

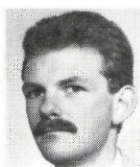
Waterkwaliteit in het leidingnet: Helderheid met monitorsystemen

Inleiding

Van oudsher concentreert de meeste aandacht voor de kwaliteit van het drinkwater zich op de zuivering. In de afgelopen tien jaar is echter het besef doorgedrongen dat de kwaliteit van het reine water aanmerkelijk kan veranderen tijdens het transport door het leidingnet naar de consument. Deze veranderingen in waterkwaliteit worden bijvoorbeeld veroorzaakt door:



TH. J. J. VAN DEN HOVEN
KIWA NV
Onderzoek en advies



J. H. G. VREEBURG
KIWA NV
Onderzoek en advies

- corrosie van leidingmaterialen [Van den Hoven, 1986; Van den Hoven en Van Eekeren, 1988];
- permeatie van organische stoffen vanuit verontreinigde bodems door kunststof leidingen [Vonk, 1985];
- uitloging van toxische stoffen vanuit leidingmaterialen;
- menging van water van verschillende bronnen;
- opwervelen van opgehoopt sediment;
- biologische activiteit [Van der Kooij, 1987].

Zoals is voorgeschreven in artikel 6 van het Waterleidingbesluit van 1984, bewaken de waterleidingbedrijven de waterkwaliteit in het leidingnet door bemonsteringsprogramma's, waarbij per 10.000 inwoners minimaal één monster per week wordt genomen. De plaatsen van deze steekmonsters worden in overleg met de Inspecteur van de Volksgezondheid bepaald. De monsters worden op een aantal parameters onderzocht en geven zo een indruk van de waterkwaliteit in het distributienet.

Een groot bezwaar van deze methode van steekmonsters is dat vaak onvoldoende en soms zelfs misleidende informatie wordt verkregen over **veranderingen** in waterkwaliteit, die tijdens de distributie optreden. De reden hiervan is dat de waterkwaliteit in het leidingnet van plaats tot plaats en van tijd tot tijd aanmerkelijk kan variëren, door fluctuaties in het zuiveringsproces en door de complexe structuur van een leidingnet met daarbij een sterk wisselend verbruikspatroon.

Samenvatting

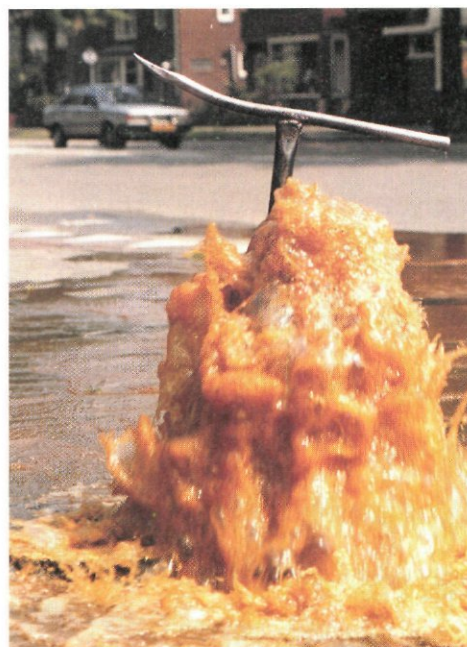
Dit artikel laat zien dat continu registrerende monitorsystemen een effectief hulpmiddel zijn voor het beheersen van de waterkwaliteit in een leidingnet. De monitorsystemen zijn succesvol ingezet bij onderzoek naar de oorzaken van bruin water, de vorming van kalksteen in warmwaterapparatuur, het effect van schoonmaakmethodes en verblijftijden in het leidingnet. Aan de hand van een aantal cases wordt dit toegelicht en wordt aangetoond dat het bemonsteringsprogramma, zoals uitgevoerd in het kader van het Waterleidingbesluit, vaak niet toereikend is om problemen met de waterkwaliteit in een leidingnet op te lossen.

Door het feit dat steekmonsters worden genomen, wordt hiermee geen rekening gehouden. Dit verklaart waarom problemen met de waterkwaliteit in het leidingnet, zoals bruin water en kalkafzettingen, vaak zo moeilijk zijn op te lossen.

