

Gasbellen in leiding: beter voorkomen dan genezen

Gasbellen in dalende delen van afvalwaterpersleidingen leiden tot ongewenste energie- en capaciteitsverliezen. Het afbreken en afvoeren van gasbellen in afvalwater blijkt net zo moeizaam te verlopen als in leidingen met schoon water.

IR. I.W.M. POTHOF / ING. C. KOOUJ /
PROF.DR.IR. F.H.L.R. CLEMENS / IR. A.D. SCHUIT

Lucht- en gasbellen in afvalwaterpersleidingen kunnen de capaciteit van de persleiding tot een fractie van de ontwerpcapaciteit reduceren. De lage stroomsnelheden tijdens perioden van droogweeraanvoer (DWA) zorgen ervoor dat lucht- en gasbellen zich kunnen ophopen aan het begin van dalende leidingdelen van zinkers en horizontaal gestuurde boringen. Als de rioolpomp weer op volle capaciteit moet draaien tijdens regenweeraanvoer (RWA), wordt de gasbel het dalende been ingedrukt en neemt de weerstand spectaculair toe. De capaciteitsreductie kan leiden tot onnodige overstorten, meer onderhoudsmaatregelen of voortijdige investeringen in capaciteitsuitbreidingen. Gasbellen ontstaan zowel door luchtinslag in de pompkelder vanuit het open riool, als door biochemische processen.

10.000 ton CO₂

Ook als het capaciteitsverlies door gasbellen nog beperkt is, is het extra energieverbruik gemiddeld 30 procent groter. Als we inschatten dat 20 procent van de afvalwaterpersleidingen van waterschappen (8.000 kilometer) en gemeenten (5.500 kilometer) last heeft van gasbellen, be-



Overzicht van de onderzoeksfaciliteit in Hoek van Holland met op de achtergrond de schoonwatertank.

draagt het extra energieverbruik al 19 miljoen kWh per jaar; dit kost 3 miljoen euro en 10.000 ton CO₂ en komt overeen met het elektriciteitsverbruik van 5.400 huishoudens. Andere negatieve gevolgen van gasbellen zijn moeilijker te kwantificeren door gebrek aan gegevens; het gaat dan om claims na wateroverlast, voortijdige uitbreidingen van de pompcapaciteit of bergingscapaciteit in het rioolstelsel.

Onderzoekers hebben in het project CAPWAT met labmetingen aangetoond dat de benodigde ontwerpsnelheden tot twee keer zo groot moeten zijn als de oude ontwerpregel bij veelvoorkomende hoeken tussen 5 en 15 graden. Enkele veldmetingen lieten zien dat in praktijk lagere ontwerpsnelheden al voldoende zijn. Omdat het opgestelde pompvermogen oploopt met de derde macht van de stroomsnelheid, is het van groot belang de werkelijk benodigde stroomsnelheid in de praktijk te kennen. Hiertoe is in 2007 CAPWAT II gestart met vier onderzoeksvragen: wat is de invloed van de waterkwaliteit (met name oppervlaktespanning) op het transport van gasbellen; welk rekenmodel kan het gasbeltransport door dalende persleidingen voorspellen; hoe zijn gasbellen eenvoudig te detecteren; en kan de luchtinname in rioolgemaal worden beperkt?

De laatste twee vragen zijn al in 2007 grotendeels beantwoord (zie het artikel 'Gasbellen in persleidingen brengen capaciteit in gevaar' in *Land+Water* 1-2/2008). Voor de beantwoording

van de eerste twee vragen is op rioolwaterzuiveringsinstallatie Nieuwe Waterweg van het Hoogheemraadschap van Delfland in Hoek van Holland een grootschalige opstelling gebouwd. Deze opstelling, met een meetsectie van transparant pvc van 7 meter hoog en 40 meter lang in DN200, heeft de nodige proceskennis opgeleverd over het transport van gasbellen in dalende persleidingen. Bovendien zijn de metingen zeer geschikt validatiemateriaal voor het rekenmodel, omdat de omstandigheden veel beter controleerbaar zijn dan in een veldmeting, terwijl er toch met ruw afvalwater gestroomd kan worden.

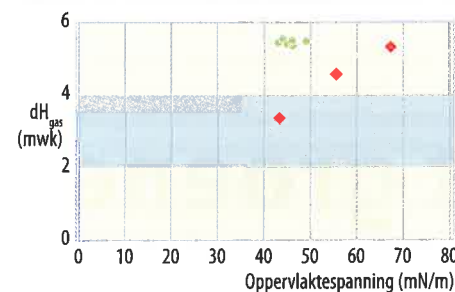
Onderzoeksfaciliteit

De onderzoeksfaciliteit in Hoek van Holland is begin 2008 ontworpen op basis van de ervaringen in het lab. Er zijn twee soorten metingen uitgevoerd: stationaire metingen bij combinaties van water- en luchtdebiet en dynamische metingen bij een constant waterdebiet met een grote initiële gasbel die tijdens de meting wordt afgebroken en afgevoerd. Dit artikel gaat alleen in op de stationaire metingen. Omdat de opstelling in Hoek van Holland veel langer is dan in het lab (40 meter versus 12 meter in het lab), zijn de metingen in drie fasen uitgevoerd.

