



Nellie Slaats, KWR Watercycle Research Institute
 George Mesman, KWR Watercycle Research Institute
 Ralph Beuken, KWR Watercycle Research Institute
 Bonnie Bult, Wetterskip Fryslân

Leidingnetbeheer verbindt drink- en afvalwatersector

De drinkwater- en afvalwatersector kennen veel parallellen. In beide sectoren liggen veel leidingen in de ondergrond, die een groot kapitaal vertegenwoordigen. Ook streven beide sectoren naar een efficiënt beheer. Als de leidingen een bepaalde leeftijd hebben bereikt, wordt in beide sectoren de vraag naar hun restlevensduur steeds relevanter. Beide sectoren zetten in op assetmanagement als basis voor hun vervangingsinvesteringen, waarbij de geschatte risico's op het falen van leidingen bepalend zijn. Conditiebepaling kan ondersteunen bij het nemen van beslissingen over het vervangen van de leidingen. Dit artikel gaat in op de conditiebepalingmethoden voor asbestoement- (AC) en PVC-leidingen. Omdat de conditie afhangt van materiaaleigenschappen en niet van de toepassing, zijn deze methoden zowel voor drinkwater- als afvalwaterleidingen te gebruiken.

In de afgelopen jaren is in de drinkwatersector de kennis over en ervaring met methoden voor leidingbeheer toegenomen¹⁾. Hiervoor zijn meerdere methoden verkend, in de praktijk toegepast en geëvalueerd. Ook in de afvalwatersector wordt kennis gebundeld om het beheer van leidingen meer handen en voeten te geven. Schade in persleidingen kan tot grote overlast leiden. Het beheer van persleidingen is een onderwerp dat leeft binnen de waterschappen²⁾. Veel waterschappen zoeken naar de wijze waarop vorm gegeven kan worden aan leidingbeheer. De overtuiging is dat goed onderhoud en goed beheer van afval-

waterpersleidingen op de langere termijn alleen kunnen geschieden op basis van een goed leidinginformatiesysteem. Kennisuitwisseling binnen en tussen de sectoren werkt versterkend. Het is dan ook niet verwonderlijk dat het nieuwe Bestuursakkoord Water aanstuurt op kennisdeling van partijen in de waterketen.

Drinkwaterleidingnetten

Het Nederlandse waterleidingnet is in totaal 115.921 km lang³⁾ en vertegenwoordigt een waarde van ruim 20 miljard euro. Afbeelding 1 geeft een overzicht van de samenstelling van de leidingmaterialen.

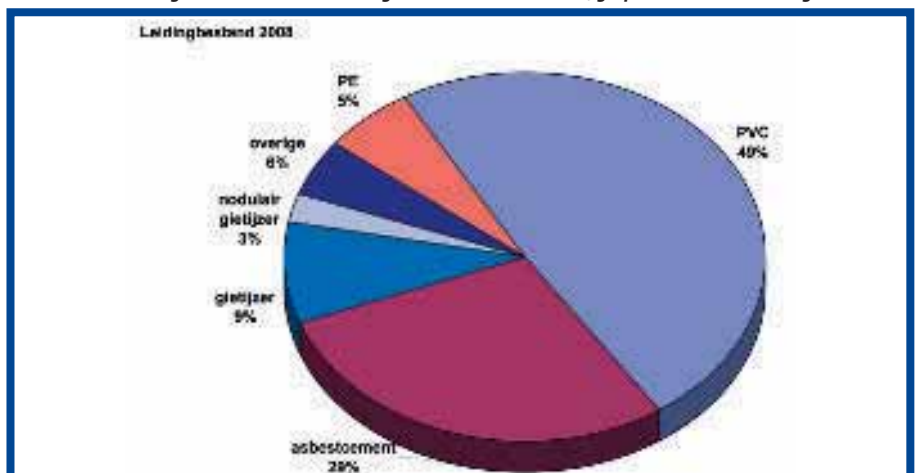
Afvalwaterleidingnetten

De totale buislangte van alle vrijvervalstelsels in de afvalwatersector bedraagt bijna 90.000 km⁴⁾. Hiervan ligt 50.800 km buis in gemengde en 38.800 km in (verbeterd) gescheiden rioleringsystemen. Mechanische riolering is een verzamelnaam voor druk-, luchtpers- en vacuümriolering (afvalwaterpersleidingen). Deze systemen voeren afvalwater af via leidingen met beperkte diameters, met name over langere afstanden in het buitengebied. Er ligt naar schatting 27.100 km mechanische riolering. Van de persleidingen in het hoofdtransportsysteem wordt 4.350 km beheerd door gemeenten

Een gesprongen persleiding zorgde in 2010 voor de nodige overlast (foto: Wetterskip Fryslân).



