



Mirjam Blokker, Kiwa Water Research
 Peter Schaap, Kiwa Water Research
 Jan Vreeburg, Kiwa Water Research / TU Delft
 Peter Horst, PWN

Evaluatie bevestigt effectiviteit ontwerpconcepten zelfreinigende netten

In 1999 zijn de ontwerpconcepten voor zelfreinigende distributienetten geïntroduceerd, die stellen dat in vertakte en met kleinere diameters aangelegde netten geen sediment accumuleert. Om deze te evalueren, zijn in de zomer van 2006 drie verschillende distributienetten getest op hun zelfreinigende werking. Met volumestroommetingen, deeltjestellingen en spuitproeven is onderzocht of sediment opwerfelt of bezinkt en accumuleert. De metingen laten zien dat de ontwerpconcepten uit 1999, toegepast in het leidingnet van 2004, leiden tot zelfreinigende leidingnetten. In het vertakte net uit 2002 was sprake van bezinking en opwerveling en enige accumulatie van sediment; in de warme zomerdagen van juni en juli 2006 werd in dit net voldoende sediment opgewerveld en afgevoerd om te spreken van een zelfreinigend net op jaarbasis. In het vermaasde net accumuleerde sediment; dit net bleek niet zelfreinigend.

De nieuwe ontwerpconcepten voor distributienetten zijn in 1999 geïntroduceerd⁵⁾. Deze houden in dat distributienetten vertakt en met kleinere diameters worden aangelegd. Het doel is om een voldoende hoge snelheid en een uniforme stromingsrichting te creëren, waardoor geen deeltjes in het leidingnet kunnen accumuleren. De maximale volumestroom wordt, op basis van het aantal woningen op een leiding en het aantal tapeenheden per woning, voorspeld met de zogenaamde $q\sqrt{n}$ -methode⁴⁾. De leidingdiameter wordt gekozen op basis van de berekende volumestroom en de ontwerp-snelheid van 0,4 m/s. Deze snelheid moet dagelijks optreden om eerder bezonken sediment op te wervelen.

Sinds 2000 leggen steeds meer Nederlandse waterleidingbedrijven hun nieuwe distributienetten vertakt aan. De reden voor de overstap is dat dit leidt tot een reductie in aanlegkosten van circa 20 procent, voornamelijk vanwege de kortere en dunnere leidingen. In de praktijk worden de leidingdiameters echter geregeld groter gekozen dan op basis van de ontwerpcriteria mag worden verwacht. Reden hiervoor is de wens van de brandweer om bluswater te betrekken

uit het drinkwaternet. Op leidingen van Ø63 mm kan een brandkraan worden geplaatst met een capaciteit van veelal minimaal 30 kubieke meter per uur. Dit is voldoende in nieuwbouwwijken waar gebouwd is volgens moderne bouwvoorschriften. Wanneer een grotere bluswatercapaciteit nodig is, kiezen sommige waterleidingbedrijven voor grotere leidingen. Daardoor wordt de zelfreinigende werking mogelijk minder. De nu uitgevoerde evaluatie dient ter onderbouwing van de noodzaak leidingnetten aan te leggen met kleine leidingdiameters.

De uitgangspunten van de nieuwe ontwerpconcepten zijn in 2001 en 2002 getest in een laboratorium en bevestigd door metingen in de praktijk^{1),6),7),8)}. Deze metingen zijn echter niet gedetailleerd genoeg en geven te weinig houvast om het positieve effect van zelfreinigende netten te onderbouwen. Ook geven deze metingen geen uitsluitsel over de juistheid van de gekozen ontwerpparameters (te verwachten maximum volumestroom die met de $q\sqrt{n}$ -methode wordt voorspeld en een snelheid van 0,4 m/s). In de zomer van 2006 zijn daarom in Hoofddorp metingen uitgevoerd om

Tabel 1. Minimum aantal achterliggende woningen voor verschillende leidingdiameters.

