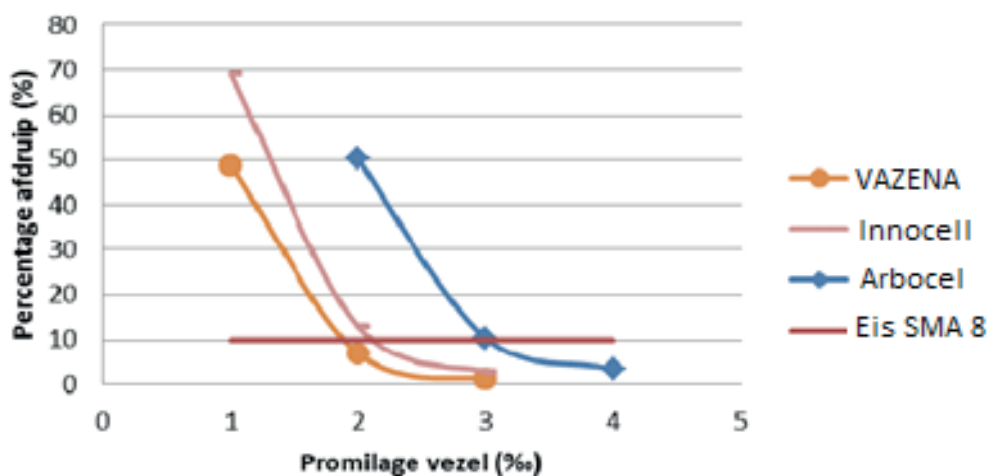


(doorsnede > 1 mm) verwijderd. Cellulose passeert deze zeef en wordt afgevangen met een 0,3 mm zeef. Dit cellulose is geperst tot een droge stof percentage van ongeveer 25% en is daarna voor 24 uur op 105 °C gedroogd. Als laatste is het cellulose gemalen, waarna het los volumineus materiaal is opgeslagen in een afgesloten zak. De droge stof van het cellulose is 93,2%, het asgehalte is 1,5%.

Uit dit onderzoek van AKC blijkt de zeefgoedcellulose al bij een dosering van 2‰ effectief (standaardcellulosevezel bij 3‰). Bij een dosering van 4 ‰ wordt teveel bitumen geabsorbeerd. Ter vergelijking zijn naast zeefgoedcellulose ook de huidig toegepaste producten Innocell en Arbocel ter meegenomen in het onderzoek.

Geconcludeerd wordt dat de dosering tussen de 2‰ en 3‰ dient te zijn voor effectieve werking. Onderstaande grafiek geeft een overzicht van de resultaten van dit onderzoek (figuur 2).

FIGUUR 2 RESULTATEN AFDRUIPONDERZOEK AKC MET VERSCHILLENDE CELLULOSE VEZELS



Met beide doseringen voldoen de resultaten aan de eis gesteld in de Standaard RAW Bepalingen en kan het mengsel met een CE keurmerk worden geleverd. Aan de hand van het laboratoriumonderzoek wordt aanbevolen om 2,5‰ zeefgoedcellulose toe te passen. Het volledige laboratoriumonderzoek is separaat gerapporteerd (AKC, 2016).

De conclusie uit dit eerste onderzoek is dat de VAZENA vezel effectiever is dan de standaard in de markt verkrijgbare vezels. De afdruiptremmende werking komt het meest overeen met Innocell F3000. Een minimale dosering van 2‰ is vereist en gezien het absorberende karakter moet de dosering zeker beperkt blijven en niet hoger dan 3‰. Deze conclusie gaf de basis om tot een vergelijkbaar productieproces op grotere schaal te komen (zie hoofdstuk 3).

#### **BATCH 2**

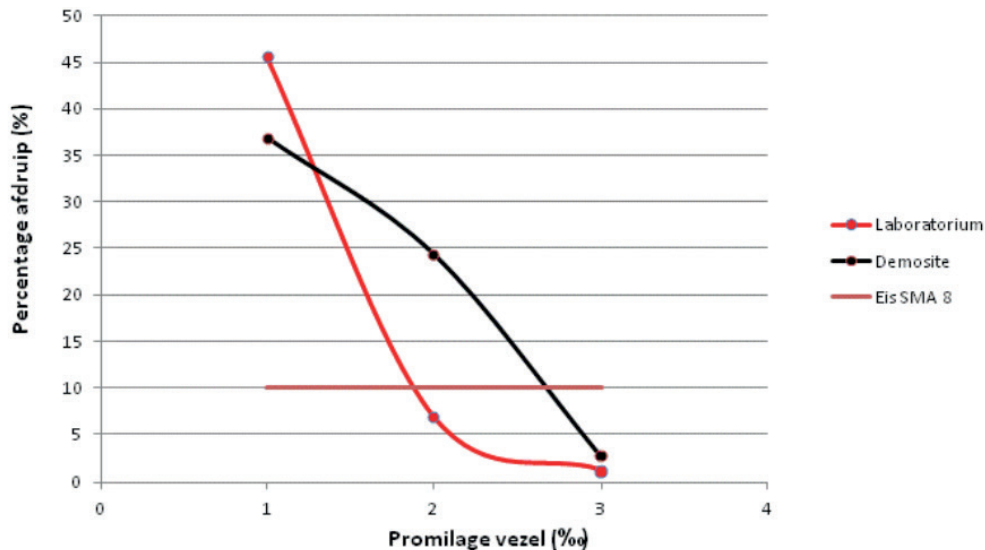
De tweede test is uitgevoerd op basis van een productsample afkomstig van de batchproductie op grotere schaal (zie productieproces beschreven in hoofdstuk 3). Gedurende de periode april- augustus 2016 zijn diverse batches geproduceerd. De geteste productsample bestaat uit een mix van deze batches: droge stof 94,0%, asgehalte 3,9%.

Door het Asfalt Kennis Centrum (AKC) is conform proef 70 van de RAW 2015 wederom de afdruipeigenschappen van de VAZENA vezel bepaald (AKC, 2016). De zeefgoedcellulose dat is geproduceerd op de demosite van Wetterskip Fryslân is vergeleken met de lab-productie. De zeefgoedcellulose geproduceerd op de demosite is bij een dosering van 3‰ effectief (stan-

daardcellulosevezel ook bij 3%). Het zeefgoedcellulose geproduceerd op het lab is effectief bij een dosering van 2‰.

Het volledige laboratoriumonderzoek is separaat gerapporteerd. Onderstaande grafiek geeft een gecombineerd overzicht van de gemiddelde resultaten uit beide testen (figuur 3).

FIGUUR 3 RESULTATEN AFDRIJPONDERZOEK MET GEPRODUCEERD CELLULOSE



Beide vezelfracties voldoen aan de normering en kunnen toegepast worden als afdruijp-remmer in SMA asfalt met een promillage van 3‰.

Aan de hand van de resultaten van het afdruijp onderzoek kan gesteld worden dat er een significant verschil tussen beide vezels waarneembaar is. De VAZENA vezel geproduceerd op het lab is “actiever” dan de vezel geproduceerd op de demosite bij een dosering van 2‰. Met de opschaling van het productieproces ontstaan verschillen tussen de geproduceerde zeefgoedcellulosefracties. Er is een hoger gemiddeld asgehalte gemeten voor de zeefgoedcellulose geproduceerd op de demosite (asgehalte van 3,9% i.p.v. 1,5%). Dit zou kunnen verklaren waarom de vezel geproduceerd op het lab “actiever” is, alhoewel daarmee nog niet het verschil over de verschillende waarden verklaard is. De metingen zijn in viervoud conform protocol uitgevoerd.

#### VORM, VERPAKKING EN HANDLING

Afdruijp remmers komen voor als losse vezels, gepelletiseerd en in composietvorm (met een wax). In De civiele consortiumpartners geven de voorkeur aan losse, volumineuze vezels. Deze worden regulier gebruikt in de Asfalt Productie Kootstertille<sup>4</sup> (APK). Ze mengen goed bij in de asfaltmix en zijn op basis daarvan beter geschikt dan (wax)pellets. Klontvorming van vezels in de asfaltmix geeft bovendien gevaar voor vochtname in asfalt tijdens de levensduur. Daardoor kan het materiaal bevroren en snel slijten. Een goed gemalen, ontsloten vezel voorkomt dat.

Regulier worden de vezels in bigbags aangeleverd bij de APK. Een speciaal hiertoe ontwikkeld los- en transportsysteem leidt de vezels vervolgens gedoseerd de asfaltmixer in. Een andere mogelijkheid is dosering door middel van voorverpakte 3 kg zakken. Voor testen is dit beter

4 Dit is tevens de operationele centrale in dit project.

in te passen omdat er dan sprake is van inmenging van verschillende batches materiaal. Deze methode is binnen project VAZENA daarom aangehouden.

### 2.3 VEILIGHEID, GEZONDHEID EN MILIEU

Veilig werken met grondstoffen is een absolute vereiste voor een functionele en gecommitteerde keten. Ook volksgezondheid en milieu zijn thema's waarmee nadrukkelijk rekening gehouden moet worden in de ontwikkeling van een functionele afzetmarkt.

In het geval van zeefgoedcellulose zijn twee onderwerpen relevant in relatie tot veiligheid, volksgezondheid en milieu: cellulose als grondstof en mate van microbiële belasting.

#### CELLULOSE ALS GRONDSTOF

Zeefgoed bestaat voor het grootste deel uit cellulose. Na een opwerkingsproces, zoals binnen VAZENA ingezet is, loopt dat percentage verder op tot zo'n 90 % (overige deel bestaat uit as, met name zand, en organische deeltjes niet zijnde cellulose).

Cellulose is een van oorsprong natuurlijk product en wordt over het algemeen beschouwd als veilig voor gebruik in voedingsproducten, cosmetica en materialen. Cellulose heeft geen toxische eigenschappen. Cellulose is onder omstandigheden een brandgevaarlijke stof, hier dient rekening mee gehouden te worden bij opslag en verwerking.

Droge volumineuze cellulose geeft stofvorming bij handling. Dit geldt ook voor de hier geproduceerde zeefgoedafdruiptremmer. Aangeraden wordt om bij handling beschermende maatregelen (Pbm's) toe te passen zoals beschermende kleding, veiligheidsbril, mondkapje en handschoenen. Dit is vergelijkbaar met de reguliere afdruiptremmer op basis van cellulose.

Voor behoud van functionaliteit van het product er ter voorkoming van broei en schimmelen bacteriegroei is het noodzakelijk het materiaal droog op te slaan in een verpakking (> 90% ds), dusdanig dat er geen vocht kan worden aangetrokken door de hygroscopische cellulose.

#### MICROBIËLE BELASTING ZEEFGOED

Zeefgoed is een product met een hoge microbiële belasting, waarvan een deel pathogeen is; oftewel ziekteverwekkend zoals virussen, bacteriën schimmels of parasieten, die een infectie, allergie of toxiciteit kunnen veroorzaken. Om veilige handling te garanderen is bewerking vereist. Bovendien is het meeleveren en naleven van handelingsvoorschriften van belang voor veilige verwerking.

Om deze microbiële belasting te reduceren ondergaat het materiaal een procestechnologische behandeling. Deze bestaat uit verzuring, oxidatie en verhitting (zie ook hoofdstuk 3). Overigens moet hier gesteld worden dat er geen eenduidige benchmark mogelijk is daar er geen standaarden rondom maximaal toelaatbare aanwezigheid van microbiologie gedefinieerd zijn. Er is sprake van producentenverantwoordelijkheid. Hoe deze specifiek voor zeefgoedcellulose in te vullen is, dient nader onderzocht te worden. Uitgangspunt binnen dit project is om het materiaal daarom een pathogeen risicoprofiel te geven, vergelijkbaar met, of lager dan reguliere afdruiptremmer. Voor veilige handling wordt op basis daarvan verwezen naar de verwerkings- en veiligheidsvoorschriften van de reguliere afdruiptremmer. Een en ander conform het Arbobesluit (Arbeidsomstandighedenwet 1998).

## 2.4 JURIDISCH LANDSCHAP

In dit hoofdstuk wordt het juridisch landschap rondom het terugwinnen van zeefgoed uit afvalwater (VAZENA-project) verkend. Dit geeft een beeld van de huidige situatie met een doorkijk naar mogelijke scenario's.

### HET JURIDISCH LANDSCHAP

Rond het gebruik van reststromen uit afvalwater bestaan veel meningen en even zo vele onduidelijkheden waar het gaat om het verschil tussen product en afval. Om hier meer inzicht en eenduidigheid in te krijgen, is door twee partijen een uitwerking gegeven aan de juridische status van zeefgoed. In opdracht van Wetterskip Fryslân is binnen het consortium door het bedrijf Waste Value Engineering een toets "Statusbepaling Zeefgoed" gedaan. Het adviesbureau Royal Haskoning/DHV heeft in opdracht van de Energie- en Grondstoffenfabriek (EFGF) een rapport opgesteld om de terugwinning van grondstoffen in het specifieke geval van zeefgoed juridisch te duiden in het kader van het Europese en nationale afvalstoffenrecht. Beide rapporten<sup>5</sup> kunnen worden gevonden in de hydrotheek van de STOWA.

Er bestaan op hoofdlijnen twee benaderingen voor dit vraagstuk: 1: herkomstgedreven en 2: toepassingsgedreven. Grofweg kan gesteld worden dat de wetgever traditioneel gezien herkomstgedreven redeneert (o.a. Wet milieubeheer, Kaderrichtlijn Afvalstoffen) en jurisprudentie in toenemende mate toepassingsgedreven gebaseerd is.

Hieronder wordt nader ingegaan op de traditionele herkomstgedreven lijn die de het bevoegd gezag volgt. Een openstaande vraag is echter in hoeverre deze lijn gevolgd zal worden door de rechterlijke macht aangezien daar een andere trend zichtbaar lijkt. Dit zal nader onderzocht moeten worden.

### INDIEN ZEEFGOED AFVAL IS

Om uit zeefgoed een product te kunnen maken wordt zeefgoed onttrokken aan een afvalstroom, ontdaan van verontreinigingen, gedesinfecteerd, gedroogd en verpakt. Het verwerken van afval is een vergunningplichtige activiteit (type C). De vergunning is een aanvulling op de algemene regels<sup>6</sup> waarin o.a. de emissies van zeer zorgwekkende stoffen (voor type C-inrichtingen), de beperking van emissie van geur en de voorschriften ten aanzien van de ondergrond (bodem bedreigende activiteit) wordt beschreven.

Wanneer zeefgoed alleen maar wordt onttrokken en aan *een derde* voor verdere verwerking beschikbaar gesteld, dan moet dit 'ontdoen' administratief<sup>7</sup> worden begeleid. Immers wordt afval van de ene partij aan een andere partij overgedragen. Producten zijn in het algemeen vrij verhandelbaar. De omgang met afval echter, kent een strak wettelijk regime. Het vervoer, inzameling, handelen of bewerking (VIHB) is aan een beperkte groep instellingen overgelaten.

Indien verwerking van zeefgoed tot grondstof door een waterschap, of door een derde op de rwzi, plaatsvindt vervalt bovenstaande, aangezien er na bewerking geen sprake meer is van afval (mits aan criteria wordt voldaan zoals hieronder beschreven).

5 Rapport Waste Value Engineering, Toetsing juridische status zeefgoed Wetterskip Fryslân (als grondstof voor afdruiptremmer), 2016.

Rapport RHDHV, Inventarisatie knelpunten en kansen bij de verwaarding van grondstoffen uit afvalwater, 2016

6 Zie activiteitenbesluit en -regeling, waarin aparte paragrafen de algemene milieuregels worden beschreven. Een RWZI is een aparte categorie bedrijf (behandeling van stedelijk afvalwater).

7 De ontdoener draagt het afval over aan een derde partij die afval mag verwerken (VIHB-vergunning)

## KADERRICHTLIJN AFVALSTOFFEN (KRA)

In het STOWA-rapport 2013-21 is aangegeven dat zeefgoed(afgeleiden) kan worden ingezet grondstof of product als indien minimaal aan de vier einde-afval criteria van Art 6 (KRA) wordt voldaan.

Daarbij wordt ervan uitgegaan dat zeefgoed wordt gewonnen uit afval en afval zal blijven tenzij de afval-bewerker kan aantonen dat voldaan wordt aan de eisen die gesteld worden aan een product en aan de specifieke eisen om niet langer als afval aangeduid te worden: art 6 KRA (Kaderrichtlijn Afvalstoffen) die is overgenomen in de Nederlandse milieuwetgeving.

*Art 6 Kaderrichtlijn Afvalstoffen omschrijft de einde afvalfase als:*

Sommige specifieke afvalstoffen zijn niet langer afvalstoffen in de zin van artikel 3, punt 1), wanneer zij een behandeling voor nuttige toepassing, waaronder een recyclingsbehandeling, hebben ondergaan en voldoen aan specifieke criteria die opgesteld moeten worden onder voorwaarden (1-4).

