stowa

HANDREIKING OC-METING IN DE PRAKTIJK



RAPPORT 2009 15

stowa

HANDREIKING OC-METING IN DE PRAKTIJK

RAPPORT 2009 15

ISBN 978.90.5773.433.5

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 030 232 11 99 FAX 030 231 79 80
Arthur van Schendelstraat 816
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

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

COLOFON

UITGAVE STOWA, Utrecht 2009

PROJECTUITVOERING

Dhr. A. Borger	(Grontmij Nederland bv)
Mevr. P. Clevering-Loeffen	(Grontmij Nederland bv)
Mevr. M. Teunissen	(Grontmij Nederland bv)
Mevr. A. Buunen- van Bergen	(Grontmij Nederland bv)

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Dhr. M. Augustijn	(Waterschap Zeeuwse Eilanden)
Mevr. K. Boterman-de Bruijn	(Waterschap Vallei en Eem)
Dhr. M. Janssen	(Waterschap De Dommel)
Dhr. K. de Korte	(Waternet)
Dhr. H. Kuipers	(Knol Training en Advies)
Mevr. C. Uijterlinde	(STOWA)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2009-15
ISBN 978.90.5773.433.5

SAMENVATTING

Het verminderen van het energieverbruik door rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) heeft de afgelopen jaren steeds meer aandacht gekregen. Uit diverse studies is gebleken dat de beluchting substantieel bijdraagt aan het energieverbruik van de totale rwzi. Een efficiënt beluchtingssysteem kan dus bijdragen aan een verlaging van het energieverbruik.

Een efficiënt beluchtingssysteem kan worden gedefinieerd als een systeem dat per kilowatt opgenomen vermogen relatief veel zuurstof overdraagt aan de waterfase. De snelheid waarmee zuurstof wordt overgedragen, wordt uitgedrukt in de OC (Oxygenation Capacity, ofwel standaard zuurstoftoevoer, in kg O_2/uur). Wanneer de OC gedeeld wordt door het opgenomen vermogen, wordt de beluchtingsefficiëntie gemeten. De OC van een beluchtingssysteem dient afgestemd te zijn op de zuurstofvraag van het actiefslib, dus op de vuilvracht naar de rwzi.

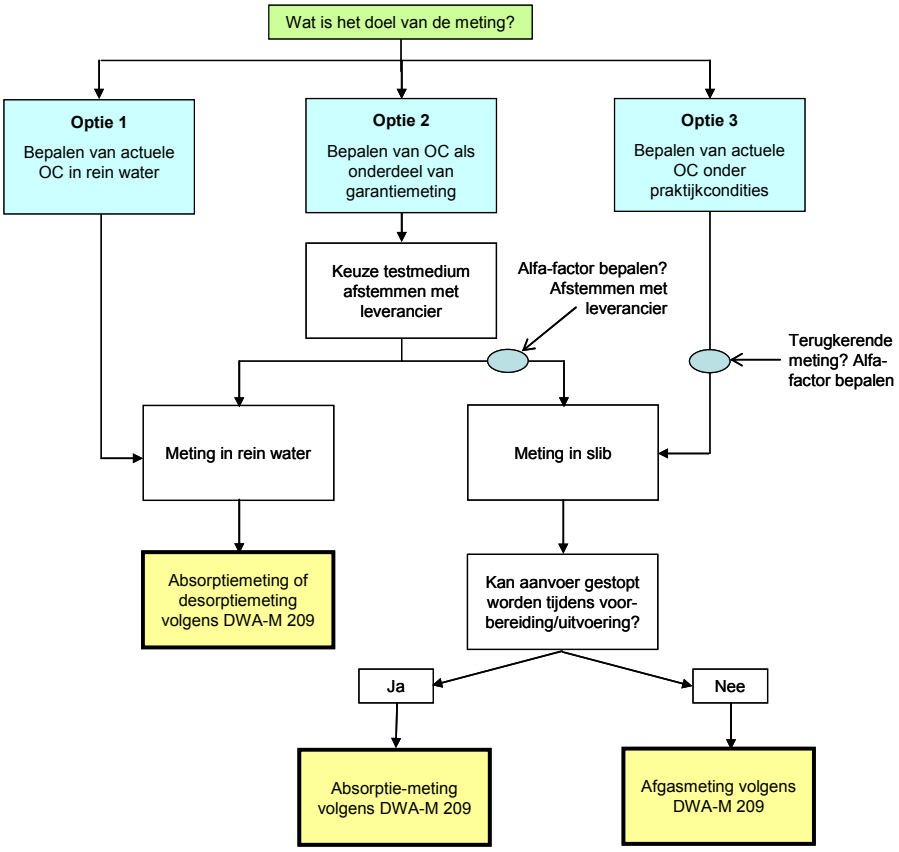
Hoewel de OC een belangrijk kental is, met het oog op zowel het energieverbruik als het eigenlijke zuiveringsproces, is het uitvoeren van een OC-meting in Nederland geen standaard praktijk. Complexiteit van de meting is een van de redenen daarvoor. Daarnaast zijn kennis en ervaringen over de OC-meting niet gemakkelijk toegankelijk. Diverse beheerders hebben aan STOWA aangegeven dat zij graag meer inzicht zouden krijgen in de praktische aspecten van het meten van de OC.

Met het oog op het bovenstaande heeft STOWA besloten om:
- de ervaringen die Nederlandse waterschappen, adviesbureaus en leveranciers hebben met het uitvoeren van OC-metingen te inventariseren en toegankelijk te maken;
- een 'Handreiking OC-meting in de praktijk' op te stellen;
- een rekentool te maken die gebruikt kan worden voor het uitwerken van de OC-meetgegevens.

Uit de enquête onder alle Nederlandse waterschappen, 7 adviesbureaus en 11 leveranciers blijkt dat de ongeveer de helft van de waterschappen ervaring heeft met het uitvoeren van OC-metingen. Het percentage van de adviesbureaus en leveranciers dat ervaring heeft met de metingen, bedraagt respectievelijk 100% en 75%. Gesteld wordt dan ook dat er in Nederland een behoorlijke ervaring met het uitvoeren van OC-metingen aanwezig is. De STORA-richtlijn uit 1980 en richtlijn ATV-M 209 uit 1996 worden het meest gebruikt als werkvoorschrift bij het uitvoeren van de meting. De respondenten hebben verder een aantal knelpunten en aanbevelingen genoemd, gerelateerd aan de praktische uitvoering van de meting en het vergroten van de betrouwbaarheid van de uitkomsten.

Op basis van de uitkomsten van de enquêtes en de bestudering van de normen is de 'Beslisboom OC-meting' opgesteld (zie Figuur S.1). De gebruikers komen bij het doorlopen van de beslisboom uit bij de beste OC-meetmethode voor de specifieke situatie waarin de OC-meting wordt uitgevoerd. Werkvoorschrift DWA-M 209, dat in 2007 is verschenen ter vervanging van ATV-M 209, is hierbij als uitgangspunt genomen. In een aantal gevallen kan het meten van de alfafactor noodzakelijk zijn. Dit is ook in de beslisboom weergegeven.

FIGUUR S.1 **DE BESLISBOOM**



De absorptiemethode en de desorptiemethode volgens DWA-M 209 zijn in dit rapport nader uitgewerkt. Hierbij is met name aandacht besteed aan:

- de belangrijkste formules die relevant zijn voor het berekenen van de OC;
- de benodigde overeenstemming vooraf;
- de benodigde materialen;
- het verloop van de meting;
- het verwerken van de resultaten.

De informatie uit de enquêtes, vooral de praktische knelpunten en aanbevelingen, is gebruikt om de beschrijving praktisch goed bruikbaar te maken.

Het resultaat van een OC-meting is een reeks van zuurstofconcentraties en de bijbehorende tijdstippen. Vaak worden meerdere zuurstofelektrodes gebruikt en wordt de meting een aantal maal herhaald. Om het uitwerken van deze grote hoeveelheid gegevens te vergemakkelijken is in het kader van deze handreiking een Excel-rekentool opgesteld. De gelogde gegevens kunnen in deze tool worden ingelezen, waarna op eenvoudige wijze de $k_L a_T$ (zuurstofoverdrachtscoëfficiënt) en dus de OC, kan worden berekend. De handleiding voor het gebruik van de tool is in deze handreiking opgenomen.

Indien de OC-meting in slib plaatsvindt, is de mate waarin een beluchtingssysteem in staat is om zuurstof over te dragen naar de waterfase niet alleen afhankelijk van het beluchtingssysteem, maar ook van de alfafactor. Dat betekent dat de OC in slib en de alfafactor van dat slib met elkaar verbonden zijn. Er is geen gestandaardiseerde methode voor het meten van de

alfafactor beschikbaar. Bij het meten van de alfafactor in een laboratorium zijn de volgende aspecten van belang:

- de meetomstandigheden moeten bij alle metingen gelijk zijn;
- het meetvat dient voldoende gemengd te worden, teneinde de menging in het vat niet beperkend te laten zijn voor de zuurstofoverdracht;
- de k_La_T van het actiefslib die gemeten wordt in het laboratorium, mag niet als absolute waarde worden vertaald naar de full-scale installatie, maar alleen worden gebruikt om de alfafactor te berekenen.
- Ook voor het verwerken van de resultaten van de alfafactormeting is een rekentool opgesteld.

Als laatste wordt aandacht besteed aan het meten van de OC in een niet-ideaal gemengd systeem, zoals een propstroomsysteem of een carrousel. De nauwkeurigheid van de meting in dergelijke systemen kan worden vergroot door het plaatsen van een groter aantal zuurstofelektrodes. Daarnaast wordt in de STORA-richtlijn een correctiefactor gegeven om te corrigeren voor niet-ideale menging.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.
Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.
Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

SUMMARY

In recent years, increasing attention has been paid to the use of waste water treatment plants (WWTPs) to decrease energy consumption. Various studies have shown that aeration contributes significantly to the energy consumption of the total WWTP. An efficient aeration system can contribute to lower energy consumption.

An efficient aeration system can be defined as a system that transfers a relatively large amount of oxygen to the water phase per kilowatt of power used. The rate at which oxygen is transferred is expressed in the OC (Oxygenation Capacity, or standard oxygen supply, in kg O_2/hour). Aeration efficiency is measured by dividing the OC by the used power. The OC of an aeration system must be attuned to the oxygen requirement of the activated sludge, that is to say the load of the WWTP.

Although the OC is indeed an important figure in terms of both energy consumption and the actual treatment process, it is not standard practice in the Netherlands to carry out OC measurements. One of the reasons for this is the complexity of such measurements. In addition, knowledge and experience concerning OC measurement is not readily accessible. Technologists of various waterboards have informed the STOWA (Dutch Foundation for Applied Water Research) that they would like to have more insight into the practical aspects of measuring the OC.

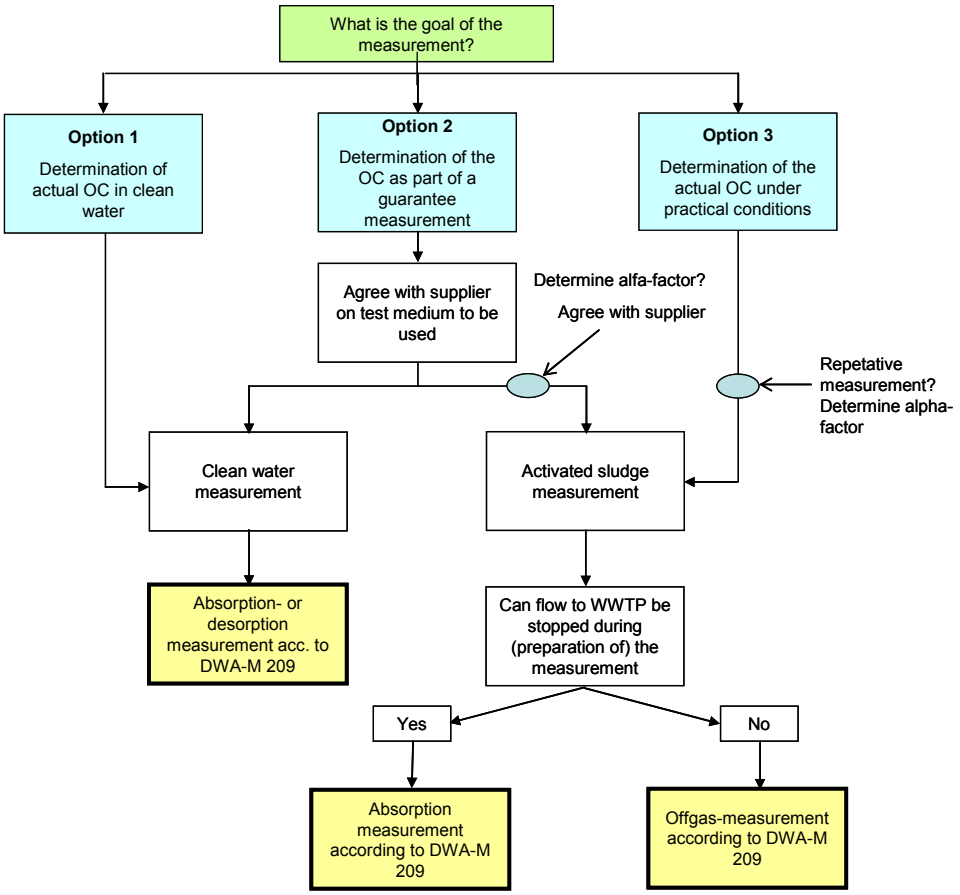
In consideration of that stated above, STOWA has decided to do the following:

- inventory the experience that Dutch waterboards, consultancies and suppliers have with implementing OC measurements and make this information accessible;
- prepare an 'Aid for OC measurement in practice';
- create a calculation tool to use for the elaboration of OC measurement data.

A questionnaire amongst all Dutch waterboards, 7 consultancy companies and 11 suppliers revealed that approximately half of the waterboards are experienced in implementing OC measurements. The percentage of consultancy companies and suppliers with measurement experience is respectively 100% and 75%. It is therefore concluded that a significant amount of experience with implementing OC measurements is present in the Netherlands. The STORA directive of 1980 and directive ATV-M 209 of 1996 are the most commonly used work instructions for the implementation of the measurement. Respondents also listed a number of bottlenecks and recommendations related to the practical implementation of measurement and increased reliability of results.

Based on the results of the questionnaires and the evaluation of the standards, the 'Decision tree OC measurement' has been established (see Figure S.1). When users go through the decision tree, they finally arrive at the best OC measurement method for a specific situation in which OC measurement is implemented. Work Instructions DWA-M 209, which appeared in 2007 as a replacement of ATV-M 209, was used as the basic premise here. In a number of cases the measurement of the alpha factor may be necessary. This is also shown in the decision tree.

FIGURE S.1 **THE DECISION TREE**



The absorption and desorption methods according to DWA-M 209 are elaborated further in this report. Particular attention was paid to the following:

- the most relevant formulas for the calculation of the OC;
- the necessary agreements in advance;
- materials required;
- course of measurement;
- processing of results.

The information obtained from the questionnaires, particularly the practical bottlenecks and recommendations, is used on behalf of practical application of the data.

The result of an OC measurement is a series of oxygen concentrations and associated times. Often several oxygen electrodes are used and measurements are repeated several times. In order to simplify the elaboration of this large quantity of data, in the context of this aid an Excel calculation tool has been set up. The logged data can be read into this tool, after which the $k_L a_T$ (oxygen transfer coefficient) and therefore the OC, can be easily calculated. The manual for the use of the tool is included in this aid.

If the OC measurement is done in activated sludge instead of clean water, the degree to which an aeration system is capable of transferring oxygen to the waterphase depends not only upon the aeration system but also upon the alpha factor. This means that the OC in sludge and the alpha factor of that particluar sludge are connected. No standardised method is available for measuring the alpha factor. When the alpha factor is measured in a laboratory, the following aspects are significant:

- the measurement circumstances must be the same during all measurements;
- the measurement vessel must be sufficiently mixed, so that the mixing in the vessel does not limit the oxygen transfer;
- the k_La_T of the activated sludge that is measured in the laboratory must not be translated as an absolute value to the full-scale installation, but must only be used to calculate the alpha factor.
- A calculation tool has also been set up for processing the results of alpha factor measurement.

Lastly, attention is paid to measuring the OC in a system that is not ideally mixed, such as a plug flow system or a carrousel. The accuracy of the measurements in such systems can be increased by placing a larger number of oxygen electrodes. In addition, a correction factor is given in the STORA directive for making corrections of not-ideally mixed systems.

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)30-2321199.
The postal address is: STOWA, P.O. Box 8090, 3503 RB, Utrecht.
E-mail: stowa@stowa.nl.
Website: www.stowa.nl.

HANDREIKING OC-METING IN DE PRAKTIJK

INHOUD

SAMENVATTING
STOWA IN HET KORT
SUMMARY
STOWA IN BRIEF

1 INLEIDING 1
1.1 Aanleiding en doelen 1
1.2 Leeswijzer 2

2 AANPAK 3
2.1 Enquête 3
2.2 Normen en protocollen 3
2.3 Opstellen handreiking en rekentool 3

3 BELANGRIJKSTE RESULTATEN VAN DE ENQUÊTE 5
3.1 Respons 5
3.2 Ervaringen van waterschappen 5
3.3 Ervaringen van adviesbureaus 5
3.4 Ervaringen van leveranciers 6
3.5 Tijdsbesteding 6
3.6 Uitvoerbaarheid 6
3.7 Betrouwbaarheid 7
3.8 Praktische knelpunten 7
3.9 Aanbevelingen voor het uitvoeren van een OC-meting 8
3.10 De enquête in relatie tot deze handreiking 8

4		BESLISBOOM	9
	4.1	De achtergrond van de beslisboom	9
	4.2	Selectie van normen en protocollen	9
	4.3	Absorptie of desorptie	10
	4.4	De beslisboom	12
		4.4.1 Het bepalen van de OC als garantiemeting	13
		4.4.2 Het bepalen van de actuele OC in reinwater, niet als garantiemeting	14
		4.4.3 Het bepalen van de OC onder praktijkcondities (in slib)	14
		4.4.4 Het meten van de alfafactor	15
5		VOORBEREIDING EN UITVOERING VAN DE OC-METING	16
	5.1	Achtergrond van dit protocol	16
	5.2	OC versus αOC	16
	5.3	Overeenstemming vooraf	18
		5.3.1 Algemene punten	18
		5.3.2 Metingen in reinwater	18
		5.3.3 Metingen in slib	18
	5.4	Algemene benodigdheden	19
		5.4.1 Testmedium	19
		5.4.2 Zuurstofmeting	19
		5.4.3 Dataregistratie	20
		5.4.4 Watertemperatuurmeting	20
		5.4.5 Vermogensmeting	20
		5.4.6 Meting van de luchttoevoer	21
	5.5	Methodeafhankelijke materialen	21
		5.5.1 Natriumsulfiet (absorptiemeting in reinwater)	21
		5.5.2 Kobaltzout (absorptiemeting in reinwater)	22
		5.5.3 Het gebruik van stikstofgas en zuivere zuurstof	23
		5.5.4 Het meten van de endogene ademhalingssnelheid	23
	5.6	Het verloop van de meting	24
	5.7	Samenvatting: stappenplan OC-meting	25
		5.7.1 Stappenplan absorptie- en desorptiemeting in reinwater	25
		5.7.2 Stappenplan absorptiemeting in slib	25
6		VOLLEDIG GEMENGD VERSUS PROPSTROOM	26
	6.1	Achtergrond	26
	6.2	STORA-correctie bij deels ideale menging en deels ideale propstroming	27
	6.3	STORA versus DWA-M 209 en dynamische modellering	27
	6.4	Correctiefactor: toepassen of niet?	28
7		HET METEN VAN DE ALFAFACTOR IN HET KADER VAN EEN OC-METING	29
	7.1	Relevantie van de alfafactor	29
	7.2	Wijze van berekenen	29
	7.3	Het meten van de alfafactor	30

8 HET UITWERKEN VAN DE MEETGEGEVENS 32
8.1 De rekentool voor het uitwerken van een OC-meting 32
8.1.1 Doel van de tool 32
8.1.2 Opzet rekentool 32
8.1.3 Het invullen van de tool 32
8.1.4 Uitkomsten 36
8.1.5 Controle van de dataregistratie 36
8.1.6 Controle op systematische fouten: de residuenmethode 36
8.2 De rekentool voor het uitwerken van een alfafactormeting 37
8.2.1 Doel van de tool 37
8.2.2 Opzet rekentool 37
8.2.3 Het invullen van de tool 37
8.2.4 Uitkomsten 38

9 SYMBOLENLIJST 39

10 REFERENTIES 41

BIJLAGEN
1 Enquête
2 uitwerking antwoorden enqûete

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING EN DOELEN

Het verminderen van het energieverbruik door rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) is een onderwerp dat de laatste jaren steeds meer aandacht heeft gekregen. In diverse studies is inmiddels onderzocht hoe groot de bijdrage van de diverse onderdelen van het zuiveringsproces is aan de totale energievraag van de rwzi. Eén van de conclusies uit deze studies is dat de beluchting substantieel bijdraagt aan de totale energievraag van een rwzi. Zo concludeert Infomil dat de beluchting circa 55 – 60% van de totale energievraag voor haar rekening neemt (Infomil, 2006).

