



# Validatie van de ontwerp-snelheid voor zelfreinigende distributienetten

RALPH BEUKEN, KIWA WATER RESEARCH  
PETER SCHAAP, KIWA WATER RESEARCH

In 1999 heeft Kiwa richtlijnen uitgebracht voor het ontwerpen van zelfreinigende distributienetten. Zo'n distributienet kenmerkt zich door een eenduidige stromingsrichting en hogere stroomsnelheden dan in een traditioneel net. Dit wordt veroorzaakt door een vertakte structuur en de toepassing van relatief kleine leidingdiameters. Uitgangspunt bij de richtlijnen is dat sediment niet langdurig in de leidingen achterblijft, wanneer water éénmaal per dag een stroomsnelheid bereikt van 0,4 m/s. In het bedrijfstakonderzoek in 2001 is de ontwerp-snelheid van 0,4 m/s gevalideerd. De conclusie luidt dat deze vooralsnog gehandhaafd kan blijven.

Bij het tot stand komen van de richtlijn is de ontwerp-snelheid van 0,4 m/s bepaald op basis van ervaringen uit de bedrijfspraktijk. Deze ervaringen zijn getoetst in een pilot-project bij de Waterleiding Maatschappij Limburg in de wijk Sanderbout in Sittard, waar in 1996 een zelfreinigend distributienet is aangelegd. Metingen na aanleg hebben uitgewezen dat sediment zich daadwerkelijk verplaatst door de leidingen. Sindsdien zijn de ontwerp-richtlijnen bij een aantal waterbedrijven geïmplementeerd. Dit heeft geleid tot meerdere nieuwe woonwijken met zelfreinigende netten. Tot op heden bestaan geen aanwijzingen dat sediment zich ophoopt in deze netten. In H<sub>2</sub>O nr. 5 (pag. 28-30) is gepubliceerd over de achtergronden van de ontwerp-richtlijnen en de implementatie.

Voordat tot een verdere implementatie van de ontwerp-richtlijnen kan worden overgegaan, moet er meer inzicht komen in het gedrag van sediment en moet de ontwerp-snelheid worden gevalideerd. Deze aspecten zijn afgelopen jaar onderzocht in het kader van het bedrijfstakonderzoek Ontwerp-richtlijnen distributie. Het onderzoek bestond uit een literatuuronderzoek naar sedimentgedrag in distributieleidingen en analyses van sedimentgedrag in een buisopstelling in een laboratorium.

## Sediment

Sediment kan in het leidingnet voorko-

men als zwevende deeltjes in de waterstroom, vastgehecht aan de leidingwand, bijvoorbeeld als biofilm of corrosielaag of als losse deeltjes op de bodem (al of niet in beweging).

Sediment in distributieleidingen wordt primair veroorzaakt door:

- de zuivering, bijvoorbeeld door een niet volledige verwijdering van deeltjes, door te vroeg in gebruik gestelde filters of door toevoeging van chemische producten;
- leidingmateriaal, bijvoorbeeld door corrosie van gietijzer of het losraken van bekleding;
- ingetreden vervuiling, bijvoorbeeld bij reparaties, breuken, of het ondeskundig gebruik van brandkranen.

Door chemische, biologische en hydraulische oorzaken vindt een aantal secundaire processen plaats, zoals erosie van gecorrodeerd gietijzer, na-coagulatie van colloïde deeltjes tot bezinkbare deeltjes, de omzetting van organisch materiaal in het water tot een biofilm en de ontwikkeling van ongewervelde dieren.