Afb. 1: Samenstelling van het drinkwaterleidingnet in Nederland in 2008, gespecificeerd naar leidingmateriaal.



en 8.000 km door waterschappen⁴⁾. Als materiaal is voor afvalwaterpersleidingen voornamelijk PVC, asbestcement, beton en polyethyleen gebruikt. Op centraal niveau zijn geen gegevens bekend over de verdeling van de gebruikte leidingmaterialen en de gebruikte diameters.

Degradatiemechanismen

Onderzoek in de afgelopen jaren heeft duidelijk gemaakt welke degradatiemechanismen PVC- en AC-leidingen beïnvloeden. Zo loogt asbestcement uit onder invloed van een kalkoplossend milieu. Daarbij gaat de sterkte van het cement verloren⁵⁾. Uitloging kan plaatsvinden aan de binnenzijde van de leiding (door kalkagressief water) en aan de buitenzijde (in een kalkloze bodem). Het resultaat is dat de sterkte in de tijd afneemt. In combinatie met de belasting op de leiding leidt dit tot een gegeven moment tot het einde van de levensduur van de leiding: er ontstaat schade.

Bij PVC-leidingen wordt de levensduur vooral bepaald door de kwaliteit van het oorspronkelijke materiaal bij de aanleg^{6),7)}. Gedurende de gebruiksduur van de leiding verandert deze kwaliteit nauwelijks, tenzij de leiding mechanisch wordt overbelast. Er bestaat echter een grote spreiding in de eigenschappen van de PVC-leidingen die door de jaren heen zijn gebruikt. Om een uitspraak te kunnen doen over de technische levensduur van een specifieke PVC-leiding is het noodzakelijk de kwaliteit van die leiding te meten.

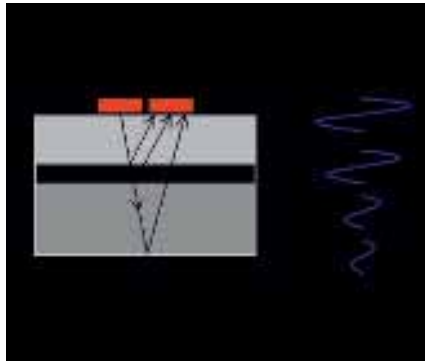
Conditie AC-leidingen

Uitloging van AC-leidingen kan de sterkte van de leiding verminderen, waardoor de kans op breuk en lekkage toeneemt⁸⁾. De mate van uitloging van de buiswand wordt beschouwd als een maat voor de conditie van AC-leidingen. Voor AC-waterleidingen zijn twee methoden ontwikkeld om de mate van uitloging te bepalen: de fenolftaleïne-test (destructief) en de georadartechniek (niet-destructief).

Fenolftaleïne-test

Voor de fenolftaleïne-test⁹⁾ wordt een deel van de leiding uitgenomen. Op het verse breukvlak wordt met een druppelflesje een fenolftaleïne-oplossing aangebracht, over de gehele doorsnede van de leidingwand (zie foto's). Waar de pH hoger is dan 8,3 kleurt het asbestcement paars. Waar de pH lager is dan 8,3 blijft het AC kleurloos of grijs. Een pH lager dan 8,3 wijst op uitloging. Op de plaats waar het uitgeloopte (kleurloze of grijze) gedeelte maximaal is, wordt met een

