

**BTO 2006.006**  
augustus 2006

## **Prestatie en kosten van distributie-assets**

Concretiseren van assetmanagement aan de hand  
van vier pilots

**BTO 2006.006**  
augustus 2006

# **Prestatie en kosten van distributie-assets**

Concretiseren van assetmanagement aan de hand  
van vier pilots

© 2006 Kiwa Water Research

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag  
worden verveelvoudigd,  
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.

**Kiwa Water Research**

Groningehaven 7  
Postbus 1072  
3430 BB Nieuwegein

Telefoon 030 60 69 511  
Fax 030 60 61 165  
Internet [www.kiwawaterresearch.eu](http://www.kiwawaterresearch.eu)

# Colofon

**Titel**

Prestatie en kosten van distributie-assets;  
concretiseren van assetmanagement aan de hand  
van vier pilots.

**Projectnummer**

11.1552.100

**Projectmanager**

W.J.M.K. Senden

**Kwaliteitsborger**

R.H.S. Beuken

**Auteurs**

C.F.T. Kivit en E.J.M. Blokker

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar

# Voorwoord

Het voorliggend rapport is het eindresultaat van het BTO-project Pilot Hoofdleidingen. Alhoewel de naam van het project de nadruk legt op hoofdleidingen, bleek tijdens het project al snel dat onderscheid moest worden gemaakt tussen verschillende assetclusters, waaronder afsluiters, aansluitleidingen en hoofdleidingen. Door dit onderscheid kon ieder assetcluster tijdens een aparte pilot vanuit een andere invalshoek worden benaderd. De pilots zijn uitgevoerd bij verschillende waterbedrijven waardoor assetmanagement praktisch en tastbaar is gemaakt. Hierdoor hebben de pilots een bedrijfsspecifiek karakter en is het niet altijd mogelijk om ervaringen en conclusies te vertalen naar bedrijfstakbrede uitspraken.

Onderhoud en beheer valt of staat bij de beschikbaarheid en kwaliteit van de data. Zonder goede data kunnen de kosten en prestatie van assets niet worden bepaald. Tijdens het onderzoek bleken sommige systemen niet voldoende flexibel om de benodigde data te genereren waardoor veel tijd is gaan zitten het geschikt maken van de data die wel beschikbaar zijn. Om richting te leveren aan mogelijke aanpassingen van datasystemen is de pilot bij DZH voornamelijk gewijd aan datamanagement.

De uitvoering van de pilots heeft plaats gevonden in nauwe samenwerking met de waterbedrijven. Wij hebben veel ondersteuning gekregen van de waterbedrijven, waarbij wij de volgende personen speciaal willen bedanken voor hun bijdrage: Henk de Kater (Evides), Ronald Laverman (Waternet), Ferry Roman (DZH) en André Wierda (WMD).

Het project wordt inhoudelijk gestuurd door de programmauitvoeringscommissie (PUC) bestaande uit Ronald Laverman (Waternet), Loet Rosenthal (PWN), Karel Vangeel (PIDPA), André Wierda (WMD) en Egbert Zaadstra (Brabant Water).

# Samenvatting

**Managers van distributie-assets willen het effect weten van onderhoud en beheer op de prestatie en kosten van de assets. Om ervaring op te doen met de effectbepaling en assetmanagement concreet te maken zijn bij verschillende waterbedrijven assets geanalyseerd met behulp van de instrumenten LCC AM/QM, CARE-W, CAVLAR en ArcGIS.**

## Belang

Onderhoud en beheer van distributie-assets brengen grote kosten met zich mee. Distributie-assets hebben een lange levensduur waardoor investeringen lang nawerken in de prestatie van het netwerk. Tegelijkertijd kan een goed onderbouwd onderhouds- en beheersbeleid de prestatie verbeteren en de kosten reduceren. Het is daarom belangrijk om onderhoud en beheer van een goede onderbouwing te voorzien door het effect op de prestatie en kosten te bepalen.

## Aanpak

In het onderzoek zijn de volgende drie assetclusters geanalyseerd: hoofdleidingen (bij Waternet en DZH), afsluiters (bij WMD) en aansluitleidingen (bij Evides). Voor het bepalen van het effect van onderhoud en beheer op de prestatie en kosten is gebruik gemaakt van bestaande instrumenten: LCC AM/QM, CARE-W, CAVLAR en ArcGIS. Het onderzoek is uitgevoerd in nauwe samenwerking met waterbedrijven.

## Resultaten

De pilots laten zien hoe de instrumenten bijdragen aan een onderbouwing van onderhoud en beheer van distributie-assets:

- LCC AM/QM is in essentie een financieel pakket waaraan extra functionaliteiten zijn toegevoegd om het storingsverloop voor een leidinggroep te bepalen. Vervolgens kan het effect van een gekozen vervangingscriterium op de jaarlijkse kosten en de gemiddelde storingsfrequentie worden berekend.
- CARE-W richt zich meer op de technische aspecten van het saneringsbeleid en kijkt hierbij meer naar individuele leidingen. CARE-W legt de nadruk op goed datamanagement (volledige en juiste gegevens) en is geschikt voor zowel korte- als lange-termijn-planning, terwijl LCC AM/QM met name voor de middellange- en lange-termijn-planning geschikt is.
- CAVLAR (implementatie van de afsluitermethodiek) is geschikt om kritische afsluiters te identificeren. Daarnaast kan het effect worden bepaald van een ander afsluiterbeleid op de OLM. Gecombineerd met de bijhorende kosten van een ander afsluiterbeleid kan CAVLAR onderhouds- en beheersbeslissingen voor afsluiters ondersteunen.
- ArcGIS koppelt omgevingsfactoren aan storingen waardoor de relatie tussen omgevingsfactoren en storingen kan worden bepaald.

Analyse van de assetclusters hoofdleidingen en afsluiters heeft geleid tot inzicht in de relatie tussen een verbetering van de prestatie (hier uitgedrukt als OLM-reductie), en kosten die een onderhouds- of beheersmaatregel met zich mee brengen. Voor hoofdleidingen is gekeken naar het eerder vervangen van leidingen en voor afsluiters naar selectieve en willekeurige afsluitercontrole. Uit de analyse blijkt dat selectieve afsluitercontrole de meest effectieve methode is om een OLM-reductie te bereiken.

Tijdens de pilots zijn kennislacunes geïdentificeerd waarvoor nieuwe onderzoeksthema's zijn geformuleerd. Deze kennislacunes zijn 1) stel een basislijst op van relevante kenmerken en omgevingsfactoren voor verschillende assetclusters, 2) ontwikkel een praktische methode om de betrouwbaarheid van afsluiters te bepalen en 3) ontwikkel een instrument dat de kwaliteit van de gegevens in het LIS toetst en dat ontbrekende gegevens signaleert.

### **Advies**

De waterbedrijven wordt geadviseerd om aan de slag te gaan met assetmanagement. De eerste stap is te analyseren wat de huidige prestatie en kosten zijn en de tweede stap is om, met behulp van instrumenten, te bepalen hoe deze kosten omlaag en/of de prestatie omhoog gebracht kunnen worden. CAVLAR helpt om de (huidige) leiding- en afsluiterconfiguratie te analyseren, een pakket als CARE-W ondersteunt de keuze van vervangingen. Omdat tijdens het project geen relatie is gevonden tussen storingen op aansluitleidingen en zettingen, is de verwachting dat verdere analyse van storingen op aansluitleidingen weinig zal opleveren.

%%%for ManSam%%%

### **Rapport**

De resultaten van het onderzoek zijn beschreven in het rapport prestatie en kosten van distributie-assets (BTO2006.006).

%%%for ManSam%%%

# Inhoud

## Voorwoord 1

<b>Samenvatting</b>	<b>2</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Aanleiding	6
1.2 Doel	6
1.3 Aanpak	6
1.3.1 Prestatie-indicatoren	7
1.3.2 Informatieverzameling	8
1.4 Leeswijzer	12
<b>2 Pilot hoofdleidingen bij Waternet</b>	<b>13</b>
2.1 Inleiding	13
2.2 Dataverzameling	13
2.3 Analyse van huidige storingen	15
2.4 Voorspeling van toekomstige storingen	16
2.4.1 Saneringsplannen voor de korte termijn	20
2.4.2 Saneringsplannen voor de lange termijn	20
2.4.3 Afweging scenario's	22
2.5 Conclusie pilot hoofdleidingen (Waternet)	25
<b>3 Pilot hoofdleidingen bij DZH</b>	<b>27</b>
3.1 Introductie CARE-W	27
3.2 Geschiktheid data DZH voor CARE-W	29
3.3 Conclusie pilot hoofdleidingen (DZH)	31
<b>4 Vergelijking instrumenten voor het bepalen van het vervangingsmoment</b>	<b>32</b>
4.1 Vergelijking tussen LCC AM/QM en CARE-W	32
4.2 Vergelijking LCC AM/QM en CARE-W en andere programma's	32
<b>5 Pilot afsluiters bij WMD</b>	<b>35</b>
5.1 Prestatie-indicatoren voor afsluiters	35
5.2 Dataverzameling	36
5.2.1 Gegevens afsluiters	36
5.2.2 Gegevens voor CAVLAR	38
5.2.3 Variatie van prestatie	39
5.3 Gebruik CAVLAR: relatie kosten en OLM	40
5.3.1 Ontwerpfase	41

5.3.2	Operationele fase zonder vervangingen	42
5.3.3	Operationele fase met actief afsluiterbeleid	44
5.4	Conclusie pilot afsluiters	46
<b>6</b>	<b>Pilot aansluitleidingen bij Evides</b>	<b>47</b>
6.1	Inleiding	47
6.2	Dataverzameling	47
6.3	Relatie storingsfrequentie en omgevingsfactoren	48
6.4	Relatie storingsfrequentie en vervangingsinspanning	49
6.5	Relatie kosten en prestatie	51
6.6	Conclusies pilot aansluitleidingen	51
<b>7</b>	<b>Discussie</b>	<b>52</b>
7.1	Motief voor het saneren van leidingen	52
7.2	Prestatie-indicatoren voor het saneren van leidingen	54
7.2.1	Ondermaatse leveringsminuten	54
7.2.2	Storingen	55
7.2.3	Klachten	57
7.3	Nieuwe onderzoeksthema's	58
<b>8</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>60</b>
8.1	Conclusie methoden voor het bepalen van prestatie en kosten	60
8.2	Conclusie relatie tussen kosten-prestatie	60
8.3	Aanbevelingen	62
<b>9</b>	<b>Literatuur</b>	<b>64</b>
<b>I</b>	<b>CARE-W: input-matrix</b>	<b>66</b>
<b>II</b>	<b>CARE-W bij DZH</b>	<b>74</b>
<b>III</b>	<b>PARMS</b>	<b>77</b>
<b>IV</b>	<b>WARP</b>	<b>84</b>
<b>V</b>	<b>LEADA</b>	<b>85</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Assetmanagement is een abstract begrip. Vanuit de bedrijfstak kwam de wens om assetmanagement praktisch en tastbaar te maken in een concrete pilot [7]: “akker nu eens zo’n hoofdleiding door en zie waar je tegenaan loopt”. Er is behoefte aan een praktische uitwerking met concrete resultaten. De uitvoering van een pilot ondersteunt de verankering van assetmanagement bij medewerkers van waterbedrijven en draagt expliciet bij aan het ontwikkelen van draagvlak.

## 1.2 Doel

Het doel van dit project is het concreet maken van assetmanagement. Dat betekent dat duidelijk moet worden wat de informatiebehoefte is om een assetmanagementbeslissing te kunnen maken, hoe de informatie uit de beschikbare data gehaald kan worden en hoe deze het beste gepresenteerd kan worden. Het gaat in de pilots derhalve om het bepalen van de relatie tussen prestatie en kosten van assets, niet zozeer om wat de gevonden relatie is. Dit zal namelijk voor ieder waterbedrijf verschillen.

De invulling van assetmanagement is afhankelijk van strategische keuzes en is daarom bedrijfsspecifiek. De methoden die binnen de pilots van dit project zijn toegepast moeten daarom worden beschouwd als een voorbeeld. De opbrengst van het project ligt in de beschrijving van de methode en minder in de uitkomsten van de verschillende kosten/batenanalyses

Het doel kan worden vertaald in een aantal subdoelen:

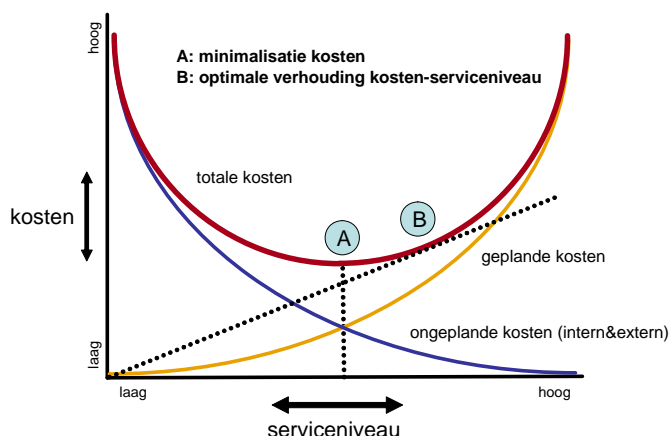
1. Het proces aangeven hoe de relatie tussen kosten en prestatie van assets kan worden vastgesteld, daarbij:
  - is de informatiebehoefte het uitgangspunt;
  - wordt geconcentreerd op de methodiek om van data tot informatie te komen;
  - en is het resultaat een beschrijving hoe de verkregen informatie kan bijdragen aan de keuze van onderhouds- en vervangingsstrategieën.
2. Kennislacunes te identificeren bij het uitvoeren van de pilots en deze kennislacunes te vertalen naar aanbevelingen richting het waterbedrijf en waar mogelijk gezamenlijke onderzoeksvoorstellen formuleren voor de ondersteuning van assetmanagement van de waterbedrijven.

## 1.3 Aanpak

Het uitgangspunt bij de keuze van de assetclusters is dat verschillende onderdelen van de waterbedrijven aan bod moeten komen. Daarnaast moet de pilot aansluiten op de huidige vraagstukken binnen de deelnemende waterbedrijven. Waterbedrijven hebben de gelegenheid gekregen om zichzelf

voor deelname aan een pilot op te geven. In het onderzoek zijn de volgende drie assetclusters geanalyseerd: hoofdleidingen (bij Waternet en DZH), afsluiters (bij WMD) en aansluitleidingen (bij Evides).

In Figuur 1 zijn de relaties tussen minimale (geplande en ongeplande) kosten en prestatie schematisch weergegeven, en twee verschillende optima (aangegeven met A en B). De optimale balans tussen geplande en ongeplande kosten is afhankelijk van de bedrijfsdoelstelling: minimale kosten (A in Figuur 1) of laagste kosten-serviceniveau-verhouding (B in Figuur 1) [7]. Uitgangspunt van dit project was te trachten om dit conceptuele plaatje in te vullen met de werkelijke kosten en prestatie van een waterbedrijf.



Figuur 1 De relatie tussen kosten en serviceniveau van een asset

Om alternatieve onderhouds- en vervangingsstrategieën met elkaar te kunnen vergelijken moet het serviceniveau worden vertaald naar meetbare prestatie-indicatoren, die per bedrijf worden afgeleid van de bedrijfsdoelstelling. Beslissingen kunnen alleen worden genomen indien voldoende relevante informatie beschikbaar is. De datasystemen die de informatie leveren moeten én aansluiten op de gewenste specificaties én voldoende data bevatten. Wanneer duidelijk is op welke informatie investeringsbeslissingen gebaseerd (kunnen) worden, kunnen datasystemen daarop worden ingericht. Analyse van data vindt plaats door het gebruik van hulpmiddelen, in dit rapport aangeduid met 'instrument'. Instrumenten zetten data om naar bruikbare informatie.

De prestatie-indicatoren (PI) die bij de pilots zijn gebruikt worden in §1.3.1 beschreven. De processen hoe informatie over de PI en de kosten uit de datasystemen is gehaald zijn beschreven in §1.3.2.

### 1.3.1 Prestatie-indicatoren

Prestatie-indicatoren zijn o.a. beschreven in de bundel Werkconferentie assetmanagement [7] en door IWA [1]. In Tabel 1 zijn de kosten- en prestatie-indicatoren van o.a. de werkconferentie assetmanagement en de nieuwe VEWIN-benchmark samengevat. Na een rondgang bij verschillende

waterbedrijven blijken OLM<sup>1</sup>, de gemiddelde storingsfrequentie en het aantal klachten de belangrijkste prestatie-indicatoren. Deze worden gebruikt tijdens de pilots in voorliggend onderzoek.

Tabel 1 Overzicht kosten- en prestatie-indicatoren

		Kwaliteit	Kwantiteit	Continuïteit	Dienstverlening	Financieel
Benchmark	Objectieve parameter	WKI <sup>2</sup>	-	OLM <sub>onderbrekingen</sub>	Klachten-responstijd	Belastingen Vermogenskosten Afschrijving Operationele kosten Productie Distributie Proces-ondersteund Verkoop Algemeen Solvabiliteit
	Subjectieve parameter	Enquête klanttevredenheid				-
Asset management	Objectieve parameter	WKI	Druk meten	Conditie leidingen <sup>3</sup>	SLA <sup>4</sup>	OPEX <sup>5</sup> CAPEX <sup>6</sup>
		OPM <sup>7</sup>				
	Subjectieve parameter	OLM			Klachten	

### 1.3.2 Informatieverzameling

De processen om bedrijfsdoelen te vertalen naar onderhouds- en vervangingsstrategieën zijn weergegeven in Figuur 2. De processen zijn in plan-do-check-act-cirkels gevat:

- De eerste stap is het bepalen van de prestatie-indicator die gemeten zal worden (bijvoorbeeld OLM).
- Vervolgens kan een (eerste) inschatting worden gemaakt welke gegevens voor de PI verzameld moeten worden (voor OLM moet o.a. van alle leveringsonderbrekingen de duur en het aantal getroffen verbruiksadressen worden bepaald).
- Daarna wordt gekeken of de huidige datasystemen daaraan voldoen of dat er aanpassingen nodig zijn (bijvoorbeeld het aanpassen van storingsformulieren en instrueren van monteurs voor het registreren van de onderbrekingsduur).

<sup>1</sup> In de evaluatie van de pilot ondermaatse leveringsminuten (OLM) [6] wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende type OLM (ongepland/gepland, gemeld/ongemeld en leveringsonderbreking/druk/waterkwaliteit). Binnen dit project wordt met OLM, tenzij nadrukkelijk vermeld, verwezen naar ongeplande leveringsonderbrekingen.

<sup>2</sup> WKI: Waterkwaliteitsindex

<sup>3</sup> De voorspelling van de restlevensduur op basis van storingsverleden, materiaaleigenschappen, omgevingsfactoren, lekverliezen etc. is iets voor de langere termijn. In het kader van het BTO conditieonderzoek zal dit aspect verder worden uitgewerkt.

<sup>4</sup> SLA: Service Level Agreement

<sup>5</sup> OPEX: Operating Expenditure

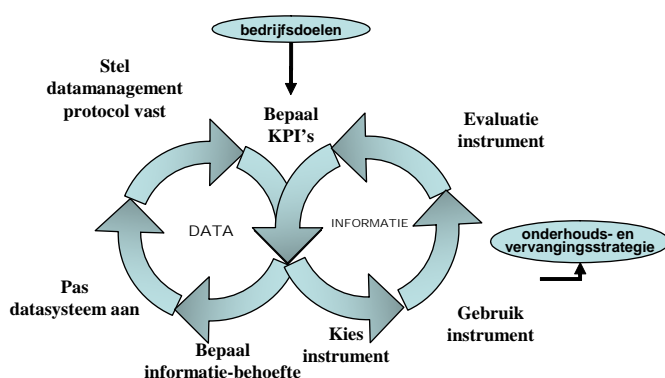
<sup>6</sup> CAPEX: Capital Expenditure

<sup>7</sup> OPM: opwervingspotentiëmeting

- Na het aanpassen van de systemen zal ook een stap in de borging van het nieuwe protocol plaats moeten vinden.

Voorbeeld:

De informatiebehoefte komt in de praktijk vaak niet overeen met de beschikbare informatie. Veronderstel dat een waterbedrijf het vervangen van leidingen anders wil aanpakken. Op dit moment worden leidingen vervangen als de straat opengaat, maar het waterbedrijf heeft de voorkeur om leidingvervanging te baseren op de storingsfrequentie. Echter, de oorzaak van storingen is tot op heden niet geregistreerd waardoor geen onderscheid kan worden gemaakt tussen een spontane storing en een storing veroorzaakt door derden. In dit voorbeeld moet het waterbedrijf eerst het storingsregistratiesysteem aanpassen en vervolgens data verzamelen, voordat het nieuwe bedrijfsbeleid 'vervangen op basis van spontane storingen' volledig kan worden ingevoerd.



*Figuur 2 Processen voor het vertalen van bedrijfsdoelen naar onderhouds- en vervangingsstrategieën*

Tijdens (of na) het doorlopen van de data-cyclus van Figuur 2 wordt op de volgende wijze gekeken naar het distilleren van de juiste informatie uit de verzamelde data (bijvoorbeeld het vinden van de 'performance killer' op het gebied van OLM):

- De extractie van informatie wordt gedaan met een 'instrument'; het instrument is een softwarepakket of een analysemethode.
- Wanneer gekozen is voor een methode kan deze worden ingezet en worden geëvalueerd.

De evaluatie kan reden zijn de data-cyclus opnieuw te doorlopen omdat aanvullende data gewenst is voor een goede informatievoorziening. De informatie die aldus verkregen wordt kan helpen bij het opstellen van investerings- of onderhoudsplannen. De combinatie van informatie uit verschillende datasets en analysemethoden leidt tot kennis van de assets.

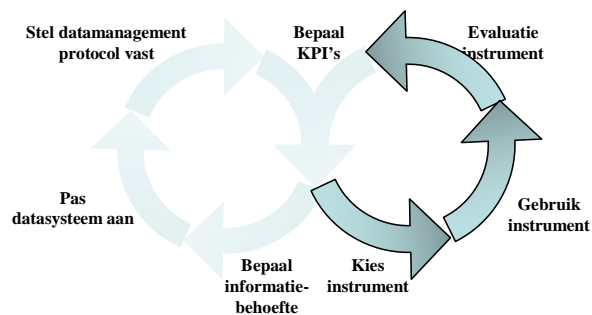
In Figuur 2 is de interactie tussen data- en informatiemanagement aangegeven en wordt tevens vermeld op welke onderdelen de pilots betrekking hebben: de acties die onderdeel vormen van de twee procescycli. De cycli staan echter niet op zichzelf, maar hebben een relatie met de omgeving. Deze omgeving wordt gevormd door het waterbedrijf: de keuze van de KPI's die zijn vastgelegd in de bedrijfsdoelen en de acties die het

waterbedrijf onderneemt naar aanleiding van de uitkomsten van het instrument. Het waterbedrijf bepaalt zelf de input en acties die aan de output van de twee procescycli in Figuur 2 worden gekoppeld. Acties zijn bijvoorbeeld het ontwerpen van een alternatieve onderhouds- en vervangingsaanpak of het aanpassen van die aanpak.

De verschillende pilots die zijn uitgevoerd binnen dit project gaan telkens in op een aantal stappen uit de cycli van Figuur 2. Daarbij dient opgemerkt te worden dat het waterbedrijf de stap 'bepaal de KPI's' zelf doet en buiten dit onderzoek valt. Voor de stappen die niet binnen een pilot zijn doorlopen worden aanbevelingen gedaan in hoofdstuk 8.

#### Pilot hoofdleidingen (Waternet)

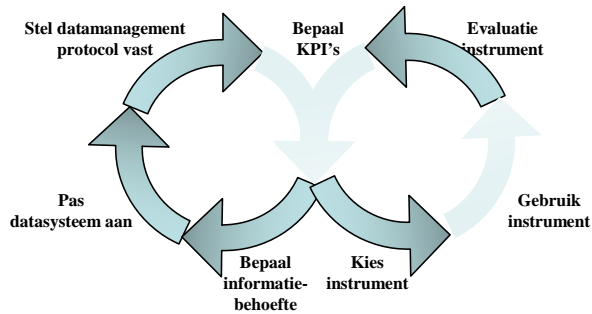
De stappen die in de eerste pilot hoofdleidingen zijn genomen zijn weergegeven in Figuur 3. De KPI die hier wordt behandeld is het aantal storingen op hoofdleidingen per type leiding. De data die gebruikt zijn, zijn door Waternet aangeleverd, er is binnen de pilot niet geïnventariseerd welke gegevens verzameld moeten worden en hoe dat het beste zou kunnen. Voor de data-analyse is gebruik gemaakt van LCC AM/QM.



*Figuur 3 De stappen bij de pilot hoofdleidingen (Waternet)*

#### Pilot hoofdleidingen (DZH)

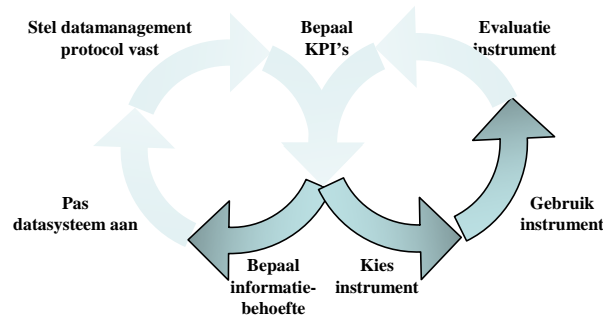
De stappen die in de tweede pilot hoofdleidingen zijn genomen zijn weergegeven in Figuur 4. De KPI die hier wordt behandeld is het aantal storingen op hoofdleidingen per gebied. Het instrument dat ingezet is om de informatie te distilleren is CARE-W. DZH heeft geïnventariseerd hoe ze haar datasysteem moet aanpassen om meer of nauwkeurigere data te verzamelen voor het gebruik van CARE-W. Het instrument is nog niet ingezet, omdat het datamanagement nog niet is aangepast, maar het instrument is wel deels geëvalueerd.