Als eerste werden de aan- en afvoerleiding verbonden met een tank met schoon water, zodat dezelfde metingen waren uit te voeren als in het lab. Vervolgens is de schoonwatertank gebruikt om de oppervlaktespanning gecontro-



Retourleiding (links) naar de overloop van de zandvang; rechts is de aanvoerleiding nog net zichtbaar.



OPPERVLAKTESPANNING

Invloed van de statische oppervlaktespanning op het extra energieverlies in afvalwater (open symbolen) en in schoon water met zeep (gesloten symbolen). Het energieverlies door gasbellen in afvalwater (dH_{gas}) is net zo groot als in schoon water, ondanks de lage oppervlaktespanning van het afvalwater. De lage oppervlaktespanning van het afvalwater heeft dus geen positief effect op de afbraak en het energieverlies van gasbellen.

leerd te verlagen van 72 mN/m (schoon water) tot 40 mN/m (typische ondergrens voor afvalwater) door toevoeging van detergents (zeep). Tot slot zijn de aan- en afvoerleiding gekoppeld aan de uitloop van de zandvang van de zuivering, zodat met ruw afvalwater gestroomd kon worden.

Meetresultaten

De eerste meetserie zou identieke resultaten moeten opleveren als in het lab. Met de eerste

CAPWAT

CAPWAT is een gezamenlijk onderzoeksproject van Deltares, de Technische Universiteit Delft en zestien participanten, waarin onderzoek wordt gedaan naar capaciteitsverliezen in afvalwaterpersleidingen. Dit onderzoek begon in 2004 en wordt gefinancierd door waterschappen, ingenieursbureaus, toeleveranciers, Stowa en het ministerie van Economische Zaken.



In de 40 meter leiding kunnen meerdere opeenvolgende bellen aanwezig zijn. Inzet: onderaan elke luchtbel wordt veel lucht ingeslagen, waarvan slechts een klein deel wordt afgevoerd.

meetserie is het mogelijk de eventuele invloed van systeemverschillen te onderzoeken, zoals de langere lengte van de dalende leiding en het leidingmateriaal (transparant pvc versus perspex). De resultaten bij lage gasdebieten blijken vrijwel identiek te zijn; er zijn dus geen systeemverschillen, die een waarneembare invloed hebben op de gastransportprocessen in de dalende leiding.

De metingen met schoon water met zeep laten bij alle onderzochte combinaties van water- en luchtdebiet een lineair verband zien tussen de oppervlaktespanning en het extra energieverlies door de luchtbellen. Als het water echter afvalwater is, wordt wel een lagere oppervlaktespanning gemeten, maar is het extra energieverlies gelijk aan het extra energieverlies in schoon water. De verklaring voor dit verrassende verschil ligt in het feit dat de oppervlaktespanning een dynamische eigenschap is. De oppervlaktespanning moet naar het grensvlak kunnen diffunderen. De oppervlaktespanning bestaat uit relatief grote moleculen en bewegen langzaam naar het water/lucht-grensvlak. Zolang de actieve

stoffen niet bij het grensvlak kunnen komen, wordt een hogere oppervlaktespanning gemeten. De actieve stoffen in de toegevoegde zeep in het schone water bewegen veel sneller naar het grensvlak en beïnvloeden daarom wel het gastransport in gunstige zin.

De metingen in Hoek van Holland hebben verder aangetoond dat een aanzienlijk percentage van de afgevoerde lucht oplost in het water. Dit proces kan worden versterkt door in de praktijk tijdelijk een benedenstroomse klep gedeeltelijk dicht te zetten.

Preventie

Momenteel wordt gewerkt aan afronding en validatie van het rekenmodel. Bovendien wordt de ontwikkelde kennis vastgelegd in een handboek over het hydraulisch ontwerp en beheer van af-

valwaterpersleidingen.

Het onderzoek toont aan dat gasbellen in afvalwater net zo moeizaam worden afgebroken en afgevoerd als gasbellen in schoon water, ondanks de beduidend lagere statische oppervlaktespanning. Daarom zijn de meest effectieve maatregelen gericht op het voorkomen van luchtinname in rioolgemaal door het plaatsen van deflectieplaten en afsluiten van beluchters. Ook het tijdelijk verhogen van de druk vergroot de afbraak van gasbellen, doordat een groot deel van het gas in opgeloste vorm wordt afgevoerd.

Ivo Pothof is specialist Industriële Hydrodynamica bij Deltares en verbonden aan de leerstoel Riolerings, TU Delft. Kees Kooij is senior adviseur Industriële Hydrodynamica bij Deltares. François Clemens is hoofd leerstoel Riolerings, afdeling Watermanagement, Civiele Techniek aan de TU Delft. Tonny Schuit is afgestudeerd bij de leerstoel Riolerings op de metingen in Hoek van Holland en is medewerker van de sectie Gezondheidstechniek, Civiele Techniek, TU Delft.