Het energieverbuik van het beluchtingssysteem is dus van belang bij het bepalen van de totale energie-efficiëntie van een zuiveringsinstallatie. De benodigde hoeveelheid zuurstof dient zo efficiënt mogelijk te worden overgedragen aan het slib. De beluchtingsefficiëntie wordt gedefinieerd als de snelheid waarmee het beluchtingssysteem zuurstof kan overdragen aan de waterfase (of eigenlijk het actiefslib), gerelateerd aan het opgenomen vermogen. Verschillende factoren zijn hierop van invloed, zoals het type beluchtingssysteem, de technische staat van het systeem, de hoogte van de beluchtingstanks en de eigenschappen van het actiefslib. Het ligt dan ook voor de hand dat de beluchtingsefficiëntie per locatie zal verschillen.

Bij het beoordelen van de efficiëntie van het beluchtingsysteem dienen dus twee zaken te worden bepaald:

1. de snelheid waarmee zuurstof kan worden overgedragen aan het slib (in kg O_2/uur);
2. het opgenomen vermogen van het beluchtingssysteem (in kW).

Het opgenomen vermogen van het beluchtingssysteem kan relatief eenvoudig worden gemeten, met behulp van kWh-meters die aan het beluchtingssysteem zijn gekoppeld. Het meten van de zuurstofoverdrachtsnelheid is een complexere aangelegenheid. Het is echter wel een belangrijke parameter; niet alleen vanwege het energieverbruik van de beluchting, maar ook omdat de zuurstofoverdracht snel genoeg moet zijn om aan de zuurstofvraag van het actiefslib te voldoen. In het belang van de stabiliteit van het zuiveringsproces dienen zuurstofoverdracht en zuurstofvraag dus met elkaar in overeenstemming te zijn.

De zuurstofoverdracht van een beluchtingsysteem wordt veelal uitgedrukt in de OC (Oxygenation Capacity, ofwel standaard zuurstoftoevoer, in kg O_2/uur). Hoewel de OC van groot belang is voor het zuiveringsproces en het energieverbruik, wordt bij de oplevering van een installatie lang niet altijd bepaald of het geïnstalleerde beluchtingsysteem voldoet aan de gestelde eisen met betrekking tot OC en beluchtingsefficiëntie. Er is in Nederland weliswaar kennis aanwezig aangaande OC-metingen, maar deze kennis is niet gebundeld en niet voor iedereen toegankelijk. Ook is er onvoldoende inzicht in welke methodiek wanneer moet worden toegepast, wat de ervaringen zijn met deze methodieken en waar de knelpunten liggen.

Diverse waterbeheerders hebben in het Landelijk Technologenplatform aangegeven dat zij graag een betere toegang tot deze informatie hebben. STOWA heeft hiervoor vervolgens een project geformuleerd, met als doelen:

- het inventariseren van de ervaringen die Nederlandse waterschappen, adviseurs en leveranciers hebben met het uitvoeren van OC-metingen.
- het opstellen van een 'Handreiking OC-meting in de praktijk'. De handreiking kan worden toegepast als een basisdocument voor het uitvoeren van OC-metingen door waterbeheerders, kennisinstellingen, bureaus en leveranciers van beluchtinginstallaties;
- het opstellen van een rekentool voor het uitwerken van de OC-meetgegevens. Het resultaat van de OC-meting bestaat uit een lange reeks gelogde tijdstippen en bijbehorende zuurstofconcentraties, vaak ook nog van meerdere zuurstofelektrodes. Het uitwerken daarvan kan plaatsvinden in een Excel-tool, waarin alle formules, noodzakelijk voor het berekenen van de OC, zijn opgenomen.

De doelstelling van het project is niet zozeer ervoor te zorgen dat er vaker OC-metingen worden uitgevoerd, maar dat de toegankelijkheid van de meting wordt vergroot. Indien een beheerder een OC-meting wil (laten) uitvoeren, kan de handreiking helpen bij het selecteren van de juiste meetmethode, het uitvoeren en voorbereiden van de meting. De Excel-tool kan helpen bij het uitwerken van de resultaten.

1.2 LEESWIJZER

Hoofdstuk 2 beschrijft de manier waarop de Nederlandse ervaringen met OC-metingen zijn geïnventariseerd, en op welke manier de handreiking is opgesteld. Hoofdstuk 3 geeft de belangrijkste uitkomsten van de enquête weer. In hoofdstuk 4 wordt de beslisboom gepresenteerd, die waterbeheerders kan helpen bij het selecteren van de methode die in hun situatie het meest geschikt is. Hoofdstuk 5 beschrijft de voorbereidingen die moeten worden getroffen voor het uitvoeren van een OC-meting en het globale verloop van de meting. Voor het uitwerken van de resultaten is een Excel-rekentool opgesteld; deze wordt behandeld in hoofdstuk 6. hoofdstuk 7 gaat in op het effect van het mengregime in de beluchtingruimte op de OC-meting. Tenslotte wordt in hoofdstuk 8 het meten van de alfafactor in het kader van de OC-meting behandeld.

2

AANPAK

2.1 ENQUÊTE

Om de in Nederland aanwezige ervaringen in kaart te brengen, is een enquête verstuurd aan alle waterschappen. Daarnaast is de enquête verstuurd aan adviesbureaus en leveranciers waarvan bekend is dat zij ervaring hebben met het uitvoeren van OC-metingen, of waarvan dit werd verondersteld. De enquête had ook als doel om te inventariseren welke meetmethoden gebruikt zijn, welke praktische problemen men is tegengekomen bij het uitvoeren van de meting, et cetera.

De enquête is verstuurd aan:

- 27 contactpersonen binnen 25 waterschappen (Technologenplatform);
- 7 adviesbureaus;
- 11 leveranciers van beluchtingsystemen.

De enquête die aan adviesbureaus en leveranciers is verstuurd, was minder uitgebreid dan de enquête die aan waterschappen is verzonden: alleen de waterschappen is gevraagd om rapportages over de metingen beschikbaar te stellen.

Beide versies van de enquête zijn opgenomen in Bijlage 1.

2.2 NORMEN EN PROTOCOLLEN

Op basis van kennis vooraf, en van de resultaten van de enquête, is een aantal normen en voorschriften bestudeerd:

- NEN-EN 12255-15;
- STORA 80-05;
- ATV-M 209;
- DWA-M 209, die ATV-M 209 heeft vervangen.

2.3 OPSTELLEN HANDREIKING EN REKENTOOL

Op basis van de uitkomsten van de enquêtes en de bestudering van de normen is de ‘Beslisboom OC-meting’ opgesteld. De gebruikers komen bij het doorlopen van de beslisboom uit bij de beste OC-meetmethode voor de specifieke situatie waarin de OC-meting wordt uitgevoerd.

Deze meetmethoden zijn uitgewerkt tot een beschrijving van de voorbereiding en uitvoering van de OC-meting, waarbij de belangrijkste formules, benodigde overeenstemming vooraf, benodigdheden, verloop van de meting en het verwerken van de resultaten wordt beschreven. De verkregen informatie uit de enquêtes over vooral de praktische knelpunten en aanbevelingen zijn gebruikt om de beschrijving praktisch goed bruikbaar te maken. In de rappor-

tage is ook een beschrijving opgenomen hoe om te gaan met het verschil tussen een volledig gemengd systeem en een omloop- of propstroomsysteem.
Indien de OC-meting in slib plaatsvindt, is de mate waarin een beluchtingssysteem in staat is om zuurstof over te dragen naar de waterfase niet alleen afhankelijk van het beluchtingssysteem, maar ook van de alfafactor. Dit betekent dat de OC in slib en de alfafactor van dat slib met elkaar verbonden zijn. Op basis van verkregen informatie uit de ingevulde enquêtes en literatuuronderzoek is de relevantie van de alfafactor, de wijze van berekenen en de wijze van meten beschreven.

Voor het verwerken van de meetgegevens zijn twee rekentools opgesteld: voor het berekenen van de OC en voor het berekenen van de alfafactor. De resultaten van de betreffende metingen kunnen in de tools worden ingelezen, waarna door een aantal eenvoudige handelingen de OC en/of de alfafactor kunnen worden berekend. De handleidingen voor de tools zijn opgenomen in de rapportage.

3

BELANGRIJKSTE RESULTATEN VAN DE ENQUÊTE

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste uitkomsten van de enquête samengevat. Een volledige uitwerking van de uitkomsten is opgenomen in Bijlage 2.

3.1 RESPONS

Zoals vermeld in hoofdstuk 2 is de enquête verstuurd aan 44 contactpersonen van waterschappen, adviesbureaus en leveranciers. De respons op de enquête is als volgt:

- waterschappen: 23 van de 27 enquêtes teruggestuurd (85% respons);
- adviesbureaus: 6 van de 7 enquêtes teruggestuurd (86% respons);
- leveranciers: 4 van de 11 enquêtes teruggestuurd (36% respons).

3.2 ERVARINGEN VAN WATERSCHAPPEN

Van de 23 waterschappen, die hebben meegewerkt aan de enquête, heeft een relatief groot deel aangegeven ervaring te hebben met het uitvoeren van OC-metingen: 13 van de 23, ofwel 57%. Bij de resterende respondenten (10) ontbreekt deze ervaring dus. De reden voor het ontbreken van ervaring is niet eenduidig:

- er zijn geen problemen met zuurstofinbreng;
- de meting wordt te ingewikkeld, duur, arbeidsintensief of onbetrouwbaar geacht;
- één waterschap heeft aangegeven aan dat de kennis over het uitvoeren van de meting uit de organisatie is verdwenen.

Het uitvoeren van een garantiemeting wordt het meest genoemd als reden voor het uitvoeren van een OC-meting. Andere redenen hebben te maken met het meten van de daadwerkelijke zuurstofinbrengcapaciteit van het beluchtingsysteem, al dan niet na een aantal jaren in bedrijf te zijn, zonder koppeling met een garantiemeting.

De meest gebruikte methoden zijn de absorptiemethode volgens ATV-M 209 en de STORA-methode. Beide methoden gaan uit van het zuurstofloos maken en vervolgens tot verzadiging beluchten van het testmedium. Als testmedium zijn actiefslib, reinwater, effluent en oppervlaktewater gebruikt.

3.3 ERVARINGEN VAN ADVIESBUREAUS

De zes adviesbureaus die de enquête hebben ingevuld en teruggestuurd, hebben allemaal ervaring met OC-metingen. Net als bij de waterschappen is een garantiemeting de meest genoemde reden voor het uitvoeren van de meting.

De meest genoemde methode is de STORA-methode. Ook NEN-EN 12255-15, ATV-M 209 absorptie, ASCE en de evenwichtsmethode worden meer dan eenmaal genoemd. Als testmedium zijn reinwater en actiefslib veruit het meest gebruikt. De andere mogelijke testmedia (effluent, grondwater en oppervlaktewater) zijn aanmerkelijk minder vaak toegepast.

3.4 ERVARINGEN VAN LEVERANCIERS

Van de vier leveranciers die hebben meegewerkt aan de enquête, hebben er drie ervaring met OC-metingen. Voor de vierde leverancier behoort de OC-meting niet tot de leveringen.

De leveranciers geven aan dat de meting wordt uitgevoerd met als doel:

- garantiemeting;
- het testen van het eigen product;
- het optimaliseren van het eigen product.

Met alle opgegeven testmedia is ongeveer evenveel ervaring.

3.5 TIJDSBESTEDING

De tijd die naar schatting moet worden besteed aan de meting, verschilde nogal per respondent. De mate van ervaring, het medium (reinwater of slib), het aantal metingen dat achter elkaar dient te worden uitgevoerd (duplo, triplo), en de mate waarin aanpassingen aan het beluchtingsysteem noodzakelijk zijn, zijn van invloed op de totale tijdsbesteding. Deze aspecten zijn door middel van een enquête niet voldoende te differentiëren.

Op basis van de antwoorden is de volgende, indicatieve tijdsbesteding opgesteld, waarbij de gevonden ranges zijn vermeld:

- voorbereiden: 2 dagen (bereik 1 uur - 4 dagen);
- aanpassen installatie: 1 dag (bereik 0,5 – 1 dag);
- uitvoeren: 1 dag (bereik 1 uur – 2 dagen);
- uitwerken: 1 dag (bereik 0,5 – 2 dagen);
- evaluatie: 1 dag (bereik 0,5 – 1 dag).

Indicatief komt een meting daarom neer op een totale tijdsbesteding van 6 dagen. Verwacht wordt dat door gebruik van deze handreiking de tijdsbesteding voor met name de voorbereiding en het uitwerken van de data kan worden gereduceerd.

3.6 UITVOERBAARHEID

De uitvoerbaarheid van de meting wordt in het algemeen als redelijk beoordeeld. Door een respondent wordt de meting bij grote rwzi's als complex en tijdrovend beoordeeld. Indien de meting wordt uitgevoerd in een deel van de installatie, is de manier waarop dit deel zuurstofloos moet worden gemaakt een mogelijk knelpunt. Ook het mengpatroon wordt van invloed geacht op de praktische uitvoerbaarheid. Het uitvoeren van een reinwatermeting in een grote rwzi vergt een grote hoeveelheid reinwater en chemicaliën.

Volgens enkele respondenten hangt de uitvoerbaarheid van de meting sterk samen met de mate van voorbereiding. Deze handreiking wil een bijdrage leveren aan het verbeteren van de voorbereiding.

3.7 BETROUWBAARHEID

De betrouwbaarheid (en reproduceerbaarheid) wordt over het algemeen positief beoordeeld. Eén respondent geeft aan dat reinwatermetingen betrouwbaarder zijn dan slibmetingen. Eén van de genoemde meetonzekerheden betreft het luchtdebiet: wanneer dit berekend wordt op basis van opgenomen vermogen, dient het rendement van de motor nauwkeurig bekend te zijn.

3.8 PRAKTISCHE KNELPUNTEN

Als knelpunten/aandachtspunten zijn genoemd:

- onzekerheid over het afgeschakeld zijn van de diverse toevoer- en retourstromen;
- bij het uit bedrijf zetten van de rwzi moet goed worden nagedacht over het bufferen van het influent voor de duur van de meting;
- onzekerheid over de plaats waar de zuurstofelektrodes moeten worden geplaatst, en de betrouwbaarheid van de meters;
- het zuurstofloos maken van het testbassin door middel van sulfiet. Bij het toevoegen van sulfiet is de beluchting uitgeschakeld en ontbreekt dus de menging in het bassin (indien de beluchtingsruimte is uitgerust met voortstuwers, treedt overigens wel menging op);
- het creëren van een afgesloten meetsectie in een groot bassin, bijvoorbeeld van 6 meter diep en 5 meter breed;
- het bepalen van de ingebrachte hoeveelheid lucht indien flowmeters en/of drukopnemers ontbreken, of wanneer compressoren minder lucht geven dan uit de curves volgt;
- de meting wordt als tijdrovend beschouwd;
- de verstorende invloed van regen;
- ervaring is een must.

3.9 AANBEVELINGEN VOOR HET UITVOEREN VAN EEN OC-METING

De volgende aanbevelingen komen uit de enquête naar voren:

- goed informeren over stromen naar het testbassin;
- let op zuurstofmeter: moet voldoende betrouwbaar en snel zijn;
- probeer met meerdere disciplines de problemen die je tegenkomt te tackelen, daarnaast is een goede voorbereiding vereist;
- stel vooraf samen met de aannemer vast op welke wijze het luchtdebiet wordt gemeten;
- besteed aandacht aan het goed afsluiten van het compartiment waarin de meting moet plaatsvinden;
- voer alleen reinwatermetingen uit, dit voorkomt bijvoorbeeld discussies over de alfafactor;
- meet de alfafactor elke keer na toevoegen van nieuw sulfiet;
- stel de alfafactor vast op de dag dat ook de OC-meting wordt uitgevoerd, en niet achteraf;
- voer altijd een duplometing uit;
- laat de meting uitvoeren door een onafhankelijk bureau of instantie.

3.10 DE ENQUÊTE IN RELATIE TOT DEZE HANDREIKING

Het beeld dat uit de enquête naar voren komt, is dat een aanzienlijk deel van de Nederlandse waterschappen praktische ervaring heeft met het uitvoeren van OC-metingen. Een groot deel van de praktische knelpunten en aanbevelingen die worden genoemd, heeft betrekking op de voorbereiding van de meting. Dit sluit goed aan bij de doelstelling van deze handreiking: het verstrekken van informatie over het voorbereiden (en uitvoeren) van de meting. Daarnaast noemen de respondenten een aantal aandachtspunten met betrekking tot de uitvoering. Deze zijn voor zover mogelijk meegenomen bij het opstellen van deze handreiking, zodat optimaal geleerd kan worden van ervaringen uit het veld.

4

BESLISBOOM

4.1 DE ACHTERGROND VAN DE BESLISBOOM

Eén van de doelen van deze handreiking is het bundelen van de ervaringen die in Nederland aanwezig zijn op het gebied van OC-metingen. De uitkomsten van de enquête wijzen weliswaar uit dat een flink deel van de waterschappen ervaring heeft met het uitvoeren van de meting, maar deze ervaring is niet altijd recent. Bovendien zijn door de verschillende waterschappen verschillende protocollen gebruikt, afhankelijk van het doel van de meting. Ook de keuze voor een bepaald meetprotocol hangt met dit doel samen.

Om duidelijkheid te scheppen in de keuzes die moeten worden gemaakt om te komen tot een goede proefopzet in een specifieke situatie, is een beslisboom opgezet. Beheerders die een OC-meting willen (laten) uitvoeren, komen met het doorlopen van de stappen in de beslisboom uiteindelijk uit bij de meetmethode die geschikt is voor hun situatie. De 'situatie' is in dit geval een combinatie van het doel van de meting en de praktische omstandigheden waarbij de meting moet of kan worden uitgevoerd.

Voor het opstellen van de beslisboom is eerst de onderlinge samenhang van de verschillende normen en protocollen bepaald. Vervolgens is beoordeeld, in welke situatie, een bepaalde meetmethode het best kan worden toegepast. Uit die rangschikking is de beslisboom opgesteld. Daarnaast is ook de noodzaak van het meten van de alfafactor in de beslisboom opgenomen. Deze onderwerpen worden in de volgende paragrafen behandeld.

4.2 SELECTIE VAN NORMEN EN PROTOCOLLEN

Uit de enquête is naar voren gekomen dat de STORA-richtlijn en ATV-M 209 het meest zijn toegepast. NEN-EN 12255-15 en de evenwichtsmethode worden minder vaak genoemd, terwijl ASCE en de Ö-norm slechts een enkele keer worden genoemd. Dit betekent dat indien een waterbeheerder ervoor kiest om de STORA-richtlijn of ATV-M 209 toe te passen, hij of zij kiest voor de methode waarmee binnen Nederland de meeste ervaring is opgedaan.

NEN-EN 12255-15 is in 2003 uitgebracht door de European Committee for Standardization, als algemeen geldende standaard voor het uitvoeren van OC-metingen binnen een groot deel van de EU (waaronder ook Nederland). De norm is tot stand gekomen op basis van onder andere ervaringen die zijn opgedaan met ATV-M 209 en Ö-norm 5888, en is de norm waaraan een OC-meting moet voldoen. Bij het opzetten van een beslisboom voor het uitvoeren van OC-metingen in Nederland, ligt het voor de hand om hier meetmethoden in op te nemen die voldoen aan NEN-EN 12255-15.

Dit betekent dat de evenwichtsmethode niet is opgenomen in de beslisboom. De evenwichtsmethode is weliswaar een pragmatische methode om de OC te bepalen, maar voldoet niet aan NEN-EN 1255-15. Hierbij moet worden opgemerkt dat het eenieder uiteraard vrij staat

om de evenwichtsmethode toch toe te passen. Hierover dient dan wel vooraf overeenstemming te worden bereikt tussen alle betrokken partijen, zeker indien de meting wordt uitgevoerd als garantiemeting.

Naar aanleiding van de Europese norm EN 12555-15 is in april 2004 de Duitse norm DIN EN 12255-15 verschenen. Van deze norm is DWA M-209 een werkvoorschrift of een praktische uitwerking. Het oude werkvoorschrift, ATV-M209 uit juni 1996, is hiermee komen te vervallen.

De STORA-richtlijn, ATV-M 209 en DWA-M 209 voldoen allemaal aan NEN-EN 12255-15. Hierbij wordt opgemerkt dat ATV-M 209 in 2007 is opgevolgd door DWA-M 209. In het vervolg van deze handreiking zal dan ook gebruik gemaakt worden van DWA-M 209.

Belangrijke verschillen tussen de STORA-richtlijn en DWA-M 209 zijn:

- In de STORA-richtlijn wordt tgα in plaats van k_La_T gehanteerd als zuurstofoverdrachtscoëfficiënt. Bij het bepalen van tgα wordt uitgegaan van de ^{10}log van het verschil tussen C_s en C_t, terwijl de k_La_T gebaseerd is op de natuurlijke logaritme van dat verschil. Gevolg hiervan is dat tgα en k_La_T in elkaar kunnen worden omgerekend via $tg\alpha = k_La_T / 2{,}3$.
- De STORA-richtlijn hanteert 10 °C als referentietemperatuur, terwijl de DWA-richtlijn 20 °C aanhoudt. De temperatuurscorrectie verschilt daardoor ook:
  - STORA: $OC_{10} = OC_T \cdot 1{,}019^{(10-T)}$;
  - DWA: $OC_{20} = OC_T \cdot 1{,}024^{(20-T)}$.
- De STORA-richtlijn is geschreven in het Nederlands, wat de toegankelijkheid vergroot. DWA-M 209 is vanzelfsprekend opgesteld in het Duits.
- De STORA-richtlijn gaat alleen in op reinwatermetingen, terwijl DWA-M 209 ook metingen in actiefslib beschrijft. Daarnaast is in DWA-M 209 een apart voorschrift opgenomen voor het uitvoeren van metingen in een installatie die volledig in bedrijf is.
- De STORA-richtlijn gaat uitvoerig in op de invloed van het mengpatroon van de beluchtingruimte op de OC-meting (ideaal gemengd versus propstroom, en tussenvormen). DWA-M 209 gaat summier op dit verschil in. Dit is nader uitgewerkt in hoofdstuk 6.
- DWA M-209 gaat in op de betrouwbaarheid van de diverse meetmethodes.

