

De zuurstofvraag van huishoudelijk afvalwater opnieuw bepaald

Paul Telkamp, Joost van den Bulk (Tauw), Rien de Ridder (waterschap Zuiderzeeland), Cora Uijterlinde (STOWA), Peter Regoort (ministerie Infrastructuur en Waterstaat)

In 2017 heeft een grootscheeps meetonderzoek plaats gevonden naar de vuillast van huishoudelijk afvalwater. Dit als vervolg op het eerdere meetonderzoek in 1985 naar de zuurstofvraag van huishoudelijk afvalwater. Gedurende het meetonderzoek is gedurende vier weken volcontinu het afvalwater van vijf meetlocaties bemonsterd. De belangrijkste uitkomst is dat op basis van dit meetonderzoek met bijbehorende onzekerheid het onvoldoende aannemelijk is om te twifelen aan de momenteel gehanteerde zuurstofvraag van 150 gram per persoon per dag.

Huishoudens en bedrijven betalen via de zuiveringsheffing voor lozing van afvalwater via de gemeentelijke riolering op een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) van het waterschap. Huishoudelijk afvalwater is afvalwater afkomstig van een woning. De kwaliteit en kwantiteit ervan zijn het gevolg van het gedrag van de gemiddelde inwoner. Voor de zuiveringsheffing wordt de hoeveelheid zuurstof die nodig is om via oxidatie de organische stoffen af te breken als basis gebruikt (uitgedrukt in chemisch zuurstofverbruik, CZV en Kjeldahl-stikstof, N-Kjeldahl). Momenteel is het uitgangspunt dat per etmaal gemiddeld 150 gram zuurstof nodig is om de door één persoon vanuit een huis geloosde hoeveelheid afvalwater te zuiveren. Per jaar is dat 54,8 kg zuurstof. Dit staat gelijk aan één vervuilingseenheid (VE). De zuurstofvraag van het huishoudelijk afvalwater is voor het laatst gemeten in 1985. In 1985 en 1998 is de zuurstofvraag ook bepaald op grond van theoretische beschouwingen. [1], [2]

Verandering samenstelling

Ons gedrag en onze leefgewoonten zijn constant aan verandering onderhevig. Denk onder andere aan het gebruik van de afwasmachine in de keuken en aan ons eetgedrag, met meer en meer fastfood en kant-en-klaarmaaltijden en meer buitenlandse gerechten. Ook is de samenstelling van toilet papier veranderd. Het regelmatig monitoren van de zuurstofvraag is dan ook eigenlijk gewenst.

In aanvulling op bovenstaande heeft er een onderzoek plaatsgevonden naar een aanpassing van het belastingstelsel (door de Commissie Aanpassing Belastingstelsel, CAB) met consequenties voor de zuiveringsheffing. De Unie van Waterschappen (UvW) heeft op basis van het CAB-adviesconceptvoorstellen geformuleerd. De basis van deze voorstellen wordt gevormd door twee beginselen: (1) de kostenveroorzaker betaalt en (2) de vervuiler betaalt. De kosten hangen direct samen met de samenstelling van het afvalwater.

Daarbij komt de wens om de milieubelastende CZV- en N-Kjeldahl-analyse te vervangen door de minder milieubelastende TOC (Total Organic Carbon)- en N-Totaal-analyse. Daarnaast wordt fosfaat(P-totaal) naar verwachting als nieuwe component betrokken in de zuiveringsheffing. Deze parameters zijn dan ook aanvullend in het onderzoek meegenomen.

Ten slotte is de samenstelling van het afvalwater van huishoudens belangrijk voor het fenomeen discrepantie. Discrepantie is de term die wordt gebruikt voor het verschil tussen de vervuilingseenheden die op een rioolwaterzuiveringsinstallatie worden gemeten en de vervuilingseenheden die in rekening worden gebracht bij de belastingbetalers. De

vervuilingseenheden worden bepaald/berekend, uitgaande van de gemiddelde vuillast afkomstig van een persoon per huishouden (1 VE). Als deze vuilvracht verandert heeft dat indirect effect op de grootte van de discrepantie.

Om bovenstaande redenen is de vanuit huis geloosde zuurstofvraag van afvalwater anno 2018 bepaald aan de hand van een meetonderzoek. Parallel aan dit meetonderzoek is ook weer een theoretisch onderzoek uitgevoerd naar de zuurstofvraag van huishoudelijk afvalwater. De resultaten van het theoretische onderzoek zijn in een separaat artikel opgenomen [3].