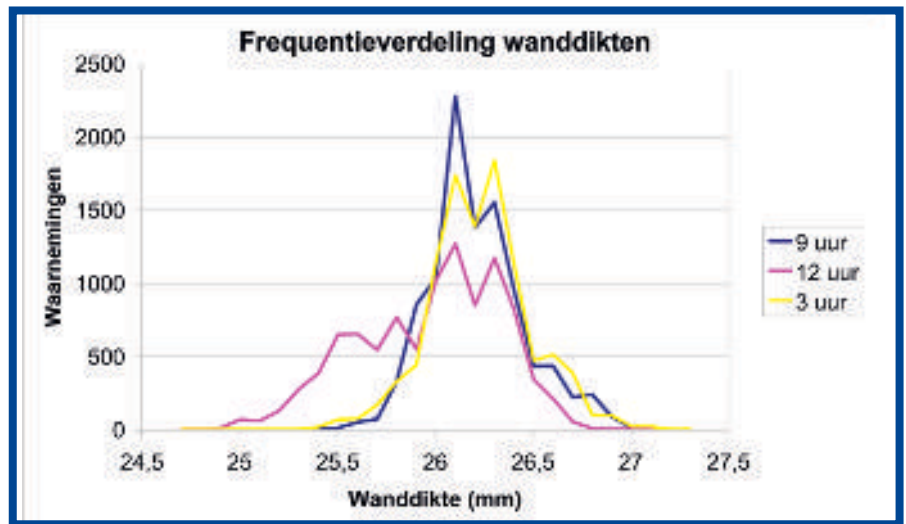
Bepaling van mate van uitloging van asbestcement met de fenolftaleïne-test.



Afb. 2: Principeschets radarmeting.



Camerawagen met georadarmeting.



Afb. 3: Resultaten georadar op verschillende klokstanden.

schuifmaat de dikte van het uitgeloopte deel en de totale dikte van de leidingwand gemeten.

Georadartechniek

De mate van uitloging van AC-leidingen is ook te bepalen met de georadartechniek. Het principe van materiaalonderzoek met radar berust op de vertraging en reflectie die een elektromagnetische golf ondervindt in de wand van de AC-leiding. Tijdens het radaronderzoek worden de tijd- en signaalsterkteverschillen gemeten tussen de uitgezonden impuls en de reflectiesignalen. Deze verschillen worden bepaald door verschillen in laagdikte en karakteristieke elektrische eigenschappen van de diverse lagen waaruit de AC-leiding is opgebouwd (zie afbeelding 2). Uit de gemeten waarden kan de opbouw van de onderzochte leidingwand worden bepaald. De antenne wordt met de hand over de meetlijnen voortbewogen. Per vijf millimeter afgelegde weg op de buis wordt één radaropname gemaakt. Zo levert de meting voldoende informatie op om via statistische bewerking kengetallen te bepalen.

De techniek is zowel uitwendig als inwendig te gebruiken. Bij uitwendige toepassing wordt de leiding blootgelegd en de meting direct op de leiding uitgevoerd over een lengte van enkele meters. Afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid worden meer of minder lijnen over de leiding gemeten. Bij inwendige toepassing wordt een aangepaste camerawagen in de leiding gebracht. Deze

wagen kan metingen uitvoeren over enkele honderden meters. Omdat meten onder water niet mogelijk is, moet in dit geval de leiding worden drooggelegd.

Resultaat georadarmetingen

Georadarmetingen leveren de eigenaar van de leiding rapportages op zoals in afbeelding 3. In de laatste grafiek is duidelijk zichtbaar hoe de aantasting over de leiding verdeeld is.

Restlevensduur AC-leidingen

De restwanddikte kan in enkele stappen worden gerelateerd aan de benodigde levensduur. Eerst wordt de benodigde wanddikte voor de betreffende leiding in een bepaalde situatie afgeleid uit bekende gegevens. Afbeelding 4 geeft de benodigde wanddikte van een 200 mm AC-leiding die in zand ligt, onder verschillende verkeersbelastingen en inwendige drukken. Dergelijke figuren zijn beschikbaar voor verschillende leidingdiameters, grondsoorten en belastingen.

Daarna wordt de resterende wanddikte vergeleken met de benodigde wanddikte. Daarbij wordt de restlevensduur berekend op basis van de afnamesnelheid van de oorspronkelijke wanddikte.