Om aan deze bezwaren tegemoet te komen, heeft KIWA, in samenwerking met waterleidingbedrijven continu registrerende monitorsystemen ontwikkeld [Ekkers, 1985; Elzenga *et al.*, 1991]. Deze systemen zijn de afgelopen twee jaar verder ontwikkeld en in toenemende mate ingezet bij onderzoek naar waterkwaliteitsproblemen in het leidingnet. Dit artikel illustreert aan de hand van een aantal cases het nut van de monitorsystemen bij het controleren en handhaven van de waterkwaliteit in het leidingnet. We starten met een korte beschrijving van het monitorsysteem.

Het monitorsysteem

De veranderingen in de waterkwaliteit in het distributienet kunnen worden gemeten met behulp van continu werkende



Spuiing via een brandkraan. Hoewel bruin water een oud probleem is voor de waterleidingbedrijfstak, hebben veel bedrijven er nog steeds op een of andere manier mee te maken, vooral tijdens routinematige spuiingen van het leidingnet.

Monitor systeem. Het KIWA-monitorsysteem is verplaatsbaar, zodat het op iedere willekeurige plaats in het leidingnet kan worden opgesteld.



monitoren, de zogenaamde monitorsystemen. Deze systemen meten continu de parameters pH, zuurstofgehalte, troebelheid, geleidbaarheid, temperatuur en druk. Als optie kan ook de stroomsnelheid worden gemeten. De meetwaarden worden om de tien minuten opgeslagen in een datalogger en worden op een later tijdstip geanalyseerd [Ekkers, 1985].

De metingen worden uitgevoerd met drie monitorsystemen, die op verschillende plaatsen in het leidingnet zijn opgesteld. De plaatsing is afhankelijk van het doel van de meting. Wordt bijvoorbeeld gezocht naar de oorzaak van bruin water dan zijn de criteria voor de plaatsbepaling: gebieden met lage snelheden, gebieden waar menging van verschillende types water plaatsvindt, etc. Toetsing aan deze criteria vindt plaats met behulp van leidingnetberekeningen. Het programma ALEID kan hiervoor goed worden gebruikt. Ook gegevens over bruinwaterklachten en het toegepaste leidingmateriaal, vooral gietijzer, bepalen de plaatsing van de monitorsystemen. Richt het onderzoek zich bijvoorbeeld op uitloging van calciumhydroxyde, dan zijn verblijftijd en leidingmateriaal (asbestcement of gecementeerde leidingen) belangrijke criteria. Ook hier kunnen leidingnetberekeningen helpen bij de plaatsbepaling.

Over het algemeen zal één monitorsysteem een 'uitgangskwaliteit' meten, terwijl de andere twee de veranderingen ten opzichte van deze uitgangskwaliteit meten. Meestal betekent dit dat één monitorsysteem op het pompstation wordt geplaatst of aan het begin van een distributienet.

Ervaringen tot nu toe hebben geleerd dat

een meting ongeveer één week moet duren om betrouwbare informatie over veranderingen in de waterkwaliteit te verkrijgen.

Cases

Bruin water

Het probleem van bruin water in het leidingnet is zo oud als de waterleiding zelf. Toch hebben veel waterleidingbedrijven op de een of andere manier nog steeds te maken met dit probleem, zonder dat bevredigende oplossingen voorhanden zijn.

Bruin water kan worden veroorzaakt als een gevolg van de volgende processen:

- Corrosie van leidingmateriaal, in het bijzonder van gietijzer. In dit geval wordt ook wel de term bruin water gebruikt;
- Doorbraak van deeltjes door de filters van het zuiveringsbedrijf. Deze deeltjes accumuleren in het net;
- Voortgezette reactie's in het leidingnet, zoals de vorming van kalksteen, mangaan- en ijzer(hydr)oxyde, en de oxydatie van ammonium;
- Opwervelen van sediment dat is geaccumuleerd in het leidingnet, door veranderingen van stroomsnelheid en/of -richting.

Gewoonlijk wordt corrosie van gietijzeren leidingen als de belangrijkste oorzaak van bruin water gezien. Met behulp van een intensief meetprogramma met monitorsystemen heeft Gemeentewaterleidingen Amsterdam (GWA) aangetoond dat de bruinwaterproblemen in delen van haar voorzieningsgebied inderdaad voortvankelijk werden veroorzaakt door corrosie van gietijzeren leidingen [Elzenga *et al.*, 1991]. Afb. 1 geeft de resultaten van de monitormeting, voor wat betreft de troebelheid, op één plaats in het giet-

ijzeren leidingnet. Deze meting heeft een week lang geduurd.

