



PCD 2:2015 | Juli 2015

Sediment in drinkwater- leidingen

Beoordelen en beheersen

Sediment in drinkwaterleidingen

Beoordelen en beheersen

PCD 2:2015 | Juli 2015

Opdrachtgever

Platform Bedrijfsvoering

Auteurs

G.A.M. Mesman en M.A. Meerkerk

Jaar van publicatie
2015

Meer informatie

Martin Meerkerk
T (030) 60 69 591
E Martin.Meerkerk@kwrwater.nl

Uitgave

KWR Watercycle Research Institute
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

T (030) 60 69 511
F (030) 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl

Praktijkcode Drinkwater

Status

De Nederlandse drinkwaterbedrijven maken in de dagelijkse bedrijfsvoering gebruik van richtlijnen met als doel het (hoge) kwaliteitsniveau van de bedrijfsvoering te handhaven en waar mogelijk verder te verbeteren, en/of de efficiency van de bedrijfsvoering te verhogen en bij te dragen aan het verder uniformeren van de werkwijzen binnen de drinkwatersector. Deze richtlijnen hebben doorgaans het karakter van een 'aanbeveling van een te volgen gedrag of handelwijze' en niet van een 'bindend voorschrift'¹. Het gaat om privaatrechtelijke richtlijnen voor de ondersteuning in de dagelijkse praktijk van de bedrijfsvoering ('best practices') in het gehele traject van bron tot tap. De richtlijnen (soms ook aangeduid als 'leidraad') worden sinds 2008 opgesteld en hebben in 2015 de aanduiding 'Praktijkcode Drinkwater' (PCD) gekregen.

Verantwoording

Praktijkcodes worden opgesteld in opdracht van het Platform Bedrijfsvoering, waarin vertegenwoordigers van alle Nederlandse drinkwaterbedrijven en het Vlaamse bedrijf Pidpa participeren. Dit Platform heeft het beheer van praktijkcodes gedelegeerd aan de Begeleidingsgroep Praktijkrichtlijnen, die de 'eigenaarsrol' vervult. Ook in die groep participeert in beginsel één vertegenwoordiger per bedrijf. De voorzittersrol wordt vervuld door een van deze vertegenwoordigers, terwijl KWR Watercycle Research Institute dat doet ten aanzien van de rol van secretaris.

Totstandkoming en kwaliteitsborging

Een specifieke praktijkcode of een revisie daarvan (zie onder) komt met inhoudelijke bijdragen van deskundigen van drinkwaterbedrijven en onderzoekers van KWR Watercycle Research Institute interactief tot stand onder begeleiding van een projectgroep bestaande uit deskundigen van de drinkwaterbedrijven en/of -laboratoria. De leden van die projectgroep worden aangezocht vanwege hun specifieke kennis en/of vaardigheden die noodzakelijk is/zijn voor het betreffende onderwerp. Het voorzitterschap wordt in beginsel waargenomen door een vertegenwoordiger van de drinkwaterbedrijven; KWR Watercycle Research Institute vervult het secretariaat en rapporteert de voortgang aan de Begeleidingsgroep Praktijkrichtlijnen. Soms maken drinkwaterbedrijven gebruik van de mogelijkheid om zich als agendalid van een projectgroep te laten registreren.

Na vaststelling van een praktijkcode door de begeleidende projectgroep wordt die ter formele vaststelling voorgelegd aan de Begeleidingsgroep Praktijkrichtlijnen.

Openbaarheid

Praktijkcodes Drinkwater zijn openbaar. Een actueel overzicht van alle praktijkcodes is te vinden op 'Watnet', het KWR-intranet voor de drinkwaterbedrijven.

Periodieke actualisatie

Bestaande praktijkcodes worden periodiek geëvalueerd. In beginsel is er sprake van een 'vijfjaarsrevisie': primair wordt de vraag gesteld en bediscussieerd of actualisatie gewenst dan wel noodzakelijk is en als dat het geval blijkt te zijn, wordt die volgens

¹ Beide omschrijvingen zijn afkomstig uit 'Van Dale'.

een afgesproken procedure projectmatig geactualiseerd. De vorige editie van een praktijkcode is daarbij uitgangspunt. Als actualisatie niet gewenst of noodzakelijk blijkt te zijn, wordt een praktijkcode in principe opnieuw voor een periode van vijf jaar vastgesteld.

Sediment in drinkwaterleidingen

Beoordelen en beheersen

Editie

Dit is de eerste editie van deze praktijkcode. Die is tot stand gekomen op basis van bestaande documenten en huidige kennis, inzichten en ervaringen bij de drinkwaterbedrijven op het gebied van het schoonmaken van leidingen. Voor wat betreft de documenten worden met name genoemd:

- het Kiwa-rapport SWE 99.009 'Schoonmaken leidingnetten; *Handleiding voor opzetten, uitvoeren en controleren van schoonmaakprogramma's*' [1];
- de dissertatie 'Discolouration in drinking water systems: a particular approach' [2] (de informatie met betrekking tot het schoonmaken van leidingen);
- het Kiwa/AWWARF-rapport KOA 02.058 'Processes involved in the generation of discolored water' [3]

De huidige kennis, inzichten en ervaringen zijn ingebracht door de begeleidende projectgroep (zie onder).

Begrippen

De in deze praktijkcode gehanteerde begrippen met hun bijbehorende omschrijving zijn opgenomen in bijlage I.

Samenstelling projectgroep

De samenstelling van de projectgroep die de totstandkoming van deze praktijkcode heeft begeleid, is hieronder weergegeven. De deelnemers zijn per bedrijf in alfabetische volgorde vermeld.

Drinkwaterbedrijf of -laboratorium

Brabant Water

Dunea

Evides

KWR Watercycle Research Institute

Oasen

Pidpa

PWN

Vitens

Waterbedrijf Groningen

Waternet

WMD

WML

Vertegenwoordiger(s)

Geert Kloosterman

Melanie van Schijndel

Hein van der Veen

Bert van Altena

Henk de Kater

Martin Meerkerk (secretaris)

George Mesman

Maarten Lut

Mario Wildschut

Karel Goos

Peter Schaap

Guus Witvoet (voorzitter)

Eefko Aukes

-

Roel Luis

Rob de Swart

Vaststelling praktijkcode

Deze praktijkcode is vastgesteld door de Begeleidingsgroep Praktijkrichtlijnen na de vergadering van 29 januari 2015 (schriftelijke ronde) en definitief afgerond in de vergadering van 21 mei 2015.

Beheer van de leidraad

Commentaar of opmerkingen betreffende de opzet en/of de inhoud van deze praktijkcode kunnen per e-mail worden verzonden aan KWR Watercycle Research Institute: Martin.Meerkerk@kwrwater.nl. Indien van toepassing zal een en ander worden gebruikt als input voor een volgende editie van het document.

Inhoud

1	Inleiding	8
1.1	Introductie	8
1.2	Wettelijk kader	8
1.3	Leeswijzer	8
2	Vervuiling van leidingen	9
2.1	Algemeen	9
2.2	Processen waarbij deeltjes een leiding binnenkomen	10
2.3	Processen waarbij in het leidingnet deeltjes worden gevormd	10
2.4	Verschillen in vervuilingsgedrag van leidingnetten	11
2.5	Wanneer is er sprake van bruin water?	11
2.6	Monitoring bruin water	12
3	Principe en beschrijving OPM	15
3.1	Bruinwaterklachten	15
3.2	Metingen rond schoonmaken	15
3.3	Meetcyclus met OPM	17
3.4	Inbedding metingen in het schoonmaakproces	19
3.5	Meetinstrumenten voor OPM	20
3.6	Interpretatie resultaat OPM	24
3.7	Inventarisatie resultaten OPM	27
4	Het opzetten van een meetprogramma	34
5	Schoonmaakmethoden	36
5.1	Inleiding	36
5.2	Waterspuien	36
5.3	Water/lucht-spuien	42
5.4	Proppen	43
5.5	Ice pigging	44
5.6	Alternatieve methoden	45
5.7	Keuze schoonmaakmethoden	46
6	Vorbereiding systematisch spuiplan	48
6.1	Spuiplan waterspuien	48
6.2	Water/lucht-spuien	55
6.3	Proppen	56
6.4	Ice pigging	58
6.5	Communicatie	58
6.6	Chronologie schoonmaakproces	60
7	Uitvoering schoonmaken leidingen	61
7.1	Algemeen	61
7.2	Uitvoering	61

7.3	Mogelijke afwijkingen bij het uitvoeren	63
8	Evaluatie schoonmaken leidingen	64
8.1	Algemeen	64
8.2	Effectmeting na schoonmaken	64
8.3	Analyse van de uitvoering	64
8.4	Opbrengst van schoonmaakacties	64
8.5	Kosten van schoonmaakacties	65
9	Literatuur	66
	Bijlage I Begrippen en omschrijving	67
	Bijlage II Kaliberplaten voor beperking volumestroom	69

1 Inleiding

1.1 Introductie

Bruinwaterproblemen in het geval van leidingen voor drinkwater kunnen worden opgelost door het effectief verwijderen van sediment. Deze praktijkcode is een praktische handleiding voor het opzetten van (systematische) schoonmaakprogramma's op basis van waterspuien en aanverwante technieken.

1.2 Wettelijk kader

Het schoonmaken van drinkwaterleidingen kan vanuit een wettelijk kader worden beschouwd op basis van het navolgende uit de Drinkwaterwet [5] en het Drinkwaterbesluit [6].

Artikel 21 in § 1 'Drinkwaterbedrijven' van Hoofdstuk III 'De zorg voor de kwaliteit van drinkwater' van de Drinkwaterwet [5] verwijst in lid 3 naar het toezicht houden op het bedrijf: *'Bij of krachtens algemene maatregel van bestuur worden, onverminderd het eerste lid, in het belang van de volksgezondheid eisen gesteld met betrekking tot: b. het toezicht, door of vanwege de eigenaar van een drinkwaterbedrijf te houden op de toestand en de werking van het bedrijf, alsmede op de hoedanigheid van het in dat bedrijf bereide drinkwater'*. De daarbij genoemde 'algemene maatregel van bestuur' is het Drinkwaterbesluit [6]. Lid 1 van artikel 15 'Handleiding en bedrijfsprocessen' van dat besluit refereert in de eerste zin aan het in de Drinkwaterwet genoemde toezicht: *'Het toezicht door de eigenaar van een drinkwaterbedrijf, bedoeld in artikel 21, derde lid, onder b, van de wet, vindt plaats door middel van een daartoe op te stellen en uit te voeren kwaliteitsmanagementsysteem, gebaseerd op NEN-EN-ISO 9001.'* Het onderhoud van 'watervoorzieningswerken' wordt in lid 3 van dat artikel 15 expliciet genoemd: *'De secundaire bedrijfsprocessen die in ieder geval bij het opstellen en uitvoeren van het kwaliteitsmanagementsysteem worden betrokken zijn: e. het ontwerp, de bouw en het onderhoud van de watervoorzieningswerken'*. Het begrip 'watervoorzieningswerken' is gedefinieerd in artikel 1 van de Drinkwaterwet [5]: *'werken ten behoeve van de productie en distributie van drinkwater en daarmee rechtstreeks verband houdende werken en beschermingsvoorzieningen ten dienste van drinkwaterbedrijven'*. Via 'werken ten behoeve van de distributie van drinkwater' kan het schoonmaken van drinkwaterleidingen als onderhoud in een wettelijk kader worden gezien.

1.3 Leeswijzer

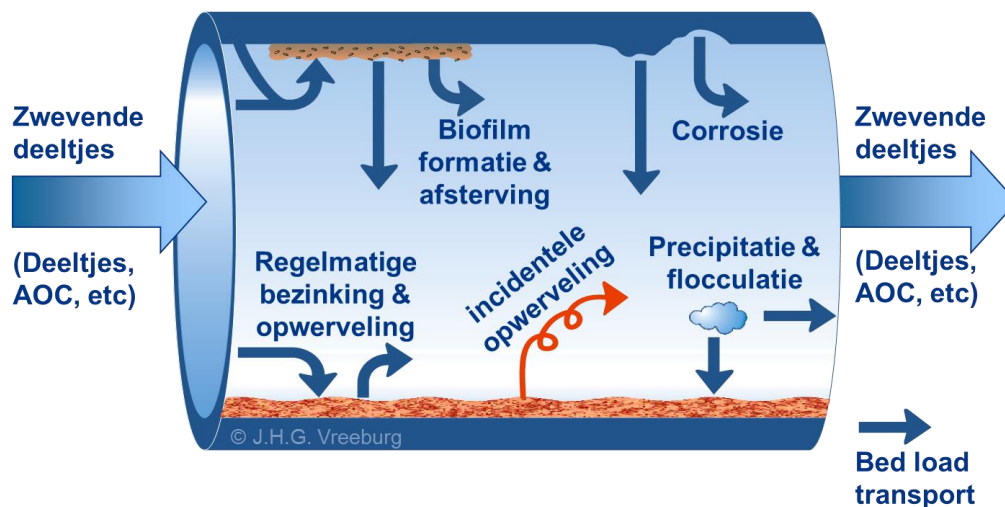
In het eerstvolgende hoofdstuk wordt ingegaan op het mechanisme achter de vervuiling van leidingen met sediment. Hoofdstuk 3 gaat vervolgens in op het principe en de beschrijving van het meten van opwervelbaar sediment door middel van OPM. In hoofdstuk 4 wordt het opzetten van een programma voor het meten van de aanwezigheid van sediment beschreven. De diverse op dit moment bij de Nederlandse drinkwaterbedrijven en Pidpa (België) in gebruik zijnde methoden en randvoorwaarden voor het schoonmaken van leidingen komen in hoofdstuk 5 aan de orde. Hoofdstuk 6 beschrijft het opstellen van een draaiboek voor het schoonmaken van een leiding of leidingnet. De inhoud van hoofdstuk 7 behoeft op basis van de titel ('Uitvoering schoonmaken leidingen') geen betoog. De leidraad wordt afgesloten met een hoofdstuk waarin het schoonmaken van leidingen wordt geëvalueerd.

2 Vervuiling van leidingen

2.1 Algemeen

Bruinwaterproblemen ontstaan als 1) een bepaalde hoeveelheid sediment in een leiding is geaccumuleerd en 2) hydraulische omstandigheden ontstaan waarbij dit sediment opwerfelt en 3) de consument dit als bruin water opmerkt of als de drempelwaarde voor bruin water wordt overschreden. Omdat 2) en 3) nooit helemaal zijn te voorkomen, moet het risico op bruin water worden beperkt door zicht te richten op 1). Het sediment bestaat uit deeltjes van verschillende herkomst, zie figuur 1. De processen die spelen bij de vervuiling van leidingen met sediment zijn:

- processen waarbij deeltjes een leiding binnenkomen:
 - direct uit de zuivering;
 - vuilinsluiting bij aanleg en onderhoud;
- processen waarbij in het leidingnet deeltjes worden gevormd: fysische, chemische en/of biologische processen (coagulatie, vorming en afbraak van biofilm, corrosie van metalen onderdelen);
- hydraulische omstandigheden die tot accumulatie en opwerveling leiden.



Figuur 1 Deeltjesvormende processen in een leidingnet [7].

Het bruinwater risico wordt beperkt door a) de zuivering aan te passen waardoor minder deeltjes het net inkomen, b) te voorkomen dat deeltjes in het net accumuleren door het net zelfreinigend aan te leggen of c) geaccumuleerde deeltjes tijdig te verwijderen. Dit rapport beschrijft c):

- I. Hoe kan een leidingnet worden gereinigd van geaccumuleerd sediment?
- II. Wanneer moet een net worden gereinigd om bruinwaterklachten en bruinwaterproblemen te voorkomen?

Ad I Er is aangetoond dat hoe hoger de schuifspanning op de buiswand (hoge watersnelheid), hoe meer sediment wordt verwijderd. Om het bruinwater risico te beperken, is het voldoende om te zorgen dat de schuifspanning (watersnelheid) wordt gebruikt die (juist) groter is dan de schuifspanning die optreedt bij '2'. De hoge schuifspanning kan met verschillende schoonmaaktechnieken worden bereikt. De mogelijke technieken en de toepassing hiervan zijn beschreven in hoofdstuk 5.

Ad II Het objectief vaststellen van de noodzaak tot schoonmaken van het leidingnet gebeurt met de OPM, beschreven in hoofdstuk 3. Deze methode wordt ook ingezet om het effect van schoonmaken (I) te toetsen. Het vaststellen van een schoonmaakfrequentie op basis van de kenmerken van de zuivering (uitgaande troebelheid) en het leidingnet (materiaal, diameters, optredende snelheden) is nog niet mogelijk; de processen zijn in kwantitatieve zin onvoldoende bekend.

2.2 Processen waarbij deeltjes een leiding binnenkomen

Direct uit de zuivering

De klassieke zuivering van ruwwater tot drinkwater is nooit volledig. In het drinkwater blijft een beperkte hoeveelheid stoffen achter in sedimentvorm of die tot sediment kunnen worden gevormd. De aard en de hoeveelheid hiervan is sterk afhankelijk van de grondstof (oppervlaktewater of grondwater), de methode van zuivering (snelfiltratie, langzame-zandfiltratie, membraanfiltratie) en de bedrijfsvoering van de zuivering (snelheden over de filters en het spoelen van filters).

IJzer en mangaan spelen de belangrijkste rol in de vervuiling met deeltjes uit de grondwaterzuivering door middel van snelle-zandfiltratie of coagulatieprocessen in de oppervlaktewaterzuivering.

Vuilinsluiting bij aanleg en onderhoud

Bij onzorgvuldige aanleg en reparaties kan het leidingnet vervuild raken met gronddeeltjes.

2.3 Processen waarbij in het leidingnet deeltjes worden gevormd

In het leidingnet kunnen deeltjes worden gevormd door chemische, biologische en fysische processen of door combinaties hiervan.

Chemische processen

Drinkwater dat chemisch niet in evenwicht is, zal in het leidingnet reageren in de bulk en met de omgeving. Afhankelijk van de opgeloste stoffen in het water kunnen deeltjes ontstaan en kleine hoeveelheden opgelost ijzer (driewaardig) kunnen in vlokform neerslaan. Verhoging in pH als gevolg van uitloging van cementgebonden materialen als cementmortelbekleding, beton en asbestcement kan leiden tot vorming van calciumcarbonaat in het drinkwater dat neerslaat in vlok- of korrelvorm.

Corrosie van metalen onderdelen in het leidingnet

Onbeschermd metaal komt voor in leidingnetten voor drinkwater. In de oude leidingnetten betreft dit voornamelijk grijs gietijzeren leidingen, brandkranen, afsluiters en overgangstukken. In moderne leidingnetten komt onbeschermd metaal veel minder voor. Op onbeschermd metaal worden afzettingen gevormd onder invloed van lokale corrosie. Deze afzettingen kunnen bij beschadiging een bron van deeltjes zijn. Vanwege de zeer grote ruwheid van de afzettingen zal sediment uit het water zich tussen de afzettingen kunnen ophopen en onder de juiste hydraulische omstandigheden tot bruinwaterproblemen kunnen leiden.

Biologische processen

In biologisch stabiel drinkwater treden weinig biologische processen op, de biofilm kent een lage dichtheid per oppervlakte-eenheid en hogere organismen komen uitsluitend in lage aantallen voor. Bij biologisch minder stabiel water wordt een biofilm opgebouwd op de buiswand en hogere organismen komen volop voor. De afbraak van de biofilm onder wisselende omstandigheden als temperatuur, stroomsnelheden en waterkwaliteit veroorzaakt losliggend sediment. De aanwezigheid van hogere organismen veroorzaakt sediment (afscheiding van deze diertjes) en bij het afsterven van deze organismen vormen de exoskeletten van deze organismen een deel van het sediment. De biologie in een leidingnet heeft nauwelijks kleur. In de biofilm wordt echter sediment ingevangen en dit sediment is niet kleurloos (veel ijzer aanwezig). Hiermee ontstaat een biofilm met een bruine kleur.

Fysische processen (hydraulische omstandigheden)

Het zijn vooral de hydraulische processen die bruin water veroorzaken. Bij lage stroomsnelheden bezinkt sediment in de leiding en wordt het in de biofilm ingevangen. Onder de juiste omstandigheden kan er transport plaatsvinden en het sediment wordt meegevoerd tot het in de luwte van de stroom terecht komt. Dit kan de buiswand zelf zijn, de voegen van de buisdelen, afsluiters en in aftakkende leidingen met zeer lage snelheid. Er ontstaat in de leiding een accumulatie van sediment. Als door omstandigheden de snelheid in de leiding wordt verhoogd (bij hoog verbruik, bij afsluiting van andere leidingen, bij het openen van brandkranen) wordt het sediment opgewerveld en ontstaat er bruin water in de leiding bij voldoende aanwezig sediment.

2.4 Verschillen in vervuiligingsgedrag van leidingnetten

Een voorzieningsgebied wordt gevoed door een of meer drinkwaterproducties en bestaat uit verschillende organisch gegroeide leidingnetten. Er ligt historisch gezien geen coherente ontwerpfilosofie aan ten grondslag, het kent vele verschillende materialen en er is sprake van een groot verschil in afnemers. Dit betekent dat de drie voornoemde processen in elk voorzieningsgebied anders zijn. De watersamenstelling, het leidingmateriaal en de optredende snelheden variëren per gebied. Hiermee variëren ook de samenstelling en vorm van het sediment en de momenten dat dit sediment tot bruin water kan leiden.

2.5 Wanneer is er sprake van bruin water?

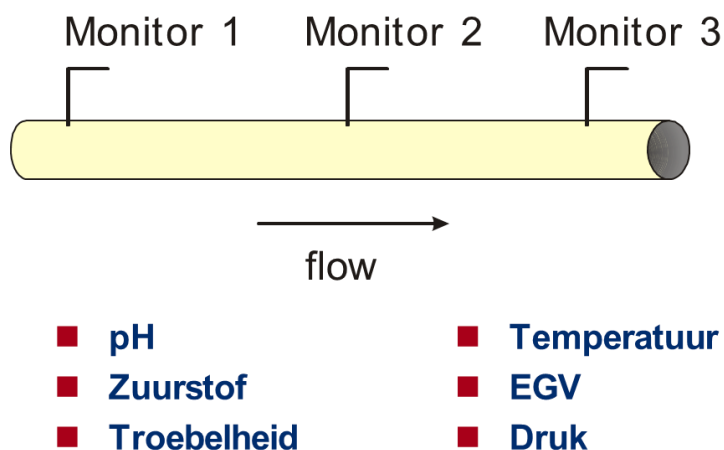
Drinkwaterbedrijven leveren drinkwater van uitstekende kwaliteit. Desondanks zal er in het leidingnet door verschillende processen sediment ontstaan dat onder de juiste hydraulische omstandigheden tot opwerveling komt en de consument bereikt. Als de troebelheid van het geleverde drinkwater niet voldoet aan de eis voor de troebelheid van drinkwater (< 4 FTE) [6] is er nog geen sprake van een bruinwaterprobleem. Uit ervaringen van drinkwaterbedrijven blijkt dat consumenten bij een troebelheid van 5 – 10 FTE bereid zijn te gaan klagen bij het bedrijf. Naast sediment speelt ook kleur een rol bij de perceptie van de consument. De oplossing voor een hoge kleur is echter anders dan die voor een hoge troebelheid. Het onderscheid is voor de consument niet eenvoudig te maken.

Niet alleen een hoge waarde van de troebelheid is van belang, ook de duur van de hoge troebelheid en de frequentie van voorkomen spelen een belangrijke rol in de bereidheid tot klagen. Daarnaast bestaan er ook regionale verschillen. De consument in de stad geeft sneller een signaal dan die op het platteland. De absolute waarde van klachten van consumenten omtrent bruin water is hiermee weliswaar waardevol, maar slechts indicatief. Er is daarom behoefte aan een uniforme meetmethode voor het vaststellen van het bruinwaterrisico.

