

BTO 2015.205(s) | April 2015

BTO rapport

Programma van Eisen
voor de uitbreiding van
CAVLAR

BTO

Programma van Eisen voor de uitbreiding van CAVLAR

BTO 2015.205(s) | April 2015

Opdrachtnummer

400554/039/004

Projectmanager

Nellie Slaats

Opdrachtgever

BTO - Thematisch onderzoek - Assetmanagement

Kwaliteitsborger(s)

Mirjam Blokker

Auteur(s)

Ilse Pieterse-Quirijns en Claudia Agudelo-Vera

Verzonden aan

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten.

Een jaar na publicatie is het openbaar.

Jaar van publicatie
2015

Meer informatie

Ilse Pieterse-Quirijns
T (030 60 69) 672
E ilse.pieterse@kwrwater.nl

Keywords

Cavlar, risicoanalyse, effect-
categorieën, Programma van Eisen

PO Box 1072
3430 BB Nieuwegein
The Netherlands

T +31 (0)30 60 69 511
F +31 (0)30 60 61 165
E info@kwrwater.nl
I www.kwrwater.nl



Watercycle
Research
Institute

BTO 2015.205(s) | April 2015 © KWR

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding en doel	4
1.2	Aanpak	5
1.3	Leeswijzer	6
2	Huidige versie van CAVLAR	7
2.1	Inleiding	7
2.2	Berekening effect van leveringsonderbreking in CAVLAR	7
2.3	Praktijkervaring met CAVLAR	9
2.4	Wensen voor aanpassen van CAVLAR	10
3	Technische overwegingen voor uitbreiding CAVLAR met effectcategorieën	13
3.1	Inleiding	13
3.2	Vaststellen/Keuze andere effectcategorieën	13
3.3	Typering/Classificeren van de effectcategorieën	15
3.4	Toekennen en berekenen risicogetal van effectcategorieën	18
3.5	Integratie met berekende OLM: het gewogen risicogetal	26
3.6	Samenvatting van technische overwegingen voor de uitbreiding CAVLAR met andere effectcategorieën	27
4	Programma van Eisen voor aanpassen van CAVLAR	32
4.1	Aanpassen van CAVLAR	32
4.2	PvE voor verkorten van de rekentijd	32
4.3	PvE voor uitbreiden van CAVLAR met andere effectcategorieën	33
4.4	PvE voor verbeteren van de grafische interface van CAVLAR	36
4.5	PvE voor het koppelen van CAVLAR aan GIS	36
4.6	PvE voor optimalisatietool voor afsluiteronderhoud	37
5	Referenties	38

Bijlage I Enquête

Bijlage II Uitkomst enquête: praktijkervaring met CAVLAR en andere afsluitertools

II.1	Toepassing van CAVLAR door de waterleidingbedrijven	42
------	---	----

II.2	Doel voor de toepassing van CAVLAR	43
II.3	Sterke en zwakke eigenschappen van CAVLAR	43
II.4	Implementatie van uitkomsten van CAVLAR	44
II.5	Algemene beoordeling van CAVLAR	45
II.6	Ervaring met andere afsluitertool: Rolsch Water Tool en Mapkit	46

Bijlage III Wensen voor aanpassen van CAVLAR

III.1	Redenen om CAVLAR aan te passen	48
III.2	Wensen voor CAVLAR als tool voor systematische analyse van netwerk	48
III.3	Wensen voor aanpassing of uitbreiding van CAVLAR	49
III.4	Wensen voor prioritering van afsluiters (binnen CAVLAR)	50
III.5	Wensen voor andere toepassingsmogelijkheden van CAVLAR	52

1 Inleiding

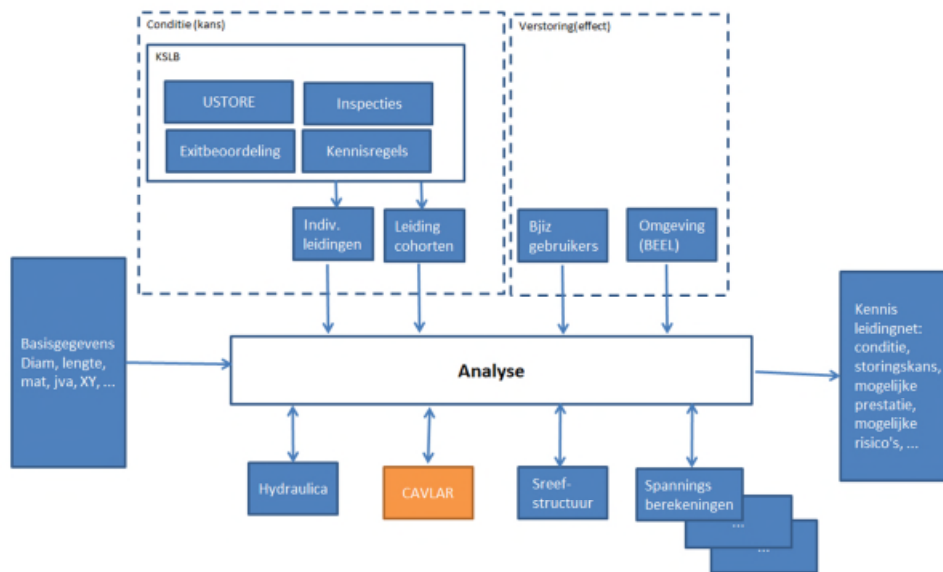
1.1 Aanleiding en doel

Assetmanagement voor drinkwaterdistributie is vooral gefocust op leidingdelen. Het gedachtengoed van asset management kan echter ook worden toegepast op appendages, zoals afsluiters en brandkranen, door na te denken over het verzamelen van gegevens tijdens onderhoud en het analyseren van data. Dit geeft de mogelijkheid om kosten, kwaliteit en risico's af te wegen. Binnen het BTO project 'Beheer van distributie-assets' zijn twee deelprojecten gedefinieerd die gericht zijn op assetmanagement van appendages. Het eerste onderdeel is gericht op het beheer en onderhoud van afsluiters, dat vooral een invloed heeft op de *kans* van falen van afsluiters (Vreeburg, 2013). In het tweede onderdeel staat het *effect* van het falen van afsluiters centraal. Afsluiters zijn noodzakelijk voor de continuïteit van levering bij onderhoud, voor spuiprogramma's en bij isolatie van eventuele leidingbreuken en besmettingen. Als een sectie goed afgesloten kan worden door afsluiters kan de levering van drinkwater in de rest van het leidingnet kwalitatief en kwantitatief gewaarborgd worden. Bij het falen van afsluiters is een succesvolle afsluiting van een sectie niet meer mogelijk. Dit kan allerlei effecten hebben, zoals een toename van het aantal ondermaatse leveringsminuten (OLM), het treffen van een risicovolle klant, bijvoorbeeld een ziekenhuis, imagooverlies van het waterleidingbedrijf, klachten, etc.

Met CAVLAR, een tool die binnen het BTO is ontwikkeld, kan het effect van het falen van een afsluiter berekend worden op de prestatie van het leidingnet. De prestatie is in CAVLAR uitgedrukt in indicatoren, die de leveringsonderbreking uitdrukken, zoals bijvoorbeeld de OLM. CAVLAR berekent de prestatie van een leidingnet, bij een variabele betrouwbaarheid van afsluiters, storingsfrequentie van leidingen en werkwijze van onderhoud. Daarnaast kunnen afsluiters en secties met behulp van CAVLAR geprioriteerd worden en kunnen kritische afsluiters geïdentificeerd worden. Hiermee kan een gericht onderhoudsprogramma ontwikkeld en geëvalueerd worden.

Het doel van CAVLAR is om de bijdrage van afsluiters aan de prestatie van het leidingnet duidelijk te maken. In eerste instantie was de bijdrage van CAVLAR voornamelijk gericht op een bewustwording van de waterbedrijven over het belang van goed functionerende afsluiters en een goed afsluiterontwerp aan de prestatie van het leidingnet. In de loop van de tijd verschoof de interesse steeds meer naar een kwantitatieve bijdrage van CAVLAR, waarbij ook de wens ontstond om CAVLAR in te zetten voor grootschalige leidingnetten. De kwantitatieve prestatie van een leidingnet is afhankelijk van het aanwezig zijn van afsluiters (ontwerp afsluiterconfiguratie) en het functioneren ervan (afsluiterbetrouwbaarheid). Voor bestaande leidingnetten is vooral het tweede aspect van belang en waterleidingbedrijven willen CAVLAR dan ook inzetten voor het prioriteren van afsluiteronderhoud. CAVLAR moet de belangrijkste afsluiters aanwijzen en kwantificeren wat het effect is van een bepaald onderhoudsregime. CAVLAR kijkt nu nog alleen naar de leveringscontinuïteit (OLM), terwijl waterleidingbedrijven intuïtief ook afsluiters op transportleidingen of risicovolle locaties goed willen onderhouden. Er zijn dus nog andere prestatie-indicatoren waarop afsluiters beoordeeld moeten worden dan er nu in CAVLAR zitten. Ook zijn er praktische bezwaren die de inzet van CAVLAR belemmeren, zoals het gebruikersgemak (o.a. rekentijd).

In dit rapport wordt een Programma van Eisen (PvE) opgesteld om CAVLAR te verbeteren met als doel een grotere implementatie bij de bedrijven en daarmee een verbeterd beheer van afsluiters. In de toekomst kunnen de resultaten van CAVLAR t.a.v. afsluiters (aantal en onderhoud) en leidingnet (prestatie) worden opgenomen in de bedrijfsvoering van de waterleidingbedrijven als een geïntegreerd geheel (Figuur 1-1). Naast basisgegevens over het leidingnet, worden gegevens over de conditie van de leidingen en afsluiters (storingsfrequentie en onderhoudsfrequentie), als ook gegevens over de ligging/omgeving van het leidingnet (BEEL omgeving, bijzondere gebruikers), gebruikt in een analyse van CAVLAR. Samen met hydraulische modellen, streefstructuur en andere modellen, levert CAVLAR inzicht in kennis van het leidingnet, zoals ontwerp, prestatie, onderhoud en risico's.



Figuur 1-1 Schematische weergave van de rol van CAVLAR in beheer van assets en kennisontwikkeling van leidingnet (jva = jaar van aanleg).

1.2 Aanpak

Om tot een programma van eisen te komen voor de uitbreiding van CAVLAR, is een aanpak in drie stappen gevolgd:

1. Enquête

Onder de drinkwaterbedrijven is een enquête gehouden om een beeld te krijgen van de huidige positie van CAVLAR in het bedrijf, qua gebruik en implementatie en om de wensen van de waterleidingbedrijven voor aanpassingen van CAVLAR te inventariseren. Acht waterleidingbedrijven hebben de enquête ingevuld. De resultaten van de enquête zijn gebruikt als uitgangspunt voor een workshop.

2. Workshop

Op 23 oktober 2014 heeft een workshop plaatsgevonden rond het thema "uitbreiden van CAVLAR met andere effectcategorieën". Het doel van de workshop was om effectcategorieën vast te stellen, om een manier te vinden om een waarde aan de effecten toe te kennen en deze te kwantificeren. Uit de enquête bleek dat uitbreiding van CAVLAR met andere effectcategorieën slechts één wens van de waterleidingbedrijven was voor aanpassing van CAVLAR. Daarom heeft tijdens de

workshop ook een prioritering van de gewenste aanpassingen van CAVLAR plaatsgevonden.

3. Programma van eisen voor aanpassen van CAVLAR

Op basis van de uitkomsten van de enquête en de workshop is een programma van eisen uitgewerkt voor de verbetering van CAVLAR, waaronder de uitbreiding met andere effectcategorieën dan de leveringsonderbreking. Het programma van eisen voor het uitbreiden van CAVLAR met effectcategorieën is verder uitgewerkt met een methode om de effectcategorieën te definiëren en te kwantificeren.

Een aantal waterleidingbedrijven gebruiken (naast CAVLAR) de Rolsch Water Tool en Mapkit (www.rolsch.nl) als afsluitertool. Het Programma van Eisen dat in dit rapport wordt opgesteld is ook toepasbaar voor andere afsluitertools. In dit rapport spitsen we ons echter toe op CAVLAR.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de totstandkoming van een Programma van Eisen voor de aanpassing van de huidige versie van CAVLAR. In hoofdstuk 2 wordt de huidige versie van CAVLAR beschreven. In dit hoofdstuk worden ook de ervaringen en de wensen van de waterleidingbedrijven met CAVLAR beschreven, op basis van de enquête (Bijlage II en Bijlage III) en de gehouden workshop. Hoofdstuk 3 beschrijft de technische overwegingen bij de uitbreiding van CAVLAR met andere effectcategorieën. In hoofdstuk 4 is het Programma van Eisen opgesteld voor de aanpassing van CAVLAR met de vijf hoogst geprioriteerde wensen van de waterleidingbedrijven.

2 Huidige versie van CAVLAR

2.1 Inleiding

Bij het falen van afsluiters is een succesvolle afsluiting van een sectie niet meer mogelijk. Dit kan allerlei effecten hebben, zoals een toename van het aantal ondermaatse leveringsminuten (OLM), het treffen van een risicovolle klant (bijvoorbeeld een ziekenhuis), imagooverlies van het waterleidingbedrijf, klachten van klanten, etc. De huidige versie van CAVLAR berekent de effecten van een falende afsluiter op de leveringsonderbreking. De waterleidingbedrijven baseren hun afsluiteronderhoud ook op andere aspecten, zoals gebruik van afsluiters bij zogenaamde BEEL-locaties. De waterleidingbedrijven willen dus met CAVLAR naast het effect van falende afsluiters op de leveringsonderbreking, ook andere gevolgen van een falende afsluiter meenemen.

CAVLAR berekent de prestatie van een leidingnet, bij een variabele betrouwbaarheid van afsluiters, storingsfrequentie van leidingen en werkwijze van onderhoud. De prestatie is uitgedrukt in verschillende prestatie-indicatoren, zoals Impact (I), verhouding (tussen de impact van een incident in een sectie en het oorspronkelijk aantal aansluitingen in die sectie), ondermaatse leveringsminuten (OLM) en Customer Interruptions (CI). In Meerkerk e.a. (2009) worden deze indicatoren uitgelegd.

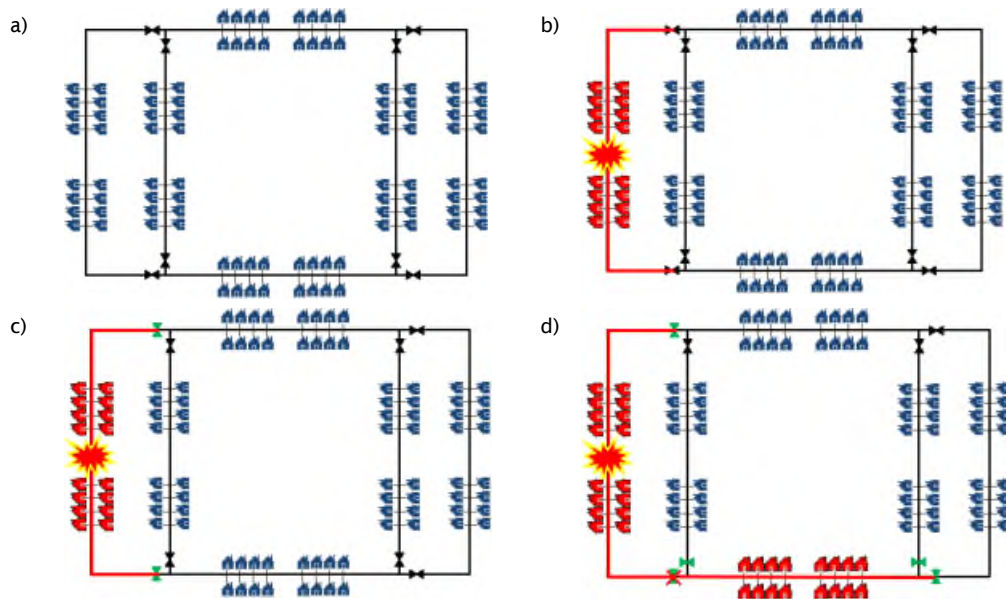
In dit hoofdstuk staat de huidige versie van CAVLAR centraal. Eerst wordt beschreven hoe CAVLAR de leveringsonderbreking per sectie en afsluiter berekent. Vervolgens wordt ingegaan op de ervaringen van waterleidingbedrijven met CAVLAR, op basis van de gehouden enquête. Het hoofdstuk wordt afgesloten met de wensen die de waterleidingbedrijven hebben voor de aanpassing van CAVLAR en de prioritering ervan, gebaseerd op de informatie van de workshop van 23 oktober.

2.2 Berekening effect van leveringsonderbreking in CAVLAR

CAVLAR is een rekenprogramma dat de prestatie van een drinkwaterleidingnet berekent aan de hand van prestatie-indicatoren. Hiervoor wordt elke sectie van het leidingnet geïsoleerd (afsluiters gesloten) en het effect van de isolatie bij een bepaalde betrouwbaarheid van de afsluiters bepaald. Een falende afsluiter leidt tot het isoleren van extra aangrenzende secties.

Allereerst deelt CAVLAR het voorzieningsgebied in in secties, op basis van de ingevoerde LIS-gegevens van het gebied, zoals leidinglengte, diameter, locatie van de afsluiters. Dit wordt weergegeven in een sectiediagram en in grafieken met het aantal afsluiters per sectie, het aantal aansluitingen per sectie, de leidinglengte en het volume per sectie (Meerkerk e.a., 2009). Vervolgens wordt de berekening uitgevoerd.