De criteria zijn:

- 1 het voorwerp wordt gebruikelijk toegepast voor specifieke doelen;
- 2 er is een markt voor of er is vraag naar de stof of het voorwerp;
- 3 de stof of het voorwerp voldoet aan de technische voorschriften voor de specifieke doelen en aan de voor producten geldende wetgeving en normen;
- 4 het gebruik van de stof of het voorwerp heeft over het geheel genomen<sup>8</sup> geen ongunstige effecten<sup>9</sup> voor het milieu of de menselijke gezondheid.

Wanneer we de product-markt-combinatie zeefgoedafdruipremmer voor asfalt toetsen aan de vier criteria zijn de bevindingen als volgt:

- 1 De gebruikelijke toepassing van de gewonnen substantie als afdruipremmer is in de praktijk getoetst (hoofdstuk 4, praktijk: Test en demonstratieprojecten);
- 2 Er is onder voorwaarden vraag naar zeefgoedafdruipremmer (Hoofdstuk 5: ketenperspectieven);
- 3 Zeefgoedafdruipremmer voldoet aan de technische criteria. Het is getoetst conform de RAW-2015 criteria voor dit type materialen. (hoofdstuk 4.2: test en demonstratieprojecten - resultaten);
- 4 Het is mogelijk met procestechnologische behandeling van zeefgoed tot een product te komen dat geen ongunstige effecten voor het milieu en of de menselijke gezondheid heeft waar het gaat pathogenen betreft (hoofdstuk 3.3 productie, resultaten en ervaringen). Doorontwikkeling en accreditatie van het verwerkingsproces zijn wel een must. Naast de afwezigheid van de pathogenen is de aanwezigheid van medicijnresten, antibiotica resistente materialen, hormonen, zeer zorgwekkende stoffen en persistente organische stoffen (z.g. POP's) een belemmering om tot de productstatus te komen.

<sup>8</sup> In de formulering van het vierde lid van artikel 6 uit de kader richtlijn afval is toegevoegd: 'over het geheel genomen'. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) heeft RIVM opdracht gegeven een beoordelingskader te ontwikkelen dat toegepast kan worden op stoffen die uit afvalwater worden teruggewonnen en recht doen aan de formulering van art 6, lid 4 KRA.

<sup>9</sup> die de volksgezondheid en/of de leefomgeving kunnen aantasten komen voor in het basismateriaal waaruit zeefgoed gewonnen wordt. Het gaat hierbij om pathogenen, medicijnresten, antibiotica resistente materialen, hormonen, zeer zorgwekkende stoffen en z.g. POP's: persistente organische stoffen.

## RICHTINGGEVENDE WEBTOETS

De landelijke overheid heeft een toetsinstrument (webtoets) ontwikkeld waarin de beoordeling stap voor stap wordt doorlopen en de antwoorden inzicht geven in de status van het onderzoek. De volgende onderwerpen worden beoordeeld:

- Productie en samenstelling van het voorwerp of de stof
- Toetsing of het gebruik zeker is
- Beoogde toepassing
- Identificatie van risico's voor mens en milieu
- Overige risico's
- Overige informatie

Indien gewenst kan naast eigen toetsing een oordeel gevraagd worden van RWS Leefomgeving. Deze toetst de uitkomsten volgens de Kaderrichtlijn Afvalstoffen en de informatie die zij heeft over afvalstof, bewerking, toegepaste materialen en eindproduct. Een rechtsoordeel is niet verplicht, de fabrikant kan ook op het eigen oordeel vertrouwen en het eventueel op handhaving aan laten komen waarna de rechter beslist. Een rechtsoordeel heeft wel meer zekerheid omdat handhavers zich hier zeer waarschijnlijk aan conformeren. Aan het RWS-ordeel kan geen rechtsgeldigheid worden ontleend. Wel kan in bepaalde gevallen bij de rechter beroep worden aangetekend tegen de beslissing van RWS Leefomgeving. De rechter oordeelt alleen wanneer het RWS oordeel het karakter heeft van een besluit.

## REACH?

De meeste producten kennen normen, standaarden waaraan moet worden voldaan. Om veilig met stoffen om te kunnen gaan is in Europa REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals) van toepassing. Producenten en importeurs van chemische stoffen die in Europa op de markt worden gebracht moeten deze op hun veiligheid beoordelen en registreren en gevaarlijke eigenschappen communiceren naar de gebruikers (downstream users).

De REACH regelgeving wordt ondersteund door richtsnoeren, waarvan er twee mogelijk van toepassing zijn op cellulose.

- Richtsnoer voor het samenstellen van veiligheidsinformatiebladen (VIB)
- Richtsnoer voor bijlage V; vrijstelling van de registratieplicht
- Richtsnoer voor teruggewonnen stoffen (artikel 2(d)7)

Er zijn twee vrijstellingen van de registratieplicht waarvoor cellulose mogelijk in aanmerking komt. (1) Natuurlijke stoffen hoeven niet geregistreerd te worden, natuurlijk wil zeggen zoals voorkomend in de natuur (onbewerkt) en niet chemisch bewerkt op enige wijze (alleen mechanische processen zijn toegestaan en extractie met water). (2) Voor teruggewonnen stoffen die al eerder zijn geregistreerd, geldt een registratievrijstelling; er is wel een verplichting tot het opstellen van een veiligheidsinformatieblad als de stof gevaarclassificaties heeft. De vrijstelling geldt bovendien alleen voor gelijke stoffen. De gelijkheid moet worden aangetoond.

De eventuele verplichting tot REACH-registratie ontstaat op het moment dat de einde-afvalstatus wordt bereikt en ligt voor zeefgoedcellulose dus bij de RWZI of verwerker.

## PRODUCTIE EN WATERSCHAPSWET

Een waterschap is een publiekrechtelijk orgaan (functionele overheid) waarvan de basistaken zijn omschreven in de Waterschapswet. De productie van cellulosegrondstof uit zeefgoed

vindt plaats buiten de beschreven (basis-)werkzaamheden, in een privaatrechtelijke omgeving. Het is een handeling met afvalstoffen, met de doelstelling hier een grondstof of product van te maken. Daarmee ontstaat een vergunningplicht. Bij verhandelen van een product zijn de handelsgebruikelijke gedragsregels van toepassing, zoals heffing van BTW, levering volgens gestandaardiseerde afspraken etc. en het naleven van de afgesproken productkwaliteit.

### **CONCLUSIE**

Indien zeefgoed door het bevoegd gezag wordt gedefinieerd als afval zal conform de vier criteria Kaderrichtlijn Afvalstoffen worden getoetst. Voor de eerste drie criteria kan op basis van Project VAZENA en de gecommitteerde (markt)partijen waarschijnlijk tot een positief oordeel gekomen worden. Voor het vierde criterium is met VAZENA een start gemaakt waar het pathogenen betreft. Voor het overige (o.a. medicijnresten) zal aanvullend aangetoond moeten worden dat er over het geheel genomen geen ongunstige effecten voor het milieu of de menselijke gezondheid zullen ontstaan uit de ontwikkeling van deze keten.

Zoals in de inleiding reeds aangegeven gaat bovenstaande uit van de traditionele herkomst-gedreven benadering. Of deze lijn stand houdt in geval van een rechterlijke uitspraak is afgaande op jurisprudentie van de afgelopen jaren niet zeker. Het strekt tot de aanbeveling hier nader onderzoek naar te verrichten.

# 3

## PRAKTIJK: PRODUCTIE ZEEFGOEDAFDRUIPREMMER

Op basis van de product-definiëring heeft binnen het project de productie van een batch product plaatsgevonden. In de paragrafen wordt ingegaan op de uitgangspunten, het productieproces, de resultaten en bevindingen van dat proces.

### 3.1 UITGANGSPUNTEN

#### PRODUCTIE BATCH

Voor de uitvoering van de full scale testen (beide geplande civiele werken) is 1,5 ton gezuiverd, gedesinfecteerd en gedroogd zeefgoed noodzakelijk. Op de demosite van Wetterskip Fryslân is daartoe een tijdelijke productie-omgeving gecreëerd. Het hoofddoel van dit project is de ontwikkeling van een productmarktcombinatie voor zeefgoedcellulose. Een subdoel is het leren van de ervaringen bij de opwerking van het zeefgoed in de praktijk.

#### DEMOSITE WETTERSKIP FRYSLÂN

De totale installatie is opgebouwd op de Demosite op de RWZI Leeuwarden. Deze site heeft een koepelvergunning voor dergelijke pilots en is voorzien van diverse faciliteiten. Er wordt afvalwater aangevoerd via de influentleiding welke beschikbaar is op de Demosite. Deze stroom wordt 'afgetapt' na het stappenrooster (6 mm), dus delen welke groter zijn dan 6 mm zijn al uit deze stroom verwijderd. Het afvalwater dat de zeefinstallatie weer verlaat, wordt via een afvoergoot teruggevoerd naar de influentkelder.

#### ZUIVERHEID PRODUCT

Zeefgoed bestaat voor circa 58%<sup>10</sup> uit cellulose. Het overige deel betreft organische (o.a. stukjes groente, vetten en haren) en anorganische bestanddelen (voornamelijk zand). Deze bestanddelen worden verwijderd. Hierbij is het zoeken naar optimale balans tussen zuiverheid en technisch-economische inspanning van belang.

#### VEILIGHEID, GEZONDHEID EN MILIEU

Zeefgoed is vanwege de herkomst sterk microbiëel belast. Door middel van desinfectie wordt gestreefd naar een functionele grondstof met een beheersbaar risico bij verdere verwerking.

In deze fase is ingezet op productie van een grondstof waarmee zonder verhoogd risico gewerkt kan worden door de projectpartners. Dat betekent dat gewerkt is aan het verkrijgen van een veilige grondstof door middel van chemische behandeling via perazijnzuur. Belangrijk daarbij is dat deze desinfectiestap de cellulosevezels niet aantast en dat het influent dat na de zeefstap retour gaat naar de waterzuivering niet verder vervuild wordt.

<sup>10</sup> Recentelijke meting rwzi Aarle Rixtel, Waterschap Aa en Maas



Om de veiligheidsrisico's in de praktijk tot een minimum te beperken is een *Veiligheid, Gezondheid en Milieu Protocol* opgesteld. Dit is actief voorgelegd aan interne en externe medewerkers op de productielocatie. Het protocol is gebaseerd op de bestaande protocollen binnen Wetterskip Fryslân, aangevuld met specifieke procesonderdelen die hier ingezet zijn. Dat laatste betreft specifiek werken met chemicaliën als ozon en perazijnzuur.

Voor de verwerking van het materiaal door de civiele partners is een voorlopig protocol voor de handling opgesteld (bijlage 1). Tevens zijn deze medewerkers ter plaatste geïnformeerd met behulp van een toolbox-meeting, zoals gebruikelijk is in de civiele en bouwsector.

### 3.2 SETUP DEMOSITE

Het pilotplantontwerp is opgedeeld in drie delen:

- Deel 1: Isoleren cellulosevezel
- Deel 2: Desinfectie en ontwatering product
- Deel 3: Drogen en malen

Tijdens de gehele productieperiode zijn regelmatig monsters genomen en geanalyseerd volgens het bemonsterplan. Het bemonsterplan is opgenomen als bijlage 2. De belangrijkste resultaten daarvan komen aan bod in de volgende paragraaf.

#### **DEEL 1 – ISOLEREN CELLULOSEVEZEL**

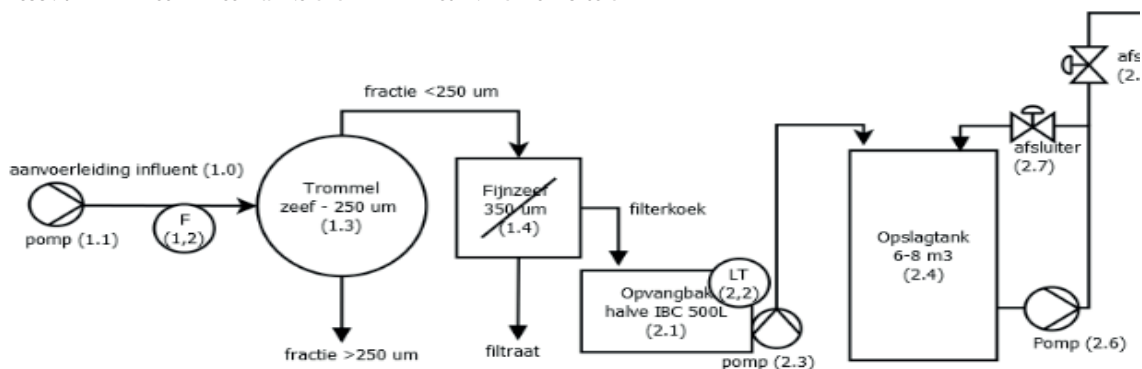
Deel 1 bestaat uit een zeefinstallatie (opgebouwd uit een trommelzeef, fijnzeef en een schroefpers) welke gevoed wordt met het influent (na stappenrooster 6 mm) van de RWZI Leeuwarden. Het afgevangen materiaal bestaat voor een groot deel uit cellulose. Deze stroom wordt opgevangen in een opvangbak en vervolgens (na opnieuw suspenderen) overgepompt naar een opslagtank.

De zeefinstallatie is op een skid gebouwd. De installatie is met behulp van een slang aan de influentleiding van de Demosite gekoppeld. Verder is de skid voorzien van een pomp welke de influentstroom reguleert, een flowmeter, een trommelzeef, een fijnzeef en een schroefpers.

Achter de skid is een opvangbak geplaatst waarin het geperste zeefgoed is opgevangen. Vervolgens is het zeefgoed gesuspendeerd en gepompt naar een opslagtank. De pomp in de opvangbak is niveau gestuurd, waardoor de installatie volledig automatisch draait. De pomp achter de opslagtank heeft een dubbele functie. Afhankelijk van de stand van de beide afsluiters is deze ingezet om de inhoud van de opslagtank te mengen of om de inhoud van de tank te transporteren naar het volgende procesonderdeel (Deel 2 – Desinfectie).

In onderstaande afbeelding (figuur 4) wordt deel 1 schematisch weergegeven.

FIGUUR 4 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DEEL 1 – ISOLEREN VAN CELLULOSEVEZEL



Het influent van RWZI Leeuwarden bevat gemiddeld 239 mg/l zwevende bestanddelen (bijlage 4). Tijdens eerder uitgevoerd STOWA onderzoek is geconcludeerd dat gemiddeld 30% tot 50% van de zwevende bestanddelen in het influent cellulosevezels zijn (STOWA, 2012-07). Deze cellulosevezels kunnen met behulp van een fijnzeef met een maaswijdte van 350µm uit afvalwater afgevangen worden.

Via pomp (1.1) wordt het influent op de trommelzeef gebracht, deze is uitwendig gevoed, de trommel heeft ingefreesde sleufjes met een breedte van 250 µm. Cellulosevezels hebben een lengte van 100-1000 µm (STOWA, 2010-19), ze kunnen de trommel passeren via de sleuven in het oppervlak van de trommel. Een voorwaarde voor het goed functioneren van de trommelzeef is dat er veel turbulentie op het zeefoppervlak is. Er wordt dan voorkomen dat de cellulosevezels samen klitten en afgevangen worden. Alle andere verontreinigingen vanaf 250 µm grootte (zoals stukjes voedsel, doekjes en vetbolletjes) zullen worden afgevangen en worden afgevoerd.

Het materiaal dat door de trommelzeef gaat wordt over de fijnzeef (maaswijdte van 350 µm) geleid. De werking van de fijnzeef is gebaseerd op een roterend zeefdoek. Afvalwater wordt aangevoerd in het ontvangstcompartiment van de machine. Het water wordt vervolgens gefilterd door het filterdoek, het filter wordt zo bedreven dat er een filterkoek wordt opgebouwd. Het gefilterde water verlaat de machine via de afvoerleiding. Het afgevangen materiaal wordt via het zeefdoek getransporteerd naar het 'luchtmes'. Hier wordt het zeefgoed met behulp van perslucht van het doek in het slibcompartiment geblazen.

Op het zeefdoek wordt een precoat (filtermat) gevormd, deze maakt het mogelijk om deeltjes af te vangen die vele malen kleiner zijn dan de maaswijdte van het geïnstalleerde zeefdoek. Op deze wijze zullen uiteindelijk ook kleinere deeltjes worden ingevangen (STOWA, 2010-19). De bandsnelheid wordt gestuurd op basis van het waterniveau in het ontvangstcompartiment, op deze manier wordt een precoat aangelegd en een optimaal rendement op basis van de droge stof verkregen. Als het influentniveau voor het filter stijgt, wordt de snelheid van het zeefdoek automatisch verhoogd.

Het materiaal uit het slibcompartiment wordt met een schroef naar de ontwateringscilinder getransporteerd, waar mechanische ontwatering plaatsvindt. Cellulose is mechanisch goed te ontwateren, hiervoor hoeft geen polymeer worden toegevoegd. Door het afstellen van de spanning op het terugverende deksel aan de ontwateringscilinder, kan het droge stof gehalte van het zeefgoed geregeld worden tussen de 20-40%.