2.6 Monitoring bruin water

2.6.1 Monitoring waterkwaliteitsparameters

Een continue monitoring van de troebelheid gedurende een bepaalde tijd in een gebied waar bruinwaterproblemen voorkomen, levert informatie op over de oorzaak van bruin water en welke oplossingen mogelijk of noodzakelijk zijn. Door de verschillende monitoren in het gebied in te zetten en de resultaten met elkaar te vergelijken, zijn de processen te identificeren en de mogelijke oorzaken en oplossingen te definiëren, zie figuur 2. Dergelijke monitorsystemen kunnen worden uitgerust met meer sensoren die andere parameters meten, waarmee de processen in het systeem beter kunnen worden gevolgd.



Figuur 2 Waterkwaliteitsmonitoren voor het volgen van processen in een drinkwaterleidingnet (pH = zuurgraad, EGV = Elektrisch GeleidingsVermogen).

Niet alle in figuur 2 genoemde parameters zijn noodzakelijk in een monitorsysteem. Als het systeem uitsluitend rond het schoonmaken van drinkwaterleidingen wordt gebruikt, zijn druk en troebelheid voldoende. In het geval ook de herkomst van het water (welk pompstation), biologische activiteit en interactie met cementgebonden materiaal (asbestcement, gecementeerd gietijzer, beton) van belang zijn, komt de set met parameters overeen met die in figuur 2.

2.6.2 Monitoring troebelheid

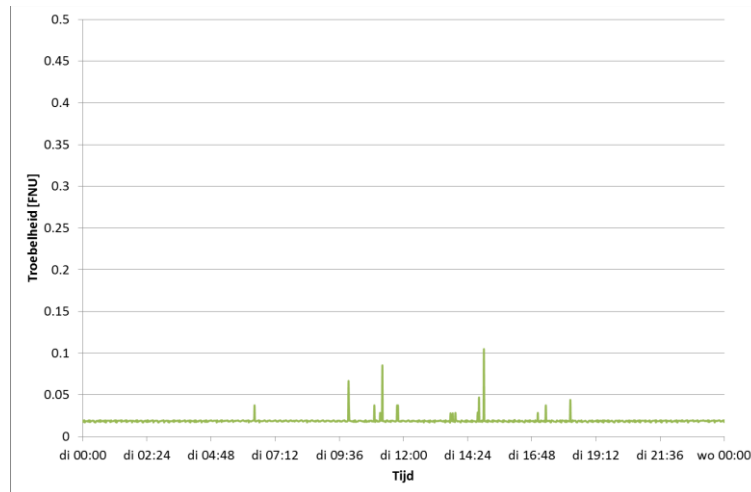
Om de oorzaak van bruin water te kunnen bepalen, zijn twee meetstrategieën mogelijk: een locatiemeting en een trajectmeting. Beide metingen maken gebruik van de gemeten troebelheid.

Bij een locatiemeting wordt één monitorsysteem ingezet en worden uitsluitend de veranderingen over de tijd geanalyseerd. Bij een trajectmeting wordt uitgegaan van meerdere monitorsystemen, waarbij de veranderingen in de gemeten parameters over de tijd en tussen de verschillende systemen worden geanalyseerd.

2.6.3 Locatiemeting

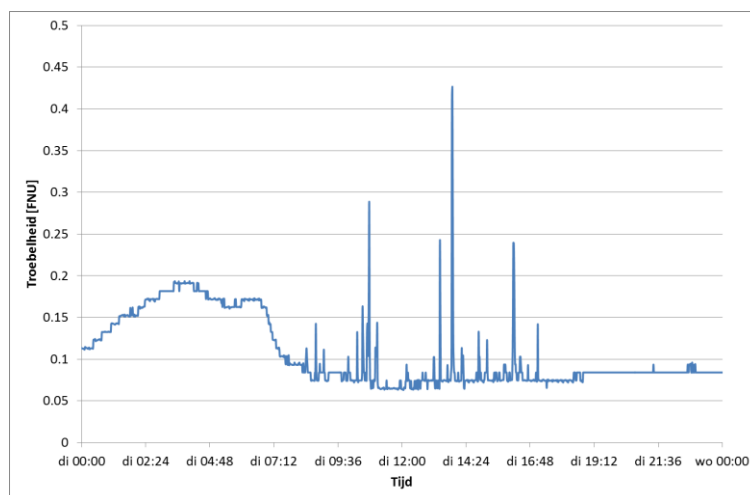
Bij een locatiemeting worden de parameters over de tijd gemeten. Door in het leidingnet de stroomsnelheid te variëren, een natuurlijk verloop over de dag of ingrepen in het net met afsluiters en/of brandkranen, kan uit de gemeten troebelheid een oordeel worden gevormd over de toestand van het leidingnet met betrekking tot de aanwezigheid van opwervelbaar

sediment. Ook bij klachten van consumenten geeft een dergelijke meting een goede verificatie van de klacht. Voorbeelden van dergelijke locatiemetingen zijn weergegeven in figuur 3 tot en met figuur 5. In figuur 3 is de troebelheid weergegeven in een PVC leiding op een dinsdag. Gedurende de dag treden er kleine piekjes in de troebelheid op als gevolg van opwerveling bij het optredende verbruik over de dag. Er zijn geen andere fenomenen zichtbaar. Er is een beperkte hoeveelheid sediment in de leiding aanwezig.



Figuur 3 Locatiemeting van de troebelheid in een PVC leiding.

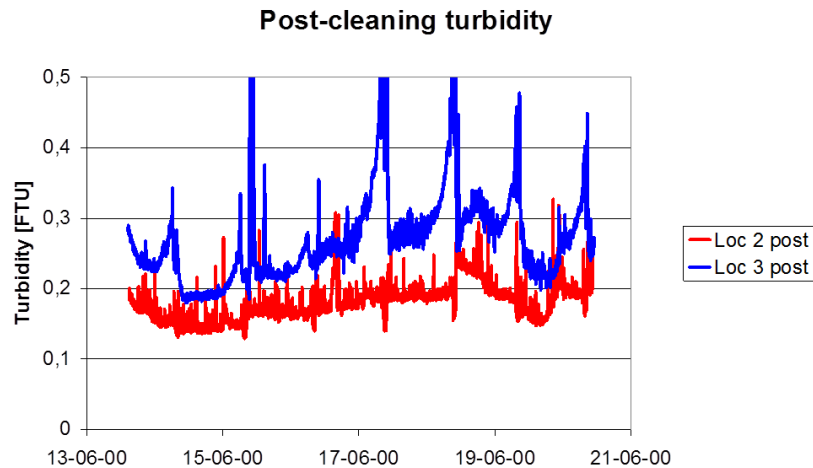
In figuur 4 is de troebelheid weergegeven in een gietijzeren leiding in hetzelfde gebied als de PVC leiding in figuur 3. Gedurende deze dag is een toename zichtbaar van de troebelheid in de nachturen. Met het verbruik in de vroege ochtend wordt dit water verdrongen of geconsumeerd en zakt de troebelheid snel. Vervolgens ontstaan er piekjes in de troebelheid als gevolg van opwerveling bij het optredende verbruik over de dag. Er is sediment in deze leiding aanwezig.



Figuur 4 Locatiemeting van de troebelheid in een gietijzeren leiding.

In figuur 5 zijn twee metingen van de troebelheid gedurende een week op verschillende locaties op een gietijzeren leiding afgebeeld. De rode lijn geeft een onregelmatig patroon waarin de pieken verspreid over de dag voorkomen. De leiding is niet vrij van sediment, maar de buiswand is niet reactief. De blauwe lijn vertoont een regelmatige stijging van de

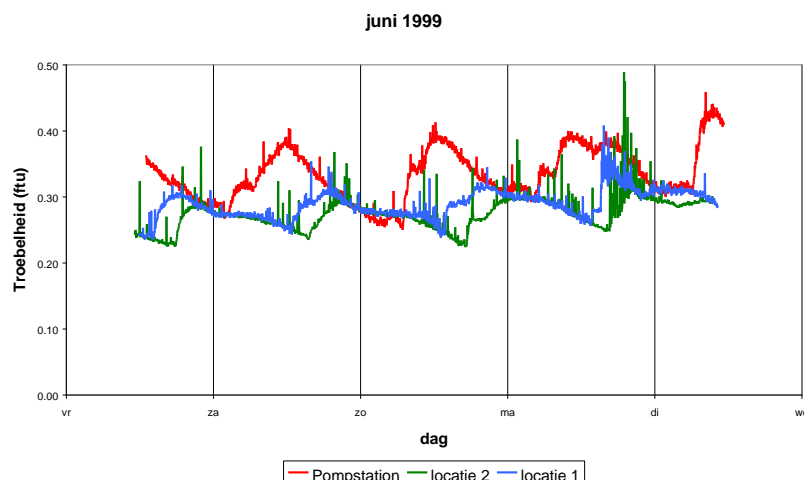
troebelheid die vervolgens in korte tijd weer afneemt. Dit verschijnsel wordt veroorzaakt door een actief roestende buiswand die deeltjes afgeeft aan het water die bij een lage stroomsnelheid tot een verhoogde troebelheid leiden. De troebelheid stijgt daarbij in de nacht in enkele uren tot aanzienlijke waarden. Op het moment dat er verbruik op de leiding plaatsvindt en het water met een hoge troebelheid wordt verdrongen, zakt de troebelheid bijna momentaan. Dit patroon is zichtbaar in de nachturen en overdag bij laag verbruik.



Figuur 5 Locatiemetingen in een ongecoate grijs gietijzeren leiding.

2.6.4 Trajectmeting

De gemeten troebelheid over een traject varieert. Bij afnemende troebelheid is sprake van accumulatie van sediment over het meettraject, bij toenemende troebelheid is er sprake van vorming of opwerveling van sediment. Over één traject kan over de tijd zowel accumulatie als opwerveling plaatsvinden, zie figuur 5. Het traject wordt doorstroomd van het pompstation (rood) via locatie 1 (blauw) naar locatie 2 (groen). De troebelheid neemt gemiddeld af, maar de piekhoogte neemt toe. Hier is sediment in het traject aanwezig dat onder de juiste omstandigheden tot opwerveling komt en het sediment is afkomstig van het pompstation.



Figuur 6 Trajectmeting van de troebelheid over een transportleiding.

3 Principe en beschrijving OPM

3.1 Bruinwaterklachten

Bruinwaterklachten leveren een drinkwaterbedrijf inzicht in de gebieden waar bruinwaterproblemen bestaan. Een bruinwaterklacht ontstaat als er aan drie voorwaarden wordt voldaan:

- Het leidingnet is vervuild;
- Er treedt een hydraulisch incident op waarbij sediment wordt opgewerveld;
- De consument neemt de moeite om dit te melden.

Een goede registratie van de bruinwaterklachten is noodzakelijk om conclusies te kunnen trekken over de toestand van het leidingnet [8]. Binnen deze registratie zijn aard (kleur, geur), tijdstip, verbruikssituatie (hoog of laag verbruik), verbanden met bedrijfsvoering en dergelijke van belang.

De objectiviteit van deze klachten is een onzekere factor en met de klachten wordt ook het imago van het drinkwaterbedrijf beschadigd. Hiermee is de klagende consument niet het meest ideale meetmiddel voor de aanwezigheid van sediment dat tot bruin water kan leiden. Het is echter wel een sterk signaal dat er iets in het leidingnet aan de hand kan zijn.

Consequente en eenduidige registratie betekent dat ten minste de volgende parameters worden vastgelegd:

- Datum en tijd van de melding;
- Datum en tijd van het optreden van bruin water;
- Plaats van optreden van bruin water;
- Aard van de klacht in een gestandaardiseerde classificatie.

3.2 Metingen rond schoonmaken

3.2.1 Troebelheidsmeting

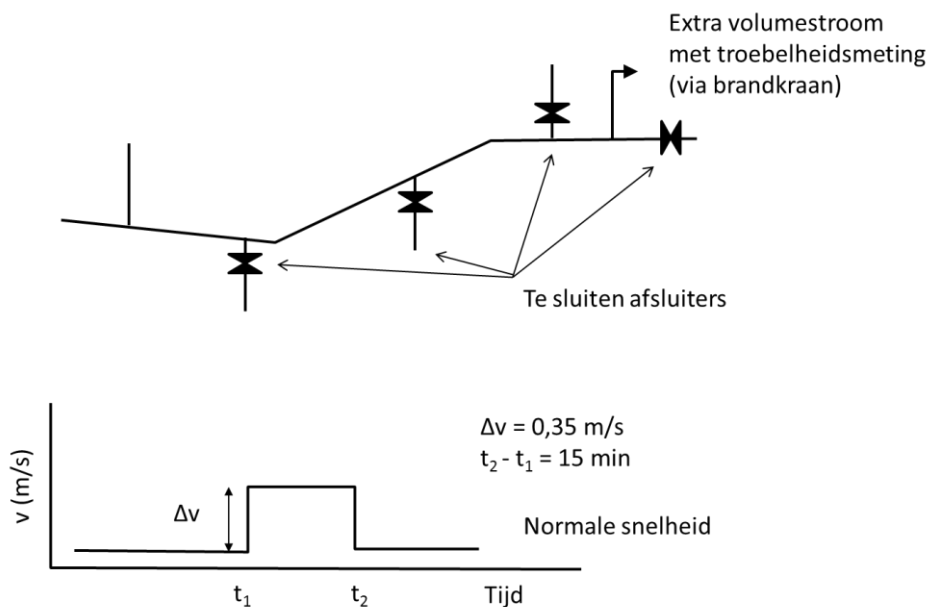
De parameters waarmee bruin water is geassocieerd, zijn kleur en troebelheid. Kleur wordt veroorzaakt door opgelost materiaal, is in drinkwater in beperkte mate aanwezig en verandert weinig in het leidingnet. Troebelheid bestaat uit deeltjes in het water. Ook deze zijn in beperkte mate aanwezig, maar in het leidingnet zijn verschillende processen gaande die deeltjes kunnen vormen, veranderen, laten sedimenteren en weer opwerpen (zie ook figuur 1). Troebelheid is hiermee de belangrijkste parameter voor het kwantificeren van bruin water. De definitie van troebelheid volgens NEN-EN-ISO 7027:1999 (E) [9] is: '*Reduction of transparency of a liquid caused by the presence of undissolved matter.*', in het Nederlands: '*Afname van de doorzichtigheid van een vloeistof door de aanwezigheid van onopgeloste stof.*'

Troebelheid wordt gemeten met een daarvoor bedoelde meter, een troebelheidsmeter. In de norm NEN-EN-ISO 7027 [9] worden voor het kwantitatief bepalen van de troebelheid met optische troebelheidsmeters twee methoden aangegeven. De meting kan in een doorstroomcel of in een cuvet (monsterglas) plaatsvinden. Voor drinkwater tot 40 FTE wordt 'measurement of diffuse radiation' aangegeven. Deze methode meet de verstrooiing van het licht via de aanwezige deeltjes onder een hoek van 90°. Voor hogere troebelheden wordt

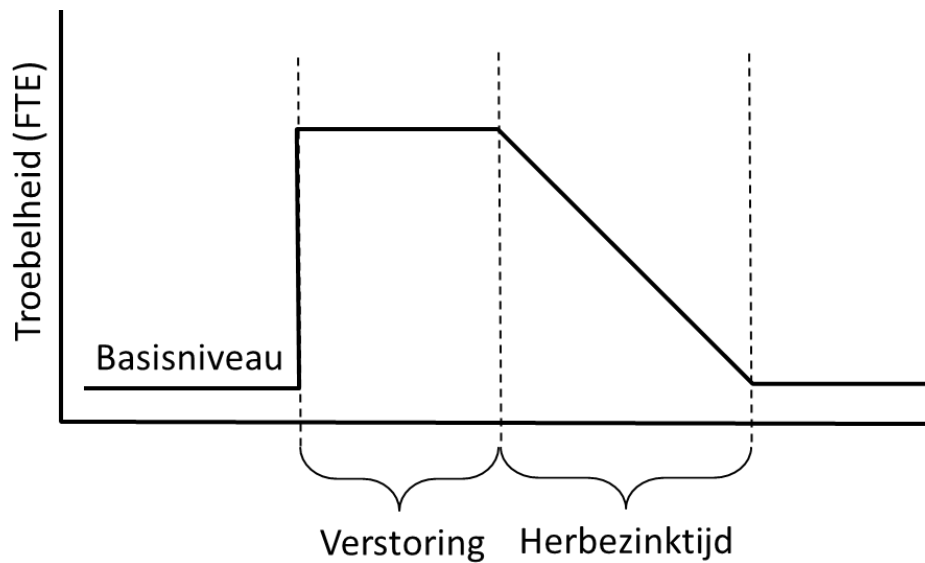
'measurement of the attenuation of a radiant flux' aangegeven. Deze methode maakt gebruik van de vermindering van het doorvallend licht in een rechtdoorgaande meting. Beide methoden maken gebruik van licht met een golflengte van 860 nm. Het komt de reproduceerbaarheid ten goede als de metingen met identieke apparaten worden uitgevoerd. De uitvoering van deze metingen vergt competent personeel.

3.2.2 Opwervelingspotentiemethode (OPM)

Om het leidingnet te kunnen beoordelen op de aanwezigheid van sediment dat tot bruin water kan leiden, is in de jaren '90 van de vorige eeuw de opwervelingspotentiemethode ontwikkeld [3]. De methode is gebaseerd op de opwerveling van sediment in het leidingnet bij een bepaalde vastgestelde verstoring in de watersnelheid in de te onderzoeken leiding. De verstoring is gestandaardiseerd en reproduceerbaar. In figuur 7 is het principe van de OPM weergegeven. Op de te onderzoeken leiding wordt een extra volumestroom gecreëerd die een extra snelheid van 0,35 m/s boven de normaal optredende snelheid veroorzaakt. Deze volumestroom wordt gedurende 15 minuten gehandhaafd. Gedurende deze actie wordt de troebelheid in de leiding of op het uitstromende water continu gelogd (frequentie 1/s – 1/min). Het effect van de verstoring op de troebelheid is een maat voor de vervuilingstoestand van de betreffende leiding. In figuur 8 is een geschematiseerd resultaat van de meting weergegeven. De hoogte van de troebelheidspiek is een goede indicatie voor de noodzaak tot schoonmaken. De breedte van de troebelheidspiek geeft aan wat de aard van het sediment is: snel bezinkend of lang in suspensie blijvend. Een troebelheid die lang in suspensie blijft levert een grotere kans op bruin water op.



Figuur 7 Principe van de OPM; gestandaardiseerde extra volumestroom gedurende een korte tijd waarbij de troebelheid continu wordt gemeten.



Figuur 8 Geschematiseerd resultaat van een troebelheidsmeting gedurende een OPM.

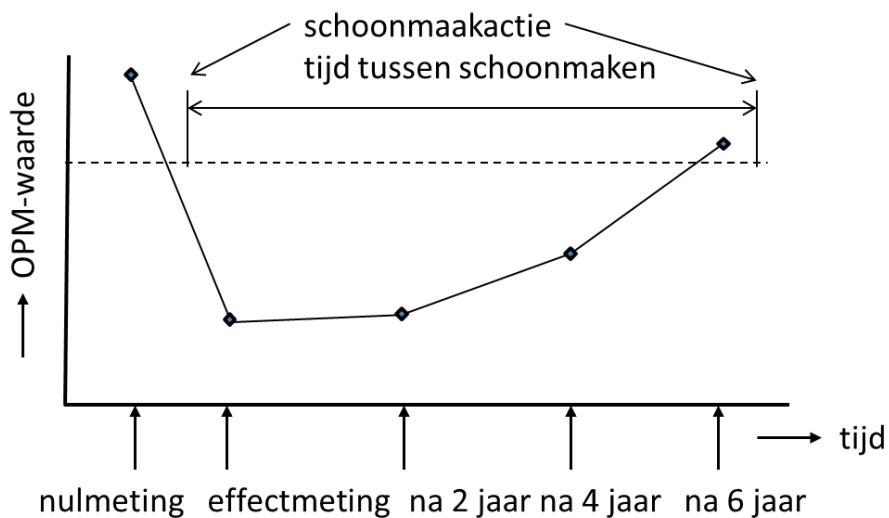
De troebelheidswaarden die worden bereikt met de OPM zijn reproduceerbaar en geven de vervuilingstoestand weer. Hiermee is de OPM een methode waarmee de vervuilingstoestand van een locatie wordt vastgelegd. Om op eenvoudige wijze de resultaten te kunnen vergelijken, is het noodzakelijk om het resultaat te vertalen naar één kental (OPM-waarde), hier zijn verschillende mogelijkheden die in § 3.6 worden behandeld.

Omdat bij het uitvoeren van een troebelheidsmeting binnen OPM een deel van de vervuiling wordt verwijderd, moet de gebruiker van de OPM hiermee rekening houden. Als de metingen steeds op een gelijke plaats worden uitgevoerd, kan dit de uitslag van de metingen beïnvloeden. Er wordt in dat geval een lagere troebelheid gemeten dan in een ongestoorde situatie.

Verder is bij de beoordeling van de metingen kennis van de stand van de afsluiters en de tijden van afsluitermanipulatie essentieel en is synchronisatie van de gebruikte dataloggers en tijdregistratie op bijvoorbeeld centrale volumestroommeters van de voedingen noodzakelijk om de waarnemingen onderling te kunnen relateren.

3.3 Meetcyclus met OPM

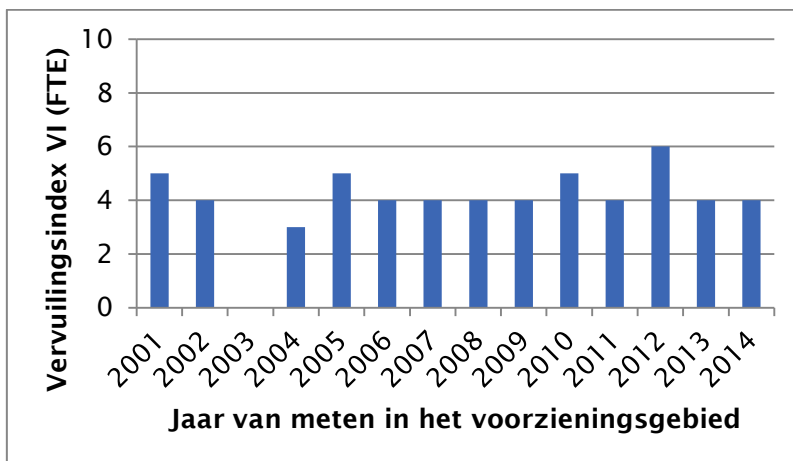
In een drinkwaterleiding verzamelt zich door diverse oorzaken sediment. De vervuiling van het net met sediment is een tijdsafhankelijk proces. Door de OPM met enige regelmaat in te zetten op een locatie krijgt de beheerder van het leidingnet inzicht in de snelheid van het proces. Het gebruik van de OPM rond het schoonmaken van een leiding geeft inzicht in het schoonmaakeffect. In figuur 9 is weergegeven hoe een cyclus van OPM op een locatie er uit kan zien. De eerste meting (nulmeting) is uitgevoerd in een vervuild leidingnet. Op basis van bruinwaterklachten is geconstateerd dat er 'iets' aan de hand is. De OPM geeft objectief aan dat de locatie vervuild is en in welke mate. Vervolgens is het leidingnet schoon gemaakt en op basis van de effectmeting wordt geconstateerd dat de locatie schoon is. Met een regelmaat van twee jaar is vervolgens de OPM uitgevoerd en op deze locatie wordt het niveau waarbij wordt schoongemaakt na zes jaar overschreden. Voor deze locatie met deze waterkwaliteit (bruin water) bedraagt de schoonmaakfrequentie 6 jaar.



