

Onderzoek legt gedrag gasbellen in leidingen bloot

De formule van Kent om de kritische snelheid van water in een neergaande leiding te bepalen, waarbij geen gasbellen optreden, blijkt niet te voldoen. Het is een van de bevindingen van het onderzoek naar capaciteitsverliezen in afvalwaterleidingen.

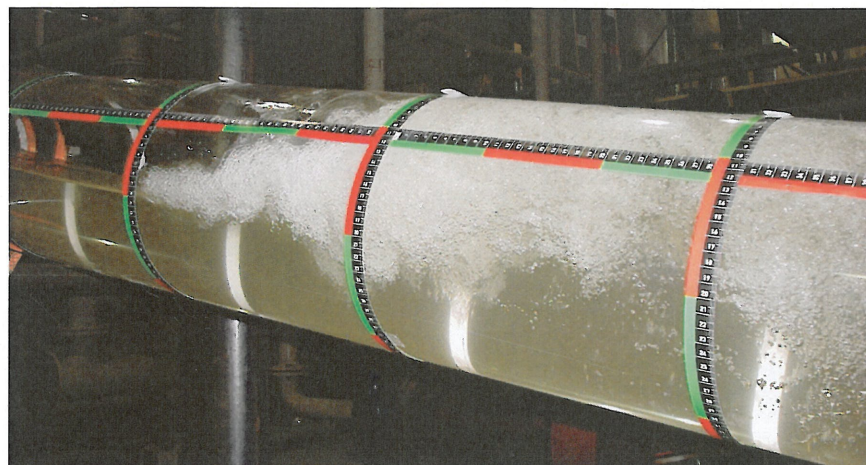
DR.JR. C. LUBBERS / ING. C. KOOIJ

Sinds 2003 hebben TU Delft CiTG en WL|Delft Hydraulics het onderzoeksprogramma CAPWAT uitgevoerd. CAPWAT staat voor CAPaciteits-verliezen in afvalWATERpersleidingen. Veel afvalwaterpersleidingen blijken hun ontwerpafvoercapaciteit niet te halen vanwege een verhoogde weerstand in het leidingsysteem. Hieraan kunnen diverse oorzaken ten grondslag liggen. Een uitgebreide inventarisatie onder de waterschappen wees uit dat lucht- en/of gasinsluitingen in belangrijke mate verantwoordelijk zijn voor deze capaciteitsreductie.

CAPWAT heeft nieuwe inzichten en kennis opgeleverd waarmee het mogelijk is het gedrag van lucht/gasbellen beter te beschrijven. Met deze kennis kan de ontwerper verantwoorde keuzes maken voor het ontwerp, de bedrijfsvoering en het beheer van afvalwatertransportleidingen.

Gasbellen

De kiem voor het onderzoeksprogramma heeft Peter Kamma van het toenmalige Hoogheemraadschap West-Brabant gelegd. Gedurende tien jaar heeft hij weerstandsmetingen verricht aan de afvalwaterpersleiding (diameter 1.500 millimeter) tussen Roosendaal en Bergen op Zoom. De hieruit gedistilleerde wandruwheidswaarde k varieerde in de tijd en lag ruim boven de ontwerpuitgangspunten. Hardnekkige gasbellen bleken veelal verantwoordelijk te zijn voor deze extra verliezen. Het gevolg van opgehoopte gasvolumes is dat de transportcapaciteit terugloopt, waardoor de afvoerverplichting in het gedrang komt, wat zelfs kan leiden tot extra overstorten. Ook heeft de beheerder te maken met verhoog-



Testopstellingen van CAPWAT-onderzoek: watersprong in neergaand leidingdeel (links) en luchtinname via de pomp door vallend rioolwater in de natte kelder.

de energiekosten en vroegtijdige vervangingsinvesteringen.

Via twee workshops in 2002 werd deze problematiek met andere leidingeigenaren en ingenieursbureaus besproken. Dit resulteerde in 23 onderzoeksonderwerpen, maar het grootste gemeenschappelijke onderwerp betrof de gasbelformatie en hiermee samenhangende problematiek. Vervolgens is met vijftien participanten (waterschappen, ingenieursbureaus, Rioned en Stowa) het definitieve onderzoeksprogramma vastgesteld.