Na bestudering van normen en werkvoorschriften is geconcludeerd dat DWA-M 209 het meest complete voorschrift is. Het beschrijft zowel reinwater- als slibmetingen en voldoet bovendien aan de geldende norm NEN-EN 12255-15. DWA-M 209 is dan ook als basis genomen bij het opstellen van de handreiking en de beslisboom. Het feit dat DWA-M 209 in het Duits is opgesteld, verkleint de toegankelijkheid van de meetmethode. Geprobeerd is dit te ondervangen door een puntsgewijze vertaling te maken van dit werkvoorschrift (zie hoofdstuk 5). De aanbevelingen die uit de enquête naar voren zijn gekomen, zijn hierbij zoveel mogelijk meegenomen.

4.3 ABSORPTIE OF DESORPTIE

DWA-M 209 behandelt zowel absorptie- als desorptiemetingen.

- Desorptiemetingen gaan uit van een oververzadiging van het testmedium met zuurstof, waarna belucht wordt totdat de evenwichtsconcentratie is bereikt. De meting is gebaseerd op de overdracht van zuurstof van de (oververzadigde) waterfase naar de gasfase, totdat een evenwichtssituatie is bereikt. De oververzadiging kan worden bereikt door het toedienen van waterstofperoxide of door het doorblazen met pure zuurstof. Deze laatste optie is uiteraard moeilijk toepasbaar indien de installatie is uitgerust met punt- of borstelbeluchting.

- Absorptiemetingen gaan uit van het beluchten van het systeem vanuit een zuurstofloze toestand tot aan de evenwichtsconcentratie. De meting is gebaseerd op de overdracht van zuurstof van de gasfase naar de (in eerste instantie) zuurstofloze waterfase, totdat een evenwichtssituatie is bereikt. Zuurstofloze condities kunnen op diverse manieren bereikt worden. Bij een reinwatermeting kan een combinatie van natriumsulfiet en kobaltchloride worden gebruikt. Bij een meting in slib is dit uiteraard niet toegestaan vanwege het negatieve effect van deze chemicaliën op de activiteit van het slib. Het slib kan echter zuurstofloos gemaakt worden door de influenttoevoer uit te schakelen, het slib gedurende circa 2 uur te beluchten en de beluchting vervolgens weer uit te schakelen. Ten gevolge van de (endogene) ademhaling van het slib zal de zuurstofconcentratie dalen tot (vrijwel) 0 mg/l. Door deze procedure een aantal maal te herhalen kan worden bepaald of de ademhalingssnelheid van het slib endogeen, dus constant is, en hoe groot deze snelheid is. Zowel bij een reinwater- als bij een slibmeting is het ook mogelijk om zuurstofloze condities te bereiken door het testmedium te doorblazen met stikstofgas. Dit is uiteraard lastiger uitvoerbaar indien de installatie is uitgerust met punt- of borstelbeluchting.

Opvallend is dat in ATV-M 209 nog wordt vermeld dat reinwaterabsorptiemetingen een grotere reproduceerbaarheid hebben dan reinwaterdesorptiemetingen. In DWA-M 209 wordt deze opmerking niet meer gemaakt. Dit wijst erop dat het, wat betreft de kwaliteit van de uitkomsten, niet uitmaakt of voor absorptie- dan wel desorptiemeting wordt gekozen.

Bij het opstellen van deze handreiking en de beslisboom zijn absorptie- en desorptiemetingen tegen elkaar afgewogen op basis van een aantal aspecten. Deze afweging is weergegeven in Tabel 4-1 en wordt onder de tabel nader toegelicht.

TABEL 4-1 AFWEGING TUSSEN ABSORPTIE- EN DESORPTIEMETING IN DWA-M 20

	Reinwater-meting		Slibmeting	
	Absorptiemeting	Desorptiemeting	Absorptiemeting	Desorptiemeting
Toepasbaarheid beluchtingsysteem	Bellen, oppervlakte	Bellen	Bellen, oppervlakte	Bellen, oppervlakte
Chemicaliën/hulpstoffen	Na_2SO_3 + Co of zuiver N_2	Zuivere O_2	Geen (endogeen) of zuiver N_2	H_2O_2 of zuivere O_2
Veiligheid/Arbo	-	-	+	-
Ervaring in Nederland	+	-	+	-

Toelichting bij de in Tabel 4-1 genoemde aspecten:

- Toepasbaarheid beluchtingsysteem. In een systeem met oppervlaktebeluchting zijn reinwater-desorptiemetingen minder eenvoudig uitvoerbaar, omdat het in een dergelijk systeem niet direct mogelijk is om het testmedium met zuurstof te verzadigen. Hiervoor is een tijdelijke voorziening nodig, om pure zuurstof in het systeem te kunnen brengen. De eigenlijke desorptiemeting kan dan met het oppervlaktebeluchtingsysteem worden uitgevoerd. Desorptiemetingen in slib zijn wel mogelijk bij oppervlaktebeluchting: het systeem kan dan verzadigd worden met waterstofperoxide.
- Chemicaliën/hulpstoffen. Absorptiemeting in reinwater scoort hier slechter dan desorptiemeting, vanwege de milieubelasting door kobalt. In slib scoort de absorptiemeting juist beter, vanwege de mogelijkheid om het slib door endogene ademhaling (vrijwel) zuurstofloos te maken.

- Veiligheid/Arbo. Natriumsulfiet, kobalt en waterstofperoxide zijn gevaarlijke stoffen waar alleen mee gewerkt mag worden na het nemen van specifieke voorzorgsmaatregelen. Gebruik van zuivere zuurstof of zuiver stikstof is ook niet zonder gevaar (respectievelijk explosie- en verstikkingsgevaar) en mag daarom alleen door gespecialiseerde bedrijven plaatsvinden.
- Mate van ervaring in Nederland. Uit de enquête is naar voren gekomen dat Nederlandse waterbeheerders, adviesbureaus en leveranciers vooral ervaring hebben met absorptiemetingen, en in veel mindere mate met desorptiemetingen. Keuze voor een absorptiemeting betekent dus dat er makkelijker geleerd kan worden van Nederlandse ervaringen.

Het aspect 'kosten' is bewust buiten beschouwing gelaten. Dit heeft teveel met locatiespecifieke zaken te maken (zoals type beluchtingsysteem, omvang testbassin, kosten hulpstoffen, mogelijkheid van inzet eigen personeel). Daarnaast zijn de kosten voor hulpstoffen aan verandering onderhevig. De kostenraming zal door de betrokkenen zelf moeten worden opgesteld.

In deze handreiking wordt voor het bepalen van de OC in reinwater geen keuze gemaakt voor absorptie- dan wel desorptiemeting. Afhankelijk van de accenten die de beheerder van de installatie legt op de verschillende bovenstaande aspecten, kan worden gekozen worden voor zowel absorptie- als desorptiemetingen. Belangrijk is wel dat alle belanghebbenden hierover, voorafgaand aan de meting, overeenstemming hebben bereikt.

Voor het bepalen van de OC in slib wordt in deze handreiking gekozen voor absorptiemeting, vanwege het feit dat hiervoor geen chemicaliën of zuivere zuurstof hoeven te worden gebruikt. De endogene ademhaling van het slib kan benut worden bij het creëren van zuurstofloze condities. Uiteraard dient in de planning van de meting rekening te worden gehouden met de tijd die het kost om het slib via endogene ademhaling (dus ook zonder aanvoer van influent) zuurstofloos te laten worden. De procedure hiervoor staat vermeld in Paragraaf 5.7.

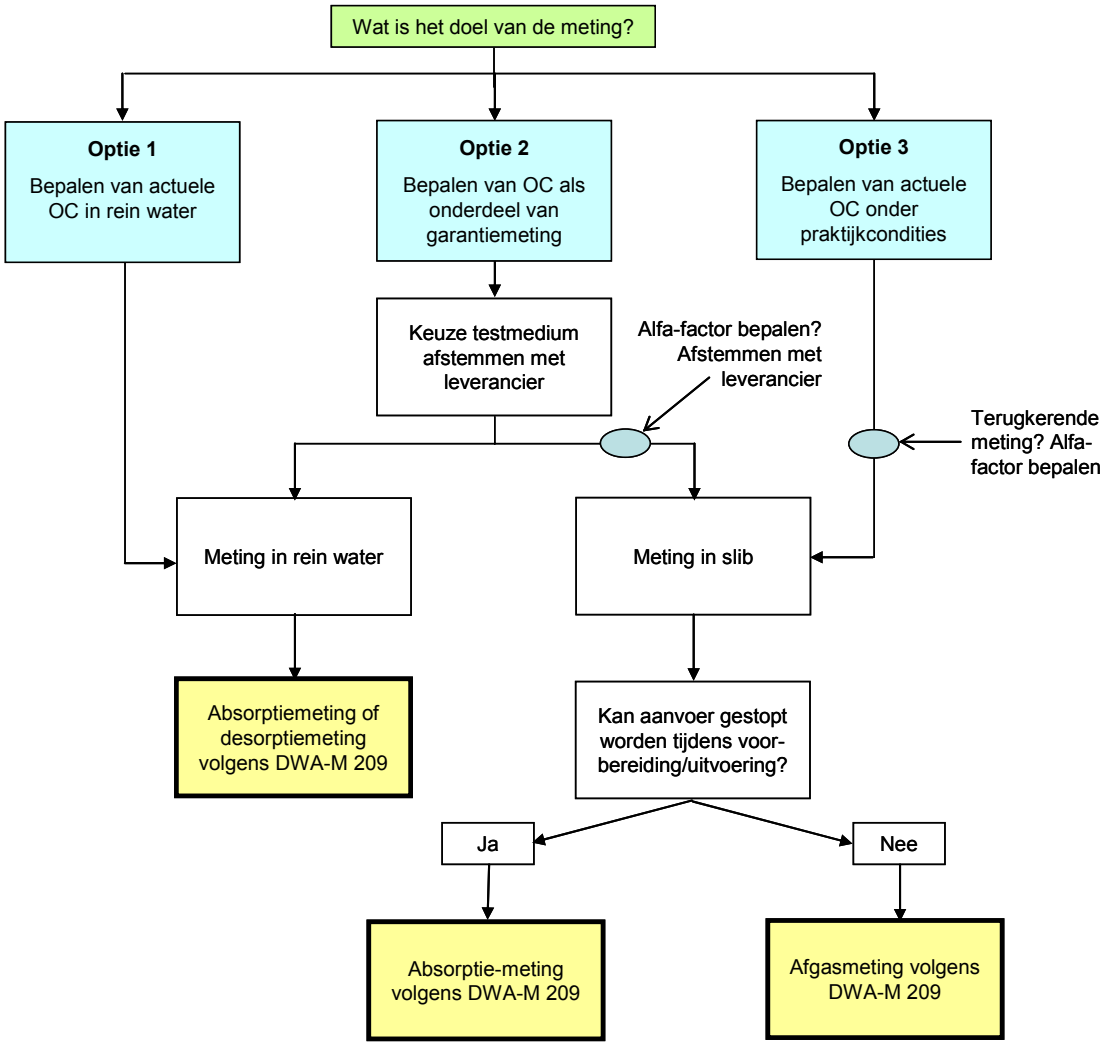
De onbetrouwbaarheid van de OC-meting in reinwater is volgens NEN-EN 12255-15 ongeveer 5% en kan bij niet ideaal gemengde systemen oplopen tot ongeveer 10%. In DWA-M209 is daarnaast aangegeven dat de onbetrouwbaarheid van een meting in slib gelijk is aan die van een meting in reinwater, dus ongeveer 5% en bij niet ideaal gemengde systemen maximaal ongeveer 10%. Echter: de alfafactor-meting heeft een eigen onbetrouwbaarheid, die doorwerkt in de vertaling van de αOC naar de OC. Dat betekent dat de αOC minder nauwkeurig bepaald kan worden dan de reinwater-OC. Daarnaast heeft de respiratie van het actiefslib invloed op de snelheid waarmee de evenwichtszuurstofconcentratie bereikt wordt. Voorwaarde bij de meting in slib is dat de slibverademing tijdens de meting constant moet zijn. Voor de onbetrouwbaarheid van de afgasmeting wordt in DWA-M 209 geen waarde gegeven.

4.4 DE BESLISBOOM

De beslisboom heeft het doel van de OC-meting als vertrekpunt. Hierbij worden drie doelen onderscheiden (Figuur 4-1):

1 het bepalen van de OC-meting als garantiemeting;
2 het bepalen van de reinwater-OC zonder dat deze gekoppeld is aan een garantiemeting;
3 het bepalen van de OC onder praktijkcondities (in slib).

FIGUUR 4-1 DE BESLISBOOM



4.4.1 HET BEPALEN VAN DE OC ALS GARANTIEMETING

De OC-garantiemeting kan worden uitgevoerd om te bepalen of een beluchtingsysteem voldoet aan de prestatiegaranties die de leverancier heeft opgegeven. Deze garanties kunnen betrekking hebben op de OC, maar ook op de beluchtingefficiëntie (in kg O_2/kWh). Een leverancier zal deze garanties vrijwel altijd afgeven uitgaande van de OC in reinwater, onder gestandaardiseerde condities. Dat betekent dat een OC-garantiemeting in beginsel wordt uitgevoerd in reinwater, voordat de installatie daadwerkelijk in gebruik wordt genomen.

Uiteraard kunnen de afnemer en de leverancier ook overeenkomen om de OC niet in reinwater maar in slib te bepalen. Voordeel hiervan is dat de meting kan worden uitgevoerd in een installatie die al in gebruik is; het slib in de installatie hoeft niet te worden vervangen door reinwater. Hierbij is het wel noodzakelijk dat de afnemer en de leverancier vooraf over een aantal zaken overeenstemming hebben bereikt. Zo moet worden afgesproken:

- of de alfafactor en het zoutgehalte worden gemeten of dat hiervoor waarden worden aangenomen;
- of met de aanwezige zuurstofelektrodes wordt gemeten of dat speciale elektrodes worden aangebracht;

- binnen welke marges de gemeten OC mag afwijken van de gegarandeerde OC, voordat wordt geconcludeerd dat de aanwezige OC wel of niet voldoet aan de afgegeven garantiewaarde.

Overigens dient ook overeenstemming over deze aspecten te zijn bij reinwatermetingen, zeker indien hiervoor geen leidingwater maar bijvoorbeeld oppervlaktewater of grondwater wordt gebruikt.

4.4.2 HET BEPALEN VAN DE ACTUELE OC IN REINWATER, NIET ALS GARANTIEMETING

Ook wanneer er geen koppeling is met een garantiemeting, kan een beheerder van een rwzi geïnteresseerd zijn in het bepalen van de reinwater-OC. Indien bijvoorbeeld na een aantal jaren de actuele OC moet worden vergeleken met de oorspronkelijke OC ten tijde van de oplevering, dan kan het bepalen van de reinwater-OC een optie zijn.

4.4.3 HET BEPALEN VAN DE OC ONDER PRAKTIJKCONDITIES (IN SLIB)

Het bepalen van de OC onder praktijkcondities, dus in slib, kan om verschillende redenen gewenst zijn. Bijvoorbeeld:

- indien een installatie met een zuurstoftekort kampt terwijl dit op basis van de actuele vuillast niet wordt verwacht;
- wanneer de vuillast in de toekomst toeneemt, en men wil weten in hoeverre de zuurstofinbreng onder praktijkcondities hieraan kan voldoen;
- om de prestaties van het beluchtingsysteem in de loop van de tijd te volgen, bijvoorbeeld om te bepalen hoe snel de OC in de tijd afneemt. In dat geval zal ervoor worden gekozen om de OC-meting met een bepaalde frequentie te herhalen, bijvoorbeeld eens in de paar jaar.

Meten in slib biedt dan, uit praktisch oogpunt, voordelen, omdat het slib niet hoeft te worden vervangen door reinwater.

Indien de OC onder praktijkcondities, dus in slib, wordt bepaald, dan is het van belang dat het testbassin voor de duur van de meting inclusief voorbereiding volledig buiten bedrijf kan worden gesteld. Hierbij zijn twee aspecten van belang:

1. Is het mogelijk om het influent tijdens, en zelfs al een aantal uren voor de meting, af te koppelen van het testbassin? Deze afkoppeling is noodzakelijk om het slib over te laten schakelen naar endogene ademhaling. Het influent moet dan verdeeld worden over eventuele andere straten, of gebufferd worden in bijvoorbeeld het riool. Dit wordt uiteraard eenvoudiger te realiseren indien er sprake is van relatief lage aanvoer (DWA of minder).
2. Zijn alle retourstromen naar het testbassin bekend en kunnen deze worden afgesloten? Onbekendheid met de retourstromen naar het testbassin kwam uit de enquête naar voren als één van de aandachtspunten.

Indien het mogelijk is om zowel influent als retourstromen gedurende een aantal uur buiten bedrijf te zetten, dan wordt aanbevolen de absorptiemeting uit te voeren.

Indien de influenttoevoer niet kan worden gestopt, dan rest geen andere mogelijkheid dan de afgasmethode toe te passen. Deze methode vergt extra voorbereiding en is minder betrouwbaar dan een meting onder endogene condities. Dit is de reden dat deze meting verder niet aan bod komt in deze handreiking.

4.4.4 HET METEN VAN DE ALFAFACTOR

Uit Figuur 4-1 blijkt dat het meten van de alfafactor in twee situaties een rol speelt indien de OC onder praktijkcondities wordt bepaald:

- Indien de OC in slib wordt gemeten in het kader van een garantiemeting, dan dient de alfafactor te worden gemeten. De garantie wordt vrijwel altijd afgegeven in de vorm van een reinwater-OC. Naast de alfafactor moeten ook andere parameters worden gemeten, waaronder het zoutgehalte (bètafactor). In overleg met de leverancier kan besloten worden deze parameters niet te meten, maar schattingen aan te houden. Het gevolg zal waarschijnlijk wel zijn dat het toegestane verschil tussen de gemeten OC en de gegarandeerde OC groter mag worden alvorens de conclusie wordt getrokken dat het systeem niet voldoet. Het zal duidelijk zijn dat hierover vooraf overeenstemming moet worden bereikt tussen de leverancier en de afnemer van het beluchtingsysteem.
- De alfafactor dient ook te worden bepaald indien de actuele OC moet worden bepaald, zonder dat deze meting gekoppeld is aan een garantiemeting, met de bedoeling de meting bijvoorbeeld elk jaar te herhalen. Reden hiervoor kan zijn dat het verloop van de OC van een beluchtingsysteem in de tijd moet worden gevolgd. Wanneer de alfafactor niet wordt gemeten, en er wordt bijvoorbeeld een afname van de OC gemeten, dan is niet uit te sluiten dat deze daling wordt veroorzaakt door andere factoren dan een achteruitgang van het beluchtingsysteem. Bepaling van de alfafactor is in dat geval dus noodzakelijk.

Voor meer informatie over nut en noodzaak van de alfafactormeting en de praktische kant van de uitvoering, wordt verwezen naar hoofdstuk 7.

5

VOORBEREIDING EN UITVOERING VAN DE OC-METING

5.1 ACHTERGROND VAN DIT PROTOCOL

Het protocol dat in dit hoofdstuk is opgenomen, is gebaseerd op DWA-M 209. Deze richtlijn is bij DWA te bestellen via http://www.dwa.de/dwa/shop/shop_english.nsf/home?openform. Daarnaast is bij het opstellen van het protocol gebruik gemaakt van de resultaten van de enquête.

5.2 OC VERSUS OC

DWA-M209 beschrijft de methode voor het bepalen van de OC in reinwater en slib, in installaties waarbij de aanvoer van afvalwater en alle recirculatiestromen stopgezet zijn. Voor deze situatie beschrijft het voorschrift zowel absorptie- als desorptiemetingen. Daarnaast wordt in DWA-M 209 de afgasmethode beschreven, deze kan worden gebruikt indien de aanvoer van afvalwater niet wordt gestopt (of niet kan worden gestopt) tijdens de meting.