Figuur 4 De stappen bij de pilot hoofdleidingen (DZH)

Pilot afsluiters (WMD)

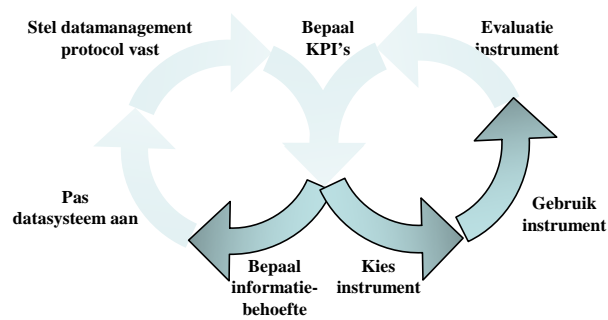
De stappen die in de pilot afsluiters zijn genomen zijn weergegeven in Figuur 5. De KPI die hier wordt behandeld is de 'betrouwbaarheid van afsluitingen', wat is vertaald als de bijdragen van de afsluiters aan de CML (of ongeplande leveringsonderbeking in OLM). Voor de data-analyse is gebruik gemaakt van CAVLAR (implementatie van de afsluitermethodiek). WMD heeft haar datasysteem (nog) niet aangepast om meer of nauwkeurigere data te verzamelen, ook is het gebruik van het instrument niet geëvalueerd.



Figuur 5 De stappen bij de pilot afsluiters

Pilot aansluitleidingen (Evides)

De stappen die in de pilot aansluitleidingen zijn genomen zijn weergegeven in Figuur 6. De KPI die hier wordt behandeld is het aantal storingen op aansluitleidingen per deelvoorzieningsgebied. Het instrument dat ingezet is om de informatie te distilleren is een GIS. Evides heeft haar datasysteem (nog) niet aangepast om meer of nauwkeurigere data te verzamelen; ook is het gebruik van het instrument niet geëvalueerd.



*Figuur 6 De stappen bij de pilot aansluitleidingen*

#### 1.4 Leeswijzer

In dit rapport worden de pilots van drie verschillende distributie-assets in vier hoofdstukken behandeld: hoofdleidingen (hoofdstuk 2 en 3), afsluiters (hoofdstuk 5) en aansluitleidingen (hoofdstuk 6). De assetcluster hoofdleidingen is in twee pilots aan de orde gekomen, waarbij gebruik gemaakt is van verschillende instrumenten: LCC AM/QM en CARE-W. In hoofdstuk 4 zijn beide instrumenten vergeleken met elkaar en, via een literatuurstudie, met andere instrumenten. In hoofdstuk 7 is ruimte gemaakt voor discussies die tijdens de pilots naar voren kwamen. De conclusies en aanbevelingen die uit de pilots naar voren kwamen zijn samengebracht in hoofdstuk 8.

## 2 Pilot hoofdleidingen bij Waternet

### 2.1 Inleiding

Het leidingnet van Waternet heeft een lengte van 2300 km en bestaat voornamelijk uit de materialen grijs gietijzer, nodulair gietijzer, PVC en PE. De storingsfrequentie van het leidingnet is ongeveer 0,04 storingen per kilometer per jaar en is daarmee aanzienlijk lager dan het landelijk gemiddelde van 0,09 st/km/jr. Ongeveer de helft van de storingen wordt veroorzaakt door derden.

Vervanging van leidingen was in het verleden voornamelijk afhankelijk van acties door derden, zoals herbestrating of vervanging van het riool. Daarnaast speelden leeftijd en storingsfrequentie een rol. Waternet heeft de wens om beslissingen over het vervangen van leidingen op uniforme en reproduceerbare wijze te nemen. Waternet oriënteert zich hierbij op het programma Life Cycle Costing Asset Management / Quantitative Maintenance (LCC AM/QM), dat is ontwikkeld door S&G en Partners [20]. Met LCC AM/QM kunnen kosten-batenanalyses van verschillende vervangingsstrategieën worden gemaakt.

De belangrijkste vragen voor de pilot bij Waternet zijn:

- onderzoek de relatie tussen prestatie en kosten voor het leidingnet van Waternet;
- beschrijf het proces om deze relatie vast te stellen;
- identificeer kennislacunes en geef aanbevelingen.

### 2.2 Dataverzameling

Voor deze pilot zijn door Waternet twee bestanden aangeleverd: een leidingen- en storingenbestand. In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de meest relevante kenmerken die zijn ingevoerd in LCC, waarbij onderscheid is aangebracht tussen:

- bestaande gegevens uit leidingen- en storingregistratiesysteem van Waternet (niet-gearceerde vlakken);
- voor deze analyse gegenereerde gegevens (gearceerde vlakken).

In het storingregistratiesysteem kunnen aan storingen vijf kenmerken worden toegevoegd. Het is niet mogelijk de oorzaak van een storing aan te geven. Hierdoor is het niet mogelijk een onderscheid te maken tussen spontane storingen en storingen veroorzaakt door derden.

Aan de gegevens uit het storingregistratiesysteem is een leiding-ID toegevoegd. Storingen zijn gekoppeld aan een straatnaam en een huisnummer. Storingen zijn aan leidingen toegewezen door de adressen te voorzien van XY-coördinaten en vervolgens de meest nabijgelegen leiding te selecteren. Fouten kunnen optreden bij hoekhuizen of leidingovergangen.



Tabel 2 Een selectie van de door Waternet toegepaste storing- en leidingkenmerken. Voor de analyse met LCC AM/QM zijn een aantal kenmerken toegevoegd aan de bestaande gegevens (gearceerd weergegeven)

Storingen	Leidingen	
Datum	MEDIUM	LENGTE
Melding	GROEP	FUNDERINGSTYPE
Melding-Omschr	MATERIAAL	LIGGING
Afhandeling werk	NORM	NET_NIVEAU
Afhandeling Omschr	DRUKKLASSE	NUTSBEDRIJF
L ID	KALIBER	GEMEENTE
	VERBINDINGSTYPE	STATUS
	BESCHERMING_INWENDIG	DATUM_INVOER
	BESCHERMING UITWENDIG	corr. Jaar van aanleg
	LEVERANCIER	Levensduur
	TREKVASTHEID	Technische levensduur
	JAAR_GELEGD	Jaar vervanging (PROGNOSE)
	JAAR_GECEMENTEERD	Vervangingswaarde (2004)
	JAAR_VERVALLEN	

In het LIS zijn 35 kenmerken per leiding beschikbaar waaraan voor de analyse met LCC AM/QM 5 kenmerken zijn toegevoegd, zoals de vervangingswaarde en de technische levensduur. De vervangingswaarde wordt per leiding bepaald op basis van nacalculatie en is afhankelijk van materiaal en diameter. Per leidingmateriaal kan de vervangingswaarde worden bepaald, waarbij er een logaritmische relatie bestaat tussen de diameter en de vervangingswaarde. Zo is bijvoorbeeld de vervangingswaarde van grijs gietijzer met een diameter van 100 mm 178 €/m, van 250 mm 265 €/m en 800 mm 712 €/m.

De technische levensduur wordt per leidinggroep bepaald op basis van een aangenomen verloop van de storingsfrequentie en een aangenomen maximale storingsfrequentie. De technische levensduur voor groepen leidingen met een te gering aantal storingen om een storingsfrequentie te schatten vindt plaats op basis van expert judgement. In Tabel 3 is een overzicht gegeven van de technische levensduur die Waternet hanteert op basis van expert judgement.

Tabel 3 Maximale technische levensduur van alle door Waternet gedefinieerde leidinggroepen bepaald op basis van expert judgement

Materiaal	kaliber	bescherming	aanleg jaar	levensduur
GG	<= 6"			80 jaar
GG	6" - 10"			100 jaar
GG	> 10"			120 jaar
GG/c				60 jaar
NG	<= 300			100 jaar
NG	> 300			150 jaar
PVC	<= 300		<1973	55 jaar
PVC	<= 300		>1973	70 jaar
PVC	> 300		<1973	45 jaar
PVC	> 300		>1973	80 jaar
PE				80 jaar
AC				60 jaar
Staal	<= 300	bitumen		80 jaar
Staal	<= 300	polyetheen		100 jaar
Staal	> 300	bitumen		90 jaar
Staal	> 300	polyetheen		150 jaar
Beton met stalen kern				100 jaar
Beton voorgespannen				90 jaar
Koper				70 jaar

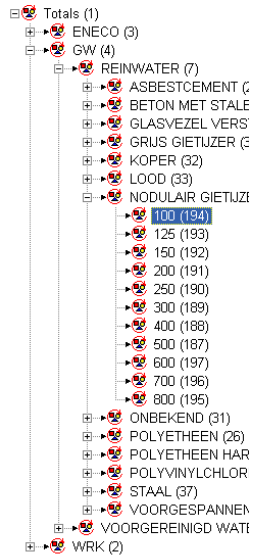
Naast de vervangingswaarde van leidingen zijn ook operationele kosten toegevoegd. De operationele kosten bedragen 2.500 € per storing (onafhankelijk van diameter, leidingkenmerken en omgevingsfactoren).

Een belangrijk aandachtspunt bij het gebruik van LCC AM/QM is het indelen van leidingen in groepen. Er zal een keuze moeten worden gemaakt op grond van welke karakteristieken van de leiding en van de omgeving groepen worden ingedeeld. Hierbij is het van belang te weten welke karakteristieken van invloed zijn op de conditie van leidingen en het optreden van storingen.

Databestanden van leiding- en storingsgegevens zijn in ruwe vorm door Waternet aangeleverd aan S&G en Partners, die deze gegevens geschikt heeft gemaakt voor toepassing in LCC AM/QM. Waternet heeft deze gegevens vervolgens geanalyseerd met LCC AM/QM. Kiwa heeft samen met Waternet enkele aanvullende analyses uitgevoerd waarbij enkele vervangingsscenario's zijn vergeleken.

### 2.3 Analyse van huidige storingen

Na het invoeren van de leiding- en storingsgegevens kunnen de leidingen op eenvoudige wijze worden ingedeeld in groepen. Bij het indelen heeft de gebruiker een grote vrijheid. Per groep genereert LCC AM/QM verschillende overzichten zoals het aantal storingen per leeftijdscategorie en de gemiddelde storingsfrequentie per lengte per leeftijd. Via een boomstructuur (zie Figuur 7) kan per groep een overzicht worden opgeroepen.



Figuur 7 Boomstructuur van LCC AM/QM. In dit voorbeeld is gekozen voor de leidingen in beheer van Waternet, van nodulair gietijzer met een buitendiameter van 100mm

Op basis van de gegevens van Waternet blijkt dat de meeste informatie wordt verkregen uit het overzicht dat de gemiddelde storingsfrequentie per lengte per leeftijd weergeeft voor groepen ingedeeld naar materiaal en diameter. Waternet identificeert hiermee o.a. zogenaamde performance killers en eventueel aanwezige trends in de storingsfrequentie. Het beeld wordt vertroebeld doordat geen onderscheid is gemaakt tussen spontane storingen en storingen veroorzaakt door derden. In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de met LCC AM/QM bepaalde storingsfrequentie. Op het analyseren van performance killers wordt in deze pilot niet verder ingegaan.

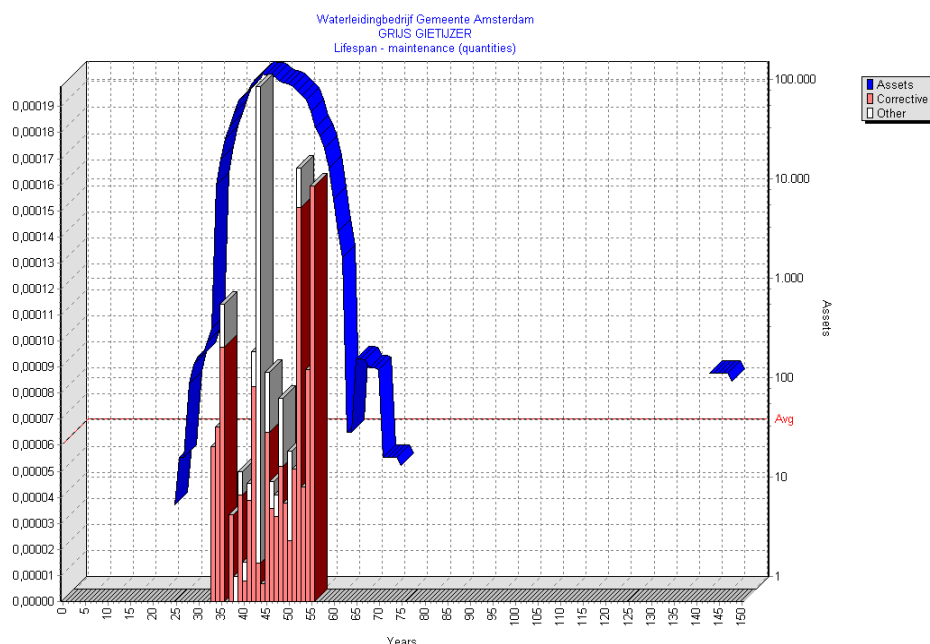
Tabel 4 Storingsfrequentie voor verschillende leidingmaterialen voor Waternet

	storingsfrequentie
AC	0,069
GGIJ	0,051
NGIJ	0,042
PVC	0,041

#### 2.4 Voorspeling van toekomstige storingen

Als er voldoende gegevens beschikbaar zijn over storingen bepaalt LCC AM/QM hiermee het vervangingsmoment van een leiding. In het verleden geregistreerde gegevens worden verwerkt in een overzicht als in Figuur 8 waarin de gemiddelde storingsfrequentie per leeftijd is weergegeven. In de figuur geeft de blauwe lijn de hoeveelheid assets met een bepaalde leeftijd. Een hogere waarde vertegenwoordigt een grotere populatie en is daarmee een indicatie van de betrouwbaarheid. De verticale balken geven de

werkelijke storingsfrequentie aan in storingen per kilometer per jaar, opgesplitst in storingen op hoofdleidingen (rood) en appendages (wit).



Figuur 8 Weergave van de gegevens van Waternet door LCC AM/QM. De kromme geeft de hoeveelheid assets in meter, de balken het aantal storingen op de hoofdleiding en de witte balken storingen op appendages. Op x-as is de levensduur van de asset aangegeven

In Tabel 5 wordt de berekening weergegeven van de hoeveelheid assets (de blauwe lijn uit Figuur 8). De hoeveelheid assets die per leeftijd wordt berekend is de som van alle leidingen met een leeftijd 'x' van de jaren waarover storingsgegevens beschikbaar zijn.

Tabel 5 Voorbeeld voor het bepalen van de totale hoeveelheid assets, berekend als de som van de lengte van een bepaalde asset over de jaren waarvan storingsgegevens beschikbaar zijn. De pijlen geven weer hoe een bepaalde groep in de tijd opschuift (in dit voorbeeld worden geen leidingen uitgenomen waardoor de lengte constant blijft)

	25 jaar	26 jaar	27 jaar	28 jaar	29 jaar
2002	500	800	300	500	100
2003	200	500	800	300	500
2004	300	200	500	800	300
<b>Totale hoeveelheid assets</b>	1000	1500	1600	1600	900

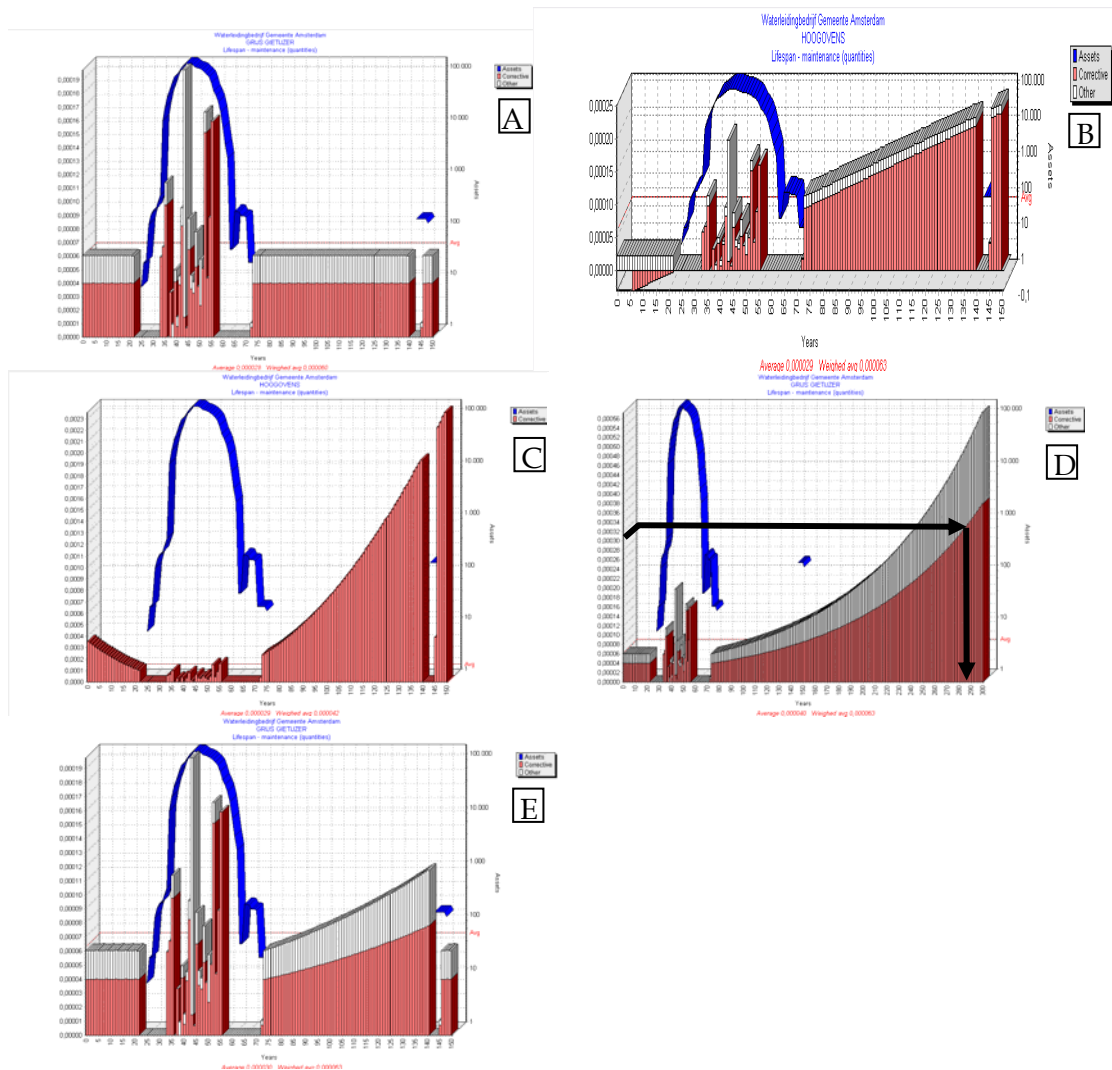
LCC AM/QM kan de toekomstige storingsfrequentie op een aantal wijzen voorspellen:

- A) extrapolatie van de gemiddelde storingsfrequentie (zie Figuur 9 A);
- B) lineaire regressie (zie Figuur 9 B);
- C) berekenen van de polynoom (zie Figuur 9 C);
- D) handmatige invoer;
- E) combinatie van bovenstaande technieken (zie Figuur 9 D en E).

Met de schatting van de toekomstige storingsfrequentie en de vooraf bepaalde maximale storingsfrequentie voor een groep leidingen kan het vervangingsmoment worden bepaald. De maximale storingsfrequentie kan bijvoorbeeld afhankelijk zijn van omgevingsfactoren (klantperceptie) en is een uiting van bedrijfsbeleid.

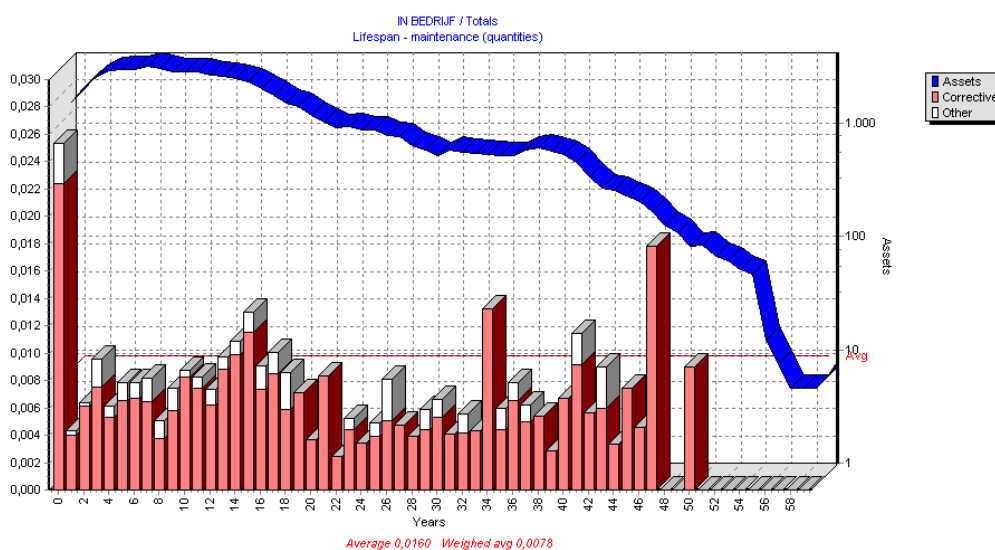
Als de maximale storingsfrequentie is bepaald kan per groep leidingen de hierbij behorende leeftijd worden opgezocht. In Figuur 9 D is bijvoorbeeld 0,3 storingsen per kilometer per jaar als maximale storingsfrequentie genomen. Voor deze groep leidingen resulteert dat in een vervanging bij een leeftijd van 280 jaar. Op dit moment moet de vervangingsleeftijd per leidinggroep handmatig worden opgegeven. Dit is een bewerkelijke methode omdat deze uit de grafiek moet worden afgelezen.

Als te weinig storingsgegevens bekend zijn voor een leidinggroep worden standaardwaarden gebruikt (zie Tabel 3).



Figuur 9 Methoden voor extrapolatie van de storingsfrequentie: A. extrapolatie van het gemiddelde; B. lineaire regressie; C. berekende polynoom; D. extrapolatie van het gemiddelde + handmatige toename van 3%; E. extrapolatie van het gemiddelde + handmatige toename van 1%.

De storingen van appendages (veelal afsluiters en brandkranen) zijn bepaald met de vrije tekstvelden die per storing door de monteurs kunnen worden ingevuld. Omdat slechts een deel van de werkelijke storingen beschikbaar is, is de kwaliteit van de analyse twijfelachtig. Op basis van deze beperkte registratie blijkt dat de storingsfrequentie van een brandkraan onafhankelijk is van de levensduur (zie Figuur 10).



Figuur 10 Storingsfrequentie van brandkranen per leeftijd

#### 2.4.1 Saneringsplannen voor de korte termijn

Met behulp van LCC AM/QM kunnen saneringsplannen worden opgesteld voor de korte termijn. Tijdens de proef bij Waternet vond dit plaats op basis van het criterium 'storingen per leiding-ID'. Als het aantal storingen in de periode 2000 tot 2005 hoger is dan een bepaalde drempelwaarde (in dit geval 2) wordt de leiding geselecteerd voor vervangen. Dit resulteerde in een totaal te vervangen lengte van 744 meter. In deze proef werd alleen gekeken naar het aantal storingen, onafhankelijk van de lengte, omgevingsfactoren of klantperceptie.

#### 2.4.2 Saneringsplannen voor de lange termijn

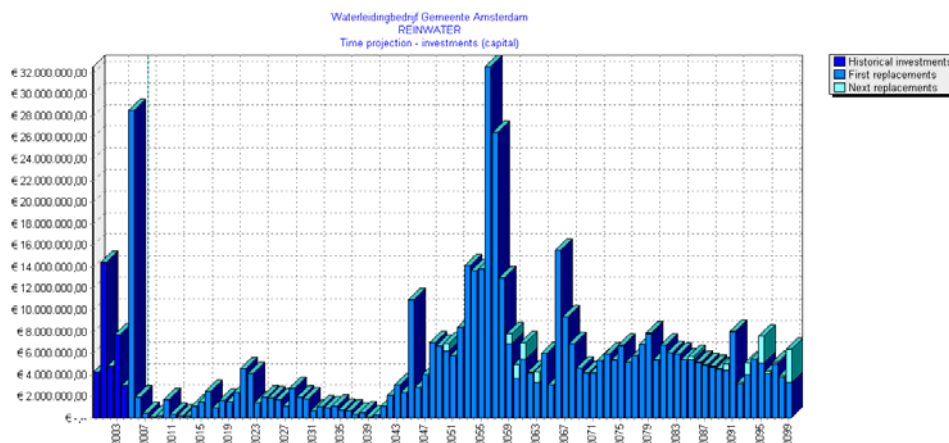
Op basis van de leidingnet- en storingsgegevens van Waternet zijn met LCC AM/QM drie scenario's vergeleken (met een verschillende prestatie) uitgedrukt in een maximale storingsfrequentie van een individuele leiding van respectievelijk 0,1; 0,3 en 1,0 storingen per kilometer per jaar.

Deze invoer levert de volgende resultaten op:

- jaarlijkse vervangingsinvesteringen;
- jaarlijkse kosten als gevolg van investeringen, opgebouwd uit:
  - afschrijving huidige assets;
  - afschrijving van iedere opvolgende vervanging;
  - onderhoudskosten (=ongeplande kosten);
  - rentelasten;
  - egalisatierente;
- totaal aantal storingen per jaar.

De berekende jaarlijkse investeringen zijn een direct gevolg van het gekozen prestatieniveau. In Figuur 11 zijn de investeringen weergegeven bij een maximale storingsfrequentie van een individuele leiding van 0,3 storingen

per kilometer per jaar. Hieruit blijkt dat met dit vervangingscriterium tot 2040 weinig investeringen nodig zijn. Het is aan te bevelen in deze periode storingsgegevens te blijven verzamelen om de ontwikkeling van de storingsfrequentie te controleren en waar nodig aan te passen.