In afb. 1 is een regelmatig patroon van pieken in de troebelheid te zien.

Alle pieken komen voor in de periode van middernacht tot 6.00 uur 's morgens.

In deze periode treden relatief lange verblijftijden op door het lage waterverbruik. De troebelheid neemt evenredig toe met de verblijftijd. Een nadere analyse van monsters, genomen in de nachturen bij hoge troebelheid, leverde op dat het aangetroffen materiaal voornamelijk uit ijzerverbindingen bestond. Dit alles betekent dat de hoge troebelheid wordt veroorzaakt door de afgifte van corrosieproducten van de gietijzeren leiding aan het water.

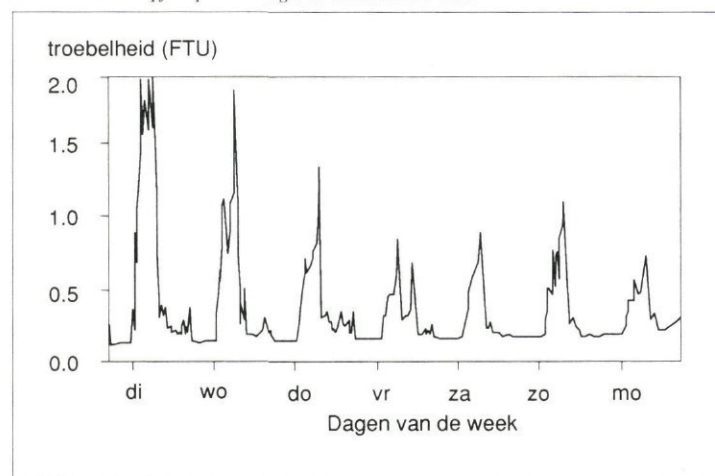
Uit deze meting blijkt ook dat verkeerde conclusies kunnen worden getrokken als alleen wordt afgegaan op de analyse van steekmonsters die zijn genomen tijdens de normale kantooruren. Alle monsters die overdag worden genomen, zouden de indruk geven dat er geen bruinwaterprobleem bestaat.

GWA heeft op basis van deze metingen de exploitatie van het leidingnet aangepast om de verblijftijden te verminderen.

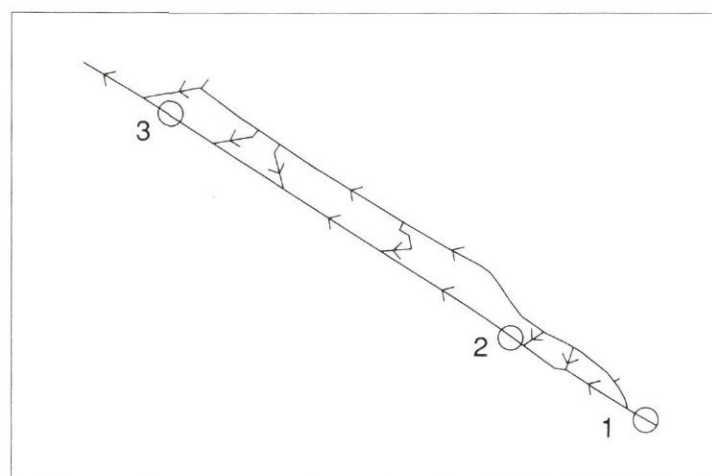
Een geheel andere oorzaak bleek ten grondslag te liggen aan de bruinwaterproblemen die recentelijk optraden in het gebied van Zandvoort van het Waterleidingbedrijf Zuid-Kennemerland (WLZK). Een schematische tekening van het leidingnet, de gemiddelde stroomrichting en de lokaties van de monitorsystemen zijn weergegeven in afb. 2. De stromingsrichtingen zijn bepaald met behulp van het KIWA-leidingnetberekeningsprogramma ALEID.