Meetmethoden conditie PVC-leidingen

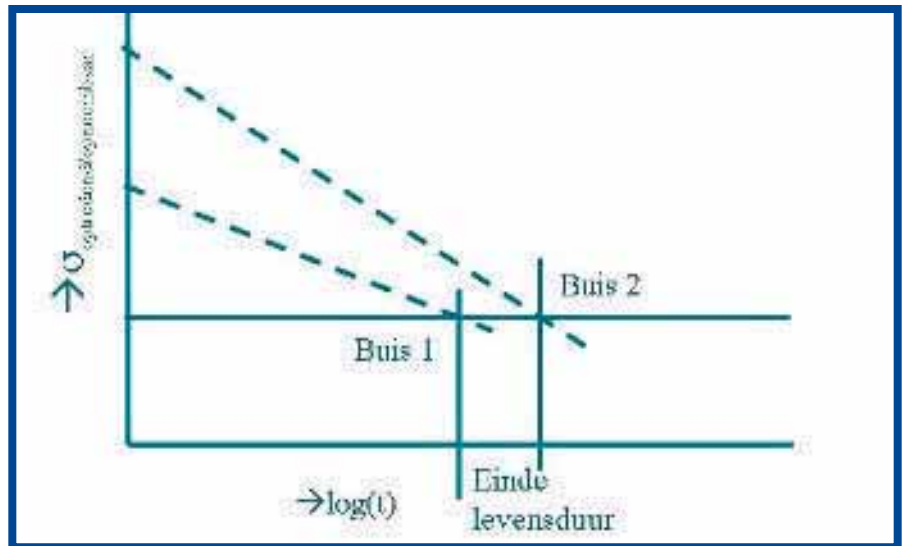
De laatste jaren is de kennis toegenomen over welke materiaaleigenschappen verantwoordelijk zijn voor het bezwijken van PVC-leidingen^{6),7)}. De basis wordt gevormd

door overspanning van het materiaal tot boven de bezwijkspanning. Hoe groot de bezwijkspanning van het PVC is, hangt af van de betreffende buis. Een breuk ontstaat pas als een initiatiepunt aanwezig is in de buis. Dat zijn bijvoorbeeld insluitsels afkomstig uit de extruder, verkoold of verglaasd PVC, maar ook beschadigingen in de wand, zoals krasen die ontstaan bij een onzorgvuldige aanleg.

Rondom dergelijke initiatiepunten is de materiaalspanning verhoogd en kan de maximumspanning worden overschreden. Het materiaal bezwijkt ter plaatse en de breuk zet zich langzaam door, totdat de buis over de volledige wanddikte is gescheurd. Hoe snel dit tot volledige breuk leidt, is afhankelijk van het spanningsniveau, de spanningswisselingen en het materiaal (samenstelling en fabricage). De relatie tussen het spanningsniveau en de tijd dat deze spanning kan worden weerstaan, wordt de weerstand tegen langzame scheurgroei genoemd⁷.

Leidingonderzoek verloopt volgens de volgende stappen:

- visueel onderzoek van de breuk
Hierbij wordt de breuk onderzocht op zichtbare initiatiepunten. Vervolgens wordt bepaald of op deze plaats een onregelmatigheid in het materiaal aanwezig is. Als onregelmatigheden aanwezig zijn, zal de buis bij relatief lage spanningen al scheurgroei kunnen vertonen;
- DCMT-test (weerstand tegen aantasting door dichloormethaan bij een bepaalde temperatuur)
Deze test geeft aan in hoeverre de gelering van het PVC-materiaal bij de extrusie van de buis voldoende is geweest. Als het materiaal tijdens deze test wordt aangetast, is de gelering niet voldoende en zal het materiaal niet voldoende spanningen kunnen opnemen;
- weerstand tegen langzame scheurgroei
De bezwijkspanning van PVC is afhankelijk van de tijd dat het materiaal onder spanning staat. Een hoge spanning leidt binnen korte tijd tot breuk, een lage spanning leidt na



Afb. 6: Principe van langzame scheurgroei in PVC.

- langere tijd tot breuk. Deze eigenschap kan sterk verschillen tussen PVC-leidingen en bepaalt in sterke mate hoe vaak en wanneer storingen optreden;
- inschatting van de heersende spanningen in het buisdeel
Met een eenvoudige sterkteberekening wordt bepaald wat het spanningsniveau in het materiaal is op basis van inwendige druk, diepteligging en eventuele verkeersbelasting.

Wanneer in het onderzochte buisdeel geen duidelijke initiatiepunten aanwezig zijn en uit de DCMT-test geen lage geleergraad volgt, wordt de weerstand tegen langzame scheurgroei bepaald. Hiertoe worden enkele segmenten van de buiswand (afmeting 30 mm x 200 mm) verschillend belast om vast te stellen bij welke combinatie van spanning en tijd een breuk optreedt. Uit de uitslag van de verschillende segmenten komt een regressielijn voor deze specifieke buis. Daaruit en uit de berekende optredende spanning wordt bepaald of de breuk verklaarbaar is (zie afbeelding 5).