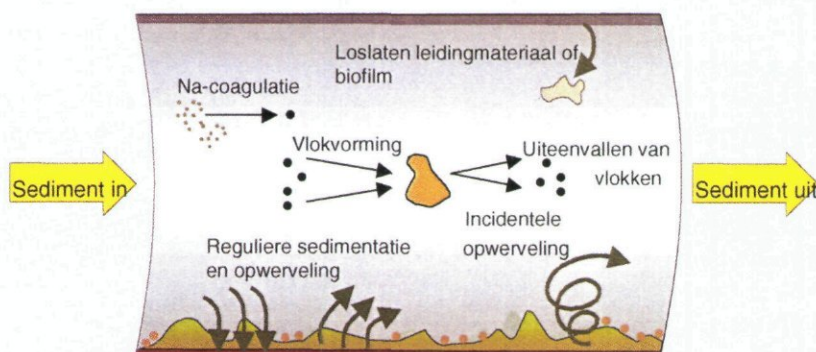
In de periode 1993 tot 1997 zijn in het kader van de landelijke inventarisatie dierlijke organismen sedimentmonsters verzameld. Het sediment is opgevangen met zeven van verschillende maasgrootte, waarvan de kleinste 30 µm bedroeg. Hieruit bleek dat gemiddeld één procent van het sedimentvolume groter is dan 500 µm, dat 18 procent zich bevindt in de range 100-500 µm en 81 procent in de range 30-100 µm.

In dit onderzoek is ook de samenstelling onderzocht van de deeltjes groter dan 100 µm door middel van een microscopische analyse. Hieruit blijkt dat sediment groter dan 500 µm voornamelijk anorganisch van aard is, waarbij corrosiedeeltjes het grootste aandeel hebben. De fractie 100-500 µm bestaat voor meer dan de helft uit organisch materiaal (afgesleten biofilm en uitwerpselen van waterpissebedden). In beide fracties beslaat het minerale aandeel circa een zesde deel van de totale hoeveelheid sediment. Aangenomen mag worden dat het aandeel organisch materiaal bij kleinere deeltjes nog hoger is.

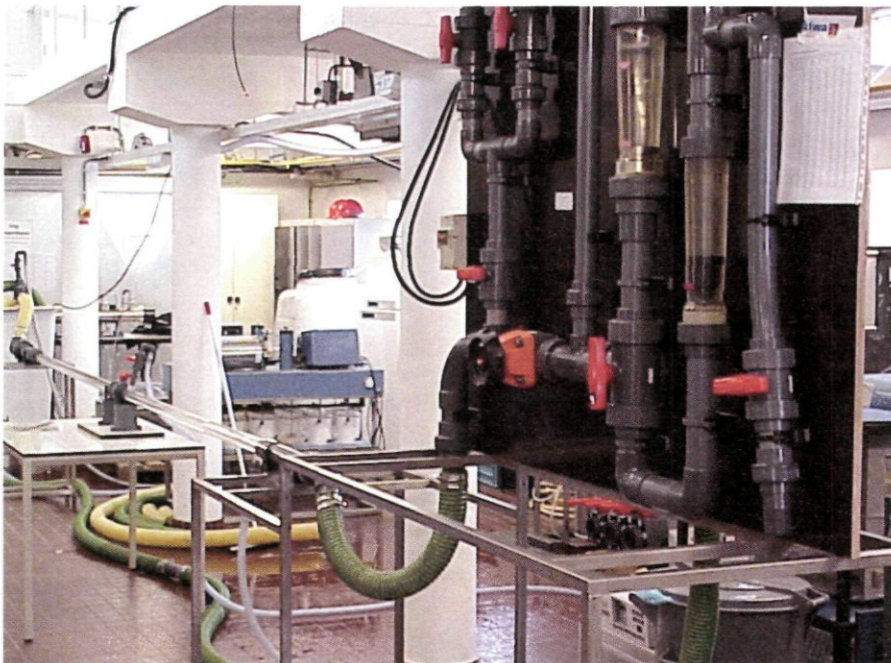
## Opstelling

Voor het bestuderen van sedimenttransport is een laboratoriumopstelling ontworpen, bestaande uit een transparante perspex leiding waardoor water stroomt en waar sediment wordt ingebracht. De volumestroom kan nauwkeurig worden ingesteld door middel van een membraanafsluiter en een volumestroommeter. De stroomsnelheid van het water wordt langzaam en stapsgewijs verhoogd, waarbij een camera het sediment-

Afb. 1: Verschillende verschijningsvormen van sediment.







Laboratoriumopstelling voor de sedimentproeven.

gedrag filmt. De metingen hebben plaatsgevonden voor vijf verschillende leidingdiameters: 40, 50, 63, 75 en 110.

Kiwa verrichtte proeven met vijf soorten gestandaardiseerd sediment. Voor dit soort sediment is gekozen, omdat het eenduidig van samenstelling is, de korrelgrootte en het soortelijk gewicht nauwkeurig valt te bepalen en het sediment reproduceerbaar is voor vervolproeven.