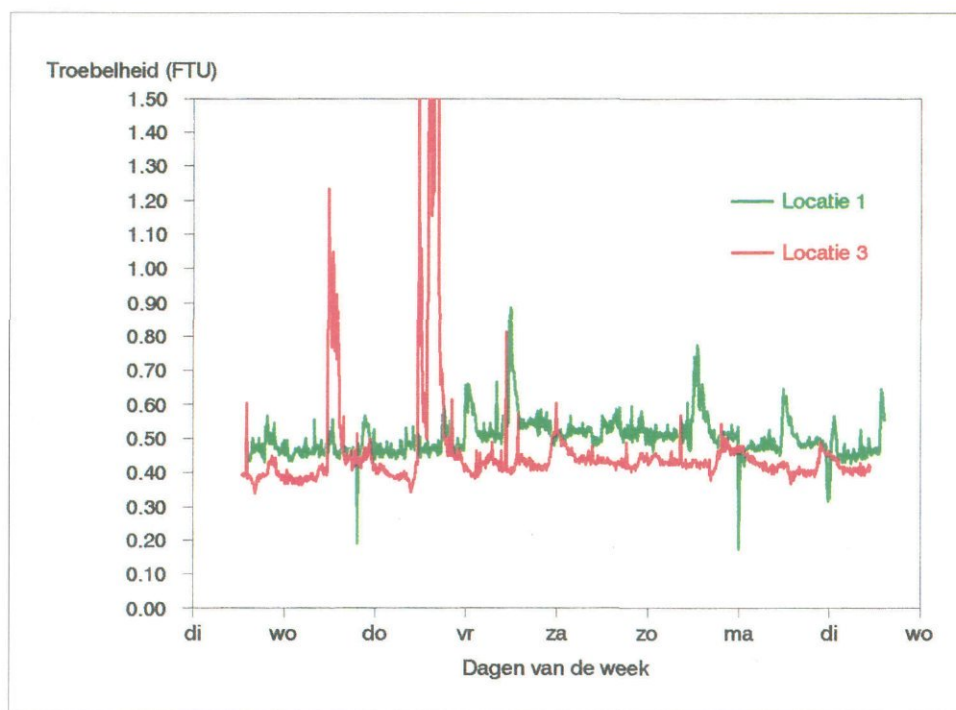
Deze problemen werden niet veroorzaakt

Afb. 1 - Verloop van de troebelheid op een lokatie in het gietijzeren leidingnet van Amsterdam. Resultaten van de metingen met het monitorsysteem [Elzenga, 1991]. De verticale streepjes op de X-as geven middernacht aan.



Afb. 2 - Gemiddelde stroomrichtingen in een deel van het leidingnet van Zandvoort. Tevens zijn de monitorlokaties weergegeven.





Afb. 3 - Verloop van de troebelheid op de lokatie 1 en 3 (zie afb. 2) van het leidingnet van Zandvoort.

door de gietijzeren leidingen maar door een relatief hoge troebelheid van het uitgaande water van het pompstation. Dit kwam naar voren bij monitor-metingen. Ter illustratie hiervan zijn de resultaten van een meting weergegeven in afb. 3.

Het typische tijdsafhankelijke patroon dat was te herkennen in het Amsterdamse leidingnet is niet te zien in het leidingnet van Zandvoort. Dit geeft aan dat afgifte van materiaal van de gietijzeren leidingen nauwelijks bijdraagt aan het ontstaan van bruin water. Deze conclusie werd bevestigd in onderzoek aan de uitgenomen gietijzeren leidingdelen. Er was een dunne bitumineuze deklaag aanwezig

waardoor nauwelijks corrosie of grafitering was opgetreden.

Afb. 3 laat zien dat er gemiddeld een afname is te zien van de troebelheid in de stromingsrichting van lokatie 1 naar lokatie 3. Dit betekent dat deeltjes bezinken in het leidingnet. Wanneer een plotseling hoog verbruik optreedt, worden deze deeltjes opgewerveld, waardoor bruin water ontstaat. Een voorbeeld hiervan is te zien in de troebelheidscurve van lokatie 3, waar pieken voorkomen op woensdag- en donderdagmiddag. Later bleek dat op die tijdstippen brandkranen werden geopend door derden. Wederom blijkt dat met behulp van steekmonsters de oorzaak van de problemen

niet is vast te stellen. Het kleine verschil tussen de troebelheden tussen lokatie 1 en 3 zal dan waarschijnlijk worden geweten aan meet-onnauwkeurigheden. De hoge pieken in de troebelheid zouden hoogstwaarschijnlijk helemaal niet zijn gemeten, door de korte tijd dat ze optreden. WLZK werkt nu aan het verder terugbrengen van de troebelheid van het water af pompstation. Vervanging of cementering van de gietijzeren leidingen, wat in de vorige case een oplossing voor de bruinwaterproblemen was, zal in dit geval niet helpen het bruine water te voorkomen.