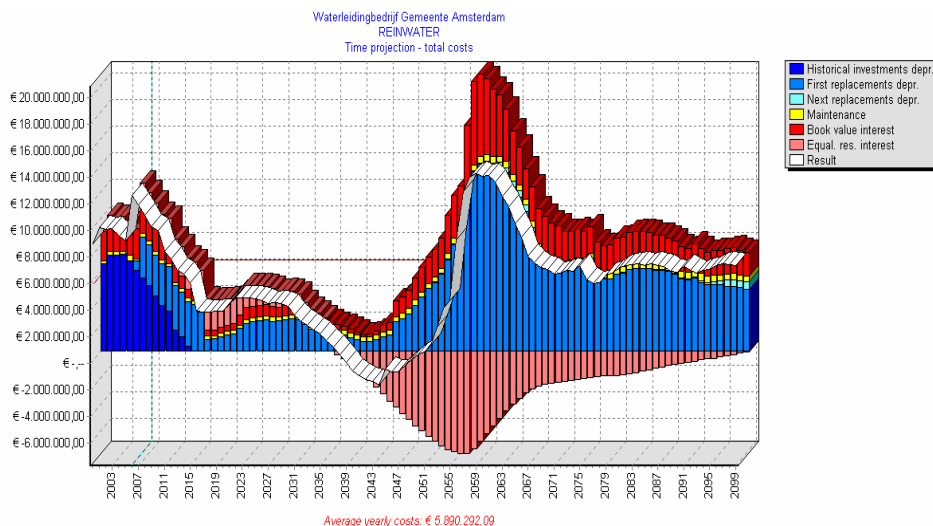


Figuur 11 Investeringsprognose voor het scenario 'vervang individuele leiding bij 0,3 storings per kilometer per jaar (dit is verder uitgewerkt in Figuur 14)

De investeringen hebben invloed op het kasstroomoverzicht. Pas bij afschrijving en betaling van rente wordt de investering opgenomen in de winst- en verliesrekening van een bedrijf. De jaarlijkse kosten van leidingen bestaan uit afschrijving, kapitaalkosten en operationele kosten. Voor een maximale storingsfrequentie van 0,3 storings per kilometer per jaar zijn in Figuur 12 de berekende kosten weergegeven.

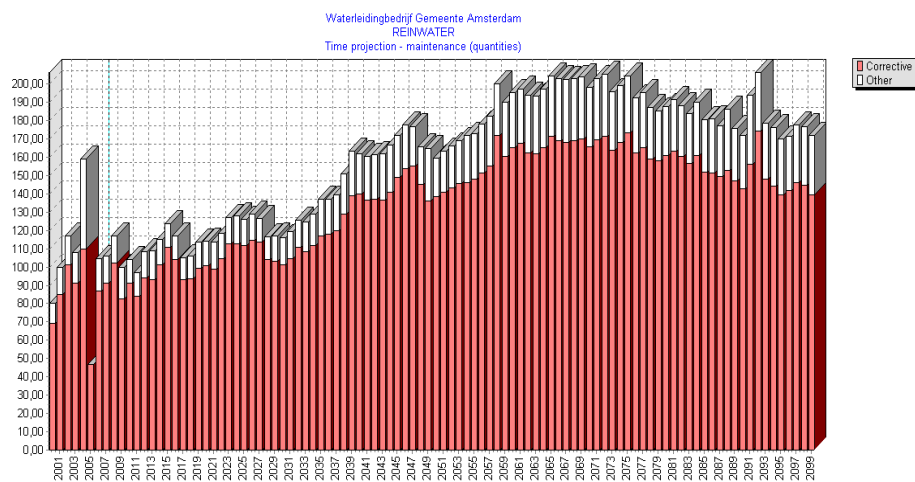
In Figuur 12 blijkt dat rond 2050 de jaarlijkse kosten negatief zijn. Dit heeft als oorzaak dat LCC AM/QM uitgaat van gelijke jaarlijkse kosten: ieder jaar is een vast bedrag gereserveerd voor leidingnetbeheer en -vervanging. Dit bedrag is gelijk aan de gemiddelde jaarlijkse kosten tussen 2000 en 2100. Als de werkelijke jaarlijkse kosten kleiner zijn dan het gereserveerde budget wordt het restbedrag opzij gezet, wat renteopbrengsten tot gevolg heeft. Het investeringsniveau in de eerste 40 jaar is nihil en omdat een groot deel van de oudere leidingen zijn afgeschreven ontstaan zelfs opbrengsten uit leidingnetbeheer en -vervanging.





Figuur 12 Kostenverloop voor het scenario 'vervang individuele leiding bij 0,3 storingen per kilometer per jaar' (de curve geeft de totale kosten, de balken de kosten per onderdeel)

Het door LCC AM/QM berekende totaal aantal storingen per jaar is weergegeven in Figuur 13.



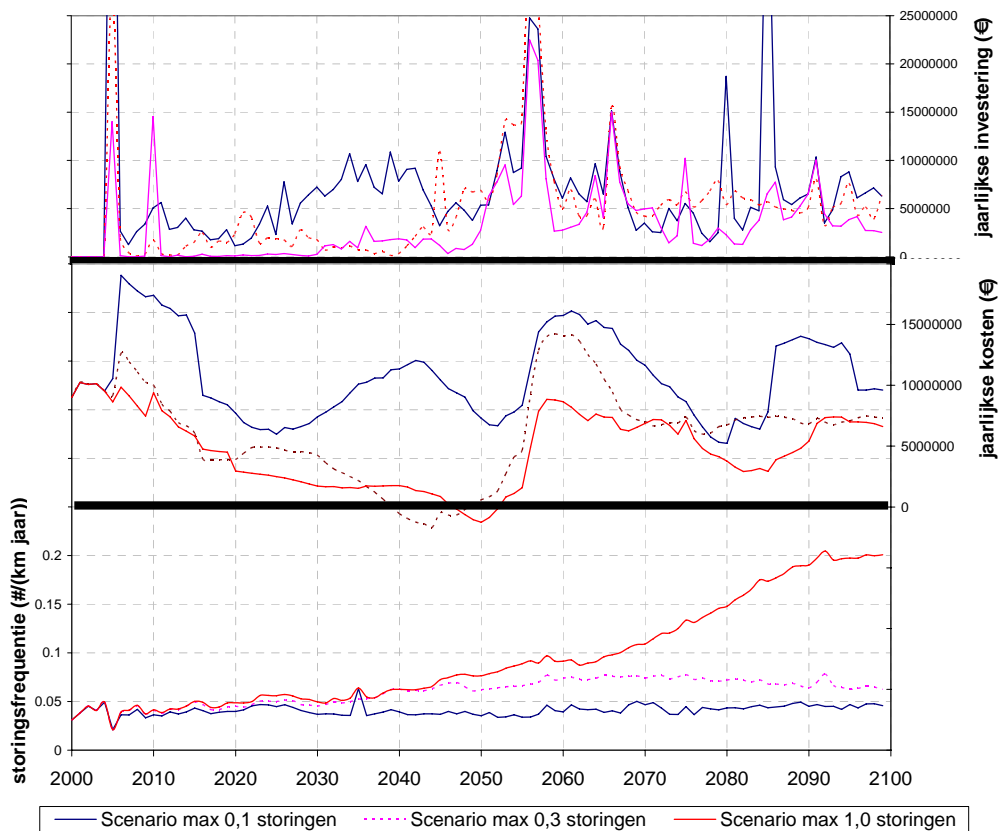
Figuur 13 Totaal aantal storingen per jaar bij Waternet voor het scenario 'vervang individuele leiding bij 0,3 storingen per kilometer per jaar (dit is verder uitgewerkt in Figuur 14)

### 2.4.3 Afweging scenario's

De resultaten voor het hele leidingnet van de drie voor Waternet doorgerkende scenario's zijn weergegeven in Figuur 14, te weten het investeringsniveau, de bijbehorende jaarlijkse kosten en de

storingsfrequentie. Bij de berekeningen is gebruik gemaakt van rentepercentage van 7% en een inflatie van 3%.

In Figuur 14 zijn voor alle scenario's twee investeringspieken te onderscheiden: rond 2005 en rond 2055. De piek rond 2005 wordt veroorzaakt door leidingen die op basis van hun leeftijd direct vervangen zouden moeten worden. Deze investeringen zullen in werkelijkheid niet plaatsvinden omdat het voornamelijk leidingen betreft waarvan het jaar van aanleg onbekend is. De piek rond 2055 wordt veroorzaakt omdat in het verleden een grote investering heeft plaatsgevonden die rond 2055 de vervangingsleeftijd bereikt. LCC AM/QM past bij de investeringen geen spreiding toe. In de praktijk zullen investeringen wel in de tijd gespreid worden.

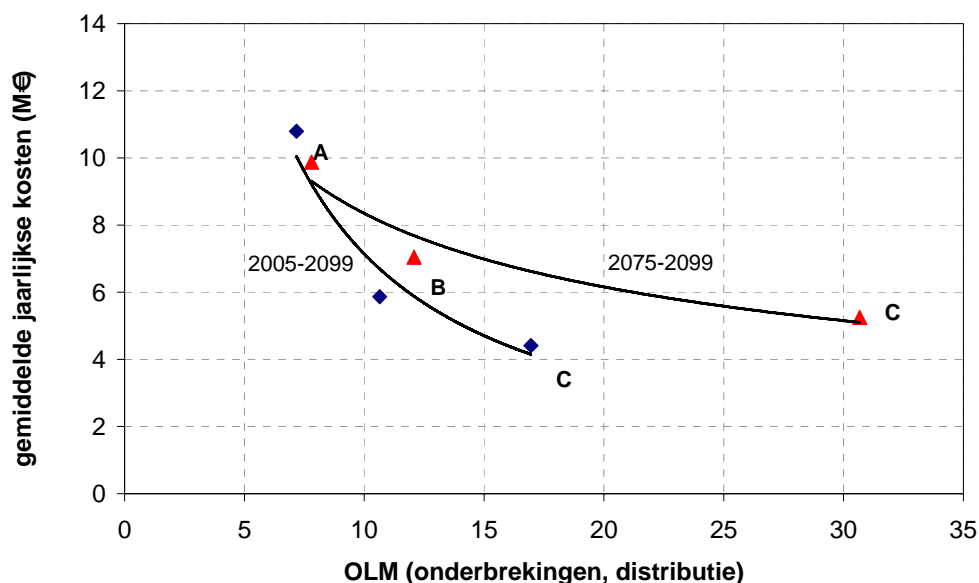


Figuur 14 Investeringsbehoefte, totale jaarlijkse kosten en gemiddelde storingsfrequentie bij verschillende scenario's: vervangen van individuele leidingen bij een storingsfrequentie van 0,1 0,3 en 1,0 storingen per kilometer per jaar

Op basis van Figuur 14 kan de relatie tussen kosten en prestatie van het distributienet worden bepaald. Hiervoor moeten de kosten en prestatie over de levensduur (bijvoorbeeld een periode van 100 jaar) worden vertaald naar één getal. Door deze berekening voor ieder scenario uit te voeren kan een kosten-prestatiecurve worden opgesteld (Figuur 15). Met kosten wordt bedoeld de jaarlijkse kosten voor afschrijving, kapitaallasten en reparatiekosten bij een storing. Als prestatie-indicator is gekozen voor OLM.

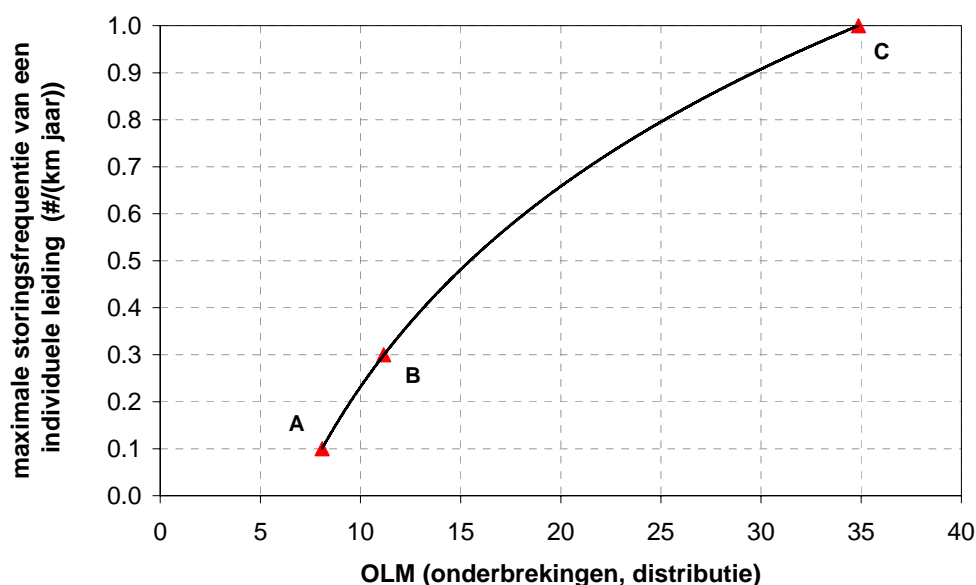
De OLM is berekend op basis van de storingsfrequentie, waarbij aangenomen is dat de OLM en (gemiddelde) storingsfrequentie evenredig zijn.

De kosten-prestatiecurves in Figuur 15 geven een indicatie van de relatie tussen de kosten en prestatie. Deze relatie wordt echter sterk beïnvloed door het tijdinterval waarover de kosten en prestatie worden berekend. Als voorbeeld is in Figuur 15 de kosten-prestatiecurve gegeven voor zowel de gehele periode (2005 - 2099) en over laatste 25 jaar (2075 - 2099). Hieruit blijkt dat aan het einde van de periode (wanneer een nieuw evenwicht is bereikt tussen kosten en prestatie) de invloed van een kostenreductie op de OLM veel groter is dan over de hele periode (waarbij een overgang plaatsvindt naar een nieuw evenwicht tussen kosten en prestatie).



Figuur 15 Gemiddelde jaarlijkse OLM en bij de drie verschillende scenario's (A= maximale storingsfrequentie van een individuele leiding is 0,1 ; B = 0,3 ; C = 1,0) berekent over twee tijdintervallen (2005-2054 en 2005-2099)

Op basis van Figuur 14 kan tevens de relatie worden bepaald tussen de maximale storingsfrequentie van een individuele leiding en de OLM. In Figuur 16 is het verloop van de relatie zichtbaar gemaakt waarbij opvalt dat de curve gaat niet door het nulpunt. Een vervangingsbeleid waarbij een leiding pas wordt vervangen nadat een storing heeft plaatsgevonden zal altijd te maken hebben met OLM, ook als de maximale storingsfrequentie zeer laag is, de leiding moet immers falen voordat actie wordt ondernomen. Met Figuur 16 kan worden bepaald dat de minimale OLM voor het distributienet van Waternet met het huidige leidingnetontwerp en een vervangingsbeleid waarbij een leiding direct wordt vervangen na een storing ongeveer 6 tot 7 OLM bedraagt.



*Figuur 16 Relatie tussen de OLM en de maximale storingsfrequentie van een individuele leiding op basis van de resultaten van LCC AM/QM van de laatste vijf jaar*

## 2.5 Conclusie pilot hoofdleidingen (Waternet)

LCC AM/QM maakt het mogelijk om prestatie en kosten van distributie-assets op eenvoudige wijze weer te geven. Hierbij zijn betrouwbare storings-, leidingnet- en kostengegevens onmisbaar. Het interpreteren van de gegevens vereist echter veel kennis en inzicht van de gebruiker.

Uit de resultaten van de pilot hoofdleidingen bij Waternet blijkt dat er geen investeringsbult (een plotselinge toename van de investeringsbehoefte) optreedt. De investeringen zullen op korte termijn (van 2020) alleen toenemen als een maximale storingsfrequentie van een individuele leiding van 0,1 wordt aangehouden. Bij de scenario's met een maximale storingsfrequentie van 0,3 en 1,0 nemen de investeringen pas toe rond 2040. Het uitblijven van investeringen geeft de waterbedrijven in deze scenario's voldoende tijd om de storingsregistratie en -analyse hierop voor te bereiden.

Op basis van de resultaten van LCC AM/QM kan geen goede prestatie-kostencurve worden gegenereerd. De prestatie-kostencurve is sterk tijdafhankelijk, waardoor onduidelijk is wat dit plaatje precies laat zien en hoe een keuze gemaakt kan worden voor een bepaald vervangingsbeleid. De kosten over de levensduur zijn wel eenvoudig te bepalen, maar het is onduidelijk wat de prestatie over de levensduur precies inhoudt. Het is voor een waterbedrijf met name interessant wat de OLM op dit moment en de komende 5 jaar is, maar veel minder van belang is wat de OLM gemiddeld over de afgelopen 50 jaar was. Een plaatje waarin de tijdafhankelijkheid duidelijk wordt kan worden getoond met behulp van LCC AM/QM en dit plaatje maakt het wel mogelijk om een investeringsbeslissing te nemen.

## 3 Pilot hoofdleidingen bij DZH

Het leidingnet van DZH is 4.322 km lang en bestaat voornamelijk uit grijs gietijzer, PVC en AC. De storingsfrequentie van ongeveer 0,07 storingen per kilometer per jaar (waarvan bijna eenderde veroorzaakt door derden) is lager dan het landelijk gemiddelde van 0,09. In 2004 is in de Haagregio en Vlietregio bij elkaar 30,5 kilometer leiding vervangingen vanwege saneringen, nieuwe aanleg, reconstructie en schade. Hiermee bedraagt het vervangingstempo 1,1% per jaar.

DZH stelt jaarlijks saneringsplannen op voor een termijn van 5 jaar met de volgende criteria (in afnemende mate van belangrijkheid):

1. storingen;
2. bruinwaterklachten;
3. drukklachten;
4. herstratingsplannen van gemeenten;
5. meegaan met werkzaamheden van gas/elektriciteit/riool.

Problemen die DZH hierbij ondervindt zijn:

- in de praktijk vinden vervangingen te vaak plaats op basis van leeftijd en/of externe factoren;
- er is weinig informatie over de conditie van leidingen;
- klantperceptie-criteria worden niet meegenomen.

Door uitvoering van deze pilot wil DZH antwoord krijgen op de vraag:

*“hoe kunnen de jaarlijkse saneringsplannen van DZH systematisch en objectief worden opgesteld en welke informatie is hierbij nodig?”*

In de pilot wordt nagegaan of met het programma CARE-W saneringsplannen beter onderbouwd kunnen worden. In dit onderzoek wordt met name geïnventariseerd of de bestaande datasystemen van DZH aansluiten op de databehoeftes van CARE-W.

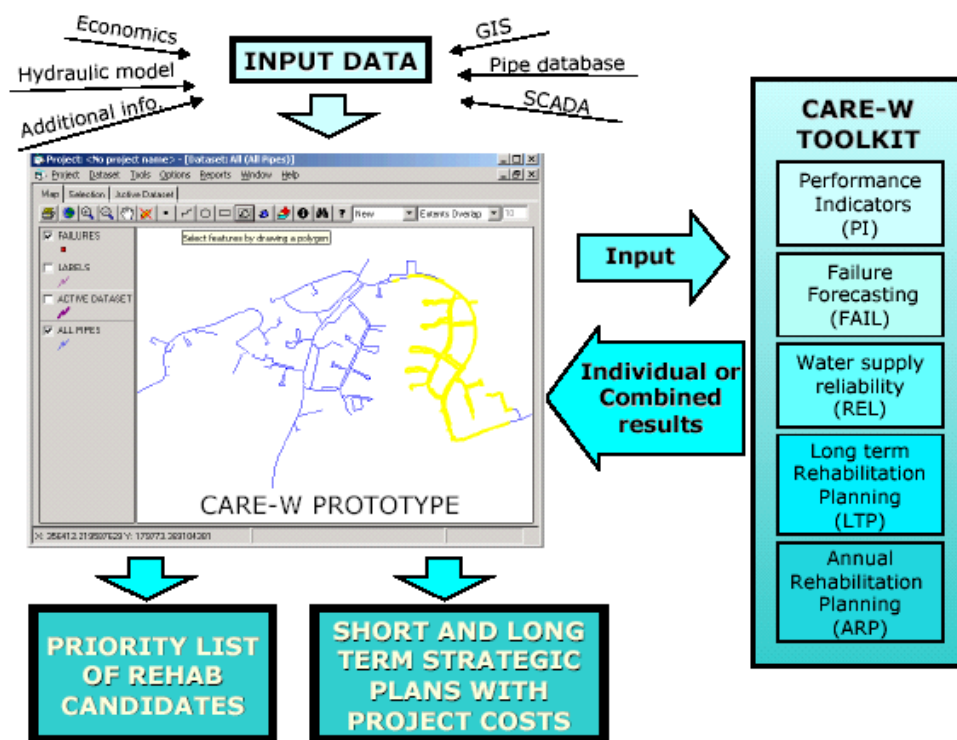
### 3.1 Introductie CARE-W

Op 28 en 29 september 2005 heeft Kiwa in samenwerking met DZH een tweedaagse workshop georganiseerd ter oriëntatie op CARE-W. Tijdens deze workshop werd een presentatie en een demonstratie gegeven van CARE-W. In deze paragraaf wordt een korte introductie gegeven van CARE-W. Een meer uitgebreide beschrijving is opgenomen in Bijlage I.

CARE-W is een gezamenlijk onderzoeksinitiatief met als doel het opzetten van een Europees framework voor het in goede staat houden van waterdistributienetwerken [14]. Het project is medegefinancierd door de Europese Commissie, in het kader van het 5<sup>de</sup> Kaderprogramma voor Onderzoek en Ontwikkeling. Het CARE-W consortium bestaat uit 11 onderzoekspartners en 13 eindgebruikers, die samen 8 Europese landen vertegenwoordigen. Centrale coördinatie vindt plaats door SINTEF uit Noorwegen.

CARE-W staat voor Computer Aided Rehabilitation of Water Networks en is een softwarepakket dat bestaat uit vijf modules die waterbedrijven kunnen gebruiken bij het beheer van leidingnetten: performance indicators (PI), prediction of pipe failures (FAIL), water supply reliability (REL), annual rehabilitation planning (ARP) and long-term investment planning (LTP). De verschillende onderdelen bestaat zijn onderling afgestemd, maar kunnen ook afzonderlijk worden toegepast. Het voordeel van de onderlinge afstemming betekent dat diverse functionaliteiten in één integraal softwarepakket beschikbaar zijn. In bijlage I zijn de onderdelen van CARE-W afzonderlijk beschreven en is een input-matrix opgesteld.

CARE-W ondersteunt waterbedrijven bij het nemen van beslissingen over onderhoud en vervanging van het leidingnet. Een schematisch overzicht van de opzet van CARE-W is gegeven in Figuur 17. Op basis van CARE-W kunnen zowel de investeringsbehoeften voor de lange termijn, als de jaarlijkse rehabilitatieprojecten worden geselecteerd en geprioriteerd. Projecten kunnen worden geanalyseerd door een 'rehabilitation manager' die verschillende manieren van rehabilitatie vergelijkt voor geselecteerde leidingen.



Figuur 17 Overzicht van CARE-W

CARE-W richt zich op het analyseren van leidingdata en wordt gevoed door systemen die zich primair richten op het beheren van data. CARE-W is zoveel mogelijk afgestemd op databases en GIS zoals deze in gebruik zijn bij

waterbedrijven. De compatibiliteit met de datasystemen van DZH (bijvoorbeeld het LRS of Synergie) moet nog nader worden onderzocht.

Resultaten van de programma's worden gepresenteerd in een GIS-viewer. De kwaliteit van de voorspelling is vanzelfsprekend afhankelijk van de kwaliteit van de invoergegevens. In de praktijk blijkt dat het gereedmaken en het controleren van de invoergegevens een aanzienlijk onderdeel is in het maken van een voorspelling. Jon Røstum van SINTEF gaf aan dat uit ervaring blijkt dat 75% van de inspanning gericht is op het bewerken en controleren van data en slechts 25% op de analyse.

Belangrijke positieve kenmerken van CARE-W zijn dat het:

- een integraal/compleet pakket is;
- helpt bij het opstellen van de informatiebehoefte (kader voor datamanagement);
- de motivatie binnen het bedrijf vergroot voor het verzamelen van informatie.

Nadelen van CARE-W zijn:

- dat het zeer arbeidsintensief is;
- de conditie van de leidingen wordt alleen geanalyseerd op basis van storingen; er is in dit stadium geen koppeling met een deterministisch model voor het beschrijven van de leidingconditie.

Voorwaarden voor een goede voorspelling van vervangingen met CARE-W zijn:

- de individuele onderdelen van CARE-W moeten toegankelijk zijn voor de bestaande datasystemen van het bedrijf;
- de kwaliteit van de data moet voldoen;
- een goed beeld van factoren die van invloed zijn op het opstellen van de jaarlijkse saneringsplanning.

### **3.2 Geschiktheid data DZH voor CARE-W**

Tijdens de workshop is nagegaan in hoeverre de datasystemen van DZH in staat zijn om invoer te genereren voor CARE-W en welke aanpassingen aan de datasystemen noodzakelijk zijn.

Bij het opstellen van saneringsplannen maakt DZH voornamelijk gebruik van het storingsregistratiesysteem en het leidingregistratiesysteem (LRS). De belangrijkste elementen van beide systemen zijn weergegeven in Tabel 6. De elementen uit de storingsregistratie van Tabel 6 worden sinds 2003 ingevoerd.



Tabel 6 Beschikbare gegevens uit het storingsregistratiesysteem en leidingregistratiesysteem van DZH

Storingen		Leidingen	
Melddatum	Bescherming	Regio	
Regio	Jaar aanleg	Stad	
Component	Soort storing	Diameter	
Straat	Oorzaak	Materiaal	
Huisnummer	Aantal getr.	Jaar van aanleg	
Nadere aand.	Tijdstip start	Lengte	
Postcode	Tijdstip einde	Functie	
Plaats	Gevoeligheid	Leeftijd	
Onderdeel	Verkeersintensiteit	Kwaliteit *)	
Leidingmateriaal	Waterschade		
Diameter	Andere gevolgen?		