	interne diameter (mm)	minimum aantal achterliggende woningen	commentaar
ZPE 40	35,2	1	na brandkranen minimaal zes achterliggende woningen
ZPE 50	44,0	4	
PVC 63	58,2	12	
PVC 90	83,0	46	maximaal 250 woningen per sectie
PVC 110	101,6	100	
PVC 160	147,6	250	

het effect van het ontwerp op de waterkwaliteit vast te stellen²⁾. De metingen zijn gedaan in drie verschillende distributienetten: een vermaasd net (in de wijk Overbos), een vertakt net met concessies aan de diameter (in de wijk Floriande) en een vertakt net zonder concessies (verder aangeduid als vertakt-plus, in de wijk Pleinen).

Het eerste net is in 1986 vermaasd aangelegd met leidingen van Ø150 en Ø100 mm en enkele takken van Ø63 mm; het tweede net is in 2002 vertakt aangelegd met leidingen van Ø110, Ø63 en enkele van Ø50 mm; het derde net is in 2004 vertakt aangelegd met kleinere diameters op basis van de zelfreinigende ontwerpconcepten uit 1999 (leidingen van Ø63, Ø50 en Ø40 mm). Tabel 1 toont het minimum aantal achterliggende woningen per diameter. De drie netten worden gevoed met dezelfde waterkwaliteit en zijn alle reeds enige tijd in gebruik.

De hypothese is dat zelfreinigende netten, aangelegd volgens de nieuwe ontwerpconcepten, minder vervuilen dan conventionele netten. Om deze hypothese te kunnen toetsen is een aantal deelhypothesen opgesteld:

- In een net met kleine diameters zullen hogere stroomsnelheden optreden dan in een net met grotere diameters; in zelfreinigende netten zal de ontwerpsnelheid van 0,4 m/s frequent optreden;
- In een zelfreinigend net is de massa die het net ingaat gelijk aan de massa die het net verlaat; in een vervuilend systeem zal sediment bezinken en zal er minder massa uitgaan dan erin komt. Op momenten van grote vraag kan eerder bezonken sediment juist opgewerveld worden en is de massa die het net uitgaat groter dan de massa die erin komt;
- In zelfreinigende leidingen is de hoeveelheid per strekkende meter aanwezige sedimentmassa nul of in ieder geval veel lager dan in vervuilende leidingen. Dit betekent dat de troebelheid tijdens opwervelen (spuien) in een zelfrei-

deeltjes-fractie (um)	1-2	2-3	3-5	5-7	7-10	10-15	15-20	>20	
vertakt-plus	12-15 juni	0,98	1,04	0,92	0,88	0,86	1,11	1,25	1,06
	15-19 juni	0,98	1,04	0,96	1,09	1,10	0,95	0,65	1,26
	19-22 juni	1,08	1,13	1,04	1,89	2,69	1,07	0,45	0,78
	totaal	1,00	1,05	0,94	1,01	1,10	1,08	1,10	1,07
vertakt	2-6 juni	1,76	1,32	1,14	1,17	1,18	1,70	2,64	5,34
	6-9 juni	1,85	1,46	1,24	1,29	1,43	3,44	6,27	12,85
	9-12 juni	1,13	1,30	1,13	0,96	0,78	0,85	0,85	1,06
	totaal	1,38	1,31	1,14	1,02	0,91	1,21	1,47	1,63
vermaasd	22-26 juni	0,41	0,52	0,82	2,32	8,71	18,53	14,26	15,3
	26 juni-3 juli	1,39	3,31	4,32	5,23	5,28	6,30	11,56	7,76
	3-6 juli	1,39	3,17	4,71	9,80	17,85	30,06	35,03	6,60
	totaal	0,96	1,82	2,76	5,49	9,93	16,68	18,27	9,80

Tabel 2. Aantal uitgaande deeltjes gedeeld door aantal ingaande deeltjes per klasse.

nigend net minder zal toenemen dan in een vervuilend net.

In het onderzoek zijn deeltjestellingen, volumestroommetingen en spuiproeven uitgevoerd in de drie distributienetten. De volumestroommetingen en deeltjestellingen werden uitgevoerd tijdens de warme zomerdagen van juni 2006 toen het waterverbruik hoger was dan gemiddeld. De spuiproeven vonden eind augustus 2006 plaats.