Figuur 9 Schematische weergave van de vervuiling en het schoonmaken van een leiding met OPM. De gemarkeerde punten geven de OPM weer in het proces. Als een kritisch niveau wordt overschreden, is een schoonmaakactie gewenst.

De schoonmaakfrequentie is sterk afhankelijk van de netinrichting (gebruikte materialen, vermaasde/vertakte systemen) en de kwaliteit van het gedistribueerde water. Schoonmaakfrequenties bij de Nederlandse drinkwaterbedrijven variëren van eens per 4 tot 15 jaar of nog minder frequent.

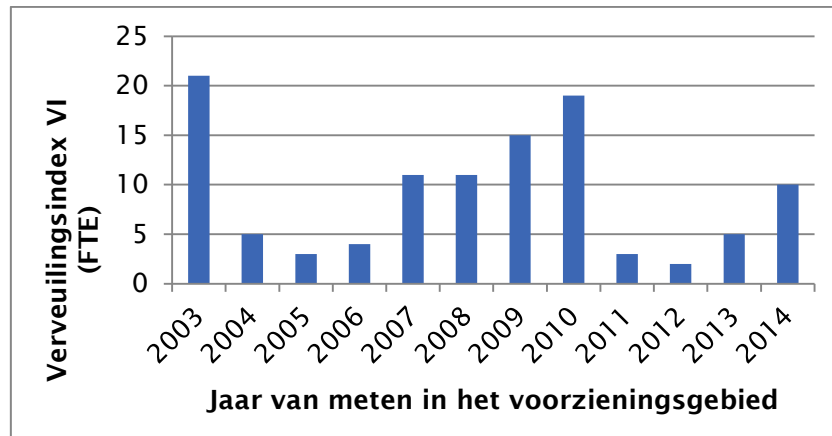
Het drinkwaterbedrijf WML heeft ruime ervaring met het vastleggen van de vervuilingstoestand in het leidingnet en het vaststellen van de schoonmaakfrequentie. In Figuur 10 is voor de jaren 2001 - 2014 de gemiddelde vervuilingsindex VI² uitgezet van een aantal uitgevoerde metingen. Het gebied wordt op basis van deze metingen niet schoongemaakt.



Figuur 10 Gemiddelde vervuilingsindex VI in het gebied Plasmolen bij de uitgevoerde metingen.

² WML hanteert de vervuilingsindex VI als criterium. Deze is gedefinieerd als de gemiddelde troebelheid over de eerst 40 minuten. Bij een VI > 25 wordt een schoonmaakactie uitgevoerd.

In Figuur 11 is voor de jaren 2003 – 2014 de gemiddelde vervuilingsindex VI uitgezet van een aantal uitgevoerde metingen. Het gebied wordt op basis van deze metingen eens in de 7 jaar schoongemaakt: voor de meting in 2004 en voor de meting in 2011.



Figuur 11 Gemiddelde vervuilingsindex VI in het gebied Grubbenvorst bij de uitgevoerde metingen.

3.4 Inbedding metingen in het schoonmaakproces

Parameters die het drinkwaterbedrijf moet bepalen om de schoonmaakacties objectief te kunnen sturen, zijn de volgende:

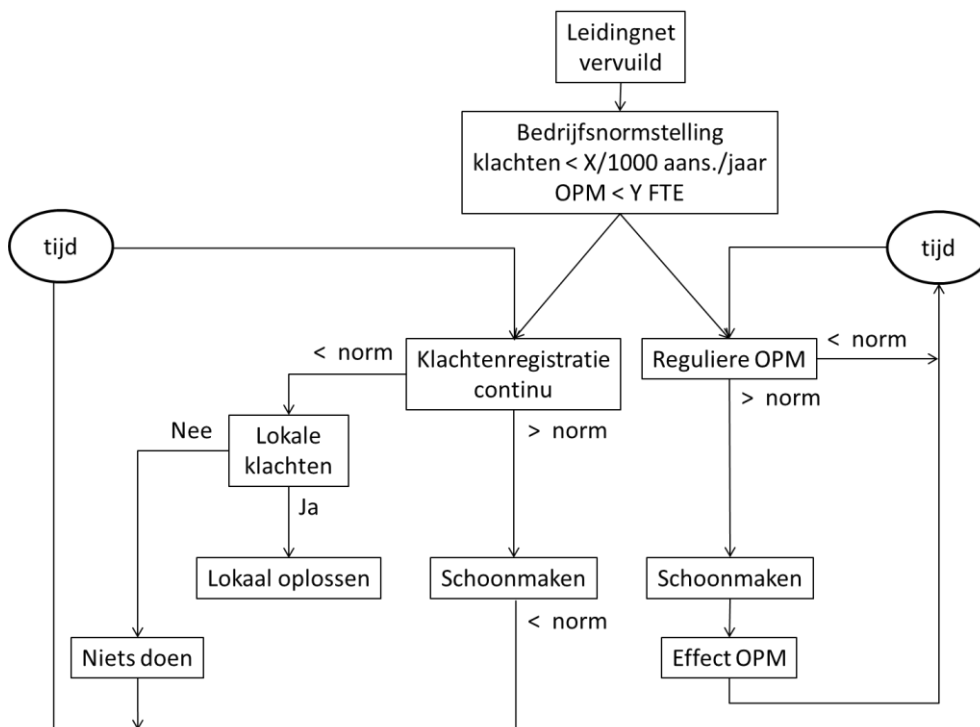
- Maximum aantal klachten (bruin water) per aantal aansluitingen;
Een simpel rekensommetje van het aantal klachten / aantal aansluitingen voldoet niet. De klachten kunnen zijn geconcentreerd in een beperkt gebied, waarmee voor het volledige gebied de grens niet wordt bereikt, terwijl in het beperkte gebied de klachtendichtheid hoog is. Een indeling in wijken en kernen is hierbij noodzakelijk. Een GIS-analyse waarbij het een en ander geografisch wordt voorgesteld, kan een verhelderend inzicht verschaffen.
- Maximum (kritisch) niveau (bedrijfsspecifiek) van het resultaat van de OPM;
Als de OPM boven dit niveau komt, is schoonmaken de remedie. Omdat het gedrag van sediment sterk samenhangt met lokale omstandigheden (herkomst en vorming van sediment) is geen algemeen geldend niveau vast te stellen. Dit zal per voorzieningsgebied anders zijn. Het vaststellen van het kritisch niveau op basis van consumentklachten wordt niet haalbaar geacht, omdat de drinkwaterbedrijven klachten willen voorkomen en daardoor te weinig klachten ontstaan om dat verband te bepalen.

De procedure voor een volledige cyclus bestaat dan uit de volgende acties:

- Voer reguliere metingen volgens de OPM uit met een binnen het bedrijf bepaalde dichtheid. Bepaal hiernaast de vervuilingstoestand met de OPM voor de locaties waar op basis van consumentklachten het leidingnet kan zijn vervuild. deze metingen zijn de nulmetingen;
- Voer een schoonmaakprogramma op basis van een systematisch spuiplan uit in het geval de OPM en/of de consumentklachten boven een door het drinkwaterbedrijf gestelde grens komen;
- Bepaal de OPM na het schoonmaken op de eerder bemeeten locaties. Dit is de effectmeting;

- Bepaal de OPM door de tijd heen om de hervervuiling van het leidingnet te monitoren. Deze meetfrequentie is arbitrair en wordt bepaald door de ervaring in het betreffende net en de heersende waterkwaliteit.

In figuur 12 is schematisch weergegeven hoe het meten rond het schoonmaken kan plaatsvinden.



Figuur 12 Stroomschema metingen rond schoonmaken.

De plaats van de meetpunten in het leidingnet is een punt van aandacht. Als de OPM wordt uitgevoerd met een hoge frequentie op steeds hetzelfde meetpunt bestaat de kans dat de leiding bij iedere meting een (beperkt) schoonmaakeffect ondergaat. Het kritische niveau voor schoonmaken wordt dan nooit gehaald, terwijl de accumulatie van sediment in een leiding in de buurt zover is dat deze bruinwaterklachten kan opleveren.

3.5 Meetinstrumenten voor OPM

3.5.1 Leidingnet

Voor het toepassen van de OPM moeten de diameter, de te sluiten afsluiters en de te openen brandkranen bekend zijn. De keuze om de benodigde volumestroom als extra aan te brengen op een bestaande volumestroom hangt sterk af van de lokale situatie. In een sterk vermaasd leidingnet zal rekening moeten worden gehouden met de mogelijkheid van tweezijdige voeding bij het aanbrengen van de verstoring. Als dit niet gewenst is, moet de doorgaande leiding achter de verstoring worden gesloten. Deze overweging geldt vooral voor het doen van OPM in het secundaire en tertiaire vermaasde leidingnet. In het primaire net is over het algemeen de stroming eenduidig en is de verstoring niet groot genoeg om dit te beïnvloeden. In een vertakt tertiair net is de stromingssituatie eenduidig. Als wordt gekozen om een verstoring van 0,35 m/s een kwartier te laten duren, is 315 m geïsoleerde leidinglengte noodzakelijk. Een verstoring kan echter ook korter worden gekozen, waarmee de ongestoorde leidinglengte evenredig korter kan zijn. In tabel 1 zijn wat kentallen voor

benodigde volumestromen en optredende volumestromen bij een verstoring in verschillende materialen verzameld.

Tabel 1 Volumestromen en drukverliezen bij het uitvoeren van een OPM met 0,35 m/s bij verschillende diameters.

Materiaal	Diameter (mm)		Volumestroom		Drukverlies (mwk)	
	Nominaal	Inwendig	l/s	m ³ /h	ΔH/km	ΔH/315 m
PVC 0,75 MPa k = 0,05 mm	63	59,0	0,96	3,4	3,06	0,96
	75	70,6	1,37	4,9	2,44	0,77
	90	84,6	1,97	7,1	1,94	0,61
	110	103,4	2,94	10,6	1,52	0,48
	160	150,6	6,24	22,4	0,95	0,30
AC K = 0,2 mm	80	80	1,76	6,3	2,35	0,74
	100	100	2,75	9,9	1,73	0,56
	125	125	4,30	15,5	1,33	0,40
	150	150	6,19	22,3	1,08	0,34
GGIJ k = 5 mm	100	100	2,75	9,9	4,54	1,43
	125	125	4,30	15,5	3,27	1,03
	150	150	6,19	22,3	2,54	0,80

3.5.2 Metingen

Troebelheid

De troebelheid wordt gemeten met een optische troebelheidsmeter. Dit kan on line (doorstroomcel) of batchgewijs (cuvet). De data van een (semi)continue meting in een doorstroomcel worden in een datalogger opgeslagen, de data van een batchgewijze bepaling kunnen handmatig worden verwerkt.

Volumestroom

Voor de meting van de volumestroom over de brandkraan zijn verschillende mogelijkheden. De volumestroom kan worden afgeleid van een gemeten snelheid in de standpijp van de brandkraan waarop de meting wordt uitgevoerd. De volumestroom kan worden gemeten met een 'clamp on' meter (i) via de verstoring van het magnetisch veld, (ii) met een insteekmeter waarmee de watersnelheid direct wordt gemeten via een ingestoken schoepenrad of (iii) een opzetstuk met een ingebouwde volumestroommeter. Door het opzetstuk op de brandkraan uit te voeren met een volumestroombegrenzer (kaliberplaat, zie § 3.5.3) wordt een te grote volumestroom bij het openen en/of schoonspoelen van de brandkraan voorkomen.

Omdat het uitvoeren van een meting in het veld onder de heersende meteorologische omstandigheden (regen en wind) wordt uitgevoerd en een korte doorlooptijd kent (meerdere waarnemingen in enkele minuten), zijn on line metingen met datalogger aan te bevelen.

Druk

Indien gewenst voor het bepalen van de aanwezige inwendige diameter in bijvoorbeeld gietijzer wordt de druk gemeten met een drukopnemer (digitaal, continu) of manometer (analoog, aflezen). De drukopnemer of manometer wordt aangesloten op de standpijp op de brandkraan, waarop de OPM wordt uitgevoerd.

3.5.3 Brandkraan met toebehoren

Een meting volgens de OPM wordt uitgevoerd over een bestaande brandkraan. Een dergelijk meetpunt (zie figuur 13 - figuur 15), kan worden voorzien van het volgende instrumentarium:

- Afsluiter;
- Troebelheidsmeter;
- Volumestroombegrenzer;
Door een kaliberplaat toe te passen, hoeft de volumestroom niet te worden geregeld met de afsluiter. De kaliberplaat voorkomt een 'overshoot' bij het openen van de brandkraan. Een kaliberplaat heeft slechts een beperkt gebied in drukverlies waarin deze correct is. Als er grote verschillen in druk bestaan tussen diverse voorzieningsgebieden moeten voor elk gebied 'eigen' kaliberplaten worden gebruikt. In Bijlage II is het resultaat opgenomen van een theoretische benadering van dergelijke kaliberplaten.
- Monsterkraan;
Bij batchgewijze meting van de troebelheid is de monsterkraan onontbeerlijk. Bij een online troebelheidsmeting is de monsterkraan optioneel.
- Drukopnemer (optioneel);
- Volumestroommeter (optioneel).



Figuur 13 Standpijp voor een brandkraan voor een OPM met mogelijkheid voor een insteekmeter (volumestroom of druk), kogelafsluiter, monsterkraan en kaliberplaten voor het beperken van de volumestroom afhankelijk van de leidingdiameter (herkomst foto onbekend).



Figuur 14 Troebelheidsmeting (on line) op de leiding via een brandkraan (herkomst foto onbekend).



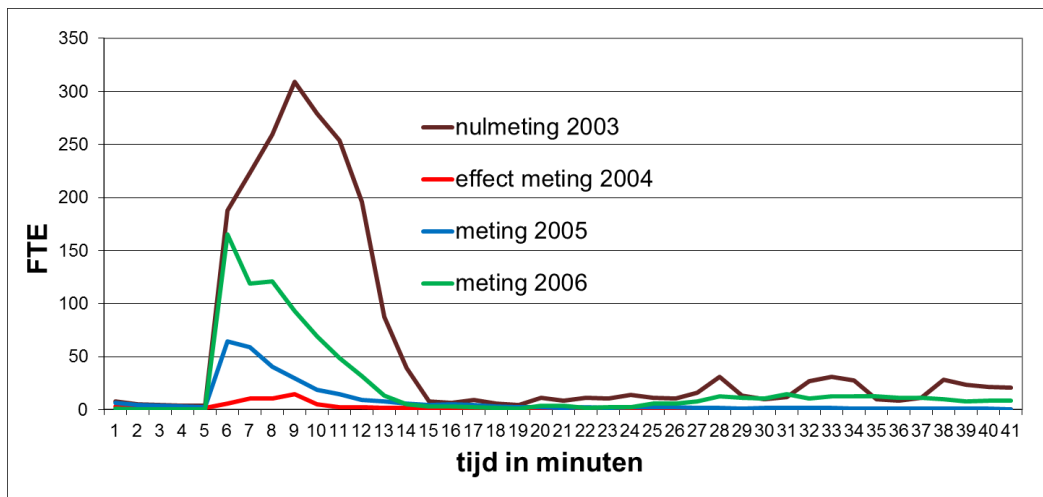
Figuur 15 Volledig ingericht meetpunt en aangepaste 'fittersbus'. Op het spui punt is vanaf de bocht de volgende apparatuur aanwezig: T-stuk met aftak naar drukopnemer en troebelheidsmeter, snelheidsmeter voor de volumestroom, afsluiter en spuizak. In de bus zijn de troebelheidsmeter, snelheidsmeter, drukregistratie en datalogger opgesteld (foto: WML, 2014).

3.5.4 Dataloggers

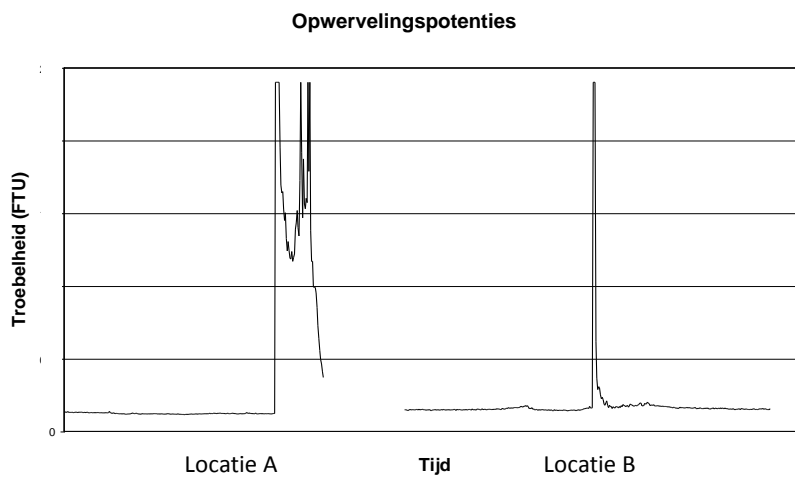
Met het uitvoeren van de OPM worden gegevens gegenereerd van de troebelheid in de tijd en mogelijk ook van de druk en de volumestroom. Voor de interpretatie van deze gegevens is een directe eenduidige opslag van belang. Een datalogger waarop de verschillende meetsystemen zijn aangesloten, is hiervoor het aangewezen apparaat. Een eenduidige registratie van de gemeten parameters maakt het interpreteren van de resultaten en de vergelijking met andere metingen eenvoudiger.

3.6 Interpretatie resultaat OPM

Het resultaat van een meting volgens OPM kent veel vormen. Er worden in één meting verschillende verschijnselen gemeten (zie figuur 8). In figuur 16 zijn de resultaten van een set metingen volgens OPM op verschillende tijdstippen rond het schoonmaken van een locatie weergegeven. De beslissing om tot schoonmaken over te gaan, is genomen op basis van de meting in 2003. Vervolgens is in 2004 geconstateerd dat het schoonmaken effect heeft gehad en dat de leiding in 2005 en 2006 opnieuw is vervuild. Om de waarnemingen te kunnen objectiveren, is het noodzakelijk om een methodiek van interpretatie en een criterium voor schoonmaken vast te leggen. Dit kan van bedrijf tot bedrijf verschillen en ook binnen een bedrijf zijn verschillen mogelijk tussen voorzieningsgebieden. Een en ander hangt sterk samen met het type sediment en met de aard van de afnemers. In Figuur 17 zijn de resultaten van twee OPM'en afgebeeld: locatie A en B. Beide resultaten geven een hoge troebelheid: de leidingen zijn vervuild, maar de duur van de verhoogde troebelheid op locatie A is veel langer dan op locatie B. Als gevolg hiervan is de kans dat de consument op locatie A bruin water waarneemt vele malen hoger dan op locatie B. Locatie A is ernstiger vervuild dan op locatie B.

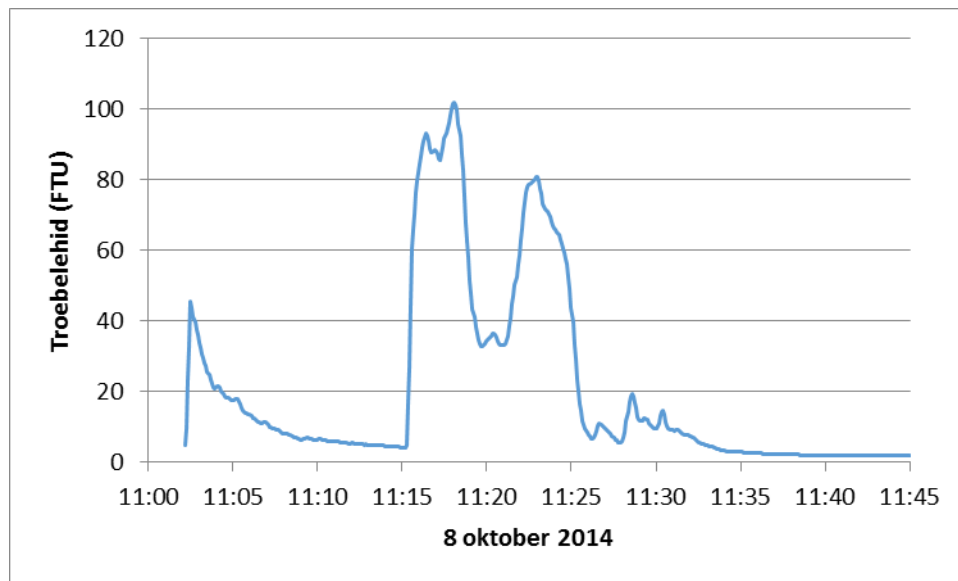


Figuur 16 Resultaten van OPM in Horst, locatie Weisterbeekstraat, voor schoonmaken (nulmeting 2003), na schoonmaken (effectmeting 2004) en volgende jaren.



Figuur 17 Resultaat van twee verschillende OPM.

Een werkelijk gemeten troebelheidsgrafiek binnen de OPM zoals is afgebeeld in figuur 18, is gebruikt om een aantal verschillende methoden van interpretatie naast elkaar te zetten. Het omzetten van een grafiek naar een getal of beoordeling heeft als voordeel dat er snel een vergelijking kan worden gemaakt tussen de meetresultaten zonder dat steeds opnieuw de vorm van de lijn hoeft te worden beoordeeld. De verschillende methoden geven elk een objectieve beoordeling, maar zijn niet onderling vergelijkbaar. Een meting volgens OPM kan uitsluitend binnen een gebruikte methode worden beoordeeld en geclassificeerd.



Figuur 18 Gemeten OPM bij PWN op een traject van 540 m \varnothing 100 mm AC. Om 11:02 is de brandkraan schoongespoeld en is de troebelheidsmeting gestart. De verstoring van 10 m³/uur (0,35 m/s) is begrensd met een kaliberplaat en om 11:15 aangebracht op de brandkraan BSR101. De verstoring is gestopt om 11:30 en om 11:45 is de troebelheidsmeting gestopt.

Puntensysteem KWR

Het puntensysteem KWR [2] bestaat uit een optelling van objectieve beoordelingen op basis van de gemeten troebelheden en tijden. In tabel 2 zijn de mogelijke beoordelingen opgenomen. De beoordelingen en waarderingen zijn arbitrair.

Tabel 2 Scores gemeten troebelheid volgens puntensysteem.

	Puntenwaardering			
	0	1	2	3
Maximum troebelheid 0 – 300 s	< 3	3 - 10	10 - 40	> 40
Gemiddelde troebelheid 0 – 300 s	< 3	3 - 10	10 - 40	> 40
Maximum troebelheid 300 – 900 s	< 3	3 - 10	10 - 40	> 40
Gemiddelde troebelheid 300 – 900 s	< 3	3 - 10	10 - 40	> 40
Duur tot terug basisniveau	< 300 s	300 – 900 s	900 – 3600 s	> 3600 s

Systeem PWN

PWN bepaalt de OPM-waarde uit de gemiddelde troebelheid op vier tijdstippen: 3, 6, 9 en 12 min.

Systeem Vitens 2006

De OPM-waarde is bepaald door de som te bepalen van:

- Een kwart van de gemiddelde troebelheid in rust (de gemeten troebelheid voor de verstoring);
- Een kwart van de maximum gemeten troebelheid gedurende de verstoring;
- Een kwart van de gemiddelde troebelheid gedurende de verstoring, exclusief de maximum piek;
- Een kwart van de gemiddelde troebelheid na de verstoring gedurende 4 min.

Systeem WML

WML bepaalt de OPM-waarde door de gemiddelde troebelheid te bepalen over 40 min na het begin van de verstoring.

Systeem Pidpa

Pidpa bepaalt de OPM-waarde door de gemiddelde troebelheid te bepalen op 2, 4, 6, 8, 10 en 12 min na het begin van de verstoring.