Doel van het meetonderzoek

Het doel van het meetonderzoek is vast te stellen wat de dagelijks vanuit huis geloosde vracht afvalwater per persoon is. Om zowel een vergelijking te kunnen maken met de eerder uitgevoerde onderzoeken als om een goede inschatting te kunnen geven van de zuurstofvraag en de andere vraagstukken zoals hiervoor zijn aangegeven, zijn de volgende componenten gemeten:

- Organische stof: chemisch zuurstofverbruik (CZV);
- Gereduceerde Stikstof: N-Kjeldahl (N-Kj);
- Totaal zuurstofverbruik (TZV);
- Organische stof: total organic carbon (TOC) en biologisch zuurstofverbruik (BZV);
- Stikstof: N-totaal;
- Fosfaat: P-totaal

Aanpak

De opzet van het meetonderzoek is gebaseerd op het eerdere meetonderzoek uit 1985. Het uitgangspunt is dat op meerdere representatieve locaties gemeten wordt en dat de uitkomsten van de metingen en analyses van de afzonderlijke locaties samengevoegd kunnen worden om tot een totaal gemiddelde dagelijks geloosde vuilvracht per persoon te komen. Hierbij is het van belang dat de populatie voldoende groot is om de onzekerheid in de einduitkomst zoveel mogelijk te verkleinen. Om een goede voorspelling te kunnen geven van de vuilvracht vanuit een huishouden (woning) is geen verstoring gewenst door lozingen van bedrijfsafvalwater en hemelwater. Twee belangrijke uitgangspunten zijn dan ook dat de gezochte locaties wijken zijn die geen of nauwelijks bedrijfsafvalwater hebben en waarbij een gescheiden rioolstelsel aanwezig is.

Voor aanvang van de metingen is op de meetdataset vanuit 1984 een statistische analyse uitgevoerd. Hierbij is een relatie gelegd tussen het aantal meetlocaties, het aantal meetweken en de daarbij behorende onzekerheid voor de bepaling van het TZV. Vanzelfsprekend neemt de betrouwbaarheid toe als er op veel locaties voor langere perioden gemeten wordt. Aangezien het budget echter niet onuitputtelijk is, is gezocht naar een combinatie van aantal locaties en meetduur die een onzekerheid van 10 gram TZV per persoon per dag geeft.

Op basis van de statistische analyse op de meetdataset vanuit 1984 resulteert dit in vijf meetlocaties die gedurende vier weken bemonsterend en geanalyseerd dienen te worden.

Door de begeleidingscommissie zijn in totaal 42 mogelijke meetlocaties aangedragen. Op basis van een blinde trekking zijn vervolgens de meetlocaties gekozen. De vijf wijken (meetlocaties) zijn:

- Bloemenbuurt-zuid in Almere;
- Landgoederenbuurt in Almere;
- Vathorst in Amersfoort ;
- Gein in Amsterdam;
- Emmelhage in Emmeloord .

Meetonderzoek

Gedurende vier weken is dagelijks het afvalwater van vijf meetlocaties volumeproportioneel bemonsterd met behulp van meetwagens (bij gemalen met nat opgestelde pompen) en bemonsteringsstations (bij gemalen met droog opgestelde pompen). Alle monsters zijn geanalyseerd door hetzelfde geaccrediteerde laboratorium. In onderstaande foto's is de meetopstelling van een tweetal locaties opgenomen.



Afbeelding 1. Meetopstelling bij Vathorst (Amersfoort) en Landgoederenbuurt (Almere)

Ervaringen tijdens meetonderzoek

Tijdens het meetonderzoek zijn op verschillende locaties in meer en mindere mate vooral problemen ondervonden door doekjes en vochtig toilet papier.






Afbeelding 2. Verstoppingen van pompen door doekjes/vochtig toilet papier

De vochtige doekjes en ander ondefinieerbaar afval veroorzaakten storingen aan pompen (zie afbeelding 2). Ondanks de inspanningen om de storingen zo snel mogelijk te verhelpen was niet op alle dagen een representatieve monstername mogelijk. Opvallend is dat de problemen door verstoringen per meetlocatie sterk verschilden.