\*) Invuloptie, nog niet in gebruik

Uit de analyse van het leidingnetregistratiesysteem (LRS) blijkt dat in bepaalde gevallen de data onvolledig is. De hoeveelheid onvolledige data is in Figuur 18 per regio aangegeven. Uit deze analyse blijkt dat 0,1% van het leidingnet de materiaalsoort en van 9,3% het jaar van aanleg onbekend is.

			# pipes	length	Unknown mat	%	Unknown diam	%	Unknown year	%	
1	Regio West	Haagregio	Den Haag	14102	1132570	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	1580.44	0.1 %
2	Regio West	Rijnregio	Hillegom	2298	99800	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	47747.38	47.8 %
3	Regio West	Rijnregio	Katwijk	3083	128660	396.58	0.3 %	0.00	0.0 %	7001.84	5.4 %
4	Regio Oost	Rijnregio	Leiden	6833	344927	565.47	0.2 %	0.00	0.0 %	9138.66	2.6 %
5	Regio Oost	Rijnregio	Lisse	2373	107725	16.58	0.0 %	0.00	0.0 %	36357.88	33.8 %
6	Regio West	Rijnregio	Noordwijk	2275	139163	25.82	0.0 %	0.00	0.0 %	92003.91	66.1 %
7	Regio Oost	Rijnregio	Oegstgeest	1464	90221	40.77	0.0 %	0.00	0.0 %	858.35	1.0 %
8	Regio West	Rijnregio	Rijnsburg	1223	62757	56.14	0.1 %	0.00	0.0 %	44591.18	71.1 %
9	Regio Oost	Rijnregio	Sassenheim	1730	67012	1.00	0.0 %	0.00	0.0 %	29534.90	44.1 %
10	Regio West	Rijnregio	Valkenburg	322	17770	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	420.84	2.4 %
11	Regio Oost	Rijnregio	Voorhout	1158	67324	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	10023.65	14.9 %
12	Regio Oost	Rijnregio	Voorschoten	1538	92745	1819.03	2.0 %	0.00	0.0 %	70593.18	76.1 %
13	Regio Oost	Rijnregio	Warmond	341	23695	72.47	0.3 %	0.00	0.0 %	1337.40	5.6 %
14	Regio West	Rijnregio	Wassenaar	2718	170359	151.73	0.1 %	0.00	0.0 %	12053.12	7.1 %
15	Regio Oost	Vlietregio	Benthuizen	193	19080	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
16	Regio Oost	Vlietregio	Bergschenhoek	995	83823	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
17	Regio Oost	Vlietregio	Berkeel en Rodenrijs	1089	105584	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
18	Regio Oost	Vlietregio	Bleiswijk	690	79231	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
19	Regio Oost	Vlietregio	Leidschendam	1071	121277	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	3530.79	2.9 %
20	Regio Oost	Vlietregio	Nieuwerkerk ad IJssel	1220	101706	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
21	Regio Oost	Vlietregio	Nootdorp	725	53292	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
22	Regio Oost	Vlietregio	Pijnacker	1054	90598	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
23	Regio Oost	Vlietregio	Rijswijk	1509	159142	3.00	0.0 %	0.00	0.0 %	3143.08	2.0 %
24	Regio Oost	Vlietregio	Rotterdam	244	18035	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
25	Regio Oost	Vlietregio	Voorburg	1228	117737	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	1739.55	1.5 %
26	Regio Oost	Vlietregio	Zevenhuizen Moerkapelle	434	47635	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
27	Regio Oost	Vlietregio	Zoetermeer	3995	351160	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
28	Regio West	Rijnregio	Noordwijkerhout	1242	84291	124.52	0.1 %	0.00	0.0 %	28849.91	34.2 %
29	Regio Oost	Vlietregio	Moerkapelle	201	21876	13.36	0.1 %	13.36	0.1 %	0.00	0.0 %
30	Regio Oost	Vlietregio	Delfgauw	455	39501	2729.00	6.9 %	2729.00	6.9 %	0.00	0.0 %
31			TRANSPORT	1696	283176	4.00	0.0 %	0.00	0.0 %	0.00	0.0 %
Total				59499	4321875	6019.46	0.1 %	2742.36	0.1 %	400506.04	9.3 %

Figuur 18 Analyse van de kwaliteit van de data van het LRS van DZH

Uit de analyse blijkt tevens dat het leidingnet veel korte leidingen bevat. De grote hoeveelheid korte leidingen kan worden verklaard doordat bij sommige aanpassingen (zoals het aanbrengen van een brandkraan) de leiding in tweeën wordt gesplitst. Zo wordt een leiding met dezelfde karakteristieken in de loop van de tijd opgesplitst in meerdere kleine leidingen. Verder blijkt dat de huidige storingen niet worden toegewezen aan leidingen. In de loop van 2006 komt bij DZH een systeem beschikbaar waarmee een koppeling van storingen met LRS mogelijk wordt.

Na een eerste analyse lijkt de bestaande data vrij consistent te zijn. Voor een goede beoordeling hiervan moet de data in meer detail worden onderzocht. Sintef heeft hiervoor een hulpmiddel ontwikkeld, de zogenaamde kwaliteitsmatrix. De kwaliteitsmatrix bevat kennisregels die van tevoren benoemde onlogische combinaties van leidingkenmerken identificeren, bijvoorbeeld PVC van voor 1945.

### **3.3 Conclusie pilot hoofdleidingen (DZH)**

DZH wil beslissingen over het vervangen van leidingen beter onderbouwen. In dit project is onderzocht of CARE-W hiervoor een geschikt instrument is. Na een diepgaande oriëntatie op de mogelijkheden van CARE-W en een beperkte inventarisatie van de datasystemen van DZH kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

1. CARE-W lijkt een geschikt instrument te zijn om de saneringsbeslissingen van DZH beter te onderbouwen;
2. de bestaande datasystemen van DZH zullen verder aangepast moeten worden om goede saneringsbeslissingen met CARE-W te kunnen nemen;
3. na een beperkte analyse van de beschikbare data van DZH blijkt dat deze redelijk compleet zijn en weinig inconsistenties te bevatten.

Aan de hand van de pilot heeft DZH een actielijst opgesteld die ook als voorbeeld kan dienen voor andere waterbedrijven (zie Bijlage II). Voordat de daadwerkelijke invoering van CARE-W zal plaatsvinden wordt aanbevolen de werking hiervan in de praktijk te toetsen bij een (buitenlands) waterbedrijf. In Bijlage II zijn een aantal vragen opgenomen die aan het te bezoeken waterbedrijf kunnen worden voorgelegd.

## 4 Vergelijking instrumenten voor het bepalen van het vervangingsmoment

### 4.1 Vergelijking tussen LCC AM/QM en CARE-W

In de vorige twee hoofdstukken zijn LCC AM/QM en CARE-W toegepast in pilots bij Waternet en DZH. De belangrijkste verschillen tussen beide programma's zijn hieronder weergegeven.

#### Methode van beoordelen van leidingen

LCC AM/QM is in essentie een financieel pakket, waaraan technische functionaliteit is toegevoegd. De gebruiker zal zelf voor groepen leidingen de maximale levensduur moeten opgeven. CARE-W is een programma dat meer technisch van aard is. CARE-W geeft een voorspelling van het aantal leidingbreuken (FAIL) en combineert deze in samenhang met andere relevante criteria tot een korte-termijnsaneringsplan (ARP). Het programma richt zich hierbij voornamelijk op het technische aspect van het saneringsbeleid.

#### Databehoefte

De databehoefte van CARE-W is groot aangezien van alle leidingen een groot aantal gegevens bekend moeten zijn. LCC AM/QM daarentegen werkt met leidinggroepen. In CARE-W kunnen echter op eenvoudige wijze meer of minder criteria worden ingevoerd op basis waarvan een leiding wordt vervangen.

#### Termijn

CARE-W is geschikt voor de korte termijn (tot ongeveer 5 jaar) (CARE-W LTP is geschikt voor de lange termijn). LCC AM/QM is geschikt voor de middel-lange termijn (10-25 jaar).

### 4.2 Vergelijking LCC AM/QM en CARE-W en andere programma's

Er zijn echter ook andere instrumenten beschikbaar voor de ondersteuning van saneringsbeslissingen en het maken van investeringsprognose. In Tabel 7 is een vergelijking gemaakt op hoofdlijnen van LCC AM/QM en CARE-W, alsmede van:

- PARMS, voor een beschrijving zie Bijlage III;
- WARP, voor een beschrijving zie Bijlage IV;
- LEADA, voor een beschrijving zie Bijlage V;
- IPL, voor een beschrijving zie [3];
- KSLB voor een beschrijving zie [13].

De vergelijking in Tabel 7 is uitgevoerd op basis van uitgebreide testen (LCC AM/QM, KSLB en IPL), algemene oriëntatie en uitleg over programma in workshops (CARE-W en LEADA) en literatuurstudie en bestudering van een demo-programma (PARMS en WARP). De criteria waarop de instrumenten

zijn vergeleken zijn opgesteld in overleg met de waterbedrijven. De punten waarop de instrumenten zijn vergeleken zijn nader omschreven in bijlage II.

CARE-W is in Tabel 7 gesplitst in de modules PI, FAIL, REL en ARP en LTP. De modules PI, FAIL, REL en ARP richten zich voornamelijk op saneringsplannen op de korte termijn. Deze modules kunnen het best vergeleken worden met LCC, KSLB, PARMs en WARP. LTP richt zich op de lange termijn en kan daarom het beste worden vergeleken met IPL.

In de tabel worden de methodieken o.a. vergeleken op basis van de vraag of algemene kennisregels kunnen worden gebruikt en of het mogelijk is om tailor-made oplossingen mogelijk zijn. Dit betekent:

- Een algemene kennisregel kan bijvoorbeeld zijn: materiaal X in bodem Y heeft een verwachte levensduur van 80 jaar. Dit kan o.a. gebaseerd op het KSLB waarbij klantperceptie een integraal onderdeel vormt.
- Als een AM-instrument op een gegeven moment binnen een organisatie gaat draaien kan het voorkomen dat een interface gewenst is met bestaande applicaties. Ook voor andere specifieke wensen kan aanpassing van de software gewenst zijn. Dit is niet altijd mogelijk of even gemakkelijk. Daarom is een inschatting gegeven van de verwachte flexibiliteit van de leverancier. Het betreft dus eigenlijk de mate waarin de leverancier service kan bieden aan de gebruiker.

Tabel 7 Vergelijking op hoofdlijnen van verschillende instrumenten voor ondersteuning van saneringsbeleid van leidingen

		LCC AM/QM	CARE-W (PI, FAIL, REL en ARP)	KSLB	PARMS	WARP	LEADA	CARE-W LTP	IPL
Output	Horizon (termijn)	Middenlange tot lange	Korte en middellange	Korte en middellange	Korte en middellange	Korte	Korte	Lange	Lange
	Prognose totale kosten	+	-	-	+	-	+	+	+
	Prognose investeringen	+	-	-	+	+	+	+	+
	Prioritering jaarlijkse vervangingen	-	+	+	+	+	+	-	-
	Inzicht assets (aantal, lengte etc.)	+	-	-	?	-	+	-	-
	Inzicht prestatie-kosten afweging	o	-	-	-	-	+	-	-
	Inzichtelijk maken 'performance-killers'	+	+	-	o	-	+	-	-
Vervangings- criteria	Storingskans	+	+	+	+	+	+	-	-
	Externe effecten/ klantperceptie	-	+	+	+	-	+	-	-
	Omgevingsfactoren leiding	-	+	+	+	-	+	-	-
	Algemene kennisregels	+	+	+	+	-	+	+	+
	Reliability berekeningen	-	+	-	-	-	+	-	-
Gebruiks- vriendelijkh eid	Ondersteuning keuze van PI	-	o	-	-	-	-	o	-
	Storingsfrequentie analyse	+	+	-	-	+	+	-	-
	Koppeling met GIS-interface output	o	+	-	?+	-	+	-	-
Implementa- tietraject	Databehoeft	variabel	groot	gering	groot	groot	groot	gering	gering
	Tailor-made aanpassingen software mogelijk?	+	?	+	?	+	nvt	?	+
	Kosten softwarepakket	>>	gering	gratis	?	gering	nvt	gering	gratis
	Inspanning training/implementatie	>>	>>	gering	>	gering	>>	>	gering
Geschiktheid voor Nederlandse waterbedrijven		+	+	+	+	-	-	+	+
Bestaande gebruiker(s)		Gasunie, Schiphol, Waternet	Oslo, Lyon, Lissabon, etc	Waterbedrij ven in Nederland	Waterbedrij ven in Australië	Waterbedrij ven in Canada	Yorkshire Water		Oslo Water

+ van toepassing

o deels van toepassing / indirect mogelijk

- niet mogelijk

>>> onderlinge verhouding van inspanning voor aanschaf software & trainingen (absolute grotete afhankelijk van situatie en toepassing)

## 5 Pilot afsluiters bij WMD

In de pilot afsluiters is gekeken naar de bijdrage van het falen van afsluiters aan de OLM. De OLM ten gevolge van een storing in het leidingnet kan toenemen door falende afsluiters, omdat dan een extra sectie wordt betrokken bij de afsluiting; extra OLM kan worden voorkomen door afsluiters te onderhouden. In dit hoofdstuk wordt de relatie tussen prestatie en kosten van afsluiters in beeld gebracht.

Afsluiters vormen een belangrijk onderdeel van het leidingnet. Met afsluiters kunnen de gevolgen van een leidingbreuk of gepland onderhoud worden beperkt doordat afsluiters het leidingnet opdelen in secties. Wanneer een sectie-isolatie niet slaagt betekent dat:

- meer aansluitingen zonder water zitten omdat het gebied dat moet worden afgesloten groter wordt;
- de leveringsonderbreking langer kan duren;
- de kosten kunnen toenemen door de extra tijd die nodig is voor het sluiten van de sectie.

De kosten kunnen ook toenemen wanneer een afsluiter lekt en de sectie geïsoleerd moet worden met behulp van de inzet van pompen.

De centrale vraag van de pilot afsluiters luidt:

*“is het mogelijk om door (selectief) onderhoud van afsluiters kosten te besparen of de prestatie te verbeteren?”*

### 5.1 Prestatie-indicatoren voor afsluiters

De prestatie van afsluiters kan worden opgesplitst in:

- De prestatie van de afsluiter zelf; voldoet de afsluiter aan de in de bedrijfstak gangbare criteria vindbaarheid, identificeerbaarheid, bereikbaarheid, draaibaarheid, afsluitbaarheid<sup>8</sup> [16]? In dit kader spreken we van de volgende termen:
  - storingskans is de kans dat een willekeurige afsluiter niet aan één of meer van deze criteria voldoet;
  - betrouwbaarheid is gelijk aan (1 - storingskans) (een storingskans van 5% betekent een afsluiterbetrouwbaarheid van 95%);
  - gebruikskans is de kans dat een afsluiter wordt gebruikt;
  - faalkans is de kans dat een afsluiter tijdens operatie faalt.

Deze termen hebben het volgende onderlinge verband:

$$\text{faalkans} = \text{storingskans} \times \text{gebruikskans} = (1 - \text{betrouwbaarheid}) \times \text{gebruikskans}$$

- De prestatie van de afsluiting (of sectie-isolatie). Indien, op het moment dat een sectie moet worden afgesloten, een afsluiter niet voldoet aan één of meer van de prestatiecriteria zal isolatie van de

---

<sup>8</sup> afsluitbaar betekent dat een eventueel lekverlies eenvoudig kan worden opgevangen met een pomp (tot 5 m<sup>3</sup>/h)

achterliggende sectie moeten plaatsvinden. Hierdoor stijgt het aantal te draaien afsluiters waardoor de kosten van sectie-isolatie toenemen en meer aansluitingen door een storing worden getroffen. Deze prestatie wordt uitgedrukt in ondermaatse leveringsminuten (OLM) ten gevolge van ongeplande leveringsonderbrekingen<sup>9</sup>.

## 5.2 Dataverzameling

### 5.2.1 Gegevens afsluiters

Voor het verzamelen van de gegevens met betrekking tot kosten die samenhangen met onderhoud van afsluiters en de prestatie van afsluiters (samengevat in Tabel 8) zijn verschillende informatiebronnen binnen WMD gebruikt waaronder de medewerkers van WMD, de OLM-registratie en de onderhoudsplanning.

Voor de bepaling van de **faalkans** van afsluiters is gekeken naar de momenten waarop afsluiters gedraaid worden en daarbij falen. Wanneer tijdens ongeplande werkzaamheden of tijdens afsluitercontrole voorafgaand aan geplande werkzaamheden blijkt dat een afsluiter niet voldoet wordt deze opgenomen in het onderhoudsprogramma. Er blijkt dat jaarlijks zo'n 2000 maal een afsluiter wordt bediend<sup>10</sup> (hierin kunnen individuele afsluiters vaker voorkomen). Van deze 2000 gevallen zijn er 100 waar extra inspanning moet worden verricht tijdens het bedienen (faalkans\_1 in Tabel 8), en 10 van deze 100 zijn niet meer te repareren en worden vervangen (faalkans\_2 in Tabel 8). In deze registratie is geen onderscheid gemaakt in de verschillende faalmechanismen (vindbaarheid, draaibaarheid etc.).

De **gebruikskans** van een afsluiter kan worden bepaald door het aantal gedraaide afsluiters (2000) te delen op het totaal aantal afsluiters (15.471) en is dus ca. 13%. Dit getal kan lager zijn wanneer binnen de 2000 gedraaide afsluiters individuele afsluiters meerdere malen voorkomen.

De storingskans kan niet rechtstreeks worden bepaald, omdat WMD geen programma voor actieve afsluitercontrole heeft. Afsluitercontrole vindt in de praktijk alleen plaats bij geplande werkzaamheden of voor cruciale afsluiters (bijvoorbeeld voor scheiding van voorzieningsgebieden). De beschikbare resultaten van afsluitercontrole bij enkele geplande werkzaamheden (o.a. grote spuiacties) leverden te weinig informatie om de storingskans van afsluiters te kunnen bepalen. De **storingskans** (en dus de betrouwbaarheid) van de afsluiters wordt daarom bepaald door de faalkans te delen op de gebruikskans. Uit Tabel 8 wordt faalkans\_2 gebruikt wat leidt tot een storingskans van  $0,5\% / 13\% = 3,9\%$ . Omdat bij het bepalen van de faalkans vindbaarheid en identificeerbaarheid waarschijnlijk (volgens WMD) niet zijn meegenomen zal in de volgende paragrafen worden gerekend met een storingskans van 5% (betrouwbaarheid van 95%). De waarde komt overeen met de geschatte gemiddelde storingskans in Nederland [16].

---

<sup>9</sup> Bij gepland onderhoud worden afsluiters vaak van te voren gecontroleerd, zodat de kans op het niet slagen van een sectieafsluiting veel kleiner is dan bij storingen.

<sup>10</sup> Éénmaal bedienen betekent éénmaal sluiten én weer openen

Het **gemiddelde aantal afsluiters per afsluiting** kan worden geschat met behulp van de OLM-registratie. Tussen 1 september 2004 en 31 maart 2005 is er een OLM-leveringsonderbreking op distributieleidingen van 6,5 minuut, veroorzaakt door ongeveer 200 onderbrekingen (zowel gepland als ongepland). Omgerekend vinden er 340 onderbrekingen per jaar plaats. Wanneer 2000 afsluiters per jaar worden gedraaid zijn er dus gemiddeld 6 afsluiters betrokken bij één afsluiting.

De **kosten** van een afsluiter zijn grofweg in te delen in 3 categorieën:

- Investeringskosten, de investeringen zijn gebaseerd op de kosten van nieuwe aanleg à €400,-<sup>11</sup>: een afsluiter plus inbouwgarntuur van ongeveer €200,- en de aanleg eveneens ongeveer €200,-. De levensduur van een afsluiter wordt geschat op 60 jaar.
- Onderhoudskosten, de onderhoudskosten worden afgeleid uit de financiële overzichten van WMD van 2004. Het onderhoud bedroeg ca. €18.000,- aan materiaalkosten en €46.500,- aan arbeidsloon. Bij een afsluiterbestand van 15471 betekent dit gemiddeld €4,- per afsluiter per jaar.
- Bedieningskosten, de bedieningskosten zijn bepaald op basis van de benodigde tijd. Deze informatie is verkregen door met de mensen uit het veld te spreken. Het kost (excl. aanrijtijd) ongeveer 10 minuten om een afsluiter dicht te draaien. Wanneer de afsluiter in eerste instantie niet draaibaar is kost het ongeveer 30 minuten extra om hem te sluiten. Wanneer reparatie niet mogelijk is moeten gemiddeld 3 extra afsluiters worden gesloten, dit kost dan  $3 * (10 \text{ minuten} + \text{extra reistijd})$ . Een monteur kost ca. €30,- per uur; monteurs werken met zijn tweeën.

Kosten worden ingedeeld in geplande en ongeplande kosten (zie Tabel 8 voor een verdere uitwerking):

- Geplande kosten zijn voorziene kosten. Dit zijn de investeringskosten, kosten voor preventief onderhoud (bij WMD zijn deze € 0,-) en de bedieningskosten bij normaal functioneren.
- Ongeplande kosten zijn de onvoorziene kosten. Dit zijn de kosten voor correctief onderhoud en de extra bedieningskosten bij falende afsluiters.

---

<sup>11</sup> Deze investering geldt voor zowel vervanging als nieuwe aanleg. Bij nieuwe aanleg gaan de kosten echter op in de veel hogere kosten voor de aanleg van leidingen.



Tabel 8 Overzicht van prestatie en kosten van afsluiter en sectie-isolatie bij WMD

	Afsluiter of afsluiting	verzamelde data
prestatie	betrouwbaarheid afsluiter	Faalkans_1: $< 100/2000 = 5\%$ Faalkans_2: $< 10/2000 = 0,5\%$  Gebruikskans: $2000/15471 = 13\%$ (bij storingen en gepland) Storingskans: $0,5\%/13\% = 3,9\%$
	betrouwbaarheid afsluiting	OLM - Case-study met behulp van CAVLAR: zie § 5.3
geplande kosten	investering vd afsluiter	€400,- over de levensduur van ca. 60 jaar per afsluiter
	preventief onderhoud vd afsluiter	€0,-
	het sluiten (en weer openen) van de afsluiter bij normaal gebruik	10 min * 2 monteurs * €30,-/uur * 6 afsluiters per sectie = €60,- per afsluiting
ong geplande kosten	het sluiten van de afsluiter bij falende afsluiter (faalkans_1)	bovenstaande (€60,-)+ 30 min * 2 monteurs * €30,-/uur * 1 afsluiter = €30,- per falende afsluiter
	het sluiten van de afsluiter bij niet te repareren afsluiting (faalkans_2)	bovenstaande (€60,- + €30,-)+ 10 min * 2 monteurs * €30,-/uur * 3 afsluiters per sectie = €30,- per extra afsluiting
	correctief onderhoud vd afsluiter (vervanging afsluiter)	€400,- over een levensduur van ca. 60 jaar

### 5.2.2 Gegevens voor CAVLAR

Om de invloed van de afsluiter op de OLM te kunnen bepalen wordt gebruik gemaakt van CAVLAR (implementatie van de afsluitermethodiek) , ontwikkeld door Kiwa binnen het BTO [16]. De belangrijkste invoerparameters van CAVLAR zijn de storingsfrequentie van een leiding en de betrouwbaarheid van de afsluiters. Daarnaast moet het aantal aansluitingen per sectie en de ligging van de afsluiters bekend zijn. CAVLAR is ingezet op een deel van het leidingnet van DZH waarbij de afsluitergegevens van WMD zijn gebruikt<sup>12</sup>. De invoergegevens en de waarden van WMD en DZH zijn vermeld in Tabel 9. In een gevoeligheidsanalyse van de invoerparameters voor CAVLAR zullen de waarden worden gevarieerd.

<sup>12</sup> WMD heeft het aantal verbruikers per leidingsectie (nog) niet in hun model zitten. Daarom zal gebruik worden gemaakt van leidingnetgegevens van DZH.

Tabel 9 Invoer voor CAVLAR. De gegevens van WMD zijn normaal weergegeven, de gegevens van het leidingnet van Scheveningen zijn cursief weergegeven.

<b>Storingsfrequentie</b>	0,10	#/(km jaar)
<b>Gemiddelde afsluiterbetrouwbaarheid</b>	95%	
<b>Extra duur onderbreking per falende afsluiter</b>	10	min
<b>Gemiddelde duur van een onderbreking excl. afsluiters manipulatie</b>	4	uur
<b>Aantal secties</b>	73	
<b>Aantal afsluiters</b>	131	
<b>Aantal aansluitingen</b>	7162	
<b>Totale lengte distributienet</b>	22.920	m

CAVLAR houdt geen rekening met kosten en deze moeten daarom apart worden berekend. De data die is gebruikt voor de economische berekening is gebaseerd op gegevens van WMD en weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Invoer voor de economische berekening

<b>Uurloon monteurs</b>	€ 30
<b>Kosten afsluiter</b>	€ 400
<b>Kosten controle per afsluiter<sup>13</sup></b>	€ 12

### 5.2.3 Variatie van prestatie

Om de relatie tussen prestatie en kosten van Figuur 1 te kwantificeren wordt in deze paragraaf de variatie van de prestatie van afsluiters en afsluitingen beschreven.

Over de **toename** van de **storingskans** van een afsluiter in de tijd is weinig bekend. Producenten van afsluiters zijn niet in staat hiervan een benadering te geven vanwege de lange levensduur en het gebrek aan inzicht in lokale omstandigheden (bijvoorbeeld type water, grondsoort). Om de betrouwbaarheid op peil te houden wordt geadviseerd de afsluiters regelmatig te controleren.

