



Hendrik Beverloo, Kiwa Water Research

Mirjam Blokker, Kiwa Water Research

Maurice van der Roer, Duinwaterbedrijf Zuid-Holland

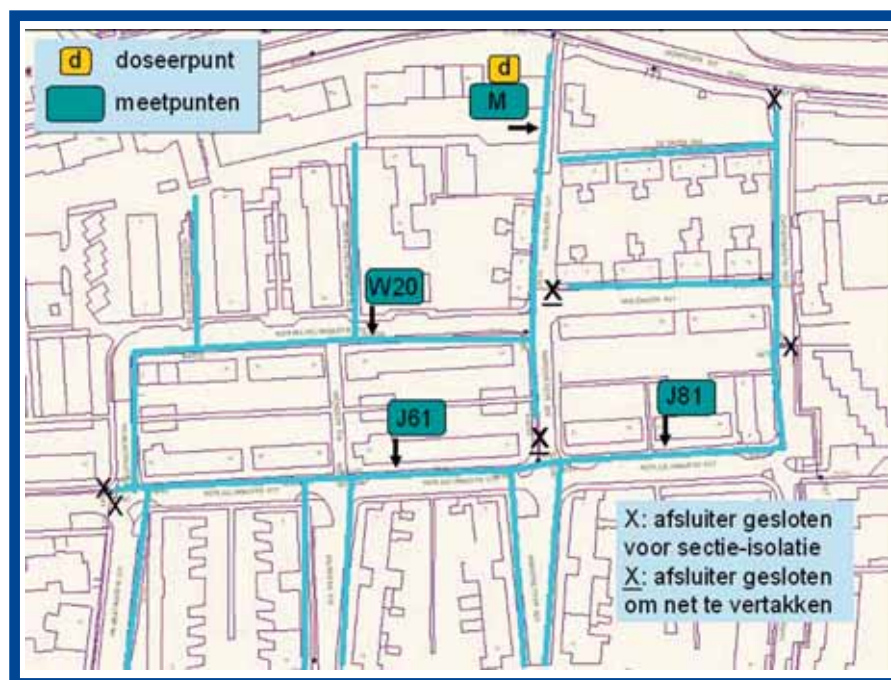
Verblijftijden in vertakt en vermaasd distributienet op basis van EGV

Voor waterbedrijven is het belangrijk om de verblijftijd van drinkwater in het leidingnet te kunnen meten. Verblijftijden zijn nodig om leidingnetberekeningen te kunnen valideren. In een klein distributienet met 147 woningen in Benthuizen zijn verblijftijden gemeten door zout te doseren en vervolgens de toe- en afname van het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) te meten op het doseerpunt en drie meetpunten in de wijk. Door gebruik te maken van een statische mengers en een volumeproportionele toevoeging van zout werd bereikt dat het EGV snel toenam en weer afnam bij het stoppen van de toevoeging. Door afwisselend vier uur wel en vier uur niet te doseren, kon de variatie van de verblijftijd over de dag in beeld worden gebracht. Het net is doorgemeten in een vertakte en een vermaasde configuratie. Het is voor het eerst dat deze verblijftijdmeting succesvol in Nederland is toegepast.

De waterbedrijven DZH, PWN en Waternet zijn in hun gezamenlijke onderzoeksprogramma in 2004 met onderzoek begonnen naar het bepalen van verblijftijden in distributienetten. Lange verblijftijden in het leidingnet leiden mogelijk tot een afname van de waterkwaliteit. Waterbedrijven kunnen met leidingnetberekeningen bepalen waar lange verblijftijden optreden. Deze berekeningen zijn mogelijk onnauwkeurig, met name voor zeer lange verblijftijden (enkele dagen) en in de uitlopers van het leidingnet. De modellen kunnen worden gevalideerd door verblijftijden te meten.