Volumestroommetingen

De volumestroommetingen zijn uitgevoerd op de aanvoerleidingen van de twee vertakt aangelegde gebieden. Hierachter bevonden zich in gebied 'vertakt' 373 (tijdens de testperiode was dit gebied geïsoleerd door één afsluiter dicht te zetten) en in gebied 'vertakt-plus' 157 huishoudelijke aansluitingen.

Met SIMDEUM³⁾ zijn de verbruikspatronen van deze gebieden gesimuleerd. De vergelijking van gemeten en gesimuleerde patronen geeft veel vertrouwen in de

simulatiemethode. De $q\sqrt{n}$ -methode (met 15 tapeenheden) overschat de gemeten maximum volumestroom met 35 procent en 85 procent (voor respectievelijk gebied 'vertakt-plus' en 'vertakt'); SIMDEUM overschat de maximum volumestroom met slechts 20 procent. Bovendien geeft het model informatie over hoe vaak per dag de maximale volumestroom optreedt.

Met SIMDEUM is vervolgens voor verschillende punten in het leidingnet de maximale snelheid berekend⁴⁾. Zo is de eerste deelhypothese bevestigd. In gebied 'vertakt-plus' treden de hoogste snelheden op, in gebied 'vermaasd' de laagste. In gebied 'vertakt-plus' treedt de snelheid van 0,4 m/s regelmatig op.

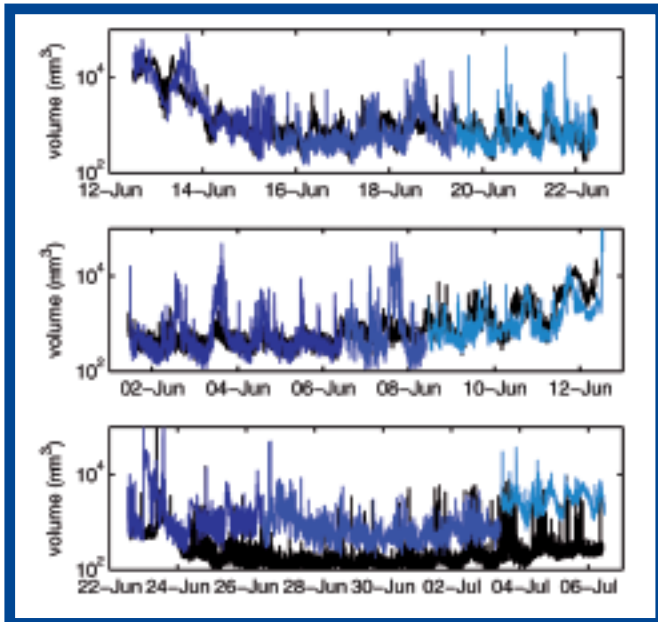
Deeltjestellingen

De tweede hypothese is getest met deeltjestellingen. Deeltjestellers zijn geplaatst op de voedende leiding (om gedurende tien dagen de ingaande deeltjes te tellen) en op verschillende leidingen in het gebied (om gedurende drie maal drie dagen de uitgaande deeltjes te tellen). De deeltjes worden geteld per grootteklasse (1-2 um, 2-3 um, 3-5 um, 5-7 um, 7-10 um, 10-15 um, 15-20 um en >20 um). Het totale volume van de deeltjes is bepaald met het aantal deeltjes per klasse, de diameter en de veronderstelling dat de deeltjes rond zijn. Het volume van de ingaande en uitgaande deeltjes wordt vervolgens met elkaar vergeleken (zie afbeelding 1).