Systeem Evides (Rijnmond)

Evides (Rijnmond) bepaalt de OPM-waarde door een 'gewogen' gemiddelde troebelheid te bepalen op 1, 3, 6, 9, 12 en 15 min na het begin van de verstoring.

Systeem Evides (DELTA Infra)

Evides (DELTA Infra) bepaalt de OPM-waarde door de gemiddelde troebelheid te bepalen de eerste 10 minuten na het begin van de verstoring.

De gemeten troebelheid van figuur 18 is beoordeeld volgens de verschillende systemen zoals deze door verschillende bedrijven worden gehanteerd. Dit geeft het volgende resultaat:

- Puntensysteem volgens [2] 13 punten
- Systeem PWN 52 punten
- Systeem Vitens 2006 39 punten
- Systeem WML < 25 punten (de meting is 10 min tekort)
19 punten bij extrapolatie voor de laatste 10 min
- Systeem Pidpa 51 punten
- Systeem Evides (Rijnmond) 51 punten
- Systeem Evides (DELTA Infra) 62 punten

Voor een classificatie van de OPM-waarden zijn dus meerdere metingen binnen de OPM noodzakelijk die op een gelijke wijze zijn uitgevoerd. 'Gelijke wijze' betekent:

- Gelijke snelheid bij verstoren;
- Voldoende lengte van aanstromende geïsoleerde leiding;
- Gelijke tijdsduur van verstoren;
- Gelijke troebelheidsmeters.

Door de resultaten van de OPM in gebieden te combineren met optredende bruinwaterklachten wordt inzicht opgebouwd over een mogelijke drempelwaarde van de OPM, waarbij klachten kunnen gaan ontstaan. De mogelijke drempelwaarde is vooral bedrijfsgebonden op basis van de wijze van uitvoeren van een OPM, gebruikte troebelheidsmeters en een aanvaardbaar geachte hoeveelheid bruinwaterklachten.

3.7 Inventarisatie resultaten OPM

Door een aantal bedrijven zijn de in de afgelopen jaren gemeten OPM'en verzameld en deze zijn per bedrijf in een cumulatieve verdeling in een grafiek uitgezet, zie figuur 19 – figuur 25. Indien bekend zijn in de grafieken de drempelwaarden opgenomen.

WML

In figuur 19 zijn de uitgevoerde OPM'en weergegeven die bij de WML in de periode 2001 - 2014 zijn uitgevoerd. De periode valt uiteen in twee delen op basis van de gebruikte meetinstrumenten. In de periode 2001 - 2009 is gemeten met een 'ULTRATURB' troebelheidsmeter van de firma Hach Lange en in de periode 2010 - 2104 is gemeten met een troebelheidsmeter van de firma Endress & Hauser. Vanwege de verschillen in de meting zijn ook de gehanteerde drempelwaarden voor actie aangepast, zie tabel 3.

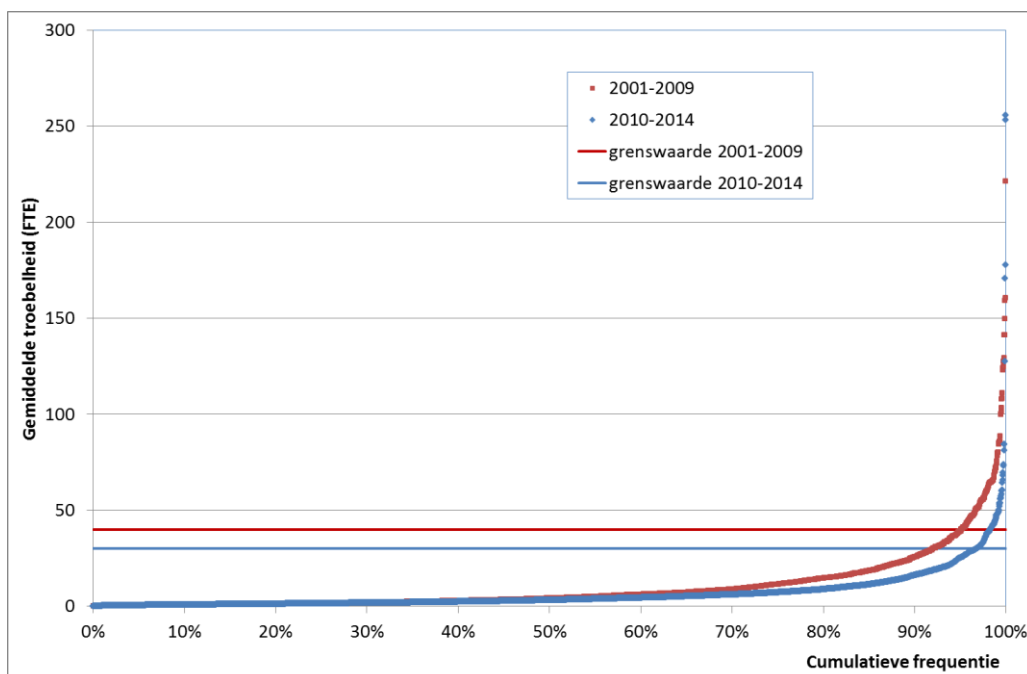
Tabel 3 WML interpretatie OPM resultaten.

Resultaat	Gemeten vervuilingsindex VI (FTE)	
	2001 - 2009	2010 - 2014
Schoon	0 - 20	0 - 15
Bruinwaterpotentie	20 - 40	15 - 30
Vervuild	> 40	> 30

WML bepaalt een vervuilingsindex VI uit een meting die bestaat uit 5 min stabiliseren, 5 min verstoren met 0,35 m/s, 30 min nameten (meting met een eenzijdige stroming) met een frequentie van één meting per minuut. De vervuilingsindex VI is het gemiddelde van de veertig metingen (40 min).

Bij WML wordt ieder jaar in dezelfde maand op 700 locaties de VI bepaald, zodat tussen iedere meting 12 maanden zit. Op iedere 10 km hoofdleiding wordt een meting uitgevoerd in het vermaasde deel van het leidingnet.

In de periode 2001 - 2009 bedraagt de VI in 95% van de metingen (2.959) minder dan 40 FTE, in de periode 2010 - 2014 bedraagt de VI in 96% van de metingen (3.490) minder dan 30 FTE.

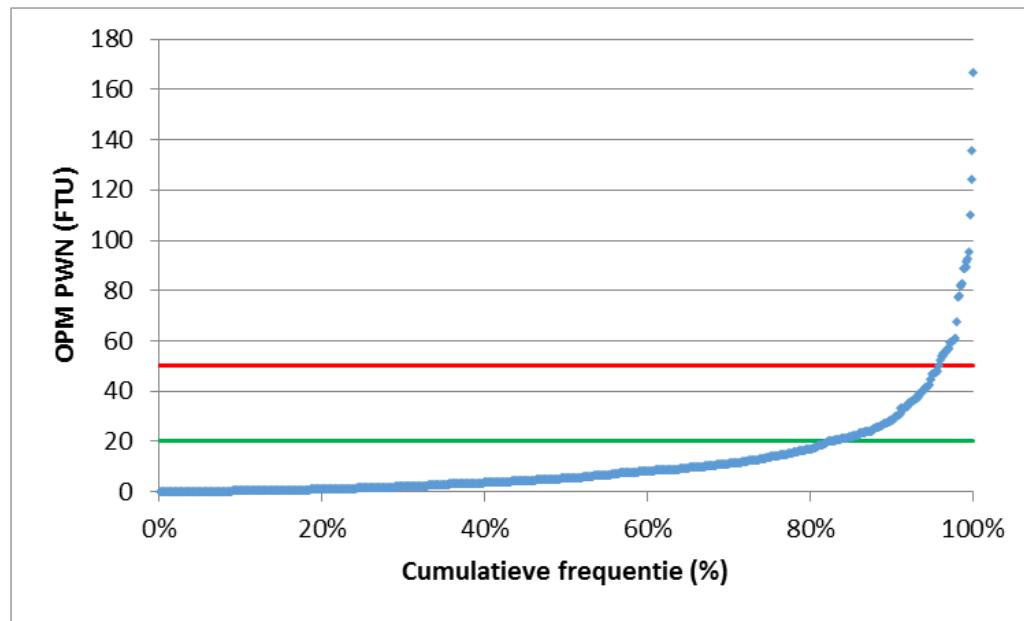


Figuur 19 Cumulatieve frequentie van de gemeten OPM in de periode 2001 - 2014 van WML.

PWN

PWN bepaalt de OPM-waarde op basis van het gemiddelde van de gemeten troebelheid op 3, 6, 9 en 12 min. De troebelheid wordt bepaald met een 'ULTRATURB' van de firma Hach Lange. In figuur 20 is de cumulatieve frequentieverdeling weergegeven van 732 OPM'en. PWN hanteert een grenswaarde van 50 FTE voor directe actie en van 20 FTE voor een nader beraad over de toestand. Indien er capaciteit aanwezig is voor een schoonmaakactie zal deze worden uitgevoerd.

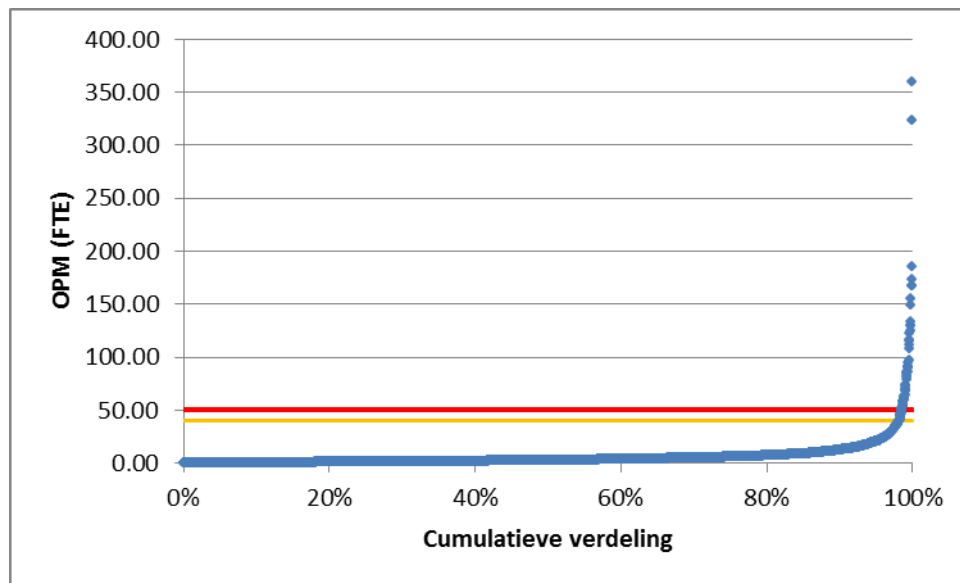
In de gevonden verdeling bedraagt de OPM in 95% van de metingen minder dan 50 FTE.



Figuur 20 Cumulatieve frequentie van de in 2014 gemeten OPM van PWN. De grenswaarde in rood is 50 FTE en in groen is dit 20 FTE.

Pidpa

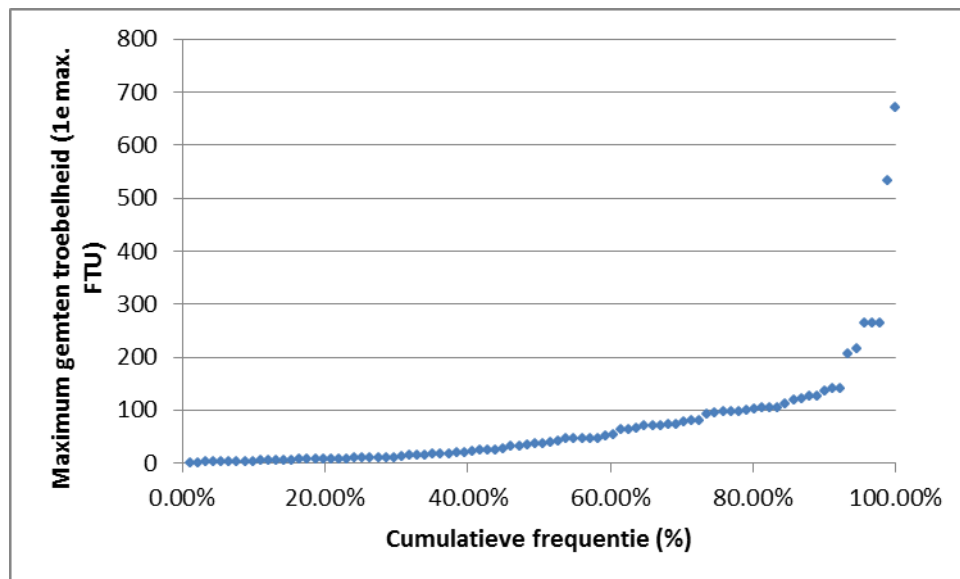
Pidpa bepaalt de OPM op basis van het gemiddelde van de gemeten troebelheid op 2,4, 6, 8, 10 en 12 min. De troebelheid wordt bepaald met een troebelheidsmeter 'TN-100' van de firma Eutech Instruments. In figuur 20 is de cumulatieve frequentieverdeling weergegeven van 3.600 OPM'en. Pidpa hanteert twee actieniveaus: een niveau 'op te volgen' en een niveau 'actie nodig'. Voor 2013 zijn de drempelwaarden 20 en 50 FTE gehanteerd, voor 2014 betrof dit 15 en 40 FTE. De drempelwaarden worden niet strikt gehanteerd, er wordt ook gekeken naar hoge OPM-waarden en geregistreeerde bruinwaterklachten.



Figuur 21 Cumulatieve verdeling van de gemeten OPM in de periode 2013 - 2014 met daarin de drempelwaarden: 2013 in rood (50 FTE, < 98,6 % van de metingen) en 2014 in oranje (40 FTE, 98,2 % van de metingen).

Dunea

Dunea bepaalt de OPM-waarde op basis van de gemeten maximum troebelheid in een meting. De troebelheid wordt bepaald met een troebelheidsmeter aangesloten op een universele controller 'sc200™' van de firma Hach Lange. In figuur 22 is de cumulatieve frequentieverdeling weergegeven van 91 OPM'en. Dunea hanteert nog geen grenswaarde. In de gevonden verdeling bedraagt de OPM in 95% van de metingen minder dan 263 FTE.



Figuur 22 Cumulatieve frequentie van de gemeten OPM in de periode 2012 - 2014 van Dunea. Er zijn geen grenswaarden gedefinieerd.

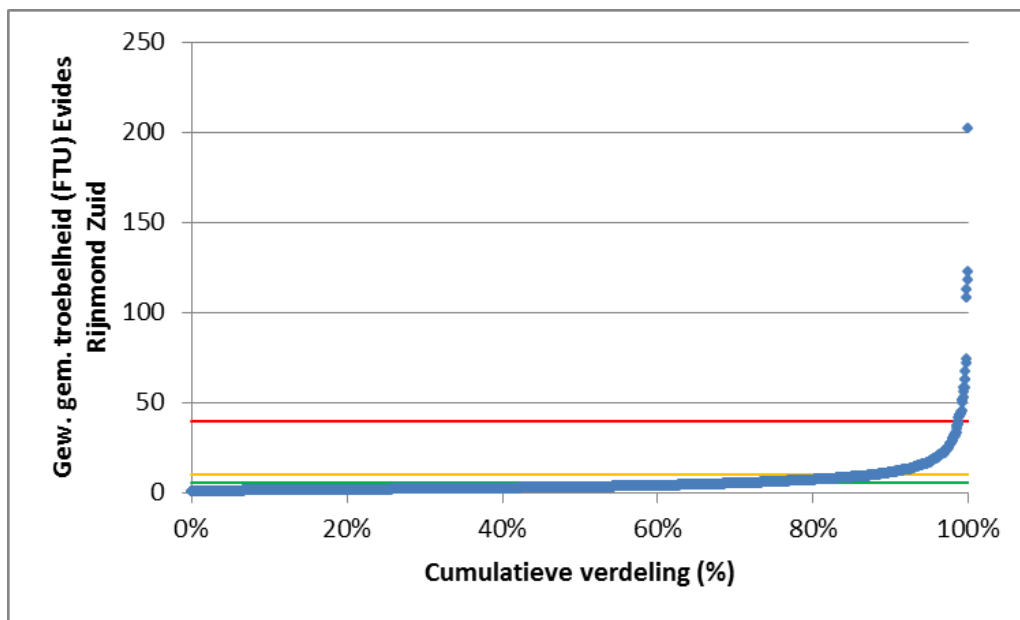
Evides

Binnen het voorzieningsgebied van Evides wordt de OPM-waarde op twee verschillende

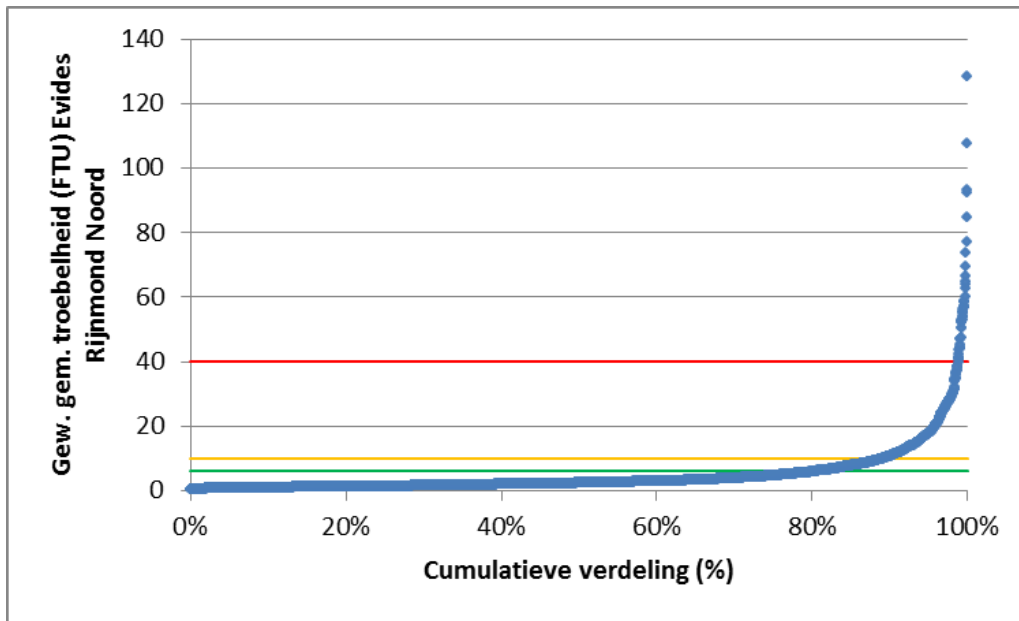
manieren bepaald, afhankelijk van het subgebied. Hierin wordt het gebied Rijnmond-Zuid (2.395 metingen), Rijnmond-Noord (3.874 metingen) en DELTA Infra (5.513 metingen) onderscheiden. De metingen beslaan de periode 2000 - 2012.

In het gebied Rijnmond wordt de troebelheid met een handmeter (van de firma Hach Lange) bepaald als een 'gewogen' gemiddelde over de metingen op 1, 3, 6, 9, 12 en 15 min. De gehanteerde grenswaarde bedraagt 40 FTE. De cumulatieve verdeling is weergegeven in figuur 23 voor het gebied Rijnmond-Zuid en in figuur 24 voor het gebied Rijnmond-Noord. In de gevonden verdeling van het gebied Rijnmond-Zuid bedraagt de OPM in 98,5% van de metingen minder dan 40 FTE. Voor Rijnmond-Noord bedraagt de OPM in 98,8% van de metingen minder dan 40 FTE.

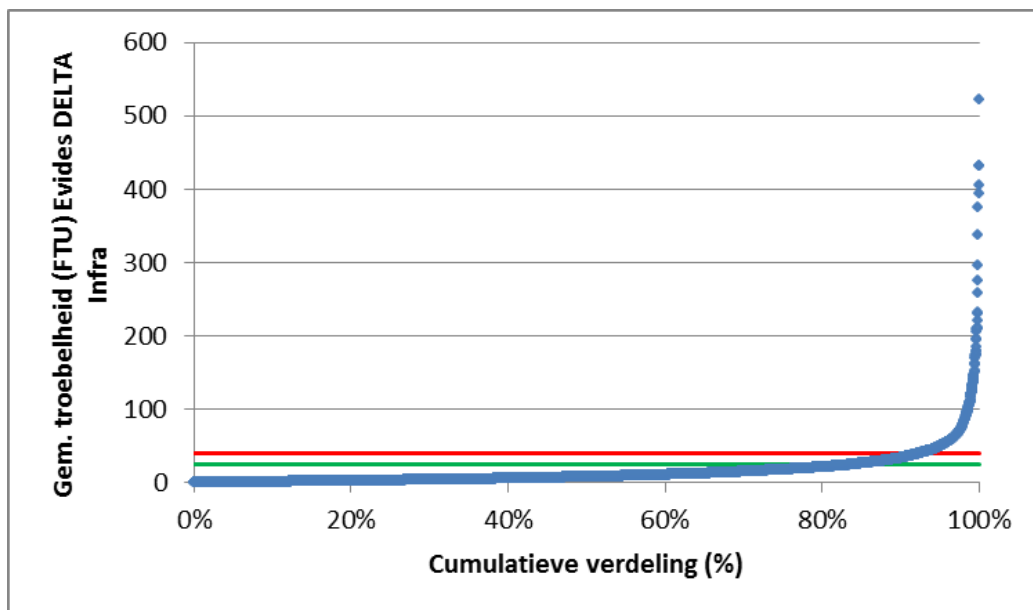
In het gebied DELTA Infra wordt de troebelheid met een troebelheidsmeter (van de firma Hach Lange) bepaald als gemiddelde van de minuutwaarden over de eerste 10 min van de meting. De metingen worden geregistreerd met een datalogger. De cumulatieve verdeling is weergegeven in figuur 25 voor het gebied DELTA Infra. De gehanteerde grenswaarde bedraagt 40 FTE. Voor DELTA Infra bedraagt de OPM in 92,4% van de metingen minder dan 40 FTE.



Figuur 23 Cumulatieve frequentie van de gemeten OPM in de periode 2000 - 2012 van Evides, Rijnmond-Zuid: grenswaarde (40 FTE) in rood.



Figuur 24 Cumulatieve frequentie van de gemeten OPM in de periode 2000 - 2012 van Evides, Rijnmond-Noord: grenswaarde (40 FTE) in rood.



Figuur 25 Cumulatieve frequentie van de gemeten OPM in de periode 2000 - 2012 van Evides, DELTA Infra: grenswaarde (40 FTE) in rood.

Samenvatting

Uit de verstrekte informatie is een samenvatting gemaakt en in tabel 4 weergegeven. Voor de gehanteerde grenswaarden is uit de verzamelingen metingen het percentage van de metingen bepaald dat deze waarde overschrijdt.

Tabel 4 Samenvatting behaalde resultaten OPM van vier bedrijven.

Drinkwaterbedrijf	Meetperiode	Leidinglengte waarvoor meting geldig is verklaard (km)	Grenswaarde voor schoonmaken (FTE)	Percentage metingen dat grenswaarde overschrijdt (%)
WML	2001 - 2009	10	40	4,9
WML	2010 - 2014	10	30	3,2
PWN	2014	10 - 12	50	5,0
Pidpa	2013	10 - 12	50	1,4
Pidpa	2014	10 - 12	40	1,8
Evides Rijnmond-Zuid	2000 - 2012	geen opgave	40	1,2
Evides Rijnmond- Noord	2000 - 2012	geen opgave	40	1,2
Evides DELTA Infra	2000 - 2012	geen opgave	40	7,6

Op basis van de gemeten OPM en de aangenomen grenswaarden komt jaarlijks gemiddeld 1,2 - 7,6% van het leidingnet in aanmerking voor schoonmaakacties. Bij een representatieve verdeling van de OPM'en over het leidingnet betekent dit dat het leidingnet beperkt vervuult. De gebruikte methode geeft de gebieden aan waar schoonmaken noodzakelijk is.