De berekening wordt sterk vereenvoudigd toegelicht met behulp van Figuur 2-1. Een uitgebreide beschrijving is te vinden in Meerkerk e.a. (2009). Figuur a laat een eenvoudig schema van een leidingnet zien. In de berekening van CAVLAR wordt de isolatie gesimuleerd van elke afzonderlijke sectie (figuur b). Per sectie-isolatie wordt bepaald welke afsluiters de betreffende sectie isoleren en of die afsluiters goed functioneren (figuur c). Als een afsluiter niet goed functioneert dan moet de aangrenzende sectie worden geïsoleerd (figuur d). Op deze manier wordt bepaald hoeveel aansluitingen gemiddeld getroffen worden als de betreffende sectie wordt geïsoleerd.



Figuur 2-1 Schematische weergave van de berekening van de leveringsonderbreking bij een falende afsluiter met CAVLAR: a) schematisch leidingnet, b) calamiteit in een sectie, c) afsluiters die moeten functioneren voor isolatie van de getroffen sectie weergegeven als groene afsluiters, d) gevolgen als een afsluiter faalt, weergegeven met een rood kruis door de afsluiter: drie extra afsluiters moeten worden gebruikt en de aansluitingen in de aangrenzende sectie worden ook getroffen en afgesloten van water.

Met het aantal getroffen aansluitingen (= Impact) en het aantal minuten dat de klanten in die secties gemiddeld geen water geleverd krijgen, kan dan de OLM berekend worden wanneer die sectie geïsoleerd moet worden:

$$OLM_i = I_i \cdot T_i \cdot L_i \cdot SF_i \quad \text{in [min/sectie.jaar]} \quad (1)$$

waarbij:

i = index sectie

I_i = aantal getroffen aansluitingen

T_i = tijdsduur leveringsonderbreking [min]

L_i = lengte leidingen in sectie i [km]

SF_i = storingsfrequentie van sectie i [aantal/km leiding]

Met de berekende OLM per sectie kan voor het gehele voorzieningsgebied een gemiddelde OLM berekend worden:

$$OLM = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} I_i \cdot T_i \cdot L_i \cdot SF_i}{A} \quad \text{[min/aansluiting.jaar]} \quad (2)$$

waarbij:

A = totaal aantal aansluitingen in het leidingnet

De secties kunnen nu geprioriteerd worden naar de hoogste OLM per sectie. De **kritische sectie** is de sectie met de hoogste OLM per sectie.

Naast deze berekeningen, kan met CAVLAR een analyse naar de criticaliteit van de afsluiters worden uitgevoerd. In de huidige versie van CAVLAR is de definitie de **kritische afsluiter**, de afsluiter die de grootste totale gemiddelde OLM in het voorzieningsgebied veroorzaakt, als de afsluiter uit het net wordt verwijderd. In deze berekening wordt een afsluiter uit het model verwijderd, waarna alle secties opnieuw worden doorerekend en de gemiddelde OLM bij uitschakeling van de afsluiter wordt genoteerd. Deze berekening wordt voor elke afzonderlijke afsluiter uitgevoerd en is daardoor vooral voor grote gebieden zeer tijdsintensief. Met deze berekening wordt bepaald welke afsluiter de grootste invloed heeft op de gemiddelde OLM van het leidingnet en dus welke afsluiter het meest kritisch is.

2.3 Praktijkervaring met CAVLAR

De ervaring van waterleidingbedrijven met CAVLAR is geïnventariseerd met behulp van een enquête (Bijlage I). Acht bedrijven hebben de enquête ingevuld. De resultaten met betrekking tot de praktijkervaring van CAVLAR is beschreven in Bijlage II.

Waterleidingbedrijven zien veel potentie in CAVLAR voor toepassing in assetmanagement. De waterleidingbedrijven zien een rol voor CAVLAR in het bepalen en het beoordelen van de sectionering van het voorzieningsgebied en in de berekening van de prestatie van het leidingnet, uitgedrukt in OLM. Door de berekening van de OLM per aansluiting krijgt een waterleidingbedrijf inzicht in welke leidingen en secties een groot effect hebben op de OLM.

Daarnaast zien waterleidingbedrijven een rol voor CAVLAR in het inventariseren van risicovolle afsluiterconfiguraties, door het bepalen van kritische secties en afsluiters. Bovendien kunnen resultaten van CAVLAR ingezet worden als onderbouwing voor een nieuw beheerconcept voor afsluiters of gedifferentieerd afsluiterbeleid.

Echter in de praktijk blijkt dat CAVLAR slechts in beperkte mate wordt ingezet en geïmplementeerd. Twee oorzaken liggen hieraan ten grondslag:

1. Beperkingen van CAVLAR
De belangrijkste beperkingen voor de toepassing van CAVLAR in grootschalige leidingnetten zijn de lange rekentijd bij de berekening van kritische afsluiters en de beperkte visualisatie en grafische functionaliteit. Een koppeling van de in- en uitvoer met GIS is niet mogelijk. Bovendien is het niet mogelijk om afsluiters te prioriteren op andere effecten dan leveringsonderbreking, zoals een afsluiter op een BEEL-locatie, in een transportleiding of bij een kritische klant.
2. Bedrijfsspecifieke redenen voor beperkte implementatie van uitkomsten van CAVLAR.
Belangrijke redenen zijn het tijdgebrek en het ontbreken van goede data binnen de organisatie. Daarnaast worden ook andere prioriteiten en overtuigingen binnen een organisatie genoemd. Met name bij het reduceren van het aantal afsluiters is veel overtuiging van anderen nodig. Voor veel bedrijven blijkt het gedifferentieerd afsluiteronderhoud in de praktijk moeilijk te realiseren. Daarnaast is de timing essentieel: de uitkomsten van CAVLAR worden soms niet geïmplementeerd omdat operationele kostenbesparing en OLM-reductie of de beoordeling van afsluiterconfiguraties geen prioriteit hebben op dat moment.

2.4 Wensen voor aanpassen van CAVLAR

In de enquête zijn de wensen voor het aanpassen van CAVLAR geïnventariseerd (Bijlage III). Op basis van deze wensen en de punten ter verbetering die waterleidingbedrijven hebben benoemd (Tabel II-1), is een lijst met gewenste aanpassingen van CAVLAR opgesteld. Deze lijst is weergegeven in Tabel 2-1. Voor toekomstige aanpassingen aan CAVLAR is het belangrijk om de prioriteit van de wensen voor de waterleidingbedrijven te inventariseren. Tijdens de workshop van 23 oktober zijn daarom de mogelijke aanpassingen geprioriteerd met behulp van Tabel 2-1.

De tabel laat zien dat de waterleidingbedrijven unaniem de hoogste prioriteit geven aan het verkorten van de rekentijd. Uitbreiding van CAVLAR met andere effectcategorieën volgt op een tweede plaats, maar met minder dan de helft van de score van de rekensnelheid. Met vergelijkbare score, maar iets lager, volgen achtereenvolgens het verbeteren van de grafische interface, het koppelen aan GIS voor de invoer en uitvoer van data en uitbreiden van CAVLAR met een optimalisatietool voor afsluiteronderhoud.

De waterleidingbedrijven zijn dus het meeste geïnteresseerd in de verbetering van de functionaliteit of bruikbaarheid van de huidige versie van CAVLAR. De uitbreiding van CAVLAR tot een CAVLAR+-versie met andere effectcategorieën en een tool voor afsluiteronderhoud heeft een lagere prioriteit.

Naast de geïnventariseerde wensen uit Tabel 2-1, zijn een aantal aanpassingen tijdens de workshop genoemd, die eenvoudig tegelijkertijd meegenomen kunnen worden en die tot een aanzienlijke verbetering van de functionaliteit en bruikbaarheid van CAVLAR leiden:

1. Afhankelijke secties (bij punt 9)
Het aangeven van afhankelijke secties en aantonen van welke afsluiters een afhankelijke sectie afsluiten geeft een indicatie van het belang van deze afsluiters. Er zijn meerdere mogelijkheden wanneer CAVLAR aangeeft welke afsluiters een afhankelijke sectie afsluiten:
 - a) waterleidingbedrijf evalueert leidingnetontwerp: zijn deze afsluiters echt nodig?
 - b) CAVLAR geeft strafpunten in de analyse voor afhankelijke secties
 - c) Bovenstroomse afsluiter dicht (geldt alleen voor afhankelijke sectie) = locatiespecifiek probleem
2. Locatiespecifieke afsluiterbetrouwbaarheid en storingskans kunnen direct meegenomen worden wanneer CAVLAR gekoppeld is aan GIS, qua invoer en uitvoer (bij punt 3 en 8).
3. Aangeven wat de frequentie van afsluiten is per aansluiting.
Deze bestaat als prestatie-indicator in huidige versie van CAVLAR (Customer Interruptions)
4. Koppeling aan hydraulisch model
Door niet alleen rekening te houden met eigenschappen van leidingen en informatie over de omgeving, maar ook met de hydraulica (o.a. druk in secties t.g.v. van afsluiten van een aangrenzende sectie) en andere informatie uit GIS (locatie van kelders, klachten), kan een uitspraak gedaan worden over leveringszekerheid, besmetting en de verdeling van water. Een hydraulische berekening is hiervoor naast de CAVLAR berekening nodig.

Tabel 2-1 Prioritering van mogelijke aanpassingen van CAVLAR per waterleidingbedrijf, waarbij 1 behoort bij de belangrijkste aanpassing en 4 bij minst belangrijke. Totale waardering is gebaseerd op de rang, waarbij 1 staat voor de hoogst geprioriteerde aanpassing en de totale waardering uitgedrukt in het aantal bedrijven dat de aanpassing gekozen hebben.

Wensen ↓		Score (1 = belangrijkst; 4 = minst belangrijk)								totaal	
Waterleidingbedrijf →		Brabant Water	PWN	Dunea	Evides	Waternet	Waterbedrijf Groningen	WML	Vitens	Rang in prioriteit	Aantal bedrijven
1	Rekensnelheid	1	1	1	1	3	1	1	1	1	8
2	Grafische interface	3	2				2	3		3	4
3	Koppeling aan GIS voor invoer en uitvoer	2			3	4			3	4	4
4	Rapportage van te inspecteren/onderhouden afsluiters op basis van bedrijfsinstellingen (budget, kosten, gewenste indeling in categorieën, etc).	4				2			4	6	3
5	Integratie met standaard software (voor volledige implementatie)				2					7.5	1
6	Impactbepaling van het meer/minder betrouwbaar worden van een afsluiter							4		10	1
7	Optimalisatie afsluiteronderhoud		4	4	4		4	2		5	5
8	Koppeling met onderhoudshistorie			2						7.5	1
9	Slechte configuraties vaststellen			3						9	1
10	Aanvullen met andere effecten (BEEL, belangrijke klanten..)		3			1	3		2	2	4

3 Technische overwegingen voor uitbreiding CAVLAR met effectcategorieën

3.1 Inleiding

De waterleidingbedrijven willen met CAVLAR naast het effect van falende afsluiters op de leveringsonderbreking, ook andere gevolgen van een falende afsluiter in de analyses meenemen. Hierbij kan gedacht worden aan het treffen van een kritische klant, zoals een ziekenhuis, of aan imagoverlies wanneer een calamiteit zich uitbreidt naar een groter deel van het net. Daarnaast willen de waterleidingbedrijven afsluiters ook op andere eigenschappen dan een groot effect op de OLM, kunnen prioriteren. Een afsluiter op een risicovolle BEEL-locatie vereist bijvoorbeeld meer aandacht door de locatie in de omgeving en een afsluiter in een transportleiding door de locatie in het distributienet.

Dit hoofdstuk richt zich op de technische overwegingen voor de uitbreiding van CAVLAR met andere effectcategorieën dan de leveringsonderbreking. Allereerst worden de effectcategorieën vastgesteld en gedefinieerd. Daarna wordt een methodiek beschreven om de effectcategorieën te typeren, om vervolgens een waarde toe te kennen aan deze effecten, om de effecten te kwantificeren en deze tot slot te integreren met de berekende OLM.

3.2 Vaststellen/Keuze andere effectcategorieën

Met behulp van elementen van beschikbare risicomatrixen, zoals veiligheid, waterkwaliteit, milieu, (gevolg-)kosten, imago en OLM, zijn tijdens de workshop door de aanwezige waterleidingbedrijven effectcategorieën vastgesteld, waarmee een afsluiter tool uitgebreid kan worden.

Naast de OLM zijn de effectcategorieën gedefinieerd zoals weergegeven in Tabel 3-1. Waterleidingbedrijven kunnen zelf kiezen of ze de risicovolle locaties binnen één effectcategorie willen definiëren of dat ze verschillende subcategorieën willen aanmaken (bv een risicovolle locatie door gevolgen voor veiligheid, gevolgen voor milieu, gevolgen voor derden).

Tabel 3-1 De effectcategorieën, waarmee CAVLAR, naast de leveringsonderbreking (OLM), uitgebreid kan worden en de beschrijving van elke categorie/effect.

Effectcategorie	Beschrijving
<i>Risicovolle locaties</i> (omgevingsfactoren /Risicovolle locaties/ externe veiligheid)	Wanneer een leiding of een afsluiter zich op een plek bevindt met grote gevolgcosten, veiligheidsrisico's, gevolgen voor natuur of milieu bij leidingbreuk of op een locatie met veel activiteiten, zijn de afsluiters in dit gebied extra belangrijk om de effecten bij een calamiteit te begrenzen. Voorbeelden: Primaire BEEL-locatie: kruisende en langsliggende leidingen bij primaire locaties, dat zijn primaire waterkeringen, primaire wegen (A-wegen) en spoorwegen. Secundaire BEEL-locatie: leidingen in en nabij regionale waterkeringen, secundaire wegen in beheer van Rijkswaterstaat en overige risicovolle locaties zoals metrolijnen. Deze overige risicovolle locaties worden zelf door de waterleidingbedrijven aangewezen op basis van bedrijfsspecifieke omstandigheden en mogelijke risico's. Locaties met veel risico kunnen bijvoorbeeld leidingen zijn in een grondsoort en van een leidingtype met grote kans op grote ontgrondingskuil of grote kans op onderspoeling van het wegdek.
<i>Veiligheid (arbo)</i>	Wanneer het effect van een calamiteit grote gevolgen heeft voor de veiligheid van medewerkers om de gezondheid, de veiligheid en het welzijn van werknemers (in het kader van de Arbowet), zijn de afsluiters in dit gebied extra belangrijk om de effecten bij een calamiteit zo klein mogelijk te houden.
<i>Kritische klanten</i>	Bij kritische en kwetsbare klanten moet watervoorziening gewaarborgd worden. Als deze klanten wel getroffen worden door een leveringsonderbreking heeft dit grote gevolgen. Voorbeelden zijn ziekenhuizen, verzorgingshuizen, fabrieken, etc.
<i>Waterkwaliteit risico en monsternemen</i>	Locaties met (grote kans op) waterkwaliteitsproblemen, bijvoorbeeld gebaseerd op metingen of klachten, kunnen een locatie extra risicovol maken. Echter bij het optreden van kwaliteitsproblemen en de verdeling ervan over het distributienet spelen hydraulische componenten een grote rol. Hierdoor is het een complex proces dat niet alleen afhankelijk is van de werking/het goed functioneren van een afsluiter. Om deze reden kan het niet als effectcategorie meegenomen worden. Echter, wanneer een waterleidingbedrijf een eenduidige parameter kan definiëren, die alleen afhankelijk is van een betrouwbare werking van een afsluiter dan kan deze parameter gebruikt worden als effectcategorie.
<i>Imago</i>	Leveringsonderbreking (met name bij gevoelige objecten en transportleidingen) geeft meer ontevreden klanten, maatschappelijke onvrede en negatieve media aandacht. De mate van imagoschade is afhankelijk van het type klant dat getroffen wordt, de regio waarin de onderbreking is (mondige klanten in randstad), en hoe gevoelig de locatie is. Imago kan worden gerelateerd aan de frequentie dat klanten zonder water zitten en kan dus gekoppeld worden aan de prestatie-indicator Customer Interruptions (CI) die in de huidige versie van CAVLAR al gedefinieerd is.

Effectcategorie	Beschrijving
<i>Leveringszekerheid</i>	Leidingen die essentieel/cruciaal zijn voor leveringszekerheid en –continuïteit (zowel druk als volumestroom), en die betrokken zijn bij doorlevering van drinkwater, zijn extra belangrijk omdat een leidingbreuk grote gevolgen zal hebben. Het is daarom essentieel dat afsluiters in deze leidingen goed functioneren.
<i>Gevolggkosten</i>	Langere onderbrekingsduur betekent meer arbeidskosten en mogelijk ook grotere schade aan derden. Afsluiters die betrokken zijn bij de isolatie van secties, waar veel gevolggkosten verwacht worden op basis van aantal klanten, mogelijke schade aan derden, locatie bij gevoelig object, zijn extra belangrijk.
<i>Spuien</i>	Afsluiters die betrokken zijn bij spuien kunnen beschouwd worden als extra belangrijk, omdat ze goed moeten functioneren bij spuiacties. Bij spuien is geen sprake van een volledige sectie-isolatie, en ook geldt dat iedere slecht functionerende afsluiter tijdens spuien een negatief effect heeft op het schoonmaakeffect. Er is geen uitbreiding van het effect naar andere afsluiters. Het labelen van een afsluiter als belangrijk voor spuien is dan voldoende en daarom wordt dit aspect niet meegenomen in CAVLAR*.