Bij absorptiemetingen wordt het systeem vanuit zuurstofloze toestand belucht tot aan de evenwichtsconcentratie. De snelheid waarmee het O_2-gehalte stijgt is een maat voor de OC. In reinwater stijgt het zuurstofgehalte volgens

$$C_t = C_s - (C_s - C_0) \cdot e^{-k_L a_T \cdot t} \quad (1)$$

waarin:

C_t Concentratie opgeloste zuurstof in water op tijdstip t (mg O_2/l)
C_s Zuurstofverzadigingswaarde (mg O_2/l)
C_0 Concentratie opgeloste zuurstof in water op tijdstip t=0 (mg O_2/l)
k_La_T Zuurstofoverdrachtcoëfficiënt voor reinwater bij T °C (h^{-1})
t Tijd (min)

De reinwater-OC wordt berekend uit

$$OC = \frac{V \cdot k_L a_{20} \cdot C_{s,20}}{1000} \quad (2)$$

waarin:

OC Standaard zuurstoftoevoer in reinwater (watertemperatuur T = 20°C, atmosferische normaaldruk *p* = 1.013 hPa, zuurstofconcentratie C = 0 mg O_2/l) (kg O_2/h)
V Watervolume in beluchtingstank (m^3)
k_La_{20} Zuurstofoverdrachtscoëfficiënt voor reinwater bij watertemperatuur T = 20°C (h^{-1})
$C_{s,20}$ Zuurstofverzadigingswaarde bij standaardomstandigheden (T = 20°C, *p* = 1.013 hPa) (mg O_2/l)

Bij meting in slib wordt feitelijk niet de 'echte OC' bepaald, maar een 'schijnbare OC', ofwel 'alfa-OC'. De reden hiervoor is dat de eigenschappen van het slib de uitkomst van de OC-meting beïnvloeden. Deze alfa-OC wordt afgekort tot αOC. Theoretisch is de αOC altijd kleiner dan de OC.

Bij een absorptiemeting in slib stijgt het zuurstofgehalte volgens

$$C_t = C^* - (C^* - C_0) \cdot e^{-(k_L a + q) \cdot t} \quad (3)$$

waarin:

C^* Schijnbare zuurstof-verzadigingswaarde, gemeten of berekend, bij de heersende omstandigheden (mg O_2/l)

q Waterverblijftijd in de beluchtingstank: som van alle water- en slibdebieten, gedeeld door het beluchtingsvolume ($m^3/(m^3 \cdot h)$). Indien de meting wordt uitgevoerd in een systeem zonder doorstroming geldt dat q = 0. NB parameter q heeft alleen betrekking op de in- en uitgaande stromen van het testbassin. De interne stroming in een omloopsysteem tellen hierbij niet mee.

De αOC wordt berekend uit

$$\alpha OC = \frac{V \cdot \alpha k_L a_{20} \cdot \beta \cdot C_{s,20}}{1000} \quad (4)$$

waarin:

αOC Standaard zuurstoftoevoer in actiefslib (T=20 °C, *p* = 1.013 hPa, C = 0 mg O_2/l) (kg O_2/h)

$\alpha k_L a_{20}$ Zuurstofoverdrachtscoëfficiënt voor actiefslib bij watertemperatuur T=20 °C (h^{-1})

β Zoutfactor (-)

Bij een desorptiemeting wordt het testmedium oververzadigd met zuurstof. Vanuit deze toestand wordt de tank belucht totdat de evenwichtsconcentratie is bereikt. De daling van het zuurstofgehalte in reinwater verloopt volgens (1) en de OC kan berekend worden volgens (2); bij bepaling in slib gelden (3) en (4).

Uit de OC kan vervolgens de beluchtingsefficiëntie van het beluchtingsysteem worden berekend, zijnde de OC per opgenomen kWh. Deze wordt uitgedrukt in de SAE (Standard Aeration Efficiency), volgens:

$$SAE = \frac{OC}{P} \quad (5)$$

waarin:

SAE Standaard zuurstofoverdracht in reinwater (T=20 °C, *p* = 1.013 hPa, C = 0 mg O_2/l) (kg O_2/kWh)

P Vermogensopname door de beluchtinginstallatie (kW). Vooraf dient te worden vastgesteld of de vermogensopname van eventuele voortstuwers hierbij meegenomen moet worden.

Naast de afkorting OC wordt in de literatuur ook de afkorting SOTR aangetroffen als maat voor het zuurstofinbrengend vermogen. SOTR staat voor Standard Oxygen Transfer Rate en heeft feitelijk dezelfde betekenis als OC. In deze handreiking is gekozen voor de afkorting OC.

5.3 OVEREENSTEMMING VOORAF

Voorafgaand aan de metingen dient over een aantal zaken overeenstemming te zijn tussen alle betrokkenen en belanghebbenden (zoals de opdrachtgever, de leverancier van het beluchtingsysteem, en de uitvoerder).

5.3.1 ALGEMENE PUNTEN

- Moet de meting gemeld worden bij het bevoegd gezag? Relevante aspecten hierbij zijn het feit dat het influent tijdelijk wordt gebufferd in het riool (slibmeting), of het gebruik van kobalt in het systeem (reinwatermeting).
- Welke methode wordt gebruikt voor het meten van de OC? De beslisboom uit hoofdstuk 4 is bedoeld om de keuze voor een bepaalde methode te vergemakkelijken.
- In welk medium wordt de meting uitgevoerd?
- Hoeveel zuurstofelektrodes dienen geplaatst te worden om een betrouwbare OC-meting te kunnen uitvoeren, en waar dienen deze elektrodes geplaatst te worden (zowel in de lengte als in de diepte van het testbassin)?
- Op welke manier wordt het verlies aan water, bijvoorbeeld door het over de rand of tijdelijke muur slaan, geminimaliseerd?
- Welke maatregelen moeten worden getroffen als de compressor voor het beluchtingsysteem niet op volle capaciteit kan worden bedreven?
- In welke beluchtingstank (of deel daarvan) wordt de meting uitgevoerd?
- Hoe wordt vastgesteld dat de waterspiegel gedurende de metingen niet verandert?
- Als de metingen worden uitgevoerd in slechts een deel van de beluchtingstank dient te worden vastgesteld hoe waterstromen tussen het deel waar de metingen plaatsvinden en het overige deel, kunnen worden voorkomen.
- Hoe wordt het opgenomen vermogen van het beluchtingssysteem, al dan niet inclusief voortstuwers, gemeten?
- Hoe wordt het luchtdebiet gemeten?
- Binnen welke marges mag de gemeten OC afwijken van de gegarandeerde OC, voordat wordt geconcludeerd dat de aanwezige OC niet voldoet aan de afgegeven garantiewaarde? Hiermee samenhangend: welke meetonzekerheid wordt geaccepteerd?

5.3.2 METINGEN IN REINWATER

- Hoe lang duurt het om het slib uit het testbassin te verwijderen, en te vullen met reinwater?
- Hoe lang duurt het om het reinwater na de meting te verwijderen?
- Als geen gebruik wordt gemaakt van drinkwater, welke kwaliteit dient het water dan te hebben?
- Hoe wordt de beluchtingstank gereinigd ter voorbereiding op de meting?
- Hoe wordt het reinwater zuurstofloos gemaakt?
    - Door toevoegen van natriumsulfiet en kobalt. Hoe wordt dit toegediend?
    - Door toevoegen van stikstofgas. Hoe wordt dit toegediend?

5.3.3 METINGEN IN SLIB

- Hoe lang dient de beluchting te zijn ingeschakeld voor aanvang van de proeven? Idem voor het afschakelen van influent, retourstromen en terreinriolering. Indicaties hiervoor worden gegeven in Paragraaf 5.7.
- Wanneer desorptiemetingen worden uitgevoerd: op welke wijze wordt zuurstofgas of waterstofperoxide toegevoerd?

5.4 ALGEMENE BENODIGDHEDEN

De materialen die nodig zijn voor het uitvoeren van een OC-meting, hangen voor een deel samen met de gekozen methode. Daarnaast is er een lijst met materialen die beschikbaar moeten zijn onafhankelijk van de gekozen methode. Deze materialen worden hieronder eerst behandeld; de methodespecifieke materialen komen in Paragraaf 5.5 aan bod.

5.4.1 TESTMEDIUM

Indien bij een OC-meting in reinwater geen leidingwater maar een ander testmedium wordt gebruikt, dan dient dit testmedium aan een aantal criteria te voldoen.

- De zoutconcentratie (indamprest) na filtratie mag bij aanvang van de test niet groter zijn dan 500 mg/l (exclusief de invloed van natriumsulfiet). Inclusief sulfiet mag de zoutconcentratie niet boven de 2.000 mg/l komen (geleidbaarheid < 3.000 µS/cm). Uiteraard wordt de verzouting van het testmedium vermeden wanneer stikstofgas (absorptiemetingen) of zuivere zuurstof (desorptiemeting) wordt gebruikt.
- Organische stoffen kunnen kobalt complexeren. Gecomplexeerd kobalt is niet meer werkzaam als katalysator voor de reactie tussen sulfiet en zuurstof; het zuurstofloos maken van het testbassin duurt dan dus langer (zie Paragraaf 5.5.2). Het reinwater mag dus niet teveel organische stoffen bevatten. Het gebruik van effluent of water dat groengekleurd is door algen moet dus goed worden overwogen.
- Ook andere chemische parameters (pH, ijzer, mangaan, alkaliniteit, DOC) kunnen worden bepaald.

Volgens NEN-EN 12255-15 mag elk testwater worden gebruikt waarvan de k_La_T niet meer dan 5% afwijkt van die van leidingwater. Dit is in een laboratoriumopstelling te bepalen. NEN-EN 12255-15 stelt dat rwzi-effluent geen geschikt alternatief voor leidingwater is.

Indien bij een reinwatermeting geen leidingwater wordt gebruikt maar een ander testmedium, dan is het belangrijk om hierover op voorhand overeenstemming te bereiken met alle betrokken (en belanghebbende) partijen.

5.4.2 ZUURSTOFMETING

De OC-meting dient te worden uitgevoerd met minstens 3 zuurstofelektroden. In beluchtingruimtes van meer dan 3000 m^3 en in niet-volledig gemengde systemen, wordt aanbevolen met 6 of meer elektrodes te werken. Aan de elektrodes worden de volgende eisen gesteld.

- De tijd die de elektrode nodig heeft om 90% van haar eindwaarde te bereiken, moet in verhouding staan tot de k_La_T van het door te meten systeem. Dit betekent dat hoe sneller het systeem de verzadigingsconcentratie bereikt, des te sneller moet de elektrode veranderingen in de zuurstofconcentratie kunnen verwerken. In DWA-M 209 wordt hiervoor gehanteerd:

$$t_{90\%,\,elektrode} \leq \frac{415}{k_L a_T} \qquad (6)$$

waarin:

$t_{90\%,\,elektrode}$ Tijd die de zuurstofelektrode nodig heeft om 90% van haar eindwaarde te bereiken (s)

Voorbeeld: bij meting in een systeem met een k_La_T van 5 uur^{-1} moet de zuurstofelektrode na 83 seconden een waarde aangeven die 90% of meer van de eindwaarde bedraagt. De $t_{90\%,elektrode}$ verschilt per elektrode en kan variëren van minder dan 40 seconden tot meer dan drie minuten. De selectie van de juiste zuurstofelektrode is dus een belangrijk aandachtspunt bij het voorbereiden van de meting.

- De turbulentie die de elektrode nodig heeft om een stabiele waarde te kunnen aangeven, moet overeenkomen met de turbulentie in de beluchtingsruimte. Dit dient voorafgaand aan de meting te worden getest: indien de aangegeven waarde fluctueert wanneer de elektrode wordt bewogen, dan is er onvoldoende turbulentie in het systKalibratie kan plaatsvinden volgens voorschrift van de fabrikant. Aanbevolen wordt om te kalibreren bij (ongeveer) dezelfde temperatuur als waarbij de OC-meting wordt uitgevoerd.

Daarnaast zijn het aantal en de plaatsing van de elektrodes van belang:
- er moeten voldoende elektrodes geplaatst zijn (zie boven en hoofdstuk 6);
- de elektrodes dienen op de juiste plaats geïnstalleerd worden.

Wat betreft de plaats waar de elektrodes moeten worden geïnstalleerd, zijn geen duidelijke richtlijnen. De residuenmethode kan gebruikt worden om te bepalen of de registratie van de zuurstofconcentratie voldoende nauwkeurig is gebeurd (zie hoofdstuk 1 en 8).

5.4.3 DATAREGISTRATIE

De duur van de meting dient minstens te voldoen aan de volgende eisen:
- Tweemaal de tijd die nodig is om 90% van de verzadigingswaarde te bereiken, danwel $4{,}6 / k_La_T$ (tijd in uur en k_La_T in uur^{-1}).
- Meetwaarden moeten worden weggeschreven met een tijdsinterval van maximaal $0{,}1 / k_La_T$. Voor de berekening van de k_La_T moeten minstens 30 meetwaarden beschikbaar zijn.

5.4.4 WATERTEMPERATUURMETING

De temperatuur moet gemeten kunnen worden met een nauwkeurigheid van 0,1 °C. Indien gedurende de OC-meting de watertemperatuur met meer dan 2 °C stijgt, dan moet de meting worden herhaald.

5.4.5 VERMOGENSMETING

Indien naast de OC ook de beluchtingsefficiëntie moet worden bepaald, dan dient de vermogensopname van het beluchtingsysteem (inclusief frequentieomvormers) gedurende de OC-meting te worden vastgesteld. Volgens NEN EN 12255-15 mag de meetonzekerheid maximaal 3% bedragen. Indien het beluchtingsysteem is uitgerust met een eigen vermogensmeting, dan dient deze te worden gecontroleerd voor aanvang van de OC-meting. Indien geen vermogensmeting aanwezig is, dan dient deze voor de duur van de meting te worden geïnstalleerd. Voor het berekenen van de beluchtingefficiëntie kan gerekend worden met de gemiddelde vermogensopname gedurende de meting.

In sommige gevallen kan de vermogensmeting problemen opleveren, bijvoorbeeld als het beluchtingbassin geen ‘eigen’ blower heeft maar deze deelt met andere beluchtingsruimten. In een dergelijk geval moet maatwerk worden geleverd. Zo kan bijvoorbeeld de luchttoevoer naar het testbassin en naar de totale installatie worden gemeten, en uit de verhouding daartussen kan worden afgeleid hoe groot de vermogensopname voor het testbassin is geweest. Uiteraard kan ook worden gewerkt met een tijdelijke blower voor (het deel van) de beluchtingruimte waar de meting niet wordt uitgevoerd.

Het is van belang om op voorhand met alle betrokken (en belanghebbende) partijen tot overeenstemming te komen over hoe de vermogensopnamemeting plaats gaat vinden.

5.4.6 METING VAN DE LUCHTTOEVOER

Indien bij bellenbeluchtingssystemen de zuurstofbenutting moet worden bepaald, dan moet ook het luchtdebiet worden bepaald. Het luchtdebiet wordt uitgedrukt in Nm^3/uur. Volgens NEN EN 12255-15 mag de meetonzekerheid maximaal 5% bedragen. Indien het testbassin een eigen blower heeft, dan kan de luchttoevoer uit de blowerkarakteristiek worden afgeleid. Dit is echter redelijk complex; het meten van het luchtdebiet heeft dan ook de voorkeur. Wordt een deel van de blowerlucht naar het testbassin geleid, dan dient deze deelstroom afzonderlijk te worden gemeten.

5.5 METHODEAFHANKELIJKE MATERIALEN

5.5.1 NATRIUMSULFIET (ABSORPTIEMETING IN REINWATER)

Natriumsulfiet reageert met zuurstof onder vorming van natriumsulfaat. Hierdoor kan het water zuurstofloos worden gemaakt. Voor de OC-meting wordt gebruik gemaakt van watervrij, technisch natriumsulfiet. Per kilogram zuurstof die moet worden weggevangen moet 8 kilogram natriumsulfiet worden gebruikt. De hoeveelheid natriumsulfiet (in kg) moet niet alleen voldoende zijn om de tankinhoud zuurstofloos te maken, maar ook om de luchtinbreng aan het begin van de meting (om volledige menging te bereiken) te compenseren:

$$\text{Massa natriumsulfiet} = 8 \cdot \left(V \cdot \frac{C_i}{1000} + t_{meng} \cdot \frac{OC}{60} \right) \tag{7}$$

waarin:

C_i Zuurstofconcentratie in beluchtingstank bij aanvang van de natriumsulfietdosering (mg O_2/l)

t_{meng} Mengtijd bij het toevoegen van natriumsulfiet en kobalt (min)

Als richtlijn voor de mengtijd (in minuten) kan worden aangehouden:

$$t_{meng} = \frac{90}{\sqrt{OC_R}} \tag{8}$$

en

$$OC_R = \frac{OC}{V} \tag{9}$$

waarin:

OC_R Volume afhankelijke standaard zuurstoftoevoer in actief slib (T=20°C, p = 1.013 hPa, C = 0 mg O_2/l) (g O_2/(m^3·h))

De hoeveelheid sulfiet die nodig is om de initiële zuurstofconcentratie te binden, is kleiner dan de hoeveelheid die nodig is om de zuurstofinbreng door menging te compenseren.

Per kilogram gedoseerd natriumsulfiet neemt de zouthoeveelheid in het testbassin met circa 1,13 kilogram toe. De zoutconcentratie zal ten gevolge van de dosering enkele honderden milligrammen per liter toenemen. Vooraf dient te worden berekend hoe groot deze stijging zal zijn. Er mag maximaal 2.000 mg zout per liter aanwezig te zijn in het testbassin om een reinwatermeting te mogen uitvoeren (geleidbaarheid < 3.000 µS/cm). Hieruit kan worden afgeleid hoe vaak een meting mag worden herhaald voordat het testwater moet worden vervangen.

Aanbevolen wordt om het natriumsulfiet vooraf op te lossen in een beperkte hoeveelheid water/testmedium, en deze oplossing vervolgens toe te voegen aan het testbassin. Op deze

manier wordt de menging bevorderd en wordt voorkomen dat niet-opgelost natriumsulfiet de OC-meting verstoort. Aanbevolen wordt om voor het oplossen van 100 kg natriumsulfiet 1 m^3 water te gebruiken; hierdoor blijft de concentratie ruim onder de maximale oplosbaarheid van 195 kg/m^3 bij 10 °C. De containers/multiboxen waarin het sulfiet wordt opgelost, dienen voorzien te zijn van een menger. De mate waarin het natriumsulfiet is opgemengd in het testbassin, kan worden bepaald door op een aantal plaatsen geleidbaarheidsmetingen uit te voeren.

> Aan het werken met natriumsulfiet zijn risico's verbonden. De gebruiker dient zich hierover goed te informeren en alle benodigde veiligheidsvoorschriften in acht te nemen (veiligheidsbril, veiligheidshandschoenen, beschermende kleding).

5.5.2 KOBALTZOUT (ABSORPTIEMETING IN REINWATER)

Kobaltzout dient als katalysator bij de reactie van sulfiet met zuurstof. Het zuurstofloos maken van het reinwater wordt hierdoor versneld. Strikt genomen zou het gebruik van kobalt achterwege gelaten kunnen worden; echter, het bereiken van zuurstofloze condities duurt dan wel langer. NEN-EN 12255-15 schrijft het gebruik van kobalt (chloride) wel voor bij het uitvoeren van absorptiemetingen in reinwater.

Kobalt kan bijvoorbeeld worden toegediend als kobaltchloride ($CoCl_2 \cdot 6H_2O$) of kobaltsulfaat ($CoSO_4 \cdot 7H_2O$). De kobaltconcentratie in het reinwater mag maximaal 0,5 mg Co/l bedragen; lagere concentraties zijn toegestaan, afhankelijk van de kwaliteit van het testwater. De benodigde hoeveelheid kobalt kan als volgt worden bepaald.

1. Belucht een emmer met testwater tot verzadiging.
2. Voeg 0,05 mg Co/l toe.
3. Zet de beluchting uit en de menger aan.
4. Voeg zoveel natriumsulfiet toe dat de zuurstofconcentratie zakt tot circa 2-3 mg/l (maar niet tot 0 mg/l!).
   De zuurstofconcentratie moet zo snel zakken alsof de elektrode van met zuurstof verzadigd water naar zuurstofloos water wordt overgebracht. Daalt de concentratie langzamer, dan moet meer kobalt worden toegevoegd.

Complexering van kobalt kan de OC-meting verstoren en zal vooral optreden onder invloed van organische verbindingen (zie ook Paragraaf 5.4.1). Indien voor het uitvoeren van een reinwater- absorptiemeting geen leidingwater maar bijvoorbeeld effluent- of oppervlaktewater wordt gebruikt, dient te worden getest of de hoeveelheid kobalt-complexerende stoffen in het water niet te groot is. Hiertoe dient, een aantal uren na afloop van de hierboven beschreven test, de emmer met testmedium opnieuw te worden belucht en dient natriumsulfiet te worden toegevoegd (geen kobalt!). Daalt de zuurstofconcentratie trager dan eerder, dan is dat een teken dat het kobalt gecomplexeerd is. Het testwater is dan niet geschikt voor de OC-meting. Met het oog hierop verdient het aanbeveling om deze test uit te voeren als voorbereiding op de OC-meting zelf en niet op de dag dat de OC-meting moet plaatsvinden. Mocht het testmedium niet geschikt blijken, dan kan nog worden gezocht naar een ander testmedium.

Onder deze voorwaarden is kobaltdosering alleen aan het begin van de meting noodzakelijk, ook als meerdere reinwatermetingen achter elkaar worden uitgevoerd met hetzelfde testwater. Aanbevolen wordt om het kobaltzout op te lossen in warm water en het als oplossing toe te dienen aan de beluchtingruimte. Het kobalt moet goed verdeeld zijn in de beluchtingruimte voordat het natriumsulfiet wordt toegediend.