Om toch een berekening te kunnen uitvoeren is in overleg met de waterbedrijven voor dit onderzoek aangenomen dat tijdens het in gebruik hebben van een afsluiter gedurende 60 jaar de betrouwbaarheid daalt van 100% naar ongeveer 50% (of te wel de storingskans neemt toe van 0% naar 50%). Deze verandering vindt voornamelijk plaats in de tweede helft van de totale levensduur. Voor de eenvoud wordt aangenomen dat gedurende de eerste 30 jaar na ingebruikname de jaarlijkse afname van de betrouwbaarheid 0,5% bedraagt en in de hierop volgende 30 jaar 1,0% ('restbetrouwbaarheid' bedraagt in dit geval 55%); dit is samengevat in Tabel 11.

<sup>13</sup> De kosten per individuele controle zijn samen met de waterbedrijven bepaald en zijn gebaseerd op de volgende aannames: controle vindt plaats door één monteur en duurt 20 minuten (€10,-) waarbij 1 op de 200 afsluiters (faalkans\_2) vervangen moet worden (+ €400,-/200). Bij WMD is dit op dit moment €0,- omdat er geen controles plaatsvinden

Tabel 11 Afname van de afsluiterbetrouwbaarheid in de tijd

Levensduur	Afname afsluiterbetrouwbaarheid
0-30 jaar	0,5% per jaar
>30 jaar	1,0% per jaar

Bij een verouderend leidingnet zal de **gebruikskans toenemen**, omdat vaker onderhoud (gepland en ongepland) zal plaatsvinden. In het leidingnet vindt ook ongeplande 'controle' van afsluiters plaats door bediening in gebieden met een hoge storingsfrequentie (en tijdens spuiacties). Als een afsluiter niet functioneert wordt deze vervangen en stijgt dus de afsluiterbetrouwbaarheid, juist in gebieden waar de afsluiters nodig zijn vanwege de hoge storingsfrequentie. Dit betekent dat de storingskans kan afnemen met een toenemende gebruikskans en de faalkans van belangrijke afsluiters niet in de tijd zou toenemen. In deze pilot wordt dit effect niet meegenomen en wordt een verloop van de afsluiterbetrouwbaarheid zoals weergegeven in Tabel 11 aangenomen.

Het **verkleinen van de faalkans** kan worden bereikt door een kleinere storingskans of een kleine gebruikskans te bewerkstelligen:

- De storingskans verkleinen kan in principe door meer preventief onderhoud uit te voeren; dat betekent afsluiters controleren en indien nodig vervangen.
- De gebruikskans verkleinen kan door de kans op afsluiting te verkleinen (kleinere breukkans) of door de lengte van de sectie te verkleinen.
- Het aantal afsluiters per sectie verkleinen vergroot de kans op een succesvolle sectie-isolatie. Het aantal aansluitingen per sectie heeft eveneens invloed op de OLM.

### 5.3 Gebruik CAVLAR: relatie kosten en OLM

Met behulp van CAVLAR wordt de relatie tussen betrouwbaarheid van afsluiters en OLM gekwantificeerd. Wanneer de relatie tussen de kosten en de betrouwbaarheid bekend is kan de relatie tussen kosten en OLM voor het afsluiterbestand in een grafiek worden opgesteld.

In deze paragraaf worden drie scenario's bekeken:

- De relatie tussen kosten en OLM van het leidingnet op een gegeven moment (§ 5.3.1). Deze relatie kan reeds in de ontwerpfase worden vastgesteld en geeft inzicht in het optimale ontwerp.
- De relatie tussen kosten en OLM bij een verouderend net, zonder vervangingen (§ 5.3.2).
- De relatie tussen kosten en OLM bij een gegeven net met een actief afsluiterbeleid (§ 5.3.3).

### 5.3.1 Ontwerpfase

In de ontwerpfase kan het service- en kostenniveau van een leidingnet worden beïnvloed door de keuze van de sectiegrootte (lengte en aantal aansluitingen per sectie), aantal afsluiters per sectie, de leidingkeuze (materiaalkeuze, aanleg etc.). Uitgangspunten zijn:

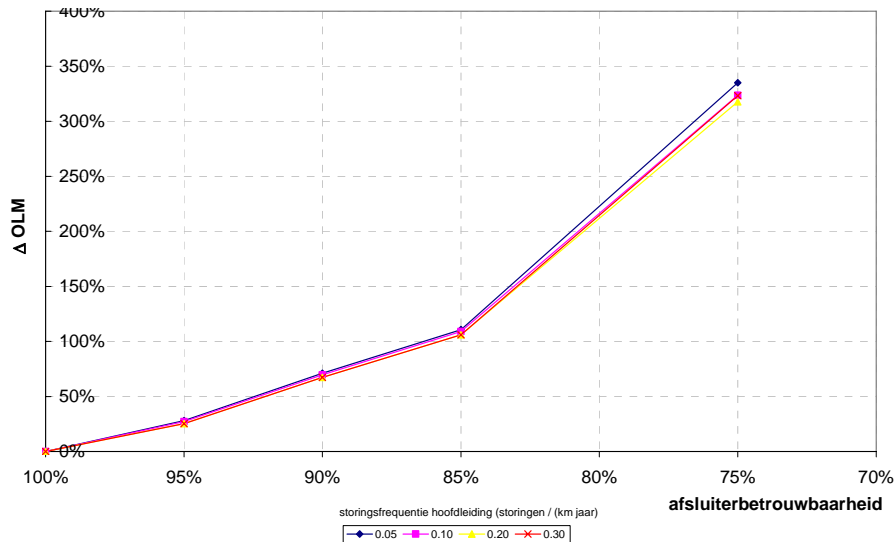
- Vanuit kostenooptpunt is een sectie met 150 tot 300 aansluitingen, een beperkt aantal afsluiters en beperkte leidinglengte, het meest gunstig (afhankelijk van verschillende kostenfactoren, zie bijlage II van [17]).
- Voor een optimale OLM-prestatie moet het aantal aansluitingen, afsluiters en leidinglengte per sectie worden beperkt.

Voor zowel kosten als OLM-prestatie moet dus het aantal afsluiters en de leidinglengte worden beperkt. Aangezien de leidinglengte slechts in beperkte mate kan worden beïnvloed, zal de afweging tussen kosten en prestatie zich daarom voornamelijk toespitsen op het aantal aansluitingen per sectie. Dit is verder uitgewerkt in [16].

We zullen hier kijken naar hoe het aandeel van afsluiters aan de OLM het beste kan worden uitgedrukt. Voor een gegeven ontwerp (met verschillende storingsfrequentie en afsluiterbetrouwbaarheid) is de relatie tussen de prestatie van de afsluiters (betrouwbaarheid) en van de afsluiting (OLM) gekwantificeerd (zie Tabel 12). De relatie tussen afsluiterbetrouwbaarheid en de relatieve stijging van de OLM ( $\Delta$  OLM, ten opzichte van de OLM bij 100% betrouwbare afsluiters) is weergegeven in Figuur 19; te zien is dat deze relatie onafhankelijk is van de storingsfrequentie van het leidingnet. Dat betekent dat de relatieve toename van de OLM een goede maat is om kritische afsluiters mee te bepalen en om verschillende scenario's te vergelijken, onafhankelijk van de storingsfrequentie.

Tabel 12 Het serviceniveau van een leidingnet uitgedrukt in OLM bij verschillende waarden van de afsluiterbetrouwbaarheid en verschillende storingsfrequenties

OLM (min)		Storingsfreq. (#/km.jaar)			
		0,05	0,10	0,20	0,30
Afsl.betr. (leeftijd)	100% (0 jaar)	5,9	11,9	23,8	35,6
	95% (10 jaar)	7,6	15,5	29,8	44,6
	90% (20 jaar)	10,2	20,9	40,0	59,9
	85% (30 jaar)	12,5	24,9	49,1	73,4
	75% (40 jaar)	24,8	50,4	97,4	150,8



Figuur 19 Relatie afsluiterbetrouwbaarheid van een afsluiter en de relatieve toename van OLM (ong geplande onderbrekingen) bij verschillende storingsfrequenties van het leidingnet.

### 5.3.2 Operationele fase zonder vervangingen

Tijdens de operationele fase zal na verloop van tijd het serviceniveau van een leidingnet afnemen. De storingskans van een leiding zal toenemen; hierdoor neemt de gebruikskans van een afsluiter toe. Daarnaast zal ook de storingskans van een afsluiter toenemen in de tijd (zie Tabel 11). Omdat in de vorige paragraaf is aangetoond dat de relatieve toename van de OLM onafhankelijk is van de storingsfrequentie zal in dit scenario alleen rekening worden gehouden met de verandering van de afsluiterbetrouwbaarheid in de tijd. De geplande en ongeplande kosten uit Tabel 8 zijn gebruikt. Om de totale kosten van de afsluiters in het gegeven leidingnet te bepalen is informatie over het aantal te draaien afsluiters van belang, zie kader.

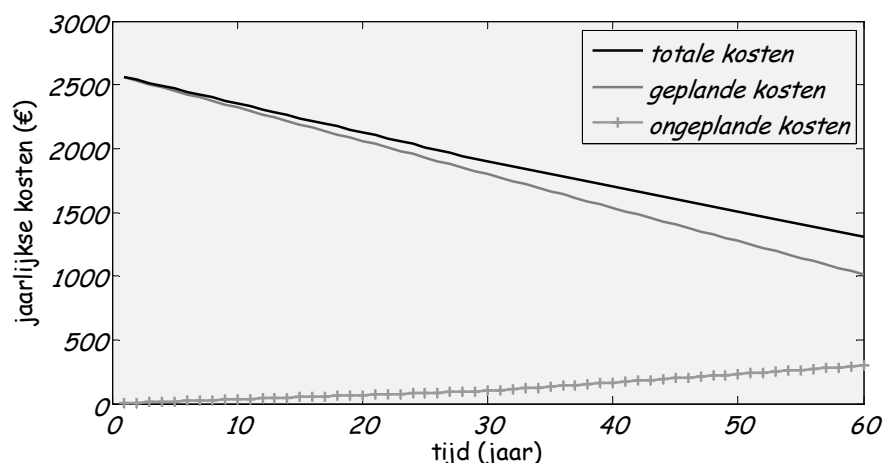
Uitgaande van Tabel 9 is voor Scheveningen het aantal geschatte sectie-isolaties per jaar gelijk aan 2,3 (storingsfrequentie \* totale lengte,  $\approx 0,10$  storings/km \* 22920 meter = 2,3). In het leidingnet van Scheveningen bevinden zich 131 afsluiters voor 73 secties; om een sectie te isoleren zijn echter meer dan 131/73 afsluiters betrokken, omdat een afsluiter tegelijkertijd voor minimaal 2 secties een afsluiterfunctie heeft. Het gemiddelde aantal afsluiters per sectie-isolatie in Scheveningen is 5 (bij WMD 6). Bij de **2,3 storings per jaar** worden dus  $2,3 * 5$  afsluiters/sectie = **11 afsluiters** gedraaid (open en weer dicht).

In Tabel 13 zijn de jaarlijkse kosten verzameld. De investeringskosten worden lineair afgeschreven met een netto rente van 3%. De kosten over de tijd zijn in Figuur 20 weergegeven. In deze figuur is uitgegaan van de gemiddelde storingskans. Wanneer voldoende afsluiters worden meegenomen in de berekening is dit toegestaan. Bij een bestand van slechts 131 afsluiters kan er niet 0,1 afsluiter storen en zal er een meer trapsgewijs kostenverloop zijn. Door Tabel 11 en Tabel 12 te combineren kan de tijd van Figuur 20 worden

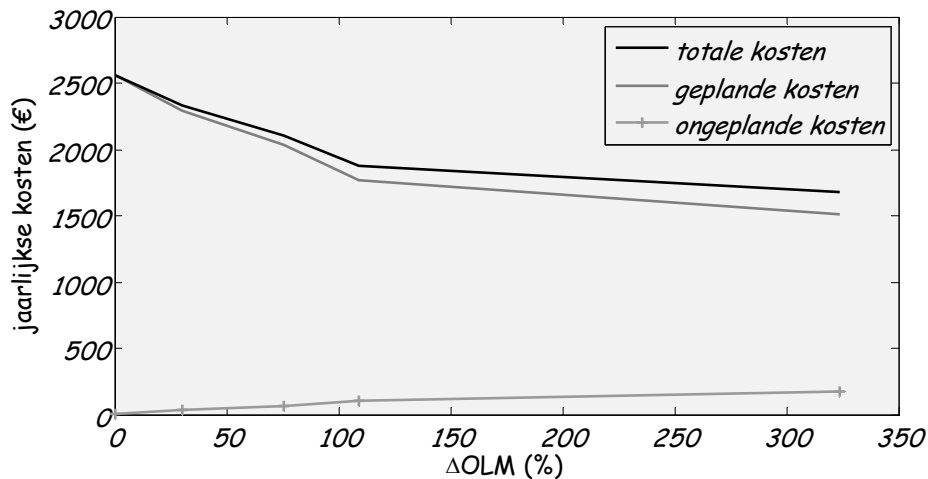
vervangen door de  $\Delta$ OLM-as, zie Figuur 21. Deze figuur is de invulling van Figuur 1 voor afsluiters.

Tabel 13 Overzicht van kosten van afsluiters over de tijd,  $x$  is aantal jaren

	actie	kosten per stuk	opmerkingen	totale jaarlijkse kosten
geplande kosten	investering per afsluiter	€400,-	over levensduur (60 jaar), 3% rente, lineaire afschrijving, 131 afsluiters	$€ 400,- * 131 * 60 = €870,-$ + 3% rentekosten over restantbedrag
	preventief onderhoud	€0,-		€ 0,-
	sectie-isolatie bij normaal gebruik <sup>14</sup>	€60,-	per afsluiting; 2,3 afsluitingen per jaar	€ 138,-
ongeplande kosten	sectie-isolatie bij falende afsluiter	€30,-	Faalkans_1: extra per falende afsluiter, 11 afsluiters per jaar * $y\%$ (Tabel 11)	0-30: $11 * (0,5 * x) / 100 * € 30,- = € 1,65 * x$  > 30: $€ 49,50 + 11 * (1 * (x-30)) / 100 * € 30,- = - € 49,50 + € 3,30 * x$
		€30,-	Faalkans_2: per extra afsluiting, 11 afsluiters per jaar * $y\%$ (Tabel 11)	idem
	correctief onderhoud per afsluiter	€0,-	scenario is zonder maatregelen: vervangingen niet meegenomen	€ 0,-



Figuur 20 Relatie tijd en kosten van afsluiters zonder maatregelen.



Figuur 21 Relatie OLM ten gevolge van afsluiters en kosten van afsluiters zonder vervangingen.

### 5.3.3 Operationele fase met actief afsluiterbeleid

Het serviceniveau van een leidingnet kan tijdens de operationele fase worden verbeterd door afsluitercontrole en waar nodig afsluiters te vervangen. Door selectie van de afsluiters met de grootste bijdrage aan de OLM kan de effectiviteit van de afsluitercontrole worden vergroot. Deze selectie kan plaatsvinden op basis van kans op falen en effect van falen. Gebieden waarin de kans op falen van een afsluiter hoger is kunnen worden aangewezen door het uitvoeren van een steekproef en de resultaten te analyseren met behulp van een statistische methode zoals is opgesteld voor brandkranen. Deze methode is uitgewerkt in [19]. Het bepalen van het effect van afsluiterfalen op de OLM wordt bepaald met CAVLAR.

Verschillende scenario's van selectieve afsluitercontrole op basis van effect zijn met behulp van CAVLAR geanalyseerd. Het percentage dat wordt gecontroleerd is 5%, 10%, 20% of 100% van afsluiters. Deze afsluiters worden geselecteerd aan de hand van een lijst met kritische secties die met CAVLAR kan worden bepaald. De resultaten staan in Tabel 14. Bij de analyse is aangenomen dat:

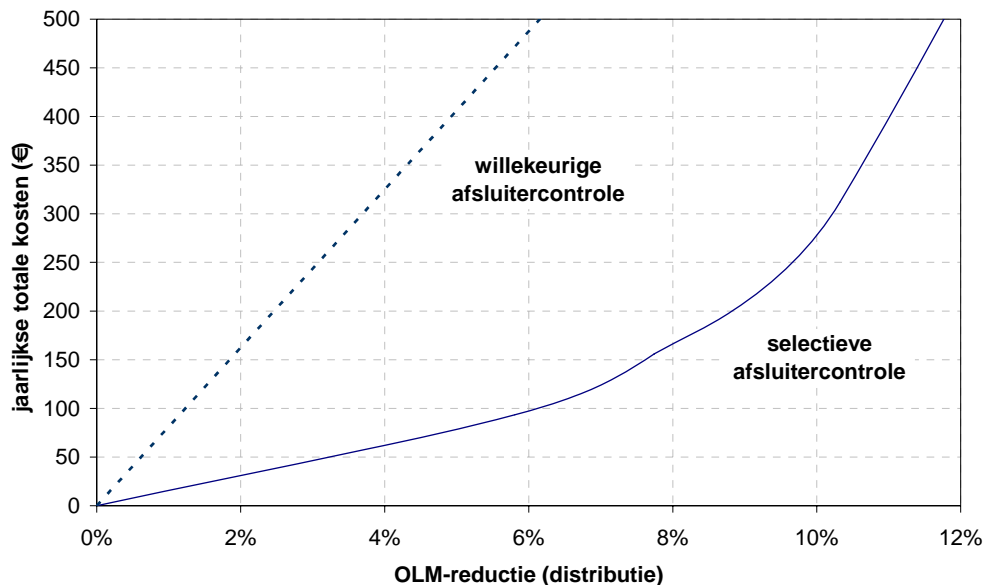
- de afsluiterbetrouwbaarheid van alle afsluiters voor de afsluitercontrole 95% bedraagt;
- de afsluiterbetrouwbaarheid van de gecontroleerde afsluiters toeneemt tot 99%;
- de afsluitercontrole in één jaar plaatsvindt.

<sup>14</sup> Een storing in het leidingnet levert ongeplande kosten op voor de reparatie van het net, maar het bedienen van de afsluiters wordt als geplande kosten opgevoerd.

Tabel 14 Resultaat van verschillende scenario's voor het selectief controleren van afsluiters op basis van het effect. Daarnaast is ook het scenario 'alles controleren' geanalyseerd

scenario	OLM (min)	$\Delta$ OLM (min)	$\Delta$ OLM (%)	kosten afsluitercontrole <sup>15</sup>	kosten verlaging OLM per jaar	
					€/min	€/%
geen maatregelen	15,5	-	-	-	-	-
controleren 5% afsluiters (7 afsl.)	14,6	0,9	5,8%	€ 84	€ 93	€14
controleren 10% afsluiters (13 afsl.)	14,3	1,2	7,7%	€ 156	€130	€20
controleren 20% afsluiters (26 afsl.)	13,9	1,6	10,3%	€ 312	€195	€30
controleren 100% afsluiters (131 afsl.)	12,5 <sup>16</sup>	3,0	19%	€ 1572	€524	€81

In Figuur 22 zijn de kosten van selectieve en willekeurige (niet-selectieve) afsluitercontrole uitgezet. De maximaal haalbare OLM-reductie door het verbeteren van de afsluiterbetrouwbaarheid is 19% (uitgaande dat een afsluiterbetrouwbaarheid van 99% het maximaal haalbare is). De figuur laat zien dat er een groot kostenvoordeel is bij selectieve afsluitercontrole.



Figuur 22 Totale kosten van een gewenst percentage OLM-reductie (voor distributie). De lijnen snijden elkaar bij een OLM-reductie van 19% (op dat moment worden alle afsluiters gecontroleerd)

<sup>15</sup> De kosten van één afsluitercontrole bedragen €12,- (zie Tabel 10)

<sup>16</sup> Bij een afsluiterbetrouwbaarheid van 100% bedraagt de OLM 11,9 minuten; 100% controle levert bij deze aanname echter een betrouwbaarheid van 99% op.



#### **5.4 Conclusie pilot afsluiters**

CAVLAR levert een bijdrage aan het bepalen van de relatie tussen het prestatieniveau van individuele afsluiters en het prestatieniveau van het systeem. Door kosten van afsluitercontrole te koppelen aan een bepaalde afsluiterbetrouwbaarheid kan de relatie tussen kosten en OLM worden bepaald. Met deze relatie wordt direct duidelijk wat een bepaalde OLM-reductie kost in verschillende onderhoudsmethoden van afsluiters.

Selectieve afsluitercontrole is een kostentechnisch aantrekkelijke methode om een reductie van de OLM te bereiken. Door de afsluitercontrole te concentreren op de kritische afsluiters zijn de opbrengsten per geïnvesteerde euro beduidend groter dan voor willekeurige afsluitercontrole.

Voor het gebruik van CAVLAR is de beschikking over de huidige storingskans van afsluiters en het verloop in de tijd van essentieel belang. Hiervoor moet data worden verzameld en worden vastgelegd. Op basis van deze gegevens kan het belangrijkste faalmechanisme (vindbaarheid, afsluitbaarheid, etc.) van de storingskans worden bepaald. Afhankelijk van wat het belangrijkste faalmechanisme is en de huidige storingskans kan een onderhoudsbeleid worden opgesteld.

# 6 Pilot aansluitleidingen bij Evides

## 6.1 Inleiding

In eerste instantie zou de pilot bij Evides zich richten op een vergelijking tussen kosten en prestaties van verschillende oude woonwijken. Het idee hierachter was dat door deze vergelijking de meest gunstige verdeling gevonden zou kunnen worden tussen preventief (planmatig vervangen) en correctief (repareren storingen) onderhoud. Na een eerste analyse bleek dat voor het onderzoeken van een dergelijke relatie de benodigde data niet beschikbaar was of slechts met grote inspanning is te verkrijgen. Om die reden is besloten de pilot te richten op aansluitleidingen waarvan meer data beschikbaar zijn.

Bij Evides is vanaf de 2e wereldoorlog de storingsfrequentie van aansluitleidingen gestaag gedaald tot een niveau dat de laatste 5 jaar min of meer constant is. Door deze pilot wil Evides inzicht krijgen in de relatie tussen storingen en preventief onderhoud. Als deze twee componenten niet in balans zijn dan zou dit betekenen dat:

- door meer en effectiever preventief onderhoud de storingsfrequentie nog verder kan dalen; of
- preventief onderhoud onvoldoende bijdraagt aan de prestatie.

De centrale vraag van de pilot aansluitleidingen luidt:

*“wat is bij aansluitleidingen de optimale verdeling tussen preventief (planmatig vervangen) en correctief onderhoud (repareren van storingen)?”*

Deze relatie is onderzocht door per geografisch gebied de verhouding planmatig vervangen en storingsfrequentie te vergelijken met de prestatie van dat gebied. De deelgebieden zijn ingedeeld op postcode. De prestatie kan worden uitgedrukt in de OLM (het deel ongeplande leveringsonderbreking) die voor aansluitingen rechtstreeks is gekoppeld aan het aantal storingen.

## 6.2 Dataverzameling

Evides heeft twee bestanden ter beschikking gesteld:

- A. Een Excelbestand met 206 postcodegebieden (4 cijfers), inclusief het percentage storingen per aansluitleiding en het percentage vervangingen per aansluitleiding.
- B. Een Excelbestand met per postcodegebied (4 cijfers en 2 letters) het aantal storingen en vervangingen van aansluitleidingen.

De postcodegebieden uit bestand A zijn door Kiwa geprojecteerd op een geografisch bestand van de zettingen in de ondergrond (Zettingenkaart TNO). Op basis van de beschikbare gegevens zijn twee analyses uitgevoerd:

- De relatie tussen de storingsfrequentie en de zetting in de ondergrond. Deze relatie geeft aan of storingen vaker optreden in gebieden met meer zettingen.

- De relatie tussen storingsfrequentie en vervangingsinspanning. Deze relatie geeft aan of voor aansluitleidingen het aantal storingen maatgevend is voor het aantal vervangingen.

De data van bestand B was niet gekoppeld aan het aantal aansluitingen per postcodegebied, zodat de storingsfrequentie (aantal storingen/per 1000 aansluitingen per jaar) niet kon worden bepaald. In dit bestand is wel per vervanging aangegeven of het een vervanging betrof in combinatie met de hoofdleiding (een zogenaamde combivervanging) of een incidentele vervanging van alleen de aansluitleiding. Er wordt aangenomen dat incidentele vervangingen van aansluitleidingen worden uitgevoerd naar aanleiding van een storing<sup>17</sup>. De informatie over de uitvoeringswijze (combi of incidenteel) is gehergroepeerd naar 4-cijferig postcodegebied. Van de 155 4-cijferig postcodegebieden waar aansluitleidingen zijn vervangen, zijn in 103 gebieden alle vervangingen incidenteel en is in 9 gebieden de meerderheid incidenteel. Van deze 112 postcodegebieden is onderzocht of er een relatie bestaat tussen de storingsfrequentie enerzijds en de mate van zettingen of de vervangingsfrequentie anderzijds.

### 6.3 Relatie storingsfrequentie en omgevingsfactoren

In deze paragraaf wordt de relatie beschreven tussen de mate van zettingen en de storingsfrequentie van aansluitleidingen. Woningen zijn niet aan zettingen onderhevig; de omgeving, inclusief de hoofdleiding en aansluitleiding buiten de woning, is dat wel. Om die reden wordt aangenomen dat zettingen een aanzienlijke invloed hebben op de storingsfrequentie van aansluitleidingen. Als wordt aangenomen dat kleef van beperkte invloed is, zal het effect van zettingen verminderen bij een grotere lengte van de aansluitleiding. Omdat er voor deze groep geen informatie beschikbaar is over de lengte van aansluitleidingen kan dit effect niet in de analyse betrokken worden.

De Zettingskaart van TNO geeft een theoretische eindzetting weer bij een belasting van 50 kPa. De zettingen zijn onderverdeeld in 4 klassen:

- Geen zetting: 0 m;
- Lage zetting: <0,5 m;
- Matige zetting: 0,5 - 1,1 m;
- Hoge zetting: >1,1 m.