Resultaten

De monsternamedagen zijn aan de hand van een aantal criteria gekwalificeerd als 'goed', 'twijfelachtig' of 'afkeur'. Conform NEN 6600-1:2009 mag de genomen hoeveelheid monstermateriaal (PLM) maximaal 7,5 procent afwijken van de theoretisch verwachte hoeveelheid (TLM). Meer dan 7,5 % afwijking betekent volgens de NEN afkeuring van het monster. Aangezien een deel van de monsters een beperkte overschrijding opleverde is er voor gekozen om de monsters waarbij de afwijking groter dan 7,5 % was, maar kleiner dan 12,5 % als 'twijfelachtig' te beoordelen. Bij een afwijking groter dan 12,5 % zijn monsters afgekeurd. Ook wanneer de overstortteller gedraaid heeft of wanneer er sprake is geweest van een storing is een monsternamedag afgekeurd. Afbeelding 3 presenteert het overzicht van de beoordelingscriteria.

	Criteria	Overstort	Afwijking TLM/PLM	Deelmonsters
	Afkeur	Ja	> 12,5%	< 50
	Twijfel	Nee	> 7,5% < 12,5%	> 50
	Goed	Nee	< 7,5%	> 50

Afbeelding 3. Overzicht beoordelingscriteria meetdagen

In tabel 1 is per locatie een overzicht opgenomen van de geschikte, twijfelachtige en afgekeurde meetdagen.

Tabel 1. Geschikte, twijfelachtige en afgekeurde meetdagen per locatie

Locatie	Geschikte meetdagen	Twijfelachtige meetdagen	Afgekeurde meetdagen
Almere, Bloemenbuurt Zuid	21	3	4
Almere, Landgoederenbuurt	20	1	7
Amersfoort, Vathorst	11	2	15
Amsterdam, Gein	23	0	5
Emmeloord, Emmelhage	26	0	2
Totaal	101	6	33

De analyseresultaten van de geschikte en twijfelachtige dagen zijn tenslotte gebruikt om de dagelijks geloosde vrachten vast te stellen. De twijfelachtige dagen zijn betrokken aangezien de meetwaarden niet duidelijk afwijkend waren. Het effect van verstoringen door doekjes en afval op de bemonstering van het afvalwater is relatief groot. Van de meetdagen is uiteindelijk 23 procent afgekeurd.

Correctie op meetdata en statistische analyse

Periodiek worden bij gecertificeerde laboratoria ringonderzoeken uitgevoerd. Deelnemende laboratoria krijgen dan een monster toegestuurd om te analyseren op een bepaalde parameter (bijvoorbeeld CZV). De resultaten worden vervolgens vergeleken met de gemiddelde waarde van alle laboratoria samen. De resultaten van de ringonderzoeken vertonen een structurele afwijking. De afwijking is voor een aantal parameters structureel hoger of lager dan het gemiddelde, maar kent onderling een behoorlijke spreiding. Op basis van de resultaten van ringonderzoeken is in dit onderzoek een correctie doorgevoerd op de analyseresultaten. Ten tweede is er gecorrigeerd voor uithuizigheid in verband met vakantie (5% correctie naar beneden).

Aan de hand van een statistische analyse is per parameter het gemiddelde debiet en de gemiddelde vracht per persoon vanuit huis berekend voor alle meetlocaties gezamenlijk, inclusief de onzekerheid.

Resultaten

Het waterverbruik (debiet) is 119,9 liter per persoon per dag met een onzekerheid van 18,2 liter per persoon per dag.

De vastgestelde gemiddelde vrachten en bijbehorende onzekerheden zijn opgenomen in tabel 2.

Tabel 2. De dagelijks vanuit huis geloosde vracht per persoon en onzekerheid per parameter (gram per persoon per dag)

	Eenheid	TZV	CZV	N-Kj	N-tot A)	P-tot	TOC	BZV ₅ B)
Gemiddelde vracht	g/pers.d	143,0	103,0	8,7	9,8	1,1	27,5	54,6
Onzekerheid	g/pers.d	19,3	16,3	0,8	0,9	0,1	3,9	C)

A) Niet gecorrigeerd voor ringonderzoek, omdat voor deze nieuwe methode (oxidatie tot stikstofoxiden) nog geen ringonderzoeken beschikbaar zijn.

B) Het totaal gemiddelde van de BZV₅ waarden voor alle locaties is vanwege de beperkte hoeveelheid BZV₅ monsters bepaald op basis van CZV/BZV verhouding. De verhouding is afgeleid bij dagen waarbij zowel CZV als BZV₅ is gemeten. Overige dagen zijn niet betrokken.

C) Vanwege de beperkte hoeveelheid BZV₅ monsters kan de onzekerheid niet worden bepaald.