In de praktijk houden de waterleidingbedrijven ook op andere manieren rekening met een aantal effectcategorieën uit Tabel 3-1:

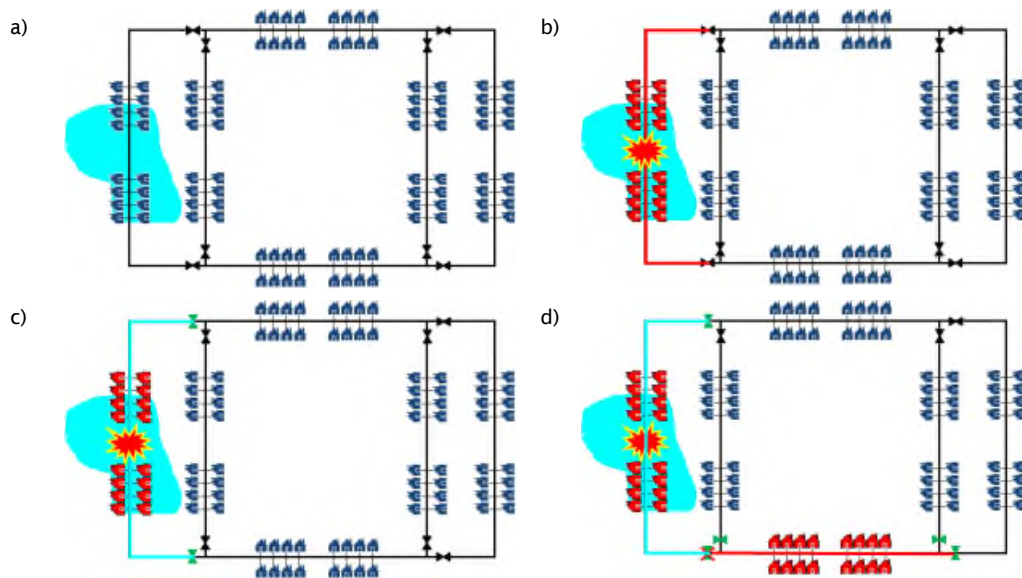
- Zo worden bijvoorbeeld afsluiters in leidingen met een cruciale rol in de leveringszekerheid vaker geïnspecteerd/onderhouden, om een hoge betrouwbaarheid te garanderen. CAVLAR speelt geen rol in de kwantificering van onderhoud en afsluiterbetrouwbaarheid. Dat moeten de waterleidingbedrijven zelf uit gegevens van hun inspectieprogramma halen. Wel neemt CAVLAR de hogere afsluiterbetrouwbaarheid mee in de analyse en wordt het effect van het onderhoud gekwantificeerd.
- In het ontwerp van het leidingnet of afsluiterconfiguratie kan rekening gehouden worden met de effectcategorie risicovolle klanten. Voor de waarborging van de drinkwatervoorziening wordt voor deze klanten gezorgd in het leidingnetontwerp, bijvoorbeeld door gezeekerde aansluitingen of door sluiten van bovenstroomse afsluiters. CAVLAR maakt het ontwerp niet, maar kan wel een rol spelen in de beoordeling/controle van de ontwerpen van leidingnetten of het bepalen van goede afsluiterconfiguraties. Het effect van gekozen afsluiterconfiguraties op de prestatie van het ontwerp volgt uit de analyse van CAVLAR.

3.3 Typering/Classificeren van de effectcategorieën

De effectcategorieën van Tabel 3-1 kunnen onderverdeeld worden in twee soorten/type van effecten:

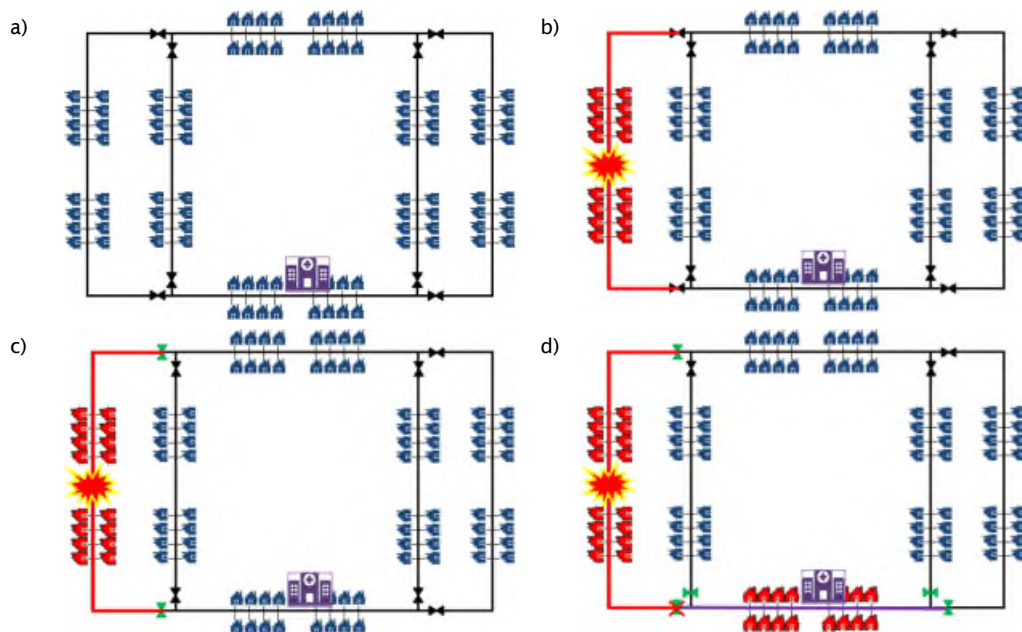
Lokaal effect (“status leiding” of “status afsluiter”) of *locatie specifiek risico*: de sectie/leiding of de afsluiter bevindt zich in een deel van het voorzieningsgebied met een bepaald risico, in een risicovolle locatie. Als er een calamiteit/leidingbreuk plaatsvindt in dit gebied, dan zijn de effecten heel groot. De leidingen en afsluiters vertegenwoordigen hierdoor een groot risico. Ze krijgen een label of een vlag van een risicovolle leiding/afsluiter. Een uitgebreide

versie van CAVLAR geeft dan naast de gemiddelde OLM ook aan of de sectie of afsluiter in een risicovolle omgeving ligt en daardoor meer aandacht nodig heeft. De mate van risico wordt weergegeven in de grootte van een getal. Dit effect staat los van het feit of er een leveringsonderbreking optreedt. Als door het falen van een afsluiter, de aangrenzende sectie ook wordt getroffen, dan heeft dit geen gevolgen op de grootte van een lokaal effect. Bijvoorbeeld als een leidingbreuk plaatsvindt in een BEEL gebied (Figuur 3-1), dan zullen daar externe effecten voor de omgeving kunnen optreden. Daarnaast wordt een aantal aansluitingen afgesloten bij isolatie van de breuk. Als echter een afsluiter niet functioneert, dan zullen de aansluitingen in de aansluitende sectie ook afgesloten moeten worden, waardoor de OLM toeneemt. De andere effectcategorie, namelijk de externe effecten voor de omgeving, nemen niet toe en blijven hetzelfde.



Figuur 3-1 Schematische weergave van de berekening van de leveringsonderbreking bij een falende afsluiter met CAVLAR in combinatie met een lokaal effect (bv BEEL-locatie): a) schematisch leidingnet, waarbij een sectie in een BEEL gebied ligt, b) calamiteit in een sectie, c) afsluiters die moeten functioneren voor isolatie van de getroffen sectie weergegeven als groene afsluiters, in rood aansluitingen zonder drinkwatervoorziening (OLM) en in cyaan de gevolgen voor de omgeving door een calamiteit in BEEL gebied, d) gevolgen als een afsluiter faalt, weergegeven met een rood kruis door de afsluiter: drie extra afsluiters moeten worden gebruikt en de aansluitingen in de aangrenzende sectie worden ook getroffen en afgesloten van water (OLM neemt toe), de gevolgen voor de omgeving blijven hetzelfde.

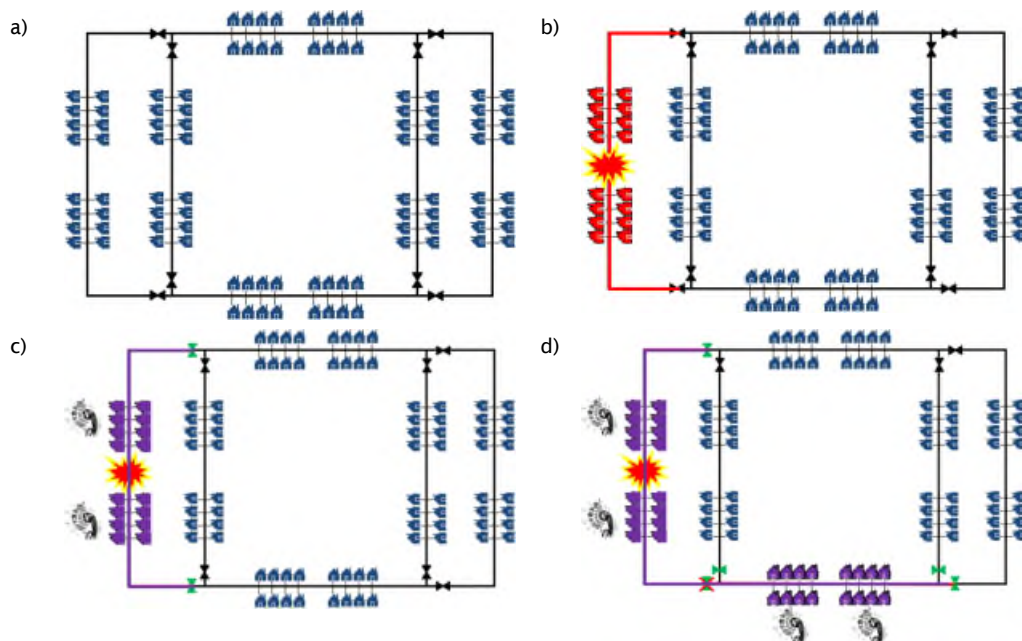
Voortplantend effect of Opschalend effect: een voortplantend of opschalend effect is verbonden aan de onderbreking van de levering. Als door een falende afsluiter meerdere aansluitingen worden getroffen dan kan een sectie met een kritische klant worden afgesloten, ondanks dat die zich niet in de sectie waar de calamiteit plaatsheeft bevindt. Dit betekent dat deze risico's niet een vlag of label zijn, maar meegenomen moeten worden in een (kans-) berekening, parallel aan de OLM berekening. De lengte of het aantal klanten kunnen hierin terugkomen naast een indicatie van de grootte van het risico/ffect (een bedrijf of ziekenhuis is erger dan een afgelegen woonwijk). Het voorbeeld van het ziekenhuis is te zien in Figuur 3-2. Een ander voorbeeld van een voortplantend effect is imago of klachten. Dit is geïllustreerd in Figuur 3-3.



Figuur 3-2 Schematische weergave van de berekening van de leveringsonderbreking bij een falende afsluiter met CAVLAR in combinatie met een *voortplantend effect* (bv ziekenhuis): a) schematisch leidingnet, waarbij in een sectie een ziekenhuis aanwezig is, b) calamiteit in een sectie, c) afsluiters die moeten functioneren voor isolatie van de getroffen sectie weergegeven als groene afsluiters, in rood aansluitingen zonder drinkwatervoorziening (OLM), het ziekenhuis wordt niet getroffen, d) gevolgen als een afsluiter faalt, weergegeven met een rood kruis door de afsluiter: drie extra afsluiters moeten worden gebruikt en de aansluitingen in de aangrenzende sectie worden ook getroffen en afgesloten van water (OLM neemt toe), hierdoor wordt ook het ziekenhuis van water afgesloten weergegeven in paars.

De classificering van de gekozen effectcategorieën in deze twee type van effecten is samengevat in Tabel 3-3.

Omdat het mogelijk is om alle effectcategorieën in deze twee klassen onder te verdelen, wordt de aanpak door CAVLAR van de effectcategorieën in Tabel 3-1 gereduceerd tot twee methodes: een methode voor een lokaal effect en een methode voor een voortplantend effect. Dit geeft de waterleidingbedrijven de mogelijkheid om flexibel allerlei effectcategorieën toe te kennen of te splitsen of specifiek voor hun waterleidingbedrijf of bedrijfsvoering te maken en alleen aan te geven tot welke klasse van effecten het behoort. In CAVLAR is dan bekend hoe de effectcategorie benaderd moet worden.



Figuur 3-3 Schematische weergave van de berekening van de leveringsonderbreking bij een falende afsluiter met CAVLAR in combinatie met een voortplantend effect (bv imago): a) schematisch leidingnet, b) calamiteit in een sectie, c) afsluiters die moeten functioneren voor isolatie van de getroffen sectie weergegeven als groene afsluiters, in rood aansluitingen zonder drinkwatervoorziening (OLM), afgesloten klanten gaan klagen waardoor imagoschade wordt geleden, d) gevolgen als een afsluiter faalt, weergegeven met een rood kruis door de afsluiter: drie extra afsluiters moeten worden gebruikt en de aansluitingen in de aangrenzende sectie worden ook getroffen en afgesloten van water (OLM neemt toe). Omdat deze klanten ook gaan klagen (in meer of mindere mate) neemt de imagoschade toe, weergegeven in paars. Bij geplande werkzaamheden kan dit ook een rol spelen. Als bijvoorbeeld alleen de aansluitingen in de eerste sectie zijn aangezegd, zullen veel mensen in andere secties gaan klagen als die door een falende afsluiter per ongeluk ook getroffen worden.

3.4 Toekennen en berekenen risicogetal van effectcategorieën

Om de invloed van het functioneren van afsluiters op de gedefinieerde effectcategorieën te bepalen is het nodig om deze uit te drukken in een waarde, het zogenaamde risicogetal. In deze paragraaf wordt eerst ingegaan op de manier om een waarde toe te kennen aan dit getal en vervolgens hoe deze berekend moet worden bij een lokaal risicoeffect voor een sectie of een afsluiter en bij een voortplantend risicoeffect. Dit wordt tenslotte verwerkt in de samenvattende Tabel 3-3.

3.4.1 Toekennen waarde van het risicogetal

Bij het falen van een afsluiter kunnen, naast de gevolgen op de leveringsonderbreking, ook andere gevolgen optreden, die gedefinieerd zijn in de effectcategorieën in Tabel 3-1. Om de grootte van deze gevolgen te kunnen kwantificeren is het nodig om een waarde aan het bijbehorende risicogetal toe te kennen.

Voor het toekennen van een waarde aan het risicogetal is het belangrijk om een methode of manier te volgen die objectief, onafhankelijk van de gebruiker en herhaalbaar is.

Een waterleidingbedrijf is vrij om een waarde aan het risicogetal toe te kennen en om het aantal differentiatiemogelijkheden te bepalen. Zo kan een waterleidingbedrijf kiezen voor

een risicogetal tussen 1 en 100 met stapjes van 5 of met stapjes van 25, of een risicogetal van 1 tot 5, met stapjes van 1. Dit is sterk afhankelijk van de effectcategorie waar het risicogetal bij hoort. Het beste is om, zover het mogelijk is, het risicogetal te baseren op een kwantificering van het effect behorende bij de effectcategorie en deze te laten aansluiten bij de bedrijfseigen risicomatrices. Hierbij kan gedacht worden aan bijvoorbeeld de omvang van de ontgrondingskuil, de hoogte van de kosten bij klachten, etc. Dit maakt de waarde van de risicogetallen objectief, onafhankelijk van de gebruiker, herhaalbaar en onderling vergelijkbaar. In Tabel 3-2 zijn een aantal voorbeelden weergegeven per effectcategorie.

Voor sommige effectcategorieën is het moeilijk om het effect te kwantificeren en heeft het risicogetal een meer fictief karakter. Een voorbeeld hiervan is imago. De invulling hiervan is gevoelsmatig en ook afhankelijk van het belang dat een waterleidingbedrijf hieraan hecht. Bovendien gaat het dan niet alleen om de hoeveelheid klanten dat getroffen wordt, maar ook het type klanten is belangrijk. Voor een waterleidingbedrijf is het mogelijk schadelijker als 10 huizen in een mondige villawijk worden getroffen, dan 10 aansluitingen in een sociale wijk. Om de toekenning van de waarde van een risicogetal zo objectief mogelijk te maken, wordt aanbevolen om het effect te koppelen aan een eigenschap die onafhankelijk gedefinieerd kan worden, bijvoorbeeld een onderverdeling van wijken in type bewoners/klachten.

Het waterleidingbedrijf kan het risicogetal gelijk maken aan de kwantificering van het effect, bijvoorbeeld risicogetal voor ontgrondingskuilen is de diameter van de verwachte kuil. Het is ook mogelijk om de berekende effecten onder te verdelen in klassen en daar dan een risicogetal aan te verbinden. De keuze van de hoogte van het risicogetal en de differentiatiemogelijkheden is vrij aan het bedrijf. Hierbij kunnen bedrijfseigen keuzes en belangen een rol spelen. Als een bedrijf bijvoorbeeld extra belang hecht aan risicovolle locaties kan het kiezen voor een grote schaal (0-100), of een logaritmische schaalverdeling.

Het risicogetal kan ook gedefinieerd zijn per aansluiting of per eenheid lengte van de leiding. Bij het berekenen van het totale risicogetal van een leiding of sectie, moet het risicogetal dan vermenigvuldigd worden met respectievelijk het aantal aansluitingen of de lengte.

Een waterleidingbedrijf kent dit getal toe aan de leidingen (in LIS of GIS) en wordt als invoer van CAVLAR meegenomen. CAVLAR bepaalt zelf wat het risicogetal voor de sectie of de afsluiter wordt (paragraaf 3.4.2 en 3.4.3).

Tabel 3-2 De effectcategorieën, waarmee CAVLAR, naast de leveringsonderbreking (OLM), uitgebreid kan worden en de mogelijkheid om het toe te kennen risicogetal te baseren op een kwantificering van het effect.