Langzame scheurgroei PVC

In afbeelding 6 is het resultaat weergegeven



Deeltje in de PVC-buiswand.

van een test van de weerstand tegen langzame scheurgroei en de berekende spanning in het materiaal van een schadegeval met een PVC-buis. Bij deze leiding heeft de aanwezige spanning na 36 jaar tot een breuk geleid, die goed verklaarbaar is uit de gemeten weerstand tegen langzame scheurgroei. De spreiding in de tijd tussen de 95 procent betrouwbaarheidsintervallen (gestippelde lijnen) is zeer groot.

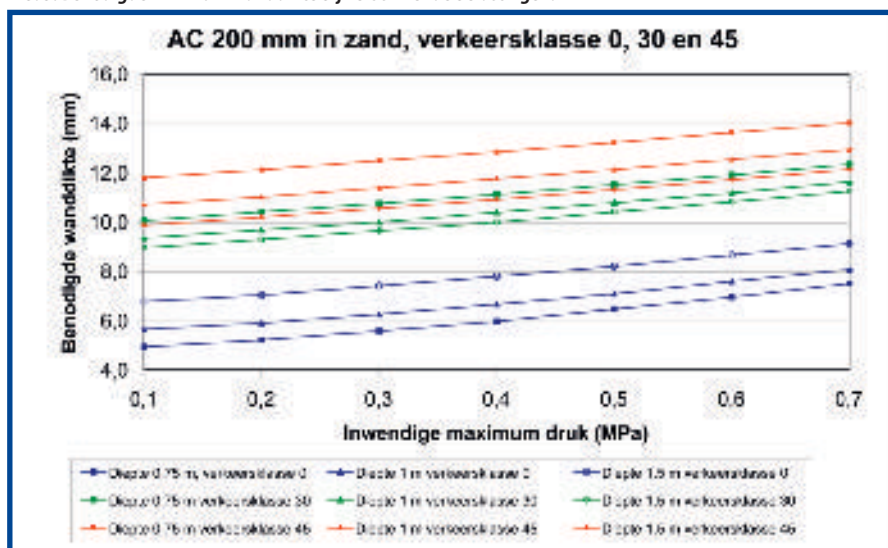
Als uit de berekening blijkt dat het spanningsniveau niet te hoog is en uit de testen blijkt dat het PVC niet de eigenschappen bezit die ervan worden verwacht, wordt de beperkte buiskwaliteit aangewezen als meest waarschijnlijke oorzaak van het bezwijken. Omdat een geleverde batch buizen over het algemeen volledig in één leiding wordt gebruikt, is hiermee de gehele leiding verdacht.

De bepaling van de weerstand tegen langzame scheurgroei is tot nog toe vooral uitgevoerd op schadegevallen en leverde daarbij redelijke verklaringen voor de breuken. Het lijkt erop dat deze eigenschappen voor een groot deel partijafhankelijk zijn: als één buis stuk gaat volgen vaak meerdere. Vaak wordt pas onderzoek gedaan bij een derde of vierde schadegeval in een leiding.

Storingsregistratie

De conditie van een leiding kan voor een deel worden herleid uit het aantal spontane storingen in die leidingen of in soortgelijke leidingen. Voor het vertalen van

Afb. 5: Benodigde minimum wanddikte bij verschillende belastingen.

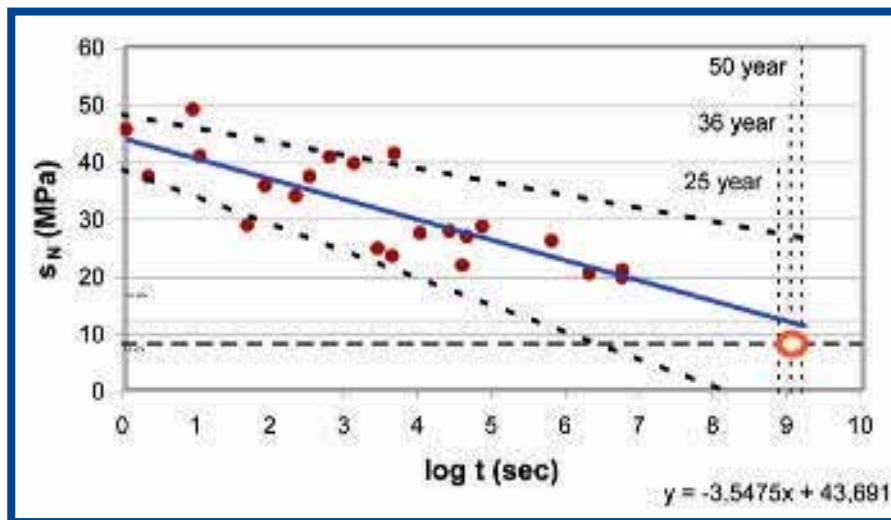


storinginformatie naar de te verwachten restlevensduur voor alle leidingen zijn meer gegevens noodzakelijk, bijvoorbeeld over de omgevingsfactoren (zoals nabijheid van bomen of grondwaterstand). Deze gegevens worden echter bij een storing zelden uniform geregistreerd¹⁰.