Van alle postcodegebieden (bestand A) is de zettingsklasse bepaald. Postcodegebieden waarin meerdere zettingsklassen voorkomen, zijn toegewezen aan de dominante zettingsklasse. Per postcodegebied is de storingsfrequentie bekend zodat per zettingsklasse de gemiddelde storingsfrequentie kan worden berekend, zie Tabel 15. Hier valt op dat de gemiddelde storingsfrequentie hoger is naarmate er minder zettingen optreden. Dezelfde analyse is uitgevoerd voor postcodegebieden (bestand B, omgerekend naar 4 cijfers) waarin de meerderheid van de vervangingen van aansluitingen plaatsvond op incidentele basis. Ook hier is de gemiddelde storingsfrequentie hoger naarmate er minder zettingen optreden.

<sup>17</sup> Het is onduidelijk welke bijdrage loodsanering levert aan incidentele vervangingen

Tabel 15 Postcodegebieden (4 cijfers) met de gemiddelde storingsfrequentie (storingsen/1000 aansluitingen/jaar). Totaal aantal postcodegebieden bedraagt 206.

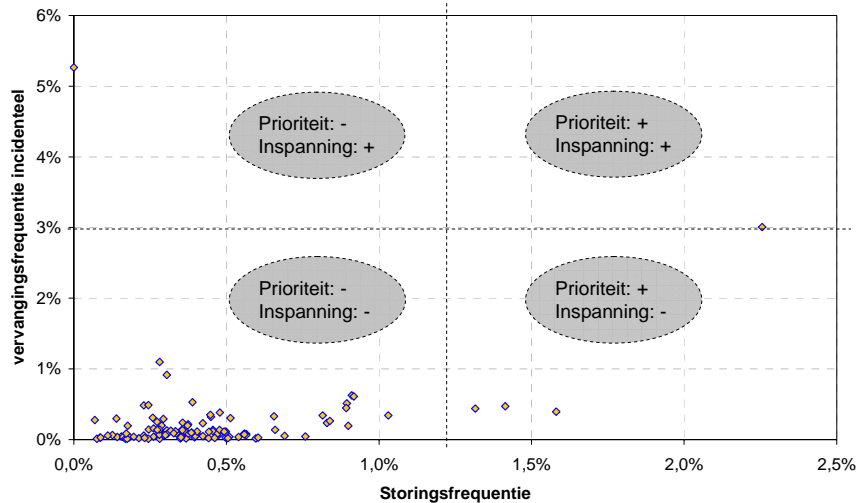
Zettingsklase	Alle postcodegebieden (bestand A)			Alle postcodegebieden, waarin voornamelijk incidentele vervangingen voorkomen (deel van bestand A)		
	aantal	aandeel	Gem. st. freq.	aantal	aandeel	Gem. st. freq.
geen	1	0,50%	6,6	1	0,90%	6,6
laag	52	25,20%	5,5	24	21,40%	5,5
matig	52	25,20%	4,4	28	25,00%	4,4
hoog	101	49,00%	3,9	59	52,70%	3,9
	206			112		

Op basis van bovenstaande data is geen logische of eenvoudige relatie te leggen tussen de storingsfrequentie en het optreden van zettingen en bestaat het vermoeden dat andere oorzaken een grotere invloed hebben op de storingsfrequentie. Hierbij kan gedacht worden aan de leeftijd of de materiaalsoort. Zo liggen recente uitbreidingswijken vaak in gebieden met hoge zettingen. De storingsfrequentie in deze gebieden kan echter laag zijn omdat de grond is verbeterd, de leidingen jong zijn en beter bestand zijn tegen zettingen (door het gebruik van flexibel materiaal en het leggen van lussen in aansluitleidingen).

#### 6.4 Relatie storingsfrequentie en vervangingsinspanning

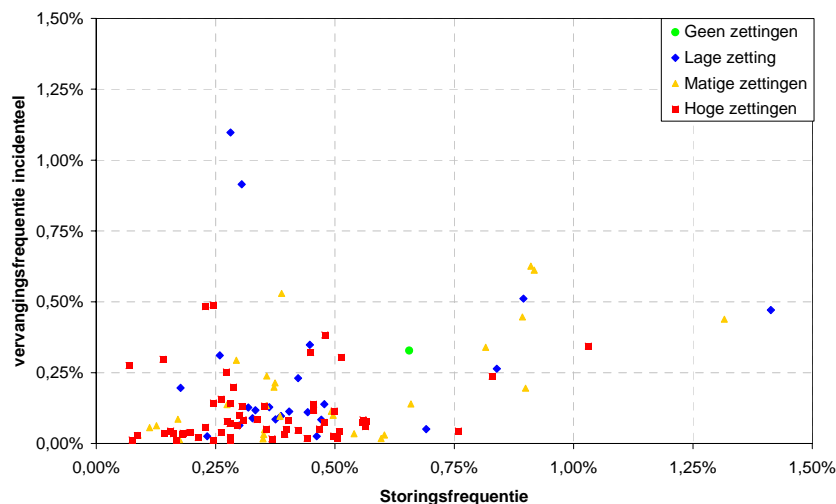
Evides heeft een model ontwikkeld dat beslissingen over het vervangen van aansluitleidingen ondersteunt op basis van onder andere het aantal storingsen en de aanwezigheid van leidingmaterialen (oud koper, verouderd PE, hard PVC, etc.).

Evides stelt geen grootschalige saneringsplannen op voor aansluitleidingen. Volgens opgave van Evides zijn er van januari 2004 tot en met juni 2005 1113 saneringen uitgevoerd. Hiervan is 51% is uitgevoerd op incidentele basis; de overige saneringen zijn uitgevoerd in combinatie met sanering van de hoofdleiding. Er wordt aangenomen dat de saneringen op incidentele basis plaatsvinden naar aanleiding van een storing; combinatievervangingen vinden waarschijnlijk plaats als de hoofdleiding vervangen dient te worden (door slechte conditie hoofdleiding of door renovatie van een weg of woonwijk).



Figuur 23 Relatie storingsfrequentie en incidentele vervangingsfrequentie voor 114 postcodegebieden (4 cijfers) met prioriteitenkwadranten. De positie van de kwadranten is indicatief.

In Figuur 23 zijn voor de 112 postcodegebieden waar incidentele vervangingen hebben plaatsgevonden de storingsfrequentie en vervangingsfrequentie weergegeven. Voor 94% van de postcodegebieden waar vervangingen hebben plaatsgevonden geldt dat de storingsfrequentie én de vervangingsfrequentie kleiner zijn dan 1% per jaar. In Figuur 23 zijn 4 kwadranten weergegeven die staan voor lage prioriteit voor vervangen (weinig storings) versus hoge prioriteit en lage inspanning (weinig vervangingen) versus hoge inspanning. Zonder de grenzen van de kwadranten aan te willen geven, kan op grond van de verdeling worden gesteld dat de meeste postcodegebieden met incidentele vervangingen zich bevinden in het kwadrant lage prioriteit en lage inspanning.



Figuur 24 Relatie storingsfrequentie en incidentele vervangingsfrequentie voor 114 postcodegebieden, waarbij onderscheid is gemaakt naar de zettingsklasse. Drie postcodegebieden vallen buiten het bereik van de figuur.

Figuur 24 geeft een deelgebied weer van Figuur 23, waarbij onderscheid is gemaakt naar zettingsklasse. Er blijkt geen samenhang te zijn tussen de zettingsklasse en de storingsfrequentie respectievelijk de vervangingsfrequentie. Bij lineaire regressie van de punten van de verschillende zettingsklassen is de  $R^2$ -waarde kleiner dan 0,4, wat aangeeft dat een lineair verband niet aangetoond kan worden.

### 6.5 Relatie kosten en prestatie

De gemiddelde bijdrage van ongeplande onderbrekingen van aansluitleidingen aan de totale OLM bedraagt ongeveer 5% [6]. Als wordt aangenomen dat ongeveer 60% van de onderbrekingen een relatie heeft met het leidingmateriaal, kan door het op grote schaal vervangen van alle aansluitleidingen een reductie van de totale OLM optreden van 3%. Deze verbetering van de prestatie staat niet in verhouding tot de bijbehorende kosten.

Een kleinere reductie van de OLM is mogelijk door het gericht vervangen van aansluitleidingen. Dit zal alleen effectief zijn als een specifieke groep aansluitleidingen kan worden geïdentificeerd van een beperkte omvang, die een grote bijdrage levert aan de OLM (bijvoorbeeld bij verouderde leidingmaterialen).

Ook is onzeker of het incidenteel vervangen van aansluitleidingen na een storing zal leiden tot een verlaging van de OLM. Verlaging van de OLM zal pas optreden als door het vernieuwen van een aansluitleiding een nieuwe storing wordt voorkomen. Hiervoor zal een overzicht nodig zijn over het aantal storingen per aansluitleiding. Er zou dan pas vervangen hoeven te worden als een herhaalde storing optreedt binnen een bepaalde termijn.

### 6.6 Conclusies pilot aansluitleidingen

Op basis van de in de pilot aansluitleidingen uitgevoerde analyses kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Het is mogelijk om met behulp van GIS zettingsklassen aan storingen per postcodegebied te koppelen. Het is niet duidelijk of een (4 cijferig) postcodegebied voldoende detail geeft.
- Er blijkt geen logische relatie te bestaan tussen zettingen en storingsfrequentie.
- Er blijkt geen relatie te zijn tussen de storingsfrequentie en de vervangingsfrequentie. Dit geldt voor alle postcodegebieden waar incidentele vervangingen hebben plaatsgevonden en ook voor de postcodegebieden uitgesplitst naar zettingsklasse.
- De twee bovenstaande conclusies kunnen wellicht worden toegeschreven aan de beperkte hoeveelheid gegevens waarmee de analyse is verricht. Door bijvoorbeeld ook leeftijd als factor mee te nemen zou mogelijk wel een relatie gevonden kunnen worden.
- Het is niet te verwachten dat de kosten van het grootschalig vervangen van aansluitleidingen zullen leiden tot een aanzienlijke reductie van de ondermaatse leveringsminuten (OLM).

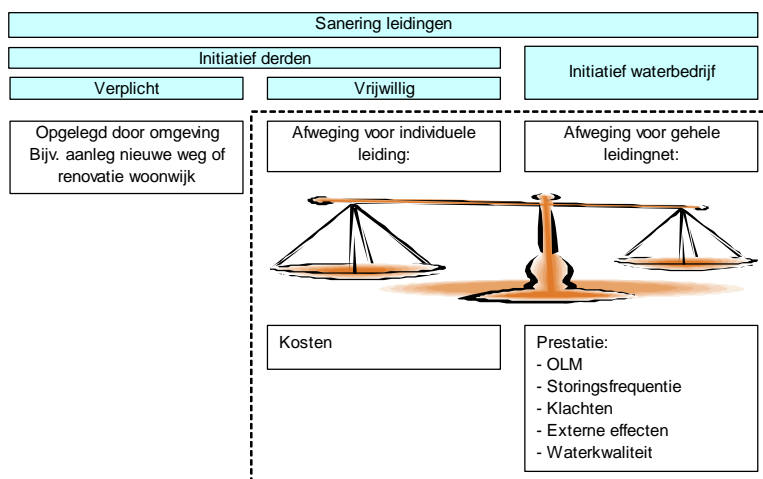
# 7 Discussie

De relatie tussen een prestatieverbetering van distributie-assets en bijbehorende kosten is in de voorgaande hoofdstukken onderzocht aan de hand van vier pilots. Hierbij opgedane ervaringen worden bediscussieerd in dit hoofdstuk met als doel bouwstenen aan te reiken voor betere beslissingen voor het saneren en onderhouden van het leidingnet. Het een en ander wordt geplaatst in een kader dat tevens dient om nieuwe onderzoeksvragen te identificeren.

## 7.1 Motief voor het saneren van leidingen

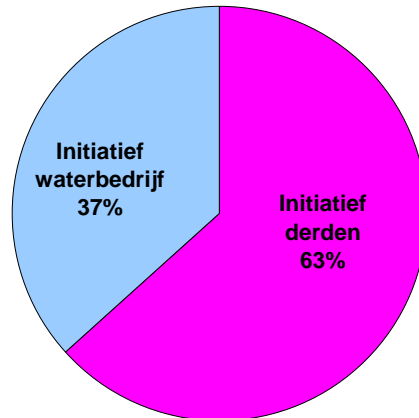
Beslissingen over het saneren van leidingen kunnen ingegeven worden door intern beleid of door externe omstandigheden. Het ontwikkelen van kennis over de conditie van het leidingnet voor het onderhouden van saneringsbeslissingen is zinvol als deze beslissingen zijn gebaseerd op eigen afwegingen van het waterbedrijf. In Figuur 25 zijn drie motieven voor het saneren van leidingen weergegeven:

- Verplicht saneren op initiatief van derden (vaak ook reconstructies genoemd); hierbij wordt een leiding verlegd, bijvoorbeeld bij het herstructureren van een woonwijk of het aanleggen van nieuwe wegen.
- Vrijwillig saneren op initiatief van derden; hierbij wordt de vraag voorgelegd aan het waterbedrijf of het wil meegaan met werkzaamheden van derden. Waterbedrijven kunnen hierbij een afweging maken of meegaan zinvol is, bij het afwegingsproces kunnen kosten en prestatie-indicatoren een rol spelen.
- Saneren op eigen initiatief; hierbij vindt in principe een afweging plaats op basis van kosten en prestatie-indicatoren, zoals de OLM, storingsfrequentie, klachten en externe effecten.



Figuur 25 Motieven voor het saneren van leidingen

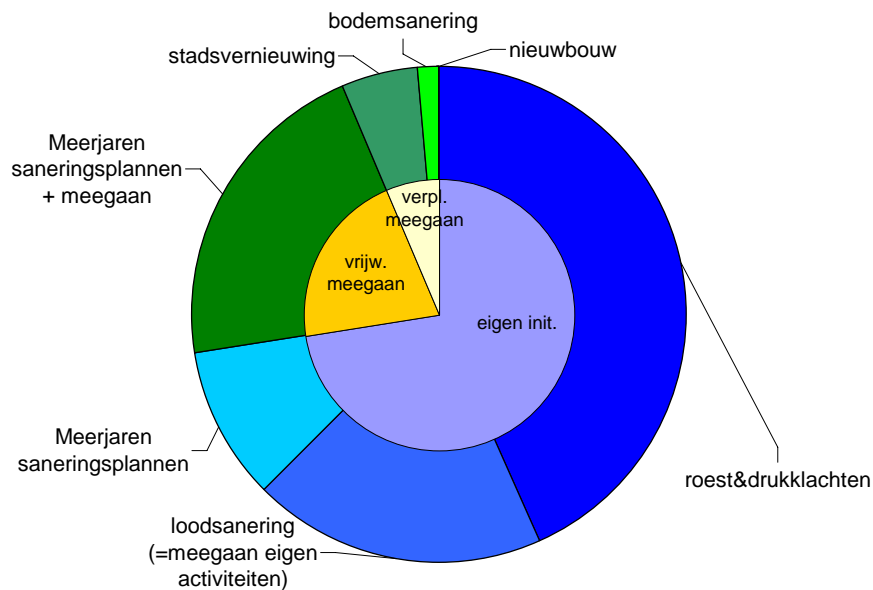
Ter illustratie voor de motieven voor het saneren van leidingen worden gegevens gepresenteerd van DZH en WMD. In Figuur 26 is voor de WMD het onderscheid weergegeven tussen de kosten van saneringen op eigen initiatief en op initiatief van derden op basis van de kosten van de saneringen. WMD kon geen onderscheid maken tussen verplicht en vrijwillig saneren.



*Figuur 26 Verdeling van initiatief van sanering bij WMD op basis van kosten (2004)*

Bij DZH is voor de Haagregio in 2004 het motief van saneren in kaart gebracht. In dat jaar is in totaal 8,9 km gesaneerd op een totale leidinglengte in de Haagregio van 1214 km [11]. In Figuur 27 wordt in de buitenste ring het motief van saneren aangegeven zoals aangegeven door DZH. Hiervan kan 72% gekarakteriseerd worden als saneringen op eigen initiatief, 21% als saneringen waarbij vrijwillig wordt meegegaan en 7% als saneringen waarbij verplicht wordt meegegaan. In dit voorbeeld bij DZH is voor 93% van de gesaneerde leidingen in de Haagregio een afweging op basis van prestatie en kosten mogelijk. Opgemerkt wordt dat dit voorbeeld illustratief is. In de meeste leidingnetten is het aandeel saneringen op eigen initiatief veel lager.





Figuur 27 Motieven van saneringen van leidingen bij DZH (Haagregio) in 2004 op basis van lengte [11]

## 7.2 Prestatie-indicatoren voor het saneren van leidingen

Voor het kwantificeren van de prestatie voor het saneren van leidingen zijn door van den Boomen [8] de volgende prestatie-indicatoren benoemd:

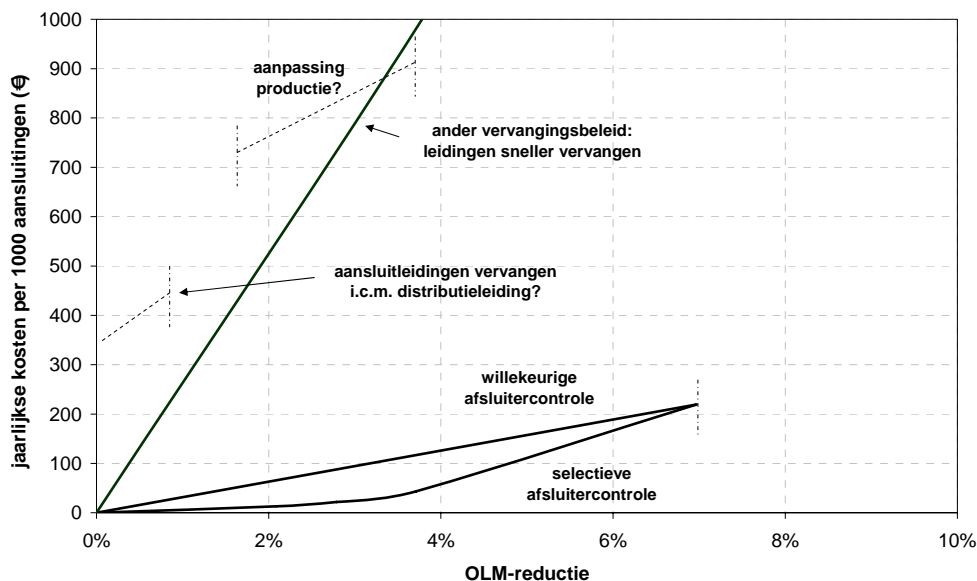
- Ondermaatse Leveringsminuten (OLM);
- storingen;
- klachten;
- overschrijdingen van normen waterkwaliteit.

In onderstaande subparagrafen wordt kort ingegaan op welke wijze de bovenste drie prestatie-indicatoren kunnen worden ingezet voor het onderbouwen van een saneringsbeslissing.

### 7.2.1 Ondermaatse leveringsminuten

Ondermaatse Leveringsminuten (OLM) is een kwantitatieve maatstaf voor de prestatie van de levering aan klanten. Bij de bepaling van de OLM wordt geregistreerd welke distributie-assets aandeel hebben gehad in de ondermaatse levering. Op grond van analyses van het leidingnet kan het effect van maatregelen op het verwachte aantal minuten ondermaatse levering worden berekend. In Figuur 28 wordt een voorbeeld gegeven van de te verwachten OLM-reductie en bijbehorende kosten voor diverse maatregelen. De maatregelen met betrekking tot afsluitercontrole zijn afgeleid uit de pilot afsluiters. Het eerder vervangen van leidingen, bijvoorbeeld door de maximale storingsfrequentie van een individuele leiding te verlagen, is bepaald op basis van de pilot hoofdleidingen bij Waternet.

Uit onderstaande figuur blijkt selectieve afsluitercontrole de meest effectieve methode om een OLM-reductie te realiseren.



Figuur 28 Voorbeeld van het effect van verschillende maatregelen voor het onderhouds- en vervangingsbeleid op OLM-reductie en kosten (betreft de OLM leveringsonderbreking). De getrokken lijnen zijn afkomstig uit de pilots, de gestippelde lijnen zijn fictief.

**Voorbeeld toepassing vergelijking OLM-reductie en kosten:**

Een waterbedrijf wil in een bepaalde woonwijk de OLM leveringsonderbreking met 5% verlagen. Welke maatregel uit Figuur 28 zal tegen de laagste kosten deze OLM-reductie mogelijk maken?

Een OLM-reductie van 5% kan bereikt worden door:

- selectieve afsluitercontrole
- willekeurige afsluitercontrole
- ander vervangingsbeleid hoofdleidingen.

Uit Figuur 28 blijkt dat selectieve afsluitercontrole de gewenste OLM-reductie mogelijk maakt tegen de laagste kosten.

**7.2.2 Storingen**

LCC AM/QM en de FAIL-module van CARE-W selecteren te saneren leidingen op basis van het aantal storingen. Beide methoden vergelijken het aantal te verwachten storingen met een normgetal: de kritische storingsfrequentie. De hoogte van dit normgetal is een uitvloeisel van het bedrijfsbeleid. In Hoofdstuk 2 is met behulp van LCC AM/QM berekend dat de benodigde investeringen aanzienlijk lager zijn bij een hogere kritische storingsfrequentie (zie Figuur 14).

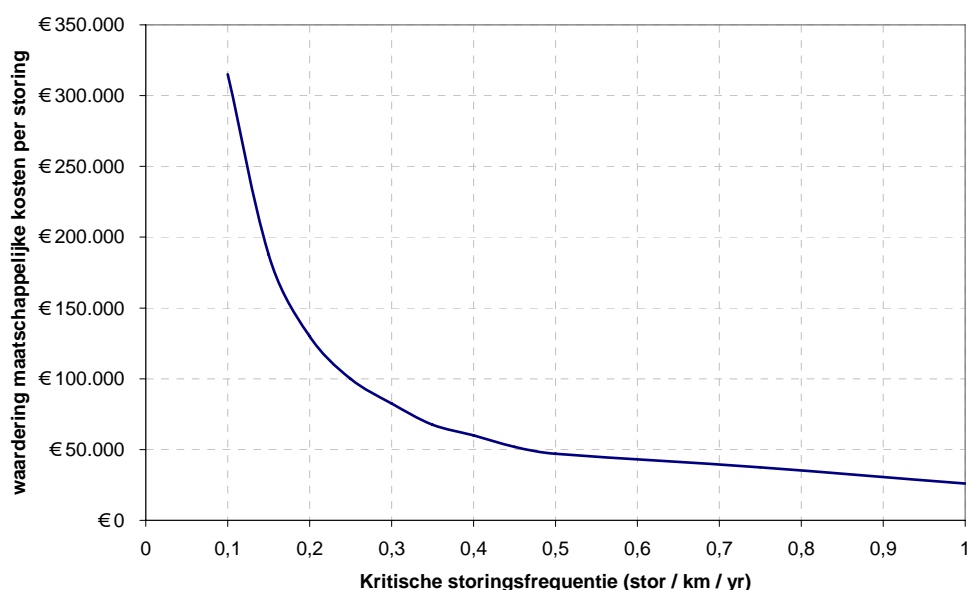
Bij het hanteren van een kritische storingsfrequentie worden leidingen vervangen wanneer de storingsfrequentie een normwaarde overschrijdt. In de praktijk is de normwaarde van de kritische storingsfrequentie lager (dus

zwaarder) dan het economisch vervangingsmoment. Bij dit laatste wordt een leiding vervangen als de toekomstige operationele kosten (kosten van reparatie en de financiële schade) hoger zijn dan de investering van de sanering. Bij het vervangen bij overschrijding van een kritische storingsfrequentie zijn de toekomstige operationele kosten lager dan de investering. Het verschil kan worden aangemerkt als maatschappelijke kosten, dit zijn in feite fictieve kosten die aangeven hoeveel het waterbedrijf bereid is te rekenen voor het tevreden stellen van stakeholders.

Met behulp van de gegevens van Waternet is ter illustratie een berekening gemaakt om de relatie tussen een kritische storingsfrequentie en de maatschappelijke kosten weer te geven, zie Figuur 29. Deze figuur toont net als Figuur 1 een relatie aan tussen prestatie en kosten. Voor de berekening zoals uitgevoerd in Figuur 29 zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd (deels aangeleverd door Waternet):

- vervangingskosten: €545.000 per km;
- operationele kosten per storing: €1.500;
- netto rente: 4%;
- afschrijvingsperiode: 25 jaar;
- storingskans op basis van een aangenomen exponentiële toename volgens de functie:

$$f(t) = 0,039 \cdot e^{((leeftijd-\beta) \cdot 0,039)}$$



*Figuur 29 Illustratie van de relatie tussen de kritische storingsfrequentie en maatschappelijke kosten*

Op basis van de aannamen uit dit voorbeeld blijkt dat voor de gekozen kritische storingsfrequenties de maatschappelijke kosten aanzienlijk hoger zijn dan toekomstige operationele kosten, zie Tabel 16.

Tabel 16: Verhouding kosten van reparatie en maatschappelijke kosten bij verschillende kritische storingsfrequenties.

Kritische storingsfrequentie	Operationele kosten, per storing	Maatschappelijke kosten, per storing	Verhouding
0,1 st/km/jr	€ 1.500,-	€ 315.000,-	1 : 210
0,3 st/km/jr	€ 1.500,-	€ 82.500,-	1 : 55
1,0 st/km/jr	€ 1.500,-	€ 26.000,-	1 : 17,3

Door het introduceren van maatschappelijke kosten maakt een waterbedrijf duidelijk wat de consequentie is van een bepaalde beleidskeuze. Een kritische storingsfrequentie van 0,3 storingen/km/jaar zal op basis van dit voorbeeld tot gevolg hebben dat het overgrote deel van een investering dient om de maatschappelijke overlast van storingen te beperken en niet om het leidingnet op economische gronden optimaal te beheren.

### 7.2.3 Klachten

Door de intrede van callcenters zijn waterbedrijven beter in staat klachten goed te registreren. Waterbedrijven kunnen klachten op twee manieren beschouwen, namelijk als:

- uiting van een ontevreden klant;
- indicator voor de prestatie van de levering.