Effect categorie	Kwantitatief risicogetal
Risicovolle locaties (omgevingsfactoren / Risicovolle locaties / externe veiligheid)	Primaire BEEL-locatie heeft een hoger risicogetal dan de secundaire BEEL-locaties. Voorbeeld: Primaire BEEL-locatie: primaire waterkering 10, primaire weg 8, spoorweg 6; Secundaire BEEL-locatie: 4; Locaties met veel risico: grootte/omvang van krater/ontgrondingskuil
Veiligheid (arbo)	Arbo-eisen worden zwaarder bij diepere ligging van de leiding; dit lijkt niet direct relevant aspect m.b.t. afsluiters
Kritische klanten	Belang van de klanten uitgedrukt als aantal equivalente aansluitingen of in gevolgkosten (wat zijn de kosten als deze klant afgesloten wordt van water).
Waterkwaliteit risico en monsternemen	Niet meegenomen, zie Tabel 3-1
Imago	Aantal klachten of kans op klachten, met een weegfactor voor het type wijken of type klanten
Leveringszekerheid	Transportleiding: belang gerelateerd aan grootte van voorzieningsgebied / leveringsgebied
Gevolgkosten	Kosten
Spuien	Niet meegenomen, zie Tabel 3-1

3.4.2 Berekening risicogetal voor sectie en afsluiter bij lokaal effect

Bij een *lokaal effect* ("status leiding" of "status afsluiter") of *locatie specifiek risico*, geeft het risicogetal een label of vlag aan de sectie en afsluiter, waarin de leiding met een hoog risicogetal ligt. Het risicogetal geeft hierbij aan dat de sectie of afsluiter in een risicovolle omgeving ligt en daardoor meer aandacht nodig heeft. De hoogte van het risicogetal wordt volledig bepaald door de invoergegevens en staat los van de berekening, die uitgevoerd wordt om de gevolgen te berekenen bij een falende/bepaalde betrouwbaarheid van de afsluiter.

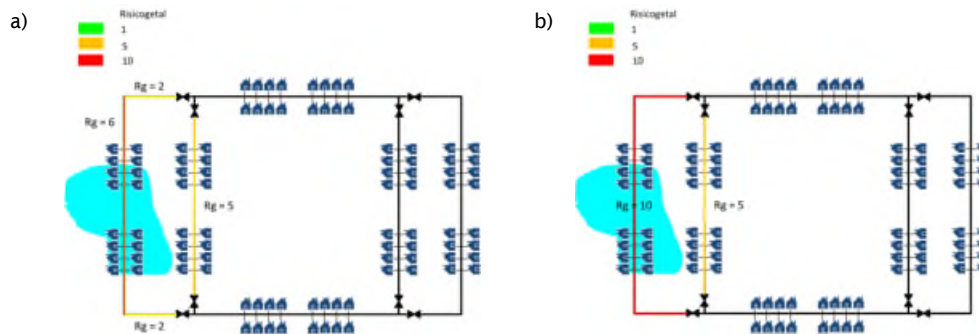
Bij de invoer van de (LIS-)gegevens in CAVLAR is het risicogetal verbonden aan/gekoppeld aan een leiding. Na het invoeren van de gegevens van het voorzieningsgebied, deelt CAVLAR het voorzieningsgebied in in secties. Vervolgens bepaalt CAVLAR per sectie en afsluiter het bijbehorende risicogetal.

Risicogetal voor sectie bij lokaal effect

In Figuur 3-4 is een schematische weergave te zien van een voorzieningsgebied met een BEEL-locatie. In figuur a is te zien dat de leidingen een bepaalde waarde hebben voor het risicogetal (R_g), afhankelijk van de afstand tot de BEEL-locatie. Het totale risicogetal van de sectie kan dan op verschillende manieren berekend worden:

Berekeningsmogelijkheden voor risicogetal van sectie	Uitkomst voorbeeld
Risicogetal sectie = maximale waarde van de aanwezige risicogetallen	$R_{g_{sectie, lokaal}} = 6$
Risicogetal sectie = gemiddelde waarde van de aanwezige risicogetallen	$R_{g_{sectie, lokaal}} = 3.3$
Risicogetal sectie = som van de aanwezige risicogetallen	$R_{g_{sectie, lokaal}} = 10$
Risicogetal sectie = product van de aanwezige risicogetallen	$R_{g_{sectie, lokaal}} = 24$

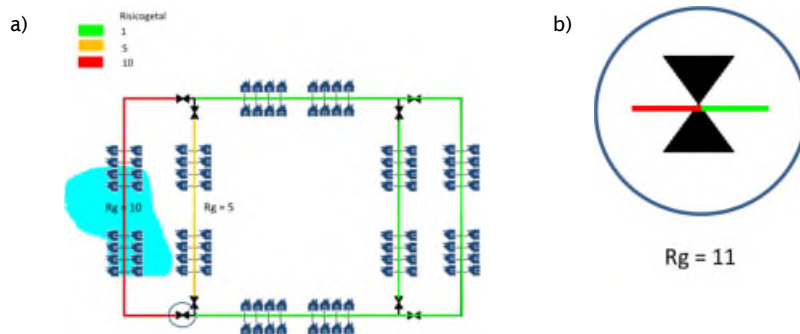
Met de deelnemers aan de workshop is besloten dat het risicogetal voor de sectie de som van de risicogetallen is (Figuur 3-4b). Dit wordt ook in de berekeningen van de afsluiter en van de voortplantende effecten doorgevoerd.



Figuur 3-4 Schematische weergave van de bepaling van het risicogetal (R_g) van een sectie bij een lokaal effect: a) het ingevoerde risicogetal per leiding, b) het risicogetal per sectie, waarbij deze gelijk is aan de **som** van de aanwezige risicogetallen.

Risicogetal voor afsluiter bij lokaal effect

In Figuur 3-5 is een schematische weergave te zien van een voorzieningsgebied met een BEEL-locatie. In figuur a) is te zien wat de waarde van het risicogetal is voor elke sectie (R_g), afhankelijk van de afstand tot de BEEL-locatie. Het risicogetal van de afsluiter is dan gelijk aan de som van het risicogetal van de secties aan weerszijde van de afsluiter (Figuur 3-5b).



Figuur 3-5 Schematische weergave van de bepaling van het risicogetal (R_g) van een afsluiter bij een lokaal effect: a) het ingevoerde risicogetal per sectie, b) het risicogetal van geselecteerde afsluiter, waarbij deze gelijk is aan de **som** van het risicogetal van de secties aan weerszijde van de afsluiter.

Bij een effectcategorie behorend bij een lokaal effect, krijgen op deze wijze elke sectie en elke afsluiter een waarde voor het risicogetal. Op deze manier kunnen de secties en de afsluiter geprioriteerd worden naar afzonderlijke risicogetallen. Als vervolgens de prestatie door CAVLAR wordt berekend en de kritische afsluiters, kunnen de secties daarnaast geprioriteerd worden op OLM en de afsluiters op de grootste bijdrage aan de OLM.

3.4.3 Berekening risicogetal voor sectie en afsluiter bij voortplantend effect

Een voortplantend of opschalend effect is verbonden aan de onderbreking van de levering (Figuur 3-2 en Figuur 3-3). De waarde van het risicogetal moet dan ook berekend worden in een procedure die parallel loopt aan de OLM berekening.

Bij de invoer van de (LIS-)gegevens in CAVLAR is het risicogetal verbonden aan/gekoppeld aan een leiding. Na het invoeren van de gegevens van het voorzieningsgebied, deelt CAVLAR het voorzieningsgebied in in secties. Vervolgens bepaalt CAVLAR per sectie het risicogetal, zoals geïllustreerd is in Figuur 3-4.

Risicogetal voor sectie bij voortplantend effect

In de berekening van de OLM met CAVLAR, wordt de isolatie gesimuleerd van elke afzonderlijke sectie (Figuur 2-1). Per sectie-isolatie wordt bepaald welke afsluiters de betreffende sectie isoleren en of die afsluiters goed functioneren (figuur c). Als een afsluiter niet goed functioneert dan moet de aangrenzende sectie worden geïsoleerd (figuur d). Bij een afsluiterbetrouwbaarheid van 90%, zal in 10 van de 100 keer de afsluiter niet goed functioneren. Op deze manier wordt bepaald hoeveel aansluitingen gemiddeld getroffen worden als de betreffende sectie wordt geïsoleerd.

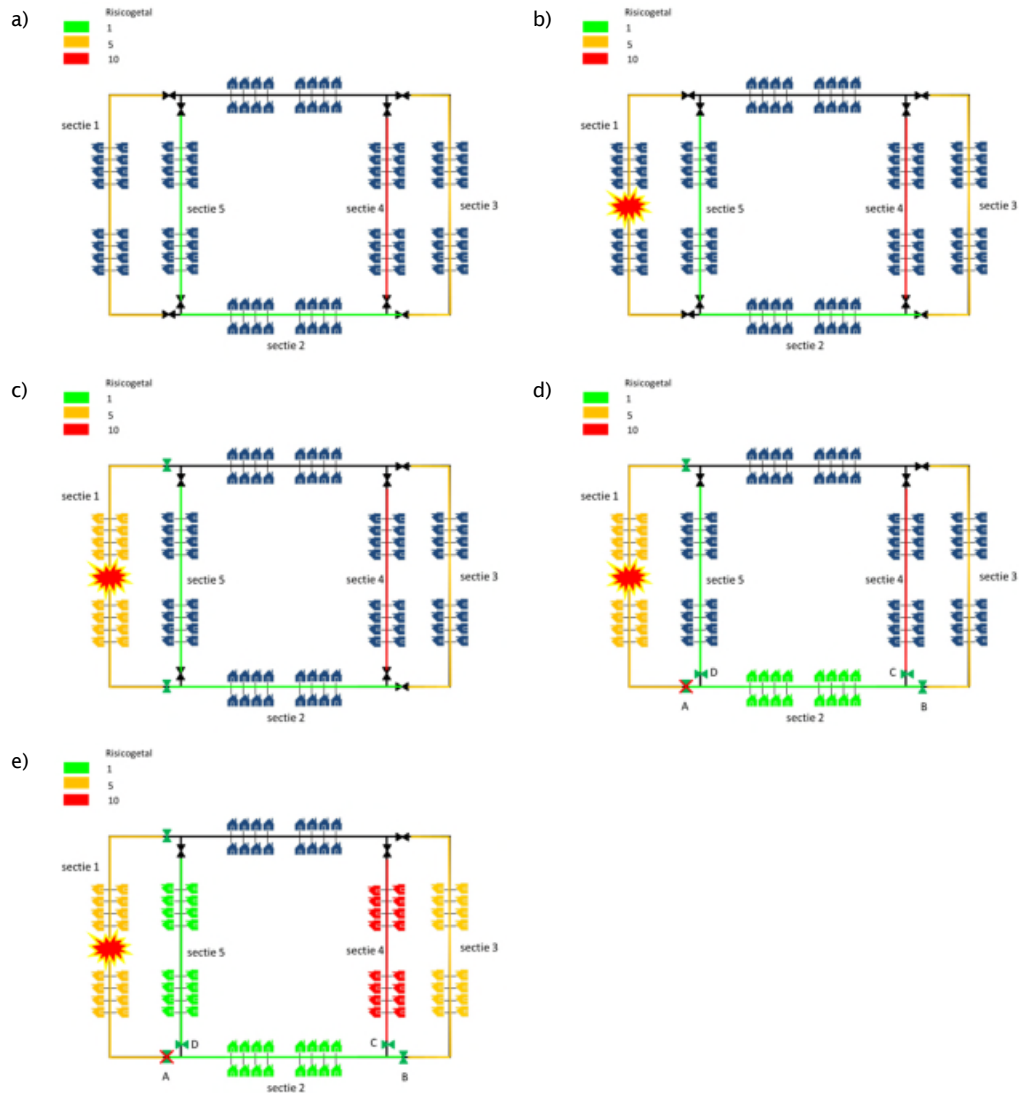
Voor de berekening van het risicogetal voor een sectie bij een voortplantend effect, wordt tegelijkertijd met het aantal getroffen aansluitingen (voor OLM) ook gekeken naar het betreffende risicogetal in de sectie en wat er gebeurt met het risico als een afsluiter niet goed functioneert. Een grove (aanpak voor de) berekening van een voortplantend risicogetal is te zien in Figuur 3-6. De hoogte van het risicogetal geeft in dit voorbeeld een sectie met kritische klanten weer. Hoe hoger het getal des te kritischer de klant. In sectie 4 is dus een belangrijke klant aanwezig, waarbij afsluiting van drinkwaterlevering grote gevolgen kan hebben. Dit kan bijvoorbeeld een ziekenhuis zijn of klanten die gaan klagen bij leveringsonderbreking en zo voor imagooverlies zorgen. Op vergelijkbare wijze als de berekening van de OLM, wordt nu gekeken hoe groot het risicogetal wordt wanneer een sectie geïsoleerd moet worden en wat er gebeurt als een afsluiter faalt.

De berekening voor het risicogetal van de sectie bij een voortplantend effect, wordt dan:

$$Rg_{i,voortplantend} = Rg_{i,totaal} \text{ in [-/sectie]} \quad (3a)$$

Als het risicogetal is gedefinieerd per aansluiting of per lengte eenheid, moet naast een indicatie van de grootte van het risico/effect, ook de lengte of het aantal klanten meegenomen worden. Dan wordt de berekening:

$$Rg_{i,voortplantend} = Rg_i(\cdot A_i \cdot L_i) \text{ in [-/sectie]} \quad (3b)$$



Figuur 3-6 Schematische weergave van de bepaling van het risicogetal (R_g) van een sectie bij een voortplantend effect:

a) het ingevoerde risicogetal per sectie, b) calamiteit in sectie 1, c) afsluiters die moeten functioneren voor isolatie van de getroffen sectie weergegeven als groene afsluiters, hierbij worden de aansluitingen met risicogetal 5 getroffen:

$R_{g_{\text{sectie, voortplantend}}} = 5$, d) bij een afsluiterbetrouwbaarheid van 90%, kan afsluiter A in 10% van de gevallen falen. Als afsluiter A faalt, weergegeven met een rood kruis, zijn de gevolgen: drie extra afsluiters moeten worden gebruikt en de aansluitingen in de aangrenzende sectie worden ook getroffen. Het risicogetal wordt vergroot met het risicogetal van sectie 2 x de kans van falen: $R_{g_{\text{voortplantend}}} = R_{g_{\text{sectie 1}}} + 10\% \cdot R_{g_{\text{sectie 2}}} = 5 + 10\% \cdot 1$, e) bij een afsluiterbetrouwbaarheid van 90%, kan in 10% van de gevallen afsluiter B falen, waardoor sectie 3 wordt getroffen met een risicogetal van 5 en in 10% van de gevallen kan afsluiter C falen, waardoor sectie 4 wordt getroffen met een risicogetal van 10 en in 10% van de gevallen kan afsluiter D falen, waardoor sectie 5 wordt getroffen met een risicogetal van 1: $R_{g_{\text{voortplantend}}} = R_{g_{\text{sectie 1}}} + 10\% \cdot R_{g_{\text{sectie 2}}} + 10\% \cdot R_{g_{\text{sectie 3}}} + 10\% \cdot R_{g_{\text{sectie 4}}} = 5 + 10\% \cdot 1 + 0.1 \cdot 5 + 0.1 \cdot 10 + 10\% \cdot 1 = 6.7$.

waarbij:

i = index sectie

$Rg_{i,totaal}$ = totale risicogetal, bij isolatie van sectie i met een bepaalde afsluiterbetrouwbaarheid (zie Figuur 3-6). Bij een betrouwbaarheid van 100%, is $Rg_{i,totaal} = Rg_i$.

A_i = aantal aansluitingen in sectie i (deze is optioneel en alleen nodig als het risicogetal uitgedrukt is per aansluiting)

L_i = lengte leidingen in sectie i (deze is optioneel en alleen nodig als het risicogetal uitgedrukt is per eenheid lengte)

Met het berekende risicogetal per sectie kan voor het gehele voorzieningsgebied een gemiddeld risicogetal berekend worden:

$$\overline{Rg_{voortplantend}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Rg_{i,voortplantend}}{A} \quad [-/\text{aansluiting}] \quad (4)$$

waarbij:

A = totaal aantal aansluitingen in het leidingnet

Risicogetal voor afsluiter bij voortplantend effect

Op vergelijkbare wijze als bij de leveringsonderbreking (OLM), kan CAVLAR berekenen wat het gemiddelde risicogetal wordt van het voorzieningsgebied als een afsluiter uit het net wordt verwijderd. Een afsluiter wordt uit het model verwijderd, waarna alle secties opnieuw worden doorgerekend en het gemiddelde risicogetal bij uitschakeling van de afsluiter wordt genoteerd. Deze berekening wordt voor elke afzonderlijke afsluiter uitgevoerd. Met deze berekening wordt bepaald welke afsluiter de grootste invloed heeft op het gemiddelde risicogetal van het leidingnet en dus welke afsluiter het meest kritisch is voor de effectcategorie, die bij het risicogetal hoort. De afsluiters kunnen vervolgens geprioriteerd worden naar de bijdrage van de afsluiter aan het totale gemiddelde risicogetal.

3.4.4 Nieuwe definitie voor criticaliteit van de afsluiters

In de huidige versie van CAVLAR en ook als deze wordt uitgebreid met andere effectcategorieën, is de definitie van de criticaliteit van een afsluiter: de totale gemiddelde OLM of het totale gemiddelde risicogetal als deze afsluiter uit het voorzieningsgebied wordt verwijderd.