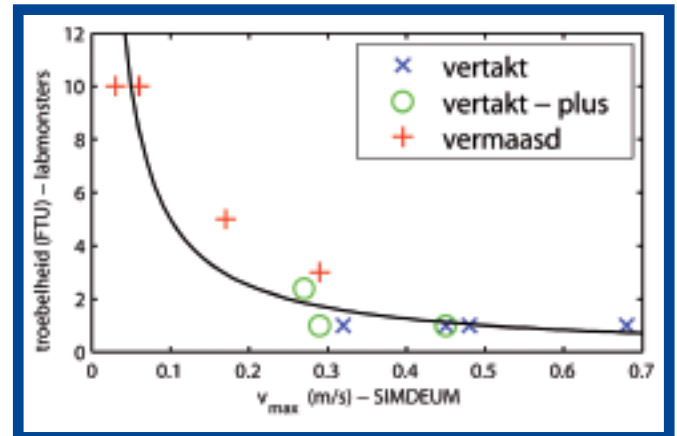
De deeltjestellingen tonen aan dat een gelijk volume aan deeltjes gebied 'vertakt-plus' verlaten heeft als er binnenkwam. In gebied 'vertakt' en gebied 'vermaasd' heeft tijdens het verhoogde waterverbruik in de warme en droge zomerperiode een groter deeltjesvolume het net verlaten dan er binnenkwam (respectievelijk 30 procent en 450 procent meer). Dit duidt op opgewerveld sediment dat eerder is bezonken. Uit de deeltjestellingen kan worden geconcludeerd dat het gebied 'vertakt-plus' zelfreinigend is. De gebieden 'vertakt' en 'vermaasd' zijn niet op dagelijkse basis zelfreinigend, maar wellicht is de opwerveling in een periode van verhoogde afname voldoende om de

Het spuien met de volumestroommeter en als inzet de deeltjesteller.





Afb. 1: Deeltjesvolume dat een gebied ingaat (zwarte lijn) en uitgaat (blauwe lijnen, drie verschillende meetlocaties); (a) vertakt-plus; (b) vertakt; (c) vermaasd.



Afb. 2: Relatie v_{max} en troebelheid.

leidingen schoon te maken. De spuisproeven geven hier uitsluitend.

Uit de analyse van de deeltjestellingen blijkt dat in het vermaasde net relatief veel grote deeltjes (> 7 μ m) het net verlaten (zie tabel 2). Deze grote deeltjes komen nauwelijks voor in het aangevoerde water. De grote deeltjes zijn eerder bezonken of zijn in het leidingnet gevormd door het samenklonteren van kleine deeltjes.

Spuisproeven

De spuisproeven van 30 en 31 augustus 2006 geven aanvullende informatie bij hypothese 2 en dienen verder om hypothese 3 te toetsen. De spuisacties zijn over brandkranen en dienstkranen gedaan met een spuisnelheid van 1,0 tot 1,5 m/s. Tijdens het spuien zijn de volumestroom en de troebelheid (online) gemeten. Tevens zijn spuismonsters genomen en in het lab geanalyseerd op troebelheid, concentratie ijzer en gesuspendeerde stof.

De troebelheidsmetingen geven vooral een kwalitatief beeld van het sediment in de leiding. De troebelheid was met name aan het begin van de spuisactie verhoogd om daarna terug te keren naar een niveau van minder dan 1 FTU. Met behulp van de spuismonsters is het mogelijk om de troebelheid te kwantificeren en een relatie tussen troebelheid en massa vast te stellen.

In gebied 'vertakt-plus' is tijdens de spuisproeven een lage troebelheid (< 2 FTU) gemeten. In gebied 'vertakt' is tijdens de spuisproeven eveneens een lage troebelheid gemeten. Blijkbaar is tijdens de verhoogde afname (in de warme zomerperiode) het meeste sediment reeds opgewerveld en afgevoerd. In gebied 'vermaasd' is tijdens de spuisproeven een troebelheid van 5 tot 10 FTU gemeten. Blijkbaar is hier tijdens de verhoogde afname slechts een deel van het sediment opgewerveld en afgevoerd.