Meetmethoden

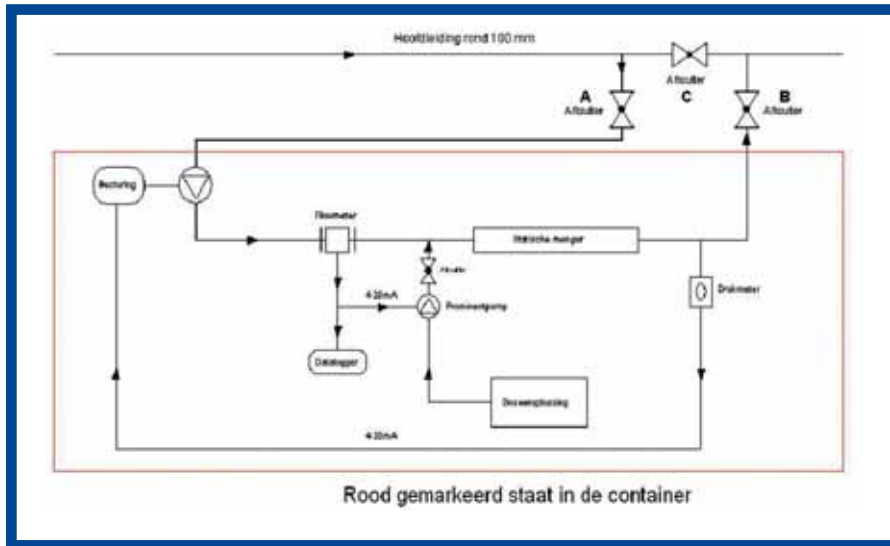
Het meten van verblijftijden in het leidingnet is niet eenvoudig. Om een verblijftijd te kunnen meten, moet een parameter gevonden worden die gevolgd kan worden door metingen in het leidingnet uit te voeren. Preciezer gezegd: er is een waterkwaliteitsparameter nodig om de verblijftijd te bepalen. Uit literatuuronderzoek komen verschillende manieren naar voren om verblijftijden vast te stellen. Meestal gaat het om het volgen van het elektrisch geleidingsvermogen en pH-schommelingen, troebelheidpieken en deeltjesaantallen vanaf het pompstation tot in het distributienet. Ook is het mogelijk stoffen toe te voegen en daaraan te meten, zoals vrij chloor, fluoride of 'zwaar water'. Uit praktische overwegingen



Afb. 1: Meetlocatie Benthuizen (X afsluiter die continu dicht staan tijdens de proef om het gebied te isoleren; X afsluiter die dicht staan tijdens vertakte situatie en open staan tijdens vermaasde situatie).

gaat de voorkeur uit naar een parameter die gemakkelijk (goedkoop) te meten is en die de drinkwaterlevering niet beïnvloedt. Uit berekeningen blijkt dat de verblijftijd niet constant is over de dag: door een hoge

afname tijdens de piekuren in de ochtend wordt de verblijftijd verkort. Daarom is het ook gewenst dat de parameter een aantal keer per dag kan worden gemeten.



Afb. 2: Schema van de doseerinstallatie in de container.

De pH- en EGV-schommelingen af pompstation zijn vaak te gering voor een verblijftijdmeting, omdat het water uit een reinwaterkelder wordt gepompt waar alles al gemengd is. Ook worden de troebelheidspieken en deeltjesaantallen in de reinwaterkelder uitgevlakt. Bovendien bezinkt sediment in het voorliggende transport- en distributienet, waardoor deze parameters niet geschikt zijn voor verblijftijdmetingen in een distributienet. In Nederland is het verboden om vrij chloor en fluoride aan het drinkwater toe te voegen; het is dus geen optie om de toevoeging van vrij chloor of fluoride stop te zetten en de afname te volgen. Het gebruik van 'zwaar water' is duur en niet continu te monitoren. Als meest geschikte methode om de verblijftijden in een distributienet te bepalen, is er daarom voor gekozen keukenzout toe te voegen aan het drinkwater en de veranderingen in het EGV met behulp van monitorsystemen te volgen. Als meetlocatie is een wijk in Benthuzen gekozen. Deze wijk is met een paar afsluiters goed en eenvoudig te isoleren. In Benthuzen wordt water gedistribueerd afkomstig van pompstation Scheveningen, met een EGV van 44 mS/m.