Een andere mogelijkheid is om te kijken naar het effect op de impact of op het risicogetal per sectie als een afsluiter minder betrouwbaar wordt. Een afsluiter is kritischer wanneer de impact relatief veel groter is bij minder betrouwbare afsluiters (bijvoorbeeld 70%) ten opzichte van de impact bij 100% betrouwbare afsluiters, doordat de kans groter is dat aangrenzende secties worden getroffen. Dit levert dan een kental op per afsluiter voor de impact, als de afsluiter meer/minder betrouwbaar wordt (punt 2 in Tabel III-).

Een mogelijkheid om dit te berekenen is door het uitvoeren van een OLM berekening of voortplantend risicogetal berekening bij een betrouwbaarheid van de afsluiters van 100% (perfect functionerende afsluiters) en een berekening bij een afsluiterbetrouwbaarheid van bijvoorbeeld 70%. De criticaliteit van een afsluiter kan dan gedefinieerd worden als de

gewogen toename van de OLM of van het risicogetal als de afsluiter minder betrouwbaar wordt. Hierbij is een betrouwbaarheid van 70% een vrije keuze, maar het geeft een grotere differentiatie tussen afsluiters dan bijvoorbeeld een betrouwbaarheid van 90%.

De criticaliteit (C) van afsluiter 1 kan dan, met behulp van Figuur 3-7, als volgt berekend worden voor de leveringsonderbreking:

$$C_{OLM,1} = \frac{1}{n_A} \cdot (OLM_{A,70\%} - OLM_{A,100\%}) + \frac{1}{n_G} \cdot (OLM_{G,70\%} - OLM_{G,100\%}) \quad (5)$$

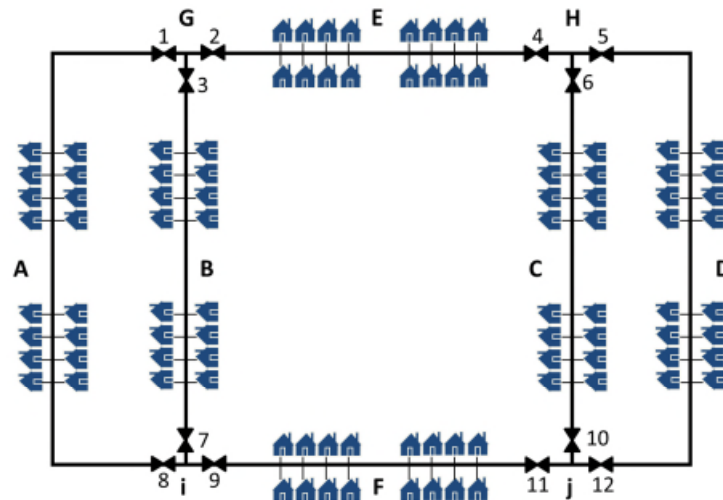
En voor een willekeurige effectcategorie met voortplantend risicogetal, Rg :

$$C_{Rg,1} = \frac{1}{n_A} \cdot (Rg_{A,70\%} - Rg_{A,100\%}) + \frac{1}{n_G} \cdot (Rg_{G,70\%} - Rg_{G,100\%}) \quad (6)$$

waarin:

- $C_{OLM,1}$ = criticaliteit voor de leveringsonderbreking van afsluiter 1
- $C_{Rg,1}$ = criticaliteit voor willekeurige effectcategorie met voortplantend risicogetal Rg van afsluiter 1
- n_A = aantal afsluiters in sectie A
- n_G = aantal afsluiters in sectie G
- $OLM_{A,70\%}$ = OLM van sectie A bij een betrouwbaarheid van de afsluiter van 70% (vergelijkbaar voor $OLM_{A,100\%}$, $OLM_{G,70\%}$ en $OLM_{G,100\%}$, $OLM_{sectienaam, betrouwbaarheid\ afsluiter}$)
- $Rg_{A,70\%}$ = risicogetal behorend bij effectcategorie met voortplantend risico van sectie A bij een betrouwbaarheid van de afsluiter van 70% (vergelijkbaar voor $Rg_{A,100\%}$, $Rg_{G,70\%}$ en $Rg_{G,100\%}$, $Rg_{sectienaam, betrouwbaarheid\ afsluiter}$)

Bij de berekening van de criticaliteit van een afsluiter wordt alleen gekeken naar de secties, die direct grenzen aan de afsluiter. In het geval van afsluiter 1 zijn dit sectie A en sectie G.



Figuur 3-7 Schematische weergave voor een voorstel voor de berekening van de criticaliteit van afsluiters, dat een kentel per afsluiter oplevert. Letters: sectienaam; cijfers: codering afsluiter.

3.5 Integratie met berekende OLM: het gewogen risicogetal

Met de toegekende risicogetallen per effectcategorie, resulteert CAVLAR dan in:

1. Per sectie: een waarde voor de OLM en een waarde voor het risicogetal per effectcategorie (waarbij meerdere effectcategorieën mogelijk zijn).
2. Per afsluiter:
Bij de oorspronkelijke definitie van kritische afsluiter: een waarde voor de totale gemiddelde OLM en een waarde voor het totale gemiddelde risicogetal per effectcategorie getypeerd als voortplantend effect, wanneer de afsluiter uit het model wordt verwijderd en een waarde voor het risicogetal van de afsluiter per effectcategorie getypeerd als een lokaal effect.
Bij de nieuwe definitie van kritische afsluiter: voor elke afsluiter een kentel voor de criticaliteit voor de OLM en voor het risicogetal per effectcategorie getypeerd als voortplantend effect, en een waarde voor het risicogetal van de afsluiter per effectcategorie getypeerd als een lokaal effect.

Met deze uitkomsten kunnen de secties en afsluiters geprioriteerd worden naar de afzonderlijke effectcategorieën. Op die manier kunnen lijsten gemaakt worden van secties met een hoge OLM, secties met een hoog risicogetal voor de gekozen lokale effecten zoals BEEL-locatie en hoog risicogetal voor de gekozen voortplantende effecten, zoals bijvoorbeeld kritische klanten. Ook kan gekeken worden naar secties die nauwelijks bijdragen aan de hoogte van OLM of een risicogetal.

De afsluiters kunnen ook geprioriteerd worden naar de afzonderlijke effectcategorieën: afsluiters die een grote bijdrage hebben aan OLM of een voortplantend risico, als ze niet goed functioneren of afsluiters die een groot risicogetal hebben door de locatie, waar ze zich bevinden.

Naast de afzonderlijke prioriteringen, kan het ook wenselijk zijn om de afzonderlijke effectcategorieën te combineren/wegen in één getal: het gewogen risicogetal. Met dit getal kan een waterleidingbedrijf dan de uitspraak doen over welke sectie of afsluiter aan meerdere effecten een grote bijdrage levert. Belangrijke aspecten bij deze weging zijn:

- a) Een waterleidingbedrijf kan aanvinken welke effectcategorieën meegenomen moeten worden in de weging of bepaling van het gewogen risicogetal (zie Tabel 3-3).
- b) Een waterleidingbedrijf is vrij in de invulling van de weegfactoren. Hiermee kan een waterleidingbedrijf gewicht geven aan bepaalde effecten, die voor het bedrijf extra belangrijk zijn. Bedrijfseigen keuzes en belangen kunnen zo meegenomen worden in het gewogen risicogetal (zie Tabel 3-3).

Er zijn verschillende mogelijkheden om tot een gewogen risicogetal te komen:

- a) Het effect omrekenen naar een geldbedrag, bijvoorbeeld met behulp van de risicomatrix (monetarisieren). De weegfactoren zijn dan gelijk aan de factor, die het risicogetal uitdrukt in een geldbedrag. Voor sommige effecten zal de keuze van de financiële weegfactor eenvoudig zijn, bijvoorbeeld de kosten die betrokken zijn bij een schade van een ontgrondingskuil. Voor andere effecten, zoals OLM of imago, moet het waterleidingbedrijf zelf een geldbedrag koppelen aan het effect: hoeveel is een OLM waard of hoeveel schade is gekoppeld aan imagooverlies? De weegfactor voor OLM is dan bijvoorbeeld een geldbedrag (aantal eurocenten) per minuut leveringsonderbreking.

Voor een risicogetal voor imago is het de omrekening van risicogetal naar geld bedrag (bijvoorbeeld gekoppeld aan eurocent per klacht). Het is niet altijd eenvoudig en eenduidig om een geldbedrag aan een effect te koppelen. Een voorbeeld is beschreven in Pieterse-Quirijns e.a (2014), waar een waarde aan OLM wordt toegekend in de bepaling van de optimale sectiegrootte op basis van CAVLAR.

Een voordeel van deze manier is dat het gewogen risicogetal een tastbaar effect uitdrukt, namelijk de totale financiële consequenties als een afsluiter faalt per sectie of per afsluiter.

- b) Een weging van de risicogetallen, in klassen met een vrijgekozen weegfactor. De berekende OLM per sectie moet dan onderverdeeld worden in klassen. De bijdrage van de afsluiters aan de OLM of aan een voortplantend risicogetal, moet ook onderverdeeld worden in klassen. Deze onderverdeling in klassen kan automatisch door CAVLAR uitgevoerd worden, bij opgave van de grenzen of aantal toe te passen klassen. Vervolgens kan een vrij gekozen weging uitgevoerd worden. De interpretatie van het uiteindelijke gewogen risicogetal is dan slechts kwalitatief, als hoog en laag.

3.6 Samenvatting van technische overwegingen voor de uitbreiding CAVLAR met andere effectcategorieën

De huidige versie van CAVLAR kan uitgebreid worden met andere effectcategorieën dan de leveringsonderbreking. Met de uitbreiding kunnen dan per sectie en afsluiter naast de OLM ook andere effecten/gevolgen bepaald worden, bij het plaatsvinden van een calamiteit in de sectie en het mogelijk falen van een afsluiter bij de isolatie van de sectie. Hiermee kunnen secties en afsluiters beoordeeld en gerangschikt worden naar hun bijdrage aan de OLM en de andere gekozen gevolgen/effecten.

In Tabel 3-3 zijn de effectcategorieën weergegeven, die door de waterleidingbedrijven zijn gekozen en die door CAVLAR in de analyse meegenomen moeten kunnen worden. Per effectcategorie is een beschrijving van het effect in de tabel opgenomen, samen met een karakterisering van het effect (als type en grootte van het risicogetal).

In de methodiek, die in de voorgaande paragrafen beschreven is voor de uitbreiding van CAVLAR, wordt onderscheid gemaakt in twee type effecten: een lokaal effect en een voortplantend effect. Dit betekent dat een waterleidingbedrijf elk willekeurig effect kan meenemen in de analyse door CAVLAR, mits deze onderverdeeld kan worden in een van de twee typologieën. De effectcategorieën in Tabel 3-3 zijn daardoor slechts voorbeelden en vrij aan te vullen met andere voor het waterleidingbedrijf interessante effectcategorieën.

De schaal van het risicogetal, de berekening ervan en de manier waarop het gewogen risicogetal bepaald wordt is per bedrijf vrij in te vullen, zoals weergegeven in Tabel 3-3.

De uitbreiding van CAVLAR op deze manier, maakt het gebruik van CAVLAR flexibel naar de wensen, belangen en speerpunten van het waterleidingbedrijf. Het waterleidingbedrijf kan een classificatie maken van zelf gekozen effecten en ook de waardering van deze effecten in een risicogetal. Bovendien kan het waterleidingbedrijf de samenstelling van het totale gewogen risico definiëren naar de wensen en de bedrijfseigen strategieën, toekomstperspectieven en bedrijfsvoering.

Tabel 3-3 Samenvatting van de uitbreiding van CAVLAR met andere effectcategorieën dan de leveringsonderbreking: beschrijving effecten en de typering ervan. Deze tabel is door elk waterleidingbedrijf uit te breiden met willekeurig effecten, mits deze onderverdeeld kan worden in een van de twee typologieën.

Effect categorie	1. OLM	2. Risicovolle locatie	3. Veiligheid (arbo)	4. Kritische Klanten	5. Imago	6. Leveringszekerheid	7. Gevolgkosten
Beschrijving effect	Duur van de leveringsonderbreking bij isolatie sectie	Locatie met grote gevolggkosten, veiligheidsrisico's, gevolgen voor natuur en milieu bij leidingbreuk of een locatie met veel activiteiten	Locatie waar calamiteit grote gevolgen heeft voor medewerkers (arbowet)	Treffen van kritische en kwetsbare klanten bij leveringsonderbreking	Imagoschade door leveringsonderbreking	Leidingen, die cruciaal zijn voor leveringszekerheid en – continuïteit of betrokken bij doorlevering	Kosten als gevolg van leveringsonderbreking door arbeidskosten, schade derden, klanten, etc.
Type risico	voortplantend	lokaal	lokaal	voortplantend	voortplantend	lokaal	voortplantend
Schaal risicogetal	OLM-gebaseerd	Bedrijfsspecifiek	Bedrijfsspecifiek	Bedrijfsspecifiek	Bedrijfsspecifiek	Bedrijfsspecifiek	Kosten-gebaseerd
Berekening risicogetal (#aansluitingen, lengte)	Berekening OLM (vergelijking (1))	Lokaal risicogetal: R_g (vlag)	Lokaal risicogetal: R_g (vlag)	Afhankelijk definitie risicogetal: R_g (* # aansluitingen)	Afhankelijk definitie risicogetal: R_g (* # aansluitingen)	Afhankelijk definitie risicogetal: R_g (* lengte) (vlag)	Afhankelijk definitie risicogetal: R_g (* # aansluitingen)

Effect categorie	1. OLM	2. Risicovolle locatie	3. Veiligheid (arbo)	4. Kritische Klanten	5. Imago	6. Leverings-zekerheid	7. Gevolg-kosten
Meenemen in weging	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Weegfactor	Bedrijfsspecifiek: (geld-)waarde aan OLM	Bedrijfsspecifiek: (geld-)waarde aan effect	Bedrijfsspecifiek: (geld-)waarde aan effect	Bedrijfsspecifiek: (geld-)waarde aan belang klant	Bedrijfsspecifiek: (geld-)waarde aan klachten	Bedrijfsspecifiek: (geld-)waarde aan leverings- problemen	(geld-)waarde

4 Programma van Eisen voor aanpassen van CAVLAR

4.1 Aanpassen van CAVLAR

Afsluiters zijn noodzakelijk voor de continuïteit van levering bij onderhoud, spuiprogramma's en bij isolatie van eventuele leidingbreuken en besmettingen. Als een sectie goed afgesloten kan worden door afsluiters kan de levering van drinkwater in de rest van het leidingnet kwalitatief en kwantitatief gewaarborgd worden. Als succesvolle isolatie van een sectie niet mogelijk is door het falen van een afsluiter, heeft dit allerlei gevolgen voor de levering van het drinkwater door een waterleidingbedrijf. Voorbeelden zijn een toename van het aantal ondermaatse leveringsminuten (OLM), het treffen van een BEEL leiding, het treffen van een risicovolle klant, bijvoorbeeld een ziekenhuis, imagoverlies van het waterleidingbedrijf, klachten, etc.

Met de huidige versie van CAVLAR, een tool die binnen het BTO is ontwikkeld, kan het effect van het isoleren van een sectie en het falen van een afsluiter daarbij berekend worden op de prestatie van het leidingnet, uitgedrukt in de OLM. De waterleidingbedrijven zijn van mening dat CAVLAR veel potentie heeft voor assetmanagement en ook in een breder perspectief kan worden toegepast. Hiervoor zijn echter aanpassingen en uitbreidingen noodzakelijk die het gebruik van CAVLAR en de integratie in de bedrijfsvoering van de waterleidingbedrijven kunnen vergroten. De belangrijkste wensen van de waterleidingbedrijven zijn (Tabel 2-1):

- a) Verbeteren van de functionaliteit en het gebruiksgemak van de huidige versie van CAVLAR. In afnemende prioriteit zijn dit:
 1. verkorten van de rekentijd
 2. verbeteren van de grafische interface
 3. koppeling aan GIS voor invoer en uitvoer van data
- b) Uitbreiden van CAVLAR:
 1. analyse van het effect van een isolatie van een sectie en afsluiterbetrouwbaarheid op andere effectcategorieën
 2. optimalisatietool voor afsluiteronderhoud

Voor de toepassing van CAVLAR is een goede keuze/vaststelling van de afsluiterbetrouwbaarheid essentieel. Wanneer een waterleidingbedrijf de uitkomsten van CAVLAR toe wil passen in afsluiteronderhoud is het noodzakelijk om de relatie tussen afsluiteronderhoud en betrouwbaarheid te kwantificeren. Hiervoor is het noodzakelijk dat de waterleidingbedrijven informatie en gegevens met betrekking tot afsluiterinspectie, -onderhoud en betrouwbaarheid registreren (Vreeburg, 2012).

Dit hoofdstuk beschrijft een programma van eisen (PvE) voor het aanpassen van CAVLAR aan de wensen van de waterleidingbedrijven. De volgorde in het PvE volgt de prioritering van de bedrijven.

4.2 PvE voor verkorten van de rekentijd

De belangrijkste wens van de waterleidingbedrijven voor het aanpassen van CAVLAR is een verkorting van de rekentijd, zodat de kritische afsluiters ook in grotere voorzieningsgebieden kunnen worden bepaald.

Verkorting van de rekentijd kan op twee manieren worden gerealiseerd:

1) Aanpassing van de programmeercode.

Door een efficiëntere manier van programmering en wijziging in de berekeningsmethode kan de rekentijd aanzienlijk verkort worden.

Momenteel wordt een project uitgevoerd voor Evides waarin het rekenhart van CAVLAR wordt vertaald in Python. In dit project wordt de berekening op een andere manier geprogrammeerd en bovendien is Python een efficiëntere programmeertaal. Een verkorting van de rekentijd wordt in deze omzetting naar Python voorzien.

2) Verandering van de definitie voor de criticaliteit van een afsluiter.