Na uitvoering van de metingen en correcties blijkt de onzekerheid voor TZV 19,3 gram per persoon per dag te zijn. Dit is hoger dan de beoogde onzekerheid van +/- 10 gram TZV per persoon per dag.

De onzekerheid wordt in zijn algemeenheid bepaald door verschillende factoren, zoals:

- Spreiding per meetweek (temporele variantie)
- Spreiding tussen de locaties (ruimtelijke variantie)
- Duur van de meetperiode

- De hoeveelheid meetlocaties

Op basis van de dataset uit 1984 is de beoogde onzekerheid bepaald met daarbij het aantal meetlocaties en meetweken voor het nu uitgevoerd onderzoek. Dat de onzekerheid nu hoger is dan de beoogde onzekerheid komt deels door de relatief grote uitval van meetdagen als gevolg van storingen tijdens het meetonderzoek. De dataset is kleiner dan beoogd. Daarnaast is de hogere onzekerheid naar verwachting ook veroorzaakt door een hogere spreiding per meetweek en/of tussen de locaties ten opzichte van de dataset uit 1984.

Beschouwing

Ringonderzoeken

Vanwege de onderlinge spreiding van de resultaten van de ringonderzoeken en omdat er in 1985 geen correctie voor ringonderzoeken heeft plaatsgevonden, zijn ook de niet voor ringonderzoek gecorrigeerde vrachten ter overzicht weergegeven (zie tabel 3).

Tabel 3. De dagelijks vanuit huis geloosde vracht per persoon en onzekerheid per parameter (gram per persoon per dag) exclusief correctie voor ringonderzoeken

	Eenheid	TZV	CZV	N-Kj	N-tot	P-tot	TOC	BZV
Gemiddelde vracht	g/pers.d	137,0	92,1	9,8	9,8	1,1	24,4	48,5 ^{A)}
Onzekerheid	g/pers.d	18,0	14,6	0,9	0,9	0,1	3,4	^{B)}

A) Het totaal gemiddelde van de BZV₅-waarden voor alle locaties is vanwege de beperkte hoeveelheid BZV₅-monsters bepaald op basis van CZV/BZV-verhouding. Deze verhouding is afgeleid voor dagen waarbij zowel CZV als BZV₅ is gemeten. Overige dagen zijn niet betrokken.

B) Vanwege de beperkte hoeveelheid BZV-monsters kan de onzekerheid niet worden bepaald.

Uit tabel 3 volgt dat bij geen correctie de vracht TZV 137 gram per persoon per dag is. Dit is 6 gram lager dan de vracht van 143 gram die mét correctie is vastgesteld (zie tabel 1).

Afbraak in het riool

Bij het onderzoek in 1985 is rekening gehouden met afbraak in het riool tussen de woning en het monsterpunt, voor de beide parameters van het zuurstofverbruik (CZV en N-Kjeldahl). De afbraak van CZV en N-Kjeldahl is bepaald in een laboratoriumopstelling, waarbij bij verschillende temperaturen voor zowel gefiltreerd als ruw afvalwater de afbraak is bepaald na drie uur. Deze periode van drie uur is destijds gebaseerd op een berekende gemiddelde verblijftijd in het riool tussen de woning en monsterpunt.

Op basis van het resultaat van dit labonderzoek is geconcludeerd dat voor gefiltreerde monsters, bij het gemeten temperatuurregime tussen woningen en monsterpunt, ten hoogste 5 procent van het zuurstofverbruik na drie uur is afgebroken. Voor ruw afvalwater werd onder identieke omstandigheden geen afbraak waargenomen. Bij de bepaling van de zuurstofvraag in 1985 is vervolgens rekening gehouden met 5 % correctie naar boven om te corrigeren voor afbraak in het riool. Deze keuze is opvallend. In het riool bevindt zich immers ruw afvalwater en geen gefiltreerd afvalwater.