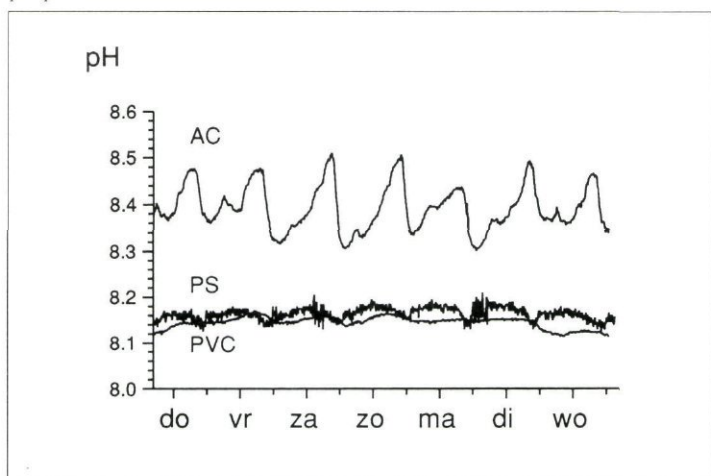
Uitloggen van asbestcement

In 1987 werd de Waterleiding-maatschappij Drenthe geconfronteerd met een plotselinge toename van verstopte geisers als gevolg van kalksteenafzettingen. Deze toename trad op, kort nadat het zuiveringsproces was uitgebreid met een beluchtingsstap. De problemen traden alleen op in die gebieden die werden voorzien vanuit asbestcement leidingen.

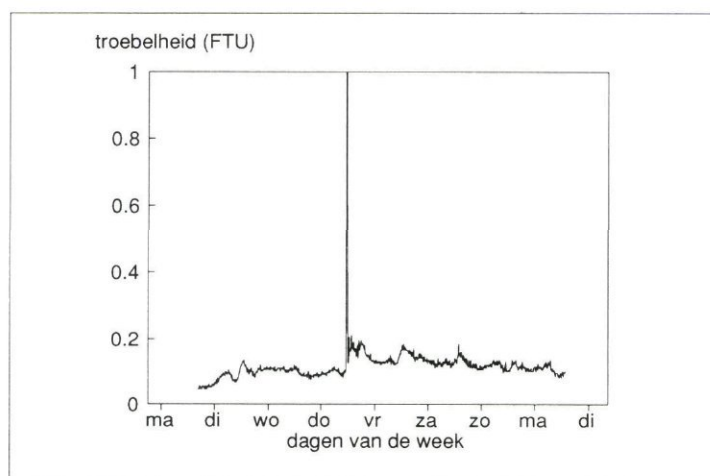
Continue monitormetingen op drie plaatsen, namelijk op het zuiveringsbedrijf, na passage door een asbestcement leiding en, ter vergelijking, na passage door een PVC leiding, lieten zien dat een significante stijging van de pH optrad in de asbestcement leiding [Van den Hoven en Van Eekeren, 1988]. De resultaten van deze meting zijn weergegeven in afb. 4.

Het pH-patroon volgt het waterverbruik: gedurende de nacht met lage verbruiken en lange verblijftijden is de stijging van de pH het meest uitgesproken, terwijl in de PVC-leiding nauwelijks een verandering van de pH is te zien. De pH-stijging is het gevolg van het uitloggen van calcium-

Afb. 4 - Verloop van de pH na passage door een AC leiding (lengte circa 4.900 meter, ø 175 mm, gemiddelde verblijftijd zes uur) en een PVC leiding. PS verwijst naar het pompstation.



Afb. 5 - Het effect van spuien op de troebelheid van het water. Het spuien heeft plaatsgevonden op donderdag tussen 10.00 en 12.00 uur.



hydroxide uit het cement [Jangsawang, 1987]. Deze uitloging bleek de oorzaak van de problemen met kalkafzettingen in geisers.

Zeer waarschijnlijk zou de pH-toename, die overdag slechts circa 0,2 pH-eenheid bedraagt, met steekmonsters niet opgemerkt zijn. De rol van asbestcement leidingen bij de problemen met kalkafzettingen was dan niet naar voren gekomen.