4 Het opzetten van een meetprogramma

Een meetprogramma waarmee de vervuilingstoestand van het leidingnet in kaart wordt gebracht, moet worden afgewogen tegen de inspanningen die hiervoor worden gemaakt en de beoogde resultaten van een dergelijk meetprogramma. Binnen een dergelijk meetprogramma zijn verschillende metingen mogelijk:

- On line troebelheidsmetingen op de uitgaande volumestroom op de verschillende productielocaties in combinatie met de volumestroommetingen;
Uitwerken van deze troebelheidsmetingen geeft de sedimentlast ($= \Sigma(\text{Tr} * Q)$) van de ingaande waterkwaliteit van de verschillende voorzieningsgebieden. Dit geeft een onderscheid per gebied, waarbij de grootste inspanning kan worden geleverd voor de meest verdachte gebieden. On line metingen zijn hiervoor onontbeerlijk om de sedimentbelasting over de tijd goed te registreren en hebben de voorkeur boven laboratoriummetingen vanwege het niet continue karakter van de troebelheid over de tijd. De benodigde inspanning bestaat uit het installeren van de meters en het onderhoud en monitoren van de resultaten.
- OPM uitvoeren (regulier of naar aanleiding van klachten);
OPM wordt uitgevoerd om een objectief inzicht te krijgen in de mate van aanwezigheid van sediment in een leiding. De kosten van een meting volgens OPM worden geschat op € 50,- gebaseerd op 1.000 - 1.500 metingen per jaar per fte (fulltime-equivalent). Een meting wordt representatief geacht voor 10 - 12 km leidingnet. Voor 10.000 km leidingnet bedraagt de inspanning hiermee ongeveer een mensjaar.
- Consequente en eenduidige registratie van de bruinwaterklachten;
Dit maakt al onderdeel uit van de kwaliteitssystemen (ISO 9001) die bij de drinkwaterbedrijven zijn geïmplementeerd. Uit de klachtenregistratie wordt duidelijk in welke delen van het voorzieningsgebied de vervuiling of de gevoeligheid voor vervuiling het hoogst is.
Het niveau van klachten (aantal per 1.000 aansluitingen) waarbij actie wordt ondernomen, is een subjectief gegeven.

Door de verschillende metingen te combineren, groeit het inzicht in het proces van vervuiling en zijn de beslissingen over wel of niet schoonmaken beter onderbouwd. Bij een goed inzicht in het proces van vervuilen en snelheid van hervervuilen kan de meetinspanning eventueel worden verlaagd.

Het volgende onderscheid wordt gemaakt:

- Oriënterende meting;
De meting wordt uitgevoerd als objectieve bepaling van de vervuilingstoestand waarbij nog niet is besloten tot verdere actie. Een actie kan hieruit voortkomen, maar dit hangt af van het resultaat en de gestelde criteria.
- Nulmeting;
De meting wordt uitgevoerd voorafgaand aan een schoonmaakactie of het schoonmaken wordt gebaseerd op deze meting. De vervuilingstoestand wordt vastgelegd en is de referentie voor het effect van de uit te voeren schoonmaakactie.

- Effectmeting;
De meting wordt uitgevoerd na een schoonmaakactie en door het resultaat te vergelijken met de nulmeting is het effect van het schoonmaken te kwantificeren.

5 Schoonmaakmethoden

5.1 Inleiding

Voor het schoonmaken van leidingen zijn twee processen noodzakelijk:

- Voer een kracht uit op het sediment, zodat het van de buiswand loslaat en in suspensie komt;
- Houd het sediment in suspensie en voer het af.

Omdat er een grotere kracht noodzakelijk is voor het losmaken dan voor het in suspensie houden van het sediment, wordt de schoonmaakmethode bepaald door het losmaken van het sediment. De volgende methoden worden in dit hoofdstuk achtereenvolgens besproken:

- waterspuien;
- water/lucht-spuien;
- proppen;
- 'ice pigging';
- alternatieve methoden.

De eerste vier methoden worden in de navolgende paragrafen achtereenvolgens uitgewerkt, waarna enkele alternatieve methoden summier worden behandeld.

5.2 Waterspuien

5.2.1 Beschrijving

Waterspuien wordt vanouds ingezet voor het spuien van leidingen bij bruinwaterproblemen. Door een brandkraan of spuipunt te openen, wordt een stroomsnelheid gecreëerd in de te spuien leiding en het aanwezige sediment wordt in de waterstroom opgenomen en verwijderd. De snelheid moet hiervoor hoog genoeg zijn. Uit onderzoek [7, 2] volgt een aanbevolen minimumsnelheid voor het spuien van 1,5 m/s. Ook een deel van de biofilm op de wand van de leiding kan worden verwijderd als de watersnelheid hoog genoeg is. Om de snelheid in de leiding te waarborgen, is het noodzakelijk dat het te spuien traject is afgesloten van alle zijtakken, zodat de vereiste snelheid over het volledige traject aanwezig is. Als de vereiste snelheid niet haalbaar is, kan een lagere snelheid worden geaccepteerd (1,3 – 1,5 m/s). Om te voorkomen dat de verstoring in het aanvoerttraject tot bruinwaterklachten leidt, dient het voortraject ook schoon te zijn. Dit is het schoonwaterfront. Om de afvoer van het sediment uit de leiding te waarborgen, wordt in de voorbereiding rekening gehouden met een verversingsgraad van driemaal de inhoud van de leiding. Als bij de uitvoering blijkt dat de lage vereiste troebelheid al eerder wordt bereikt, kan eerder worden gestopt. Als de vereiste lage troebelheid niet wordt bereikt, is langer spuien noodzakelijk of is er iets aan de hand in het leidingnet. Deze wijze van spuien wordt systematisch spuien genoemd, internationaal bekend onder de naam 'unidirectional flushing'.

Het grote voordeel van deze methode is dat het wordt uitgevoerd zonder bijzondere hulpmiddelen. De benodigde brandkranen en afsluiters zijn over het algemeen in het leidingnet aanwezig en de spuiacties worden uitgevoerd onder normale bedrijfsdrukken. In figuur 26 en figuur 27 zijn twee opstellingen afgebeeld voor spuiacties met waterspuien.



Figuur 26 Spuiactie door middel van waterspuien. Op de brandkraan zijn een 'spuizak', troebelheidsmeter en een volumestroommeter aangesloten (foto Dunea).



Figuur 27 Spuiactie door middel van waterspuien. Op de brandkraan is een 'spuizak' aangesloten, op de standpijp is een volumestroommeter aangesloten (foto Evides).

5.2.2 Randvoorwaarden

Voor het spuien met water wordt gewerkt met drie randvoorwaarden:

- Spuien vanuit een schoonwaterfront;
- Minimumsnelheid van 1,5 m/s;
- De leiding wordt driemaal ververst.

Schoonwaterfront

Een schoonwaterfront is een van de randvoorwaarden voor een schoonmaakactie. Of een bepaalde aanvoer als schoonwaterfront kan dienen, zal over het algemeen met behulp van metingen moeten worden vastgesteld. Een schoonwaterfront is een aanvoer voor spuiwater waaruit geen sediment wordt aangevoerd bij spuien. Dit front beweegt met de spuiacties mee over het schoon te maken gebied. Gevoelsmatig zal de voedende leiding voor een kern als schoonwaterfront worden aangewezen. Met een meting van de troebelheid bij een spuiactie met een volumestroom die overeenkomt met de grootste spuiactie in het schoon te maken gebied kan worden bepaald in hoeverre de aanvoer schoon is. Aan de hand van het volgende voorbeeld wordt dit nader uitgelegd.

Voorbeeld

In een schoon te maken kern is de grootste leiding een \varnothing 200. De aanvoer voor de kern vindt plaats over een \varnothing 250. Voor het spuien van een \varnothing 200 met 1,5 m/s is 170 m³/h nodig. Een spuivolume van 170 m³/h zal een snelheidstoename van 0,96 m/s op de \varnothing 250 tot gevolg hebben. Deze snelheid is veel hoger dan de normale snelheid, zodat eventueel aanwezig sediment zal opwervelen.

Voor het vaststellen of de \varnothing 250 als schoonwaterfront mag dienen voor de schoon te maken kern zal er op de \varnothing 250 moeten worden gemeten tijdens een verstoring van 170 m³/h. Wordt er geen verhoogde troebelheid gemeten, dan mag de \varnothing 250 als schoonwaterfront dienen. Wanneer er een verhoogde troebelheid wordt gemeten, moet de leiding worden afgespuid met minimaal 170 m³/h. Als deze kern wordt gevoed uit een doorgaande transportleiding met een grotere diameter, dan zal de benodigde 170 m³/h een lagere snelheidsverhoging tot stand brengen in de transportleiding. Als deze snelheidsverandering binnen de normale snelheden in de transportleiding valt, is de transportleiding te gebruiken als schoonwaterfront en is het niet nodig een troebelheidsmeting uit te voeren.

Als het schoonwaterfront ontbreekt, ontstaan de volgende verschijnselen:

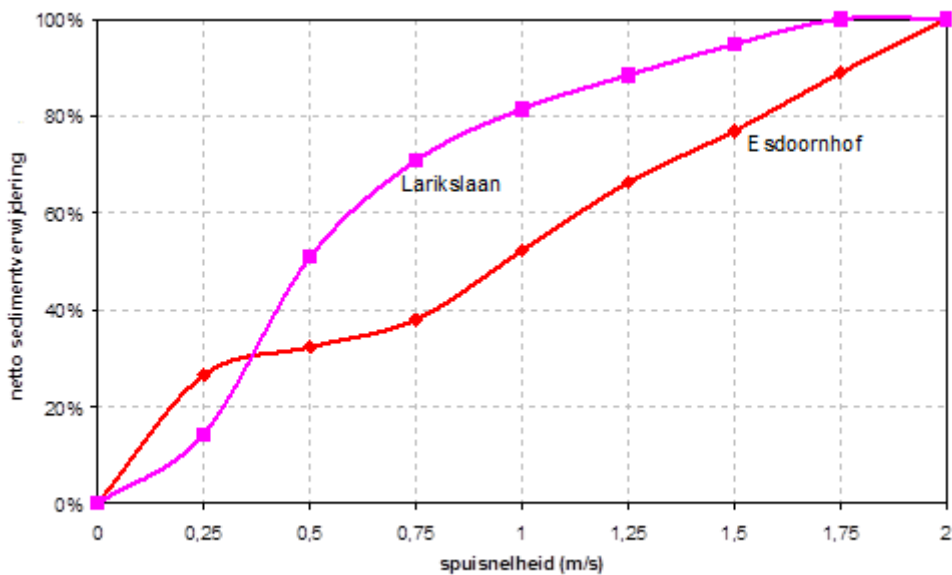
- Spuiacties met hoge volumestromen worden afgesloten met hoge troebelheden die van elders in het voortraject ontstaan; daarmee ontbreekt het inzicht in hoeverre de te spuien leiding schoon is;
- Er bezinkt direct na de spuiactie sediment in de schoongemaakte leiding dat tot opwerveling komt bij benedenstrooms gelegen spuiacties;
- Er blijft sediment achter in de schoongemaakte leiding dat na ingebruikneming van de leiding direct tot opwerveling kan leiden, waarmee de bruinwaterklachten dus niet zijn verholpen, de effectiviteit van de spuiactie is verlaagd.

Spuisnelheid

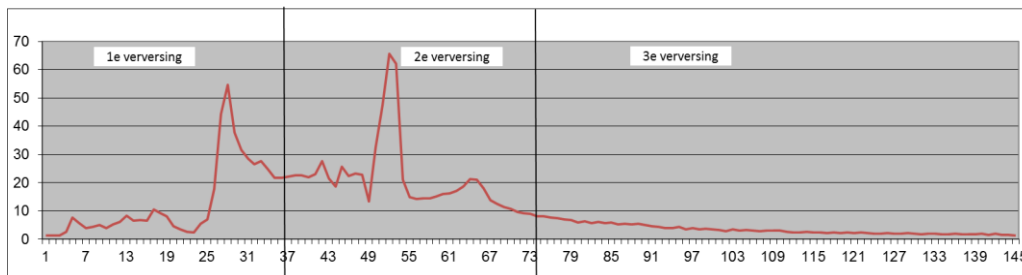
De spuisnelheid bij schoonmaken moet voldoende hoog zijn om het aanwezige sediment op te wervelen en af te voeren naar het spuipunt. De te gebruiken spuisnelheid hangt dan af van de aard (deeltjesgrootte, gewicht, biofilm) van het aanwezige sediment. In het rapport BTO 2006.070 [10] is de relatie tussen spuisnelheid en sedimentverwijdering nader onderzocht. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat de aanbevolen spuisnelheid voor de verwijdering van sediment uit een leiding 1,5 m/s bedraagt. In figuur 28 is de sedimentverwijdering uitgezet

tegen de spuisnelheid voor twee locaties met gelijke waterkwaliteit (Leusden), gelijke omgeving (woonwijk), gelijk materiaal (asbestcement), gelijke diameter (\varnothing 100 mm) en bijna gelijke lengte (ongeveer 400 m). De sedimentverwijdering bij gelijke snelheden verschilde echter behoorlijk, waarmee geen eenduidige uitspraak kan worden gedaan voor een gevarieerde spuisnelheid.

Een spuiactie waarbij een lagere snelheid dan 1,5 m/s wordt gehaald, kan als voldoende worden beschouwd zolang de troebelheid binnen de tijd die nodig is voor een verversingsgraad van 3 voldoende is gezakt. In situaties waar alleen tegen extreme kosten een spuisnelheid van 1,5 m/s kan worden gehaald, is een lagere snelheid te overwegen. In figuur 28 is een registratie van de troebelheid gedurende een spuiactie weergegeven, waarbij de spuisnelheid is beperkt tot 1,1 m/s. Bij een verversingsgraad van 3 is de troebelheid gezakt tot ongeveer 3 FTE. Er wordt geen troebelheid aangevoerd uit het voortraject en er wordt geen troebelheid meer opgenomen uit de leiding. In hoeverre al het sediment bij deze snelheid is verwijderd, is niet bekend. De experimenten in Leusden (zie figuur 28) geven aan dat bij spuisnelheden van zowel 1 m/s als 1,5 m/s de sedimentverwijdering geen 100% bedraagt. Een spuiactie waarbij een spuisnelheid wordt gehaald die de normaal optredende maximumsnelheden overschrijdt, zal de acute bruinwaterklachten oplossen. Een spuiactie met hoge snelheid zal meer sediment verwijderen (diepere reiniging). Dit leidt echter niet tot een lagere schoonmaakfrequentie. De schoonmaakfrequentie wordt vooral bepaald door sediment dat bij lage snelheden wordt opgewerveld.



Figuur 28 Sedimentverwijderingscurven Leusden, locatie Larikslaan en Esdoornhof [10].



Figuur 29 Gemeten troebelheid tijdens het spuien van een Ø 250 in Horst (WML). De leiding bestaat uit grijs gietijzer, AC en nodulair gietijzer. Het spuivolume bedraagt maximaal 185 m³/h bij een snelheid van 1,05 – 1,1 m/s (troebelheid op de Y-as in FTE, spuitijd op de X-as in minuten).

Spuisnelheden in ongecoat gietijzer

Het spuien van ongecoat grijs gietijzeren leidingen heeft extra aandacht nodig in de voorbereiding en in de uitvoering. De reden hiervoor is tweeledig:

- De buiswand van dit materiaal is over het algemeen aangegroeid, waardoor de nominale diameter van de leiding niet overeenkomt met de hydraulische diameter. Diameter verkleining van 30% is in de kleine diameters (< 150 mm) niet ongevoelbaar. Naast de diameterverkleining moet rekening worden gehouden met een zeer grote k-waarde: 5 – 10 mm komt voor. In de grotere diameters zijn deze effecten weliswaar minder, maar deze kunnen niet worden verwaarloosd.
- De aanwezige aangroei is volumineus en bestaat uit een harde korst van ijzerverbindingen waaronder een vulling aanwezig is van anaeroob ijzerslib dat zeer veel troebelheid kan veroorzaken. Bij het spuien van ongecoat grijs gietijzer moet ervoor worden gewaakt de deklagen van deze aangroei te beschadigen. Beschadiging veroorzaakt langdurige afgifte van sediment en kan een bron zijn voor bruinwaterproblemen en een hoge hervervuilingssnelheid.

Bij de voorbereiding moet de aanwezige diameterverkleining en grote k-waarde in dit type leiding worden meegenomen. Als dat niet gebeurt, kunnen de volgende situaties optreden:

- Het ontwerp voor een spuiactie in een tot Ø 70 mm dichtgegroeide Ø 100 mm, waarbij geen rekening wordt gehouden met het dichtgroeien, levert een maximum snelheid op van 3 m/s in plaats van de berekende 1,5 m/s. Beschadiging van de aangroei in gietijzeren leidingen treedt bij 3 m/s meer op dan bij 1,5 m/s. PWN heeft als beleid dat gietijzeren leidingen met een lagere theoretische snelheid (1 m/s) worden gespuid, waardoor de lokaal optredende werkelijke snelheden beperkt blijven.
- De gewenste volumestroom voor een Ø 100 mm bij een snelheid van 1,5 m/s bedraagt 42 m³/h. Als de leiding is dichtgegroeid tot Ø 70 mm blijft er bij een gelijk verhang ongeveer 15 m³/h over. De leiding lijkt dan te zijn gespuid met 0,5 m/s, wat in een gietijzeren leiding te laag is, terwijl in werkelijkheid de snelheid ongeveer 1,1 m/s bedraagt en de spuiactie redelijk geslaagd is.

Om dit te voorkomen, wordt aangeraden om de karakteristieken (Qh-relatie via diameter en k-waarde) van een aantal van de aanwezige gietijzeren leidingen te meten via een proef, waarbij voor verschillende volumestromen de optredende drukverliezen worden gemeten. Hieruit is de combinatie van de diameter en k-waarde te bepalen. Deze kunnen van kracht worden verklaard voor de aanwezige grijs gietijzeren leidingen in een schoon te maken gebied.

Door een dergelijke spuiproef te begeleiden met een meerdaagse monitormeting, kan een eventuele beschadiging van de deklagen worden waargenomen. Als uit de meting

blijkt dat de deklagen zijn beschadigd (toename van de troebelheid bij lage stroomsnelheden), kan de spuisnelheid worden heroverwogen.

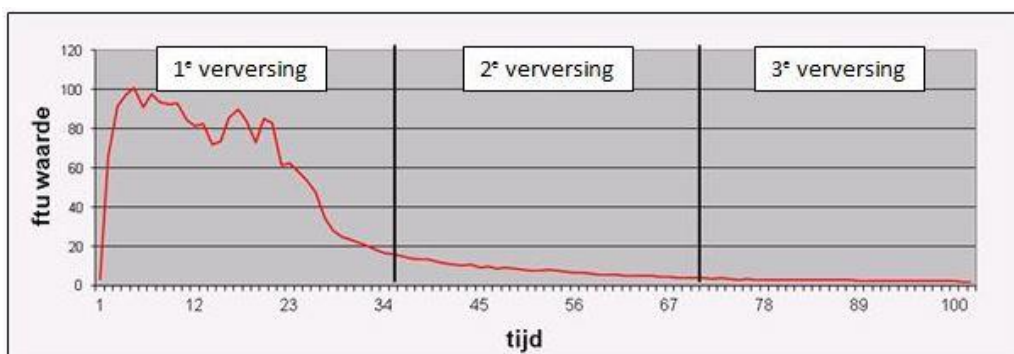
Spuivolume of verversingsgraad

Gedurende een spuiactie wordt sediment opgewerveld en met het spuiwater afgevoerd. Omdat sediment mogelijk niet overal op hetzelfde moment van de buiswand loskomt en zwaar sediment niet de watersnelheid heeft, is de verwijdering na eenmaal verversen mogelijk nog niet volledig. De leiding moet meer dan eenmaal worden doorgespoeld of verversd. De benodigde mate van verversen hangt sterk af van het leidingmateriaal en de bereikte spuisnelheid. Met het toenemen van de ruwheid van de buiswand neemt het na-ijlen van sediment toe. Voor een kunststof leiding kan dus een lagere verversingsgraad worden gehanteerd dan voor een leiding van asbestcement of ongecoat gietijzer. Het loont de moeite om de spuiacties uit te voeren met een troebelheidsmeter waarmee de troebelheid van het spuiwater continu wordt gemonitord. Spuiacties kunnen dan worden afgesloten als de troebelheid voldoende laag is (< 2 FTE), zie ook figuur 30.

Het stoppen van een spuiactie op basis van de gemeten troebelheid kan tijdswinst opleveren en minder waterverbruik. Dit is vooral bij grote te spuien leidinglengten aan de hand. Wettelijk is een troebelheid < 4 FTE (zie onder) voldoende laag om te stoppen. De meeste drinkwaterbedrijven hanteren een lagere grens (2 FTE). Een en ander is afhankelijk van de gebruikte troebelheidsmeter. Niet alle apparaten zijn even nauwkeurig in het hoge en lage meetgebied. Een spuiactie waarbij hoge troebelheden worden gemeten, zal zijn voorzien van meters met een hoog bereik. Daardoor wordt aan het eind van de actie met een lagere nauwkeurigheid gemeten.

De ervaring leert dat bij het systematisch spuien van kunststof leidingen (PVC en PE) vanuit een schoonwaterfront en met een maximale snelheid reeds na een verversingsgraad van 1,2 (120%) de troebelheid op een dusdanig laag niveau kan liggen dat de actie kan worden afgesloten.

Als de troebelheid gedurende een spuiactie in onvoldoende mate afneemt, is waarschijnlijk geen schoonwaterfront aanwezig of is de noodzakelijke snelheid niet gehaald. Dit kan betekenen dat de situatie bij de voorbereiding niet overeenkomt met die in de uitvoering. Er kunnen meer afsluiters dicht staan, leidingen kunnen afwijkende diameters hebben of tracés. Overleg tussen de voorbereiders en de uitvoerders is dan noodzakelijk.



Figuur 30 Troebelheidsmeting van een spuiactie op een asbestcement \varnothing 250 mm in Venlo. De theoretische verversingen zijn aangegeven met zwarte lijnen. De troebelheid bedraagt respectievelijk 17 FTE, 4 FTE en 2 FTE na 1, 2 en 3 maal verversen.

Stoppen spuiactie

Na de start van een spuiactie loopt de troebelheid op vanwege het opgewerfelde sediment. In de loop van de actie neemt de troebelheid weer af, waarna het moment komt om de actie te stoppen. Als de spuiactie wordt begeleid met het monitoren van de troebelheid van het spuiwater bestaat er een objectieve beoordeling van het spuiwater. Het criterium voor de troebelheid waarbij een actie kan worden gestopt, is hierbij van belang. Volgens het Drinkwaterbesluit [6] (Bijlage A, tabel IIIb 'Indicatoren - Organoleptische/esthetische parameters') is een troebelheid aan de tap van 4 FTE toegestaan (met de noot '*In aanvulling op de kwantitatieve eis geldt dat de troebelingsgraad aanvaardbaar voor de gebruikers dient te zijn en geen abnormale verandering mag vertonen.*'). Hiermee ligt de grens voor het stoppen van een spuiactie op 4 FTE of lager.

5.3 Water/lucht-spuien

5.3.1 Beschrijving

Water/lucht-spuien is een methode waarbij lucht in de schoon te maken leiding geblazen wordt gedurende het spuien van deze leiding. Hierbij ontstaat in de leiding grote turbulentie en grote watersnelheidsveranderingen als de luchtbellen de spuikraan verlaten.