Het gestandaardiseerd sediment bestaat uit:

- zand, korrelgrootte 180-250  $\mu\text{m}$ , dichtheid 2650  $\text{kg/m}^3$ ;
- ijzeroxide, korrelgrootte 45-90  $\mu\text{m}$ , dichtheid 3140  $\text{kg/m}^3$ ;
- ijzeroxide, korrelgrootte 180-250  $\mu\text{m}$ , dichtheid 3140  $\text{kg/m}^3$ ;
- bloem, korrelgrootte 63-90  $\mu\text{m}$ , dichtheid 1320  $\text{kg/m}^3$ ;
- bloem, korrelgrootte 150-180  $\mu\text{m}$ , dichtheid 1320  $\text{kg/m}^3$ .

## Observaties

Bij analyse van de videobeelden zijn de momenten geregistreerd waarbij een eerste beweging zichtbaar is bij enkele deeltjes en waarbij alle deeltjes in beweging zijn (zie afbeelding 2). Uit de metingen viel geen eenduidige relatie te onderscheiden tussen de leidingdiameter en de stroomsnelheid waarbij deeltjes in beweging komen. Het blijkt dat bij zand (fractie 180-250  $\mu\text{m}$ ) een eerste beweging zichtbaar is bij circa 0,15 m/s en dat alle deeltjes in beweging zijn bij circa 0,25 m/s. Bij beide fracties ijzeroxide is een eerste beweging zichtbaar bij 0,13 m/s en zijn alle deeltjes in beweging bij een snelheid van 0,22 m/s. Bloem, fractie 63-90  $\mu\text{m}$ , laat een eerste bewe-

ging zien bij 0,08 m/s, terwijl alle deeltjes in beweging zijn bij 0,15 m/s. Voor bloem, fractie 150-180  $\mu\text{m}$  is een eerste beweging zichtbaar bij 0,10 m/s en zijn alle deeltjes in beweging bij 0,16 m/s.

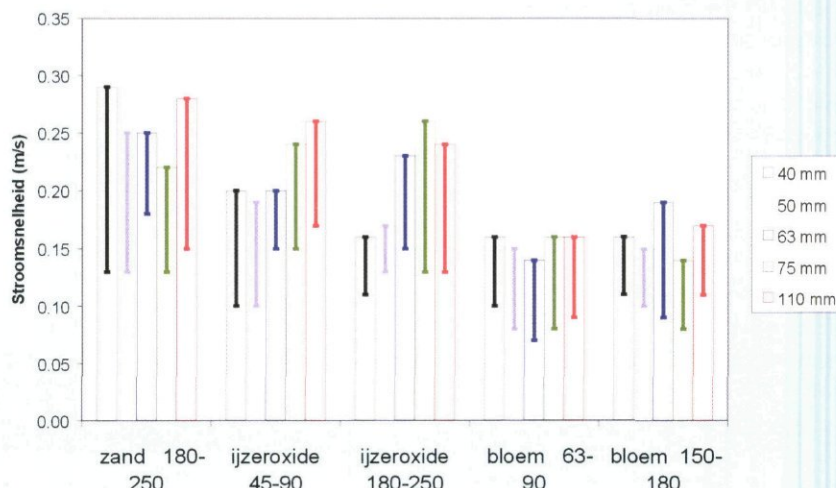
Tijdens de metingen blijkt dat de vorm van het sediment op de leidingbodem invloed heeft op het gedrag. Een individueel deeltje komt eerder in beweging dan een 'hoopje' sediment. Vooral bij zand, en in mindere mate bij ijzeroxide fractie 180-250  $\mu\text{m}$ , is duidelijk dat het sediment zich groepeerd in 'eilanden'. Deze nemen die vorm aan die de minste weerstand biedt tegen het langsstromende water. Dit betekent dat wanneer sediment zich groepeerd in 'eilanden', een hogere stroomsnelheid

nodig is om het in beweging te krijgen. Dit verklaart waarschijnlijk de relatief hoge snelheid die nodig is om zand in beweging te krijgen.