Proefopzet

Het meetnet is een deel van het distributienet in Benthuzen en bevat 147 woningen (zie afbeelding 1). Het is voor dit onderzoek geïsoleerd van de rest van het distributienet. Het meetnet is in twee verschillende configuraties gebruikt: als een vermaasd- en als een vertakt net. Omzetten van een vermaasd net naar een vertakt net is eenvoudig te verwezenlijken door twee afsluiters open of dicht te zetten. De meetlocaties in het meetnet zijn Molenstraat (doseerpunt en meetpunt volumestroom en EGV), Kon. Wilhelminastraat 20, Kon. Julianastraat 61 en Kon. Julianastraat 81 (meetpunten EGV).

Om de dosering mogelijk te maken, is een doseerinstallatie gebouwd en in een container ondergebracht (zie afbeelding 2). De installatie bestaat uit een pomp, volumestroommeter, doseerpomp, statische menger en een drukmeter. De container is naast de distributieleiding geplaatst. Via een

gat in de wand van de container komt het water binnen via afsluiter A en na dosering en menging verlaat het drinkwater de container via afsluiter B door een ander gat in de wand. Afsluiter C zorgt ervoor dat tijdens het experiment alleen doorstroming via de doseerinstallatie mogelijk is.

DZH heeft een leveringsbeleid voor de druk op het waterleidingnet van 20 mwk bij binnenkomst van een woonhuis. Om die 20 mwk te garanderen, is het drukverlies over de opstelling bepaald. De opstelling bevat een statische menger, een volumestroommeter en een aantal 90°-bochten. Met een maximale volumestroom van 7,5 kubieke meter per uur betekent dit een drukverlies van 5 mwk over de opstelling. De laagste druk die gemeten is in de wijk, bedroeg 23,5 mwk. Wanneer het drukverlies van 5 mwk optreedt tijdens de laagst gemeten druk van 23,5 mwk, is er nog maar 18,5 mwk over. Dit betekent dat het leveringsbeleid van 20 mwk in het geding is. Om het leveringsbeleid te borgen, is een frequentiegeregelde pomp opgenomen in de opstelling. Deze pomp werd aangestuurd door de drukmeter om een constante druk van 30 mwk op het leidingnet te garanderen.

De dosering aan het water is volumeproportioneel (een constant volume doseeroplossing per kubieke meter drinkwater), zodat tijdens de dosering de toegevoegde concentratie NaCl en het EGV in het drinkwater constant zijn. Omdat de dosering geregeld wordt op basis van de volumestroom, is de volumestroommeting erg belangrijk. De instelling van de volumestroommeter is aangepast aan de te verwachten verbruikspatronen die al in de zomer van 2006 gemeten zijn. De maximale volumestroom is ook van belang voor de maximale volumestroom van de doseerpomp. Volgens de handleiding kan de doseerpomp maximaal twee liter water per uur doseren.

De doseerpomp is 'uitgeliterd' om de maximale volumestroom vast te stellen: 3,1 liter per uur. Hierbij heeft de doseerpomp echter geen tegendruk zoals tijdens de daadwerkelijke doseringen. De doseeroplossing is ook visceuzer dan water. De maximale volumestroom tijdens de

metingen zal daarom tussen twee en 3,1 liter per uur liggen. Na de dosering is een statische menger geplaatst, zodat het water goed gemengd het distributienet weer ingaat.