Kobalt, kobaltchloride en kobaltsulfaat hebben een irriterende werking, zijn mutageen en carcinogeen (bij inademing). Alle relevante veiligheidsvoorschriften (veiligheidsbril, veiligheidshandschoenen, beschermende kleding) zullen dus in acht moeten worden genomen. Daarnaast zijn deze stoffen toxisch voor aquatische organismen. De streefwaarde voor opgelost kobalt is 0,2 µg/l, en de MTR-waarde is 2,8 µg/l (RIVM, 2008). De kobaltconcentratie in het testmedium is echter maximaal 0,5 mg/l, ongeveer een factor 200 hoger dan de MTR-waarde. Dat betekent dat speciale aandacht moet worden besteed aan de wijze waarop het testmedium na afloop van de OC-metingen moet worden geloosd op het ontvangende water. Het testmedium kan door een parallele zuiveringsstraat geleid worden, zodat het kobalt zich aan het slib hecht en op die manier kan worden afgevoerd. Voor zover bekend worden door de slibverwerking geen eisen gesteld aan het kobaltgehalte van het slib. Kobaltchloride staat wel op de REACH-lijst (internetadres http://echa.europa.eu/home_nl.asp), hetgeen zou kunnen betekenen dat deze stof in de toekomst niet meer gebruikt mag worden en vervangen moet worden door een minder schadelijk alternatief. Kobaltsulfaat staat niet op deze lijst.

5.5.3 HET GEBRUIK VAN STIKSTOFGAS EN ZUIVERE ZUURSTOF

Stikstofgas kan worden gebruikt als vervanger van natriumsulfiet en kobalt bij het zuurstofloos maken van het reinwater (absorptiemeting). Hierdoor wordt het ontvangende oppervlaktewater minder belast met deze chemicaliën.

Zuivere zuurstof kan worden gebruikt bij desorptiemetingen in reinwater, om het reinwater te oververzadigen met zuurstof. Er moet contact worden gelegd met een bedrijf dat gespecialiseerd is in het werken met zuivere zuurstof. Ter indicatie wordt gesteld dat per kubieke meter inhoud van het testbassin ongeveer 0,1 – 0,2 kg zuivere zuurstof wordt verbruikt.

Stikstof en zuurstof kunnen vanuit flessen of vanuit tankwagens met verdampers en debietmeters worden toegediend. Bij bellenbeluchting kunnen de gassen mogelijk door de bestaande beluchtingleidingen worden toegediend. Indien dit niet mogelijk is, of indien er sprake is van oppervlaktebeluchting, dan dient een tijdelijke voorziening te worden getroffen.

Het gebruik van zuiver stikstof brengt het risico van werken bij lage zuurstofconcentraties met zich mee (verstikking). Het gebruik van zuivere zuurstof kan leiden tot een verhoogd zuurstofgehalte (brandgevaar). De gebruiker dient zich hierover goed te informeren en alle benodigde veiligheidsvoorschriften in acht te nemen.

5.5.4 HET METEN VAN DE ENDOGENE ADEMHALINGSSNELHEID

Indien de meting wordt uitgevoerd in slib, dan dient de endogene ademhalingssnelheid van het slib te worden bepaald. De meting mag pas worden gestart op het moment dat het slib het niveau van endogene ademhaling heeft bereikt. De ademhalingssnelheid van het slib kan worden bepaald in de full-scale-installatie, uit de snelheid waarmee de zuurstofconcentratie daalt nadat het slib eerst op maximaal vermogen belucht is en vervolgens het beluchtingssysteem is uitgeschakeld. De ademhalingssnelheid kan ook worden bepaald in het laboratorium, in een respiratiemeter (voorheen BOM, Biological Oxygen Monitor). Deze laatste dient te zijn voorzien van een datalogger of een schrijver. Het verdient de voorkeur om de endogene ademhalingssnelheid in de full-scale installatie te bepalen, omdat daar dezelfde omstandigheden heersen als tijdens de OC-meting (zie Paragraaf 5.7.2).

5.6 HET VERLOOP VAN DE METING

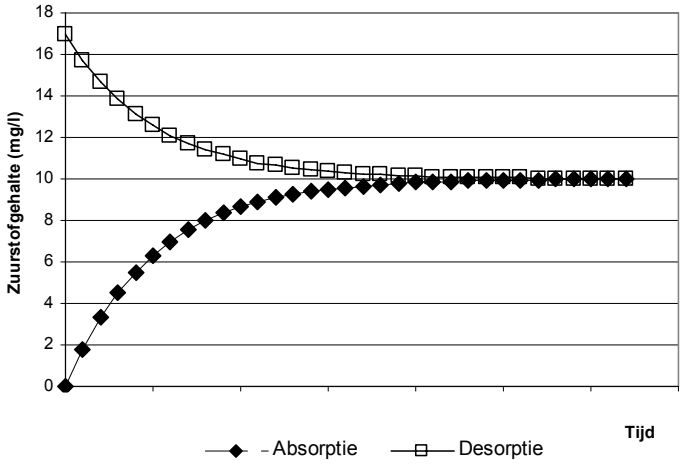
Kern van de meting is dat het testbassin vanuit een toestand van zuurstofloosheid (absorptiemeting) dan wel oververzadiging (desorptie) wordt belucht, totdat de zuurstofconcentratie constant blijft en de evenwichtsconcentratie is bereikt.

Zoals eerder gesteld, stijgt of daalt de zuurstofconcentratie tijdens de meting volgens

$$C_t = C_s - (C_s - C_0) \cdot e^{-k_L a_T \cdot t} \qquad (1)$$

Het (theoretische) verloop van de zuurstofconcentratie tijdens een absorptie- en een desorptiemeting staat weergegeven in Figuur 5-1.

FIGUUR 5-1 THEORETISCH VERLOOP VAN DE ZUURSTOFCONCENTRATIE TIJDENS EEN ABSORPTIE- EN EEN DESORPTIEMETING



In de praktijk zullen de gemeten zuurstofconcentraties nooit (zoals in Figuur 5-1) exact op een gefitte kromme liggen, maar enige mate van spreiding rond de kromme vertonen. Deze spreiding kan worden gebruikt als indicatie van de betrouwbaarheid van de meting, voornamelijk om te controleren of er sprake is van een systematische fout in de meting (zie paragraaf 8.1.6).

Verder zal in de praktijk altijd gebruik worden gemaakt van meerdere zuurstofelektrodes. De uitwerking van de meetreeksen van verschillende elektrodes wordt behandeld in Paragraaf 8.1

De meting dient te worden voortgezet totdat de (schijnbare) verzadigingswaarde is bereikt. In de praktijk zal dit betekenen dat de meting wordt stopgezet zodra de zuurstofconcentratie vrijwel niet meer verandert.

Naast het verloop van de zuurstofconcentratie dient een aantal andere zaken te worden geregistreerd:

- de watertemperatuur aan het begin en aan het eind van de meting;
- de waterstand in de tank tijdens rust en tijdens de meting;
- de geleidbaarheid aan het begin en aan het eind van de meting;
- de energieconsumptie van de beluchtinginstallatie aan het begin en eind van de meting (optioneel, indien ook de beluchtingefficiëntie SAE moet worden bepaald);
- de luchthoeveelheid op hetzelfde moment dat de energieconsumptie wordt gemeten.

5.7 SAMENVATTING: STAPPENPLAN OC-METING

Het voorgaande kan worden samengevat in het volgende stappenplan voor het uitvoeren van een OC-meting.

5.7.1 STAPPENPLAN ABSORPTIE- EN DESORPTIEMETING IN REINWATER

1. Vul het testbassin met reinwater.
2. Maak het reinwater zuurstofloos, of oververzadig het met zuurstof.
3. Schakel de beluchting aan op het niveau waarbij de OC bepaald moet worden en registreer de toe- of afname van het zuurstofgehalte.
4. Belucht totdat de zuurstofconcentratie vrijwel niet meer verandert.
5. Voor een tweede en volgende meting: herhaal stap 2 tot en met 4.

5.7.2 STAPPENPLAN ABSORPTIEMETING IN SLIB

1. Zet alle toevoer naar de beluchtingsruimte uit (influent + retourstromen, terreinriolering).
2. Belucht het systeem continu gedurende circa 2 uur, zodat het slib het niveau van endogene ademhaling kan bereiken. In deze tijd kunnen de zuurstofmeters geplaatst worden.
3. Belucht het systeem maximaal totdat de zuurstofconcentratie groter dan 7 mg/l is. In een omloopsysteem dient de zuurstofconcentratie op alle meetpunten groter dan 5 mg/l te zijn (zie hoofdstuk 6).
4. Schakel de beluchting uit en laat de zuurstofconcentratie dalen tot lager dan 1 mg/l. Registreer de daling van de concentratie; uit de helling van de afname kan de endogene ademhalingssnelheid worden berekend.
5. Schakel de beluchting aan op het niveau waarbij de OC bepaald moet worden en registreer de toename van het zuurstofgehalte.
6. Belucht totdat de zuurstofconcentratie vrijwel niet meer verandert.
7. Voor een tweede en volgende meting: herhaal stap 4 tot en met 6.

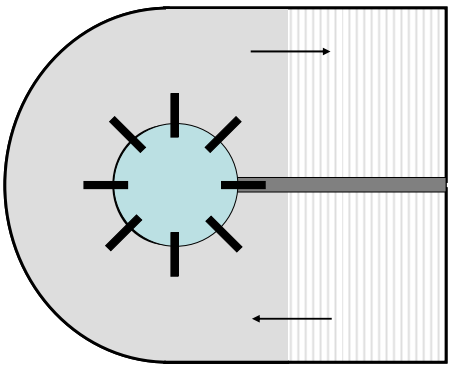
6

VOLLEDIG GEMENGD VERSUS PROPSTROOM

6.1 ACHTERGROND

In Nederland zijn veel zuiveringsinstallaties van het type carrousel in bedrijf. Op basis van de grote circulatiesnelheid kunnen carrousels hydraulisch als (vrijwel) volledig gemengde systemen worden beschouwd. Echter, om zowel nitrificatie als denitrificatie mogelijk te maken, worden carrousels veelal maar voor een deel belucht. Hierdoor is er sprake van gradiënten over de installatie (bijvoorbeeld voor zuurstof, stikstof en CZV). De puntbeluchters worden zo aangestuurd dat vanaf een bepaald punt stroomafwaarts van een puntbeluchter geen opgeloste zuurstof meer aanwezig is en anoxische condities gaan heersen. Gevolg is dat de zone rondom een puntbeluchter qua zuurstof ideaal gemengd zal zijn, terwijl stroomafwaarts van deze zone meer een propstroomprofiel zal ontstaan (Figuur 6-1). De gemeten zuurstofconcentratie in een been van een carrousel is afhankelijk van de inbreng door de stroomopwaarts aanwezige puntbeluchters; het been wordt dus eigenlijk alleen 'indirect' belucht.

FIGUUR 6-1 **SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE ZONE RONDOM EEN PUNTBELUCHTER IN EEN CARROUSEL (EGAAL = IDEALE MENGING, GEARCEERD = PROPSTROMING)**



Daarnaast zijn in Nederland nog 'traditionele' oxydatiesloten in bedrijf: omloopsystemen met borstelbeluchting. Het mengpatroon in dit type installatie wordt in de STORA-richtlijn omschreven als "ideale propstroom in een in zichzelf gesloten kanaal". Ook dit mengpatroon beïnvloedt de gemeten OC. Omdat dit type beluchting in Nederland steeds minder wordt toegepast, zal dit mengpatroon in deze handreiking verder buiten beschouwing worden gelaten.

Het meten van de OC in systemen die qua zuurstofconcentratie een gecombineerd mengpatroon hebben, zoals carrousels, krijgt in de STORA-richtlijn extra aandacht. De reden hiervoor is dat de stijging van het zuurstofgehalte in zo'n systeem een ander verloop heeft dan in een ideaal gemengd systeem. In een ideaal gemengd systeem heerst (theoretisch) op elk punt in de beluchtingsruimte hetzelfde zuurstofgehalte. In een omloopsysteem echter wordt tengevolge van de stroming in het systeem constant medium aangevoerd met een zuurstofconcentratie die afwijkt van de concentratie die op dat moment rondom de zuurstofelektrode heerst. Dit heeft gevolgen voor de snelheid waarmee de zuurstofconcentratie rondom

de elektrode stijgt, en dus voor de OC die hieruit wordt afgeleid. In de STORA-richtlijn wordt afgeleid hoe groot de invloed van stromend medium op de OC is. De conclusie van de mathematische analyse uit deze richtlijn is dat de OC die in een dergelijk systeem wordt gemeten, gecorrigeerd moet worden.

6.2 STORA-CORRECTIE BIJ DEELS IDEALE MENGING EN DEELS IDEALE PROPSTROMING

In de STORA-richtlijn wordt afgeleid dat de gemeten OC in een systeem met een combinatie van volledige menging en propstroming, zoals een carrousel, moet worden gecorrigeerd door de OC te vermenigvuldigen met de volgende correctiefactor (CF):

$$CF = \left\{1 + \left(1 - \frac{n \cdot V_{meng}}{V_{totaal}}\right) \cdot \left(1{,}15 \cdot X + 0{,}9 \cdot X^2\right)\right\} \tag{10}$$

waarin

$$X = \frac{V_{totaal} - n \cdot V_{meng}}{n \cdot Q} \cdot \frac{k_L a}{2{,}3} \tag{11}$$

en

- n = aantal volledig gemengde zones, feitelijk het aantal puntbeluchters in het systeem;
- V_{meng} = het volume van één volledig gemengde zone rondom een puntbeluchter (m^3);
- V_{totaal} = het totale volume van de omloopsysteem' (m^3);
- Q = volumestroom water die een dwarsdoorsnede van het omloopsysteem passeert (m^3/s).

Aan de toepasbaarheid van deze correctie worden de volgende voorwaarden gesteld:

- X moet kleiner zijn dan 0,2 (praktisch gezien betekent dit dat een schijf water gedurende het traject $C_t = 0{,}2 \cdot C_s$ tot $C_t = 0{,}7 \cdot C_s$, minstens drie maal het systeem heeft doorlopen);
- de gemengde zones (dus de zones rond de puntbeluchters) moeten allen vrijwel hetzelfde volume hebben;
- de puntbeluchters moeten allemaal vrijwel dezelfde capaciteit hebben.

Volgens Van Bentem (2009) kan CF variëren tussen 1 en 1,3, afhankelijk van factoren als de dimensies, de stroomsnelheid en de beluchtingcapaciteit. Door de correctie wordt de waarde van de OC dus groter.

6.3 STORA VERSUS DWA-M 209 EN DYNAMISCHE MODELLERING

Zoals gemeld gaat de STORA-richtlijn uitvoerig in op de invloed van het mengpatroon op de OC. Het is opvallend dat DWA-M 209 dit effect slechts summier behandelt.

In de DWA-richtlijn wordt erkend dat de daar opgegeven formules voor het berekenen van de OC alleen gelden voor volledig gemengde systemen. Vervolgens wordt gesteld:

- dat langwerpige bassins met over de gehele lengte gelijk verdeelde beluchtingelementen als ideaal gemengde systemen zijn te beschouwen;
- dat langwerpige bassins waarin het aantal beluchtingselementen per m^2 in de stroomrichting afneemt, niet als volledig gemengde systemen zijn te beschouwen. Gesteld wordt dat de gemeten OC aan het begin van het bassin lager zal zijn dan die in een ideaal gemengd systeem met dezelfde bezettingsgraad qua beluchtingselementen. Aan het eind van het bassin zal de gemeten OC hogdat omloopsystemen als volledig gemengde systemen te beschouwen zijn. Dit geldt niet voor omloopsystemen met 'geringe beluchting', zoals carrousels. Er wordt melding gemaakt van het feit dat de O_2-toename tijdens de OC-meting

getrapt verloopt, maar hier worden geen verdere opmerkingen bij gemaakt of correcties voor gegeven. Het effect op de gemeten OC-waarde wordt ook niet gekwantificeerd, zoals dat in de STORA-richtlijn wel gedaan wordt.

Volgens een recente publicatie toont dynamische modellering aan dat de gemeten OC inderdaad gecorrigeerd moet worden bij meting in een omloopsysteem (Van Bentem, 2009). De auteurs concluderen op basis van OC-metingen dat de STORA-correctiefactor niet altijd de juiste waarde heeft. Modellering toont aan dat de STORA-correctiefactor in de volgende gevallen afwijkt van de dynamische modellering:

- bij lage stroomsnelheden;
- in diepe beluchtingsruimtes;
- indien in een systeem puntbeluchters met verschillende capaciteiten zijn geplaatst.

In de toekomst zal bovendien de toepasbaarheid van de STORA-correctiefactor verminderen, (omdat, zo stellen de auteurs, de omvang van omloopsystemen en de beluchtingscapaciteiten toe zullen nemen). Zij bevelen aan de STORA-correctiefactor te vervangen door een dynamisch model.

6.4 CORRECTIEFACTOR: TOEPASSEN OF NIET?

De STORA-correctiefactor kan volgens Van Bentem (2009) variëren van 1 tot 1,3. Toepassing van deze factor kan dus leiden tot een maximaal 30% grotere OC ten opzichte van de gemeten OC. Dit verschil is dusdanig groot dat het toepassen van de correctiefactor goed moet worden overwogen.

Indien de gemeten OC moet worden gecorrigeerd voor niet-ideale menging, dan kan hiervoor de STORA-correctiefactor worden gebruikt –mits wordt voldaan aan de daaraan gestelde randvoorwaarden. Bij installaties die niet binnen de gestelde randvoorwaarden vallen, kan dynamische modellering een uitkomst bieden. Hier zal echter meer ervaring mee moeten worden opgedaan.

Zoals gesteld is de gecorrigeerde OC gelijk aan of groter dan de gemeten OC (omdat de correctiefactor groter dan of gelijk is aan 1). Dat betekent dat zeker in het kader van garanties en garantiemetingen goed zal moeten worden afgesproken of deze correctiefactor wel of niet zal worden toegepast. Dit verkleint de kans op discussies achteraf tussen leverancier en opdrachtgever, over het feit of de gemeten OC wel of niet voldoet aan de gestelde garanties.

Een andere methode om te corrigeren voor niet-ideale menging is het plaatsen van meer zuurstofelektrodes. Door per meettijdstip de waarden van de zuurstofelektrodes te middelen, wordt een zuurstofprofiel over de gehele installatie verkregen. Uit dit zuurstofprofiel kan vervolgens de OC worden berekend. Het is hiervoor wel noodzakelijk dat de zuurstofelektrodes op dezelfde tijdstippen een meetwaarde loggen, dus dat de elektrodes ‘gesynchroniseerd’ zijn. De verdeling van de elektrodes (zowel in de stromingsrichting als in de diepte) dient bovendien goed te worden doordacht: de elektrodes zullen op gelijke afstand van elkaar moeten worden aangebracht, zowel in de stromingsrichting als in de diepte. Dit zal niet kunnen voorkomen dat de systematische fout van de meting groter zal zijn dan bij een meting in een ideaal gemengd systeem. Om een indicatie te krijgen van de mate waarin systematische fouten van invloed zijn op de gemeten OC, kan de residuenmethode worden gebruikt. Indien uit de residuenmethode blijkt dat de systematische fout te groot is, dan dienen meer elektrodes gebruikt te worden, of de elektrodes dienen anders verdeeld te worden over de beluchtingsruimte.

7

HET METEN VAN DE ALFAFACTOR IN HET KADER VAN EEN OC-METING

7.1 RELEVANTIE VAN DE ALFAFACTOR

Het meten van de alfafactor is relevant in een aantal situaties (zie hoofdstuk 4).

- Indien een ander testmedium dan reinwater wordt gebruikt (bijvoorbeeld effluent of oppervlaktewater). In dit geval dient bepaald te worden in hoeverre de alfafactor van het testmedium afwijkt van 'echt reinwater' (bijvoorbeeld leidingwater).
- Indien de OC-meting wordt uitgevoerd in een beluchtingruimte die gevuld is met slib en de OC wordt vergeleken met de ontwerp-OC van het beluchtingsysteem. Ook in deze situatie moet de alfafactor van het testmedium worden bepaald.
- Indien de OC-meting wordt uitgevoerd in een beluchtingruimte die gevuld is met slib en het is de bedoeling dat het verloop van de OC gedurende meerdere jaren wordt gevolgd. In deze situatie moet de alfafactor van het slib worden bepaald, teneinde bij een eventuele verandering van de OC te kunnen bepalen of deze veroorzaakt wordt door het beluchtingsysteem of door eigenschappen van slib.

Het meten van de alfafactor komt dus altijd neer op het vergelijken van twee metingen: één in het testmedium en één in reinwater.

Indien de actuele OC van het beluchtingsysteem onder praktijkcondities moet worden beoordeeld, bijvoorbeeld om te bepalen of de OC voldoende is in relatie tot de werkelijke vuillast, dan is het strikt genomen niet noodzakelijk om de alfafactor te bepalen.

7.2 WIJZE VAN BEREKENEN

Het bepalen van de alfafactor kan op twee manieren gebeuren:

- door de $k_L a_T$ van het testmedium te delen door die van reinwater;
- door de OC in het testmedium te delen door die in reinwater.

In een aantal rapportages die in het kader van de enquête zijn ontvangen, is de alfafactor op een derde manier bepaald: door de OC te meten in een beluchtingsruimte met slib, en die te delen door de OC in reinwater uit eerdere metingen. Strikt genomen levert dit geen correcte waarde voor de alfafactor op, omdat geen rekening wordt gehouden met bijvoorbeeld een afname van de OC van het beluchtingsysteem in de tijd. Indien de alfafactor op deze wijze wordt bepaald, dan is het dus van belang dat de OC-meting in slib en de OC-meting in reinwater in dezelfde meetcampagne worden bepaald.