Tot voor kort werd aangenomen dat uitloging alleen optrad bij nieuwe leidingen. De onderzochte asbestcement leiding was echter 37 jaar oud. Monitor-metingen in andere distributienetten laten zien dat de pH-stijging een algemeen verschijnsel is voor cementhoudende leidingmaterialen, ongeacht de leeftijd.

Effect van schoonmaken door middel van spuien

Het routinematig spuien van leidingen is de meest gebruikte methode om een leidingnet schoon te maken en daardoor de waterkwaliteit op peil te houden. Er is echter maar weinig bekend over het effect van spuien. De monitorsystemen zijn gebruikt in verkennende experimenten om het effect van spuien vast te stellen. In afb. 5 worden resultaten van een dergelijk experiment weergegeven. In deze afbeelding is een drastische verhoging van de troebelheid gedurende het spuien waar te nemen.

Deze troebelheidspiek is te wijten aan het losse sediment dat op deze wijze uit de leiding wordt verwijderd. Nadat het spuien is beëindigd, is het niveau van troebelheid echter gedurende een aantal dagen verhoogd. Bovendien zijn



Spuiing van een brandkraan met schoon water. Zelfs als aan het einde van een spuiing een brandkraan schoon water geeft, wil dit niet zeggen dat al het sediment verwijderd is. Na het spuien treedt vaak een verhoogde troebelheid op, zoals in afb. 5 is te zien.

naderhand nog steeds piekjes te zien in de troebelheid die verband houden met piekverbruiken. Blijkbaar is met het spuien niet al het sediment verwijderd. In dit geval is het effect van spuien twijfelachtig en zelfs averechts, omdat de troebelheid naderhand hoger is dan vooraf.

Bepalen van verblijftijden

Met de monitorsystemen kunnen verblijftijden in het leidingnet worden gemeten. Kleine variaties in waterkwaliteit, die optreden bij een zuivering door een steeds wisselende belasting worden gebruikt als een soort natuurlijke tracer. Door de grote

nauwkeurigheid van de monitorsystemen kunnen deze kleine veranderingen in het leidingnet worden gevolgd. Ter illustratie hiervan zijn in afb. 6 de pH-metingen op een zuiveringsbedrijf en op een plaats in het bijbehorende leidingnet weergegeven. Een dagelijks terugkerend patroon in pH-fluctuatie kan zowel op het pompstation als in het leidingnet worden herkend. Vanuit het fase-verschil van de beide patronen kan de verblijftijd worden bepaald.

De verblijftijd bepaalt in belangrijke mate de kwaliteit van het water aan de tapkraan. Algemeen geldt dat hoe langer het water in het leidingnet verblijft, hoe groter de achteruitgang in kwaliteit is. De verblijftijd is een belangrijke stuurparameter om de waterkwaliteit in het leidingnet te beheersen.

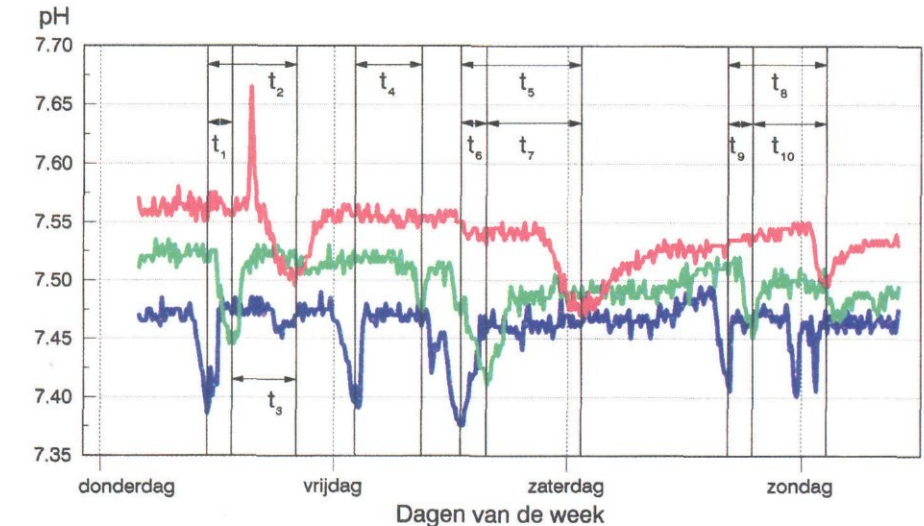
Conclusies

Vergeleken met de traditionele methode van monsternamen in het leidingnet, is het continue meten van de waterkwaliteit een meer effectieve methode om de waterkwaliteit in het leidingnet te controleren en te sturen. Continue monitormetingen geven bijvoorbeeld informatie over:

- De oorzaken van bruin water;

Bruin water kan ontstaan door deeltjes uit de zuivering, door afgifte van materiaal van leidingen, door vervuiling of door het mengen van watertypes. Met behulp van de monitorsystemen is een onderscheid te maken tussen deze verschijnselen en

Afb. 6 - Verloop van de pH op drie plaatsen in het leidingnet. De schommelingen in de blauwe lijn (pompstation) zijn in het leidingnet te herkennen. Met behulp van deze schommelingen is de verblijftijd te bepalen.



kunnen adequate maatregelen worden genomen. bebouwde kom van Terneuzen (circa 30.000 inwoners), loopt de voormalige afvalwatertransportleiding, een vrijvervaltransportleiding inwendig circa ϕ 1.500 mm. Tot voor kort werd het afvalwater van de gemeenten langs het Nederlandse deel van het Kanaal van Gent naar Terneuzen via deze leiding naar de Westerschelde afgevoerd. Doordat op een andere lokatie een afvalwaterzuivering gereed is gekomen, kon de leiding worden ingepast in de gemeentelijke riolering.

De leiding maakt nu, als vuilinsluitend riool, volledig onderdeel uit van het rioolstelsel van Terneuzen. Alle voorheen geknepen wijkaansluitingen op de transportleiding zijn sinds kort verruimd om bij beginnende regenval de first flush te bergen. De insluitkleppen zorgen ervoor dat het afvalwater in het vuilinsluitend riool wordt ingesloten en via het rioolgemaal wordt afgevoerd naar de afvalwaterzuivering. Het rioolstelsel van Terneuzen heeft een lage overstortingsfrequentie en leent zich bijzonder voor nader onderzoek.

7. Rendement investering

Bij de afweging van de maatregelen die de vuiluitworp moeten terugdringen, zal ook moeten worden gelet op de haalbaarheid van de maatregelen. Als een traditioneel gemengd rioolstelsel wordt uitgebreid met bergbezinkbassins, zal het gros van deze bassins bij een effectieve inhoud van 2 mm, niet groter worden dan 100 tot 150 m³. De bassins zullen doorgaans moeten worden voorzien van pompinstallaties en een slibverwijdering. Voor de afvoer van het slib zijn bij de beginoverstorten persleidingen naar de rioolgemalen nodig om herbezinking van het slib in de rioolstelsels te voorkomen. Om zicht te houden op het functioneren van bergbezinkbassins is een geautomatiseerd besturings- en controlesysteem zeer gewenst.

Bergbezinkbassins van deze omvang en uitrusting vereisen niet alleen hoge investeringen maar ook blijvende extra zorg en kosten. De investering die dergelijke bassins vergen is, per m³ effectieve inhoud, het twee- a drievoudige van een investering die nodig is voor het maken van een m³ extra berging in reeds te vervangen riolen.

De investering die met het realiseren van bassins is gemoeid, kan in veel gevallen aanzienlijk worden verminderd door het herinrichten van bestaande rioolstelsels tot

VIS-stelsel. Het rendement van de investeringen is bij deze oplossing optimaal. De totale vervangingswaarde van een heringericht stelsel stijgt maar in geringe mate en de jaarlijks terugkerende lasten voor de burgers blijven beperkt.

Momenteel wordt door HASKONING in opdracht van de gemeente Geertruidenberg, en met subsidie van het Hoogheemraadschap West-Brabant, een studie verricht naar de vuiluitworp-reductie die met de ombouw van een traditioneel gemengd rioolstelsel tot een VIS-stelsel kan worden bereikt. Naar verwachting zal de vuiluitworpreductie van een traditioneel gemengd rioolstelsel, dat bij de herinrichting wordt uitgebreid met 3,5 mm berging in vuilinsluitende riolen, van gelijke grootte zijn als de reductie door uitbreiding van hetzelfde stelsel met bergbezinkbassins van 3 mm inhoud. De vuiluitworpreductie van een VIS-stelsel kan aanzienlijk gunstiger zijn, naarmate men bij de herinrichting kans ziet om ongunstig gesitueerde overstorten te verplaatsen, de inzamelrioolstelseltjes optimaal in te richten en daarbij een zo groot mogelijk deel van de berging in de vuilinsluitende riolen te realiseren.