Op deze wijze wordt een stromingsbeeld in de leiding gecreëerd waar bellen lucht worden afgewisseld met zeer turbulent water. Op het spuipunt wordt er afwisselend lucht en water afgespuid. Omdat lucht een veel lagere viscositeit heeft dan water is de volumestroom bij het uittreden van de lucht veel hoger dan bij het uittreden van water. In de leiding resulteert dit in snel wisselende watersnelheden waar de hoogste snelheid wordt gehaald bij het uittreden van de lucht. Hierbij wordt het sediment losgemaakt, opgewerfeld en afgevoerd. Na het water/lucht-spuien moet de leiding worden nagespoeld om de lucht te verwijderen. De benodigde compressor en de luchtslangen moeten zijn aangepast voor het gebruik in het drinkwaterleidingnet, waarmee eventuele verontreinigingen met olie en andere stoffen worden voorkomen. Het gebruik van de methode in aangegroeid gietijzer kan de deklagen beschadigen, waardoor de leidingen na water/lucht spuien aanleiding kunnen geven tot bruinwaterproblemen. De methode wordt daarom niet aanbevolen, zie [7].

5.3.2 Randvoorwaarden voor de methode

Water/lucht-spuien is een schoonmaakmethode die sinds de opkomst van het systematisch spuien met water nauwelijks meer wordt toegepast. In de jaren negentig van de vorige eeuw is onderzoek [11] uitgevoerd naar de randvoorwaarden voor de inzet van water/lucht-spuien. Dit zijn:

- Watersnelheid in de volle doorsnede voor luchtinjectie bedraagt 0,5 m/s;
- De water/lucht-verhouding bij de luchtinjectie bedraagt 1:1;
- De maximumdruk bij luchtinjectie bedraagt 50 kPa (5 mwk, 0,5 bar) boven de waterdruk.

Op basis van de ervaring van drinkwaterbedrijven komen geen aanpassingen van deze randvoorwaarden naar voren.

5.3.3 Randvoorwaarden voor de uitvoering

De toepasbaarheid op kunststof kent geen beperking.

Voor asbestcement kan de aanwezigheid van inwendige aantasting een beperking vormen, omdat de sterke turbulentie mogelijk ongebonden asbestvezels uit de buiswand losmaakt en meevoert. In dat geval is het spuiwater verontreinigd met asbestvezels.

Toepassing van deze methode voor ongecoat grijs gietijzer levert bruinwaterproblemen op na het schoonmaken. Over het algemeen wordt de aangroei beschadigd en ontstaat een

actieve corrosie van het onderliggende materiaal. Dit leidt tot hoge troebelheden gedurende de uren van laag verbruik in de weken na de schoonmaakactie, zie ook figuur 5.

Na het water/lucht-spuien dient te worden nagespoeld tot de troebelheid is gezakt tot onder 1 – 2 FTE.

De uitvoering vergt nadere aandacht voor de hygiëne. Er wordt lucht vanuit een compressor via slangen het drinkwaternet ingeblazen. Zowel de compressor als de slangen dienen geschikt te zijn voor het leveren van schone lucht, dat wil zeggen zonder olieresten of deeltjes.

5.4 Proppen

5.4.1 Beschrijving

Proppen van leidingen is een methode waarbij een prop (kunststof schuim, cilindervormig) door de leiding wordt gevoerd. Het sediment wordt door de prop losgemaakt van de wand, te vergelijken met een sponsactie. De prop wordt door de leiding bewogen als gevolg van het drukverschil over de prop. Voor het schoonmaken van kunststof leidingen en gecoate metalen leidingen worden 'zachte' proppen gekozen die de buiswand niet beschadigen. Om voldoende schoonmaakeffect te verkrijgen, wordt de diameter van de prop groter gekozen dan de diameter van de schoon te maken leiding. Voor het verwijderen van aangroei in metalen leidingen (ongecoat gietijzer en staal) worden 'harde' proppen gekozen die zijn voorzien van staalborstels of zelfs schrapers.

Het te verwijderen losse materiaal wordt voor de prop uit gespoeld. Het materiaal op de buiswand wordt voor een deel voor de prop uit gespoeld en voor een deel versmeerd in de prop, over de buiswand en in de 'voegen' van de verbindingen. Bij een schoonmaakactie met proppen worden meerdere proppen achter elkaar gelanceerd tot het gewenste schoonmaakeffect is verkregen. Na de laatste prop wordt de leiding nagespoeld, totdat de gewenste waterkwaliteit terug is.

Bij nieuw aangelegde leidingen wordt de methode gebruikt om grove delen en luchtinsluitingen te verwijderen.

Proppen van inwendig aangetaste asbestcement leidingen wordt afgeraden in verband met het vrijkomen van grote hoeveelheden losse asbestvezels.



Figuur 31 Spuiactie door middel van proppen op een grotere diameter (\varnothing 300 mm). De foto is genomen net voor de prop op dit punt uittreedt (foto Brabant Water, destijds WOB (< 2002)).

5.4.2 Randvoorwaarden voor de methode

De randvoorwaarden voor het proppen bestaan voornamelijk uit de 'propbaarheid' van het systeem. Het leidingsysteem moet zijn ontworpen op propbaarheid: er zijn lanceer- en ontvangstukken noodzakelijk en vlinderkleppen mogen niet zijn toegepast.

5.4.3 Randvoorwaarden voor de uitvoering

De toepasbaarheid op kunststof kent geen beperking.

Voor asbestcement kan de aanwezigheid van inwendige aantasting een beperking vormen, omdat de prop ongebonden asbestvezels uit de buiswand losmaakt en meevoert. Hiermee is het spuiwater verontreinigd met asbestvezels.

Toepassing van deze methode in ongecoat grijs gietijzer is alleen zinvol als deze wordt ingezet voor het verwijderen van de aangroei in de leiding. Als dit type gietijzer wordt gepropt, dient de aangroei volledig te worden verwijderd en de buiswand dient te worden geconditioneerd om grote bruinwaterproblemen te voorkomen. Het naspoelen van een gepropte leiding met een beperkte volumestroom kan geruime tijd (tot enkele weken) in beslag nemen.

Omdat bij het proppen de leiding drukloos wordt gemaakt, wordt geopend en een prop wordt ingebracht, is de hygiëne een continu aandachtspunt, zie de 'Hygiëncode Drinkwater; Opslag, transport en distributie' [4].

5.5 Ice pigging

5.5.1 Beschrijving

Een bijzonder vorm van het proppen van een leiding is 'ice pigging'. Deze vorm van schoonmaken bestaat uit het inbrengen van een hoeveelheid bevroren pekwater in slurrievorm en deze 'prop' door de leiding te voeren. De 'ijsslurrie' schuurt de buiswand

schoon en neemt het sediment op. De methode is sinds enige jaren op de markt, gepatenteerd en wordt uitgevoerd door gespecialiseerde aannemers. Omdat de buiswand door de ijsslurrie wordt schoon geschuurd, is de benodigde snelheid beperkt. Met deze methode worden vaste delen, sediment en de biofilm verwijderd.

Er zijn weinig beperkingen voor de methode, de maximum te behandelen diameter bedraagt \varnothing 600 mm en hangt vooral af van de hoeveelheid benodigd ijs. Voor oud gietijzer wordt een voorbehoud gemaakt in verband met de mogelijk aanwezige bitumen coating en roest 'pokken'. Deze kunnen bij beschadiging tot bruinwaterproblemen na schoonmaken leiden. In hoeverre inwendig aangetast asbestcement tijdens en na het schoonmaken tot losse asbestvezels in het water kunnen leiden, is niet bekend. Na de schoonmaakactie wordt de leiding nagespoeld, totdat de gewenste waterkwaliteit terug is.



Figuur 32 Schoonmaken van leidingen door middel van ice pigging, injectie van de ijsslurrie (foto Oasen).

5.5.2 Randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor deze methode worden vooral gevormd door de benodigde hoeveelheid ijs en daarmee de te behandelen diameter. Voor kunststof (PVC en PE) is er geen beperking. In hoeverre aangetast asbestcement een probleem oplevert in verband met losmaken van vezels uit de aangetaste wand is niet bekend.

Voor de toepassing in ongecoat grijs gietijzer wordt een voorbehoud gemaakt: de aangroei raakt beschadigd en de esthetische waterkwaliteit (bruin water) na de behandeling is hiermee onzeker.

5.6 Alternatieve methoden

De hier genoemde alternatieve methoden hebben een beperkte toepassing en worden slechts kort behandeld. De methoden zijn:

- verversen;
- spoelen;
- schrapen;

- hogedrukreinigen;
- stralen.

Spoelen kan worden toegepast voor zowel Individuele leidingen als voor volledige leidingnetten. De vier andere methoden worden eigenlijk uitsluitend voor het schoonmaken van individuele leidingen ingezet.

De alternatieve methoden zijn specifiek voor het oplossen van lokale problemen en worden in dit rapport niet behandeld. Het spoelen van leidingen (spuien met lage snelheid, 0,5 – 0,8 m/s) wordt ingezet voor het beheerst spoelen van de leidinginhoud, waarbij geen schoonwaterfront aanwezig is. De snelheid in de aanvoer wordt daarbij sterk beperkt. Dat is bijvoorbeeld het geval bij een lokale bruinwaterklacht. Verversen van een leiding met nog lagere snelheid (tot 0,3 m/s) wordt ingezet na een reparatie of na desinfectie.

Naast de methoden die een leiding 'zacht' reinigen, bestaan er methoden waarbij de leiding wordt gereinigd van een aangroei die min of meer vast op het oppervlak aanwezig is. Dit betreft voornamelijk gietijzeren leidingen in het drinkwaterleidingnet of ruwwaterleidingen waar op de een of ander wijze zuurstof in het systeem komt, waardoor het opgeloste ijzer in het ruwe water neerslaat op de wand. Voor het verwijderen van dit soort aangroei zijn grotere krachten op de buiswand noodzakelijk. Hiervoor zijn verschillende methoden beschikbaar als schrapers, hogedrukspuitkoppen en stralen met een abrasief (grit, glas en dergelijke). Gezien het zeer specialistische karakter van deze methoden wordt hierop niet verder ingegaan.

5.7 Keuze schoonmaakmethoden

De keuze van een schoonmaakmethode hangt af van het doel van de schoonmaakactie. Deze doelen worden onderscheiden in:

- Verwijderen los sediment
Door middel van water spoelen of spuien;
- Verwijderen grover materiaal als zand, grind, UFO's ('Unidentified Floating Objects')
Door middel van zachte proppen;
- Verwijderen lucht
Door middel van zachte proppen;
- Verwijderen microbiologische verontreinigingen
Door middel van waterspuien of zachte proppen met een desinfectiemiddel;
- Verwijderen biofilm
In oplopende mate van verwijdering: door middel van waterspuien, water/lucht-spuien, proppen, ice pigging;
- Verwijderen aangroei (ijzer- of kalkafzettingen)
Door middel van harde proppen, schrapen, hogedrukreinigen, stralen.

Naast het doel van de schoonmaakactie speelt ook het leidingmateriaal en de toestand van het materiaal een rol bij de keuze van een methode. Het volgende onderscheid kan worden gemaakt:

- PVC en PE
Door middel van waterspuien, water/lucht-spuien, zachte proppen of ice pigging;
- Asbestcement
Door middel van waterspuien (opmerking: bij andere methoden bestaat het gevaar van het vrijkomen van asbestvezels uit een aangetaste buiswand);
- Ongecoat grijs gietijzer
Door middel van waterspuien;

- Grijs gietijzer met bitumen of koolteer coating
Door middel van waterspuien;
- Gecementeerde leidingen (staal, gietijzer (grijs of nodulair))
Door middel van waterspuien, water/lucht-spuien, zachte proppen of ice pigging.

6 Voorbereiding systematisch spuiplan

6.1 Spuiplan waterspuien

6.1.1 Introductie

Een systematisch spuiplan is een procedure die de onderdelen voorbereiding, uitvoering en evaluatie omvat. In dit hoofdstuk is de voorbereiding aan de orde. De uitvoering en evaluatie van het spuiplan worden in de hoofdstukken 7 en 8 besproken.

De voorbereiding kent de volgende onderdelen:

- Organisatie;
- Uitgangspunten vastleggen;
- Inventariseren en routebepaling;
- Berekenen van spuiacties;
- Vastleggen van mogelijke knelpunten inclusief communicatie indien noodzakelijk;
- Afsluiter- en brandkraancontrole;
- Vastleggen van de spuiacties;
- Communicatie.

Deze stappen zullen in de volgende paragrafen worden belicht. Voor de verschillende schoonmaakmethoden gelden niet alle behandelde onderwerpen. Het uitgangspunt is waterspuien; uitzonderingen worden per onderwerp genoemd.

6.1.2 Organisatie

Rondom een spuiplan is een organisatie nodig. Het team dat het volledige plan tot een einde (inclusief nazorg) brengt, bestaat uit de projectleider, voorbereider en uitvoerders. Om de eenduidigheid van het plan te garanderen, is het goed dat er gedurende de doorloop van een spuiplan geen wisselingen in de samenstelling van een team optreden. Binnen het team moet er voldoende overlap bestaan in kennis om uitwisseling van informatie mogelijk te maken.

6.1.3 Uitgangspunten vastleggen

De belangrijkste uitgangspunten voor een spuiplan zijn het schoon te maken gebied en de toe te passen methode van schoonmaken. Voor het schoonmaken van een wijk of kern zal over het algemeen voor waterspuien worden gekozen. De andere methoden worden meer gericht toegepast op een enkele leiding. In de uitgangspunten ligt vast:

- Schoon te maken gebied afgebakend op (digitale) tekening, met daarbij binnen het gebied:
 - Diameters;
 - Leidingmateriaal;
 - Afsluiters met identificatienummer;
 - Brandkranen met identificatienummer;
 - Voorkeursvoeding;
- Keuze voor de spuimethode:
 - Waterspuien;
 - Water/lucht-spuien;

- Proppen;
- Ice pigging;
- Alternatieve methode.

De wijze waarop het een en ander wordt vastgelegd, is aan de voorbereider en de uitvoerder van het spuiplan. Een spuiplan kan op papier of digitaal worden vastgelegd of een combinatie daarvan. Papier lijkt weliswaar te zijn achterhaald, maar een kaart van het gebied op A0-formaat heeft ruimte voor aantekeningen, er kunnen gebieden worden ingekleurd en geeft overzicht in de voorbereiding en uitvoering.

De kenmerken van een systematisch spuiplan voor waterspuien zijn:

- Reproduceerbaar;
De opsteller van een plan moet hiervoor volgens een bepaalde procedure werken die past bij de spuimethode.
- Controleerbaar;
Het gemaakte spuiplan moet zodanig worden vastgelegd dat een controle mogelijk is. Denk hierbij aan volledigheid, gebruikte afsluiters en brandkranen, en dergelijke.
- Door iedereen uitvoerbaar;
Het spuiplan mag geen impliciete kennis bevatten die slechts bij de opsteller aanwezig is. Kennis omtrent het bedienen van afsluiters, brandkranen en gebruikte meetapparatuur bij de uitvoering van het spuiplan mag als bekend worden verondersteld.
- Bevat alle leidingen binnen het te spuien gebied;
Als er in het gebied leidingen zijn die niet in het plan worden opgenomen, moeten die worden vermeld met de reden(en) waarom deze niet worden schoongemaakt. Het kunnen leidingen zijn zonder spui mogelijkheid zoals vertakte leidingen zonder brandkraan of spui kraan, of doorgaande transportleidingen die wel in het gebied liggen, maar buiten het schoonmaakprogramma vallen.
- Maakt gebruik van een schoonwaterfront;
Een spuiplan begint vanuit een aangetoond schoonwaterfront. Een schoonwaterfront kan worden aangetoond door de te berekenen dat de Δv door het schoonmaken binnen de dagelijks optredende snelheidswisselingen blijft of door het meten van de troebelheid bij een aangebrachte verstoring.
Het schoonwaterfront is afhankelijk van de maximum optredende watersnelheid in het voorliggende traject. Bij een methode waar een minder hoge volumestroom wordt gevraagd, is het schoonwaterfront eenvoudiger te bereiken. Als er bij een methode wordt nagespoeld met hoge volumestroom dan geldt deze volumestroom voor het schoonwaterfront.
- Kent een minimum spuisnelheid (voor waterspuien);
Het schoonmaakeffect is afhankelijk van de spuisnelheid. Met het vastleggen van de gewenste minimumsnelheid worden de spuiacties gelimiteerd in lengte door het maximum drukverlies in het systeem. Het hanteren van een lagere snelheid is verleidelijk (minder spuiacties), maar beperkt de hoeveelheid te verwijderen sediment. Als de minimumsnelheid niet kan worden gehaald, moet worden vastgelegd waarom hiervoor is gekozen. Het inbouwen van speciale voorzieningen (lokale opjagers) om de spuisnelheid te halen, is mogelijk maar hier zijn aanzienlijke kosten mee gemoeid.
- Maakt gebruik van gecontroleerde afsluiters en brandkranen;
In een spuiplan worden afsluiters gesloten om een schoonwaterfront te handhaven en de te spuien leidingen te isoleren, zodat aan de gestelde randvoorwaarde voor de snelheid kan worden voldaan. De volumestromen voor de spuiacties worden over het algemeen gegenereerd over brandkranen. Dit betekent dat de in het spuiplan gebruikte afsluiters

en brandkranen ook daadwerkelijk beschikbaar en functioneel moeten zijn. Dit moet gedurende de voorbereiding worden gecontroleerd.

- Bevat zo min mogelijk handelingen;
Een spuiplan voor waterspuien voor een gebied bevat veel handelingen met afsluiters en brandkranen. Omdat een brandkraan voor spuien wordt opgetuigd met extra hulpmiddelen (drukmeter, volumestroommeter, troebelheidsmeter, spuiwaterafvoer) worden de spuiplaatsen zo veel mogelijk in aantal beperkt. De stelregel is dan ook: afsluiterhandelingen gaan boven brandkraanhandelingen.
- Een spuiplan kent een geplande uitvoering in de tijd of binnen verbruikssituaties;
Een planning hoeft geen datum/tijd planning te zijn. Het kan ook een planning zijn op basis van het verwachte verbruik. Sommige spuiacties kunnen alleen worden uitgevoerd bij laag verbruik (winter halfjaar) of extra laag verbruik (gedurende de nachturen in het winter halfjaar). De meeste spuiacties kennen geen beperking. Uitvoering van spuiacties ten tijde van oproepen tot verbruiksmatiging (bij calamiteiten of extreem hoog verbruik) zijn 'uit den boze'.

6.1.4 Inventarisatie

Als het schoon te maken gebied is afgebakend, wordt eerst een inventarisatie gemaakt van aansluitingen die gevoelig zijn voor onderbreking van de waterlevering of te lage waterkwaliteit (bruinwater) gedurende de spuiacties. De gevoeligheid kan op hygiënisch en/of commercieel terrein liggen. De locatie van deze aansluitingen kan op gebiedskaarten worden aangegeven. Per locatie wordt bepaald wat de noodzakelijke actie is. Dit kan variëren van het aanzeggen van de werkzaamheden tot het voorzien van een alternatieve watervoorziening. De volgende lijst van gevoelige aansluitingen is zeker niet compleet, maar geeft een beeld van gebruikers die in een gebied kunnen worden verwacht en waarmee rekening moet worden gehouden.

- Commercieel groot verbruik:
 - Productwater (frisdrank, brouwerij en dergelijke);
 - Proceswater food;
 - Proceswater non food;
 - Productiewater (demi, ultrapuur);
 - Ketelvoedingswater;
 - Koelwater;
- Commercieel klein verbruik:
 - Food;
 - Horeca;
 - Groenten verkoop;
 - Non Food;
 - Kappers en dergelijke;
- Hygiënisch groot verbruik:
 - Ziekenhuizen;
 - Gezondheidscentra;
 - Verpleeg- en verzorgingshuizen;
 - Bejaardenhuizen;
 - Penitentiaire inrichtingen, detentiecentra en gesloten zorginstellingen;
- Hygiënisch klein verbruik:
 - Huisartsen;
 - Kleine gezondheidscentra;
 - Dialyse patiënten.

De drinkwaterbedrijven kennen de adressen en hebben (niet standaard) overeenkomsten met het grootste deel van deze aansluitingen. In het spuiplan worden de adressen en bijzondere maatregelen voor deze aansluitingen genoemd, zodat bij uitvoering van het spuiplan de juiste communicatie kan worden gevoerd. Afstemming met de afdeling communicatie is noodzakelijk. Planning is daarvan een onderdeel.

6.1.5 Routebepaling

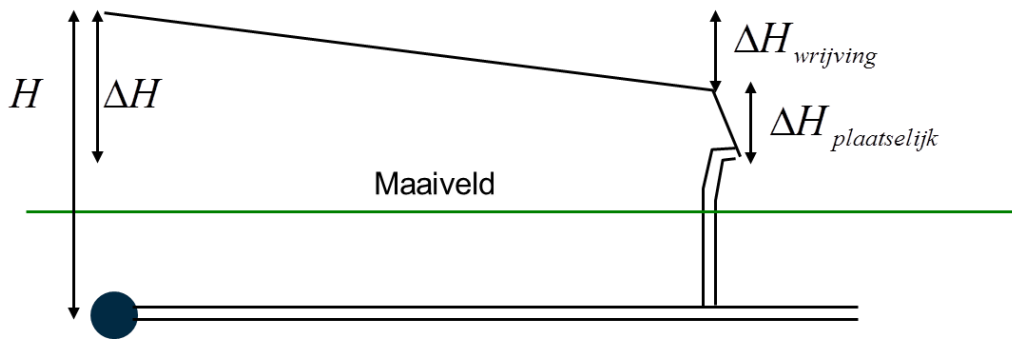
Een wijk of kern wordt schoongemaakt vanuit de transportinfrastructuur waarvan is aangetoond dat dit een schoonwaterfront is. Vanuit deze voeding worden de voedende leidingen in de richting van de kern schoongemaakt. Vervolgens worden de wijken op het niveau van distributieleidingen schoongemaakt. Hiermee ligt voor elke wijk de benadering vanuit het schoonwaterfront vast en worden de essentiële afsluiters zichtbaar die tussen de wijken liggen. Gedurende het spuien, zijn dit de afsluiters die 'schone' en 'vuile' wijken van elkaar scheiden.

Uit de diameters met hun bijbehorende volumestroom op basis van de vereiste snelheid volgen de benodigde volumestromen en hiermee de mogelijkheden om over brandkranen te spuien of over apart in te richten spui punten. Als vuistregel geldt dat een \varnothing 150 mm leiding onder gunstige omstandigheden te spuien is over een enkele brandkraan. De benodigde volumestroom bedraagt hiervoor $95 \text{ m}^3/\text{h}$ bij een spuisnelheid van 1,5 m/s. Voor de diameters \varnothing 200 en \varnothing 250 mm is spuien over twee of drie brandkranen noodzakelijk. Dit dient in de voorbereiding extra aandacht te krijgen. Voor grotere leidingen ($> \varnothing$ 250 mm) is inrichting van een apart spui punt over het algemeen noodzakelijk, omdat de hiervoor benodigde volumestroom $> 260 \text{ m}^3/\text{h}$ bedraagt bij 1,5 m/s.

Bij het bepalen van de spuiroute moet rekening worden gehouden met mogelijkheden en onmogelijkheden voor het inrichten van de spui punten en met het afvoeren van de hoeveelheden spui water. Daarnaast heeft een meervoudig gebruik van een spui punt (meerdere spui acties over één spui punt) de voorkeur.