## DEEL 2 – DESINFECTIE EN ONTWATERING

Deel 2 bestaat uit een reactorvat met roerwerken voor de desinfectie en een kamerfilterpers en een schroefpers voor de ontwatering. Na de desinfectie wordt de cellulosefractie ontwaterd. Er is onderzoek uitgevoerd naar desinfectie met behulp van perazijnzuur ( $C_2H_4O_3$ ) en ozon ( $O_3$ ). Productie heeft uiteindelijk plaatsgevonden op basis van perazijnzuur.

### PERAZIJNZUUR

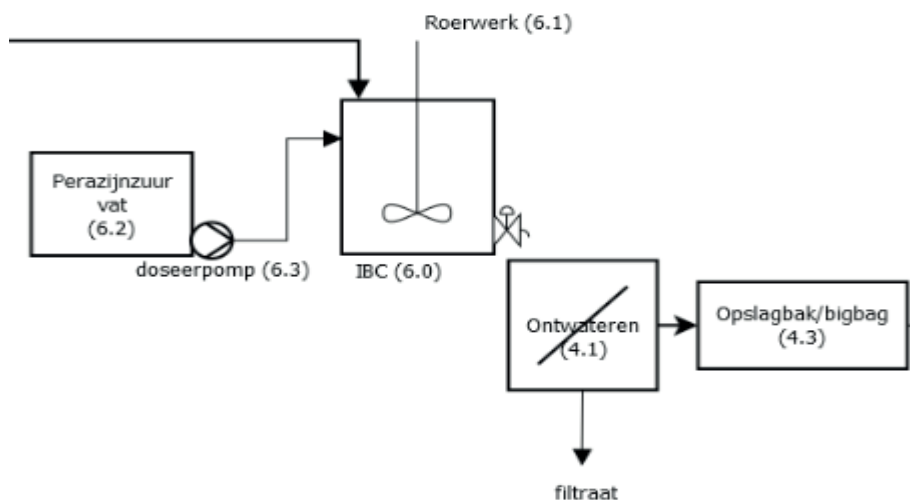
Om de benodigde hoeveelheid afdruipremmer te kunnen produceren wordt gebruik gemaakt van perazijnzuur. Dit is een desinfectiemiddel op basis van waterstofperoxide met als speciale toevoeging perazijnzuur. Dit perazijnzuur heeft een pH van 0,5 met de volgende samenstelling: 44-48% waterstofperoxide, 3-4% perazijnzuur en 1-2% azijnzuur. Hierdoor werkt het efficiënter dan alleen waterstofperoxide. Het is effectief tegen bacteriën schimmels, gisten en zelfs tegen sporen. Het product is niet brandbaar, maar heeft sterk oxiderende eigenschappen. De pH en temperatuur zijn van invloed op de werking. Als perazijnzuur opgelost wordt in water, wordt het afgebroken tot waterstofperoxide en azijnzuur. Dat vervolgens weer vervalt naar water, zuurstof en koolstofdioxide. Er is niet onderzocht of het achtergebleven perazijnzuur een verhoging van de zuiveringslast met zich meebrengt.

Wanneer azijnzuur achterblijft in het product zal dit een goede voedingsbron zijn voor met name schimmels. Met de gehanteerde spoelstep is een groot deel van het azijnzuur uitgespoeld. Tevens verdampt azijnzuur bij hogere temperatuur (kookpunt  $118,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). In de peddel-droger wordt enkele minuten op  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$  gedroogd en daarmee is de verwachting dat het resterend deel azijnzuur in het product minimaal is.

Deze desinfectiemethode is vooraf uitgebreid op laboratoriumschaal getest, zodat benodigde doseringen en reactietijd bekend zijn. Op basis hiervan is ingezet voor een dosering van 1 kg perazijnzuur per kg droge stof zeefgoedcellulose. Dit is een hoge dosering die ook extra CZV-vracht meebrengt voor de zuivering. Deze keuze is gemaakt omdat in deze fase te streven naar een goede desinfectie. In opvolgende fases is optimalisatie wenselijk.

In onderstaande afbeelding (figuur 5) wordt de desinfectie met perazijnzuur schematisch weergegeven.

FIGUUR 5 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DEEL 2 – DESINFECTIE EN ONTWATERING PRODUCT



Het desinfecteren met perazijnzuur is uitgevoerd in IBC's waarop een roerwerk geplaatst is. De mixers zorgen ervoor dat er een goede menging ontstaat tussen het perazijnzuur en het zeefgoed. Perazijnzuur wordt toegevoegd met behulp van een doseerpomp. De reactie-IBC's worden tot 900 liter gevuld met verdund zeefgoed (1-3% d.s.). Van iedere te desinfecteren batch wordt vooraf het droge stof percentage bepaald om de juiste hoeveelheid te doseren perazijnzuur te kunnen berekenen. Tijdens het hele proces wordt het materiaal geroerd om te zorgen voor een snelle en goede menging van het perazijnzuur. Na desinfectie wordt het materiaal gespoeld en mechanisch ontwaterd.

### **KAMERFILTERPERS**

Tijdens het project zijn er twee verschillende ontwateringsmethoden toegepast. De eerste methode is met behulp van een kamerfilterpers. De tweede methode is door het gedesinfecteerde zeefgoed terug te pompen over de fijnzeef en het te ontwateren met behulp van de schroefpers. Beide ontwateringsmethoden worden later in dit hoofdstuk toegelicht.

Ontwatering met een kamerfilterpers is een batch proces. Eerst worden de filterplaten met behulp van een hydraulisch cilinder tegen elkaar gedrukt. Vervolgens worden de kamers gevuld met zeefgoed (1% droge stof). Het zeefgoed wordt toegevoegd tot er een vuldruk van 10 bar bereikt is. Nadat deze druk bereikt is wordt er nog 10 minuten geperst. Vervolgens wordt de filterkoek gelost in een grote bak. Er wordt gebruik gemaakt van zeven kamers, met elk een inhoud van 4,4 liter. Totaal heeft de kamerfilterpers een inhoud van 30,8 liter. Per batch kan er 400-450 liter zeefgoed ontwaterd worden.

### **SCHROEFERS ZEEFINSTALLATIE**

Het gedesinfecteerde materiaal wordt terug in de fijnzeef gepompt, hierdoor wordt de fijnzeef installatie vooraf grondig schoongemaakt. Er wordt een waterstraalpompe in de reactie IBC gehangen, deze transporteert het gedesinfecteerde zeefgoed naar de fijnzeef. Door de extra toevoer van water wordt het product tijdens dit proces gewassen. Op de fijnzeef wordt het product ingedikt tot circa 3-8% droge stof. Vervolgens komt het ingedikte zeefgoed in de schroefpers terecht. Tijdens het ontwateringsproces wordt de klep aan het einde van de schroefpers gesloten, waardoor er aan het einde van de schroef druk opgebouwd wordt en er zoveel mogelijk water uitgeperst wordt. Het ontwaterde zeefgoed wordt tijdelijk opgeslagen in een bigbag totdat er voldoende is geproduceerd om te gaan drogen. Deze schroefpers is voornamelijk gebruikt voor de productie.

## **DEEL 3 – DROGEN EN NABEWERKING**

In deel 3 wordt het ontwaterde materiaal gedroogd en vervolgens gemalen met behulp van een hamermolen, zodat het aan de gebruiksspecificaties voldoet. Er zijn twee verschillende drogertypen getest, zowel een directe als een indirecte droger, om vast te stellen welke droger het beste functioneert voor zeefgoedcellulose. Bij directe drogers komt het verwarmingsmedium (lucht) in contact met het product. Bij indirecte drogers komt het verwarmingsmedium niet in contact met het product.

### **CONDENSROGER**

De condensdroger is een directe droger en gebruikt droge lucht om het zeefgoed bij relatief lage temperatuur te drogen. Lucht wordt in de machine gedroogd en verwarmd tot een temperatuur van 55 °C. Hierna wordt de droge, verwarmde lucht via de onderzijde door het zeefgoed heen geblazen. Het zeefgoed bevindt zich in een uitrolbare bak die zich onder de machine bevindt. De capaciteit van deze bak is maximaal 250 liter. De droge, verwarmde

lucht zal steeds een deel van het vocht wat in het zeefgoed zit verdampen, waardoor het luchtvochtigheidspercentage stijgt. De lucht komt nadat het door het zeefgoed is gepasseerd langs een warmtewisselaar welke koeler is dan de lucht. Hierdoor zal een deel van het vocht condenseren en afgevoerd worden via een afvoerbuis. De lucht zal na de condensatiestap weer verhit worden tot 55 °C waarna de cyclus zich herhaald. De droger heeft de capaciteit om vijf liter water per uur te verdampen.

#### **PEDDELDROGER**

De peddeldroger is een indirecte droger, waarbij droging plaatsvindt in een gesloten trommel die voorzien is van holle verwarmingspeddels en een dubbele wand. Het geheel wordt verhit door stoom, de stoomdruk is ingesteld op 8 bar, dit komt overeen met een temperatuur van 170°C. De peddels houden het zeefgoed in beweging waardoor er een fijn verdeeld, vezelachtig eindproduct gevormd wordt. Voor toepassing van het product in asfalt is nog wel een extra maalstap nodig.

De machine staat niet horizontaal maar onder een bepaalde hoek, waardoor het zeefgoed zich langzaam door de machine verplaatst. Na een verblijftijd van 20-30 minuten valt het gedroogde zeefgoed uit de machine in een bigbag.

#### **NABEWERKING**

Het gedroogde zeefgoed heeft een droge stof percentage van >90%. Voor de toepassing als afdruipremmer is het noodzakelijk dat een eindproduct met losse, ontsloten vezels geleverd wordt. Hiertoe wordt een hamermolen ingezet. Een hamermolen is geschikt om clustervormende materialen, zoals cellulose, te ontsluiten. Snel ronddraaiende hamers, die scharnierend aan de rotor zijn verbonden zorgen er voor dat het product ontsloten wordt. Rondom de hamers bevindt zich een zeef waardoor het product afgevoerd kan worden zodra de gewenste maalgraad is bereikt. Er is gebruikt gemaakt van een van 4 mm plaatzeef. Na malen is het product per 3 kg verpakt in zakken.

### **3.3 RESULTATEN EN ERVARINGEN**

De doelstelling binnen dit project was de productie van een functionele afdruipremmer, in grotere volumes. Met de periode van productie op de demosite is grootschaliger productie van afdruipremmer uit zeefgoed succesvol gebleken. De afdruipremmer voldoet aan de civieltechnische specificaties, zo blijkt uit de AKC-testen en de twee praktijkproeven (zie hoofdstuk 4). Ten aanzien van de microbiële belasting is er een significante reductie gerealiseerd. Hieronder per onderdeel een analyse.

#### **ZEEFINSTALLATIE**

Bij een influent debiet van 10,6 m<sup>3</sup> per uur wordt er gemiddeld 1,0 kg zeefgoed per uur (droge stof) geproduceerd. Het materiaal bestaat voor 89% uit organisch- en 11% uit anorganisch materiaal.

De grote stukken worden eerst verwijderd met een trommelzeef. Dit materiaal bevat voornamelijk stukjes voedsel, doekjes en vetbolletjes (figuur 6). Het zeefgoed wordt hierna afgevangen door de fijnzeef, waarna het wordt gedesinfecteerd.

Het gedesinfecteerde zeefgoed wordt met behulp van de fijnzeef en de bijbehorende schroefpers ontwaterd tot 32% droge stof (figuur 7). Waarna het product wordt gedroogd. Het droge stof

percentage van het eindproduct ligt gemiddeld op 96%. Dit voldoet aan de gestelde specificatie.

Uit onderzoek van AKC is gebleken dat zeefgoed beschikt over goede functionele eigenschappen in een toepassing als afdruiptremmer. Uit vergelijkingen ten opzichte van onbehandeld wc papier tijdens het vezelonderzoek is gebleken dat de cellulosevezels tijdens de desinfectiestap vrijwel niet worden aangetast.

FIGUUR 6

RESIDU TROMMELZEEF



FIGUUR 7

ONTWATERD ZEEFGOED



Om te berekenen hoeveel zeefgoed er door de zeefinstallatie afgevangen wordt, zijn er capaciteitsmetingen uitgevoerd. Het influent debiet over de zeefinstallatie wordt gemeten met behulp van een flowmeter. De hoeveelheid residu van de trommelzeef en de productie van de fijnzeef wordt gemeten. Van deze monsters wordt de droge stof gemeten. De droge stof wordt ook gemeten van het influent en het filtraat. Met deze gegevens kan een massabalans worden opgesteld, in onderstaande tabel 1 worden de gemiddelde waarden van de massabalans weergegeven. Dit zijn de gemiddelde waarden, de spreiding en de hoeveelheid metingen zijn te vinden in bijlage 4.

TABEL 1

MASSABALANS

	Kg droge stof per uur
Influent 10,6 m <sup>3</sup> /uur	+2,5
Residu trommelzeef	-0,3
Productie zeefgoed	-1,1
Filtraat fijnzeef	-1,8
Verschil in balans	-0,7

Er wordt ieder uur 2,5 kg droge stof aangevoerd. De trommelzeef vangt 0,3 kg grove delen per uur af. In de filtraat stroom wordt 2,2 kg droge stof naar de fijnzeef getransporteerd. De balans over de trommelzeef komt in deze situatie precies op nul uit. Hierbij gaat 88% van de droge stof door de trommelzeef.

De filtraatstroom van de trommelzeef wordt verder getransporteerd en dient als voeding voor de fijnzeef. Er wordt 2,2 kg droge stof naar de fijnzeef getransporteerd en er wordt 1,1 kg afgevangen als zeefgoed. Het rendement van de fijnzeef is op basis van de droge stof 49%. Het filtraat van de fijnzeef is 1,8 kg, waardoor het verschil in de balans op -0,7 kg uitkomt. Mogelijk wordt het balansverschil veroorzaakt door bezinking in de zeef ter plaatse van het monsterkraantje. Hierdoor zou een te hoge waarde van onopgeloste bestanddelen in het filtraat gemeten worden. Het totale rendement over de zeefinstallatie is op basis van de droge stof 55%.

Het asgehalte in het zeefgoed bedraagt 11%, dit is significant lager dan in het influent (17%). De extra 'wasstap' ten gevolge van het spoelen door de waterstraalpomp na desinfectie zorgt voor een verdere verlaging van het asgehalte, namelijk 7%. De gemiddelde data van de bemonstering is samengevat in bijlage 4.

Lineaire doorvertaling van bovenstaande metingen levert het volgende overzicht voor achterenvolgens de totale zuivering Leeuwarden (LWD) en van heel Nederlands op basis van totalen influent:

TABEL 2

TOTALE PRODUCTIE VAN LEEUWARDEN (LWD) EN NEDERLAND (NL) OP BASIS VAN TOTALE INFLUENT EN UITKOMSTEN VAZENA

	Proef LWD	Totaal LWD RWZI	Totaal Nederland
Influentdebiet	m <sup>3</sup> /jaar	m <sup>3</sup> /jaar	m <sup>3</sup> /jaar
	10,6 <sup>11</sup>	15.675.655	2.000.000.000 (UvW, 2015)
	Kg droge stof/uur	ton droge stof/jaar	ton droge stof/jaar
Totaal Influent droge stof	2,5	3.697	470.000
Totaal Residu trommelzeef	0,3	444	57.000
Totaal Productie	1,1	1.627	208.000

Indien de rwzi Leeuwarden wordt uitgerust met een zeefinstallatie conform de hier gehanteerde set-up dan kan deze in geval van volledige productie tot ongeveer een kwart van de marktvaag afdruiptremmer in Nederland bedienen.

## DESINFECTIE

Desinfectie is getest met perazijnzuur en met ozon. Beide zijn vormen van chemische reiniging. Op de gedesinfecteerde cellulose zijn microbiologische testen uitgevoerd om te beoordelen in welke mate de cellulose nog microbiologisch belast is. Dit is getest op algemeen kiemgetal voor aerobe bacteriën, algemeen kiemgetal voor schimmels en gisten en op *Enterobacteriaceae*. De *Enterobacteriaceae* is een indicatororganisme voor fecale besmetting. Tevens is getest op aantasting van de vezelstructuur als gevolg van chemische behandeling.

Vanwege omgevingsfactoren (hoe schoon kan er gewerkt worden) en inzet van procestechnologie (herhaalde inzet fijnzeefpers) heeft de desinfectie in praktijk niet het niveau van de lab-productie geëvenaard. Wel zijn er significante resultaten behaald. Hieronder volgen de specifieke bevindingen.

11 Dit is maximaal debiet volgens opgave fabrikant. Mogelijk is in praktijk een hoger debiet gerealiseerd, doordat trommelzeef is aangestuurd op basis van het creëren van turbulentie voor maximalisatie doorvoer. Deze mogelijke meetfout werkt lineair door in de extrapolatie en verklaart mogelijk de hoge productiewaarden.

**DESINFECTIE MET PERAZIJNZUUR**

Voordat er gedesinfecteerd is met perazijnzuur is eerst de microbiologische belasting van het ruwe, oftewel niet gedesinfecteerde cellulose, bepaald. De gegevens hiervan zijn weergegeven in tabel 3.