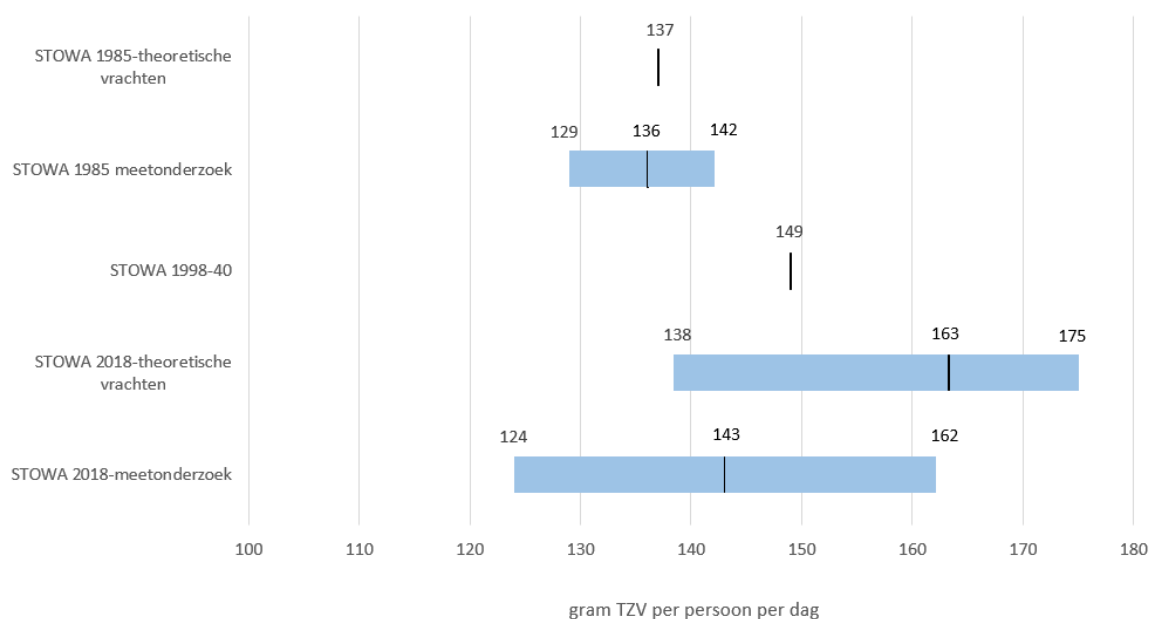
In afstemming met de begeleidingscommissie is deze correctie als zeer discutabel en niet navolgbaar aangemerkt. Aangezien in dit onderzoek de afbraak in het riool tussen woning en monsterpunt niet apart is bepaald en de literatuur ook geen duidelijk beeld geeft van afbraak in het riool, is besloten om hier niet voor afbraak in het riool tussen de woning en het monsterpunt te corrigeren.

Vergelijking zuurstofvraag met theoretisch onderzoek en eerdere onderzoeken

De resultaten van het meetonderzoek zijn vergeleken met de vanuit huis geloosde vrachten zoals die vastgesteld zijn in het theoretische onderzoek [3] en de eerdere onderzoeken. Dit is samengevat in afbeelding 4.

Te zien is dat de bandbreedtes van de in 2018 uitgevoerde meet- en theorieonderzoeken grotendeels overlappen. De gemiddelde waarde bij het theoretisch onderzoek valt wel buiten de bandbreedte. De resultaten van de in 1998 en 1985 uitgevoerde studies vallen binnen de bandbreedte van dit meetonderzoek.

Noot: De weergegeven onzekerheid van het meetonderzoek in 1985 is nu statistisch bepaald op basis van de dataset uit 1984. In het meetonderzoek van 1985 is destijds geen onzekerheid bepaald.



Afbeelding 4. Overzicht resultaten meetonderzoek in relatie tot theoretisch onderzoek en eerdere onderzoeken naar de huishoudelijke zuurstofvraag

Conclusies

Samenvattend kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De in het meetonderzoek bepaalde vanuit huis geloosde zuurstofvraag van 143 gram TZV per persoon per dag ligt goed in lijn met de zuurstofvraag van 150 gram TZV per persoon per dag, die momenteel het uitgangspunt vormt voor de zuiveringsheffing. Op basis van dit meetonderzoek met bijbehorende onzekerheid is het onvoldoende aannemelijk om te twijfelen aan de momenteel gehanteerde zuurstofvraag van 150 gram TZV per persoon per dag vanuit huis.

- De bepaalde vanuit huis geloosde TZV-vracht van 143 gram TZV per persoon per dag valt lager uit dan de theoretisch bepaalde TZV van 163 gram per persoon per dag. De bandbreedtes van de in 2018 uitgevoerde meet- en theorieonderzoeken overlappen elkaar wel grotendeels.
- De theoretisch bepaalde zuurstofvraag is ten opzichte van 1998 toegenomen van 149 naar 163 gram TZV per persoon per dag.