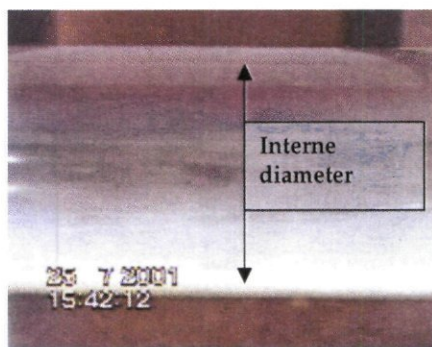
In een leiding met een diameter van 63 mm is sedimentgedrag gefilmd van de zijkant. Hierdoor is de verspreiding van het opgewervelde sediment over de hoogte van de leiding zichtbaar. Het blijkt dat alle sedimenttypen bij een snelheid van 0,35 m/s zich kruiend of zwevend onderin de leiding verplaatsen. In afbeelding 3 is te zien dat bij een snelheid van 0,7 m/s al het zand zich in de onderste buishelft bevindt. Dit geeft een aanwijzing dat de verplaatsing van sediment door leidingen bemoeilijkt zal worden op plaatsen waar hoogteverschillen optreden in de buisbodem, zoals bij reduceerstukken. Ook verdienen de aanboringen van aansluitleidingen nadere aandacht. Het is te verwachten dat de afvoer van sediment minder gemakkelijk kan plaatsvinden als het zich onderin de leiding bevindt.

Waar het sediment goed waarneembaar was, is een vergelijking gemaakt tussen de snelheid waarmee het sediment zich voortbeweegt en de stroomsnelheid van het water. Hieruit blijkt dat de buisdiameter geen invloed heeft op de snelheid waarbij sediment in beweging komt, maar dat de snelheid waarmee het sediment zich voortbeweegt groter is in een leiding met een kleinere diameter. Globaal kan worden geconcludeerd dat zwaarder materiaal (zand en ijzeroxide) in beweging komt bij 0,25 m/s en dat bij een stroomsnelheid van 0,4 m/s het sediment zich voortbeweegt met een snelheid van 10 m/uur in een leiding van 110 mm doorsnede, 18 m/uur in een leiding van 75 mm en 30 m/uur in een lei-

Afb. 2: Voor verschillende leidingdiameters en deeltjesgrootte in  $\mu\text{m}$ : de stroomsnelheid waarbij de eerste beweging optreedt (onderkant lijnstuk) en waarbij alle deeltjes in beweging zijn (bovenkant lijnstuk).







Afb. 3: Zijwaartse opname zand, fractie 180-250 µm, stroomsnelheid 0,7 m/s. Duidelijk is te zien dat het witte zand onderin de leiding blijft.

ding van 63 mm doorsnede. Lichter materiaal zoals bloem komt in beweging bij 0,10-0,15 m/s en heeft bij een stroomsnelheid van water van 0,2 m/s al een veel hogere snelheid van circa 250 m/uur. Hieruit blijkt dat lichter sediment zich sneller door het leidingnet zal verplaatsen dan zwaarder sediment.

## Discussie

Eén van de uitgangspunten voor het ontwerpen van zelfreinigende netten is dat geen ophoping van sediment in de leiding plaatsvindt bij een dagelijks optredende stroomsnelheid van 0,4 m/s. In dit onderzoek is een aantal metingen uitgevoerd om dit uitgangspunt te valideren. Het blijkt dat - bij dit beperkt aantal metingen - in vrijwel alle gevallen sedimentdeeltjes in beweging zijn bij een stroomsnelheid van 0,25 m/s. Aangezien het om een proefopstelling gaat, moet een aantal aspecten in beschouwing worden genomen om de metingen te kunnen vertalen naar een praktijk situatie.

Vanwege de volgende aspecten kan overwogen worden de ontwerpsnelheid voor zelfreiniging van 0,4 m/s te verlagen:

- De proeven tonen aan dat bij een lagere snelheden sediment in beweging is;
- Het grootste aandeel van het sediment is licht en organisch materiaal, dat bij een lagere snelheid in beweging komt dan zwaarder sediment;

- Bij deze metingen is de positieve bijdrage van versnellingen op de wandschuifspanning nog niet beschouwd.