In eerste instantie is op het lab getest of perazijnzuur geschikt is om het microbiologisch belaste cellulose te desinfecteren. Dit heeft geresulteerd in een dosering van 1 liter perazijnzuur op 1 kg cellulose. De cellulose is vervolgens gedroogd op 105°C. Dit materiaal is microbiologisch onderzocht en de resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 3.

Op basis van deze lab-testen en toepassing van perazijnzuur in vergelijkbare situaties (o.a. luisrecycling) is er voor gekozen om perazijnzuur te gebruiken voor de desinfectie van cellulose. Gehanteerde dosering is 1 liter perazijnzuur op 1 kg cellulose (ds). Hierna is de cellulose ontwaterd, door het cellulose over de fijnzeefinstallatie met schroefpers te pompen. Het is aannemelijk dat deze ontwateringsstap zorgt voor een besmetting van de cellulose. Hierna is de cellulose d.m.v. lage temperatuur droging (55°C) gedroogd. Dit materiaal is microbiologisch onderzocht en de resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 3.

Op de demosite is de gehele periode gedesinfecteerd met dezelfde hoeveelheid perazijnzuur. Ook werd het materiaal via de fijnzeefinstallatie en de schroefpers ontwaterd. Wel werd naar verloop van tijd naast de lage temperatuur droging ook een hoge temperatuur droging (130°C) gebruikt om het cellulose te drogen. Dit materiaal is microbiologisch onderzocht en de resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 3.

Als benchmark is naast de geproduceerde cellulose ook het reguliere product dat gebruikt wordt in asfalt microbiologisch onderzocht. Van dit materiaal wordt aangenomen dat dit microbiologische schoon of tenminste niet schadelijk is. De resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel 3.

TABEL 3 RESULTATEN MICROBIOLOGISCH ONDERZOEK OP VERSCHILLENDE EINDPRODUCTEN VAN CELLULOSE

Organisme	Ruw (kve/g)	Lab Per-azijnzuur (kve/g)	Demosite Perazijnzuur 55°C droging (kve/g)	Demosite Perazijnzuur 130°C droging (kve/g)	Regulier product (kve/g)
Totaal aerob kiemgetal	7,5*10 <sup>8</sup>	<2,0*10 <sup>3</sup>	3,7*10 <sup>6</sup>	<2,0*10 <sup>3</sup>	8,0*10 <sup>6</sup>
Totaal schimmels en gisten	8,0*10 <sup>7</sup>	<2,0*10 <sup>3</sup>	3,2*10 <sup>6</sup>	<2,0*10 <sup>3</sup>	<2,0*10 <sup>3</sup>
<i>Enterobacteriaceae</i>	1,6*10 <sup>7</sup>	<2,0*10 <sup>3</sup>	5,8*10 <sup>5</sup>	<2,0*10 <sup>3</sup>	<2,0*10 <sup>3</sup>

Het ruwe monster bevat zoals verwacht een aanzienlijke hoeveelheid bacteriën, schimmels, gisten en *Enterobacteriaceae*.

In het monster dat geproduceerd is in het lab zijn geen bacteriën, schimmels, gisten en *Enterobacteriaceae* aangetroffen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat Perazijnzuur in de concentratie 1 l op 1 kg cellulose (meer dan) voldoende desinfecteert.

De cellulose die geproduceerd is op de demosite kent een 1 tot 2 log-reductie (een factor 10 reductie). De cellulose bevat echter nog wel bacteriën, schimmels en gisten. Ook is de *Enterobacteriaceae* aangetroffen, wat er duidt op dat nog fecale bacteriën aanwezig zijn. Dit kan worden verklaard door de omstandigheden waarin werd gewerkt, waardoor weer besmetting is opgetreden. Zo is tijdens productie de fijnzeef met pers zowel gebruikt om cellulose



uit het rioolwater te winnen en ook om het gedesinfecteerde cellulose te ontwateren (na spoeling). Ook werd het cellulose gedroogd met een lage temperatuur droger die voorheen werd ingezet voor slibdroging. Tot slot is het goed denkbaar dat er vanwege verhoogde concentraties bacteriën op een RWZI sprake is van omgevingsbesmetting.

Van de cellulose die geproduceerd is op de demosite en gedroogd is met hoge temperatuur droging zijn de bacteriën, schimmels, gisten en *Enterobacteriaceae* onder de detectiegrens. Hieruit kan worden geconcludeerd dat voldoende hoge temperatuur droging ook desinfecterend werkt.

De regulier ingezette afdruiptremmer blijkt niet volledig microbiologisch schoon te zijn (het betreffende product is geproduceerd uit ingezameld papier). Dit product bevat nog een hoeveelheid bacteriën en in beperkte mate schimmels, gisten en *Enterobacteriaceae*. In de definiëring van een functioneel product uit zeefgoed kunnen deze waarden mogelijk als bruikbare benchmark worden ingezet. Immers, deze afdruiptremmers worden door de markt reeds jaren ingezet.

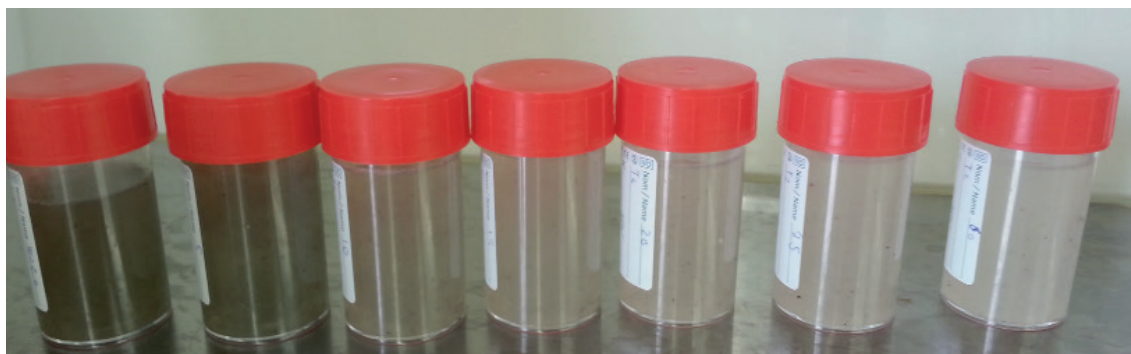
### **DESINFECTIE MET OZON**

Ozon is een zeer effectief desinfectant. Na toepassing valt het weer uit elkaar in zuurstofmoleculen, het laat dus geen chemische verontreinigingen achter in het influent. Mogelijk ontstaan er verontreinigingen in het product dit dient nader onderzocht te worden. Verder wordt ozon op locatie geproduceerd waardoor ook het transport en opslag van chemicaliën wordt voorkomen. Het proces wordt aangedreven op basis van elektriciteit (mogelijk groene elektriciteit en daarmee duurzaam).

Er zijn in een laboratoriumomgeving testen uitgevoerd (locatie Water applicatie Centrum). Daarbij is een reactor met zeefgoed (0,2% d.s.) gevuld, waaraan continu ozon is toegevoegd. Om de vijf minuten is een monster genomen uit de reactor. De monsters zijn ingezet op totaal aerob kiemgetal, totaal gisten en schimmels en *Enterobacteriaceae*. De volledige beschrijving van de test is weergegeven in bijlage 3.

Tijdens het toevoegen van de ozon treedt er kleurverandering op van het zeefgoedmengsel. Dit geeft aan dat de ozon in contact komt met de vezels (figuur 8).

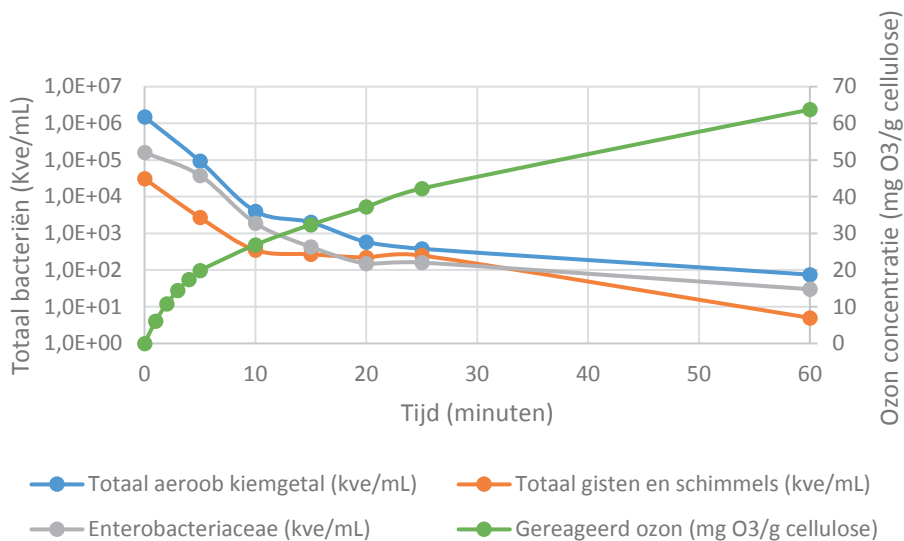
**FIGUUR 8** EFFECT OZON BEHANDELING IN DE TIJD VAN LINKS NAAR RECHTS TIJDSTIP 0, 5, 10, 15, 20, 25 EN 60 MINUTEN



Na 10 minuten is de kleur duidelijk lichter dan aan het begin. Na 20 minuten vindt er haast geen verandering meer plaats. Dit is indicatief voor het desinfecterend effect van ozon. De microbiologische testen bevestigen dat er (een mate van) desinfectie plaatsgevonden heeft (figuur 9).

FIGUUR 9

TOTAAL BACTERIËN, GISTEN, SCHIMMELS EN ENTEROBACTERIACEAE IN ZEEFgoed TIJDENS DESINFECTIE MET OZON



In de eerste 10 minuten heeft er 27 mg O<sub>3</sub>/g cellulose gereageerd en hierdoor daalt de concentratie bacteriën, gisten, schimmels en *Enterobacteriaceae* lineair. Na deze 10 minuten is er al een 2 log reductie voor gisten en schimmels behaald, wat neerkomt op een afdoening van ruim 99%. Na 20 minuten heeft er 37 mg O<sub>3</sub>/g cellulose gereageerd en is er een 3 log reductie gehaald voor het aerobisch kiemgetal en de *Enterobacteriaceae*. Na 60 minuten dalen de concentraties bacteriën, gisten, schimmels en *Enterobacteriaceae* tot bijna nihil. In totaal is er na een uur een 4 log reductie gehaald. Dat betekent dat 99,99% van de oorspronkelijke aanwezige bacteriën, gisten, schimmels en *Enterobacteriaceae* zijn gedood.

### SPECIFIEKE PATHOGENEN

Naast de bovenstaande testen zijn er specifieke microbiologische testen uitgevoerd (CEW/ Bioclear). Deze testen zijn uitgevoerd met een q-PCR, hiermee wordt het aanwezige DNA van de pathogenen gemeten. Dit zijn niet dezelfde monsters als beschreven in hoofdstuk 2.3.3. Waarbij wordt getest op totaal bacteriën en de volgende 7 pathogenen; *Campylobacter jejuni*, *Clostridium difficile*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Escherichia blattae*, *Escherichia coli* en *Streptococcus suis*.

De geteste monsters zijn:

- 1 Onbewerkt zeefgoed monster. Dit monster is rechtstreeks afkomstig van de fijnzeef. Het monster had een droge stof van 0,5%. De resultaten van de microbiologische test zijn te zien in tabel 4.
- 2 Desinfectie met perazijnzuur. Dit is gebeurd op de demosite waarbij 1 liter perazijnzuur werd toegevoegd op 1 kg cellulose. Na de desinfectie is gelijk een monster genomen, dit is niet eerst ontwaterd en niet gedroogd zoals het geval was bij voorgaande testen. Het monster had een droge stof van 0,5 %. De resultaten van de microbiologische test zijn te zien in tabel 4.
- 3 Desinfectie met ozon. Op lab schaal werd in 45 minuten het onbewerkte cellulose monster gedesinfecteerd met ozon. In totaal werd er 27 g O<sub>3</sub> per kg cellulose toegevoegd. Het monster had een droge stof van 0,5 %. De resultaten van de microbiologische test zijn te zien in tabel 4. Per monster is de detectielimiet van de analyse bepaald aan de hand van interne controles, deze kunnen daarom per monster variëren. De eenheid van de detectielimieten en van de analyses is aantal cellen per milliliter (N/mL), waarbij is aangenomen dat 1 DNA-kopie gelijk staat aan 1 cel.

TABEL 4 RESULTATEN SPECIFIEKE MICROBIOLOGISCHE TESTEN MET BEHULP VAN QPCR

Monster	Onbewerkt (N/ml)	Perazijnzuur (N/ml)	Ozon (N/ml)
Monster specifieke detectielimiet	1,0E+02	6,3E+01	8,3E+01
Totaal Bacteriën	1,3E+09	1,1E+05	5,0E+05
<i>Campylobacter jejuni</i>	n.a.	n.a.	n.a.
<i>Clostridium difficile</i>	5,7E+02	n.a.	n.a.
<i>Enterococcus faecalis</i>	4,0E+04	+	3,7E+02
<i>Enterococcus faecium</i>	5,5E+04	n.a.	1,7E+02
<i>Escherichia blattae</i>	5,2E+03	n.a.	n.a.
<i>Escherichia coli</i>	7,7E+05	6,3E+03	1,2E+03
<i>Streptococcus suis</i>	+	n.a.	n.a.

De spreiding van de analyseresultaten ligt tussen  $0,5 * N$  en  $2 * N$  (N=aantal gedetecteerde cellen)

n.a. niet aangetoond

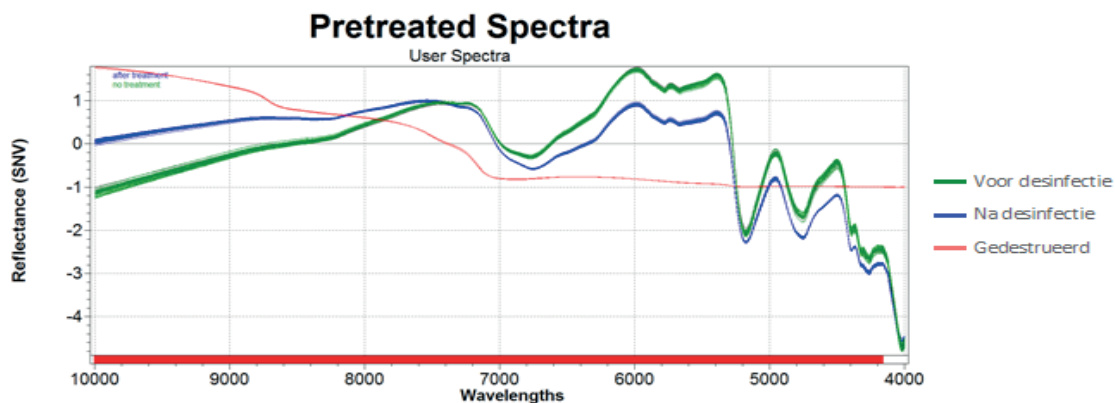
+ analyse is positief maar valt beneden de detectielimiet voor kwantificatie

Aan de resultaten is te zien dat de onbewerkte cellulosefractie besmet is met verschillende pathogenen. Na desinfectie met perazijnzuur zijn de meeste pathogenen onder de detectielimiet, bij *E. coli* is een 2 log reductie behaald (>99% afdoding). Bij de desinfectie met ozon zijn veel pathogenen volledig verwijderd. De *E. faecalis*, *E. faecium* en de *E. coli* zijn niet volledig verwijderd. Er is nog optimalisatie nodig voor het toedienen van ozon om meer pathogenen volledig te verwijderen. Omdat er geen (wettelijke) normen gesteld zijn, is voornamelijk nog onduidelijk of dit noodzakelijk is.

#### IMPACT OP VEZELSTRUCTUUR

Naast het desinfecterende effect van perazijnzuur is er ook onderzocht of perazijnzuur de cellulosevezel aantast. De structuur van de cellulosevezel kan worden weergegeven door middel van een Near Infra Red (NIR) spectrometer (leverancier BUCHI). Hiermee wordt de structuur van het zeefgoed voor en na desinfectie vergeleken en kunnen veranderingen zichtbaar worden gemaakt. Ter vergelijking en voor een volledig beeld is het zeefgoed ook volledig gedestruueerd met zwavelzuur.

FIGUUR 10 IMPACT VAN DESINFECTIE OP VEZELSTRUCTUUR



In figuur 10 is een verschil te zien tussen de gemiddelde monsters voor en na desinfectie (beide 10 monsters). De geproduceerde zeefgoedsamples voor en na desinfectie hebben dezelfde spectra als synthetisch cellulose, Whatman papier en witte watten. De samples van voor en na desinfectie hebben wat verschillen, maar de patronen zijn gelijk. Tussen de wavelengths 7000-7200 is een klein verschil in de spectra van voor en na desinfectie te zien. Dit zou kunnen komen doordat een OH-binding wordt aangetast. Het gedestruueerde monster bevat

een totaal ander spectrum dan de monsters voor en na desinfectie. Op basis daarvan moet worden geconcludeerd dat de vezel door het perazijnzuur niet tot nauwelijks wordt aangetaast. Het volledige verslag is te vinden in de bijbehorende publicatie CEW 2016.0138.