CZV/TOC-verhouding

In relatie tot het onderzoek naar de aanpassing van het belastingstelsel is tijdens het onderzoek ook de verhouding tussen het chemisch zuurstofverbruik en totale organische stof, de CZV/TOC-verhouding, bepaald.

Bij het meetonderzoek is een gemiddelde CZV/TOC-verhouding van 3,8 bepaald. Deze verhouding van 3,8 ligt boven de CZV/TOC-verhouding die aangehouden is in het onderzoek naar de aanpassing van de zuiveringsheffing.

Op basis van nader onderzoek van de uitgevoerde analyses en de interpretatie is geconcludeerd dat de hoge CZV/TOC-verhouding geen verband heeft met de parameters 'olie en vetten' en 'hogere vetzuren' en dat deze dus geen verklaring kunnen zijn voor de geconstateerde hoge CZV/TOC-verhouding.

Een andere oorzaak voor de hoge CZV/TOC-verhouding kan te maken hebben met de TOC-analyse zelf. Op basis van recente inzichten lijken er aanwijzingen te zijn dat de analyse bij monsters met veel deeltjes (zoals huishoudelijk afvalwater) niet bij alle TOC-meetapparatuur even goed gaat. Bij sommige apparaten lijkt analyse niet representatief, omdat een deel van de deeltjes bezinkt vóór de analyse. Het Integraal Laboratorium Overleg Waterkwaliteitsbeheerders (ILOW) zal hier nader onderzoek naar uitvoeren.

Met hetzelfde apparaat dat de TOC bepaalt wordt ook N-totaal bepaald, zoals gewenst vanuit de aanpassing van het belastingstelsel. Het is daarom ook belangrijk om deze meetapparatuur grondig te controleren.

Aanbevelingen

- Om de vuilvracht per persoon per dag nauwkeuriger vast te stellen en de onzekerheid te verkleinen, is aanvullend meetonderzoek nodig om zodoende een grotere dataset te verkrijgen. Afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid dient langer op de onderzochte locaties te worden gemeten en/of dienen aanvullend andere locaties te worden betrokken.
- In het meetonderzoek is op iedere dag voor iedere meetlocatie een volumeproportioneel monster genomen dat voor de betrokken parameters bij één geaccrediteerd laboratorium in enkelvoud is geanalyseerd. Om eventuele discussie over de representativiteit van laboratoriumresultaten in toekomstig onderzoek te minimaliseren, kunnen de afvalwateranalyses in triplo en/of bij verschillende laboratoria tegelijk uitgevoerd worden. De kosten van het meetonderzoek zullen hierdoor wel toenemen.
- Een belangrijk discussiepunt in dit onderzoek betreft het ringonderzoek. Het is verstandig om hierover binnen Nederland duidelijk af te spreken hoe ringonderzoeken worden uitgevoerd en hoe deze vervolgens te gebruiken zijn bij meetonderzoeken zoals deze.

- Aanbevolen wordt om op zeer korte termijn te onderzoeken of werkelijk sprake is van afwijkende TOC-resultaten bij verschillende typen TOC-meetapparatuur en dit ook landelijk aan te kaarten bij zowel de waterschapslaboratoria als commerciële laboratoria.

De volledige rapportage van het meetonderzoek is via de website van de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) te downloaden [4].

Dit onderzoek is begeleid door een commissie. In deze commissie zaten naast de auteurs van dit artikel Bonnie Bult (Wetterskip Fryslân), Erik van den Berg (waterschap Vallei en Veluwe), Willie van den Berg (Waterproef), Rudy te Braak (Gemeenschappelijk Belastingkantoor Lococensus-Tricijn), Tony Flaming (waterschap De Dommel), Hans Mollen (waterschap Brabantse Delta) en Marcel Zandvoort (Waternet).

Referenties

1. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (1985). *Het inwonerequivalent getoetst*. <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%201980-1990/STOWA%201985-04.pdf>
2. Wijst, M. van der, Groot-Marcus, A.P. (1998). *Huishoudelijk afvalwater. Berekening van de zuurstofvraag*. <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%201990-2000/STOWA%201998-40.pdf>
3. Bisschops, I., Zeeman, G., Ridder, R. de, Uiterlinde, C. (2018). De theoretische zuurstofvraag van huishoudelijk afvalwater opnieuw bepaald. *H2O-Online*, 17 oktober 2018
4. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (2018). *Bepaling zuurstofvraag huishoudelijk afvalwater*. Stowa-rapport 2018-42
<https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202018/STOWA%202018-42%20bepaling%20zuurstofvraag.pdf>