Formule onbetrouwbaar

De bron van het mysterie rond de onverklaarbare lucht/gasbellen zit in de in Nederland alomtegenwoordige formule van Kent. Deze eenvoudige formule uit begin jaren vijftig wordt toegepast om de benodigde snelheid in een neergaand been van een zinker of boring te bepalen waarbij er geen gasbellen stagneren (de kritische snelheid). Het CAPWAT-onderzoek heeft aangetoond dat in de praktijk het extra energieverlies net zo groot kan worden als de diepgang van de zinker.

De formule van Kent is gebaseerd op experimenten met een leiding met een diameter van 100 millimeter en hoeken tussen 15 en 60 graden, maar wordt abusievelijk voor elke hoek en diameter toegepast. Als het niet mogelijk is te voldoen aan dit snelheidscriterium, geeft Kent geen informatie over het te verwachten maximale energieverlies en over de benodigde tijd om de gevormde gasbel af te voeren. Kortom, de noodzaak tot meer inzicht en kennis rond dit fenomeen was terecht.

Het CAPWAT-onderzoek kenmerkt zich door een hoog experimenteel gehalte. Er zijn diverse in perspex uitgevoerde testopstellingen gebouwd (merendeel met een diameter van 220 millimeter inwendig). Hierdoor konden de onderzoekers een goed beeld krijgen van welke fenomenen zich in de persleiding afspelen, met name

in het neergaande been. Gaandeweg het onderzoek werd duidelijk dat de bevindingen geheel niet overeenkwamen met de formule van Kent. Met name voor de flauwe hellingen bleek dat de kritische snelheid veel hoger moest zijn om de gasbel af te voeren dan voorheen werd gedacht.

Nieuwe inzichten

Ook de lengte van het neergaande been is een essentiële factor in het geheel. Bij de visuele observaties was goed te zien dat slechts een fractie van de met de stroming meebewegende gasbellen het einde van de neergaande leiding bereikt. Onderweg klonteren de belletjes samen tot grotere bellen. Bij voldoende belgrootte wint de opwaartse kracht het van de stromingskracht en beweegt de bel zich tegen de stroming in naar boven. Naarmate de beenlengte langer wordt, wordt hierdoor de gasafvoercapaciteit meer beperkt. Het kan daardoor uren duren voordat een gasbel door de stroming wordt afgevoerd.

Frappant was dat een leiding met een steilere helling een betere gasafvoercapaciteit had dan een leiding met een flauwere helling. Experimenten met een verticale leiding (90 graden) toonden aan dat deze configuratie de beste gasafvoercapaciteit had en de laagste kritische snelheid. Dit betekent dat eventueel aanwezig gas bij zinkers met verticale benen nagenoeg direct wordt afgevoerd en dat dit niet kan leiden tot extra energieverlies.

Om de nieuwe theorie, ontleend aan de metingen in de testopstelling (diameter 220 millimeter) te staven, hebben de onderzoekers vergelijkbare experimenten uitgevoerd in een opstelling van 500 en 110 millimeter diameter. De verschaalde uitkomsten van 220 en 500 millimeter lagen precies op elkaar, waarmee aangetoond was dat de resultaten ook voor grotere diameters gelden. Voor de kleinere diameter werd wel verschil gevonden dat heeft geleid tot een vervolgonderzoek in kleinere circuits met inwendige diameters

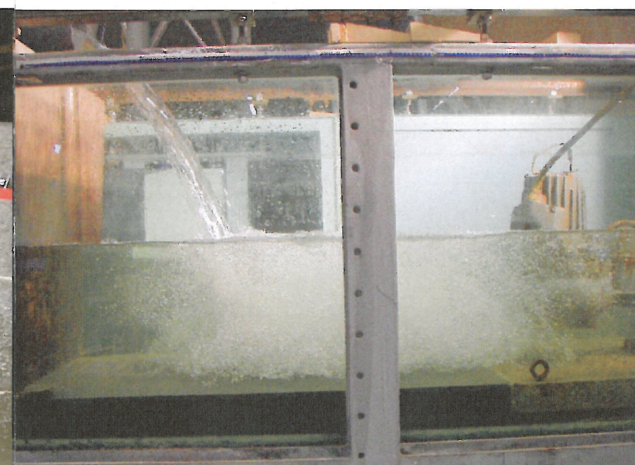


FOTO: WL|DELFT HYDRAULICS

FORMULE VAN KENT

Kent heeft op basis van experimenten in een leiding de volgende relatie vastgelegd:

$$v_{\min} = 1,23 \sqrt{g D \sin \alpha}$$

waarin:

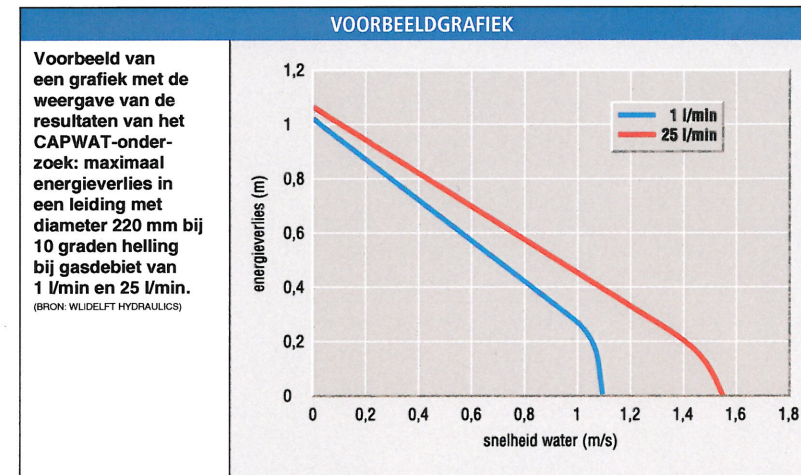
| | | |
|------------|---|---|
| v_{\min} | = | minimale watersnelheid [m/s] waarbij iedere hoeveelheid lucht door het water kan worden getransporteerd |
| g | = | versnelling zwaartekracht [m/s ²] |
| D | = | buisdiameter [m] |
| α | = | helling neerwaartse buis met begrenzing $15^\circ < \alpha < 60^\circ$ |

van 80 en 150 millimeter. Ook werd vastgesteld dat de waterkwaliteit van invloed is op de resultaten, waarbij de hoogste benodigde kritiekenheden zijn gemeten met schoon leidingwater.

Toepassing resultaten

Door de complexiteit van het fenomeen heeft dit onderzoek niet geleid tot een eenvoudige verbeterde Kent-formule. De kennis is vastgelegd in twee grafiekentypen voor diverse hellingshoeken. Grafiektype 1 geeft het verband tussen het maximaal te verwachten energieverlies als functie van de snelheid, grafiektype 2 geeft het verband tussen de gasafbraakcapaciteit als functie van de hoogte van de gasbel. Verder onderzoek moet leiden tot nieuwe algoritmes waarin diameter, hellingshoek, lengte van het been en waterkwaliteit verwerkt zijn.

Door de participatie van vele waterschappen was het mogelijk de onderzoeksresultaten snel terug te koppelen naar de praktijk. Het blijkt dat er veel energie wordt vernietigd zonder dat



de beheerder zich hiervan bewust is. Pas als de capaciteit drastisch terugloopt, wordt er ingegrepen. Deze ingreep is dan vaak symptoombestrijding in plaats van oorzaakbestrijding. Nu is het voorkomen van gasbellen niet altijd mogelijk, doordat gedurende het transport door biochemische werking continu gas wordt geproduceerd. Anders ligt dit bij luchtinslag door de pomp of slecht functionerende be/ontluchtingsinstallaties op pompen. Door het steeds kleiner uitvoeren van de ontvangkelders is de kans op luchtinname door de zuigbuis erg groot. Ook hier hebben de onderzoekers naar gekeken en met eenvoudige schermconstructies is het mogelijk deze luchtinname te voorkomen.

Kennis verbreiden

Een ander belangrijk aspect bij het gastransport is de pompcyclus. Voor de thans veel toegepaste horizontaal gestuurde boringen is de DWA-pompcyclus (droogweeraanvoer) veelal te kort om het gasbeltransport op gang te brengen. Een

grotere berging is dan noodzakelijk, maar geeft weer een conflict met de rioolbeheerder die zijn stelsel altijd leeg wil hebben.

Met de nieuwe kennis uit het CAPWAT-project is het ontwerp van een transportleiding er niet gemakkelijker op geworden. Veel facetten hebben invloed op de grootte en het gedrag van gasbellen. Subtiele veranderingen in de leidinggeometrie blijken een grote invloed te hebben op het gedrag van het systeem.

Voor de onderzoekers ligt er een mooie taak om de nieuwe kennis bij ingenieursbureaus en leidingbeheerders te incorporeren. Daarnaast zal de afvalwaterketen met elkaar in gesprek moeten gaan om tegenstrijdige belangen op bedrijfsvoeringniveau te beslechten.

Christof Lubbers en Kees Kooij zijn werkzaam bij WL|Delft Hydraulics.