6.1.6 Berekenen van de spui acties

De spui acties worden gepland vanuit het schoonwaterfront. Een spui actie komt tot stand door het isoleren van de te spuien leiding vanaf het schoonwaterfront tot het spui punt. Alle verbindingen met de rest van het leidingnet worden dichtgezet en het spui punt wordt geopend tot de vereiste volumestroom is bereikt. Om te controleren of de actie hydraulisch mogelijk is, wordt een berekening gemaakt van de drukverliezen over de te spuien leiding en het spui punt bij de vereiste volumestroom. Het hydraulisch systeem is in figuur 33 schematisch weergegeven. Het beschikbare drukverlies over het systeem bestaat uit wrijvingsverliezen in de leiding en plaatselijke verliezen in de brandkraan. Een spui actie kan worden uitgevoerd als de aanwezige voordruk groter is dan de som van het wrijvingsverlies en het plaatselijke verlies.



Figuur 33 Drukverliezen bij een spuiactie over het leidingsysteem.

$$\Delta H = \Delta H_{wrijving} + \Delta H_{plaatselijk}$$

$$\Delta H_{wrijving} = \lambda * \frac{L * v^2}{D * 2 * g} = \lambda * \frac{8 * L * Q^2}{\pi^2 * g * D^5}$$

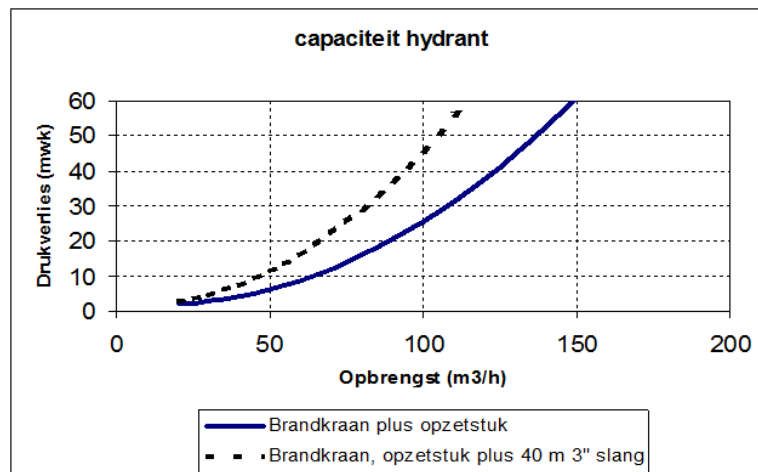
$$\Delta H_{plaatselijk} = \xi * \frac{v^2}{2 * g}$$

Waarin:

- ΔH Energieverlies (mwk);
- λ Wrijvingscoëfficiënt (afhankelijk van de k-waarde, snelheid, diameter et cetera) (-);
- L Lengte te spuien leiding (m);
- v Snelheid in de te spuien leiding (m/s);
- D Diameter van de te spuien leiding (m);
- g Zwaartekrachtconstante (m/s²) = 9,81 m/s²;
- Q Volumestroom te spuien leiding m³/s).

Om een grote volumestroom mogelijk te maken, is het zaak om de energieverliezen over het systeem (te spuien leiding plus de aanvoer) zo klein mogelijk te houden. Aan de aanvoerszijde (schoonwaterfront) betekent dit dat er zo min mogelijk weerstand (geen gesloten afsluiters) in het leidingnet aanwezig moet zijn. De weerstand in de spuileiding is niet te beïnvloeden bij een gekozen spuiactie (lengte, diameter, volumestroom). Indien gewenst, kan een minimumdruk in het leidingnet worden gehandhaafd. Dit beperkt met name de te spuien leidinglengte voor lage volumestromen. Bij lage volumestromen (< 40 m³/h) is de weerstand over een brandkraan beperkt en bestaat de kans dat de druk in het leidingnet zakt tot 40 – 50 kPa (4 – 5 mwk). Dit wordt niet door alle drinkwaterbedrijven als een probleem gezien, omdat de tijdsduur van deze lage druk is beperkt tot de duur van de spuiactie. Bij hoge volumestromen ontstaat er voldoende weerstand over een brandkraan en ontstaat een hogere druk in het leidingnet.

De weerstand over het spuipunt is te beperken door de uitstroomweerstand zo klein mogelijk te maken door de toepassing van 3 – 4" opzetstukken en geen gebruik te maken van afvoerslangen. In figuur 34 is de weerstand gegeven over een brandkraan zonder en met afvoerslangen. Het drukverlies dat in de afvoerslangen aanwezig is, kan niet worden gebruikt in de te spuien leiding en verkort de te spuien leidinglengte. Een afvoer met een spuizak is een betere oplossing, zie figuur 26.



Figuur 34 Drukverliezen over een brandkraan zonder en met afvoerslang.

De controleberekening van de optredende drukverliezen van de spuiacties ten opzichte van de mogelijke drukverliezen kan 'met de hand' gebeuren. Daarvoor kunnen tabellen worden opgesteld, waarin de verliezen voor verschillende materialen zijn opgenomen (zie tabel 5) of er kan gebruik worden gemaakt van een 'Spuiplanner' (programma 'ALEID basis') of de 'Flushing Scheduler'³ (programma 'Infoworks'). Met de Spuiplanner of de Flushing Scheduler worden de theoretische spuisnelheden berekend bij de berekende aanwezige voordrukken.

Tabel 5 Spuigrootheden voor verschillende leidingdiameters.

Diameter mm	Inhoud m³/km	Spuien m³/h	drukgradiënt in m/km		
			PVC/PE	AC	GY
100	7.85	42	22	28	81
125	12.27	66		21	59
150	17.66	95	17	17	25
188	27.8	150	11		
200	31.4	170		12	22
235	43.5	235	8		
250	49.06	265		9	16
300	70.65	382	6	7	10
377	111.3	601	5		
400	125.6	678		5	9

6.1.7 Vastleggen mogelijke knelpunten (waterspuien)

In dit stadium van voorbereiding worden de knelpunten in een plan duidelijk. De meest voorkomende knelpunten betreffen:

- Benodigde maximale volumestroom voor een spuiactie is niet leverbaar over de transportinfrastructuur;
- Het leidingnet heeft geen spui punten voor de gevraagde volumestroom;
- In het leidingnet zijn niet de vereiste brandkranen aanwezig;
- Er zijn niet voldoende afsluiters in het leidingnet aanwezig om de spuiacties uit te voeren.

³ Dit programma is ontwikkeld in opdracht van WML.

Voor de knelpunten moeten de acties in gang worden gezet of alternatieven worden gevonden. Naast de knelpunten in het leidingnet zijn in dit stadium ook de knelpunten in de watervoorziening voor de bijzondere afnemers bekend geworden. Met deze afnemers kan overleg worden gestart over de mogelijkheden (zie ook § 6.5).

De hoeveelheid spuiwater moet ook worden afgevoerd. Afhankelijk van de plaats van de spuiwaterlozing is overleg noodzakelijk met de rioolbeheerder (gemeente), oppervlaktewaterbeheerder (gemeente, waterschap, provincie) of anderszins.

6.1.8 Afsluiter- en brandkraancontrole

Met het opstellen van het spuiplan is het duidelijk geworden welke afsluiters en brandkranen noodzakelijk zijn voor het uitvoeren van het spuiplan. Deze afsluiters en brandkranen worden gecontroleerd op:

- **Identificatie;**
Zowel de brandkraan als de afsluiters moeten betrouwbaar kunnen worden geïdentificeerd. Omdat afsluiters nog wel eens in groepjes van twee of drie in het leidingnet aanwezig zijn, is een exacte identificatie noodzakelijk. Met het uitvoeren van het spuiplan staan er veel afsluiters dicht in het net waardoor het draaien van de verkeerde afsluiter eenvoudig een sectie onbedoeld drukloos maakt.
- **Bereikbaarheid;**
Is de afsluiter of brandkraan bereikbaar en is de omgeving geschikt voor de uitvoering van de acties? Vooral de brandkranen waarover gespuid zal gaan worden, verdienen aandacht vanuit de omgeving. Het water moet eenvoudig kunnen worden afgevoerd en er is ruimte nodig voor de standpijp met toebehoren.
- **Functioneren;**
Vooral voor een afsluiter is het moeilijk om vooraf het volledig functioneren te controleren. Er mag vanuit worden gegaan dat als een afsluiter voldoet aan de eisen omtrent vindbaarheid, bereikbaarheid, identificeerbaarheid en draaibaarheid, deze ook voldoende afsluitbaar zal zijn.

De controle kan het best worden uitgevoerd door de medewerker die ook bij het uitvoeren van het spuiplan is betrokken. Dit bevordert de nauwkeurigheid van de controle en de snelheid van uitvoering van het spuiplan.

6.1.9 Vastleggen van de spuiacties (waterspuien)

Als uit de voorbereiding volgt dat de acties allemaal kunnen worden uitgevoerd en aan de gestelde randvoorwaarden als schoonwaterfront en spuisnelheid voldoen, is het spuiplan klaar en kan het worden vastgelegd. Dat moet zodanig gebeuren dat een spuiploeg dit volledig zelfstandig kan uitvoeren. Het spuiplan kan analoog, digitaal en in een combinatie hiervan worden vastgelegd.

Een analoge uitvoering bestaat uit een tekening van het gebied met daarop het leidingnet met de individuele spuiacties in verschillende kleuren. De spui punten en de te bedienen afsluiters zijn aangegeven. Voor de te voeren administratie zijn de 'spui formulieren' afgedrukt, zie tabel 6.

Een spui formulier bevat de volgende gegevens:

- spuiactie, straatnaam;
- te sluiten afsluiters;
- gesloten afsluiters, die gesloten blijven;
- te openen afsluiters;
- te gebruiken spui punt of brandkraan;

- vereiste volumestroom;
- tijdsduur van de spuiactie;
- ruimte voor eventuele opmerkingen.

In tabel 6 is een voorbeeld van een spuiformulier opgenomen. Er bestaan verschillende uitvoeringen van dit formulier, die allemaal op elkaar lijken. Het formulier bevat aan de linkerkant het voorschrift en aan de rechterkant de uitvoering. Als de spuiploeg bij de uitvoering afwijkt van het voorschrift wordt dat hier duidelijk vastgelegd en kan het plan voor een volgende keer daarop worden aangepast.

Voorschrift						Uitvoering					
Actie		Model				Datum					
Kern/wijk/regio											
Detailbladnummer											
Schoonmaaksectie											
Gesloten afsluiters						Gesloten afsluiters					
Te openen afsluiters						Te openen afsluiters					
Te sluiten afsluiters						Te sluiten afsluiters					
Te openen spuipunt/brandkraan						Tijdstip spuipunt/brandkraan open					
Te sluiten spuipunt/brandkraan						Tijdstip spuipunt/brandkraan dicht					
Ber. volumestroom (m ³ /h)						Afgelezen volumestroom (m ³ /h)					
Minimale spuitijd (min.)						Schoon na minimale spuitijd		Schoon na	(min.)		
						Troebelheid max. (NTU)		Troebelheid eind	(NTU)		
						Geleidbaarheid (mS/cm)					
Opmerkingen:											

Tabel 6 Voorbeeld van een spuiformulier.

De digitale uitvoering bestaat uit een grafische weergave van het gebruikte leidingnetmodel waarin de spuiacties zijn voorbereid, in de gebruikte programmatuur (Infoworks – Flushing Scheduler of de Spuiplanner). De afwikkeling van het spuiprogramma wordt in de weergave getoond en de spuiformulieren staan ter beschikking.

De combinaties digitaal / analoog worden naar behoefte van de spuiploeg samengesteld uit de beschikbare informatie.

6.2 Water/lucht-spuien

Voor het spuien met water/lucht is ten opzichte van het waterspuien een compressor van voldoende capaciteit noodzakelijk (zie tabel 7) en een aansluiting op het leidingnet waar de lucht in het net kan worden geblazen. Niet alle compressoren zijn geschikt, de lucht mag absoluut geen olie bevatten en de slangen moeten inwendig schoon zijn (geen olie of andere verontreinigingen). De opstelplaats van de compressor dient voldoende groot te zijn en de compressor mag geen geluidsoverlast veroorzaken.

De aansluiting op het leidingnet kan met een dienstkraan van voldoende capaciteit worden gerealiseerd.

Als uitlaatpunt kan een brandkraan dienen met een spuizak als demper voor de uitgeblazen lucht en het uitstromende water.

Tabel 7 Benodigde volumestroom lucht voor water/lucht-spuien bij een water/lucht-verhouding 1:1 en een watersnelheid in de volle doorsnede van 0,5 m/s.

Diameter te spuien leiding (mm)	Benodigde volumestroom lucht	
	(normaal m ³ /s)	(normaal m ³ /h)
100	0.004	14
150	0.009	32
200	0.016	57
250	0.025	88
300	0.035	127
400	0.063	226

6.3 Proppen

Leidingen kunnen bij aanleg worden gepropt. Hierbij wordt eventueel aanwezig vuil verwijderd. De proppen kunnen bij aanleg van de leidingen al worden aangebracht, waarna die na voltooiing van een tracé door de leiding worden gespoeld naar een ontvangststuk of open einde.

Leidingen proppen als schoonmaakactie van het bestaande leidingnet vraagt de volgende ingrepen in de voorbereiding:

- Inbouwen/opbouwen lanceerstukken in/op de leiding;
De benodigde inspanning is sterk afhankelijk van de te proppen diameter (zie figuur 35).
- Uitbouwen van obstakels zoals vlinderkleppen als die aanwezig zijn;
- Inbouwen/opbouwen van ontvangststukken voor de proppen;
Voor een kleine diameter kan een brandkraan worden uitgebouwd, waarna deze aansluiting kan worden omgebouwd tot een ontvangststuk. Voor een grote diameter is het inbouwen van een aftak in voldoende diameter noodzakelijk (zie figuur 36).

Deze ingrepen vragen ruimte rond lanceerstukken en ontvangststukken. Bij de voorbereiding van de propacties dient daarmee rekening te worden gehouden.



Figuur 35 Lanceerstukken zachte prop voor een leiding met grote diameter (Ø 600 mm, links (foto WML)) en een kleine diameter (Ø 100 - 150 mm, rechts (foto Vitens, destijds Hydron Flevoland)).



Figuur 36 Traditionele ontvangst van een zachte prop (Ø 300 mm) (foto Brabant Water, destijds WOB).



Figuur 37 Moderne ontvangst van een zachte prop (ø 800 mm) (foto WML, pompstation Heel, ruwwaterleiding).

6.4 Ice pigging

De toepassing van ice pigging als schoonmaakactie van het bestaande leidingnet vraagt de volgende ingrepen in de voorbereiding:

- Inbouwen injectiepunt voor de ijsslurrie in de leiding;
Hiervoor kan een brandkraan dienst doen of een apart in te bouwen aansluiting van grote capaciteit.
- Inbouwen van een ontvangststuk voor de ijsslurrie;
Op de plaatsen waar deze techniek is toegepast, is de slurrie geloosd op het gemeentelijk riool.

Deze ingrepen vragen ruimte rond injectiestukken en ontvangststukken. Bij de voorbereiding van de propacties dient daarmee rekening te worden gehouden.

6.5 Communicatie

Bij de voorbereiding komt naar voren met welke partijen moet worden overlegd. Dit kan wederzijdse uitwisseling van informatie zijn, waarbij het spuiplan moet worden aangepast of de consumenten slechts de informatie krijgen dat het spuiplan zal worden uitgevoerd. De coördinatie van de overleggen ligt bij het team dat is belast met het betreffende spuiplan. Het moment van communicatie hangt sterk samen met de aard van de uit te wisselen informatie. Als er vergunningen moeten worden verleend, is het zaak hierover tijdig contact op te nemen met de betreffende instantie(s). De communicatie met consumenten kan kort voor de uitvoering van een spuiplan plaatsvinden.

6.5.1 Communicatie intern

Voor grootschalige spuiacties moet intern informatie worden gedeeld met een aantal afdelingen.

Productie

Het uitvoeren van een spuiactie op een ø 400 mm transportleiding vraagt 600 – 700 m³/h. Dit is een hoeveelheid die overeenkomt met het maximumuur op de maximumdag van een voorzieningsgebied van 1,6 * 10⁶ m³/jaar ofwel 35.000 inwoners extra. Communicatie met

de afdeling productie voorkomt dat er een knelpunt in de productie ontstaat vanwege deze onttrekking.

Afdeling communicatie

De consumenten binnen het spuiplan kunnen via de afdeling communicatie worden geïnformeerd. De wijze waarop dit gebeurt, verschilt sterk per drinkwaterbedrijf. Er is een trend gaande dat de directe communicatie wordt teruggebracht en de informatie via de website van het drinkwaterbedrijf wordt verstrekt. De bijzondere aansluitingen worden direct benaderd.

Ondanks de informatie die aan de betrokken consumenten wordt gegeven, is niet te voorkomen dat een aantal van hen zal gaan bellen over lage drukken en bruin water op het moment dat de spuiacties worden uitgevoerd. Op het callcenter moet de juiste informatie aanwezig zijn omtrent de plaats en het tijdstip van de acties. Klachten die binnenkomen, zijn in ieder geval interessant als die niet het gebied betreffen waarin wordt gewerkt. Die klachten geven aan dat er een effect is dat vooraf niet is voorzien en mogelijke verbeterpunten bevatten. Ook komt het voor dat er secties onbedoeld volledig worden afgesloten. Dit betreft over het algemeen secties waar één of meer afsluiters onbedoeld dicht staan. Deze 'geen water' klachten dienen direct te worden doorgegeven aan de uitvoerende spuiploeg.

6.5.2 Communicatie derden

Bij het uitvoeren van een spuiplan wordt het spuiwater geloosd op straat, op een riool, op open water of op het maaiveld. Dit betekent dat er overleg moet zijn met de wegbeheerder, rioolbeheerder en waterkwaliteitsbeheerder, oppervlaktewaterbeheerder of landeigenaar. In het algemeen vallen deze partijen samen in de gemeente (wegen, riool en maaiveld) en het waterschap (waterkwaliteit RWZI, oppervlaktewater). Lokaal kunnen wegen en oppervlaktewater ook worden beheerd door de provincie of het rijk.

Algemeen

Afvalwater dat vrijkomt bij het schoonmaken van middelen voor opslag, transport en distributie van drinkwater (reservoirs en leidingen) valt sinds 1 juli 2011 [13] onder het 'Besluit lozen buiten inrichtingen' [12]. Ook het schoonmaken van aanvoerleidingen valt onder dat besluit⁴.

Lozen op of in de bodem, op het oppervlaktewater of in een hemelwaterstelsel is toegestaan als er geen desinfectiemiddelen of andere chemicaliën zijn toegevoegd en als het geen overlast veroorzaakt. Als dat in redelijkheid niet mogelijk is, mag het in een vuilwaterriool. Dat is echter minder gewenst vanwege de verminderde werking van de zuivering bij de toevoeging van een relatief grote hoeveelheid schoon water.

Als desinfectiemiddelen zijn gebruikt, is overleg met het bevoegd gezag noodzakelijk om de meest geschikte oplossing voor het lozen te vinden. Het bevoegd gezag kan lozen met geringe concentraties chemicaliën bij maatwerkvoorschrift toestaan als het belang van de bescherming van het milieu zich daartegen niet verzet.

Gemeente

Met gemeenten bestaat de mogelijkheid om binnen standaardvergunningen te werken, waarbij vervolgens slechts een meldingsplicht bestaat voor de uit te voeren spuiacties. Dergelijke meldingen bevatten de locatie, de te verwachten volumestroom en het spuivolume, eventuele verkeersmaatregelen en toegang van voertuigen (een fittersbus op een plaats waar normaliter geen autoverkeer is toegestaan). Communicatie wordt gevoerd door de projectleider of voorbereider.

⁴. Zie ook de toelichting op artikel 3.22 (pagina 19) in het onderdeel 'Nota van toelichting' van het Besluit (pagina 100).

Waterschap

Met het waterschap wordt de vergunning voor het lozen op oppervlaktewater geregeld. Ook bij het lozen op een regenwaterriool wordt geloosd op oppervlaktewater. Indien het spuiwater op een vuilwaterriool wordt geloosd, zal het waterschap de hoeveelheden willen kennen.

Het waterschap kan ook beheerder zijn van polderwegen, dijkwegen en kadewegen.

Provincie

Als er wordt gespuid op of langs provinciale wegen is een vergunning noodzakelijk.

Rijk

Als er wordt gespuid op of langs rijkswegen is een vergunning noodzakelijk.

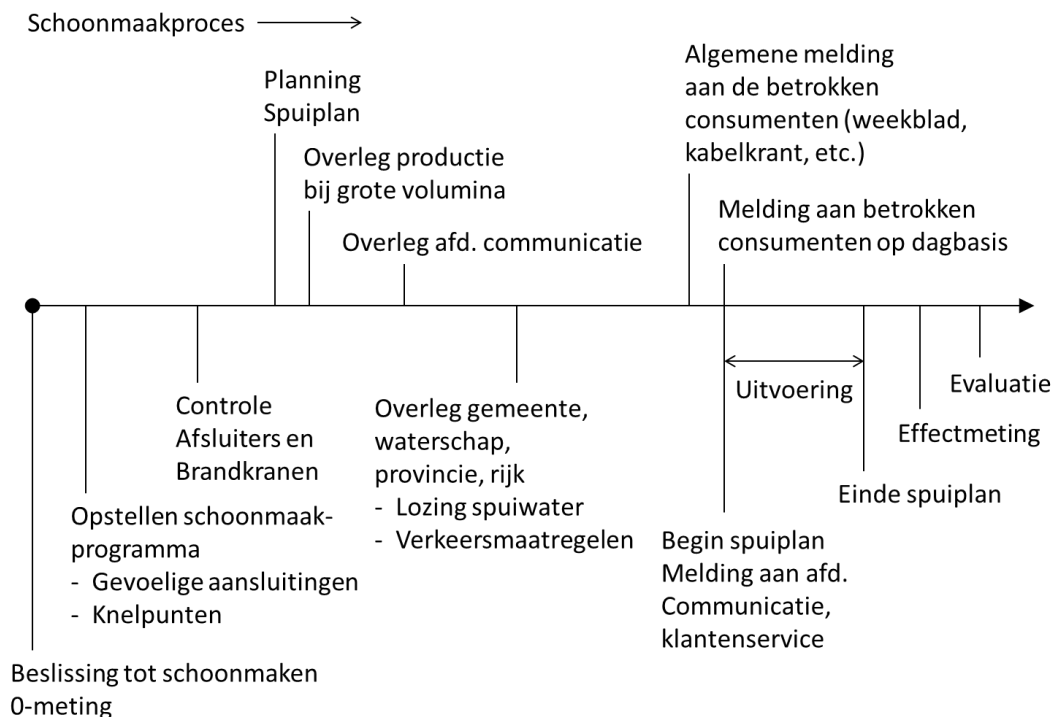
6.5.3 Communicatie consumenten

Bij de voorbereiding is al geïnventariseerd welke bijzondere consumenten in het gebied aanwezig zijn. Met deze consumenten worden afspraken gemaakt omtrent de waterlevering en de momenten van onderbreking.

De rest van de consumenten wordt geïnformeerd via de websites van de drinkwaterbedrijven en eventueel per brief. Dit gebeurt enkele weken voordat het plan tot uitvoering komt. Op het moment dat de spuiacties lopen, kunnen de consumenten één tot twee dagen voor de daadwerkelijke actie per aanzegkaart worden gewaarschuwd. Omdat de doorloop van een spuiplan in de tijd niet altijd zeker is verdient het aanbeveling dit aanzeggen niet te vroeg te doen.

6.6 Chronologie schoonmaakproces

In figuur 38 is het proces van schoonmaken schematisch weergegeven. De volgorde van de acties dient te worden aangehouden.



Figuur 38 Chronologie procesgang schoonmaken.