Met de definitie dat een afsluiter kritisch is wanneer de impact of het risicogetal veel groter wordt bij een lagere betrouwbaarheid van een afsluiter (bijvoorbeeld 70%) dan bij een 100% betrouwbare afsluiter, kan de rekentijd verkort worden. De berekening van de criticaliteit van afsluiter x , die grenst aan sectie I en II is dan:

voor leveringsonderbreking:

$$C_{OLM,x} = \frac{1}{n_I} \cdot (OLM_{I,70\%} - OLM_{I,100\%}) + \frac{1}{n_{II}} \cdot (OLM_{II,70\%} - OLM_{II,100\%})$$

en voor een voortplantend effect:

$$C_{Rg,x} = \frac{1}{n_I} \cdot (Rg_{I,70\%} - Rg_{I,100\%}) + \frac{1}{n_{II}} \cdot (Rg_{II,70\%} - Rg_{II,100\%})$$

waarin:

$C_{OLM,x}$ = criticaliteit voor de leveringsonderbreking van afsluiter x

$C_{Rg,I}$ = criticaliteit voor willekeurige effectcategorie met voortplantend risicogetal Rg van afsluiter x

n = aantal afsluiters in sectie I of II

$OLM_{\text{sectienaam, betrouwbaarheid afsluiter}}$ = OLM van sectie I of II bij een betrouwbaarheid van de afsluiter van 70% of 100%

$Rg_{\text{sectienaam, betrouwbaarheid afsluiter}}$ = risicogetal behorend bij effectcategorie met voortplantend risico van sectie I of II bij een betrouwbaarheid van de afsluiter van 70% of 100%

Dit levert bovendien een kental op per afsluiter voor de impact of het risico-effect, als de afsluiter meer/minder betrouwbaar wordt (punt 2 in Tabel III 3).

4.3 PvE voor uitbreiden van CAVLAR met andere effectcategorieën

Voor de uitbreiding van CAVLAR met andere effectcategorieën dan de leveringsonderbreking, wordt CAVLAR uitgebreid met twee type effecten, een lokaal effect en een voortplantend effect. Iedere categorie is door de gebruiker vrij in te vullen en in veelvoud te gebruiken.

In hoofdstuk 3 is hiervoor een methodiek beschreven. Voor de uitbreiding van CAVLAR met andere effectcategorieën is het alleen nodig om per effectcategorie aan te geven wat de typologie van het effect is (lokaal of voortplantend) en wat de hoogte van het risicogetal is per leiding. CAVLAR geeft dan als uitvoer naast de OLM per sectie ook de hoogte van het risicogetal. Tevens geeft het aan welke afsluiters een grote bijdrage hebben aan de OLM en het risicogetal bij falen. Tot slot kan een gewogen risicogetal berekend worden op basis van door het waterleidingbedrijf geselecteerde effectcategorieën en de bijbehorende weegfactoren.

Deze methodiek maakt CAVLAR flexibel voor de bedrijfsvoering en bedrijfsspecifieke keuzes, belangen en speerpunten. Zowel de gewenste effectcategorieën en de hoogte van de risicogetallen als ook de samenstelling van het gewogen risicogetal zijn vrij om te kiezen.

4.3.1 Keuze effectcategorie en bijbehorend risicogetal

Voorafgaand aan de analyse van CAVLAR voor andere effectcategorieën, moet een waterleidingbedrijf aandacht besteden aan:

- a) Definitie/Keuze van de effectcategorieën
Een waterleidingbedrijf moet vaststellen welke effectcategorieën belangrijk zijn voor het bedrijf. De bedrijfseigen risicomatrix kan als richtlijn hiervoor dienen. In Tabel 3-1 staan een aantal voorbeelden gegeven.
- b) Classificeren van de gekozen effectcategorieën
Van elke effectcategorie moet aangegeven worden of het een lokaal effect of een voortplantend effect betreft (paragraaf 3.3).
- c) Toekennen van een risicogetal
Aan elke effectcategorie moet een waarde van het risicogetal en de differentiatiemogelijkheden worden toegekend. Het risicogetal kan een kwantitatief getal zijn, zoals de diameter van een ontgrondingskuil, kosten, of aantal klachten, of een fictief getal zijn (Tabel 3-2). Een waterleidingbedrijf is vrij om een waarde en differentiatie aan dit getal toe te kennen. Het beste is om de keuze zoveel mogelijk te laten aansluiten bij de bedrijfseigen risicomatrix.

4.3.2 Uitbreiding van de invoer van gegevens van CAVLAR

Naast de invoergegevens, die nodig zijn voor de berekening van de gevolgen voor leveringsonderbreking, moet het waterleidingbedrijf de volgende gegevens aanleveren per gewenste/gekozen effectcategorie:

- Eenmalig: gekozen effectcategorie en het type effect, bijvoorbeeld door een vinkje in CAVLAR:
 - o Lokaal effect
 - o Voortplantend effect

Voor het vaststellen en het berekenen van het risicogetal moet aangegeven worden of deze nog afhangt van het aantal aansluitingen en/of de lengte van de leidingen.

- Per leiding of knoop: de hoogte van het risicogetal

4.3.3 Aanpassen van de analyse door CAVLAR

Na het invoeren van de gegevens van het voorzieningsgebied, deelt CAVLAR het voorzieningsgebied in in secties. Daarnaast berekent CAVLAR met de invoergegevens een prestatie van het voorzieningsgebied, bij een bepaalde storingsfrequentie, onderhoudsduur en afsluiterbetrouwbaarheid:

Berekening afzonderlijke effecten: beoordelen en rangschikken afzonderlijke effectcategorieën

1. Voor elke sectie:
 - Per sectie berekent CAVLAR de al bestaande prestatie indicatoren met betrekking tot leveringsonderbreking, waaronder OLM.
 - Daarnaast berekent CAVLAR per gekozen effectcategorie voor elke sectie de hoogte van het bijbehorende risicogetal.

- o Bij een lokaal effect geeft het risicogetal aan dat de sectie ligt in een risicovolle omgeving, waardoor een calamiteit in deze sectie een groot risico inhoudt.
Het risicogetal van een sectie is de som van het risicogetal van de in de sectie aanwezige leidingen.
 - o Bij een voortplantend effect geeft het risicogetal aan, wat het effect is wanneer bij isolatie van een sectie, de afsluiters niet goed functioneren. Het effect kan zich dan uitbreiden naar een volgende sectie, waardoor het risicogetal groter wordt.
Het risicogetal van een sectie wordt berekend parallel aan de OLM berekening van CAVLAR. Hierbij wordt de isolatie gesimuleerd van elke afzonderlijke sectie. Per sectie-isolatie wordt bepaald welke afsluiters de betreffende sectie isoleren en of die afsluiters goed functioneren. Het risicogetal is dan de som van het risicogetal van de sectie plus het risicogetal van de aangrenzende secties als deze bij een bepaalde afsluiterbetrouwbaarheid falen.
2. Voor elke afsluiter:
- Per afsluiter geeft de huidige versie van CAVLAR voor de leveringsonderbreking de hoogte van de gemiddelde totale prestatie-indicator OLM als de afsluiter uit het voorzieningsgebied wordt verwijderd. De waarde kan gebruikt worden om de bijdrage van de afsluiter aan de totale OLM te bepalen.
Bij de uitbreiding van CAVLAR met een andere definitie van de criticaliteit berekent CAVLAR per afsluiter het kental $C_{OLM,x}$ (paragraaf 4.2).
 - Voor elke effectcategorie:
 - o Voor een lokaal effect geeft CAVLAR de hoogte van een risicogetal per afsluiter: de afsluiter ligt op een risicovolle locatie en moet goed functioneren wanneer een calamiteit optreedt.
Het risicogetal per afsluiter is gelijk aan de som van het risicogetal van de secties aan weerszijde van de afsluiter.
 - o Voor een voortplantend effect geeft CAVLAR de hoogte van het totale gemiddelde risicogetal voor het voorzieningsgebied als de afsluiter helemaal niet functioneert, parallel aan de OLM berekening. De bijdrage van de afsluiter aan de gevolgen binnen de gekozen effectcategorie kan dan bepaald worden.
Bij de nieuwe definitie van criticaliteit berekent CAVLAR per afsluiter het kental: $C_{Rg,x}$ (paragraaf 4.2).

Berekening gewogen risicogetal: beoordelen en rangschikken van gewogen totale risico.

Voor het berekenen van het gewogen risicogetal moet het waterleidingbedrijf:

- aanvinken welke effecten meegenomen moeten worden in het gewogen risicogetal.
- invullen welke weegfactor per effectcategorie gehanteerd moet worden.

CAVLAR berekent op basis hiervan het gewogen risicogetal, als de som van de gekozen weegfactor maal de hoogte van het effect (OLM of risicogetal).

4.3.4 Aanpassen uitvoer van CAVLAR

Uitvoer per sectie

Naast de prestatie-indicatoren van de huidige versie van CAVLAR (Impact, Verhouding, OLM, CI) geeft CAVLAR voor elke sectie:

- het risicogetal bij de gekozen effectcategorieën.
- het gewogen risicogetal (op basis van geselecteerde effectcategorieën en opgegeven weegfactoren)

Uitvoer per afsluiter

Naast de prestatie-indicatoren van de huidige versie van CAVLAR (Gemiddelde Impact, Gemiddelde OLM, Gemiddelde CI) geeft CAVLAR voor elke afsluiter:

- Kental voor criticaliteit voor OLM: $C_{OLM,x}$
- (Gemiddelde) risicogetal voor de gekozen effectcategorieën
- Kental voor criticaliteit voor voortplantend risicogetal: $C_{Rg,x}$
- het gewogen risicogetal (op basis van geselecteerde effectcategorieën en opgegeven weegfactoren)

4.4 PvE voor verbeteren van de grafische interface van CAVLAR

Momenteel geeft CAVLAR een sectiediagram, die de opbouw van het leidingnet in secties illustreert. Het geeft inzicht in de grootte van de secties en de opbouw van het leidingnet. Plaatsen met veel afsluiters of met afhankelijke secties zijn zichtbaar. Bovendien geeft het vier grafieken die inzicht geven in de opbouw van de secties: aantal afsluiters per sectie, aantal aansluitingen per sectie, de leidinglengte en volume per sectie. De resultaten van berekeningen worden uitgevoerd als een Excelbestand en als tekst bij het sectiediagram, na selectie van een sectie of afsluiter.

Verbeteren van de grafische interface door:

- a) Koppelen van het sectiediagram met het leidingnetmodel
- b) Illustratie van analyse resultaten in het leidingnetmodel: secties en afsluiters met hoge criticaliteit in leidingnetmodel aangeven.
- c) Beoordeling van leidingnet inbouwen: afhankelijke secties en slechte configuraties zichtbaar maken.
- d) Uitkomsten van scenario berekeningen vergemakkelijken (vergelijkbaar met optivalves).

4.5 PvE voor het koppelen van CAVLAR aan GIS

Momenteel is construeren van een invoermodel voor CAVLAR behoorlijk tijdrovend. Bovendien is het aantal attributen per leiding beperkt en moeilijk aan te passen of uit te breiden.

Een koppeling van CAVLAR aan GIS voor het invoeren van data, als ook het uitbreiden van invoergegevens die afhankelijk zijn van leidingmateriaal, leeftijd, omgevingsfactoren op basis van USTORE gegevens, vergroot de bruikbaarheid en flexibiliteit van CAVLAR. Het vergemakkelijkt het inlezen van het leidingnetmodel zonder extra handmatige invoer/activiteiten.

Een koppeling van CAVLAR met GIS voor de uitvoer van de resultaten geeft de waterleidingbedrijven de mogelijkheid om de kritische secties en afsluiters direct in GIS zichtbaar te maken en te koppelen aan andere analyses.

De bruikbaarheid en implementatie van CAVLAR zal aanzienlijk toenemen als een koppeling met GIS mogelijk is. Momenteel wordt binnen een project voor Evides het rekenhart van CAVLAR omgezet naar Python, waardoor een koppeling met GIS mogelijk wordt gemaakt.

4.6 PvE voor optimalisatietool voor afsluiteronderhoud

Het ontwikkelen van een optimalisatietool voor afsluiteronderhoud is mogelijk als een aantal van de voorgaande stappen zijn uitgevoerd. Voor het ontwerpen van deze tool is vereist:

- a) Verkorting van de rekentijd, omdat het gebaseerd is op de berekening van kritische afsluiters (paragraaf 4.2).
- b) Aanpassen van CAVLAR met andere effectcategorieën, zodat een prioritering van afsluiters mogelijk is op basis van verschillende effecten (paragraaf 4.3).
- c) Kwantificeren van relatie tussen afsluiteronderhoud en betrouwbaarheid.
- d) Verbeteren van de grafische interface (paragraaf 4.4):
 - Koppeling van de uitkomst van de criticaliteit aan de invoer van CAVLAR: de betrouwbaarheid van de kritische afsluiters kan automatisch aangepast worden in de invoergegevens op basis van de uitkomsten van de criticaliteit-berekening.
 - Vereenvoudigde weergave van de uitkomst van scenariostudies.
- e) Koppeling aan GIS vereenvoudigt deze tool en de toepassing ervan:
Afsluiters die meer onderhoud behoeven worden automatisch in GIS zichtbaar.

5 Referenties

Meerkerk, M, G..A.M. Mesman en E.J Pieterse-Quirijns (2009). *Handleiding 'CAVLAR', Beschrijving en interpretatie*. Nieuwegein: KWR. BTO (s) 2009.003.

Pieterse-Quirijns, E. J., A.J. Vogelaar en G. Perfors (2014). Bepalen van bedrijfsspecifieke optimale sectiegrootte voor het drinkwaterdistributienet. *H2O Online*, 17 juni 2014.

Vreeburg, J. (2013). *Asset management van appendages: verslag workshop*. Nieuwegein: KWR. BTO 2013.065(s).

Vreeburg, J. (2012). *Onderhoud afsluiters; naar een gesloten regelkring*. Nieuwegein: KWR. KWR 2012.070.

websites

[www.rolsch.nl: http://www.rolsch.nl/waterleiding.html](http://www.rolsch.nl/waterleiding.html) (10/03/2015)

Bijlage I Enquête

Introductie

CAVLAR is een software tool waarmee de prestatie van een leidingnet (in de vorm van OLM) berekend kan worden, bij een variabele betrouwbaarheid van afsluiters, storingsfrequentie van leidingen en werkwijze van onderhoud. Daarnaast kunnen afsluiters en secties met behulp van CAVLAR geprioriteerd worden.

Binnen BTO is een project gestart om een programma van eisen op te stellen voor uitbreidingen van CAVLAR met andere effectcategorieën. Deze enquête heeft drie doelen:

1. Inventariseren van de kansen en beperkingen van de huidige versie van CAVLAR
2. Inventariseren van ervaringen met de implementatie van CAVLAR.
3. In kaart brengen van de behoeftes van de waterleidingbedrijven om CAVLAR aan te passen of uit te breiden.

Op basis van onze informatie over wie met CAVLAR werkt, ben je geselecteerd. We willen je vragen om onderstaande enquête in te vullen met als achtergrond dat de behoeften en ervaringen van jullie waterbedrijf hierin worden verwerkt. Naderhand zullen we eventueel telefonisch contact opnemen voor meer informatie. De resultaten van de enquête gebruiken we als input voor een bijeenkomst om het programma van eisen nader in te vullen.

Wanneer jullie een andere afsluitertool gebruiken in jullie bedrijf, zou je dan bij de laatste vragen willen aangeven of er wensen zijn om deze afsluitertool uit te breiden. Deze informatie zal dan meegenomen worden in het programma van eisen om CAVLAR aan te passen (of om afsluitertool aan te passen). Mocht CAVLAR of een andere afsluitertool niet in jullie bedrijf gebruikt worden, geef dan bij de vragen over de wensen voor de afsluitertools aan, wat naar je mening een afsluitertool idealiter moet kunnen.

Praktijkervaring met CAVLAR

- Wordt CAVLAR toegepast? (j/n)

Indien ja: noem een aantal projecten waarin CAVLAR is toegepast in de afgelopen vijf jaar?

- o Met welk doel wordt CAVLAR toegepast binnen jullie bedrijf?
- o Wat zijn de sterke eigenschappen van CAVLAR?
- o Hebben jullie binnen de kaders van de huidige functionaliteit zwaktes van CAVLAR geïdentificeerd?
- o Worden resultaten van CAVLAR geïmplementeerd? (altijd/soms/nooit)
- o Waarom wel, waarom niet?
- o Wat levert het gebruik van CAVLAR en implementatie van resultaten het bedrijf op?
- o Wat houdt implementatie tegen? Welke barrières zijn aanwezig?
- o Kunnen wij de proces ondersteunen?

Indien nee: Waarom niet? (kennis, tijd, andere tools, etc.)

- *Bij het gebruik van een andere afsluitertool dan CAVLAR:*
 - o Welke afsluitertool gebruikt jullie bedrijf?
 - o Met welk doel wordt deze afsluitertool toegepast binnen jullie bedrijf?
 - o Welke problemen lost de afsluitertool op?
 - o Wat zijn de sterke eigenschappen van de afsluitertool? (mn tov CAVLAR)
 - o Hebben jullie zwaktes van de afsluitertool geïdentificeerd?
 - o Worden resultaten van de afsluitertool geïmplementeerd? (altijd/soms/nooit)
 - o Waarom wel, waarom niet?
 - o Wat levert het gebruik van de afsluitertool en implementatie van resultaten het bedrijf op?
- *Wanneer CAVLAR of een andere afsluitertool niet worden toegepast?*
 - o Hoewel je CAVLAR niet gebruikt (om welke reden dan ook), waarvoor zou je het wel willen gebruiken?
- Wat is voor jullie waterbedrijf de belangrijkste reden om binnen dit BTO project aandacht te besteden aan CAVLAR?