7.3 HET METEN VAN DE ALFAFACTOR

Op basis van de rapportages die zijn ontvangen, in het kader van de enquête, wordt geconcludeerd dat de meeste ervaring in Nederland is gebaseerd op het meten van de alfafactor in een laboratorium (en dus niet in de rwzi zelf). Ook wordt geconcludeerd dat er geen duidelijk omschreven methode bestaat voor het meten van de alfafactor.

In grote lijnen komen alle methodes die in de enquêtes genoemd worden, wel op hetzelfde neer:

1. maak het reinwater zuurstofloos;
2. belucht het reinwater tot een constante zuurstofconcentratie;
3. bepaal de k_La_T uit het verloop van de zuurstofconcentratie;
4. herhaal deze meting met het testmedium (het medium waarin de OC in de full scale installatie bepaald gaat worden);
5. bereken de alfafactor door de k_La_T in het testmedium te delen door die in reinwater.

Op detailniveau verschillen de beschreven methodes echter nogal van elkaar, en wel op de volgende onderdelen:

- wijze van zuurstofloos maken. Genoemd worden sulfiet + kobalt (niet bij metingen in slib), en stikstofgas;
- de opstelling waarin de meting wordt uitgevoerd. Genoemd worden:
  - vat met een waterinhoud van 12 liter, diameter 12,5 cm, hoogte 125 cm;
  - bak van 200 liter met een waterdiepte van 21 cm;
  - bak met een volume van 8 liter en 36 cm hoog;
  - opstelling van 15 liter met een verhouding hoogte : diameter van 5 : 1;
  - proefvat van 40 liter;
  - opstelling met een diameter van 240 mm;
  - opstelling van 600 liter met een diameter van 400 mm en een hoogte van 5.000 mm;
  - de wijze van beluchten. Er worden opstellingen met bellenbeluchting gebruikt (membraan, aquariumsteentje), maar ook een puntbeluchter wordt genoemd;
- het aantal metingen dat per medium moet worden uitgevoerd. Genoemde aantallen lopen uiteen van 1 tot 5;
- de duur van 1 meting varieert van 6 tot 40 minuten. In ieder geval moet worden doorbelucht totdat de zuurstofconcentratie constant is.

Ook voor andere factoren, zoals de temperatuur, worden geen standaardwaarden genoemd waarbij de alfafactor-meting moet worden uitgevoerd.

Op basis van de meetrapportages is niet te beoordelen welke methode de beste is. Ook de OC-normen noemen geen eenduidige methode voor het bepalen van de alfafactor. Zo volstaat DWA-M209 met op te merken dat de k_La_T van het testmedium en die van reinwater moeten worden gemeten in dezelfde bak, met dezelfde beluchtingsapparatuur en bij dezelfde beluchtingsintensiteit.

In het kader van deze handreiking wordt daarom volstaan met te noemen dat het noodzakelijk is om de alfafactormetingen voor één installatie onder dezelfde omstandigheden uit te voeren, met name wat betreft temperatuur, mengintensiteit en beluchtingsintensiteit. De mengintensiteit dient dusdanig groot te zijn dat de zuurstofoverdracht daar niet door wordt beperkt. De meting dient minstens in triplo te worden uitgevoerd. Een voorbeeld van een meetopstelling voor het meten van de alfafactor staat weergegeven in EPA, 1979.

Indien de situatie zich daarvoor leent, kan uiteraard ook in overleg met de leverancier van het beluchtingsysteem een alfafactor worden overeengekomen zonder deze daadwerkelijk te meten.

Indien de alfafactor gemeten dient te worden, dan zijn daarbij de volgende materialen nodig:
- testmedium (reinwater, of slib met een bekend drogestof-gehalte);
- beluchtingvat;
- beluchtingssysteem (aquariumpomp met beluchtingsteen, beluchtingsring met perslucht, kleine puntbeluchter etc.);
- luchtdebietregelaar;
- mengvoorziening;
- natriumsulfiet en kobalt (niet bij slibmetingen), of stikstofgas;
- zuurstofmeter;
- datalogger.

Indien een slibmeting wordt uitgevoerd, dan dient voor en na de meting de respiratiesnelheid van het slib te worden bepaald. Hiertoe wordt met zuurstof verzadigd slib uit het beluchtingsvat overgebracht in een afsluitbare erlenmeyer met zuurstofelektrode en datalogger. Uit de daling van de zuurstofconcentratie kan de respiratiesnelheid worden berekend. De endogene ademhaling van laagbelast slib is lager dan 5 mg O_2/g slib·uur.

Bij het bepalen van de alfafactor in het laboratorium dient men zich reliaseren dat de k_La_T-waarde die in het lab wordt gemeten, als absolute waarde niets zegt over de k_La_T in de full-scale installatie. De k_La_T is namelijk niet alleen afhankelijk van de eigenschappen van het testmedium, maar ook van het type beluchtingssysteem en de tankgeometrie. De k_La_T-waarde uit het laboratorium mag daarom alleen gebruikt worden voor het bepalen van de alfafactor, als ratio tussen de k_La_T van het slib en die in reinwater.

8

HET UITWERKEN VAN DE MEETGEGEVENS

Om het verwerken van de resultaten van een OC- of alfafactor-meting te vergemakkelijken, zijn Excel-tools opgesteld. Deze tools zijn te downloaden vanaf de STOWA-internetsite (www.stowa.nl, rapportnummer 2009-15). Onderstaande handleidingen voor de OC-tool en de alfafactor-tool staan ook op deze site.

8.1 DE REKENTOOL VOOR HET UITWERKEN VAN EEN OC-METING

8.1.1 DOEL VAN DE TOOL

De rekentool kan worden gebruikt voor het berekenen van de OC, aan de hand van in te voeren meetresultaten van een OC-meting die is uitgevoerd volgens één van deze drie meetmethodieken uit DWA-M 209:

- absorptiemeting in slib;
- absorptiemeting in reinwater;
- desorptiemeting in reinwater.

De formules en de berekeningsmethodiek die gebruikt worden in de tool, worden in deze paragraaf niet nader toegelicht. Hiervoor wordt verwezen naar DWA-M 209.

8.1.2 OPZET REKENTOOL

De rekentool is opgezet om maximaal 3 metingen (triplo) uit te werken met elk maximaal 6 zuurstofmeters. Indien meerdere metingen worden uitgevoerd of meerdere meters worden gebruikt, dienen meerdere tools te worden ingevuld.

De rekentool bestaat uit de volgende tabbladen:

- invulgegevens: invullen algemene parameters van meting en installatie;
- resultaten: de berekende, k_La_T, k_La_{20} en OC_{20} staan hierin weergegeven, per meting en per zuurstofmeter;
- meetgegevens meting 1: invullen meetgegevens van meting 1;
- meetgegevens meting 2: invullen meetgegevens van meting 2;
- meetgegevens meting 3: invullen meetgegevens van meting 3;
- k_La meting 1: invullen en berekenen k_La_T waarden van meting 1;
- k_La meting 2: invullen en berekenen k_La_T waarden van meting 2;
- k_La meting 3: invullen en berekenen k_La_T waarden van meting 3.

Verder bevat de tool enkele hulptabbladen. Deze hoeven niet te worden gewijzigd en zijn niet zichtbaar in de tool.

8.1.3 HET INVULLEN VAN DE TOOL

De grijs, groen en oranje gearceerde cellen zijn invulcellen en kunnen worden gewijzigd. De overige cellen zijn berekeningen en dienen *niet* te worden gewijzigd.

STAP 1

Eerst dienen de gekleurde cellen in het tabblad 'Invulgegevens' te worden ingevuld. De grijs gekleurde cellen zijn noodzakelijk voor de berekening van de OC en zijn dus verplicht om in te vullen. De groen gekleurde cellen zijn niet noodzakelijk voor de OC-berekening en dus ook niet verplicht om in te vullen. Deze gegevens worden gebruikt voor de aanvullende berekeningen van zuurstofinbrengrendementen.

Het gaat om de volgende informatie:

- Wanneer en waar de meting is uitgevoerd.
- Gegevens beluchtingstank:
  - type beluchtingstank;
  - type beluchting (bellen-, punt- of borstelbeluchting);
  - tankinhoud (in m^3);
  - waterhoogte (in m);
  - inblaashoogte vanaf de bodem (in cm) (alleen bij bellenbeluchting);
  - droge stof in beluchtingstank (g ds/l);
  - totaal zoutgehalte (in mg/l) (= indamprest van het filtraat, of omgerekend vanuit de geleidbaarheid).
- Gegevens type meting:
  - meting wordt uitgevoerd in: keuze slibwater of reinwater;
  - type meting: keuze: absorptie of desorptie.
- Vaststellen $C_{S,20}$. Per meting moet worden ingevuld:
  - op welke wijze de $C_{S,20}$ wordt bepaald. Er zijn twee opties:
    1. $C_{S,20}$ wordt berekend uit de gemeten waarde voor de $C_{S,p,T}$;
    2. $C_{S,20}$ wordt gelijk gesteld aan de theoretische verzadigingswaarde. Bij een waterdiepte kleiner dan 7 meter kiest de tool automatisch voor $C_{S,md,20}$ (de verzadigingswaarde op halve diepte). Bij een waterdiepte van meer dan 7 meter kiest de tool automatisch voor $C_{S,33,20}$ (de verzadigingswaarde op 1/3 van de diepte).
  - Voor aanvang van de meting moet worden afgesproken welke methode voor het bepalen van $C_{s,20}$ zal worden gebruikt. Hanteren van de $C_{S.md,20}$ dan wel $C_{S,33,20}$ geeft volgens DWA-M 209 een lichte overschatting van de OC-waarde;
  - watertemperatuur (in °C): gemiddelde temperatuur van de meting;
  - gemeten geleidbaarheid ten behoeve van het berekenen van de zoutconcentratie in het water. Indien de zoutconcentratie (indamprest van het filtraat) wordt gemeten kan deze rechtstreeks worden ingevuld in de rij van het totaal zoutgehalte;
  - totaal zoutgehalte (in mg/l);
- Gegevens bij bellenbeluchting. Deze gegevens zijn niet verplicht wanneer men alleen de OC wil weten. Wanneer men ook de $OC_{20,L,h}$ (zuurstofinbrengrendement in g O_2/(Nm^3.m)) wil berekenen zijn deze gegevens noodzakelijk voor het omrekenen van het gemeten luchtdebiet naar het luchtdebiet in Nm^3/h:
  - omgevingstemperatuur;
  - luchttemperatuur bij blowers, dit is de temperatuur van de aangezogen lucht (in °C);
  - atmosferische luchtdruk;
  - luchtvochtigheid.
- Gegevens meetsondes:
  - aantal sondes: keuze 1 tot 6, niet verplicht;
  - sondes uitgevoerd met automatische temperatuurcorrectie: keuze ja of nee;
  - temperatuur waarbij sondes zijn gekalibreerd (in °C);
  - locatie van de verschillende sondes, niet verplicht.

- Gegevens blowers (niet verplicht).
- Gegevens van de voortstuwing (niet verplicht).
- Gegevens oppervlaktebeluchters (niet verplicht).

STAP 2

In het tabblad 'Meetgegevens meting 1' kunnen van maximaal 6 sondes (zuurstofmeters) de meetwaarden voor de zuurstofconcentratie en de bijbehorende tijd worden ingevuld of ingelezen, in het grijs gearceerde gedeelte.

Indien duplo- of triplometingen zijn uitgevoerd, kunnen in respectievelijk de tabbladen 'Meetgegevens meting 2' en 'Meetgegevens meting 3' van maximaal 6 sondes (zuurstofmeters) de meetwaarden voor de zuurstofconcentratie en de bijbehorende tijd worden ingevuld of ingelezen, in het grijs gearceerde gedeelte.

Eerst moeten de grijs gearceerde cellen worden leeggemaakt. Daarna worden de meetresultaten ingevuld in hetzelfde grijs gearceerde gedeelte. Er is ruimte tot en met rij 1005. Bij het invullen is onderscheid gemaakt tussen de gegevens die in de linkertabel en in de rechtertabel moeten worden ingevuld.

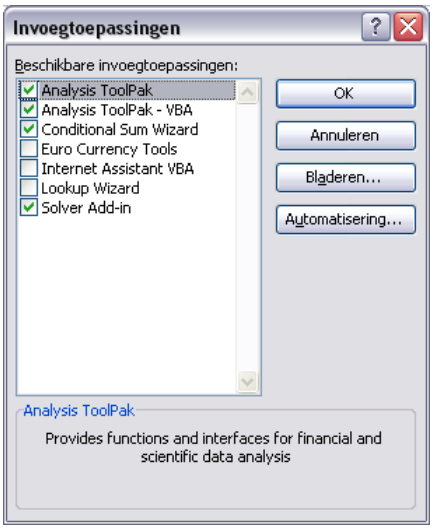
In de linkertabel dienen de waarden van de daadwerkelijke absorptie- of desorptiemeting te worden ingevuld. Dit is de toename van de O_2-concentratie bij 'beluchting aan' in het geval van absorptiemetingen en de afname van de O_2-concentratie bij 'beluchting aan' in het geval van desorptiemetingen.

De rechtertabel moet alleen worden ingevuld bij de absorptiemeting in slib. De resultaten van de afname van de O_2-concentratie bij 'beluchting uit' moeten worden ingevuld, deze waarden worden gebruikt om de verademing te berekenen van het slibwater en om $C_{S,20}$ te berekenen.

STAP 3

In het tabblad 'k_La_T meting 1' wordt de k_La_T van meting 1 berekend. Hiervoor moeten enkele handelingen met de Excel-functie 'Solver' worden verricht. Belangrijk is dat de solver geïnstalleerd moet zijn in Excel. Indien dit niet het geval is kan men via menu Extra / Invoegtoepassingen / Solver Add-in aanvinken en vervolgens op OK klikken.

FIGUUR 8-1 **INSTALLEREN VAN SOLVER IN EXCEL**



De k_La_T wordt berekend aan de hand van de volgende formule:

$$C_t = C_s - (C_s - C_0) \cdot e^{-k_La_T \cdot t} \quad (1)$$

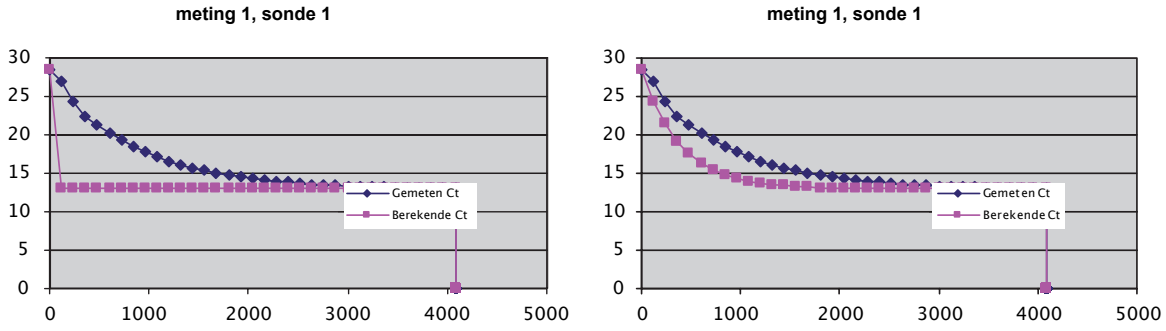
Voor het berekenen van de k_La_T met behulp van de solver moet een aantal stappen worden doorlopen.

1 In kolom C wordt aangegeven hoeveel meetpunten er per sonde zijn opgenomen in het werkblad 'meetgegevens meting 1'. Voor de eerste berekeningen wordt uitgegaan van het gehele meetbereik. Het getal uit kolom C dient derhalve, per sonde, handmatig te worden overgenomen in kolom E. Na controle met de residuenmethode (zie verderop) kan het te gebruiken meetbereik worden aangepast door het aanpassen van de getallen in de kolommen D en E.

2 Vervolgens dient een inschatting te worden gegeven van C^*, C_0 en k_La_T, daarna kan met de solver worden gerekend.

- Voor C^* en C_0 wordt door Excel een voorstel gedaan in de kolommen F en G op basis van de metingen. Deze waarden moeten handmatig worden overgenomen in de oranje gekleurde cellen.
- Voor k_La_T moet zelf een schatting gemaakt worden. Als uitgangswaarde kan hiervoor een k_La_T tussen 0,001 en 0,010 worden genomen. Deze moet handmatig worden ingevuld in de oranje gekleurde cel. In de figuren onder de tabel wordt zichtbaar of de k_La_T in de goede orde van grootte is. Wanneer de gemeten (blauwe) lijn en de berekende (roze) lijn dicht bij elkaar liggen is de schatting voldoende nauwkeurig. Indien de schatting te ver van de werkelijke waarde ligt, kan de solver de berekening niet oplossen (zie Figuur 8-2).

FIGUUR 8-2 LINKS: VOORBEELD VAN DE FIGUUR BIJ EEN TE HOOG INGEVULDE K_LA_T WAARDE, WAARBIJ SOLVER DE BEREKENING NIET KAN MAKEN. RECHTS: VOORBEELD VAN IN DE GOEDE RANGE INGEVULDE WAARDE, WAARBIJ DE SOLVER DE BEREKENING KAN MAKEN

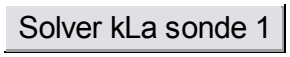


Vervolgens kan met de de macro-knop 'Solver k_La sonde 1' (zie Figuur 8-3) de k_La_T worden berekend uit de meetgegevens van sonde 1.

3 Voor de meetgegevens van alle andere sondes kan vervolgens met behulp van de macro-knoppen 'Solver k_La sonde 2', 'Solver k_La sonde 3' enz. de k_La_T worden bepaald.

4 Dit dient voor de andere metingen te worden herhaald (indien van toepassing).
Daarna is de berekening gereed.

FIGUUR 8-3 MACRO-KNOP 'SOLVER KLA1', VOOR HET BEREKENEN VAN DE KLA UIT DE MEETGEGEVENS VAN SONDE 1



8.1.4 UITKOMSTEN

Na het invullen van stap 1, 2 en 3, zijn de resultaten zichtbaar in het tabblad 'resultaten'. De berekende OC staat hierin weergegeven per sonde maar ook als een gemiddelde over maximaal 6 sondes.

8.1.5 CONTROLE VAN DE DATAREGISTRATIE

In de tool is een aantal controles voor de dataregistratie opgenomen (zie ook paragraaf 5.4.3), deze zijn opgenomen in het werkblad 'k_La_T meting 1':

- Tijdsinterval (kolom M): bij het gebruik van een datalogger (waarbij hier van uit wordt gegaan) moeten meetwaarden worden weggeschreven met een tijdsinterval van maximaal (1/60) / k_La_T, waarbij k_La_T in uur^{-1}.
- Totaal gemeten tijd (kolom N): de duur van de meting dient minstens gelijk te zijn aan tweemaal de tijd die nodig is om 90% van de verzadigingswaarde te bereiken, dan wel 4,6 / k_La_T (tijd in uur en k_La_T in uur^{-1}).
- Aantal meetwaarden (kolom O): voor de berekening van de k_La_T moeten minstens 30 meetwaarden beschikbaaVoor elk criterium wordt aangegeven of hieraan wordt voldaan ('OK') of niet ('niet OK').

Tevens is een kolom opgenomen met de standaarddeviatie van het verschil tussen de gemeten zuurstofconcentratie en de berekende zuurstofconcentratie (E.E., kolom L)

Wanneer één of meer van de bovenstaande controles een 'niet OK' oplevert, dan zal dit een nadelig effect hebben op de betrouwbaarheid van de meting. Hier dient bij de interpretatie van de resultaten rekening mee te worden gehouden. Daarnaast kan bij een volgende meting extra aandacht worden besteed aan de voorwaarden die gesteld worden aan de dataregistratie.

8.1.6 CONTROLE OP SYSTEMATISCHE FOUTEN: DE RESIDUENMETHODE

Zoals in Paragraaf 8.1 is beschreven, wordt de OC berekend uit de lijn die door de gemeten reeks zuurstofgehaltes wordt gefit. In de praktijk zullen de meetpunten niet allemaal precies op deze gefitte lijn liggen, maar een bepaalde spreiding rondom de lijn vertonen. DWA-M 209 beschrijft een methode om uit het patroon van deze spreiding af te leiden of de spreiding veroorzaakt wordt door een systematische fout of door toevallige variaties. Voorbeelden van systematische fouten zijn:

- een 'na-oxidatie' van sulfiet terwijl de meting al is gestart (alleen bij reinwater-absorptiemetingen);
- een nog niet volledige menging van het testbassin terwijl de meting al is gestart;
- een onjuiste plaatsing van de zuurstofelektrodes, of een onvoldoende aantal elektrodes.

De mate waarin systematische fouten aanwezig zijn, kan worden beoordeeld met de residuenmethode. Voor elk meettijdstip dient het verschil te worden bepaald tussen de gemeten zuurstofconcentratie en de waarde die de zuurstofconcentratie volgens de gefitte lijn zou moeten hebben. Deze zogenaamde residuen dienen vervolgens in een grafiek te worden uitgezet tegen de tijd. Deze grafieken zijn opgenomen in de tabbladen 'k_La-meting 1', k_La-meting 2' en 'k_La-meting 3' voor de maximaal drie afzonderlijke metingen en voor maximaal zes sondes per meting.