Zodra de opdracht is afgerond zal nader over de vuiluitworp-reductie van een VIS-stelsel worden gepubliceerd.

• • •

Waterkwaliteit in het leidingnet

• Slot van pagina 258

kunnen adequate maatregelen worden genomen.

- Het effect van schoonmaakmethodes voor het distributienet;
- Met de monitorsystemen is onder andere aangetoond dat in veel gevallen het spuien met water geen effect of zelfs een averechts effect heeft op de waterkwaliteit;
- Uitloging van asbestcement;
- Er is aangetoond dat uitloging als gevolg van oplossen van calciumhydroxide; optreedt in nagenoeg alle cementhoudende leidingmaterialen.
- Verblijftijden in leidingnetten.

Verantwoording

Het beschreven onderzoek is deels uitgevoerd in het kader van het VEWIN-Onderzoekprogramma en deels in opdracht van het Waterleidingbedrijf Zuid-Kennemerland (WLZK) en het Nutsbedrijf Regio Eindhoven (NRE). Dank zijn wij verschuldigd aan de heren De Bruin en Engels van WLZK, de heren Ernes, Maasackers en Melis van NRE, de

heren Bos, Hoogsteen en Poortenga van de WMD, de heren Graveland en Smeenk van GWA en de heer Veenendaal van het Water Laboratorium Noord voor hun bijdrage aan het onderzoek.

De monitormetingen zijn uitgevoerd door de heren Kreukniet en Van Walsum van KIWA.

Literatuur

- Ekkers, G. H. (1985). *Mobiel monitorsysteem KIWA bewaakt drinkwater in het net*. H₂O 18, 563 (1985).
- Elzenga, C. H. J., Smeenk, J. G. M. M., Graveland, A., Puffelen, J. van, en Hoven, Th. J. J. van den (1991). *Roestproblemen in gietijzeren leidingen*. KIWA rapport SWE 91.020.
- Hoven, Th. J. J. van den (1986). *Interacties tussen leidingmaterialen en drinkwater*. H₂O 19, 319 (1986).
- Hoven, Th. J. J. van den en Eekeren, M. W. M. van (1988). *Optimale samenstelling van drinkwater*. KIWA mededeling 100.
- Jangsawang, S. (1987). *Corrosion of asbestos cement pipes in water supply systems in Thailand*. M.Sc. Thesis IHE, Delft.
- Kooij, D. van der (1987). *Actuele bacteriologische problemen bij opslag, transport en distributie van drinkwater*. H₂O 20, 6 (1987).
- Vonk, M. W. (1985). *Permeatie van organische verbindingen door leidingmaterialen*. H₂O 18, 529 (1985).

• • •

Cursus geohydrologisch model in het vooronderzoek

BROKS Adviezen BV gaat de cursus: 'Het geohydrologisch model in het vooronderzoek' organiseren. De cursus heeft als subtitels:

- 'De voorstudie als middel tot het maken van een goed plan voor geohydrologisch onderzoek'.
- 'Het schematiseren van de werkelijkheid tot een doeltreffend denk- en rekenmodel'.

In tegenstelling tot eerdere berichten zal de cursus worden georganiseerd in oktober 1992 en wel van maandag 12 oktober tot en met vrijdag 16 oktober 1992. De cursus wordt opgezet als workshop en duurt 5 dagen. Informatie over cursusinhoud en -opzet staat afgedrukt in H₂O (25) 1992, nr. 8, van 9 april jl. op pagina N 16.

Inlichtingen en aanmelding

Nadere inlichtingen over de cursus en de organisatie zijn te verkrijgen bij BROKS Adviezen BV, Postbus 92, 5258 ZH Berlicum of onder telefoonnummer 073 - 12 44 99 (ir. A. P. M. Broks of ir. J. Teunissen). Plaatsreservering voor de cursus kan nu reeds vrijblijvend plaatsvinden. Uw definitieve aanmelding moet plaatsvinden vóór 18 september 1992.