Om relaties te vinden tussen omgevingsfactoren, storingsfrequenties en de leidingconditie is niet alleen een uniforme registratie van storingsgegevens nodig, maar ook een hoeveelheid geregistreerde storingen die groot genoeg is om statistisch betrouwbare conclusies te trekken. Het samenbrengen van storingsgegevens kan ertoe bijdragen dat er voldoende gegevens zijn om conclusies te trekken. In de drinkwatersector is recent een storingregistratiesysteem beschikbaar gekomen: USTORE. De storingsgegevens van vijf waterbedrijven worden hierin verzameld en vormen zo een afdoende basis om conclusies te trekken. Een dergelijk systeem kan ook worden opgezet voor het registreren van storingen in afvalwaterleidingen. Binnen de afvalwatersector is een vergelijkbare ontwikkeling gaande bij algemeen onderhoud. Er is een aanpak geformuleerd om te komen tot een landelijke uniforme storingsregistratie die op termijn te benchmarken is. Aangegeven wordt aan welke minimale eisen waterschappen moeten voldoen bij storingsregistratie. Ook wordt een richtlijn aangegeven voor het toepassen van storingsanalysemethoden¹¹.

Conclusies

De verzamelde kennis over en onderzoeksmethoden voor leidingconditie is zowel in de drinkwater- als in de afvalwatersector te gebruiken. Het is van belang dat beide sectoren hun kennis delen over ontwikkelingen op dit gebied. In de drinkwater- en afvalwatersector bestaat een aanzienlijk deel van de leidingen uit PVC en asbestcement. De eigenschappen van deze materialen zijn niet afhankelijk van de specifieke toepassing. Methoden voor condi-



Afb. 8: Gemeten weerstand tegen langzame scheurgroei.

tiebepaling die zijn ontwikkeld in de drinkwatersector, zijn daarom ook toepasbaar op afvalwaterpersleidingen en andersom.

LITERATUUR

- 1) Beuken R., N. Slaats en R. de Bont (2011). Naar een duurzame balans tussen prestaties, kosten en risico's voor waterdistributie. *H₂O* nr. 8, pag. 30-32.
- 2) Werkgroep Persleidingen (2008) Beheer en onderhoud van persleidingen - Eindrapportage Opdrachtgever: Actieteam Onderhoudsmanagement van de Vereniging van Zuiveringbeheerders.
- 3) Vewin (2008). Drinkwaterstatistieken 2008: de watercyclus van bron tot kraan.
- 4) Stichting RIONED (2010). Riolering in beeld - Benchmark rioleringszorg 2010.
- 5) Slaats N., G. Mesman en L. Rosenthal (2003). Schade in asbestcement leidingen: vervangen of repareren? *H₂O* nr. 16, pag. 29-32.
- 6) Slaats N., J. Vreeburg, A. Boersma en J. Breen (2003). PVC-waterleidingen: hoe lang gaan ze mee? *H₂O* nr. 16, pag. 25-28.
- 7) Mesman G., N. Slaats, A. Boersma en B. Schultz (2009). Nieuwe methode inzetbaar bij saneringsbeslissingen PVC-leidingen. *H₂O* nr. 16/17, pag. 44-47.
- 8) Slaats N. en G. Mesman (2003). Conditiebepaling asbestcement waterleidingen - wanddikte, belastingen. KWR Watercycle Research Institute. BTO 2003.39.
- 9) Leroy P., M. Schock, I. Wagner en H. Holtschulte (1996). Cement-based materials. AwwaRF/DVWG-Technologiezentrum Wasser. Internal corrosion of water distribution systems (second edition).
- 10) Vloerbergh I. en M. Blokker (2010). Sharing failure data to gain insight into network deterioration. *Water asset management international* nr. 2, pag. 9-14.
- 11) Van Zutphen M. (2008). Registratie storingen uniform? *Neerslag* nr. 4, pag. 23-25.