Indien de residuen min of meer willekeurig verspreid liggen rondom de x-as, dan wijst dit op een toevallige spreiding van de meetgegevens rondom de gefitte lijn. Liggen de residuen echter min of meer op een (kromme) lijn rondom de x-as, dan wijst dit op een systematische fout. Dit kan een nadelig effect hebben op de betrouwbaarheid van de meting. In dat geval kan, na het weglaten van een aantal waarden aan het begin of aan het eind van de meting, een nieuwe berekening worden gemaakt. Dit kan door in de kolommen D en E van het werkblad 'k_La_T meting 1' het te gebruiken meetbereik aan te passen.

Voor een nadere toelichting op de residuenmethode wordt verwezen naar DWA-M 209.

8.2 DE REKENTOOL VOOR HET UITWERKEN VAN EEN ALFAFACTORMETING

8.2.1 DOEL VAN DE TOOL

De rekentool kan worden gebruikt voor het berekenen van de alfafactor, aan de hand van in te voeren meetresultaten van een OC-meting die uitgevoerd is volgens de beschrijving in hoofdstuk 7. De formules en de berekeningsmethodiek die gebruikt worden in de tool, worden in deze paragraaf niet nader toegelicht.

8.2.2 OPZET REKENTOOL

De rekentool is opgezet om maximaal 3 reinwatermetingen (triplo) en maximaal 3 metingen in slibwater (ook triplo) uit te werken met elk 1 zuurstofmeter. Indien meerdere metingen worden uitgevoerd of meerdere zuurstofmeters worden gebruikt, dienen meerdere tools te worden ingevuld.

De rekentool bestaat uit de volgende tabbladen:

- invulgegevens: invullen algemene parameters van meting en installatie;
- resultaten: de berekende OC staat hierin weergegeven, ook per meting en zuurstofmeter;
- meetgegevens reinwater: invullen meetgegevens van meting 1;
- meetgegevens slibwater: invullen meetgegevens van meting 2;
- k_La_T reinwater: invullen en berekenen k_La_T waarden van meting 1;
- k_La_T slibwater: invullen en berekenen k_La_T waarden van meting 2.

Verder bevat de tool enkele hulptabbladen. Deze hoeven niet te worden gewijzigd en zijn niet zichtbaar in de tool.

8.2.3 HET INVULLEN VAN DE TOOL

De grijs, groen en oranje gearceerde cellen zijn invulcellen en kunnen worden gewijzigd. De overige cellen zijn berekeningen en dienen niet te worden gewijzigd.

STAP 1

Eerst dienen de grijs gearceerde cellen in het tabblad 'Invulgegevens' te worden ingevuld. Deze zijn noodzakelijk voor de berekening van de alfafactor. Het gaat daarbij om de gemiddelde temperatuur tijdens de meting van maximaal 3 metingen in reinwater en maximaal 3 metingen in slibwater.

Daarna dienen de groen gearceerde cellen in het tabblad 'Invulgegevens' te worden ingevuld. Deze gegevens worden niet gebruikt voor het berekenen van de alfafactor, maar hebben als doel het goed vastleggen van de meetomstandigheden. Het gaat daarbij om de volgende informatie:

- wanneer en waar de meting is uitgevoerd;
- gegevens testvat:
  - vorm testvat;
  - inhoud testvat (in liter);
  - waterhoogte (in m);
  - inblaashoogte vanaf de bodem (in cm);
  - slibgehalte in testvat indien in slib wordt gemeten (g ds/l);
  - geleidbaarheid waarmee het zoutgehalte kan worden berekend
  - of het gemeten zoutgehalte (in mg/l) (= indamprest van het filtraat)

STAP 2

In het tabblad 'Meetgegevens reinwater' kunnen van maximaal 3 metingen (enkel, duplo en triplo) met reinwater de meetwaarden voor de zuurstofconcentratie en de bijbehorende tijd worden ingevuld, in het grijs gearceerde gedeelte. In het tabblad 'Meetgegevens slibwater' kunnen van maximaal 3 metingen (enkel, duplo en triplo) met het slibwatermengsel de meetwaarden voor de zuurstofconcentratie en de bijbehorende tijd worden ingevuld in het grijs gearceerde gedeelte.

Eerst moeten de grijs gearceerde cellen worden leeggemaakt. Daarna worden de meetresultaten ingevuld in hetzelfde grijs gearceerde gedeelte. Er is ruimte tot en met rij 1005.

In het werkblad 'Meetgegevens slibwater' wordt bij het invullen onderscheid gemaakt tussen de gegevens die in de linkertabel en in de rechtertabel moeten worden ingevuld. In de linkertabel dienen de waarden van de daadwerkelijke meting te worden ingevuld. Dit is de toename van de O_2-concentratie bij 'beluchting aan'. In de rechtertabel worden de resultaten van de afname van de O_2-concentratie bij 'beluchting uit' ingevuld, deze waarden worden gebruikt om de verademing te berekenen van het slibwater en om te controleren of deze constant blijft tijdens de metingen.

STAP 3

In de tabbladen 'k_La_T reinwater' en 'k_La_T slibwater' wordt de k_La_T van respectievelijk het reinwater en de meting in slibwater berekend. Voor de stappen die hier doorlopen moeten worden, wordt verwezen naar stap 3 van paragraaf 8.1.3. Hiervoor moeten enkele handelingen met de functie 'Solver' worden verricht. Belangrijk is dat de solver geïnstalleerd moet zijn in Excel. Indien dit niet het geval is kan men via menu Extra / Invoegtoepassingen / Solver Add-in aanvinken en vervolgens op OK klikken (zie Figuur 8-1).

8.2.4 UITKOMSTEN

Na het invullen van stap 1, 2 en 3, zijn de resultaten zichtbaar in het tabblad 'resultaten'. De berekende alfafactor staat hierin weergegeven als gemiddelde over maximaal 3 metingen.

9

SYMBOLENLIJST

αOC Standaard zuurstoftoevoer in actiefslib (T=20°C, p = 1.013 hPa, C = 0 mg O_2/l) (kg O_2/h)

$\alpha k_L a_{20}$ Zuurstofoverdrachtscoëfficiënt voor actiefslib bij watertemperatuur T=20°C (h^{-1})

β Zoutfactor (-)

C_0 Concentratie opgeloste zuurstof in water op tijdstip t=0 bij adsorptie- of desorptiemetingen (mg O_2/l)

C^* Schijnbare zuurstof-verzadigingswaarde, gemeten of berekend, bij de heersende omstandigheden (mg O_2/l)

C_i Zuurstofconcentratie in beluchtingstank bij aanvang van de natriumsulfietdosering (mg O_2/l)

C_s Zuurstofverzadigingswaarde (mg O_2/l)

$C_{s,20}$ Zuurstofverzadigingswaarde bij standaardomstandigheden (T=20°C, p = 1.013 hPa) (mg O_2/l)

$C_{s,p^*,T}$ Werkelijke zuurstofverzadigingswaarde bij de meetomstandigheden (mg O_2/l)

$C_{s,md,T}$ Zuurstofverzadigingswaarde bij de halve inblaasdiepte bij T°C (mg O_2/l)

$C_{S,33,20}$ Zuurstofverzadigingswaarde op 1/3 van de inblaasdiepte bij T°C (mg O_2/l)

C_t Concentratie opgeloste zuurstof in water op tijdstip t bij adsorptie of desorptiemetingen (mg O_2/l)

$k_L a_{20}$ Zuurstofoverdrachtscoëfficiënt voor reinwater bij watertemperatuur T=20°C (h^{-1})

$k_L a_T$ Zuurstofoverdrachtcoëfficiënt voor reinwater bij T°C (h^{-1})

OC Standaard zuurstoftoevoer in reinwater (watertemperatuur T=20°C, atmosferische normaaldruk p = 1.013 hPa, zuurstofconcentratie C = 0 mg O_2/l) (kg O_2/h)

OC_R Volume afhankelijke standaard zuurstoftoevoer in actief slib (T=20°C, p = 1.013 hPa, C = 0 mg O_2/l) (g $O_2/(m^3 \cdot h)$)

P Vermogen, opgenomen door de beluchtinginstallatie (kW). Vooraf dient te worden vastgesteld of het opgenomen vermogen door eventuele voortstuwers hierbij meegenomen moet worden.

q Waterverblijftijd in de beluchtingstank: som van alle water- en slibdebieten, gedeeld door het beluchtingsvolume ($m^3/(m^3 \cdot h)$). Indien de meting wordt uitgevoerd in een systeem zonder doorstroming geldt dat q = 0.

SAE Standaard zuurstofoverdracht in reinwater (T=20°C, p = 1.013 hPa, C = 0 mg O_2/l) (kg O_2/kWh)

t Tijdstip (min)

$t_{90\%, elektrode}$
Tijd die de zuurstofelektrode nodig heeft om 90% van haar eindwaarde te bereiken (s)

t_{meng} Mengtijd bij het toevoegen van natriumsulfiet en kobalt (min)

V Watervolume in beluchtingstank (m3)

10

REFERENTIES

- ATV (1996): *Messung der Sauerstoffzufuhr von Belüftungseinrichtungen in Belebungsanlagen in Reinwasser und in belebtem Schlamm,* ATV-Merkblatt M 209, ISBN 3-927729-38-8.

- Bentem, A. van, en B. de Bruin (2009): *OC-metingen in omloopsystemen; een theoretische analyse,* Afvalwaterwetenschap' jaargang 8, nummer 2.

- DWA (2007): *Messung der Sauerstoffzufuhr von Belüftungseinrichtungen in Belebungsanlagen in Reinwasser und in belebtem Schlamm,* DWA-Merkblatt M 209, ISBN 978-3-939057-78-9.

- EPA (1979): *On site evaluation: steady state vs non-steady state testing,* uit: "Proceedings workshop towards an oxygen transfer standard", EPS 600/9-78-021, blz. 195-209.

- Infomil (2006): *Handleiding rioolwaterzuiveringsinrichtingen,* Infomil 3IM06E10, Infomil, Den Haag.

- NEN (2003): *Afvalwaterzuiveringsinstallaties –Deel 15: Meting van het zuurstoftoevoervermogen in schoon water in beluchtingstanks van actieve slibinstallaties,* NEN-EN 1255-15 (en), ICS 13.060.30, NEN, Delft.

- STORA (1980): *Zuurstoftoevoervermogen in beluchtingssystemen; 1. Bepaling in reinwater (reaeratiemethode),* Rapportnummer 80-05, STORA, Rijswijk.

BIJLAGE 1

ENQUÊTE

ENQUÊTE VOOR WATERSCHAPPEN

1 Heeft uw organisatie ervaring met het uitvoeren/begeleiden van OC-metingen?
- O Ja, ga naar vraag 3
- O Nee

2 Waarom niet?
- O Geen problemen met zuurstofinbreng op rwzi's
- O Noodzaak voor meting onduidelijk
- O Te ingewikkelde meting
- O Te duur
- O Geen tijd
- O Nooit aan gedacht
- O Anders, namelijk ... ...

Ga naar vraag 10

3 Wanneer en op welke installaties heeft u deze meting uitgevoerd, wat zijn eigenschappen van deze installaties (ook minder geslaagde metingen)?
- O Is het een standaard bepaling in uw organisatie? ... ...
- O Meting in eigen beheer uitgevoerd of door : ... ...
- O Jaar van de meting: ... ...
- O Locatie RWZI/AWZI: ... ...
- O Type installatie (volledig gemengd/propstroom/carrousel/...): ... ...
- O Type beluchting (keramisch/membraan; bellen/punt; plaat/schotel/buis): ... ...

4 Wat was het doel van de OC-meting?
- O Zuurstofinbreng meten in reinwater
- O Garantiemeting
- O Testen van de beluchtingcapaciteit na ..... jaar bedrijf
- O Test/proefopstelling
- O Anders: ... ...

5 Welke methode heeft u gebruikt voor de meting en waarom?
- O In welk medium is de meting uitgevoerd?
  - reinwater
  - effluent
  - grondwater
  - oppervlakte water
  - actiefslib
  - anders: ... ...
- O Bestaand protocol, namelijk:
  - NEN 12255-15
  - ATV M209 absorptie
  - ATV M209 desorptie
  - ATV M209 Abluftmessung
  - 'Evenwichtsmethode'
  - STORA (1980-05) oftewel reäeratiemethode
  - ASCE

- Önorm
- onbekend
- anders: … … … … …
- Afwijking op bestaand protocol (graag meesturen): … … … … …

O Zelf ontwikkeld protocol (graag meesturen): … … … … …
O Reden voor keuze voor dit protocol: … … … … …

6 Tijdsbesteding
O Hoe groot schat u dat de tijdsbesteding voor de meting is geweest? … … … … …
O Voorbereiding: … … … … …
O Aanpassingen aan systeem: … … … … …
O Daadwerkelijke uitvoering: … … … … …
O Uitwerken: … … … … …
O Evaluatie en vervolgacties: … … … … …

7 Wat waren de resultaten van de OC-meting? Graag aanleveren in de vorm van een rapportage, Excel bestand, tabellen en/of grafieken.

8 Vervolgacties
O Welke acties heeft het uitvoeren van de meting tot gevolg gehad:
- contact met leverancier over resultaat
- vervangen van beluchtingsysteem
- periodieke metingen opgezet
- anders: … … … … …

9 Evaluatie van de methode:
O Wat is uw mening over de uitvoerbaarheid van de meting: … … … … …
O Wat is uw mening over de betrouwbaarheid van de meting en hoe is de betrouwbaarheid bepaald: … … … … …
O Welke knelpunten heeft u gesignaleerd bij het uitvoeren van de meting: … … … …
O Aanbevelingen voor het uitvoeren van methode: … … … … …
O Gaat u naar aanleiding van uw ervaringen vaker meten ? … … … … …

10 Vragen over α-factor meting
O Heeft uw organisatie ervaring met het uitvoeren/begeleiden van -factor metingen?
- Ja
- Nee, ga naar vraag 11.

O Meting in eigen beheer uitgevoerd of door : … … … … …
O Met afvalwater van welke locatie heeft u gemeten: … … … … …
O Welke methode heeft u gebruikt voor deze meting: … … … … …
O Wat is uw ervaring met de uitvoerbaarheid van de meting: … … … … …
O Wat is uw ervaring met de betrouwbaarheid van de meting: … … … … …
O Wat waren de resultaten van de meting? Graag aanleveren in de vorm van een rapportage, Excel bestand, tabellen en/of grafieken.

11 Heeft u suggesties hoe STOWA de handreiking OC-meting onder de aandacht kan brengen?
O Ja, namelijk … … … … …
O Nee.

12 Heeft u suggesties voor literatuur die gebruikt kan worden bij het opstellen van de handreiking?

- O Ja, namelijk ... ...
- O Nee.

13 Hoe kunnen wij u benaderen bij eventuele verdere vragen?

Naam: ... ...
Functie: ... ...
Organisatie: ... ...
Telefoonnummer: ... ...
E-mail: ... ...

ENQUÊTE VOOR ADVIESBUREAUS / LEVERANCIERS

1 Heeft uw organisatie ervaring met het uitvoeren/begeleiden van OC-metingen?
- O Ja, ga naar vraag 3
- O Nee

2 Waarom niet?
- O Geen problemen met zuurstofinbreng op rwzi's
- O Noodzaak voor meting onduidelijk
- O Te ingewikkelde meting
- O Te duur
- O Geen tijd
- O Nooit aan gedacht
- O Anders: ... ...

Ga naar vraag 8

3 Wanneer en op welke installaties heeft u deze meting uitgevoerd, wat zijn eigenschappen van deze installaties (ook minder geslaagde metingen)?
- O Is het een standaard bepaling in uw organisatie? ... ...
- O Meting in eigen beheer uitgevoerd of door : ... ...
- O Jaar van de meting: ... ...
- O Locatie RWZI/AWZI: ... ...
- O Type installatie (volledig gemengd/propstroom/carrousel/...): ... ...
- O Type beluchting (keramisch/membraan; bellen/punt; plaat/schotel/buis): ... ...

4 Wat was het doel van de OC-meting?
- O Zuurstofinbreng meten in reinwater
- O Garantiemeting
- O Testen van de beluchtingcapaciteit na ..... jaar bedrijf
- O Test/proefopstelling
- O Anders: ... ...

5 Welke methode heeft u gebruikt voor de meting en waarom?
- O In welk medium is de meting uitgevoerd?
  - reinwater
  - effluent
  - grondwater
  - oppervlakte water
  - actiefslib
  - anders: ... ...
- O Bestaand protocol, namelijk:
  - NEN 12255-15
  - ATV M209 absorptie
  - ATV M209 desorptie
  - ATV M209 Abluftmessung
  - 'Evenwichtsmethode'
  - STORA (1980-05) oftewel reäeratiemethode
  - ASCE

- Önorm
- onbekend
- anders: … … … … …
- Afwijking op bestaand protocol (graag meesturen): … … … … …

O Zelf ontwikkeld protocol (graag meesturen): … … … … …

O Reden voor keuze voor dit protocol: … … … … …

6 Tijdsbesteding

O Hoe groot schat u dat de tijdsbesteding voor de meting is geweest? … … … … …

- Voorbereiding: … … … … …
- Aanpassingen aan systeem: … … … … …
- Daadwerkelijke uitvoering: … … … … …
- Uitwerken: … … … … …
- Evaluatie en vervolgacties: … … … … …

7 Evaluatie van de methode:

O Wat is uw mening over de uitvoerbaarheid van de meting: … … … … …

O Wat is uw mening over de betrouwbaarheid van de meting en hoe is de betrouwbaarheid bepaald: … … … … …

O Welke knelpunten heeft u gesignaleerd bij het uitvoeren van de meting: … … … …

O Aanbevelingen voor het uitvoeren van methode: … … … … …

O Gaat u naar aanleiding van uw ervaringen vaker meten ? … … … … …

8 Vragen over α-factor meting

O Heeft uw organisatie ervaring met het uitvoeren/begeleiden van -factor metingen?

- Ja
- Nee, ga naar vraag 9.

O Meting in eigen beheer uitgevoerd of door : … … … … …

O Met afvalwater van welke locatie heeft u gemeten: … … … … …

O Welke methode heeft u gebruikt voor deze meting: … … … … …

O Wat is uw ervaring met de uitvoerbaarheid van de meting: … … … … …

O Wat is uw ervaring met de betrouwbaarheid van de meting: … … … … …

9 Heeft u suggesties hoe STOWA de handreiking OC-meting onder de aandacht kan brengen?

O Ja, namelijk … … … … …

O Nee.

10 Heeft u suggesties voor literatuur die gebruikt kan worden bij het opstellen van de handreiking?

O Ja, namelijk … … … … …

O Nee.

11 Hoe kunnen wij u benaderen bij eventuele verdere vragen?

Naam: … … … … …
Functie: … … … … …
Organisatie: … … … … …
Telefoonnummer: … … … … …
E-mail: … … … … …

BIJLAGE 2

UITWERKING ANTWOORDEN ENQUÊTE

RESPONS EN MATE VAN ERVARING MET OC-METINGEN

De enquête is verstuurd aan 44 contactpersonen van waterschappen, adviesbureaus en leveranciers. De respons op de enquête is als volgt:

- waterschappen: 23 van de 27 enquêtes teruggestuurd (85% respons);
- adviesbureaus: 6 van de 7 enquêtes teruggestuurd (86% respons);
- leveranciers: 4 van de 11 enquêtes teruggestuurd (36% respons).

De hoge respons geeft aan dat het onderwerp van de enquête 'leeft' binnen de waterschappen.

Wat verder opvalt is dat een betrekkelijk groot deel van de waterschappen aangeeft ervaring te hebben met OC-metingen: 13 van de 23 respondenten geeft aan ervaring te hebben (57%). De zes adviesbureaus die de enquête hebben teruggestuurd, hebben allen ervaring met de meting; terwijl twee van de drie leveranciers aangeven ervaring te hebben.

De respons en de mate van ervaring staan uitgewerkt in onderstaande tabel.

RESPONS OP DE ENQUÊTE EN MATE VAN ERVARING MET OC-METIN

	waterschappen	adviesbureaus	leveranciers
Aangeschreven	27	7	11
Respons	23 (85%)	6 (86%)	4 (36%)
Waarvan ervaring	13 (57%)	6 (100%)	3 (75%)
Waarvan geen ervaring	10 (43%)	0 (0%)	1 (25%)

Van de 13 waterschappen die aangeven ervaring te hebben met OC-metingen, geven er overigens 12 aan dat deze meting geen standaardbepaling binnen het betreffende waterschap is. Dit suggereert dat de ervaring binnen de schappen gebaseerd is op hooguit enkele metingen en dus niet moet worden overschat.

Geen ervaring

Indien een geënquêteerde aangaf geen ervaring te hebben met OC-metingen, dan wordt gevraagd of er een specifieke reden te noemen is waarom deze ervaring ontbreekt. De antwoorden op deze vraag staan uitgewerkt in onderstaande tabel. Per enquête konden meerdere redenen gegeven worden voor het ontbreken van ervaring.

Uit de tabel volgt dat er geen eenduidige reden is waarom ervaring ontbreekt. Een aantal van de genoemde oorzaken heeft overigens te maken met een gebrek aan inhoudelijke kennis over de meting; dit impliceert dat deze oorzaken mogelijk door een goede handreiking kunnen worden weggenomen.