### ONTWATERING

De koeken uit de *kamerfilterpers* zijn niet homogeen ontwaterd. Er zijn per koek drie monsters genomen, deze variëren in droge stof percentages van 15 tot 45%. De gemiddelde waarde was 30% droge stof. Nadelen van de kamerfilterpers zijn dat de gevormde koeken weer verkleind moeten worden voordat ze gedroogd kunnen worden en dat de pers alleen batchgewijs kan produceren.

Het gedesinfecteerde zeefgoed is ook ontwaterd met behulp van een *fijnzeef* en de bijbehorende *schroefpers*. Via een waterstraalpomp wordt het gedesinfecteerde zeefgoed overgepompt naar de fijnzeef. Op de band vindt een indikingsstap plaats. Na de band komt het zeefgoed in de schroefpers terecht waar het verder mechanisch ontwaterd wordt.

Het zeefgoed wordt op de band ingedikt tot ca 8% droge stof waarna de schroefpers het ingedikte zeefgoed ontwaterd tot ca 32% droge stof.

### DROGING

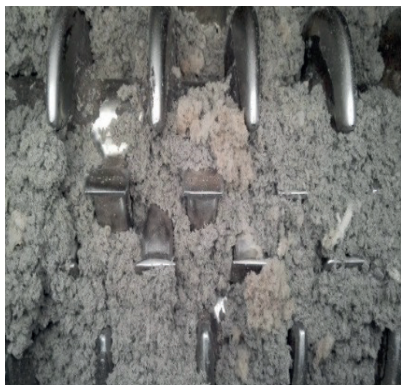
Het materiaal is in de *condensdroger* gedroogd tot een droge stof gehalte van >90%. De capaciteit van deze droger bleek in praktijk onvoldoende. Bovendien was er sprake van klontvorming waardoor er geen homogene droging plaatsvond.

De *peddeldroger* heeft een grotere capaciteit en consistentie in het droge stof percentage dan de condensdroger. Verder wordt het zeefgoed goed verdeeld over de peddeldroger (figuur 11). Het cellulose verwarmd tot 100-140°C met een verblijftijd van minimaal 20 minuten. Mede door het grote contactoppervlak en goede menging in de droger kan een extra desinfectie-effect verwacht worden.

Gedurende het praktijkonderzoek zijn metingen uitgevoerd tijdens het droogproces, met name bij de peddeldroger. Hier is onder andere gekeken naar de droogcurve van het materiaal, de massabalans over de droger en het energieverbruik. Omdat de omstandigheden gedurende het lopende proces van verwijdering zeefgoed, de opwerking, ontwatering en tenslotte de droging van het materiaal soms aan schommelingen onderhevig waren, zijn de uitkomsten rond dit deel van het onderzoek als indicatief te lezen. Bij opschaling van het proces verdient daarom optimalisatie van het droogproces extra aandacht.

FIGUUR 11

CELLULOSE IN PEDDELDROGER

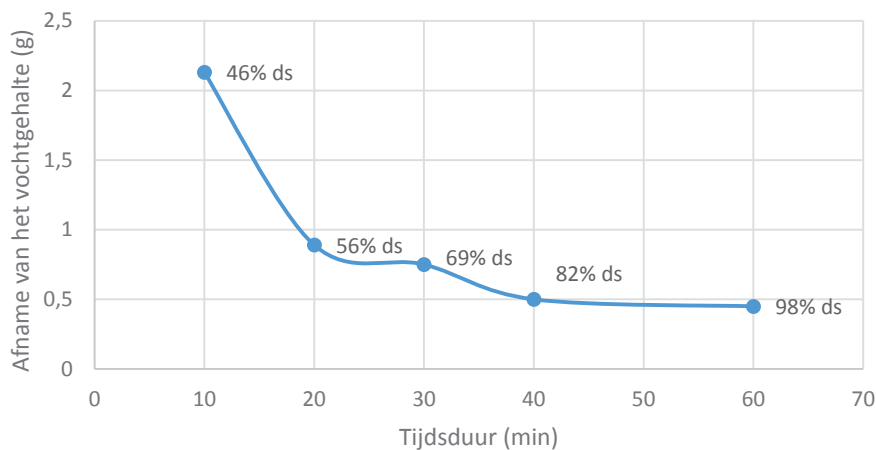


### De droogcurve en de waterverdamping

Het droogproces kan worden beschreven aan de hand van een algemene droogtheorie; het product wordt opgewarmd, het water verdampt en er blijft een droog product over. Door het ontwaterde cellulose in een droogstoof te plaatsen, is de droogcurve van dit materiaal vastgesteld.

FIGUUR 12

AFNAME VOCHTGEHALTE ZEEFGOED IN DROOGSTOOF

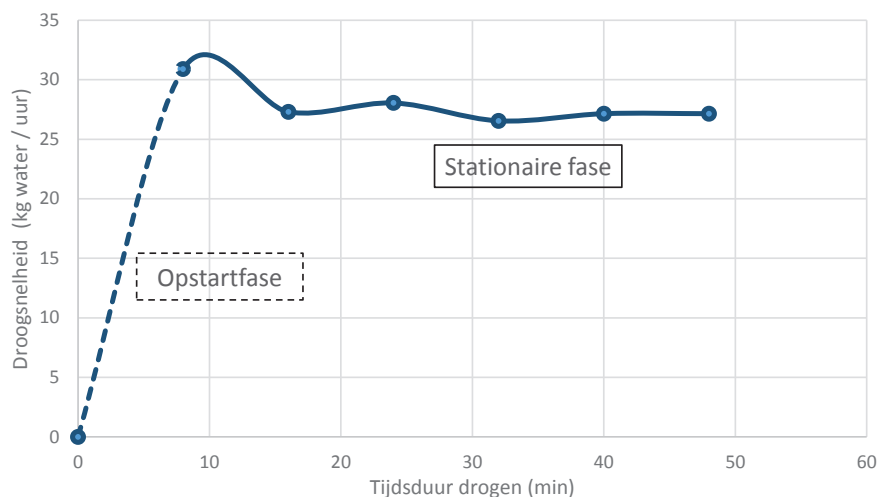


In figuur 12 is vochtafname van de droging van zeefgoed in de tijd uitgezet, het betreft hier een batch proces. Deze droogcurve is van belang om vast te stellen of bij het drogen van zeefgoed nog onverwachte effecten optreden. Er is gestart met een monster van 7 g zeefgoed met een droge stof van 32%, waardoor het monster nog 4,8 g water bevat. Eerst verdwijnt het vrije water, daarna het gebonden (capillaire) water en mogelijk intracellulair of kristal-gebonden water. Uit de grafiek blijkt dat het zeefgoed zich zonder problemen laat drogen. Dit effect is vervolgens ook gemeten tijdens de productiefase van gedroogd zeefgoed. In figuur 12 is te zien dat er verschil is tussen het verdampen van vrij water en gebonden water. Bij optimalisatie van het droogproces kan hier rekening mee worden gehouden.

Vervolgens zijn temperatuurmetingen uitgevoerd tijdens het continubedrijf van de peddel-droger. In onderstaande grafiek figuur 13 zijn deze metingen weergegeven. Het gaat hier om een continuproces waarbij na een aanloophase de temperatuur in de droger vrij constant wordt. Ook de waterverdamping verloopt in de stationaire fase constant en dat betekent dat het droogproces gedurende het productieproces beheersbaar was.

FIGUUR 13

DROOGCURVE ZEEFGOED IN DE PRAKTIJK IN PEDDELDROGER



Bij het drogen van zeefgoed met dit type droger, figuur 14, zijn een aantal zaken opgevallen die aandacht verdienen bij opschalen van het droogproces:

- De invoer dient zo constant mogelijk te zijn om de ingangstemperatuur constant te houden. Door de invoer van ontwaterd en dus nat materiaal zal de entreetemperatuur dalen naar ca. 100 °C ten opzichte van de gemiddelde temperatuur van 120 °C in de droger. Bij onregelmatige voeding zal de droogtemperatuur meer fluctueren.
- Bij deze relatief lage temperatuur ontstaat aankoecken van zeefgoed en waarschijnlijk eiwitachtige verbindingen aan de peddels en aan de wand. Vooral in de beginfase van het droogproces. Vanaf het midden van de droger neemt dit effect duidelijk af en aan het eind van de droger is zowel de wand als de peddel helemaal schoon.
- Bij de bedrijfsvoering dient aandacht te zijn voor de arbeidsomstandigheden en de milieueffecten. Bij het drogen komt vochtige lucht vrij die ook stankcomponenten en fijn stof bevat. Dat betekent dat hier een luchtbehandeling aangekoppeld dient te worden. Bij het opvangen dient men rekening te houden met stof dat vrijkomt. Een afgesloten opvang van het gedroogde product is een must evenals extra aandacht bij verder handling van het gedroogde zeefgoed.

FIGUUR 14

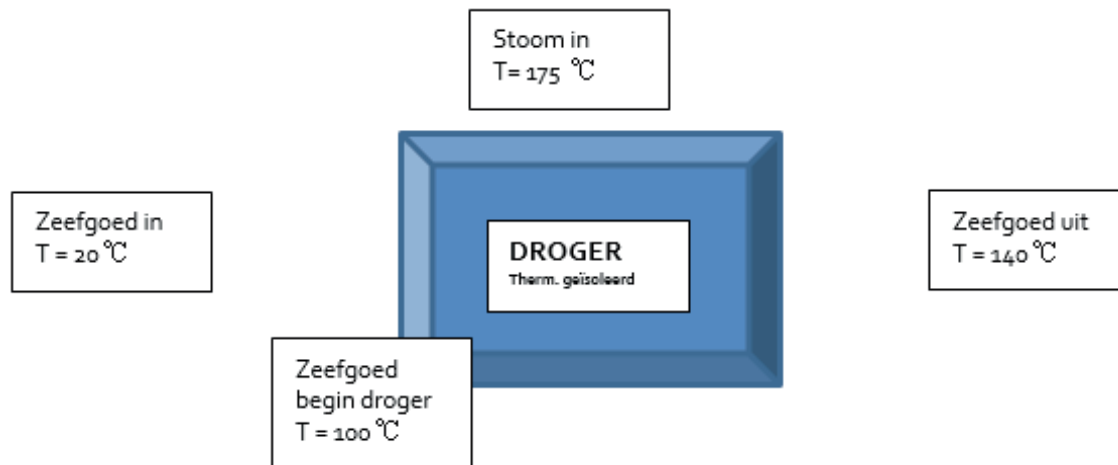
PEDDELDROGER



#### **HET ENERGIEVERBRUIK VAN DE PEDDELDROGER TIJDENS DE PRODUCTIE VAN GEDROOGD ZEEFGOED**

De peddeldroger werd gevoed door een stoomketel die gestookt werd op dieselolie. Omdat de omstandigheden tijdens de proefproductie van gedroogd en gedesinfecteerd zeefgoed onder wisselende omstandigheden zijn uitgevoerd, kon geen absoluut beeld van het energieverbruik voor het droogproces worden vastgesteld. Wel is een indicatie te geven van het energieverbruik en de kosten ervan op basis van hiervoor beschreven metingen en berekeningen.

FIGUUR 15 BLOKSCHEMA TEMPERATUUR DROGER



Bij een productie van 45 kg/zeefgoed per uur aan input en de hierboven weergegeven temperatuurverdeling en een aantal parameters als soortelijke warmte, stookwaarde van dieselolie en de efficiency van de stoomketel is uitwerking gegeven aan de kosten van het energieverbruik. In tabel 5 is dit uitgeschreven.

TABEL 5 OVERZICHT ENERGIEVERBRUIK EN -KOSTEN BIJ HET DROGEN VAN ZEEFGOED IN DE PROEFOPSTELLING VAZENA (VOEDING 45 KG/UUR EN EEN DS-PERCENTAGE VAN 32%)

Verdamping water	69,0 MJ/uur
Opwarming zeefgoedmassa	15,8 MJ/uur
Warmteinhoud droger	1,0 MJ/uur
Benodigd	85,8 MJ/uur
Efficiency stoomgenerator*	60 %
Nodig aan vermogen	143 Mj/uur
Stookwaarde diesel	45 Mj/kg
Nodig aan diesel	3,2 kg/uur
Kosten diesel (excl BTW)	1,05 €/l
Kosten diesel (excl BTW)	3,4 €/uur
Kosten zeefgoed	0,25 €/kg ds
	250 €/ton ds

\* EEI, 2011

De energiekosten betrokken op het zeefgoed bedragen dan ca. 250 euro per ton ds. Dat is een hoog bedrag en dat betekent dat er de nodige optimalisatie noodzakelijk is. Hierbij dient vooral aandacht te zijn voor:

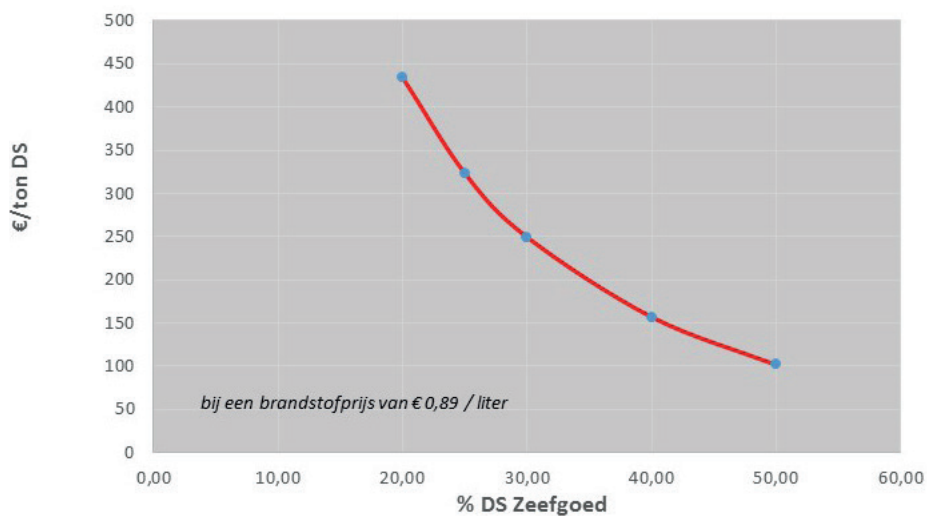
- De huidige droger is niet optimaal bedreven waardoor de getallen niet zonder meer vertaald kunnen worden naar een praktijkschaal. Alleen al door een retourstroom van warme lucht via een condensor kan de efficiency van het droogproces sterk verbeteren.
- De energiebron kan qua efficiency verbeterd worden:
  - Onder andere door gebruik van retourstroom van stoom.
  - Door inzet en inkoop van restwarmte tegen lagere kosten dan de kosten voor fossiele brandstof. Inzet van restwarmte betekent ook een duurzamere oplossing van het energievraagstuk binnen de productie van zeefgoed.

- Input van zeefgoed in termen van droge stof.
  - Het ingevoerde cellulose had een droge stof van 32%. Terwijl vanuit de praktijkinstallaties al droge stof waarden van 40 % tot 45% haalbaar zijn. De kosten voor het drogen worden hierdoor bijna gehalveerd (zie figuur 16).
- De warmteoverdracht bij de peddeldroger neemt snel af vanwege koekvorming aan de peddels en wand in het eerste deel van de droger. Een verbetering kan mogelijk gerealiseerd door de begintemperatuur lager te houden waardoor het aankoeken van materiaal als vetten en eiwitten wordt voorkomen.
- Onderzoek naar een andere droogtechniek, bijvoorbeeld een dunne laag-IR droger die ook in de papierindustrie wordt toegepast.

Om een beeld te krijgen van de invloed van de ingaande droge stof op de kosten van het drogen zijn in figuur 16 voor verschillende droge stofpercentages de energiekosten uitgewerkt.

FIGUUR 16

KOSTEN DROGEN PER TON DS ZEEFGOED INPUT



Bij de te verwachten bandbreedte voor kosten en afzetprijs (zie hoofdstuk 5) is uit deze grafiek op te maken dat onder de huidige omstandigheden de kosten al naar een acceptabel niveau teruggebracht kunnen worden. De verwachting is dat door optimalisatie van het droogproces en de droogtechniek als ook door inkoop van restwarmte de kosten van drogen zeker nog kunnen dalen.



# 4

## PRAKTIJK: TEST- EN DEMONSTRATIEPROJECTEN

In dit project zijn twee praktijkproeven opgenomen. Het doel daarvan is om de functionaliteit van de geproduceerde afdruipremmer in de praktijk testen. De twee proeven zijn de toegangsweg van RWZI St Annaparochie en Fietssnelweg Leeuwarden Stiens (N357). In beide gevallen is de productie van het asfalt uitgevoerd door de centrale Asphalt Productie Kootstertille (APK). Dit is tevens de plaats waar de VAZENA-afdruipremmer aan het asfalmengsel wordt toegevoegd.

### 4.1 MONITORINGSPROTOCOL

Beide projecten zijn door de aannemers van het consortium gemonitord op kwaliteit en ervaringen.