CAVLAR en sectionering

CAVLAR is een software tool voor de systematische analyse van gecompliceerde netwerken. CAVLAR zorgt ook voor een sectionering van het leidingnet.

CAVLAR of een vergelijkbare tool kan gebruikt worden om regulier (bijvoorbeeld eens per 5 jaar) het netwerk door te rekenen om ongewenst sectie-indelingen te identificeren. Is een dergelijke rekentoets noodzakelijk voor jullie waterbedrijf?

Wensen tav CAVLAR of afsluitertool:

- a) Waar ziet jullie bedrijf mogelijkheden tot aanpassen of uitbreiding van CAVLAR of de afsluitertool?

Geef per mogelijkheid aan met welk doel deze aanpassing gewenst is.

- b) Er zijn verschillende aspecten waarom een afsluiter belangrijk is. Binnen CAVLAR worden afsluiters geprioriteerd op basis van OLM. Sommige bedrijven vinden afsluiters extra belangrijk als ze in een transportleiding zitten, als ze betrokken zijn bij het spuien, of als ze betrokken zijn bij de levering aan een kritieke klant, zoals bijvoorbeeld een ziekenhuis.
 - a. Welke criteria hanteert jullie bedrijf om afsluiters te prioriteren?
 - i. Bijzondere gebruikers
 - ii. Risicovolle (BEEL) locaties
 - iii. Afsluiter in een transportleiding
 - iv. Afsluiter betrokken bij het spuien
 - v. Anders....
 - b. Kan je per criterium aangeven waarom deze afsluiters belangrijk zijn en welke richtlijn jullie bedrijf gebruikt om deze afsluiters te prioriteren?
- c) CAVLAR berekent de consequenties van afsluiterplaatsing en het functioneren van de afsluiters (in combinatie met storingsgegevens en de netconfiguratie) voor een theoretische OLM. Hierbij wordt geen rekening gehouden of de gekozen oplossingen hydraulisch kloppend zijn. Als voorbeeld: voor CAVLAR is het geen

- bezwaar als er 500 m³/h door een 50 mm leiding stroomt. Verbeterde resultaten zijn mogelijk als per leiding een maximale volumestroom of verhang (wrijvingsverlies/ km) worden ingevoerd. Is een dergelijke uitbreiding wenselijk?
- d) Momenteel berekent CAVLAR de OLM van een leidingnet en prioriteert het de afsluiters.
1. Hieronder geven we een aantal mogelijkheden waarvoor CAVLAR ook gebruikt zou kunnen worden. Wil je per mogelijkheid aangeven of je deze zinvol vindt en wat het resultaat van CAVLAR dan zou moeten zijn:
- Scenariostudies voor het inschatten van risico's en het beslissen van leidingvervangingen of herinrichting van afsluiters. Welke relevante aspecten zou CAVLAR hiervoor moeten leveren?
 - Optimalisatietool voor de prioritering van het afsluiteronderhoud.
 - Input voor beslissingsondersteunende modellen zoals recent verkend door waterbedrijven. Denk hierbij aan WILCO, TRANSPARANT, IMQS: wat moet het resultaat van CAVLAR zijn in dit geval? Denk hierbij zowel aan de functionaliteit als aan het format van de output.
- e) Weet je nog andere doelen waarvoor je CAVLAR zou willen gebruiken? Zo ja, welk doel?

Algemene beoordeling van CAVLAR

We willen je vragen om een aantal eigenschappen van CAVLAR te beoordelen met een cijfer, waarbij een 10 de beste waardering weergeeft:

- o Inzicht door toepassing van CAVLAR:
 - o Sectionering
 - o Prestatie leidingnet
 - o Afsluiter locatie
 - o Afsluiter beheer
- o Gebruiksgemak van CAVLAR:
 - o Start van CAVLAR (opstarten, invoer data, aanpassen invoergegevens)
 - o Uitvoeren van berekeningen
 - o Bruikbaarheid van resultaten:
 - visueel op het scherm
 - Excel-tabellen
- o Implementatie van CAVLAR in bedrijfsvoering

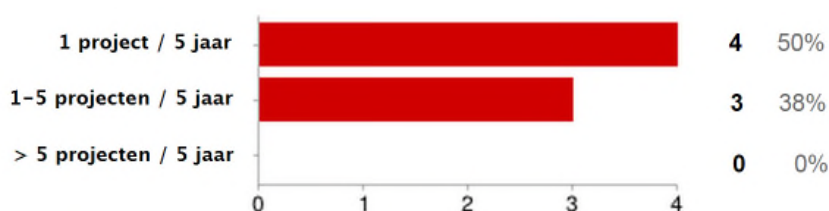
Naam bedrijf.

Dank je wel voor het invullen van de enquête!

Bijlage II Uitkomst enquête: praktijkervaring met CAVLAR en andere afsluitertools

II.1 Toepassing van CAVLAR door de waterleidingbedrijven

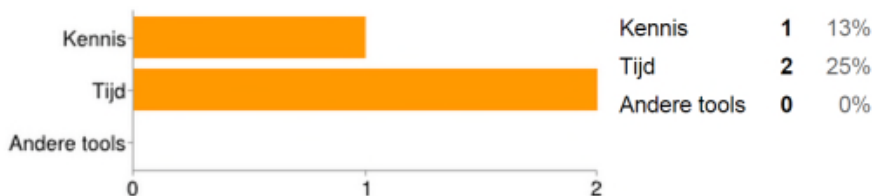
CAVLAR is in 2006 (dus bijna 10 jaar geleden) binnen BTO ontwikkeld. Zeven van de acht bedrijven, die de enquête hebben ingevuld, hebben ervaring met de toepassing van CAVLAR. Vier bedrijven hebben CAVLAR in de laatste vijf jaren in één project toegepast, de andere drie bedrijven hebben CAVLAR in de laatste vijf jaren vaker toegepast, namelijk tussen één en vijf projecten (Figuur II-1).



Figuur II-1 Toepassing van CAVLAR in projecten de afgelopen vijf jaar bij de geënuquêteerde bedrijven.

De manier van toepassing verschilt per waterleidingbedrijf: bij verschillende waterleidingbedrijven heeft KWR CAVLAR toegepast in meerdere adviesprojecten met betrekking tot afsluiterbeleid, bij de andere waterleidingbedrijven hebben medewerkers zelf met CAVLAR gewerkt. Eén waterleidingbedrijf is bezig om het rekenhart van CAVLAR te koppelen aan een eigen GIS.

Het aantal projecten waarin CAVLAR is ingezet is beperkt. Twee waterleidingbedrijven noemen kennis en tijd als belangrijkste drempels voor het toepassing van CAVLAR (Figuur II-2).



Figuur II-2 Redenen voor beperkte inzet van CAVLAR bij de geënuquêteerde bedrijven.

II.2 Doel voor de toepassing van CAVLAR

CAVLAR wordt voor verschillende doeleinden toegepast:

- Sectioneringsfunctionaliteit.
- Prestatie van het leidingnet: OLM berekeningen.
- Effectbepaling van falende leidingen: OLM (per aansluiting en per equivalente huisaansluiting).
- Inventariseren risicovolle afsluiterconfiguraties: bepalen kritische afsluiters en secties.
- Resultaten van CAVLAR als onderbouwing van een nieuw beheerconcept voor afsluiters of gedifferentieerd afsluiterbeleid: o.a. het identificeren van 'overbodige afsluiters', het verminderen van het aantal afsluiters en daarmee de onderhoudskosten en het ontwikkelen van een geprioriteerd onderhoudsregime.
- Toepassingsmogelijkheden voor het bedrijf onderzoeken.

II.3 Sterke en zwakke eigenschappen van CAVLAR

De sterke en zwakke eigenschappen van CAVLAR aangegeven door de waterleidingbedrijven, zijn weergegeven in Tabel II-1.

Tabel II-1 Weergave van de sterke en zwakke eigenschappen van CAVLAR.

Beoordeling van CAVLAR	
Sterke eigenschappen	Zwakke eigenschappen
Gebruiksvriendelijk en eenvoudig te bedienen	Lange rekentijd bij een afsluiterbetrouwbaarheid lager dan 100% (doorrekenen van kritische afsluiters bij grote netwerken)
Flexibel (qua import bijvoorbeeld)	Zwakke visualisatie en grafische functionaliteit
Snel inzicht in de opbouw van het net (afhankelijke secties, secties met veel aansluitingen, enz...)	Geen interface met GIS
Prioritering van de afsluiters	Aansluiting op hydraulische software is niet soepel
Kwantificeren van onderhoudsregime	Aantal attributen van de leiding is beperkt voor uitvoeren verdere risico analyse
OLM simulatie	Construeren van een invoermodel is tijdrovend
	CAVLAR geeft geen kental per afsluiter voor de impact, als de afsluiter meer/minder betrouwbaar wordt.
	Uitsluiten van onwaarschijnlijke afsluitercombinaties is niet mogelijk

II.4 Implementatie van uitkomsten van CAVLAR

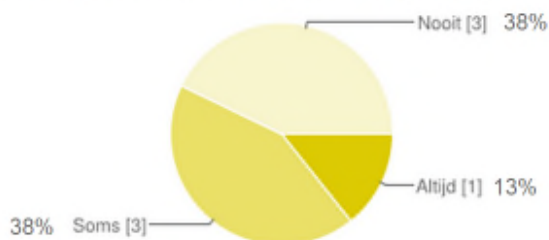
De waterleidingbedrijven verwachten veel van de implementatie van de resultaten van CAVLAR. Genoemd worden inzicht in de sectionering en prestatie van het net en inzicht in leidingen of secties die een relatief groot effect hebben qua OLM. Tevens verwachten ze dat de resultaten van CAVLAR hen inzicht geeft in de impact van niet goed werkende afsluiters. Ook kan implementatie leiden tot toekomstige reductie van onderhoudskosten, efficiënter afsluiterbeleid (onderhoud en afsluiterconfiguratie) en ondersteuning bij saneringsbeslissingen, die leiden tot risicoverlaging en OLM-beperking. Het rangschikken van afsluiters naar criticaliteit, kan als input dienen om de beheersinspanning te differentiëren.

De uitkomsten of resultaten van CAVLAR zijn echter slechts door één waterleidingbedrijf geïmplementeerd. Drie bedrijven implementeren soms de resultaten en de andere drie bedrijven implementeren nooit de resultaten (Figuur II-3).

Er zijn verschillende redenen voor de beperkte implementatie van CAVLAR-resultaten bij de meeste waterleidingbedrijven:

- a) Het bedrijf heeft geen ervaring met CAVLAR.
Eén waterleidingbedrijf gebruikt de resultaten van een andere afsluiter tool. Bij een ander waterleidingbedrijf bevindt het gebruik van CAVLAR zich nog in een experimentele fase.
- b) De genoemde zwakke eigenschappen (Tabel II-1) van CAVLAR.
Door de lange rekentijd van CAVLAR voor het berekenen van kritische afsluiters, was het niet mogelijk om een gewenste rangschikking van afsluiters op basis van criticaliteit te maken. De resultaten van een CAVLAR analyse op twee kleinere deelgebieden, konden wel gebruikt worden als onderbouwing voor een nieuw beheerplan voor afsluiters. Andere zwakke eigenschappen die implementatie tegenhouden zijn dat het gebruik arbeidsintensief is en dat CAVLAR niet makkelijk in huidige systemen te visualiseren is.
- c) Bedrijfsspecifieke redenen voor beperkte implementatie van uitkomsten van CAVLAR.
Belangrijke redenen zijn het tijdgebrek en het ontbreken van goede data binnen de organisatie. Daarnaast worden ook andere prioriteiten en overtuigingen binnen een organisatie genoemd. Met name bij het reduceren van het aantal afsluiters is veel overtuiging van anderen nodig. Voor veel bedrijven blijkt het gedifferentieerd afsluiteronderhoud in de praktijk moeilijk te realiseren. Daarnaast is de timing essentieel: de uitkomsten van CAVLAR worden soms niet geïmplementeerd omdat operationele kostenbesparing en OLM-reductie of de beoordeling van afsluiterconfiguraties geen prioriteit hebben op dat moment.

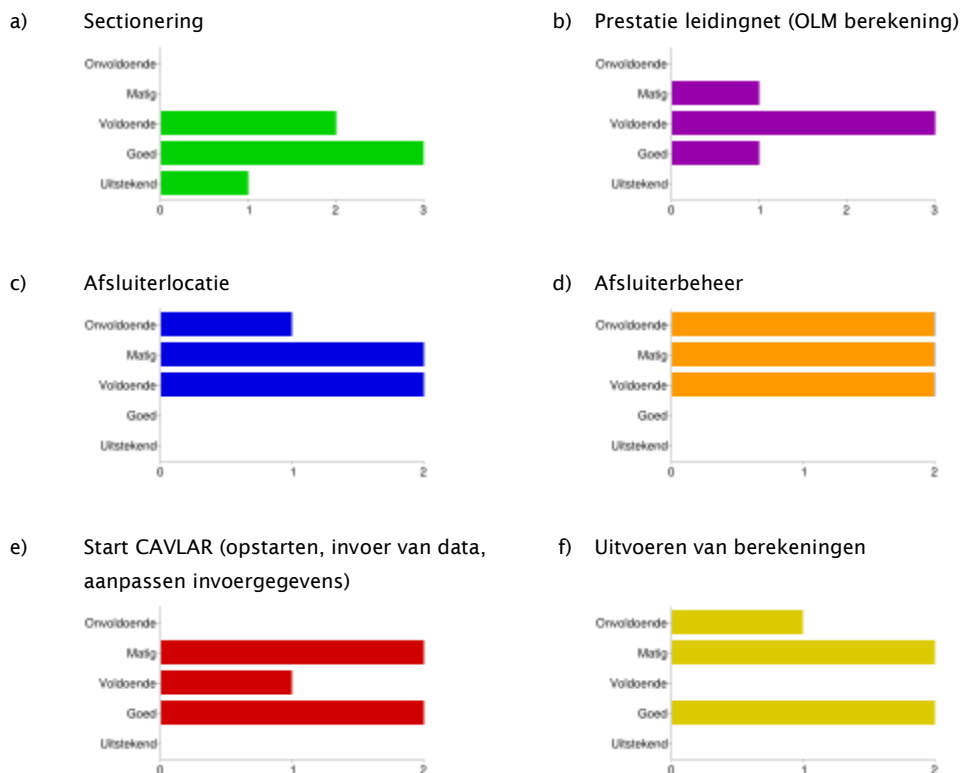
Worden resultaten van CAVLAR geïmplementeerd?



Figuur II-3 Weergave van de huidige implementatie van de uitkomsten van CAVLAR door de waterleidingbedrijven.

II.5 Algemene beoordeling van CAVLAR

De waterleidingbedrijven is gevraagd naar een algemene beoordeling van CAVLAR op een aantal aspecten. De beoordeling vindt plaats op een schaal van onvoldoende naar uitstekend en is weergegeven in Figuur II-4. De toepassing van CAVLAR als sectioneringstool en OLM-tool (figuur a en b) worden over het algemeen als goed beoordeeld. De toepassing van CAVLAR bij afsluiterlocatie en -beheer (figuur c en d) scoort voldoende of lager. De bruikbaarheid van CAVLAR, vertaald in opstarten (figuur e), berekenen (figuur f) en presentatie van de resultaten (figuur g en h) wordt variabel beoordeeld: of goed of lager dan matig. De implementatie van de resultaten is zeer beperkt (figuur i).



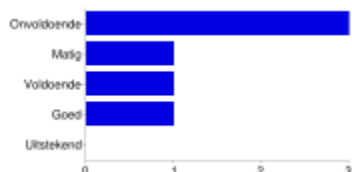
g) Bruikbaarheid resultaten: visueel op scherm



h) Bruikbaarheid resultaten: Exceltabellen



i) Implementatie



Figuur II-4 Algemene beoordeling van een aantal aspecten van CAVLAR door de geënquêteerde waterleidingbedrijven

II.6 Ervaring met andere afsluiter tool: Rolsch Water Tool en Mapkit

Twee van de tien bedrijven gebruiken Rolsch Water Tool en Mapkit (www.rolsch.nl). Deze tool berekent voor een voorzieningsgebied hoe groot per sectie het risico is op Ondermaatse Leveringsminuten (OLM), bij een gegeven afsluiterbetrouwbaarheid en storingsfrequentie van de leidingen. Met de Rolsch Mapkit kan dat risico geografisch inzichtelijk gemaakt worden.

De Rolsch Water Tool en Mapkit worden ingezet voor:

- het bepalen van de onderhoudsfrequentie van afsluiters.
- gedifferentieerd afsluiteronderhoud.
- het inventariseren van risicovolle afsluiterconfiguraties.
- grafische ondersteuning van monteurs op het gebied van afsluiterregistratie.

De sterke en zwakke eigenschappen van Rolsch Water Tool en Mapkit aangegeven door de twee waterleidingbedrijven, zijn weergegeven in Tabel II-2.

Tabel II-2 Weergave van de sterke en zwakke eigenschappen van Rolsch Water Tool en Mapkit.

Beoordeling Rolsch Water Tool en Mapkit	
Sterke eigenschappen	Zwakke eigenschappen
Goede grafische output	Afhankelijk van een kleine onderneming
Aanvullende functionaliteiten rond afsluiteronderhoudregistratie, zoals grafische ondersteuning van monteurs	Deze tool wordt door de ontwikkelaar toegepast en uitkomsten komen ten goede van waterleidingbedrijf. De kosten voor de toepassing van deze tool zijn daarom hoger.

Weinig interne capaciteit nodig	Berekeningen/analyses niet door waterleidingbedrijf zelf uit te voeren
	Tijdsduur voordat resultaten beschikbaar zijn is lang, door de benodigde contractprocedure.