Vóór de dosering is de concentratie Cl⁻ en Na⁺ ionen en het EGV in het water van Benthuzen bepaald. Met een verhoging van 20 tot 30 procent van het elektrisch geleidingsvermogen worden de normen van het Waterleidingbesluit niet overschreden. Het zout dat gebruikt is voor de doseeroplossing, is zeer zuiver en voorafgaand aan de proef geanalyseerd op zware metalen. De zoutoplossing had een concentratie van 156,25 g/l NaCl. Berekend is dat de te verwachte toename van het elektrisch geleidingsvermogen tussen de 10,5 en 15,7 mS/m zal liggen, afhankelijk van de volumestroom van de doseerpomp.

De meetopstellingen in de wijk hebben een deelstroom nodig voor de metingen. Deze bedraagt 40 liter per uur. Om de verblijftijden in het distributienet niet te lang te maken en het risico van 'opdrinken' van de toevoegingen zo klein mogelijk te maken, is ervoor gekozen om op punt J81 een extra onttrekking te doen van 400 liter per uur. Om de verblijftijd op verschillende momenten van de dag te kunnen meten, zijn tijdens de proef op verschillende tijdstippen van de dag doseringen gedaan. Om ervoor te zorgen dat de toevoegingen niet worden 'opgedronken', is gedurende vier uur gedoseerd en vervolgens gedurende vier uur niet gedoseerd. Zo was de dosering al het distributienet uit voor de volgende dosering begon. Dit komt neer op drie doseringen per dag.

Resultaten

In afbeelding 3 staan de volumestromen die gemeten zijn tijdens de vertakte en de vermaasde situatie. De figuur toont dat er te allen tijde een verbruik is van de meetapparatuur en de extra onttrekking. Het voortschrijdende gemiddelde van de volumestroommetingen laat een dag-en-nachtpatroon zien, met in de nacht zo goed als geen verbruik, in de ochtend een groot verbruik, in de middag laag verbruik en in de avond weer iets toenemend verbruik.

Vertakt distributienet

De meetresultaten voor het elektrisch geleidingsvermogen in het vertakte distributienet zijn in afbeelding 4 weergegeven. Het is goed te zien dat het water volgens de vertakte situatie stroomt: van locatie Molenstraat naar Kon. Wilhelminastraat 20 en dan naar Kon. Julianastraat 61, waarna het uitkomt bij Kon. Julianastraat 81. De verblijftijd is af te lezen uit de grafiek door de begin- (of eindtijd) van de dosering te noteren en deze van de tijd van de EGV-verhoging (of -verlaging) op de verschillende monsterpunten af te trekken. Bijvoorbeeld: op locatie Molenstraat wordt rond 06:20 uur gedoseerd en komt de EGV-verhoging op 06:50 uur, 07:30 uur en 07:50 uur aan bij achtereenvolgens Kon. Wilhelminastraat 20, Kon. Julianastraat 61 en Kon. Julianastraat 81. De verblijftijden vanaf de Molenstraat tot Kon. Wilhelminastraat 20,

Kon. Julianastraat 61 en Kon. Julianastraat 81 bedragen 's ochtends dus respectievelijk 30, 70 en 90 minuten.