#### PRODUCTIE EN VERWERKING

Tijdens de productie, verwerking en na aanleg van het asfalmengsel zijn metingen uitgevoerd om de werking van de afdruipremmer te beoordelen. De metingen bestaan uit:

FIGUUR 17 MONITORING METINGENOVERZICHT (ROELOFS 2016)

Eigenschap	Meting	Fase
Productietemperatuur	Asfaltcentrale	Productie
Menging afdruipremmer	Monsters uit productie	Productie
Afdruip bindmiddel	Visuele beoordeling laadbakken vrachtwagens	Na lossen asfalt
Verwerkbaarheid	Verdichting en visueel	Verwerking

Om de verwerkingsomstandigheden vast te stellen zijn de volgende metingen uitgevoerd:

- Buitentemperatuur
- Temperatuur mengsel in vrachtwagen bij lossen in de asfaltspreidmachine
- Temperatuur achter de afwerkbalk
- Dichtheid na walsen (nuclear)

#### MONITORING NA VERWERKING

Na aanleg zijn kernen geboord voor de bepaling van:

- Laagdikte
- Verdichtingsgraad
- Samenstelling: bitumengehalte en korrelverdeling

Om de effecten van de zeefgoedcellulose in de SMA-deklaag voor de lange termijn vast te leggen zal 2 jaar en 5 jaar na aanleg een schouw worden uitgevoerd van het wegvak om eventueel opgetreden schade vast te stellen. Hierbij wordt voornamelijk gelet op vetslaan van het

wegdek en rafeling. De verwachting van de consortiumpartners inclusief opdracht gevende provincie op voorhand is dat de invoeging van het nieuwe type afdruiptremmer geen effect heeft op de langere termijn prestaties van het asfalt.

## 4.2 RESULTATEN

De volledige monitoringsrapporten zijn separaat gepubliceerd (Roelofs, 2016). Onderstaand de relevante data daaruit in relatie tot de functionaliteit in praktijk van de zeefgoedafdruiptremmer.

### RESULTATEN AFDRUIPTREMMER TESTCASE 1: RWZI ST ANNAPAROCHIE

FIGUUR 18 RESULTATEN AFDRUIPTREMMER MONITORING RWZI ST. ANNAPAROCHIE OP 6 JUNI 2016

Eigenschap	Meting	Eis	Fase
Temperatuur	170°C	140 - 180 °C	Productie
	166°C	130 - 180 °C	Hopper
	151°C	130 - 180 °C	Achter de balk
Menging afdruiptremmer	Visueel goed, wel stugger mengsel		Productie
	Visueel goed		Verwerking
Afdruip bindmiddel	Visuele beoordeling laadbakken		Na lossen asfalt
	Vrachtwagens schoon		
Verwerkbaarheid	Verwerkbaarheid goed, lijkt stugger mengsel		Verwerking
Verdichting	Verdichtingsgraad (nucleair)		
	Minimum: 97,4%	97,0%	
	Maximum: 101,4%	103,0%	
	Gemiddeld: 100,1%	97,0 - 103,0%	

Testcase 1 is uitgevoerd met een dosering van 3‰. In figuur 18 is te zien dat de temperatuur tijdens het proces aan de eisen voldoet. De menging van de afdruiptremmer is visueel goed. Het mengsel is stugger dan bij gebruik van de standaard afdruiptremmer, dit is beter dan het reguliere product. De vrachtwagens waren schoon en de verwerkbaarheid is goed. Ook de verdichtingsgraad valt binnen de eisen.

### RESULTATEN AFDRUIPTREMMER TESTCASE 2 FIETSSNELWEG LEEUWARDEN-STIENS (N357)

FIGUUR 19 RESULTATEN AFDRUIPTREMMER MONITORING FIETSSNELWEG LEEUWARDEN-STIENS (N357) EN 7-10-2016

Eigenschap	Meting	Eis	Fase
Temperatuur	170°C	140 - 180°C	Productie
	166°C	130 - 180°C	Hopper
	151°C	130 - 180°C	Achter de balk
Menging afdruiptremmer	Visueel goed, wel stugger mengsel		Productie
	Visueel goed		Verwerking
Afdruip bindmiddel	Visuele beoordeling laadbakken		Na lossen asfalt
	Vrachtwagens schoon		
Verwerkingsomstandigheden	Buitentemperatuur 24 - 28°C zoning, droog, onbewolkt		
Verwerkbaarheid	Verwerkbaarheid goed, lijkt stugger mengsel		Verwerking
Verdichting	Verdichtingsgraad (nucleair)	97,0%	
	Minimum: 97,1%	103,0%	
	Maximum: 100,0%	97,0 - 103,0 %	
	Gemiddeld: 98,4%		

Testcase 2 is uitgevoerd met een dosering van 3%. In figuur 19 is te zien dat de temperatuur tijdens het proces aan de eisen voldoet. De menging van de afdruiptremmer is visueel goed. Het mengsel is stugger dan bij gebruik van de standaard afdruiptremmer, dit is beter dan het reguliere product. De vrachtwagens waren schoon en de verwerkbaarheid is goed. Ook de verdichtingsgraad valt binnen de eisen.

#### 4.3 CONCLUSIES

Eén van de doelstellingen van dit project is om in de praktijk te toetsen of de zeefgoedvezel voldoet als afdruiptremmer in asphalt. Uit het onderzoek blijkt dat zowel in de productiefase, als in de verwerkingsfase de zeefgoedvezel conform verwachting en gestelde eisen functioneert als afdruiptremmer in SMA. Er zijn vanuit civieltechnisch oogpunt geen technische belemmeringen voor introductie van zeefgoedafdruiptremmer als commercieel verhandelbaar product in de markt.

De opdrachtgevers van beide pilotprojecten (Wetterskip Fryslân, Provincie Fryslân) hebben aangegeven vertrouwen te hebben in (behoud van) de kwaliteit van de opgeleverde werken. Dat betekent dat de verdere monitoring en garanties van beide werken conform de reguliere standaard worden uitgevoerd. Dit is in lijn met de oorspronkelijke verwachting op basis van de tijdelijke functie die de afdruiptremmer vervult in de levenscyclus van SMA (specifiek tijdens productie en verwerking).

FIGUUR 20 AANLEG SMA MET ZEEFGOEDCELLULOSE ALS AFDRUIPTREMMER. LINKS DE TOEGANGSWEG VAN RWZI ST ANNAPAROCHE EN RECHTS DE FIETSSNELWEG (N357)



# 5

## KETENPERSPECTIEVEN

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op beweegredenen en voorwaarden waaronder partners tot volwaardige ketenontwikkeling willen en kunnen komen.

Het resultaat van VAZENA is dat er een functioneel uitontwikkeld product gedefinieerd is dat geverifieerd voldoet aan marktkwalificaties. De volgende fase is doorontwikkeling naar een volwaardige productieketen. Daarin wordt de volgende keten gevormd:

- a aanbieder: waterschap
- b verwerker: technologie/handelshuis/toeleverancier)
- c afnemer: asfaltcentrale/aannemer (+ opdrachtgever werk)

Voor de ontwikkeling van een succesvolle keten zijn overtuigde partners nodig. Deze overtuiging wordt concreet beoordeeld op basis van een Value Case.

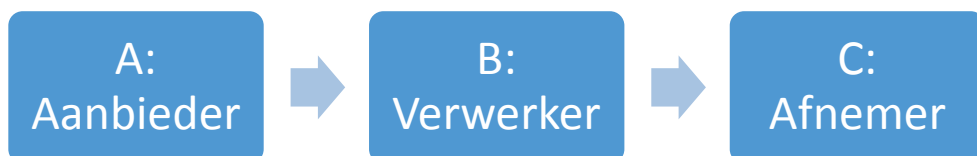
### 5.1 MOTIEVEN VOOR VERVOLG: VALUE CASE

Voor succesvolle doorontwikkeling is actieve betrokkenheid van bovengenoemde ketenpartijen essentieel. Betrokkenheid betekent dat er voor de partners een overtuigende *value case* in het verschiep moet liggen. Deze bestaat primair uit een sluitende business case. Daarnaast is met name milieu-impact van belang. Beide worden hieronder beschouwd. Ook waarden als imago, concurrentiepositie, en mvo vallen onder de value case. Omdat deze dermate specifiek zijn per organisatie blijven die hier buiten beschouwing. De value case kent gemeenschappelijkheden, maar is niet per sé voor alle ketenpartners gelijk.

#### ECONOMISCH PERSPECTIEF: BUSINESS CASE IN DE KETEN

Economisch motief is een belangrijke pijler en voor alle betrokken doorslaggevend in besluitvorming: economisch voordeel ten opzichte van de huidige situatie is een must. Dat geldt zowel voor civiele sector als ook voor de waterschappen.

De business case voor de productie van afdruipremmer uit zeefgoed is opgebouwd uit drie onderdelen. Er is daarmee sprake van een meervoudige business case. De kracht van de totale business case en dus voor de individuele spelers wordt bepaald door prijsstelling in deze drie onderdelen gezamenlijk. De drie onderdelen en bijbehorende economische parameters zijn:



- a prijs van zeefgoed (exclusief zeven uit influent met fijnzeef);
- b kostprijs voor opwerking tot gestandaardiseerde kwaliteit (inclusief extractie, handling, transport en opslag);
- c concurrerende marktprijs voor afdruipremmer.

Een sluitende business case voldoet aan:  $C > A + B$ . Daarbij zijn winst- en risicomarges in de prijzen verdisconteerd. Omdat de marktontwikkeling nog pril is zal rekening gehouden (moeten) worden met verhoogde risico's, bijvoorbeeld ten opzichte van slibverwerking. Onderstaand een indicatief inzicht in de business case.

**A:** zeefgoed is onderdeel/afgeleide van de afvalwaterzuivering en slibverwerking bij waterschappen. Slibverwerking is een aanzienlijke kostenpost voor waterschappen. In totaal produceren de Nederlandse waterschappen ruim 300.000 ton droge stof slib er jaar. Totale kosten voor zuiveringstechnische werken van de Nederlandse waterschappen ligt rond 1 miljard euro per jaar (UVW, 2015). Daarvan is in 2015 23 % direct gerelateerd aan slibverwerking, oftewel 230.000.000 euro per jaar. Dat komt neer op € 770,- / ton ds slib en betreft voor het grootste deel interne kosten bij waterschappen. De huidige verwerkingsprijs van zeefgoed is gebaseerd op slibverwerkingsprijzen<sup>12</sup> in de markt. De marge daarin ligt tussen 40,- en 90,- per ton slib nat (23% - 27% ds). Het betreft hier dus een negatieve marktwaarde.

Dan aan de marktkant van de keten:

**C:** De prijs van afdruiptremmer in de civiele markt. Deze prijsstelling is het resultaat van marktwerking. De prijsrange ligt grofweg tussen 100 (inkoop oud papier als grondstof voor afdruiptremmer) en 500 euro/ton (prijs voor afdruiptremmer aan asfaltcentrales/aannemers). Deze prijs is redelijk stabiel gebleken in de afgelopen jaren, maar zal altijd afhankelijk zijn van marktomstandigheden. De waarde van zeefgoedafdruiptremmer is vooral afhankelijk van welke schakel in de keten inkoop: producent<sup>13</sup>, toeleverancier of verwerker (asfaltcentrale/aannemer).

**B:** De marge voor bewerking, handling en handel:  $B = A + C$ . Dat geeft een bandbreedte voor kosten opwerking (incl. winst en risico):

Onderkant bandbreedte: (A) € -40,- tot (C) € 100,- : zo'n € 140,- /ton.<sup>14</sup>

Bovenkant bandbreedte: (A) € -90,- tot (C) € 500,- : zo'n € 590,- /ton.

Binnen deze marge van grofweg 150 tot 600 euro per ton zullen de processtappen plus winst en risico gedekt moeten worden die leiden tot een product met de binnen VAZENA gedefiniëerde specificaties. Dit zijn bijvoorbeeld (maar niet per se) processtappen zoals beschreven onder hoofdstuk 4:

- Zuivering fractie (winning en zuivering zeefgoedfractie)
- Desinfectie
- Ontwatering/drogen, nabewerking, verpakken
- Handling, opslag, transport

12 Het is waarschijnlijk dat de operationele zuiveringskosten met het winnen van zeefgoed positief worden beïnvloed doordat er minder organische materie verwerkt hoeft te worden in de zuivering. Denk hierbij aan benodigde beluchting, slibhandling (verpompen, transport, etc.), ontwateringspolymeer en de slibontwateringsinstallaties. Hoe groot deze effecten zijn wordt momenteel onderzocht, onder andere in het project Screenshot bij waterschap Aa en Maas. Tevens wordt met de winning van zeefgoed CO<sub>2</sub>-emissie vermeden in het zuiveringsproces.

Daar staat tegenover dat zeefgoed winnen energie kost. Indien er sprake is van biogasproductie uit slibfracties dient tevens rekening gehouden te worden met mogelijk lagere biogasopbrengsten, aangezien een deel van de cellulose wordt afgebroken en omgezet naar methaan. Hoe groot dat deel is hangt af van vergistingsomstandigheden temperatuur en verblijftijd.

In de voorliggende business case wordt uitgegaan van een vereffening tussen opbrengsten en kosten. Daardoor blijft de huidige prijsrange van slibverwerking hier het uitgangspunt.

13 In geval van de producent kan sprake zijn van een lagere kwaliteitseis omdat deze zelf nog een bewerkingsstap zal doorlopen.

14 Hierbij is nog geen rekening gehouden met verschillen in droge stof percentages

De kostprijs van de zeefgoedafdruiptremmer die binnen dit project is gerealiseerd is niet gespecificeerd. Duidelijk is wel dat deze boven de maximaal vastgestelde financiële ruimte van zo'n 600,- /ton lag. Met name de kosten voor chemische behandeling met perazijnzuur, drogen en ureinzet dragen sterk bij aan de kosten. Aangezien dit het eerste pilot-project is waarin kostprijs optimalisatie geen doel was, is er ruimte voor technisch-economische optimalisatie<sup>15</sup> (zie ook de aanbevelingen).

De bovenstaande berekening is gebaseerd op de situatie anno 2016/2017. Genoemde prijzen zullen op langere termijn waarschijnlijk geen stand houden. Immers, er dient voor alle ketenpartijen op langere termijn (economisch) voordeel in het verschiep liggen en er zal sprake zijn van reguliere marktwerking.

### MILIEU-IMPACT

Waterschappen en ook de civiele sector zoeken naar wegen om een positieve bijdrage aan milieu-impact te leveren. Het verduurzamen van grondstofketens biedt daartoe een concrete mogelijkheid. Milieukundig gezien is hoogwaardig hergebruik van zeefgoedcellulose waardevol. Inzet van deze tertiaire cellulosebron betekent substitutie van secundaire en primaire cellulosebronnen. Dit resulteert in positieve milieuscores op onder andere CO<sub>2</sub>-emissies, energiegebruik en landgebruik (bosbouw).

In het rapport STOWA 2016-22 is de milieu-impact van het gewonnen zeefgoedcellulose vergeleken met de huidige situatie (de huidige situatie zijnde dat de zeefgoedcellulose niet wordt gewonnen, maar regulier als slib wordt vergist). De gewonnen zeefgoedcellulose levert in dat geval op een waterzuivering van 100.000 i.e. een milieuvoordeel op van 45 kPt per jaar<sup>16</sup>. Vertaald naar een waterzuivering zoals rwzi Leeuwarden a 250.000 i.e. resulteert dan in een milieuvoordeel van 112,5 kPt<sup>17</sup>. Daarnaast is het milieuvoordeel bij rwzi's zonder vergisting nog groter.

## 5.2 DOORONTWIKKELING KETEN

### AFRONDING R&D-FASE VAZENA

Om deze productontwikkelingsfase te completeren dienen nog twee asfaltwerken met zeefgoedcellulose opgeleverd van minimaal 200 ton SMA per project te worden uitgevoerd<sup>18</sup>. Daarmee wordt de R&D-fase definitief afgerond conform de gestelde eisen in RAW2015.

### LAUNCHING CUSTOMERS ASFALT

Asfalt is een product dat vooral wordt ingekocht door overheden (RWS, provincies, gemeenten en waterschappen). Deze overheden hebben dan ook de mogelijkheid als (launching) customer de vraag verder te stimuleren. Niet door 1:1 voorschrijving (wettelijk niet toegestaan), wel via scherpe criteria voor beste PKV. Provincie Fryslân en Wetterskip Fryslân hebben in dit project

15 Er worden in 2017/2018 twee technologiepilots uitgevoerd. Project Zeefgoud, rwzi Leek, i.s.m. Waterschap Noorderzijlvest. Q1-Q2 2017. Een ontwikkeling van Cellvation<sup>®</sup>: een gezamenlijk initiatief van KNN Cellulose en BWA (inmiddels Cirtec). Project Smart-Plant, rwzi Geestmerambacht, i.s.m. HHNK. Start Q3 - 2017. Eveneens Cellvation<sup>®</sup>

16 1 kPt staat voor de milieubelasting van een gemiddelde Europeaan. Volgens de ReCiPe-methode met een single score output. De gehanteerde methode is een door internationale experts aanbevolen aanpak voor het uitvoeren van verdere LCA's in de afvalwaterwereld (STOWA 2016-22)

17 Deze uitkomsten zijn gebaseerd op uitgangspunten zoals in het betreffende rapport gedefinieerd. Deze zijn anders dan in VAZENA en de daaruit voortvloeiende aanbevelingen, specifiek voor ingezette procesttechnologie. Het is waarschijnlijk dat met de inzet van bijvoorbeeld restwarmte het milieuvoordeel verder toeneemt.