Uit de labmonsters kon een lineaire relatie

tussen troebelheid en concentratie ijzer worden vastgesteld die gelijk was voor de drie gebieden. Voor gebied 'vertakt-plus' enerzijds en 'vertakt' en 'vermaasd' anderzijds werden verschillende lineaire relaties vastgesteld tussen troebelheid en concentratie gesuspendeerde stof. Blijkbaar is de samenstelling van de deeltjes in de gebieden niet precies gelijk.

Van verschillende leidingdelen zijn geen online troebelheidsmetingen beschikbaar (deze metingen zijn alleen uitgevoerd bij spuisproeven over brandkranen, niet bij spuisproeven over dienstkranen) of zijn de on-line troebelheidsmetingen niet goed gelukt doordat het meetbereik te klein was. Daardoor kon de hoeveelheid sediment per strekkende meter niet betrouwbaar worden bepaald.

Conclusies

In afbeelding 2 is de relatie tussen de maximumsnelheid (v_{max} berekend met SIMDEUM) en troebelheid (van de spuismonsters) grafisch weergegeven. Een lijn die ongeveer de relatie $FTU = 1/(2 \cdot v_{max})$ weergeeft kan op de gegevens worden gefit. Hieruit blijkt dat hoe hoger de maximale snelheid v_{max} , hoe schoner de leiding is, en dat de relatie onafhankelijk is van de leidingdiameter. Bij een v_{max} van 0,25 m/s (bepaald met SIMDEUM) of groter geldt een troebelheid van < 2 FTU.

De conclusie is gerechtvaardigd dat gebied 'vertakt-plus' zelfreinigend is. In het gebied 'vertakt' was sprake van bezinking en opwerveling, maar niet van accumulatie van sediment; in de warme zomerdagen van juni en juli 2006 werd voldoende sediment opgewerveld en afgevoerd om te spreken van een zelfreinigend net op jaarbasis. In het vermaasde net accumuleerde sediment; dit net is dus niet zelfreinigend.

De qv/n-methode overschat de maximale volumestroom; met SIMDEUM kan een betere schatting worden gemaakt. De

snelheid van 0,4 m/s was in het leidingnet van Hoofddorp ruim voldoende voor opwerveling. De werkelijke zelfreinigende snelheid kan zelfs lager zijn (afbeelding 2 duidt op 0,25 m/s). Met de metingen is aangetoond dat vertakte netten die zijn aangelegd met de ontwerpsnelheid van 0,4 m/s en de qv/n-methode (met 15 tapeenheden) zelfreinigend zijn. Er is op dit moment geen reden om de ontwerpcriteria aan te passen van qv/n-methode + 0,4 m/s' naar 'Q_{max} op basis van SIMDEUM + 0,25 m/s'.

LITERATUUR

- 1) Beuken R. en P. Schaap (2002). Validatie van de ontwerpsnelheid voor zelfreinigende distributienetten. H₂O nr. 5, pag. 25-27.
- 2) Blokter E. en P. Schaap (2006). Evaluatie zelfreinigende netten; metingen zomer 2006 in Hoofddorp (PWN). Kiwa Water Research. KWR 06.096.
- 3) Blokter M. (2006). Modelleren van waterverbruik in huishoudens. H₂O nr. 6, pag. 48-51.
- 4) Blokter M., J. Vreeburg en L. Rosenthal (2006). Ontwerprichtlijnen voor zelfreinigende netten bij de duinwaterbedrijven. H₂O nr. 8, pag. 34-36.
- 5) Boomen M. van den en J. Vreeburg (1999). Nieuwe ontwerprichtlijnen voor distributienetten. Kiwa. SWE 99.011.
- 6) Kreukniet A., G. Holterman, L. Bannink en M. van den Boomen (2003). Hoe zelfreinigend zijn zelfreinigende netten? H₂O nr. 13, pag. 23-25.
- 7) Mul P., M. van den Boomen en M. de Koning (2002). Een eerste evaluatie van een zelfreinigend net. H₂O nr. 8, pag. 28-30.
- 8) Vreeburg J., R. Beuken en P. Mul (2002). Nieuwe ontwerprichtlijnen voor distributiesystemen: de stand van zaken. H₂O nr. 35 pag. 28-30.