De volgende aspecten pleiten er echter voor de ontwerpsnelheid van 0,4 m/s niet te verlagen:

- Hogere snelheden zullen nodig zijn om erosie van cohesieve deeltjes (zoals biofilm) te laten plaatsvinden;
- Sediment zal zich ophopen bij appendages en naar verwachting zullen hogere snelheden nodig zijn om daar verwijdering te laten plaatsvinden;
- De verplaatsing van sediment zal naar verwachting lager zijn bij schuin oplopende leidingen;
- De maximum momentane verbruiken komen slechts zeer kortstondig voor;
- Niet de stroomsnelheid waarbij sediment in beweging komt is van belang, maar een hogere snelheid waarbij voldoende verplaatsing optreedt.
- Het beperkt aantal metingen binnen dit onderzoek.

Gezien het bovenstaande wordt voorgesteld de ontwerpsnelheid van 0,4 m/s voortsnog te handhaven. Nader onderzoek moet uitwijzen of een aanpassing van de ontwerp-snelheid te rechtvaardigen is.

## Conclusies

Het bedrijfstakonderzoek heeft zich het afgelopen jaar bezig gehouden met verkennend onderzoek naar sedimentgedrag in distributieleidingen. Het uitgangspunt was het nabootsen van sedimentgedrag door middel van een beperkt aantal typen sediment in een leiding met een gladde wand zonder biofilm, gedurende een korte meetperiode.

Op basis van dit onderzoek kunnen onderstaande conclusies worden getrokken.

- De stroomsnelheid van het water waarbij de eerste sedimentdeeltjes in beweging komen is ongeveer 0,10 m/s voor licht sediment (soortelijke massa 1,3 kg/dm<sup>3</sup>) en circa 0,15 m/s voor zwaarder sediment (soortelijke massa 2,5-3,2 kg/dm<sup>3</sup>). De licht deeltjes zijn alle in beweging bij een

stroomsnelheid van circa 0,15 m/s, de zwaardere deeltjes bij een stroomsnelheid van circa 0,25 m/s;

- Geen relatie is waargenomen tussen de leidingdiameter en de stroomsnelheid waarbij alle deeltjes in beweging komen. Wel blijkt dat bij gelijke stroomsnelheid de snelheid waarmee sediment zich door een leiding voortbeweegt groter is naarmate de diameter kleiner is;
- Bij de snelheden die tijdens normaal gebruik in het leidingnet optreden, zal het meeste sediment zich kruipend over de leidingbodem voortbewegen. Lichter materiaal dat wel wordt opgewerveld zal zich voornamelijk in de onderste buishelft bevinden;
- De ontwerpsnelheid van 0,4 m/s voor zelfreinigende distributienetten kan vooralsnog het beste worden gehandhaafd.

De conclusies van het onderzoek zijn gebaseerd op een beperkt aantal metingen en zijn daardoor relatief 'zacht'. Binnen het nieuwe bedrijfstakonderzoek 2002-2006 wordt dit onderwerp nader uitgewerkt. Hierbij zal in het bijzonder aandacht worden gegeven aan een mathematische modellering van sedimenttransport, waarbij ook het aspect van versnelling nadrukkelijk wordt betrokken. Binnen het onderzoek zullen nieuwe op de praktijk gerichte instrumenten worden ontwikkeld voor de bedrijfstak. 

## LITERATUUR

- Boomen M van den en J. Vreeburg (1999). Nieuwe ontwerp-richtlijnen voor distributienetten. SWE 99.011. Kiwa Nieuwegein.
- Vreeburg J., R. Beuken en P. Mul (2002). Nieuwe ontwerp-richtlijnen voor distributienetten: een stand van zaken. H<sub>2</sub>O nr. 5, pag. 28-30.
- Beuken R. en J. van Lieverloo (2001). Gedrag van sediment in distributieleidingen: literatuuronderzoek. BTO 2001.002 (c). Kiwa Nieuwegein.
- Beuken R. (2001). Validatie nieuwe ontwerp-richtlijnen voor distributienetten: laboratoriumproeven voor standaard-sediment. BTO 2001.171 (c) Kiwa Nieuwegein.
- Lieverloo J. van en G. Veenendaal. Sediment in systemen voor distributie van drinkwater. Nog niet gepubliceerd. Kiwa Nieuwegein.