18 In totaal dus 3 projecten binnen 1 jaar, waarvan de eerste – het fietspad provincie Fryslân- binnen dit project is voltooid. Inmiddels heeft het projectconsortium twee projecten in ontwikkeling.

die rol succesvol vervuld. Stimulering van de vraag zal nadrukkelijk bijdragen aan de realisatie van de beoogde keten. Waterschappen kunnen daarmee zelf actief sturing geven aan de ontwikkeling en concretisering van eigen ambities. Wetterskip Fryslân heeft hier inmiddels actief opvolging aan gegeven door de veerdijk van Ameland te voorzien van asfalt met zeefgoedafdruiptremmer.

### **CONCURRENTIEPOSITIE VERSTERKEN**

Binnen de civiele sector is in toenemende mate vraag naar verduurzaming van producten en processen. Overheden besteden steeds meer aandacht aan duurzaam aanbesteden en inkopen, bijvoorbeeld door middel van Beste Prijs-Kwaliteit-Verhouding (Beste PKV, voorheen EMVI). Bij beste-PKV wegen naast prijs andere kwaliteitsaspecten mee in de beoordeling van inschrijvingen. Beste PKV wordt ingezet om inschrijvers te stimuleren meer te bieden dan wat geëist wordt<sup>19</sup>. Zeefgoedafdruiptremmer past als product in die lijn en versterkt daarmee voor aannemers de concurrentiepositie.

### **CO-CREATIE: DELEN VAN RISICO'S EN BATEN IN KETENSAMENWERKING**

Voor doorontwikkeling van de beoogde keten is sprake van sterke wederzijdse afhankelijkheid voor de betrokken partners. Denk bijvoorbeeld leveringszekerheid en prijsstabiliteit over een langere periode. Het verkleinen van deze onzekerheden en dus risico's draagt sterk bij aan de haalbaarheid van de ontwikkeling.

Een model om hieraan tegemoet te komen is co-creatie; een vorm van intensieve ketensamenwerking binnen vooraf vastgestelde meerjarige kaders. Het inrichten van structurele (meerjarige) publiek private samenwerking (PPS) dus. Binnen deze samenwerking wordt gestuurd op de volgende uitgangspunten:

- Wenkend perspectief voor alle betrokken partijen op langere termijn: economisch + milieukundig
- Minimalisering van risico's (m.n. juridisch, aanbod-afnamevolumes, kostenverdeling, werkingsgaranties)

De intensiteit van de pps kan variëren van meerjarige contractafspraken tot het aangaan van een joint venture. Deze keuze wordt gemaakt op basis van bereidheid tot het nemen van rollen en bijbehorende risico's door de partijen.

In het geval van meerjarige contractafspraken kan bijvoorbeeld ingezet worden op een stafmodel. Het startpunt in zo'n model is zeefgoedwaarde waarmee de markt in staat wordt gesteld de keten te ontwikkelen. Deze kostenberekening wordt vervolgens per jaar herzien gedurende de looptijd van het contract. Het model biedt daarmee bij de start financiële ontwikkelruimte. Deze wordt gaande de looptijd minder op basis van de gedachte dat de efficiëntie van opwerking met de jaren kan toenemen. De verrekening wordt vooraf vastgesteld op basis van een vaste factor of afhankelijk gesteld van marktontwikkelingen.

Een andere optie is dat waterschappen zelf risicodragend investeren in de ontwikkeling en exploitatie van technologie en markt. Dit vergt investeringskapitaal en waarschijnlijk aanvullende competenties binnen de organisaties. Daar staat tegenover dat verregaande samenwerking en deling van (investerings)risico's naar rato zal doorwerken in de verdeling van baten en sturing op de ontwikkeling. Hierbij dient rekening gehouden te worden met wetgevende kaders en fiscale regelgeving voor waterschappen<sup>20</sup>.

<sup>19</sup> <https://www.pianoo.nl/themas/beste-prijs-kwaliteitverhouding-voorheen-emvi>

<sup>20</sup> Voor meer achtergronden zie Berenschot 2015

### **FOCUS ÉN VERBREDING**

Met de ontwikkeling van een keten van zeefgoed naar asfalt wordt een waardevolle stap gezet die aansluit op het productievolume zeefgoed voor de korte termijn (komende jaren). De ontwikkeling van deze eerste keten biedt een mogelijkheid tot proeve van levensvatbaarheid voor dergelijke ketens. Ook kan deze keten worden benut om drempels, zoals de juridische, weg te nemen. Doorontwikkeling van de VAZENA-keten is vanuit dat perspectief een must.

Naast de asfaltmarkt liggen er kansen voor zeefgoedcellulose bijvoorbeeld in isolatie, composieten en chemie (STOWA 2013-21). Indien er sprake is van een stabiele functionele markt richting asfaltindustrie zullen deze nieuwe aanvullende markten waarschijnlijk kunnen voortbouwen op het reeds gecreëerde fundament (technologie, juridische status, aantoonbare functionaliteit, etc.).



# 6

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 6.1 CONCLUSIES

Project VEZENA heeft geresulteerd in de eerste geverifieerde functionele productmarktcombinatie voor zeefgoedcellulose. De eisen voor het product (opgewerkt zeefgoed tot afdruiptremmer voor asfalt) zijn gedefinieerd en op praktijkschaal tweemaal succesvol getest. De bevindingen bij de partners binnen VAZENA zijn alom positief, zowel van de verwerkers (aannemers) als van de opdrachtgevers. Tevens is er interesse vanuit de markt om dit project voort te zetten in langjariger samenwerking.

Voor de technische kwaliteit van het product geldt dat deze op basis van de ingezette proces-technologie voldoet aan de markteisen en in bepaalde gevallen zelfs beter presteert. Vraag en aanbod sluiten qua volume in de aankomende jaren nog goed op elkaar aan. Bij doorontwikkeling van deze keten wordt een fundament gelegd voor opvolgende product-marktcombinaties zoals isolatie, composieten en bioplastics zonder dat dit direct leidt tot krapte in aanbodvolumes.

Voor de duurzame waarde die het product vertegenwoordigt in termen van CO<sub>2</sub>-reductie en grondstoffengebruik is de constatering dat deze positief is ten opzichte van de huidige situatie. Deze waarde daarvan kan verder toenemen met de optimalisatie van procestechnologie.

Vanuit economisch perspectief is er een werkbare marge in de totale keten om opwerking, handling, opslag, transport en handel mee te bekostigen. Dit hangt wel sterk samen met de marktwaarde die aan zeefgoed verbonden wordt door de waterschappen. De gemiddelde slibverwerkingsprijs van zo'n 65,- /ton nat slib is een werkbaar startpunt. Ook de mate waarin de procestechnologie geoptimaliseerd kan worden werkt sterk door in de haalbaarheid van de VAZENA-keten. Dit was geen projectdoel en op dit vlak is dan ontwikkelruimte.

Op het juridisch vlak is er nog een horde te nemen. Het bevoegd gezag heeft vooralsnog geen eenduidige uitspraak gedaan over de status van (al dan niet bewerkt) zeefgoed. Dit vormt een onzekerheid voor alle betrokken partners en kan op langere termijn een *deal-breaker* zijn voor deze en andere ketens binnen de Energie- en Grondstoffenfabriek.

De haalbaarheid van een productie en afzetketen VAZENA hangt naast de voorgenoemde aspecten af van de mogelijkheid tot stabiele ketenontwikkeling. Dit komt tot stand door intensieve samenwerking en meerjarige afspraken tussen de ketenpartijen, waarmee risico's, zoals leveringszekerheid en investeringen, beter beheersbaar worden. Vanzelfsprekend dienen hierbij de wettelijke regels in acht genomen te worden aangaande kartelvorming en mededinging.

## 6.2 AANBEVELINGEN VOOR DOORONTWIKKELING

Technische hordes zijn genomen, economisch en juridisch gezien ligt er nog een uitdaging om tot doorontwikkeling te komen.

### LANGE TERMIJN KETENSAMENWERKING

De kansrijke weg om ook deze hordes te nemen is er een waarbij co-creatie in een publiek private omgeving essentieel is. Door publieke en private partijen meerjarig en met een gezamenlijke missie met elkaar te verbinden, is het mogelijk de risico's voldoende te beheersen en deze keten tot wasdom te laten komen. Er is bij marktpartijen binnen (en buiten) VAZENA bereidheid tot de ontwikkeling van zo'n samenwerking. Het is wenselijk dat de waterschappen (gezaamenlijk, dan wel individueel) ook stelling nemen in hoe ze hun rol hierin zien: primair als leverancier van influent/ruw zeefgoed, of ook als investeerder/ontwikkelaar/exploitant in de verwaardingsketen. Deze keuze bepaalt nadrukkelijk de vorm waarin de PPS-samenwerking vorm kan krijgen.

De doorontwikkeling van de VAZENA-keten kan ook de weg plaveien voor andere PMC's voor zeefgoedcellulose. Besluitvorming tot doorontwikkeling VEZENA geschiedt vanuit de waterschappen dan ook bij voorkeur in dat licht.

### JURIDISCHE ZEKERHEID

Op het juridisch vlak is geen eenduidigheid aangaande mogelijkheid tot afzet van zeefgoedcellulose. Dit is een urgente drempel voor alle betrokken partijen. Politiek en beleidsmatig is er veel aandacht voor dit onderwerp vanuit het oogpunt van circulaire economie (denk bijvoorbeeld aan de Green Deals). De aanbeveling is dit momentum te benutten waarbij VAZENA, vanwege de concreetheid van de keten, uitstekend als casus kan worden ingebracht. Ter onderbouwing van beoordeling is het van belang is dat door de betrokken partijen dossiervorming en technologie-accreditatie plaats gaat vinden. Dat geldt specifiek voor de thema's volksgezondheid en milieu (o.a. pathogenen, bestrijdingsmiddelen en medicijnresten). Tevens is het aan te bevelen nader onderzoek te verrichten naar recente jurisprudentie aangaande toepassingsgerichte beoordeling van de VEZENA-keten, als alternatief voor herkomstgerichte beoordeling zoals gebruikelijk in vigerende wetgeving.

In het verlengde van bovenstaande is er behoefte aan richtinggevende normstelling aangaande veiligheid van grondstoffen afkomstig uit rioolwater (aangaande pathogenen, bestrijdingsmiddelen en medicijnresten) in relatie tot gespecificeerde markttoepassingen. Hoe schoon en zuiver moet een grondstof zijn voor een specifieke toepassing in relatie tot milieu en volksgezondheid? Aanbeveling is deze keten-normstelling onder de noemer producenten-verantwoordelijkheid (waterschappen en markt) binnen de voorgenoemde ketensamenwerking te ontwikkelen.

### STIMULEREN MARKTVRAAG DOOR WATERSCHAPPEN

Tot slot is de ontwikkeling nadrukkelijk gebaat bij stimulering van de vraag door het voorschrijven van zeefgoedafdruiptremmer in aanbestedingen. Wanneer overheden - waterschappen in het bijzonder - dit middels Beste Prijs-kwaliteitverhouding (Beste-PKV) doorvoeren stimuleren de waterschappen zo eigen ambities; een uitgelezen kans!

# BRONNEN

Berenschot, Juridische handreiking Duurzame Energie en Grondstoffen Waterschappen, 2015

STOWA 2010-19 Influent fijnzeven in RWZI's

STOWA 2012-07 Verkenning naar de verwaardingsmogelijkheden

STOWA 2013-21 Vezelgrondstof uit zeefgoed, incl. overdrachtsadvies

STOWA 2016-18 Primair slib cellulose

STOWA 2016-22 Levenscyclusanalyse grondstoffen uit rioolwater

CROW, Standaard RAW bepalingen 2015

RHDHV, Inventarisatie knelpunten en kansen bij verwaarding van grondstoffen uit afvalwater 2016

RVO, Asphaltindustrie MJA3-Sectorrapport, 2013

LCA Achtergrondrapport Nederlandse Asphalt Industrie 2016

UvW, Bedrijfsvergelijking Zuiveringsbeheer 2015

Waste Value Engineering, Toetsing juridische status zeefgoed Wetterskip Fryslân, 2016

Bijbehorende publicaties, separaat opgenomen in de Hydrotheek Stowa ([www.hydrotheek.nl](http://www.hydrotheek.nl))

AKC, Rapportage inzake afdruiponderzoek naar VANA vezel voor Toepassing in SMA, 2016

AKC, Rapportage inzake afdruiponderzoek (herhaling) naar "zeefgoed Cellulose" vezel, 2016

CEW, Cellulose in asphalt, 2016

Roelofs, Monitoringsplan Pilotproject Zeefgoedcellulose, 2016

Roelofs, Kwaliteitszorg VANA-fietspad N357, 2016

## BIJLAGE 1

# HANDLING INFORMATIEBLAD

## ZEEFGOED-AFDRUIPREMMER VAZENA

### BESCHRIJVING PRODUCT AFDRUIPREMMER

In asfaltmengsels die relatief veel bitumen bevatten of in ZOAB + bestaat de kans dat het asfalt gedurende het transport of tijdens het verwerken iets ontmengt. Dit toont zich vaak als vette plekken in het (SMA) asfalt. Wanneer in een asfalt laag plaatselijk te weinig bitumen aanwezig is zal dit ernstige gevolgen hebben voor de duurzaamheid.

Toevoegen van cellulosevezels tijdens de productie van asfalt, zorgt voor een homogene verdeling van het bitumen in het asfaltmengsel, en voorkomt het ontmengen (afdruipen) van bitumen gedurende opslag en transport. Hierdoor wordt de kwaliteit van het asfalt verhoogd, wat een aantoonbaar langere levensduur tot gevolg heeft. Het resulteert kortom in:

- Verbeterde homogeniteit, dus kwaliteit, van het asfaltmengsel
- Korte waltijd voor snellere productie en verwerking van asfalt
- Besparing van energie en verminderen van CO<sub>2</sub> uitstoot

Zeefgoedafdruipremmers worden met name gebruikt bij productie van SMA en ZOAB+.

### ZEEFGOEDAFDRUIPREMMER

Zeefgoedafdruipremmers zijn een bijzondere variant van de reguliere afdruipremmers. Dit product is gebaseerd op tertiaire cellulose, in dit geval zeefgoed. Zeefgoed wordt gewonnen uit rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI). Vervolgens wordt dat materiaal gezuiverd, gedisinfecteerd, gedroogd, gemalen en verpakt.

### MILIEU-IMPACT

Wanneer zeefgoedafdruipremmers worden ingezet als vervanger voor maagdelijke, of gerecyclede 'oud papier' vezels wordt een positieve bijdrage geleverd aan de milieu-impact van het betreffende product, bijvoorbeeld in de vorm van beperking CO<sub>2</sub>-emissies en landgebruik voor bosbouw.

### VEILIGHEID & GEZONDHEID

Cellulose is een van oorsprong natuurlijk product en wordt over het algemeen beschouwd als veilig voor gebruik in voedingsproducten, cosmetica en materialen. Cellulose heeft geen toxische eigenschappen. Cellulose is onder omstandigheden een brandgevaarlijke stof, hier dient rekening mee gehouden te worden bij opslag en verwerking.

Zeefgoed is een product met een hoge microbiële belasting, waarvan een deel pathogeen is (ziekteverwekkend zoals virussen, bacteriën, schimmels of parasieten, die een infectie, allergie of toxiciteit kunnen veroorzaken). Om deze schadelijke belasting te elimineren ondergaat het materiaal een procestechnologische behandeling. Deze bestaat uit verzuring, oxidatie en verhitting. Dit heeft tot gevolg dat van behandeling in het materiaal niet of nauwelijks nog

sprake is van microbiële activiteit. De eventueel gedetecteerde activiteit is afkomstig van omgevingsbesmetting na behandeling. Daarmee heeft het materiaal een pathogeen risicoprofiel dat vergelijkbaar is met, of lager is dan reguliere afdruiptremmer. Voor veilige handling wordt op basis daarvan verwezen naar de verwerkings- en veiligheidsvoorschriften van de reguliere afdruiptremmer. Een en ander conform het Arbobesluit (Arbeidsomstandighedenwet 1998).

Voor behoud van functionaliteit van het product er ter voorkoming van broei en schimmel- en bacteriegroei is het noodzakelijk het materiaal op te slaan in een verpakking, zodanig dat er geen vocht kan worden aangetrokken door de hygroscopische cellulose.

Droge fluffy cellulose geeft stofvorming bij handling. Dit geldt ook voor zeefgoedafdruiptremmer en dit is vergelijkbaar met de reguliere afdruiptremmer. Aangeraden wordt om bij handling beschermende maatregelen (PBM's) toe te passen zoals beschermende kleding, veiligheidsbril, mondkap en handschoenen.