Vermaasd distributienet

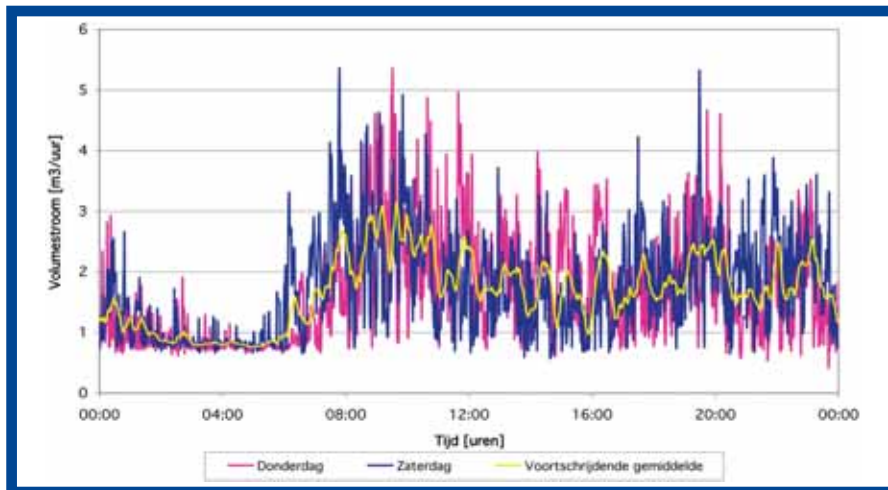
De meetresultaten voor het elektrisch geleidingsvermogen in het vermaasde distributienet zijn in afbeelding 5 weergegeven. Hierin is de stromingsrichting niet meer eenduidig aan te geven. De verblijftijden zijn op dezelfde manier te bepalen als in de vertakte situatie. Bijvoorbeeld op locatie Molenstraat wordt rond 06:20 uur gedoseerd en komt op 07:20 uur, 7:50 uur en 7:20 uur aan op respectievelijk Kon. Wilhelminastraat 20, Kon. Julianastraat 61 en Kon. Julianastraat 81. Hieruit is af te leiden dat de verblijftijden vanaf het meetpunt Molenstraat tot Kon. Wilhelminastraat 20, Kon. Julianastraat 61 en Kon. Julianastraat 81 's ochtends respectievelijk 60, 90 en 60 minuten bedragen.

In beide grafieken is te zien dat het elektrisch geleidingsvermogen sterk varieert als niet gedoseerd wordt. Dit effect is bij de dosering terug te zien. Onduidelijk is waarom het EGV op locatie Molenstraat zo instabiel is. De meest waarschijnlijke verklaring is dat de variatie af pompstation er reeds is, hoewel tijdens eerdere metingen in 2006 de variatie vrijwel afwezig was. De variatie in het geleidingsvermogen heeft de bepaling van de verblijftijd niet nadelig beïnvloed.