De resultaten van de Rolsch Water Tool en Mapkit worden bij één waterleidingbedrijf nog niet geïmplementeerd omdat het project zich nog in de pilotfase bevindt. Bij het andere waterleidingbedrijf worden de resultaten slechts soms geïmplementeerd, voornamelijk om inzicht te verkrijgen en scenario's door te rekenen.

CAVLAR en de Rolsch Water Tool zijn afsluitertools, die op basis van afsluiterbetrouwbaarheid en de storingsfrequentie van leidingen, vergelijkbare analyses uitvoeren. Een belangrijk voordeel van de Rolsch Water Tool is de aanwezigheid van een grafische schil, waardoor de kritische secties en afsluiters direct in GIS zichtbaar is en ook andere functionaliteiten zoals de registratie door monteurs mogelijk zijn. Het gebruik van GIS-data als invoer kan echter wel leiden tot andere lengtes en sectiegroottes dan op basis van een leidingnetmodel of dan in werkelijkheid. Bovendien bestaat er bij de Rolsch Water Tool geen limiet van de omvang van het door te rekenen leidingnet. Dit zijn eigenschappen waar waterleidingbedrijven behoefte aan hebben en waar CAVLAR op verbeterd moet worden (paragraaf 2.4 en Bijlage III). CAVLAR geeft naast de kritische secties en kritische afsluiters ook een sectiediagram. Een waterleidingbedrijf weet dan niet alleen wat de kritische secties en kritische afsluiters zijn, maar krijgt ook leidingnetinzicht dat verklaart waarom de secties en afsluiters kritisch zijn. Een koppeling van het sectiediagram met een leidingnetmodel of met GIS zou een toegevoegde waarde hebben. Bovendien is CAVLAR vrij toegankelijk voor de bedrijven en kunnen ze zelf met het programma werken.

Bijlage III Wensen voor aanpassen van CAVLAR

III.1 Redenen om CAVLAR aan te passen

Een algemeen geldende mening is dat CAVLAR veel potentie heeft voor assetmanagement. Een verbeterde toepasbaarheid en bruikbaarheid van CAVLAR is gewenst. Het blijven ontwikkelen en verbeteren van software om locaties (assets/systemen) met hoog OLM-risico te identificeren speelt daarin een essentiële rol. Een goed werkende tool is belangrijk als hulpmiddel bij de selectie van te saneren leidingen en bij nieuwe beheerconcepten voor afsluiters, bv het identificeren van de belangrijkste afsluiters voor het uitvoeren van meer frequente controles, reductie van het aantal afsluiters en het creëren van een (overblijvend) afsluiterbestand met een hoge betrouwbaarheid (95-100%).

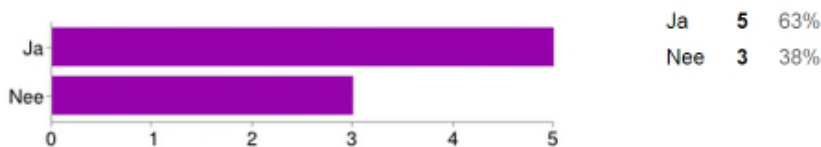
In deze bijlage worden de wensen van de waterleidingbedrijven voor het aanpassen van CAVLAR beschreven.

III.2 Wensen voor CAVLAR als tool voor systematische analyse van netwerk

CAVLAR is een software tool voor de systematische analyse van gecompliceerde netwerken, met name gericht op de invloed van falende afsluiters. Het zorgt voor een sectionering van het leidingnet. Met een aanpassing van CAVLAR, kan CAVLAR gebruikt worden als tool om regulier (bijvoorbeeld eens per 5 jaar) het netwerk door te rekenen om ongewenst sectie-indelingen te identificeren.

Vijf bedrijven vinden een dergelijke rekentoets essentieel voor hun waterleidingbedrijf, drie niet (Figuur III-1). Bij de laatste drie bedrijven wordt de reden genoemd dat zo'n rekentoets al binnen Infoworks WS mogelijk is. Deze geldt echter alleen bij een betrouwbaarheid van 100% van alle afsluiters.

Doordat met CAVLAR een analyse kan worden uitgevoerd bij variabele afsluiterbetrouwbaarheid, kan dit aspect meegenomen worden. Het belang van zo'n rekentoets ligt in het blijven monitoren en het optimaliseren van de sectie-indeling, omdat OLM-beperking steeds belangrijker wordt en ook om onderhoudsregimes bij te stellen en het aantal (onnodige) afsluiters te reduceren.



Figuur III-1 Belang van CAVLAR als een rekentoets voor beoordeling van sectionering van het leidingnet door de waterleidingbedrijven.

III.3 Wensen voor aanpassing of uitbreiding van CAVLAR

Gebaseerd op de geconstateerde zwaktes van CAVLAR in Tabel II-1 en op de wensen voor de implementatie van resultaten van CAVLAR in de praktijk hebben de waterleidingbedrijven in de enquête een aantal wensen aangegeven voor de aanpassing van CAVLAR (Tabel III-1).

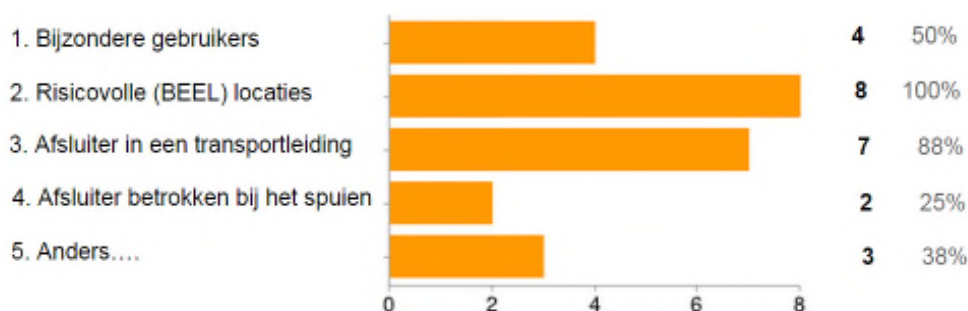
Tabel III-1 Wensen voor de aanpassing van CAVLAR, aangegeven door de geënquêteerde waterleidingbedrijven.

	Wensen aanpassing CAVLAR	Opmerking
1	Verbeteren performance: lange rekentijd bij afsluiters met een betrouwbaarheid < 100%.	Nu is de rekentijd te lang voor de berekening van kritische afsluiters bij grote netwerken en een afsluiterbetrouwbaarheid lager dan 100%
2	Berekening en rapportage meest kritische afsluiter: er is geen kental per afsluiter voor de impact, als de afsluiter meer/minder betrouwbaar wordt.	Dit kental kan helpen bij het opstellen van een inspectie- en onderhoudsplan. In de huidige versie is een kritische afsluiter de afsluiter die de grootste bijdrage heeft aan de totale OLM. Op basis hiervan kunnen afsluiters geprioriteerd worden, wat als input voor een onderhoudsplan gebruikt kan worden.
3	Rapportage van te inspecteren/onderhouden afsluiters op basis van bedrijfsinstellingen (budget, kosten, gewenste indeling in categoriën, etc)."	
4	Toevoegen geografische presentatie van het net/Verbeteren grafische interface	helpt bij het analyseren en visualiseren van rekenresultaten.
5	Aanvullen met effect voor de omgeving (BEEL, belangrijke klanten, monumenten,...).	Hierin is het kans-aspect van risico nog niet meegenomen
6	Integratie met standaardsoftware	Volledige implementatie is makkelijker als onderdeel van een standaard tool
7	Koppeling met de onderhoudshistorie (van leidingen en/of afsluiters)	Opgeslagen in een ERP systeem (bv SAP)
8	Koppeling aan GIS voor invoer en uitvoer	
9	Optimalisatie afsluiteronderhoud	
10	Slechte afsluiterconfiguraties vaststellen	
11	Sectioneringsmodule en OLM-simulatiemodule in matlab of python	zodat deze eenvoudig onderdeel kunnen worden van onze netwerksimulator (wens van één waterleidingbedrijf)

III.4 Wensen voor prioritering van afsluiters (binnen CAVLAR)

Alle bedrijven herkennen de wens of behoefte om afsluiters te prioriteren. Er zijn verschillende aspecten waarom een afsluiter belangrijk is. Binnen CAVLAR worden afsluiters geprioriteerd op basis van OLM. Afsluiters kunnen ook om andere redenen extra belangrijk zijn, bijvoorbeeld als ze in een transportleiding zitten, als ze betrokken zijn bij het spuien, of als ze betrokken zijn bij de levering aan een kritieke klant, zoals bijvoorbeeld een ziekenhuis.

In Figuur III-2 zijn belangrijke criteria weergegeven, die waterleidingbedrijven hanteren voor het prioriteren van afsluiters naast het effect op OLM. De aanwezigheid van een afsluiter op een BEEL (Beoordeling Externe Effecten Leidingen) locatie wordt door alle bedrijven als een belangrijk criterium gezien. Daarnaast zijn afsluiters in een transportleiding en bij bijzondere gebruikers extra belangrijk voor de meeste bedrijven. In Tabel III-2 worden de motivaties en richtlijnen weergegeven voor de genoemde criteria.



Figuur III-2 Criteria voor het prioriteren van afsluiters. Het percentage geeft het aantal bedrijven weer, die het betreffende criterium hanteren.

Tabel III-2 Criteria en bijbehorende motivatie en richtlijnen, die de waterleidingbedrijven hanteren voor het prioriteren van afsluiters.

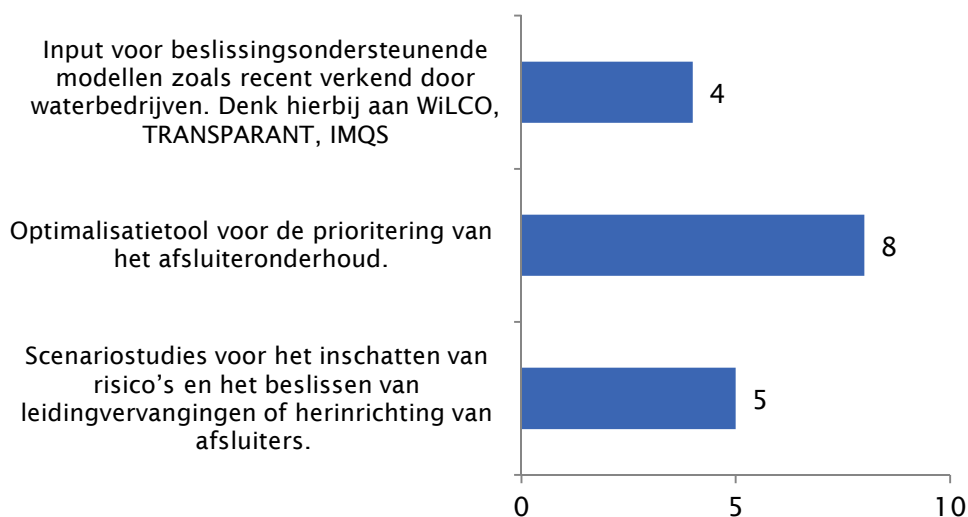
Criterium voor belang afsluiter	Motivatie en richtlijn voor prioritering afsluiters, behorende bij het genoemde criterium
1. Bijzondere gebruikers	Bijzondere gebruikers hebben een hogere prioriteit dan een gemiddeld huishouden. Bij één waterleidingbedrijf tellen ze daarom als meerdere 'equivalente huishoudens' bij OLM berekening. Bij bijzondere gebruikers (bijv. ziekenhuizen, verzorgingstehuizen, industriële klanten) wordt vaak ter weerszijden van de aansluitleiding een afsluiter geplaatst (zogenaamde ziekenhuis-aansluiting). Bij een probleem in het aangrenzende leidingnet is de watervoorziening gewaarborgd. Beide afsluiters moeten een hoge betrouwbaarheid hebben en daarmee hoge prioriteit in het onderhoudsregime. Bijzondere gebruikers zijn ziekenhuizen, nierdialysepatienten, verzorgingshuizen, industriële klanten.
2. Risicovolle (BEEL) locaties	Afsluiters zijn een belangrijke beheersmaatregel bij eventuele lekkage. Een lekkage op een risicovolle locatie heeft een potentieel groot effect. Door gerichte isolatie kunnen de externe effecten worden beperkt. Afsluiters op deze locatie, die bij de isolatie betrokken zijn moeten

	betrouwbaar zijn en goed functioneren. Voorbeelden van risicovolle locaties waar leidingen snel en betrouwbaar afgesloten moeten kunnen worden zijn afsluiters in de buurt van rails, snelwegen, n-wegen, waterkeringen. Waterleidingbedrijven hanteren in de praktijk verschillende richtlijnen: • De afsluiters worden via de BEEL-richtlijn geprioriteerd en worden jaarlijks gecontroleerd op functioneren. • BEEL afsluiters worden eens per jaar geïnspecteerd, de overige eens per 5 jaar
3. Afsluiter in een transportleiding	Transportleidingen worden gesectioneerd door afsluiters. Bij een lekkage/calamiteit heeft een niet goed functionerende afsluiter in de transportleiding een groot effect op de OLM. Wanneer de calamiteit niet gericht afgesloten kan worden zal de watervoorziening elders worden getroffen. Waterleidingbedrijven hanteren in de praktijk verschillende richtlijnen: • Prioritering van deze afsluiters om OLM te beperken. De afsluiters zijn geprioriteerd bij leidingen met een diameter vanaf 300 mm en worden jaarlijks gecontroleerd op functioneren. • De overige afsluiters zijn minder belangrijk en worden om de vijf jaar gecontroleerd op functioneren. • Afsluiters in TL-leidingen worden eens per jaar geïnspecteerd, de overige eens per 5 jaar. • Indeling in transportleidingen, transporterende distributieleiding en distributie leiding is op basis van hydraulica. Afsluiters in transportleidingen of transporterende distributieleidingen worden vaker onderhouden.
4. Afsluiter betrokken bij het spuien	Distributieleidingen moeten gericht kunnen worden schoongemaakt. Daarvoor zijn vaak meer afsluiters nodig dan die uit een CAVLAR-analyse voor sectionering overblijven. Prioriteit is lager dan bij 1 t/m 3. Ten tijde van een schoonmaakactie worden de afsluiters intensief getest en kunnen problemen worden verholpen om de betrouwbaarheid voor een volgende actie te verhogen.
5. Anders	Afsluiters met een grote (uitbreiding van de) impact bij falen. Eén waterleidingbedrijf beschouwt naast bovenstaande categorieën de volgende afsluiters als bijzondere afsluiters: afsluiters die genoemd worden in noodprocedures, afsluiters bij koppelpunten (met andere waterleidingbedrijven), afsluiters die dienen als drukscheiding of scheiding van de beheerregio als bijzondere afsluiters. Deze afsluiters mogen niet falen. Het waterleidingbedrijf bepaalt zelf welke afsluiters bijzonder zijn en welke regulier. Bijzondere afsluiters worden jaarlijks gecontroleerd, daar waar de reguliere afsluiters eens per drie jaar worden gecontroleerd.

III.5 Wensen voor andere toepassingsmogelijkheden van CAVLAR

CAVLAR berekent de consequenties van afsluiterplaatsing en het functioneren van de afsluiters (in combinatie met storingsgegevens en de netconfiguratie) voor een theoretische OLM. Hierbij wordt er geen rekening meegehouden of de gekozen oplossingen hydraulisch kloppend zijn. Als voorbeeld: voor CAVLAR is het geen bezwaar als er 500 m³/h door een 50 mm leiding stroomt. 75% van de bedrijven vinden het wenselijk dat CAVLAR rekening houdt met hydraulische consequenties. Dit kan door per leiding een maximale volumestroom of verhang (wrijvingsverlies/ km) in te voeren.

Momenteel berekent CAVLAR de OLM van een leidingnet en is het een hulpmiddel bij het prioriteren van afsluiters. CAVLAR kan echter nog voor andere doeleinden gebruikt worden, zoals voor scenariostudies voor het inschatten van risico's of vervangingsbeleid, binnen een optimalisatietool voor afsluiteronderhoud en als input voor beslissingsondersteunende modellen. In Figuur III-3 is te zien welke toepassing de waterleidingbedrijven zinvol vinden. CAVLAR binnen een optimalisatietool voor de prioritering van afsluiteronderhoud heeft de grootste voorkeur.



Figuur III-3 Gewenste toepassingsmogelijkheden van CAVLAR volgens de geënuquêteerde waterleidingbedrijven.

Voor scenariostudies en bij toepassing in beslissingsondersteunende modellen moet CAVLAR meer informatie aanleveren dan nu. In Tabel III-3 staan de aspecten waar CAVLAR aan moet voldoen volgens de waterleidingbedrijven. Eén waterleidingbedrijf zou CAVLAR nog voor een ander doel willen inzetten, namelijk voor het testen van nieuwe netwerken op de juistheid van het sectioneringsontwerp.

Tabel III-3 Benodigde aspecten of output van CAVLAR bij het gebruik van CAVLAR in andere toepassingen.

Toepassing	Benodigde aspecten of output van CAVLAR
Scenariostudies voor het inschatten van risico's en het beslissen van leidingvervangingen of herinrichting afsluiters	• Diverse PI's per leiding/afsluiter • OLM consequenties van afsluiterconfiguratie • Theoretische impact/OLM • Netwerk sectionering
Input voor beslissingsondersteunende modellen	• Diverse PI's per leiding/afsluiter • Waarde criticaliteit verbinden aan afsluiters bij het falen van leiding of afsluiter zelf tov andere afsluiters op basis van OLM • Waarde criticaliteit verbinden aan leidingen bij falen leiding tov andere leidingen op basis van OLM