## BIJLAGE 2

## BEMONSTERPLAN

## BEPALINGEN DEMOSITE

Droge stof bepaling

## BEPALINGEN EXTERN (LAB WETTERSKIP FRYSLÂN – LAB KNN CELLULOSE)

Droge stof bepaling

Verassing (organische bepaling)

Er zal 1x per week een levering van monsters worden afgeleverd bij het laboratorium van Wetterskip Fryslân. Het laboratorium is gehuisvest aan de Harlingerstraatweg 113. Er zullen elke keer in totaal 16 monsterflessen worden afgeleverd

Per levering zullen de volgende monsters worden afgeleverd:

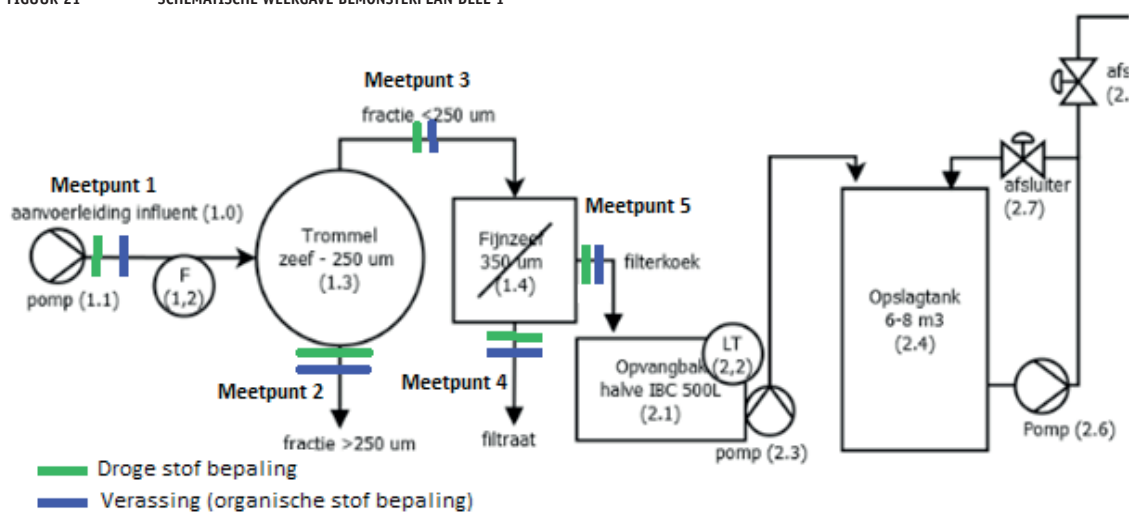
- 12x Droge stof (DS)
- 4x Verassing

Deze monsters zullen worden aangeleverd in de volgende monsterflessen.

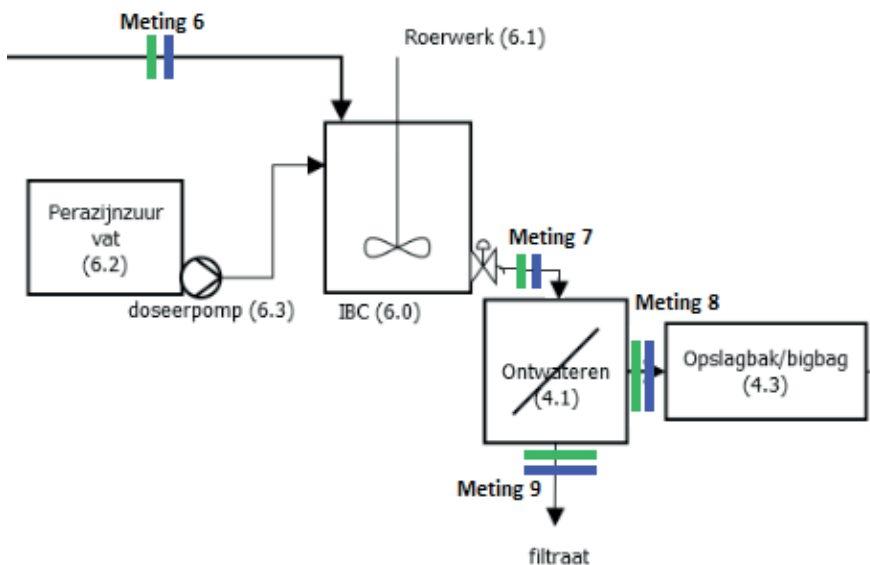
Meting	Hoeveelheid monsters	Code monsterpotten	Totaal aantal monsterpotten	Meetpunten
Onopgeloste stoffen, Bezinking – Droge stof/ verassing (Vloeistofstromen)	6x	6x FGH014	12 (duplo)	Monsterpunt 1,3,4,6,7,9
Droge stof/ verassing (Vaste stroom/product)	4x	2x FGH0011 2x LWF908	4	Monsterpunt 2,5 Monsterpunt 8,10

De schematische weergave van de bemonsteringspunten zijn weergegeven per deel in figuur 21, 22 en 23.

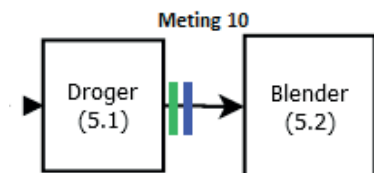
FIGUUR 21 SCHEMATISCHE WEERGAVE BEMONSTERPLAN DEEL 1



FIGUUR 22 SCHEMATISCHE WEERGAVE BEMONSTERPLAN DEEL 2



FIGUUR 23 SCHEMATISCHE WEERGAVE BEMONSTERPLAN DEEL 3

**MEETPUNT 1**

*Hoe wordt de meting gedaan?*

Influent van de zeefinstallatie. Influent is geroosterd influent uit in influentkelder. Meting wordt gedaan met behulp van een monsterkraantje op de zeefinstallatie. De flow kan gemeten worden met behulp van flowmeter 1,2.

*Welke monsters worden er genomen*

- Droge stof (DS) bepaling
- Verassing

*Benodigheden*

- Monsterpotjes
- Emmers

FIGUUR 24

MONSTERPUNT 1 VAN INFLUENT



### MEETPUNT 2

*Hoe wordt de meting gedaan?*

Vaste bestanddelen die uit de trommelzeef komen kunnen in een emmer/bak worden opgevangen. Flowmeting wordt gedaan door te kijken hoeveel kg >250  $\mu\text{m}$  fractie er gevormd wordt in bepaalde tijd.

*Welke monsters worden er genomen*

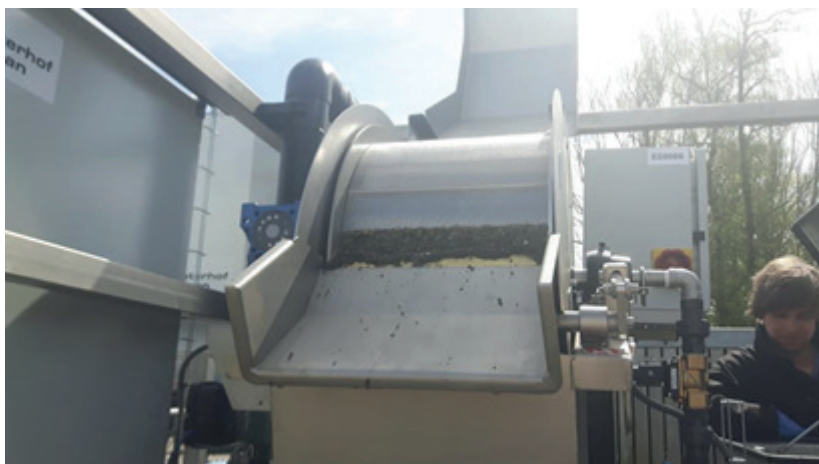
- Droge stof (DS) bepaling
- Verassing

*Benodigheden*

- Monsterpotjes
- Emmers

FIGUUR 25

MONSTERPUNT 2 VAN TROMMELZEEFGOED





**MEETPUNT 3**

*Hoe wordt de meting gedaan?*

Er moet nog bepaald worden of deze meting gedaan kan worden. Er is een kans dat de stroom van Trommel naar Fijnzeef is weggewerkt in de skid waardoor deze helemaal niet gemeten kan worden. Het is niet nodig om een flowmeter te plaatsen aangezien de flow bepaald kan worden door meetpunten 1,2,4 en 5.

*Welke monster worden er genomen*

- Droge stof (DS) bepaling
- Verassing

*Benodigdheden*

- Monsterpotjes
- Emmers

FIGUUR 26

MONSTERPUNT 3 VAN FILTRAAT TROMMELZEEF/INFLUENT FIJNZEEF

**MEETPUNT 4**

*Hoe wordt de meting gedaan?*

Filtraatstroom uit fijnzeef. Wordt hoogstwaarschijnlijk afgevangen met een emmer om zo een monster te winnen voor droge stof bepaling. Flow is te groot om te meten hem behulp van een emmer. Extra flowmeter is hoogstwaarschijnlijk niet beschikbaar. De flow zal worden bepaald met van meetpunten 1,2,3 en 5

*Welke monsters worden er genomen*

- Droge stof (DS) bepaling
- Verassing

*Benodigdheden*

- Monsterpotjes
- Emmers

FIGUUR 27

MONSTERPUNT 4 VAN FILTRAAT FIJNZEEF



### MEETPUNT 5

*Hoe wordt de meting gedaan?*

Zeefgoed uit de fijnzeef. Deze kan worden afgevangen met een emmer/bak. Flowmeting wordt gedaan door te kijken hoeveel kg zeefgoed er gevormd wordt in een bepaalde tijd.

*Welke monsters worden er genomen*

- Droge stof (DS) bepaling
- Verassing

*Benodigheden*

- Monsterpotjes
- Emmers

FIGUUR 28

MONSTERPUNT 5 VAN ZEEFGOED



### **MEETPUNT 6**

*Hoe wordt de meting gedaan?*

Inhoud van de opslagtank. Er kunnen monsters gewonnen worden met behulp van een aftapkraantje op pomp 2.6. De vloeistof kan via het kraantje worden doorgevoerd in een emmer. Hieruit kunnen dan de monsters gehaald worden.

Welke monster worden er genomen:

- Droge stof (DS) bepaling
- Microscopisch onderzoek vezelstructuur

*Benodigdheden*

- Emmer
- Monsterpotjes

### **MEETPUNT 7**

*Hoe wordt de meting gedaan?*

Uitvoer na de behandeling met perazijnzuur. Monster nemen van aftapkraantje van de IBC. De flow hoeft niet bepaald te worden. Er moet wel nauwkeurig bepaald worden wat de inhoud van de tank is op moment van over pompen.

Welke monsters worden er genomen:

- Droge stof (DS) bepaling
- Microscopisch onderzoek vezelstructuur

*Benodigdheden*

- Monsterpotjes
- Emmers

### **MEETPUNT 8**

*Hoe wordt de meting gedaan?*

Ontwaterd zeefgoed. Kunnen worden opgevangen in een emmer om een monster te winnen. Flowmeting wordt gedaan door te kijken hoeveel kg zeefgoed er gevormd wordt in een bepaalde tijd.

Welke monsters worden er genomen:

- Droge stof (DS) bepaling

*Benodigdheden*

- Monsterpotjes
- Emmers

### **MEETPUNT 9**

*Hoe wordt de meting gedaan?*

Filtraat van het drogen. Flow hoeft niet bepaald te worden. Het is wel belangrijk om het droge stof percentage te bepalen aangezien zo bepaald kan worden hoeveel cellulosevezels er nog worden verloren bij het indikken.

Welke monsters worden er genomen

- Droge stof (DS) bepaling

*Benodigheden*

- Monsterpotjes

**MEETPUNT 10**

*Hoe wordt de meting gedaan?*

Zeefgoed na droging. Kan uit de droger worden gehaald op het moment dat het droogproces voltooid is. Flow meting is hier niet van belang

*Welke monsters worden er genomen*

- Droge stof (DS) bepaling
- Verassing

*Benodigheden*

- Monsterpotjes

## BIJLAGE 3

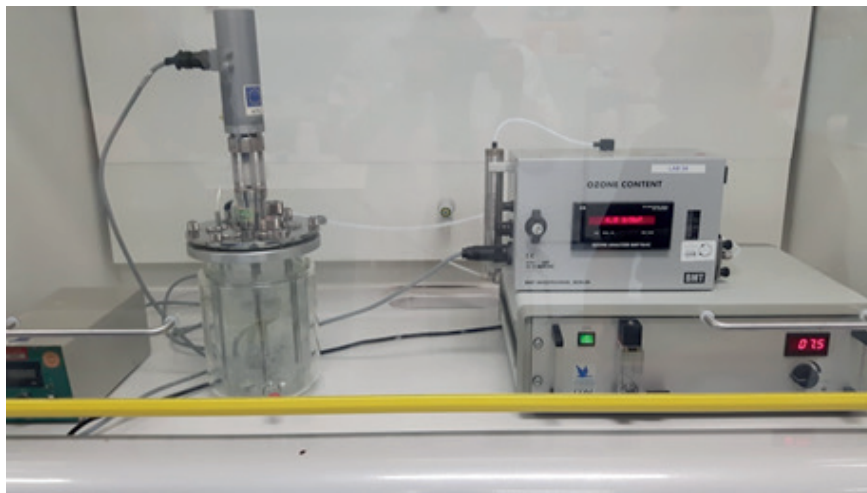
# OZON ANALYSE

In deze bijlage is de uitgebreide beschrijving van de ozon analyse beschreven. Hierbij is een microbiologisch onderzoek verricht op de cellulosevezels bij verschillende contacttijd met ozon ( $O_3$ ).

Voor de ozon analyse is een 2,5 liter glazen reactor gebruikt. Deze reactor bevat een menger en ozoninjectie en kan volledig afgesloten worden. De menger zorgt ervoor dat de ingebrachte ozon wordt verdeeld over de vloeistof. De ozongenerator (type Com AD-01) produceert ozon uit zuurstof. De ozondetector meet de uitgaande ozon, waarna de destructor de ozon omzet naar zuurstof. De beschreven opstelling is te zien in figuur 29, waarbij links de voeder voor de reactormotor, centraal de reactor, rechtsboven de ozondetector en rechtsonder de ozongenerator.

FIGUUR 29

OZONOPSTELLING WAARONDER DE REACTOR, DE OZONDETECTOR EN DE OZONGENERATOR



Met de volgende instellingen is getest:

Flow (generator)	=	50 l/h
Flow (destructor)	=	50 l/h
Roerder	=	700 RPM
$O_2$	=	1,15 bar

De ozongenerator is ingesteld op 20%, wat neerkomt op een toevoeging van 17,7 g Ozon/ $Nm^3$ .

De reactor is gevuld met 1,1 liter zeefgoed met een droge stof van 0,2%. Het zeefgoed is voor een uur gedesinfecteerd met ozon. Vooraf is een monster genomen, waarna tot aan de 25<sup>ste</sup> minuut om de vijf minuten een monster is genomen. Na een uur is het laatste monster genomen. De monsters zijn steriel genomen en vervolgens microbiologisch getest. Het totaal aerob kiemgetal is bepaald met de Plate Count Agar (PCA). Het algemeen kiemgetal voor schimmels en gisten is bepaald met de Oxytetracycline glucose gistextract Agar (OGYE). Verder is de Enterobacteriaceae bepaald met de Violet Red Bile Glucose Agar (VRBGA), dit is een indicatororganisme voor fecale besmetting.

## BIJLAGE 4

## MEETRESULTATEN EN DATA-ANALYSE

In onderstaande tabellen worden de belangrijkste kentallen wat betreft de analyse data en productiegegevens weergegeven.

TABEL 6 BELANGRIJKSTE KENTALLEN VAN ANALYSE DATA

Omschrijving analyse	Eenheid	Gemiddelde waarde	Standaarddeviatie (waarde)	Aantal metingen	Hoogste waarde	Laagste waarde
Influent	mg/l d.s.	239	96	15	435	110
As influent	% o.b.v. d.s	17	5	6	27	13
Residu trommelzeef	d.s.%	11	1	15	13,1	8,8
Filtraat trommelzeef	mg/l d.s.	210	93	16	340,0	14,0
Zeefgoed	d.s.%	14	9	23	33,7	3,5
As zeefgoed	% o.b.v. d.s	11	5	7	17,9	3,3
Filtraat fijnzeef	mg/l d.s.	169	62	12	300	60
Zeefband fijnzeef	d.s.%	8	3	12	14,0	4,3
Schroefpers (gedesinfecteerd)	d.s.%	32	2	10	36,7	29,4
Gedroogd product	d.s.%	96	3	20	88,9	99,0
As gedroogd product	% o.b.v. d.s	7	3	6	12,3	3,8

TABEL 7 BELANGRIJKSTE KENTALLEN VAN PRODUCTIEGEDEEVENS

Capaciteitsmetingen	Eenheid	Gemiddelde waarde	Standaarddeviatie	aantal metingen	hoogste waarde	laagste waarde
Fijnzeef	kg ds/uur	1,15	0,29	16	1,68	0,82
Trommelzeef	kg ds/uur	0,30	0,09	10	0,51	0,25