7 Uitvoering schoonmaken leidingen

7.1 Algemeen

Voor een gebied dat zal worden schoongemaakt, is/zijn (i) het spuiprogramma opgesteld, (ii) het schoonwaterfront vastgesteld, (iii) de benodigde brandkranen en afsluiters gecontroleerd en indien noodzakelijk gerepareerd, (iv) de bijzondere consumenten apart op de hoogte gebracht van de activiteiten en (v) is er een algemene aankondiging van de werkzaamheden in het gebied geweest. Vervolgens wordt de uitvoering gestart. Hierbij geldt het adagium:

Een schoonmaakprogramma wordt uitgevoerd, zoals het is voorbereid en vastgelegd.

7.2 Uitvoering

7.2.1 Waterspuien

Een schoonmaakactie op basis van waterspuien begint met actie nummer 1, waarbij een spuipunt wordt ingericht, de benodigde afsluiters worden gesloten en het spuipunt wordt geopend. Een en ander gebeurt volgens het spuiformulier. Van de spuiactie worden de volgende gegevens geregistreerd:

- Datum/tijd start spui;
- Gesloten en geopende afsluiters (volgens spuiformulier, analoog (op papier), digitaal (tablet));
Indien deze acties niet mogelijk zijn (er kan bijvoorbeeld een auto boven een afsluiter zijn geparkeerd), kan van de kaart worden afgelezen of er alternatieven mogelijk zijn. Dit kan het sluiten zijn van een of meer afsluiters waarmee een zelfde effect wordt bereikt. Dit wordt op het formulier vermeld.
- Volumestroom van de spui;
Als deze veel afwijkt van de berekende hoeveelheid (> 20%), wordt daarvan een aantekening gemaakt. Als de tijd het toelaat, moet worden gecontroleerd of alle afsluiters daadwerkelijk zijn gesloten.
- Troebelheid (als die wordt gemeten);
De maximum waarde geeft aan wat de vervuilingstoestand van de leiding was. De eindwaarde van de troebelheid van de spui is van belang om het gevaar voor bruinwaterklachten in het schoongemaakte deel te kunnen inschatten.
Als de troebelheid in een kunststof leidingnet (ruim) voor het driemaal verversen voldoende laag is, kan de spui worden gesloten.
- Eindtijd van de spui.

Vervolgens kan actie 2 van het spuiplan worden uitgevoerd, et cetera.

Met de registratie van de acties en de afwijkingen die hierop worden gemaakt, is de uitvoering van het spuiprogramma en zijn eventuele afwijkingen ten opzichte van het oorspronkelijke plan reproduceerbaar.

7.2.2 Water/lucht-spuien

Een schoonmaakactie op basis van water/lucht-spuien is vaak beperkt in omvang. Het omvat over het algemeen geen hele wijken of kernen. De voorbereiding van een water/lucht-spuiactie resulteert in een draaiboek waarin de handelingen zijn beschreven. In grote lijnen bestaat een zo'n spuiactie uit de volgende handelingen:

- De te spuien leiding wordt geïsoleerd door de afsluiters dicht te draaien, waarbij de gewenste voedingszijde open blijft;
- Het spuipunt wordt volledig geopend;
- De volumestroom van het water bij de snelheid in de leiding van 0,5 m/s wordt geregeld met de afsluiter stroomopwaarts van het injectiepunt;
- De luchtinjectie wordt gestart met een overdruk van ongeveer 50 kPa op de heersende druk in het leidingnet. De heersende druk is afhankelijk van de plaats waar de volumestroom door de te spuien leiding wordt geregeld. Dit moet stroomopwaarts gebeuren. De druk in het leidingnet ter plaatse van het injectiepunt is dan laag (enkele mwk).
- De luchthoeveelheid wordt beperkt tot die van het water (zie tabel 7).
- Als de troebelheid van het spuiwater laag genoeg is, wordt de luchtinjectie gestopt en wordt de leiding nagespoeld tot de lucht uit de leiding is verdwenen en de troebelheid laag genoeg is (< 4 FTE).

Registratie van de gebruikte afsluiters, spuipunt(en), plaats van de injectie, volumestroom water en volumestroom lucht maken de spuiactie reproduceerbaar. Registratie van de troebelheid van het spuiwater geeft een idee van het bereikte effect.

7.2.3 Proppen

Nieuwe leidingnetten worden vaak met de aanleg gepropt om grove delen die in een leiding terecht zijn gekomen te verwijderen. De proppen worden bij de aanleg al in een leiding geplaatst. Een schoonmaakactie op met proppen in een bestaand leidingnet is vergt meer voorbereiding en is meestal beperkt van omvang.

De voorbereiding van een schoonmaakactie met proppen resulteert in een draaiboek waarin de handelingen zijn beschreven. In grote lijnen bestaat een propactie uit de volgende handelingen:

- De te proppen leiding wordt geïsoleerd door de afsluiters dicht te draaien, waarbij het ontvangtpunt open blijft;
- De eerste prop wordt op het lanceerpunt ingebracht in de leiding en wordt door de bovenstroomse afsluiter te manipuleren door de leiding gestuurd;
- Indien noodzakelijk of gewenst worden meerdere proppen achter elkaar gelanceerd;
- Na ontvangst van alle proppen wordt de leiding gespoeld;
- Als de troebelheid van het spoelwater laag genoeg is, wordt de spoelactie gestopt.

Registratie van de gebruikte afsluiters, lanceer- en ontvangtpunten, en propsnelheden maken de actie reproduceerbaar. Registratie van de troebelheid van het spuiwater geeft een idee van het bereikte effect.

7.2.4 Ice pigging

De voorbereiding van een schoonmaakactie met ice pigging resulteert in een draaiboek waarin de handelingen zijn beschreven. In grote lijnen bestaat een dergelijke actie uit de volgende handelingen:

- De te behandelen leiding wordt geïsoleerd door de afsluiters dicht te draaien, waarbij de afvoer open blijft om te voorkomen dat bij het vullen van de te reinigen leiding de ijs slurry in het net verdwijnt;
- De gewenste hoeveelheid ijslurry wordt de leiding in gepompt;
- De prop van ijs wordt door de leiding geperst door de voeding te openen;
- Nadat het ijs de leiding heeft verlaten, wordt de leiding nagespoeld.

Registratie van de gebruikte afsluiters, lanceer- en ontvangpunten, en snelheden maken de actie reproduceerbaar. Registratie van de troebelheid van het spoelwater geeft een idee van het bereikte effect.

7.3 Mogelijke afwijkingen bij het uitvoeren

Bij het uitvoeren van de spuiacties kunnen er afwijkingen optreden ten opzichte van de voorspelde waarden. Vooral bij waterspuien geven deze afwijkingen (> 20% van de voorspelde waarde voor de volumestroom of het drukverlies) inzicht in de toestand van het leidingnet. De volgende afwijkingen kunnen optreden:

- Lagere volumestroom en/of druk dan verwacht;
Dit duidt op een hogere hydraulische weerstand in het systeem dan verwacht. Dit kan in de leiding of in het spuipunt aanwezig zijn. Als een gietijzeren leiding wordt gespuid en de volumestroom is veel lager dan voorspeld, zijn de leidingen meer aangegroeid dan waarmee is gerekend. Voor kunststof of asbestcement betekent het dat er mogelijk een afsluiter in de te spuien leiding of in het voortraject gedeeltelijk gesloten staat. Ook in het spuipunt zelf kan de weerstand hoger zijn. De brandkraan kan een kleinere capaciteit hebben dan waarop is gerekend.
- Hogere volumestroom en/of druk dan verwacht;
Dit duidt op minder hydraulische weerstand in het systeem. Dit kan worden veroorzaakt door afsluiters die open staan of onbedoeld (aanzienlijk) doorlaten.
- Niet voldoende dalende troebelheid na 2 - 3 verversingen
In een gietijzeren leidingnet kan het voorkomen dat de troebelheid boven 4 FTE blijft. Als de voorgaande acties dit beeld niet vertonen, wordt het veroorzaakt in de betreffende leiding. Door langzaam de volumestroom terug te brengen, zal de troebelheid afnemen. Als voorgaande acties dit beeld ook vertonen of als deze acties tot de eersten van een spuiplan behoren, kan de aanwezigheid van een schoonwaterfront in twijfel worden getrokken.

Geconstateerde afwijkingen moeten altijd op het spuiformulier worden vastgelegd.

8 Evaluatie schoonmaken leidingen

8.1 Algemeen

Na een schoonmaakactie volgt een evaluatie. De evaluatie bestaat uit twee delen:

- Is het gewenste resultaat behaald?
Hiervoor wordt een effectmeting uitgevoerd volgens de OPM, zie § 3.5.
- Wat is goed gegaan, wat is niet goed gegaan en kan het beter?
Dit volgt uit een analyse van de spuiformulieren en een gesprek met de uitvoerenden.

8.2 Effectmeting na schoonmaken

Als er in het gebied voorafgaand aan het schoonmaken een meting volgens OPM is uitgevoerd, is de originele vervuilingstoestand bekend. Door de meting te herhalen op dezelfde plaats en onder gelijke omstandigheden is de toestand na het schoonmaken eveneens bekend. Het verschil tussen deze metingen geeft aan wat de schoonmaakactie heeft opgeleverd. In figuur 10 en figuur 11 zijn OPM-resultaten verzameld rond verschillende schoonmaakacties. Op basis van deze metingen is een objectief oordeel mogelijk en kan de schoonmaakactie worden beoordeeld.

8.3 Analyse van de uitvoering

Een uitgevoerd spuiplan kan op een aantal onderdelen worden geanalyseerd. Door binnen het bedrijf daarvoor een vast format te kiezen, kan een analyse snel worden gemaakt en worden de voor het bedrijf belangrijke kentallen eenduidig gegenereerd. Voorbeelden van relevante kentallen voor evaluatie zijn:

- Algemeen per plan:
 - Uren voorbereiding;
 - Uren uitvoering;
 - Dagen uitvoering;
 - Lengte schoongemaakte leiding;
 - Aantal acties, lengte per actie;
 - Gespuid volume;
 - Aantal spui punten;
 - Aantal afsluiters;
- Bijzonderheden:
 - Afsluitercontrole;
 - Brandkraancontrole;
 - Spuiacties met problemen op afsluiters;
 - Spuiacties met problemen op spui punten;
- Metingen: vergelijk OPM-nulmetingen met -effectmetingen;
- Klachten van consumenten:
 - Voor het schoonmaken;
 - Tijdens het schoonmaken;
 - Na het schoonmaken.

8.4 Opbrengst van schoonmaakacties

Het uitvoeren van systematische schoonmaakacties heeft een aantal voordelen voor het drinkwaterbedrijf. Het aantal bruinwaterklachten neemt af, waarmee de klanttevredenheid

toeneemt. Er ontstaan geen of minder ‘onbegrepen’ bruinwaterproblemen als het schoonmaken systematisch wordt uitgevoerd. Het bedrijf verbetert het imago door actief en zichtbaar aan het bruinwaterprobleem te werken.

Een belangrijke nevenopbrengst van een systematisch doorlopen spuiplan is het verkregen inzicht in de toestand van het leidingnet, de afsluiters en de brandkranen. Bij de voorbereiding van de spuiplannen wordt het leidingnet zorgvuldig doorlopen. Afwijkende situaties worden daarbij opgemerkt en aangegeven voor verbetering in het LIS.

Verbeteracties op deze onderdelen leiden tot een hogere beheersbaarheid van het leidingnet.

8.5 Kosten van schoonmaakacties

Aan het schoonmaken van leidingnetten zijn kosten verbonden. De kosten voor bijzondere acties als water/lucht-spuien, proppen en ice pigging worden hier niet behandeld, omdat deze acties niet regulier worden uitgevoerd.

Voor een hoofdzakelijk gietijzeren leidingnet heeft PWN een spuiplan voorbereid en uitgevoerd. Het betreft 151 km en heeft in de voorbereiding en uitvoering € 93.600,- gekost. Dit is € 640,- per km leiding (1,3 fte/km gietijzer). WML hanteert een normtijd van 5,1 uur per km voor een leidingnet \varnothing 200 mm in diameter (0,64 fte/km leiding). Bij een gelijk uurtarief als PWN komt dit op neer € 310,- per km leiding. De kosten zijn niet vergelijkbaar, omdat de netten in dit voorbeeld niet vergelijkbaar zijn, namelijk gietijzer versus asbestcement/PVC. Het geeft echter wel een beeld van de inspanningen die zijn gemoeid met deze acties.

Als voor een gemiddeld leidingnet (i) de schoonmaakkosten op € 450,- per km leiding (0,93 fte/km leiding) worden gesteld, (ii) de gemiddelde schoonmaakfrequentie wordt gevarieerd en (iii) het rentepercentage op 3% wordt genomen, kan de netto contante waarde (NCW) voor het schoonmaken per kilometer leiding worden berekend gedurende een levensduur van 80 jaar. De NCW voor verschillende schoonmaakfrequenties is opgenomen in tabel 8.

Bij een investering in een leiding van € 100.000,- per km (\varnothing 100 – 150 mm, buitengebied) waarbij we er vanuit gaan dat het bruinwaterprobleem in de betreffende leiding ontstaat en dit opgelost is met vervanging. Deze € 100.000,- kan worden vergeleken met de NCW/km uit tabel 8. Uit de vergelijking volgt dat vervanging als remedie voor bruin water geen optie is, ook bij jaarlijks schoonmaken is spuien goedkoper.

Tabel 8 Netto contante waarde van het schoonmaken van een km leiding bij verschillende schoonmaakfrequenties.

NCW/km	Schoonmaakfrequentie						
	1/ jaar	1/2 jaar	1/3 jaar	1/4 jaar	1/6 jaar	1/8 jaar	1/12 jaar
	13.590,-	6.895,-	4.680,-	3.550,-	2.460,-	1.880,-	€ 1.340,-

Deze kosten kunnen worden afgewogen tegen investeringen die de waterkwaliteit (bruin water) in het leidingnet verbeteren en waarmee de schoonmaakfrequentie afneemt. Die investeringen kunnen zijn: investeringen in een lagere sedimentbelasting vanuit de zuivering, het vervangen van oude gietijzeren leidingen en de aanleg van een zelfreinigend leidingnet.

9 Literatuur

1. Schaap, P.G., Mesman, G.A.M., en Vreeburg, J.H.G. (1999): 'Schoonmaken leidingnetten; Handleiding voor opzetten, uitvoeren en controleren van schoonmaakprogramma's', rapport [SWE 99.009](#), Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein
2. Vreeburg, J.H.G. (2007): '[Discolouration in drinking water systems: a particular approach](#)', dissertatie, Technische Universiteit Delft, Delft
3. Slaats, P.G.G. (ed.) (2002): 'Processes involved in the generation of discolored water', Kiwa/AWWARF-rapport KOA 02.058, Kiwa Research and Consultancy, Nieuwegein
4. Meerkerk, M.A., en Kroesbergen, J. (2010): '[Hygiëncode Drinkwater; Opslag, transport en distributie](#)', rapport BTO 2001.175 2^e editie, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein
5. Staatsblad 2009: '[Drinkwaterwet](#)' van 18 juli 2009, nummer 370, 3 september 2009
6. Staatsblad 2011: '[Drinkwaterbesluit](#)' van 23 mei 2011, nummer 293, 21 juni 2011
7. Vreeburg, J.H.G. (1996): 'Bruinwater, schoonmaken: oorzaak en gevolg; Effectiviteit van 'spuien', 'water/lucht' en 'proppen'', rapport [SWE 96.008](#), Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein
8. [NEN-EN-ISO 7027](#) (2000): 'Water - Bepaling van de troebelheid', 1 februari 2000, NEN, Delft
9. Koning, M. de (2001): 'Klachtenregistratie en schoonmaken; Inzet klachtenregistratie voor efficiënt Leidingnetbeheer', rapport 2000.223, Kiwa Onderzoek en Advies, Nieuwegein
10. Blokker, E.J.M., en Schaap, P.G. (2007): 'Sedimentverwijdering bij verschillende spuisnelheden', rapport [BTO 2006.070](#), Kiwa Water Research, Nieuwegein
11. Pothof, I.W.M. (1998): 'Pipe flushing with water/air mixtures', W.D. Hydraulics, (Eds), Delft, the Netherlands
12. Staatsblad (2011): '[Besluit inwerkingtreding Besluit lozen buiten inrichtingen](#)', nummer 298, 23 juni 2011
13. Staatsblad (2011): '[Besluit lozen buiten inrichtingen](#)', artikel 3.22 (pagina 19), nummer 153, 31 maart 2011

Bijlage I Begrippen en omschrijving

Leidingen en leidingnetten

In de titel van deze praktijkcode worden 'leidingen' genoemd, die kunnen worden onderscheiden van leidingnetten. Er is echter voor gekozen dat onderscheid in dit document niet te maken. Weliswaar worden uitsluitend leidingen beschreven, maar de praktijkcode is eveneens voor leidingnetten toepasbaar.

Buiswand

Leidingen zijn opgebouwd uit buizen, fittingen, hulpstukken en appendages (brandkranen en afsluiters). Als het om de binnenwand van leidingen gaat, wordt in deze praktijkcode desondanks niet het begrip 'leidingwand', maar het meer gebruikelijke 'buiswand' gehanteerd.

Troebelheid (dimensie)

Qua terminologie is in deze praktijkcode primair aangesloten bij de begrippen volgens artikel 1 van de Drinkwaterwet [5] en artikel 1 van het Drinkwaterbesluit [6]. Als het gaat om de verontreiniging van drinkwater met deeltjes is daarvan afgeweken: het Drinkwaterbesluit hanteert het begrip 'troebelingsgraad' (zie Bijlage A, tabel IIIb 'Indicatoren – Organoleptische/esthetische parameters'), maar in dit document is in plaats daarvan het meer gangbare begrip 'troebelheid' gebruikt. Voor wat betreft de dimensie van deze parameter is met 'FTE' (Formazine TroebelingsEenheden) wel aangesloten bij het Drinkwaterbesluit. Op meetapparatuur wordt over het algemeen Engelse afkorting FTU (Formazine Turbidity Units) gebruikt. Troebelheid is een objectief meetbare grootte voor het volledig spectrum van 'ultrapuurwater' tot water dat zwart ziet van de deeltjes (ijzer, mangaan, biofilm et cetera). De troebelheid in drinkwater is onder normale omstandigheden niet zichtbaar voor de consument (afhankelijk van de omstandigheden is troebelheid voor consumenten zichtbaar: in een met drinkwater gevuld wit bad vanaf 4 – 5 FTE en in een wastafel vanaf ongeveer 10 FTE).

Bruin water

Als er door omstandigheden troebelheden optreden die zichtbaar kunnen zijn voor consumenten wordt er gesproken van 'bruin water'. Bruin water is een zelfstandig fenomeen en goed meetbaar en reproduceerbaar. Hiernaast staat de 'bruinwaterklacht'. Dit is een bij het drinkwaterbedrijf door een consument gemelde constatering van bruin water. Een bruinwaterklacht is afhankelijk van het gedrag van de consument (constateren en de moeite doen om het te melden), minder goed meetbaar en hiermee subjectief. Een 'bruinwaterprobleem' ontstaat als het fenomeen 'bruin water' in een gebied een drempelwaarde heeft overschreden.

Sediment en biofilm

In deze praktijkcode worden methoden beschreven voor het verwijderen van losliggend sediment in drinkwaterleidingen. Dat sediment wordt onderscheiden van de aan de buiswand vastgezette 'biofilm' en aangroei in gietijzeren leidingen [2].

Opwervingspotentiëmeting (OPM)

De opwervingspotentiëmeting wordt beschreven in hoofdstuk 3 van dit rapport. De meting komt er op neer dat in een te onderzoeken leiding gedurende een bepaalde tijd een extra snelheid wordt aangebracht, waarna het verloop van de troebelheid in de tijd wordt gemeten

en geregistreerd. Op grond daarvan ontstaat een beeld van de vervuilingstoestand van die leiding.

Schoonmaken in verband met sediment en hygiëne

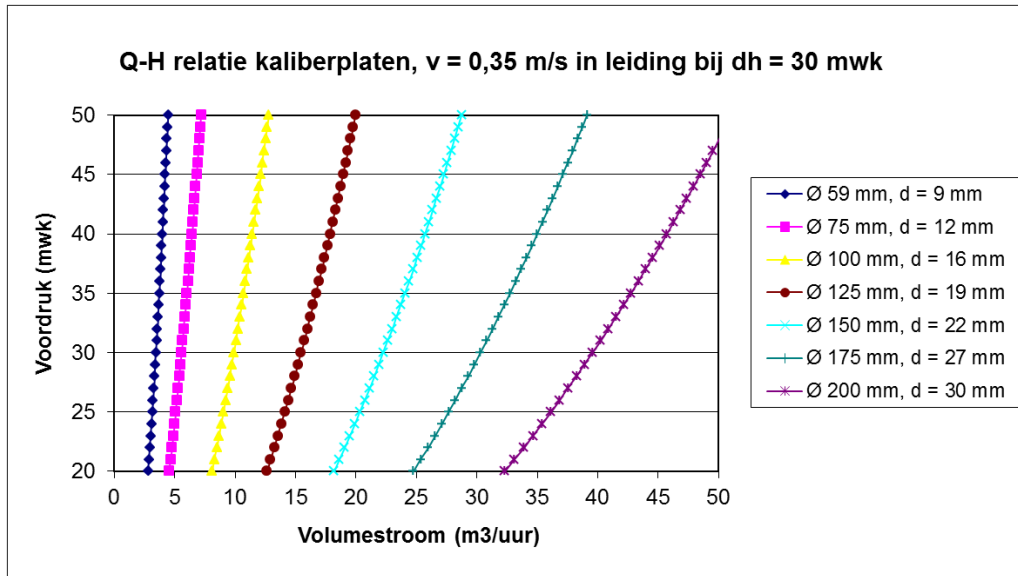
De eerste zinnen van § 3.6 'Schoonmaakmethoden' van de 'Hygiëncode Drinkwater; Opslag, transport en distributie' [4] luiden als volgt: 'Vervuiling in een leiding bestaat meestal uit los sediment (deeltjes en bruinwater klachten) en een microbiologische verontreiniging (hygiëneprobleem). Deze zijn vaak aan elkaar gekoppeld omdat micro-organismen zich kunnen hechten aan het sediment. Met de verwijdering van het sediment wordt de leiding dan ook voor een deel microbiologisch gereinigd.' In deze zinnen wordt het onderscheid gemaakt tussen het schoonmaken van leidingen in verband met sediment en in verband met hygiëne⁵. Het schoonmaken van leidingen in verband met hygiëne is in genoemde Hygiëncode beschreven, zodat daarop in deze praktijkcode in beginsel niet wordt ingegaan. Dat is ook de reden voor de titel van dit document: 'Sediment in drinkwaterleidingen'.

Beschermende laag op grijs gietijzer

In verband met grijs gietijzeren leidingen komt in deze praktijkcode op verschillende plaatsen het begrip 'ongecoat' voor. Daarmee wordt bedoeld het ontbreken van een beschermende laag in de vorm van een epoxy, bitumen coating of een cementmortelbekleding.

⁵ Bij de hygiëne van drinkwaterleidingen gaat het eigenlijk niet om 'schoonmaken', maar om het 'hygiënisch betrouwbaar maken' daarvan. Sedimentverwijdering is daarvoor een van de methoden. Ook 'desinfectie' kan worden toegepast. Daarbij worden organismen geïnactiveerd.

Bijlage II Kaliberplaten voor beperking volumestroom



Formule voor het bepalen van de drukval over een kaliberplaat

$$\Delta H = \frac{(v/\mu m - v)^2}{2g}$$

Waarin:

- ΔH Drukverlies over de kaliberplaat
- v Snelheid in de volle doorsnede
- u Contractiecoëfficiënt waterstroom na de kaliberplaat ($\approx 0,6$)
- m Keelverhouding van de kaliberplaat (d^2/D^2)
 - d = diameter gat in de plaat
 - D = diameter volle doorsnede
- g zwaarteveldsterkte ($9,81 \text{ m/s}^2$ in Nederland)