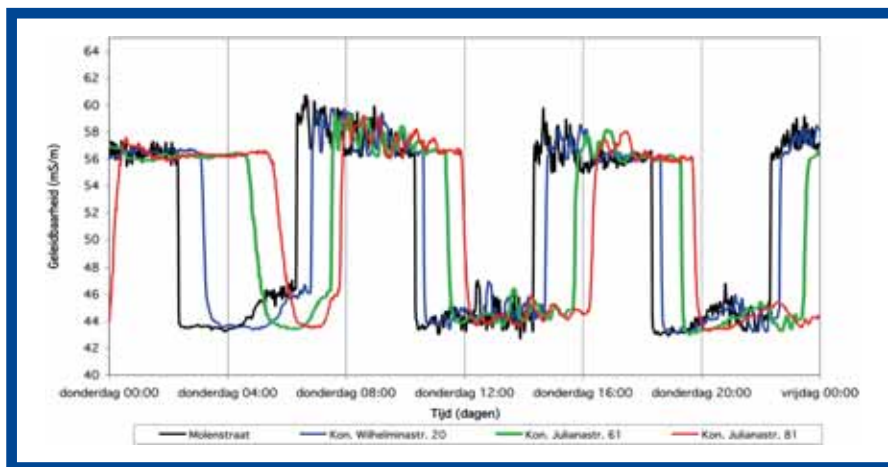
Conclusies en aanbevelingen

De toegepaste methode voor het meten van de verblijftijd werkt goed. Er was voldoende menging om een snelle EGV-verhoging (en -verlaging) waar te nemen en op basis daarvan de verblijftijd vast te stellen. De verblijftijden zijn zowel in de vermaasde als de vertakte configuratie goed te bepalen. Door te werken met een aantal pulsen per dag kan de variatie van de verblijftijd over de dag ook in beeld worden gebracht (zie bijvoorbeeld in afbeelding 4 het verschil tussen de verblijftijden in de ochtend, middag en avond). Deze verschillen zijn ook goed terug te zien in afbeelding 5: de verblijftijden op de locatie Kon. Wilhelminastraat 20 en Kon. Julianastraat 81 zijn ongeveer gelijk in de ochtend, middag en avond, maar 's nachts vertonen ze een groot verschil. De tijdsduur voor de zoutdoseringen van vier uur is bij deze metingen goed gekozen; bij de vermaasde situatie gingen de opeenvolgende pulsen net niet in elkaar over. Bij het vaststellen van de meest geschikte lengte van de puls met en zonder dosering is het van belang om rekening te houden met het verbruik en de afstanden van het doseerpunt tot aan de meetpunten. Om tijdens het beperkte tijdsbestek (zes meetdagen) toch de variatie van de verblijftijd over de dag te kunnen meten, is extra verbruik op meetpunt Kon. Julianastraat gerealiseerd. Zonder dit extra verbruik hadden de tussenpozen tussen de pulsen langer moeten zijn en hadden minder metingen per dag verricht kunnen worden.

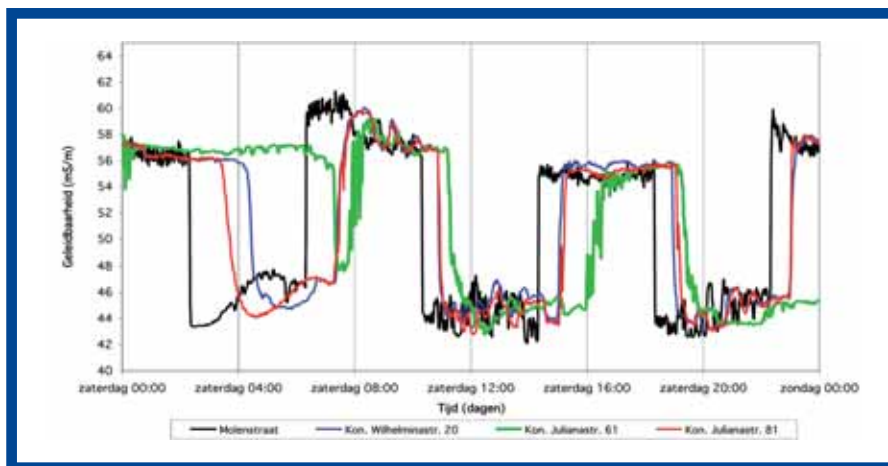
De stromingsrichting in de vermaasde situatie is niet zo eenduidig als in de vertakte situatie. Dit komt doordat in de vermaasde situatie menging optreedt en pendelzones aanwezig zijn. Daardoor kan een puls worden



Afb. 3: Volumestromen in de vertakte en de vermaasde situatie.



Afb. 4: EGV-metingen op locaties Molenstraat, Kon. Wilhelminastraat 20, Kon. Julianastraat 61 en Kon. Julianastraat 81 in de vertakte situatie.



Afb. 5: EGV-metingen op locaties Molenstraat, Kon. Wilhelminastraat 20, Kon. Julianastraat 61 en Kon. Julianastraat 81 in de vermaasde situatie.

gesplitst en komt het begin van de puls niet per se als eerste aan op het meetpunt. Metingen in de vermaasde situatie zouden verbeterd kunnen worden door de pulsen met dosering korter te houden dan de pulsen zonder dosering.

Voor het opschalen van de meetmethode naar een groter distributiegebied is het aan te bevelen om de frequentie en duur van de puls vast te stellen op basis van het verwachte verbruik en de dispersie

(uitsmering van de puls). Hoe complexer het systeem, des te minder eenduidig de meting wordt door menging en pendelzones. Het is aan te bevelen om voor de meting het systeem te vereenvoudigen door het (gedeeltelijk) vertakt te maken.