In het eerste geval zal het waterbedrijf er naar streven de klagende klant zo snel mogelijk tevreden te stellen. Zo geeft bijvoorbeeld het Belgische waterbedrijf PIDPA elke klant €25 als niet binnen een afgesproken tijd op een eerdere klacht wordt gereageerd.

Het hanteren van klachten als een indicator voor de prestatie van de levering van drinkwater blijkt in de praktijk lastig, onder andere doordat:

- in geval van een grootschalig incident het callcenter 'overbelast' raakt en slechts een beperkt aantal klachten registreert;
- klachten sterk bepaald worden door de persoonlijke beleving van overlast (bijvoorbeeld 'de notoire klagers' en 'stedelingen die eerder klagen dan mensen van het platteland');
- klanten een ondermaatse levering niet opmerken (bijvoorbeeld in het geval van ondermaatse druk of waterkwaliteit).

Hoewel de registratie van klachten geen objectieve maat is voor het meten van de prestatie van de levering, kan het wel een waardevolle indicatie zijn voor de prestatie. Hiervoor zouden klachten kunnen worden ingedeeld in categorieën, waarbij nadere analyse kan plaatsvinden bij toename van het aantal klachten. Ook kan een waterbedrijf verlaging van het aantal klachten als maatstaf nemen voor het succes van bepaalde activiteiten. Door klachten te vertalen in OLM is het mogelijk om klachten af te wegen tegen bijvoorbeeld de OLM ten gevolge van leveringsonderbrekingen.

### 7.3 Nieuwe onderzoeksthema's

Op basis van de componenten voor een rationeel beleid voor het saneren en onderhouden van leidingnetten, kunnen nieuwe onderzoeksthema's worden geïdentificeerd (zie Tabel 17). Het betreft hier thema's die een aanvulling zijn op het lopend bedrijfstakonderzoek. Er wordt onderscheid gemaakt naar de aard van de onderzoeksthema's, te weten:

- G: gemeenschappelijk, thema's die voor alle bedrijven spelen.
- B: bedrijfsspecifiek, thema's die zeer specifiek zijn voor een bedrijf of die raken aan strategische aspecten van het bedrijfsbeleid.
- M: een mengvorm van bovenstaande punten, bijvoorbeeld als in een eerste fase gemeenschappelijke aspecten worden onderzocht en in een vervolgfase een bedrijfsspecifieke invulling wordt gegeven.

Tabel 17: Nieuwe onderzoeksthema's voor een rationeel beleid voor het saneren en vervangen van leidingnetten.

Nr	Omschrijving onderzoeksthema's	Aard
1	Stel een algemeen beleidskader op voor meerjarige saneringsplannen, o.a. gebaseerd op: <ul style="list-style-type: none"> <li>▫ objectieve criteria en definities;</li> <li>▫ wegingsfactoren voor het afwegen van keuzen;</li> <li>▫ een informatiesysteem waarin beslissingen over saneren en onderhoud worden vastgelegd, zodat besluiten getoetst en geëvalueerd kunnen worden.</li> </ul> Geadviseerd wordt ook afgewezen voorstellen voor saneringen te registreren met bijbehorende motivering.	M
2	Bepaal een basislijst van assetelementen met relevante kenmerken en omgevingsfactoren, die gebruikt kan worden als checklist bij het opstellen van onderhouds- en saneringsplannen. Bepaal de gevoeligheid van alle kenmerken en omgevingsfactoren voor kosten en prestatieverbetering. Maak gebruik van geografische informatiesystemen en kennis uit het buitenland en van andere sectoren.	G
3	Ontwikkel een instrument (in Hoofdstuk 2 de Kwaliteitsmatrix genoemd) dat de kwaliteit van de gegevens in het Leidingeninformatiesysteem toetst en dat ontbrekende gegevens signaleert.	G
4	Ontwikkel interfaces om informatie uit het Leidingeninformatiesysteem beschikbaar te maken voor analyse-instrumenten, zoals CAVLAR (implementatie van de afsluitermethodiek). Door het maken van businesscases kan inzicht worden verkregen in de inspanningen en de opbrengsten.	B
5	Ontwikkel een praktische methode om de betrouwbaarheid van afsluiters te bepalen. Hierbij kan reeds ontwikkelde kennis worden toegepast die is ontwikkeld voor de BTO-projecten Brandkraancontrole en Geluid in water.	G
6	Analyseer de informatiebehoefte over het saneren en vervangen van leidingen, met inachtneming van benodigde analyse-instrumenten, en geef aan welke informatie in welke vorm opgeslagen dient te worden in het Leidingeninformatiesysteem.	M
7	Implementeer instrumenten als de CAVLAR, CARE-W en LCC AM/QM en evalueer de benodigde inspanningen en resultaten.	M

Gegevens over storingen zijn een belangrijke basis voor het saneringsbeleid. In veel gevallen zijn minder gegevens beschikbaar dan gewenst voor een analyse. Het lopende BTO-project Storingsanalyse, waarin in een eerdere fase de OLM is ontwikkeld, zal zich meer gaan richten op de analyse van storingen. Er zal onder andere onderzoek worden gedaan naar statistische analysemethoden die op basis van een beperkte hoeveelheid gegevens storingen kunnen relateren aan leiding- en omgevingsdata.

## 8 Conclusies en aanbevelingen

Het doel van dit onderzoek was het concretiseren van assetmanagement. Daarbij is de nadruk gelegd op instrumenten die kunnen ondersteunen bij het verzamelen van de informatie om een assetmanagementbeslissing te kunnen nemen. In §8.1 worden conclusies getrokken met betrekking tot deze hulpmiddelen. In §8.2 worden conclusies getrokken met betrekking tot de resultaten van de pilots, namelijk het vaststellen van de relatie tussen kosten en prestatie. In §8.3 worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek. Dit behelst zowel bedrijfsspecifieke onderzoeken als mogelijkheden voor gezamenlijk onderzoek.

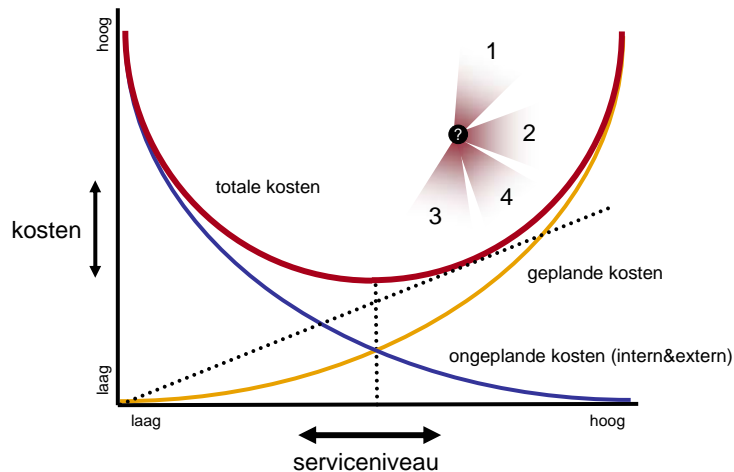
### 8.1 Conclusie methoden voor het bepalen van prestatie en kosten

De gebruikte instrumenten zijn sterk afhankelijk van storingsgegevens. LCC AM/QM is in essentie een financieel pakket waaraan extra functionaliteiten zijn toegevoegd waarmee het storingsverloop wordt bepaald voor een leidinggroep. Vervolgens kan het effect van een gekozen vervangingscriterium op de jaarlijkse kosten en de gemiddelde storingsfrequentie worden berekend. CARE-W richt zich meer op de technische aspecten van het saneringsbeleid en kijkt hierbij meer naar individuele leidingen. CARE-W legt de nadruk op goed datamanagement (volledige en juiste gegevens) en is geschikt voor zowel korte als lange-termijn-planning, terwijl LCC AM/QM met name voor de middellange termijn geschikt is. CAVLAR (implementatie van de afsluitermethodiek) is een geschikt instrument om de kritische afsluiters te identificeren. Daarnaast kan het effect worden bepaald van een ander afsluiterbeleid op de OLM. Gecombineerd met de bijhorende kosten van een ander afsluiterbeleid kan CAVLAR onderhouds- en beheerbeslissingen voor afsluiters ondersteunen. ArcGIS maakt het mogelijk om omgevingsfactoren te koppelen aan storingen. Hiermee kan de relatie tussen omgevingsfactoren en storingen worden bepaald.

### 8.2 Conclusie relatie tussen kosten-prestatie

In het assetmanagementonderzoek wordt in voorliggend project gezocht naar de mogelijkheden om kosten en prestatie van diverse activiteiten van het onderhouds- en vervangingsbeleid van distributienetten te kwantificeren. Het project richt zich hierbij in eerste instantie op de prestatie-kostengrafiek zoals weergegeven in Figuur 30.

Een waterbedrijf kan door het kwantificeren van kosten en prestatie zijn huidige locatie in de prestatie-kostenruimte bepalen (in Figuur 30 aangegeven met een vraagteken op een willekeurige locatie). De curven in deze grafiek geven de maximaal haalbare verhouding tussen prestatie en kosten aan. Het is echter niet mogelijk gebleken in de pilots om deze curven vast te stellen. In de pilots is wel zicht gekomen op scenario's waarin actief een beweging kan worden gemaakt in de richting van de optimale prestatie-kostencurve (aangegeven met 1, 2, 3 en 4).



Figuur 30 Prestatie-kostengrafiek, waarbij de relatie tussen de prestatie en geplande en ongeplande kosten wordt weergegeven. De som van beide grafieken geeft de optimale prestatie-kostencurve weer.

Op basis van dit onderzoek kunnen per pilot (of per instrument) onderstaande conclusies worden getrokken over de kosten en prestatieverbetering door onderhoud aan het leidingennet:

- Een kostenreductie met betrekking tot het onderhoud van leidingen is mogelijk door het uitstellen van vervangingen. Uit analyse met LCC AM/QM blijkt dat dit tot een verlaging van de prestatie leidt (uitgedrukt in toename van het aantal storingen) die binnen aanvaardbare grenzen blijft (beweging 3 in Figuur 30).
- Het invoeren van CARE-W leidt tot een investering in de vorm van tijd en aanpassing van datasystemen. Naar verwachting zal dit op middellange termijn leiden tot een verlaging van de kosten, omdat beter onderbouwde saneringsbeslissingen genomen kunnen worden. Hierbij kan actief gestuurd worden op het gewenste prestatieniveau (beweging 4 in Figuur 30).
- Het selectief controleren van afsluiters met een hoge impact is efficiënter dan het willekeurig controleren van afsluiters. Door het bestaande onderhoudsbudget slimmer in te zetten kan de prestatie worden verhoogd zonder (veel) extra kosten (beweging 2 in Figuur 30).
- Het actief vervangen van aansluitleidingen, met als doel het verlagen van het aantal storingen, leidt tot aanzienlijke kosten en een geringe prestatieverbetering (beweging 1 in Figuur 30).

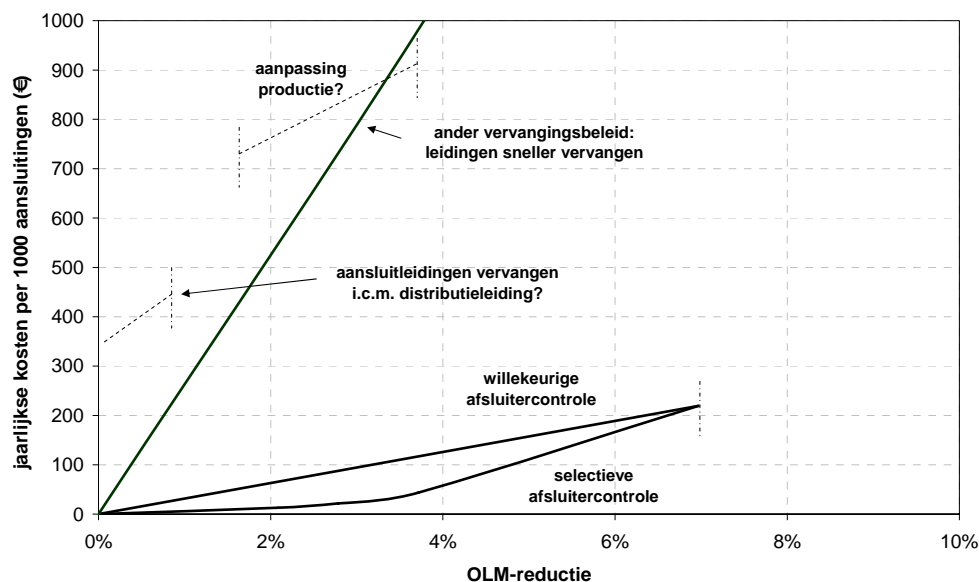
Uit het totaal van alle pilots kunnen met betrekking tot de prestatie-kostengrafiek onderstaande conclusies getrokken worden:

1. Het bepalen van de optimale kosten-prestatiecurve van een waterbedrijf vergt een aanzienlijke inspanning. Door deze grote inspanning valt het bepalen van deze curve buiten dit project. Bovenstaande figuur moet worden beschouwd als een conceptueel model dat helpt bij het denkproces maar is niet kwantificeerbaar.



2. Er blijkt dat het mogelijk is met behulp van instrumenten schattingen te maken van de richting en de grootte van het effect van acties voor het bijsturen van het onderhouds- en vervangingsbeleid.
3. De relatie tussen kosten en prestatie kan beter in een andere vorm worden gepresenteerd, zodat rekening gehouden kan worden met de verandering van de prestatie over de levensduur van een asset. Een asset begint met een heel goede prestatie, en mag in de loop der tijd slechter worden tot een bepaalde grens.

Ad. 3 Van verschillende activiteiten binnen het onderhouds- en vervangingsbeleid kan de impact in termen van verbetering van de prestatie (ten opzichte van de huidige prestatie) en benodigde kosten, in één grafiek worden ondergebracht (zie Figuur 31). Hiermee kan bijvoorbeeld voor een gewenste OLM-reductie de meest kosteneffectieve activiteit binnen het onderhouds- en vervangingsbeleid worden bepaald.



Figuur 31 Impact van verschillende activiteiten binnen het onderhouds- en vervangingsbeleid (getrokken lijnen zijn bepaald op basis van één van de pilots, gestippelde lijnen zijn fictief, de verticale lijnen geven de begrenzing aan van de mogelijke activiteit)

### 8.3 Aanbevelingen

Het tastbaar en praktisch maken van assetmanagement kan alleen in de praktijk van een waterbedrijf. De waterbedrijven worden dan ook geadviseerd om aan de slag te gaan met assetmanagement. De eerste stap is te analyseren wat de huidige prestatie en kosten zijn en de tweede stap is om, met behulp van instrumenten, te bepalen hoe deze kosten omlaag en/of de prestatie omhoog gebracht kunnen worden. Instrumenten die kunnen worden toegepast zijn bijvoorbeeld CaVLAR en CARE-W: CAVLAR helpt om de (huidige) leiding- en afsluiterconfiguratie te analyseren, een pakket als CARE-W ondersteunt de keuze van vervangingen. Omdat tijdens het project geen

relatie is gevonden tussen storingen op aansluitleidingen en zettingen is de verwachting dat verdere analyse van storingen op aansluitleidingen weinig zal opleveren.

Waterleidingbedrijven kunnen van elkaar leren. De beste manier is via (interactieve) bijeenkomsten waar *best practices* kunnen worden uitgewisseld.

Voor vervolgonderzoek worden de onderstaande aanbevelingen gedaan:

1. Een algemeen beleidskader op te stellen voor meerjarige saneringsplannen, o.a. gebaseerd op:
  - objectieve criteria en definities;
  - wegingsfactoren voor het afwegen van keuzen;
  - een informatiesysteem waarin beslissingen over saneren en onderhoud worden vastgelegd, zodat besluiten getoetst en geëvalueerd kunnen worden.
2. Vervolgonderzoek te starten waarin een basislijst wordt beschreven van asset-elementen met relevante kenmerken en omgevingsfactoren, die aansluiten op geografische informatiesystemen.
3. Een instrument te ontwikkelen dat de kwaliteit van de gegevens in het Leidingeninformatiesysteem toetst en dat ontbrekende gegevens signaleert.
4. Interfaces te ontwikkelen om informatie uit het Leidingeninformatiesysteem beschikbaar te maken voor analyse-instrumenten, zoals CAVLAR (implementatie van de afsluitermethodiek). Door het maken van businesscases kan wordt inzicht verkregen in de inspanningen en de opbrengsten.
5. Vervolgonderzoek te starten voor het bepalen van een praktische methode om de betrouwbaarheid van afsluiters te bepalen. Hierbij kan reeds ontwikkelde kennis worden toegepast die is ontwikkeld voor de BTO-projecten Brandkraancontrole en Geluid in water.
6. De informatiebehoefte te analyseren over het saneren en vervangen van leidingen, met in acht neming van benodigde analyse-instrumenten met als doel aan te geven welke informatie in welke vorm opgeslagen dient te worden in het Leidingeninformatiesysteem.
7. Verder ervaring op te doen met instrumenten als CAVLAR, CARE-W en LCC AM/QM.

## 9 Literatuur

- [1] Alegre, H., W. Himer, J.M. Baptista en R. Parena (2000), *Performance Indicators for Water Supply Services*, IWA Publishing, London
- [2] Beuken, R.H.S., (2004), *Verslag bezoek Balvant Rajani (NRC) aan Kiwa*, BTO 2004.028, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [3] Beuken, R.H.S., (2005), *Investeringsprognose*, BTO 2005.047, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [4] Beuken, R.H.S., (2005), *Workshop CARE-W*, BTO 2005.038, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [5] Beuken, R.H.S., *Verslag 1st IWA Leading-Edge Conference on Strategic Asset Management*, BTO 2004.049
- [6] Blokker, E.J.M., C.F.T. Kivit (2005), *Evaluatie pilot ondermaatse leveringsminuten*, BTO 2005.039, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [7] Boomen, M. (2004), *Werkconferentie Asset Management –werkmop-*, BTO 2004.022, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [8] Boomen, M. (2006), *Prestatie-indicatoren waterleidingbedrijven NL & OFWAT-UK*, BTO 2006.021, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [9] Boomen, M. (2006), *Risicogestuurd onderhoud voor distributie-infrastructuur*, BTO 2006.001, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [10] Burn, S., M. Ambrose, M. Moglia and G. Tjandraatmadja, (2004), *PARMS: An approach to strategic management for urban water infrastructure*, Proceedings 1st IWA Leading-Edge Conference on strategic asset management
- [11] DZH (2005), *Technisch Accountantsrapport Leidingnet*, DZH
- [12] Horst, P. (2005), *PWN repareert metalen leidingen niet meer*, H2O No. 25/26
- [13] Ramaker, T., R.H.S. Beuken en A. Meuleman, *Yorkshire Water optimaliseert met slimme modellen*, H2O,
- [14] Saegrov, S., *CARE-W final rapport*, SINTEF, Trondheim, Noorwegen
- [15] Speers, A., S. Burn D. Hatton MacDonald, B. Nancarrow, G. Syme and M. Young, *Setting and evaluating customer service standards*, Proceedings 1st IWA Leading-Edge Conference on strategic asset management
- [16] Trietsch, E.A., (2005), *Betrouwbaarheid van afsluiters en sectieisolatie*, BTO 2005.044, , Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [17] Trietsch, E.A., E.J.M. Blokker, (2004), *Ontwerpconcepten hoofdstructuur*, BTO 2003.028, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [18] Trietsch, E.A., L.P.M. Rosenthal, (2004), *Centraal Kennissysteem Levensduurbepaling*, BTO 2004.035, Kiwa Water Research, Nieuwegein
- [19] Wielen, J.M.L. van der, (2004), *Controlemethodiek brandkranen*, BTO 2004.054, Kiwa Water Research, Nieuwegein

Internet:

- [20] <http://www.sg-partners.nl/>



# I CARE-W: input-matrix

## Performance indicator instrument

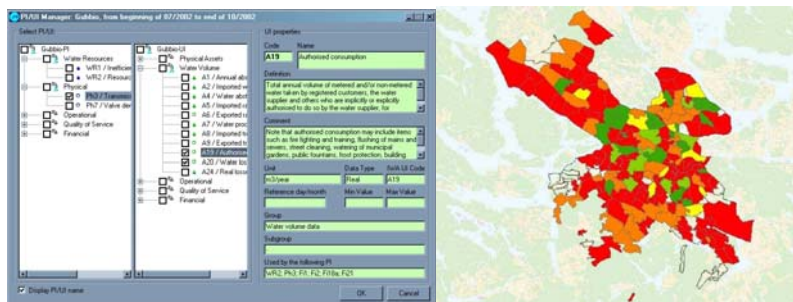
De Performance Indicator (PI) instrument ondersteunt het waterbedrijf door de prestaties van het netwerk te meten. De PI-instrument is afgeleid van de door het IWA ontwikkelde systeem van performance indicators. De PI-instrument kan ingezet worden om vergelijkingen te maken:

- 1 tussen verschillende bedrijven (bijvoorbeeld bij benchmarking),
- 2 tussen delen van één bedrijf (bijvoorbeeld voor het toewijzen van middelen) en
- 3 om ontwikkelingen van indicatoren in de tijd te volgen.

Er is een groot aantal indicatoren opgesteld voor het beheren van distributieleidingen. Deze indicatoren zijn in de PI-instrument overzichtelijk gerangschikt en beschreven. Røstum geeft een voorbeeld van Stockholm, waarbij de indicatoren zijn ingevoerd per zone in het distributienet. Via een GIS-viewer krijgt Stockholm inzicht in de score van de indicatoren per distributiegebied en het verloop van de indicatoren in de tijd.

De Performance indicator instrument genereert:

- een duidelijk overzicht van de PI's en de ontwikkeling in de tijd
- per gebied de score van PI's en de ontwikkeling in de tijd.



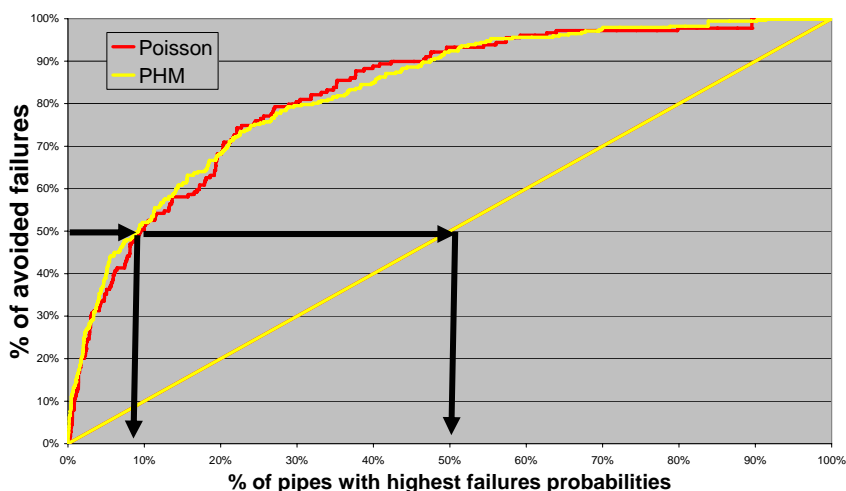
Figuur 32 Het PI-selectieprogramma en een voorbeeld van de PI-score per gebied (rechtstreeks uit GIS, gebaseerd op CARE-W)

## Failure forecasting modules

Failure Forecasting (FAIL) berekent per individuele leiding de storingskans op basis van gerapporteerde storingen. Volgens Røstum kan met een storingendatabase van 5 jaar al een goede voorspelling gemaakt worden. De vraag is of dit ook geldt voor Nederland waar slechts weinig storingen voorkomen. Røstum liet een voorbeeld zien van een klein netwerk met ongeveer 200 leidingen. FAIL bepaalt met een statistische benadering dat er in dit voorbeeld een significante relatie is tussen enerzijds het aantal storingen en anderzijds de lengte van de leiding en het leidingmateriaal. Het model kwantificeert ook de significantie. Met het model kan een prognose worden gemaakt van het aantal storingen voor alle leidingen. In de praktijk

kunnen voor elk onderzoeksgebied verschillende parameters significant zijn met wisselende coëfficiënten.

Aan de hand van de parameters met een grote invloed op de storingsfrequentie kunnen leidingen met een hoge faalkans worden onderscheiden van leidingen met een lage faalkans. Dit levert input op voor CARE-W REL.



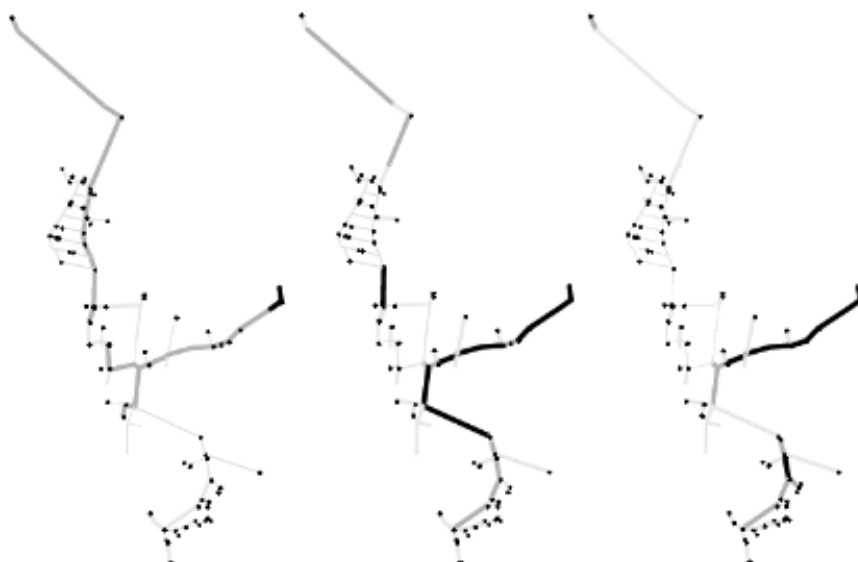
*Figuur 33 De storingsanalyse laat zien welke in de leidingen de grootste storingskans hebben. Zonder storingsanalyse heeft iedere leiding een gelijke faalkans (de rechte lijn). Door storingsanalyse kunnen de leidingen met de grootste bijdrage aan het totale aantal storingen worden geselecteerd, in dit geval draagt 10% van de leidingen bij aan 50% van de storingen (kromme lijnen). Met deze gegevens kan door prioritering van de leidingvervangende de storingsfrequentie effectiever worden gereduceerd.*

### Reliability models

Water Supply Reliability (REL) combineert de kans op het optreden van een breuk met de hydraulische functie van de leiding binnen het netwerk. Deze berekening resulteert in een betrouwbaarheidsindex van de leiding. In CARE-W zijn drie verschillende modellen opgenomen waarmee een betrouwbaarheidsberekening kan worden uitgevoerd. Voor de Nederlandse waterbedrijven lijkt het programma Aquarel het meest interessant. Aquarel is gebaseerd op het wijdverspreide leidingnetberekeningsprogramma Epanet. De output van FAIL genereert een voorspelling van de kans op leidingbreuk. Aquarel neemt één voor één elke leiding uit bedrijf en berekent met behulp van een drukafhankelijke berekening de verminderde levering op alle knopen. Bij deze berekening wordt ook rekening gehouden met aanwezige bergingsvolumes in het net. Per leidingtype wordt een waarde voor de mean time to repair (MTTR) opgegeven. Aquarel drukt de betrouwbaarheid van een leiding uit als een functie van de kans op een leidingbreuk van de effecten voor de levering tijdens een breuk en de duur van de breuk.