REDEN VOOR ONTBREKEN VAN ERVARING MET OC-METINGEN

	waterschappen	adviesbureaus	leveranciers
Aantal respondenten zonder ervaring	10		1
Reden			
Geen problemen met O2 inbreng op rwzi's	4		
Te ingewikkelde meting	3		
Te duur	2		
Geen tijd	1		
Nooit aan gedacht	1		
Anders, te weten:			
• Voorkeur voor andere methode voor monitoring van het beluchtingsysteem	1		
• Kennis binnen organisatie niet meer actueel	1		
• Twijfel over betrouwbaarheid	2		
• Behoort niet tot de leveringen			1

DOEL VAN DE OC-METING

Op de vraag wat het doel van de OC-meting is, konden meerdere antwoorden worden gegeven. De standaardopties zijn weergegeven in onderstaande tabel. Een relatief groot deel van de adviesbureaus geeft een reden op die afwijkt van deze standaardopties, onder het kopje "anders...". Deze redenen zijn weergegeven in de tweede onderstaande tabel.

DOEL VAN DE OC-METING

	waterschappen	adviesbureaus	leveranciers
Zuurstofinbreng meten in reinwater	2	1	1
Garantiemeting	20	23	2
Testen van de beluchtingcapaciteit na aantal jaren in bedrijf	4	3	
Test/proefopstelling	0	4	1
Anders, namelijk...	4	2	2

'ANDERE DOELEN' VAN DE OC-METING

	waterschappen	adviesbureaus	leveranciers
Gevoel krijgen van wat beluchters daadwerkelijk in kunnen brengen	2		
Juistheid van de uitgangspunten in het ontwerp controleren in combinatie met het meten van de O_2 inbreng in reinwater	2		
Testen verschil met en zonder envirocap		1	
Prestatieniveau van eigen producten in kaart brengen			1
Optimalisatie van eigen producten			1
Geen opgave		1	

Wat opvalt in bovenstaande tabellen is dat zowel bij waterschappen als bij adviesbureaus de OC-meting vooral wordt uitgevoerd als garantiemeting. Dit heeft gevolgen voor de manier waarop de meting kan/moet worden uitgevoerd (zie hoofdstuk 4).

GEHANTEERDE METHODE

De respondenten is gevraagd aan te geven welke methode zij hebben gehanteerd voor de OC-meting. Indien meerdere methoden zijn gehanteerd, dan is gevraagd dat aan te geven. Op deze vraag zijn dus meerdere antwoorden mogelijk. De antwoorden zijn uitgewerkt in onderstaande tabel.

GEHANTEERDE METHODE VOOR HET BEPALEN VAN DE OC

	waterschappen	adviesbureaus	leveranciers
NEN 12255-15	2	4	2
ATV M209 absorptie	11	12	3
ATV M209 desorptie		1	2
ATV M209 Abluftmessung			2
'Evenwichtsmethode'	2	3	1
STORA reaeratiemethode	12	13	2
ASCE		2	2
Ö-norm		1	2
Onbekend	5	1	1
Geen opgave		1	
Anders, namelijk…			
AFNOR		1	

Door zowel binnen de waterschappen als de adviesbureaus worden de STORA-methode en de ATV-M209 absorptiemethode het meest gebruikt. Ook de andere methoden zijn gebruikt, zij het veel minder.

Het is mogelijk om OC-metingen in verschillende media uit te voeren. In onderstaande tabel zijn de mogelijkheden en de verdeling per groep weergegeven.

MEDIUM WAARIN DE METING IS UITGEVOERD

	waterschappen	adviesbureaus	leveranciers
Reinwater	8	9	3
Effluent	6	3	2
Grondwater		1	2
Oppervlaktewater	6	1	2
Actiefslib	11	13	3

Feitelijk zijn de media onder te verdelen in twee categorieën:
- actiefslib;
- reinwater, of water met vergelijkbare kwaliteit.

De scores voor actiefslib en reinwater (of vergelijkbaar) zijn vrijwel gelijk.

Vanuit praktisch oogpunt kan worden gekozen voor het uitvoeren van een rein in water dat strikt genomen geen reinwater is: effluent, grondwater of oppervlaktewater. Hierbij kunnen bijvoorbeeld kosten of beschikbaarheid een rol spelen. Het is wel zaak om vooraf te bepalen of het gebruikte water als reinwater mag worden beschouwd (o.a. alfafactor, algen, zouten), zeker indien de meting wordt uitgevoerd als onderdeel van garantiemeting.

UITVOERDER VAN DE METING

Op de vraag door wie de metingen zijn uitgevoerd, zijn in feite twee antwoorden mogelijk: in eigen beheer of in samenwerking met/uitbesteed aan derden. Deze 'derde' kan bijvoorbeeld een adviesbureau zijn, maar ook een gespecialiseerd bureau, TNO of een universiteit. Onderstaande tabel geeft de scores van beide antwoorden aan.

UITVOERENDE VAN DE METING

	waterschappen	adviesbureaus	leveranciers
In eigen beheer uitgevoerd	5	4	
Uitbesteed aan / in samenwerking met derden	15	2	1

Veruit de meeste waterschappen hebben de metingen door derden uit laten voeren, of in ieder in samenwerking met derden.

TIJDSBESTEDING

De tijd die een meting in beslag neemt, kan een drempel zijn voor het uitvoeren ervan. In de enquête is daarom de vraag gesteld hoeveel tijd de OC-meting naar schatting in beslag neemt. Naast de vraag hoeveel tijd de totale meting ongeveer in beslag nam, is ook gevraagd naar het tijdsbeslag van de verschillende fasen in de meting: voorbereiding, aanpassingen aan de installatie, uitvoering, uitwerking en evaluatie en vervolgacties (zie onderstaande tabel). Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen metingen in actiefslib of in reinwater.

TIJDSBESTEDING

Onderdeel	Genoemde tijdsbesteding
Voorbereiden	1 uur – 4 dagen
Aanpassen installatie	0,5 – 1 dag
Uitvoeren	1 uur – 2 dagen
Uitwerken	0,5 – 2 dagen
Evaluatie en vervolgacties	0,5 – 1 dag
Totaal	1 – 15 dagen

- Opmerkingen bij totale tijdsbesteding
- 5-15 dagen, hangt erg af van het aantal metingen dat is voorgeschreven (garantiemeting) en ondersteuning door opdrachtgever
- variërend van 1 dag voorbereiden en meten plus een dag uitwerken op labschaal tot circa tien dagen voor test of full scale
- onbekend (2x)
- weet niet meer precies, het was wel tijdrovend en nauwkeurig werken
- per rwzi gemiddeld een week, dan wel meerdere personen voor het totale project
- met alle disciplines samen (intern/extern) cumulatief circa 100 uur

Doordat de vraag niet voldoende is uitgesplitst kan geen duidelijk beeld verkregen worden van de totale tijdsbesteding. Bovendien is de tijdsbesteding van veel zaken afhankelijk: mate van ervaring, installatiespecifieke moeilijkheden, aantal metingen dat wordt uitgevoerd, rein- of slibmeting, enzovoorts. Als inschatting voor de tijdsbesteding voor één meting kan de volgende onderverdeling als indicatie worden genomen:

- voorbereiden: 2 dagen;
- aanpassen installatie: 1 dag;
- uitvoeren: 1 dag;
- uitwerken: 1 dag;
- evaluatie: 1 dag.

Een meting komt indicatief derhalve neer op een totale tijdsbesteding van 6 dagen.

AANGELEVERDE RESULTATEN VAN OC-METING

Aan de waterschappen is gevraagd om de resultaten van de metingen toe te sturen.
De volgende 'dingen' zijn ontvangen:

- meetrapporten over OC-metingen (25 exemplaren, in 11 hiervan zijn ook α-factormetingen opgenomen);
- rekensheets (4 exemplaren, waarvan 1 exemplaar slechts ruwe data bevat).

Vervolgacties naar aanleiding van de uitkomsten

Het meten van de OC is in veel gevallen niet een doel op zich. Vandaar dat de vraag gesteld is of, en zo ja, welke, acties zijn ondernomen naar aanleiding van de uitkomsten van de OC-meting (zie onderstaande tabel). Deze vraag is alleen gesteld aan waterschappen, en niet aan de bureaus en leveranciers.

Een groot deel van de respondenten geeft aan dat de resultaten aanleiding zijn geweest tot het nemen van concrete, soms ingrijpende acties. Dit geeft aan dat deze respondenten veel belang hechten aan de meting.

VERVOLGACTIES NAAR AANLEIDING VAN DE UITKOMSTEN

Vervolgacties	Aantal
Contact gehad met leverancier over resultaat	9x
Vervangen van beluchtingsysteem	3x
Periodieke meting opgezet	2x
Anders, namelijk: ervaringen vastleggen en toepassen bij nieuwe rwzi's danwel aanpassingen van bestaande systemen puntbeluchters kunnen nog even mee interne discussie over nut/noodzaak metingen acceptatie van de installatie aanpassen bouwkundige constructie rond de beluchters	4x
Geen	3x

UITVOERBAARHEID VAN DE METHODE

De uitvoerbaarheid van de OC-meting, of het beeld dat daarover bestaat, kan een rol spelen bij de beslissing om (zelf) wel of geen OC-meting uit te voeren. Met het oog daarop is de respondenten die aangaven ervaring te hebben met OC-metingen, gevraagd aan te geven hoe zij de uitvoerbaarheid achteraf beoordelen.

De antwoorden zijn uitgesplitst naar methode/norm. Alleen de antwoorden van respondenten die aangaven één specifieke norm gebruikt hebben, zijn opgenomen; indien meerdere normen gebruikt zijn, is niet altijd duidelijk op welke norm de opmerkingen betrekking hebben.

De meting wordt op zich als uitvoerbaar beoordeeld, maar er worden wel enige specifieke kanttekeningen bij geplaatst.

OPMERKINGEN MET BETREKKING TOT DE UITVOERBAARHEID

Methode	Opmerkingen over de uitvoerbaarheid
Evenwichtsmethode	• "ATV" betrouwbaarder dan de evenwichtsmethode in de situaties zoals wij die gemeten hebben (evenwichtsmethode wordt toegepast in situaties waarbij de ATV niet toereikend is, zoals bij lage zuurstofevenwichtsconcentraties)
STORA	• STORA-richtlijn is goed uitvoerbaar, mits de OC voldoende hoog is. Dit laatste geldt met name voor metingen in slib. Probleem is alleen dat de tijd tussen de bouw en opstart veelal beperkt is om meting in reinwater uit te voeren. Metingen in reinwater zijn in de praktijk alleen dan mogelijk • Goed uitvoerbaar, omdat redelijk eenvoudig een compartiment afgesloten kon worden • Te doen, maar gezien de grootte van de rwzi wel een complexe operatie (tijdrovend e.d.) • In propstroom niet goed te meten, in carrouselsysteem slecht uitvoerbaar (stroomsnelheid, waar zuurstof te meten), in grote bassins zeer veel (rein) water en sulfiet nodig
ATV-M209 Absorptie	• Redelijk praktisch • Goed uitvoerbaar • Intensief en lang • Goed (zelf) te uitvoerbaar • goed/eenvoudig uitvoerbaar

BETROUWBAARHEID VAN DE METHODE

Alleen de antwoorden van respondenten die aangaven één specifieke norm gebruikt hebben, zijn opgenomen; indien meerdere normen gebruikt zijn, is niet altijd duidelijk op welke norm de opmerkingen betrekking hebben.

BETROUWBAARHEID VAN DE METING

Methode	Opmerkingen over de betrouwbaarheid
STORA	• metingen in reinwater zijn nauwkeuriger dan metingen in actiefslib • betrouwbaar • meerdere O_2-meters laten loggen waarvan de data later afzonderlijk worden uitgewerkt zodat ook de menging over de bak goed gecheckt kan worden. Daarnaast natuurlijk precies/punctueel werken met geijkte O_2-meters • veel onzekerheden, o.a. luchtdebietmeting (op basis van opgenomen vermogen, wat is rendement van motor etc.) Onbetrouwbaarheid bepalen alfafactor (gebleken is dat bij elke keer als sulfiet wordt toegevoegd, de alfafactor wijzigt). Hierdoor is het verkrijgen van een betrouwbaar getal welke kan worden gebruikt als garantiewaarde niet mogelijk.
ATV-M209 Absorptie	• Volgens ATV: betrouwbaarheid ong. ±15%. gemeten door meerdere zuurstofmeters ±10% • ik schat de betrouwbaarheid hoog in. Het protocol is namelijk strikt gevolgd en er is gewerkt met goed werkende en gekalibreerde apparatuur • herhaalbaarheid is goed • redelijk betrouwbaar, duplo meting geeft eenzelfde resultaat, nog geen idee over effect temperatuur op uitkomst meting (zomer of winter)

KNELPUNTEN DIE GESIGNALEERD ZIJN TIJDENS DE METING

Alleen de antwoorden van respondenten die aangaven één specifieke norm gebruikt hebben, zijn opgenomen; indien meerdere normen gebruikt zijn, is niet altijd duidelijk op welke norm de opmerkingen betrekking hebben.

GENOEMDE KNELPUNTEN PER METHODE

Methode	Genoemde knelpunten
STORA	• OC-metingen in reinwater zijn planningstechnisch vaak moeilijk, metingen in slib zijn onnauwkeuriger • Zuurstofloos maken van de bak met sulfiet is lastig wanneer er op dat moment niet belucht mag worden (er is dan immers ook weinig menging). Tevens is het afschermen van een deel van de bak (ten behoeve van het creëren van een meetsectie) erg lastig. Hoe doe je dat met bakken van 6 meter diep en circa 5 meter breed? • Bepalen exacte luchthoeveelheid, sulfiet wel/niet volledig opgelost, juiste locatie waar zuurstof te meten
ATV-M209 Absorptie	• Regen kan de meting verstoren • Betrouwbaarheid zuurstofmeters en meetlocatie zuurstofmeters bij niet volledig belucht omloopsysteem (bijvoorbeeld carrousel)

Wat opvalt is dat alleen de knelpunten die bij de STORA-methode genoemd zijn, echt methodespecifiek zijn. De knelpunten die bij de andere methoden genoemd zijn, spelen in feite altijd een rol, onafhankelijk van welke methode wordt gevolgd. Voor zover mogelijk komen de genoemde knelpunten terug in de handreiking.

Enkele knelpunten die genoemd zijn door respondenten die meerdere normen gebruikt hebben, maar die het vermelden wel waard zijn:

- niet alle toevoerstromen bekend en daardoor niet allemaal uitgezet of uit te zetten;
- het tijdig uit bedrijf zetten van een rwzi, met name waterberging;
- aantal meetpunten, tijdrovende meetprocedure, moeilijk overdraagbaar aan operator;
- ontbreken van flowmeters en/of drukopnemers voor het beluchtingveld (met voldoende betrouwbaarheid), compressoren die minder lucht geven dan uit de afgegeven curves zou moeten volgen;
- goede zuurstofmeters

Aanbevelingen voor het uitvoeren van de methode

Alleen de antwoorden van respondenten die aangaven één specifieke norm gebruikt hebben, zijn opgenomen; indien meerdere normen gebruikt zijn, is niet altijd duidelijk op welke norm de opmerkingen betrekking hebben.

GENOEMDE AANBEVELINGEN PER METHODE

Methode	Genoemde aanbevelingen
NEN-EN 12255-15	• Uit laten voeren door een onafhankelijk bureau of instantie, en meting uit laten voeren in alleen reinwater. Dit voorkomt bijvoorbeeld discussies over de alfafactor
STORA	• Probeer met meerdere disciplines de problemen die je tegenkomt te tackelen. Daarnaast is een goede voorbereiding vereist • Alfafactor elke keer meten na toevoegen van nieuw sulfiet. Vooraf met aannemer wijze van meten luchtdebiet vaststellen. Goede definitie voor garantie: kWh/kg O2 of g O2/$Nm^3 \cdot m^{-1}$ (totaal beluchtingsysteem meten of alleen beluchtingelement)
ATV-M209 Absorptie	• Voer altijd een duplo meting uit

Genoemde aanbevelingen zijn in feite niet methodespecifiek, maar zijn van toepassing onafhankelijk welke methode wordt gehanteerd. Voor zover mogelijk komen de genoemde aanbevelingen terug in de handreiking.

Enkele aanbevelingen die genoemd zijn door respondenten die meerdere normen gebruikt hebben, maar die het vermelden wel waard zijn:

- goed informeren over stromen naar AT. Let op O2-meter: betrouwbaar en snel genoeg;
- uit laten voeren door onafhankelijk bureau, dit voorkomt discussie over alfafactor;
- bij nieuwbouw in zo vroeg mogelijk stadium, voorkeur voor rein (slibvrij) water;
- stel ter plekke de alfafactor vast, naderhand te veel afwijkingen;
- Statisch testen (ASCE) in reinwater met volledige omsluiting van het beluchtingveld;
- ervaring is een must.

INTENTIE OM VAKER TE METEN

De respondenten konden bij deze vraag aangeven of zij, op basis van de ervaringen met OC-metingen, de intentie hadden om deze meting vaker uit te voeren. De antwoorden op deze vraag staan weergegeven in onderstaande tabel.

§INTENTIE OM VAKER EEN OC-METING UIT TE VOEREN

Groep respondenten	Antwoorden
Waterschappen	• nee (3x) • nee, alleen indien er specifieke aanleiding is • nee, niet direct, enkel wanneer er de noodzaak/vraag naar is • nee, eerder richting op van praktijkdata analyseren (kWh-verbruik, influentsamenstelling, spuislibsamenstelling) en vergelijken met alternatief beluchtingsysteem • ja (2x) • ja, als garantiemeting • als er een betrouwbaardere methode zou zijn, waarschijnlijk wel • vermoedelijk af en toe ter controle van de garanties van de leverancier • wellicht
Adviesbureaus	• Afhankelijk van opdrachtgevers (waterschappen) • Nee • Ja, vuilwatermethode wel handig voor vergelijk • Als de vraag komt dan kunnen wij dat; het heeft bij ons geen prioriteit • Wij zijn van mening dat voor elke nieuwe installatie een garantiemeting zou moeten worden uitgevoerd. Daarnaast is het raadzaam om periodiek de OC te blijven meten om een idee te krijgen over het verloop in de tijd. Dit geldt vooral voor systemen met bellenbeluchting.
Leveranciers	• Nee, liever minder. Referenties en testen in het verleden tonen aan dat afgegeven efficiënties vaker gehaald worden. OC-metingen kosten veel tijd en geld en leveren vooraf en achteraf veel discussies over de interpretatie van de data. Indien een klant OC-metingen wil, werken wij hier graag aan mee • meting behoort tot de dagelijkse werkzaamheden

VRAGEN OVER DE ALFAFACTOR-METING

Het meten van de alfafactor kan noodzakelijk zijn bij het bepalen van de OC (zie hoofdstuk 4). Naast vragen over de OC-meting zijn in de enquête daarom ook vragen opgenomen over het meten van de alfafactor. De antwoorden op deze vragen zijn uitgewerkt in onderstaande tabellen.

HEEFT U WEL EENS EEN ALFAFACTOR-METING UITGEVOERD?

	waterschappen	adviesbureaus	leveranciers
Ja	10	6	3
Nee	13		1

DOOR WIE HEEFT U DE METINGEN UIT LATEN VOEREN? IN EIGEN BEHEER OF (OOK) DOOR DERDEN?

	waterschappen	adviesbureaus	leveranciers
in eigen beheer uitgevoerd	2	4	3
uitbesteed aan / in samenwerking met derden	9	3	

WELKE METHODE HEEFT U GEBRUIKT, EN HOE BEOORDEELT U DE UITVOERBAARHEID EN DE BETROUWBAARHEID VAN DEZE METHODE?

	waterschappen		adviesbureaus		leveranciers	
	uitvoerbaarheid	**betrouwbaarheid**	**uitvoerbaarheid**	**betrouwbaarheid**	**uitvoerbaarheid**	**betrouwbaarheid**
Gaskapmethode	Goed	redelijk				
re-aeratie	goed te doen	vind ik lastig in te schatten				
	prima te doen, standaard protocol zodat stagiaires het kunnen doen	mits secuur gewerkt is deze prima				
	goed te doen	goed, wel duplo/triplo				
DWA-M 209	??	haalbaarheid goed, reproduceerbaarheid?				
Geen opgave	redelijk goed					
	onrealistische waarden. Naar mijn mening zijn de metingen niet bruikbaar	hangt samen met uitvoerbaarheid. Omdat ze moeilijk uitvoerbaar zijn is de betrouwbaarheid ook laag.				
absorptie			goed uitvoerbaar	zeer betrouwbaar		
Stowa methode			discussie over in welk water meting uitgevoerd moet worden			
Eigen methode					goed uitvoerbaar	groot aantal bepalingen zijn noodzakelijk

Over het algemeen wordt de alfafactor-meting als goed uitvoerbaar en betrouwbaar beoordeeld. De respondent die het meest twijfelde aan de uitvoerbaarheid en betrouwbaarheid, gaf niet aan welk protocol is gevolgd. Deze reactie is dus lastig te ‘plaatsen’.

De waterschappen zijn gevraagd om, indien beschikbaar, meetrapporten en rekensheets aangaande de alfafactor-meting beschikbaar te stellen. Als reactie hierop zijn 6 meetrapporten en 4 rekensheets ontvangen.