In de Water Supply Reliability instrument wordt:

- De storingskans, zoals berekend met CARE-W, wordt gecombineerd met effectberekeningen in het leidingnet. De combinatie van kans en effect geeft het risico van de leiding dat kan worden weergegeven in tabelvorm en GIS en kan de kritische leidingen laten zien. Onderstaande figuur laat een voorbeeld zien: leidingen met een hoog effect (middelste afbeelding) maar een lage faalkans (linker afbeelding) hoeven nog niet de meest kritische leidingen te zijn (rechter afbeelding)!



*Figuur 34 Overzicht van (v.l.n.r.) de faalkans, het effect van falen en het risico per leiding (donkere lijnen geven de hoogste waarde)*

### **Annual rehabilitation planning instrument**

Annual Rehabilitation Planning (ARP) is een instrument dat leidingen selecteert die op korte termijn gerehabiliteerd moeten worden. Deze selectie is gebaseerd op een multi-criteria analyse waarin outputdata van REL, FAIL en andere bedrijfsinformatie wordt gewogen. In Figuur 35 is een overzicht gegeven van de beschikbare criteria in ARP.

Points of view	Criteria
Co-ordination	Co-ordination-score - COS(i)
Repair costs	Annual Repair Costs - ARC(i)
Water losses	Water losses index - WLI(i)
	Predicted Water Interruption - PWI(i)
Water interruptions	Predicted Critical Water Interruption - PCWI(i)
	Predicted Frequency of Water Interruption - PFWI(i)
	Damage due to Flooding in Housing areas - DFH(i)
	Damage due to Flooding in Industrial areas - DFI(i)
Damages and disruptions	Damage due to soil movement - DSM(i)
	Traffic disruptions - DT(i)
	Damage and/or disruption on other infrastructure DDI(i)
Water quality	Water quality deficiencies index - WQD(i)
Hydraulic reliability	Hydraulic criticality index - HCI(i)
Rehabilitation costs	Unit cost of rehabilitation - UCR(i-j)
	info1
	info2
	info3
	info4
	info5

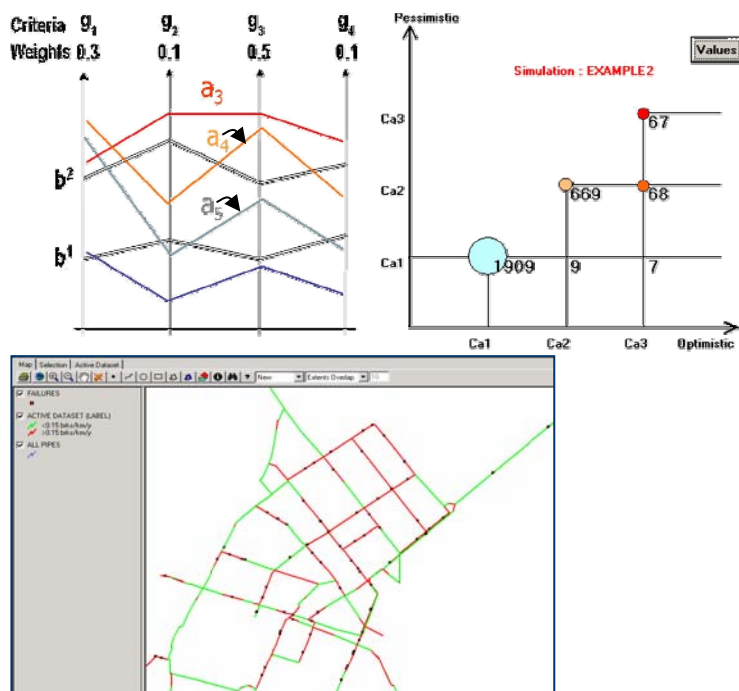
*Figuur 35 Overzicht van de beschikbare criteria in ARP*

Voor alle leidingen wordt volgens een voor opgezette procedure de score bepaald voor alle relevant geachte criteria. Per leiding wordt een profiel bepaald, dat wordt afgezet tegen twee referentieprofielen. Vervolgens worden leidingen ingedeeld in 6 prioriteitscategorieën.

ARP genereert:

- op basis van door de gebruiker gekozen criteria en bijbehorende 'thresholds' voor iedere leiding een beoordeling door een multi-criteria-analyse (Figuur 36 links). De leidingen worden vervolgens ingedeeld in vier klassen (Figuur 36 midden). De resultaten kunnen in een tabel (Figuur 36 midden) en in GIS (Figuur 36 rechts) worden weergegeven.





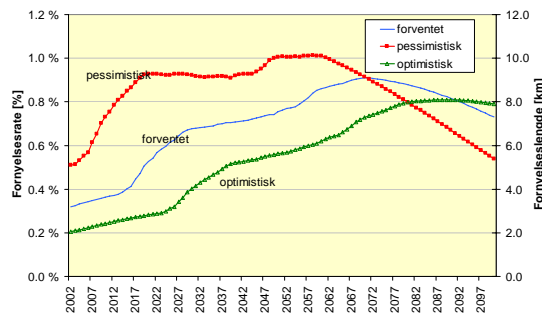
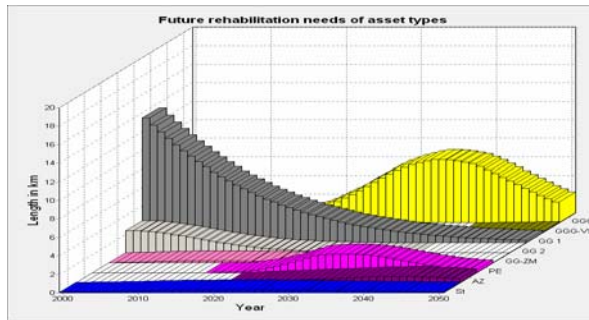
Figuur 36 (Links) Grenswaarden van de prioriteitscategorieën (aangegeven met  $a_3$ ,  $a_4$  en  $a_5$ ) en de resultaten van 3 leidingen (thresholds); (midden) Resultaat van ARP, indeling van de leidingen in prioriteitscategorieën. In deze grafiek zijn 67 leidingen met de meest risicovolle categorie geplaatst. Deze leidingen hebben de hoogste prioriteit bij het opstellen van de investeringsplannen; (rechts) Met een kleur is per leiding de prioriteitscategorie aangegeven in de GIS-interface binnen CARE-W

### Long-term planning instrument

Long Term Planning (LTP) geeft informatie over de hoogte en spreiding van investeringen voor de rehabilitatie van leidingen op lange termijn. De module LTP is een vertaling van het programma KANEW, dat is ontwikkeld door de Universiteit van Dresden.

De long-term planning instrument genereert:

- op basis van een door de gebruiker ingevoerde theoretische levensduur (gebaseerd op expert judgement) het verloop van de vervangingsbehoefte in de tijd uitgedrukt in vervangingslengte en vervangingstempo. Per scenario (pessimistisch, realistisch en optimistisch) kan een andere theoretische levensduur worden gegenereerd.



*Figuur 37 Vervangingstempo per leidinggroep in kilometers; vervangingspercentages in drie verschillende scenario's. De scenario's onderscheiden zich van elkaar door de andere waarde van de theoretische levensduur*

De input-matrix geeft de meest relevante invoerparameters voor de Nederlandse waterleidingbedrijven. Het gebruik van de overige parameters is afhankelijk van de gebruiker en zal dus per bedrijf verschillen. De parameters zijn verzameld tijdens de workshops van 15 juni en 28 & 29 september 2005 en op basis van literatuur over CARE-W. Onvolkomenheden kunnen niet worden uitgesloten.

Enkele opmerkingen:

- het onderdeel PI is niet in de tabel opgenomen omdat het gebruik hiervan geheel wordt bepaald door de gebruiker zelf
- de resultaten van FAIL zijn essentieel voor het gebruik REL
- de **resultaten van REL en FAIL worden gebruikt in ARP**
- de gebruiker kan in LTP de indeling van de leidingen op geheel eigen wijze invullen. In de tabel zijn voor LTP alleen de gegevens aangegeven die als noodzakelijk mogen worden verondersteld. Andere parameters waarop de groepsindeling wordt gebaseerd kunnen door ieder bedrijf zelf worden ingevuld. Gekozen is om in de tabel geen verdere invulling te geven.

Onderdeel	Input		FAIL	REL	ARP	LTP		
Leiding- Kenmerken	Leiding ID		X		X			
	X- & y-coördinaten		x	x	x			
	Materiaal		X		X	X		
	Diameter		X		X	X		
	Lengte		X		X	X		
	Jaar van aanleg		X		X	X		
	Gerehabiliteerd? Jaar?		X		X	x		
	Kosten vervanging				x	X		
	Bedrijfsafhankelijke criteria	Leiding	Coating (intern/extern)	x		x		
			Dichtheid appendages	x		x		
			Diepteligging	x		x		
			Drukklasse	x		x		
			Kwaliteit aansluitleidingen	x		x		
			Resultaat conditiebepaling	x		x		
		Omgevingsfactoren	Verbindingen	x		x		
			Grondsoort**	Grondwaterstand	x		x	
				Verkeersklasse	x		x	
				Zuurgraad bodem	x		x	
				Zwerfstromen	x		x	
		Effect bij falen		Aantal aansluitingen ***		X	x	
			Duur reparatie/onderbreking****			x		
			Grootte van verbruik		X	x		
			Hydraulische kenmerken		X			
Klachten					x			
Klantperceptie *****					x			
Nabijheid (spoor) weg					x			
Nabijheid dijk					x			
Speciale verbruikers				x				
Waterkwaliteit (normen)				x				
Kan worden meegaan met werkzaamheden door derden (of eigen)?				x				
Storing	Leiding ID		X		X			
	Datum		X		X			
	Oorzaak (spontaan/derden)		X		X			
Leidinggroep	Technische levensduur op basis van expert judgement					X		
Diverse	Kosten waterverlies			x				

(X = noodzakelijk      x = mogelijk, maar bedrijfsafhankelijk)

\* Drukklasse kan verder worden onderverdeeld in de factoren ontwerpdruk, werkelijke bedrijfsdruk en drukvariatie.

\*\* Grondsoort kan verder worden onderverdeeld in factoren als:

bodemmateriaal (zand, veen etc.) , zettingsgevoeligheid, pH, CaCO<sub>3</sub>-concentratie en verontreinigingen (bv. puin of chemisch).

\*\*\* Het aantal aansluitingen per leiding kan eventueel worden opgesplitst in verschillende achterliggende gebruikers o.a. normaal, gevoelig en zakelijk

\*\*\*\* De duur van een reparatie lijkt misschien vreemd, maar maakt onderdeel uit van het eventueel toe te passen vervangingscriterium 'OLM' = faalkans x effect = faalkans x (aansluitingen x duur onderbreking). Het verder uitsplitsen van duur van een onderbreking is achterwege gelaten.

\*\*\*\*\* Voorbeelden van klantperceptiecriteria zijn o.a.: waterafhankelijke verbruikers, overlast/ hinder derden, directe schade derden, imago schade waterbedrijf of -sector, gevaarlijke situaties. Let op: mogelijk overlap met andere factoren in bovenstaande tabel.

In CARE-W zijn de volgende 'standaard' criteria waarop leidingen worden beoordeeld bij het bepalen van de jaarlijkse vervangingen opgenomen:

- jaarlijkse kosten reparatie
- jaarlijkse saneringskosten (wordt in het rapport in volledig omschreven)
- baten meegaan met werkzaamheden aan weg of ondergrondse infrastructuur
- lekverlies
- OLM algemeen (wordt in het rapport in volledig omschreven)
- OLM kritische verbruikers (wordt in het rapport in volledig omschreven)
- gemiddelde faalfrequentie
- reliability index (impact van storing op het leidingnet)
- waterschade aan particulieren
- waterschade aan zakelijke klanten
- schade door verzakkingen
- verkeersoverlast
- schade aan infrastructuur
- bijdrage aan waterkwaliteitsproblemen.

De gebruiker kan naar eigen inzicht criteria toevoegen.

## II CARE-W bij DZH

Tijdens een workshop van 28 en 29 september 2005 bij DZH over CARE-W zijn onderstaande aanbevelingen geformuleerd die beogen de datasystemen van DZH geschikt te maken voor input in CARE-W. De aanbevelingen hebben betrekking op de datasystemen van DZH, maar zullen (deels) ook van toepassing zijn voor andere waterbedrijven.

Enkele aanbevelingen uit deze lijst zijn eenvoudig te implementeren. Andere aanbevelingen kunnen niet direct worden geïmplementeerd, bijvoorbeeld methoden om 'pijpsplitsing' in LRS tegen te gaan.

De voorgestelde verbeteringen van de datasystemen zijn van algemene aard. Ook als voor een ander programma dan CARE-W wordt gekozen, zullen deze verbeteringen zinvol zijn.

Als aanpassingen worden voorgesteld:

- **Identificatie van homogene leidingen**  
In het leidingregistratiesysteem (LRS) komen vaak korte leidingen voor. Deze korte leidingen 'ontstaan' bijvoorbeeld in de loop van de tijd door opsplitsing bij bijvoorbeeld plaatsing van een afsluiter of een brandkraan. Deze kleine leidingen bemoeilijken het opstellen van onderhouds- en vervangingsplannen. Het is aan te bevelen het leidingnet in te delen in zo veel mogelijk homogene leidingen; dit zijn leidingen met dezelfde leidingkenmerken (materiaal, diameter en jaar van aanleg) en omgevingsfactoren.
- **Onbekende informatie**  
Van sommige leidingen ontbreekt informatie, bijvoorbeeld het jaar van aanleg of het leidingmateriaal. Ontbrekende informatie kan worden verkregen door deze af te leiden uit bekende gegevens zoals aangrenzende leidingen of het bouwjaar van woningen. Het is in deze situaties aan te bevelen om aan te geven dat gegevens zijn geschat.
- **Kwaliteitsmatrix**  
In alle datasystemen komen fouten voor. Door het toetsen van de databases aan de hand van kennisregels kunnen bepaalde fouten opgespoord worden. Met behulp van kennisregels kunnen onlogische combinaties worden geïdentificeerd zoals onmogelijke aanlegjaren of diameters.
- **Het toewijzen van storingen aan leidingen**  
Storingen van leidingen worden bij DZH toegewezen aan huisadressen. Het toewijzen van storingen aan leidingen zal de analyse van storingen vergemakkelijken.

- **Duidelijk inzicht in de oorzaak van storingen**  
Als storingen worden gebruikt om de conditie van het leidingnet te bepalen, is de oorzaak van storingen van belang. Zo wordt bijvoorbeeld voorkomen dat storingen veroorzaakt door derden worden meegenomen in de analyse.
- **Historische gegevens**  
Er moet worden aangegeven hoe wijzigingen uit het LRS worden aangebracht. Als bijvoorbeeld in een AC-leiding van 100 meter lengte door een reparatie 10 meter wordt vervangen door PVC, ontstaan er drie leidingen. Duidelijk moet zijn hoe bijvoorbeeld oude storingen worden toegewezen aan de nieuwe leidingen. Daarnaast moet worden voorkomen dat historische storingsdata verwijderd wordt als een leiding buiten gebruik wordt gesteld.
- **Integratie van klachten in LRS**  
Door klachten die betrekking hebben op de staat van het leidingnet te koppelen aan het LRS kunnen deze worden meegenomen bij beslissingen over vervangingen.
- **Opstellen van criteria voor annual rehabilitation planning (ARP)**  
Criteria die worden gebruikt binnen de module ARP moeten toegankelijk worden gemaakt zodat zij eenvoudig kunnen worden toegepast. Hierbij kan men denken aan: kruisingen met infrastructuur (dijken, spoorwegen), gemeentelijke herstratingsplannen of omgevingsfactoren (zettingsgevoelige grond).

Voordat de daadwerkelijke invoering van CARE-W kan plaatsvinden wordt aanbevolen de werking hiervan in de praktijk te toetsen bij een waterbedrijf. Vragen die hierbij moeten worden beantwoord zijn o.a.:

1. Hoe is CARE-W geïntegreerd met andere datasystemen?
2. Kunnen kosten en baten benoemd worden (bij voorkeur kwantitatief)?
3. Leiding-ID, wat is de definitie van één leiding?
4. Wat gebeurt er met de leiding-ID en bijbehorende informatie als er bijvoorbeeld een T-stuk wordt ingebouwd of er een gedeelte van de leiding wordt gesaneerd?
5. Welke leidingkenmerken worden geregistreerd (naast aanlegjaar, diameter en lengte)?
6. Hoeveel storingsdata zijn nodig om te komen tot een betrouwbare voorspelling?
7. Hoe ziet de output van de diverse onderdelen (met name ARP en LTP) er uit, op welk format wordt die gegenereerd?
8. Met welk hydraulisch model wordt de reliabilityberekening (REL) uitgevoerd? Kan dit ook op eenvoudige wijze met andere leidingnetberekeningsprogramma's?
9. Wordt gebruik gemaakt van ARP gevoed door data van FAIL en REL?
10. Welke gegevens zijn bij dit bedrijf van belang bij de statistische analyse (failure forecast)?
11. Welke PI's worden bijgehouden?

12. Hoe flexibel is CARE-W als er een nieuwe PI berekend moet worden?
13. Hoe vaak worden de leidingnetgegevens opgeslagen om de historie van het leidingnet bij te houden. Na elke wijziging, elke week, elke maand, elk jaar?
14. Welke thematische kaarten kunnen worden gegenereerd?

### III PARMS

CSIRO in Australië ontwikkelt het programma PARMS (Pipeline Asset and Risk Management System) [10] en [15]. CSIRO stelt dat het in bepaalde situaties niet goed mogelijk is de conditie van het leidingnet te voorspellen met statistische modellen. Volgens CSIRO zijn deterministische modellen<sup>18</sup>, die zich baseren op conditiebepalingstechnieken, in een aantal situaties noodzakelijk als vervanging van of als aanvulling op statistische methoden. Voorbeelden van deze situaties zijn:

- toepassing nieuwe leidingmaterialen, zoals kunststof en nodulair gietijzer, waarvan te weinig historische gegevens beschikbaar zijn om de levensduur met voldoende nauwkeurigheid te voorspellen
- toepassing leidingen waarvoor een pro-actieve rehabilitatiestrategie gewenst is, dit zijn leidingen waar de consequenties van falen zo groot zijn dat deze al vervangen horen te zijn voordat voldoende kennis beschikbaar is voor het bepalen van de levensduur
- als de resultaten van een statistische voorspelling niet overeenkomen met de verwachtingen.

CSIRO wil PARMS als fysische modellering inzetten als aanvulling op een statistisch model. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat met de huidige en nog te ontwikkelen technieken een goede conditiebepaling mogelijk is (of zal zijn).

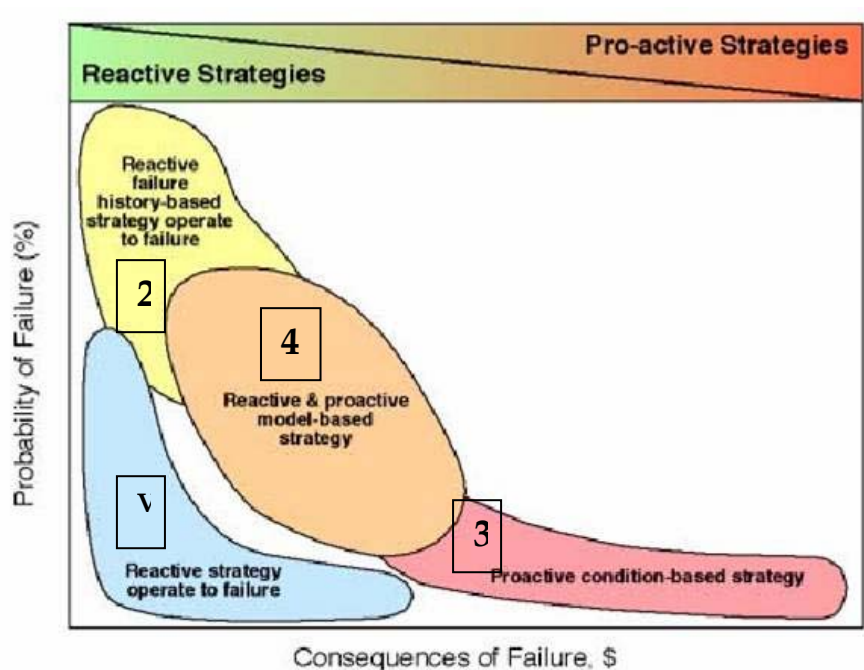
In Figuur 38 laat de kans op en het effect van een leidingbreuk zien. CSIRO hanteert deze relatie om verschillende assetmanagementstrategieën te onderscheiden:

1. Afwachtend: Leidingen waarvan het effect van en de kans op falen klein is, deze hebben weinig aandacht nodig.
2. Reactief: Naarmate de conditie van de leidingen onder 1 achteruit gaat, neemt de kans op falen toe. Nadere analyse zal zich richten op het clusteren van groepen leidingen met een vergelijkbaar conditieverloop. Het prioriteren van te vervangen clusters vindt plaats met behulp van een risicoanalyse waarbij de huidige en toekomstige kans op falen en bijhorende kosten (eventueel inclusief sociale kosten) wordt afgezet tegen de kosten van vervangen.
3. Pro-actief: Voor leidingen waar het effect van falen groot is (zoals belangrijke transportleidingen of leidingen onder snelwegen) is een pro-actieve strategie gewenst. Omdat slechts een kleine kans op falen wordt geaccepteerd heeft een statistisch model onvoldoende data om een voorspelling te genereren. In dit geval zijn conditiebepalingstechnieken en deterministische modellen noodzakelijk.
4. Mengvorm reactief en pro-actief: Voor leidingen waarvan het effect van en kans op falen middelgroot is, is een mengvorm mogelijk van de reactieve en pro-actieve strategie.

---

<sup>18</sup> Hiermee wordt bedoeld modellen die het conditieverloop van leidingen beschrijven op basis van degradatieprocessen, zoals corrosie van gietijzer of uitloging van AC





Figuur 38 Verschillende strategieën voor het beheer van assets uitgesplitst naar kans op en effect van een leidingbreuk [10]

In PARMS worden, in tegenstelling tot bijvoorbeeld CARE-W, de effecten van een leidingbreuk als belangrijk uitgangspunt gehanteerd. De aandacht voor de gevolgen van een onderbreking wordt uitgedrukt in drie componenten, die als sociale-kostencomponenten kunnen worden gekenschetst:

- acceptatie van huishoudelijke klanten van het aantal leveringsonderbrekingen en de duur daarvan;
- economische gevolgen van een onderbreking voor kleinzakelijke gebruikers;
- economische gevolgen van een wegafsluiting als gevolg van een leidingbreuk.

Er wordt van uitgegaan dat voor het bepalen van het eind van de levensduur van een leiding één van de kritische factoren het moment is dat klanten een bepaald aantal leveringsonderbrekingen niet meer accepteren. Er is onderzocht wat Australische consumenten een aanvaardbare leveringsonderbreking vinden met behulp van de subjective social indicator en choice modelling. Beide methoden zijn hieronder uitgewerkt.

#### Customer preferences: Subjective Social Indicator

Deze component start met het identificeren van de belangrijkste kenmerken die aangeven of een klant tevreden is of niet. Dit onderzoek is gericht op kenmerken die verband houden met de onderbreking van de levering. Er is onderzoek gedaan met twee groepen: huishoudelijke en commerciële gebruikers. Van deze groepen is één deel geconfronteerd met onderbrekingen in het verleden en een ander deel niet.

De zogenaamde Subjective Social Indicator is een instrument dat is ontwikkeld om de (on-)tevredenheid van klanten te meten voor geleverde producten van overheidsdiensten. De indicator drukt het verschil uit tussen de bereikte en de gewenste mate van dienstverlening. De methode is uitgebreid getest op verschillende groepen. Typische vragen die worden voorgelegd zijn: 'Het geleverde serviceniveau zou verhoogd kunnen worden door meer geld te investeren in het leidingnet. Om dit te doen zal een verhoging van de prijs noodzakelijk zijn. Is het volgens u wenselijk dat het waterbedrijf de waterprijs verhoogt met 10% om dit betere serviceniveau te bereiken?'

Uit het analyseren van resultaten bleek dat klanten de meeste hinder ondervinden van onderbrekingen van de levering en minder hinder van problemen met betrekking tot de waterkwaliteit of de druk. Met betrekking tot onderbrekingen van de levering vielen de volgende aspecten op:

- de houdingen waren in het algemeen mild, wat betekent dat onderbrekingen in het verleden niet al te veel hinder opleverden;
- klanten kunnen in het algemeen goed omgaan met korte onderbrekingen;
- aspecten die een rol spelen bij de acceptatie van een onderbreking zijn:
  - duur van de onderbreking;
  - het al dan niet vooraf informeren;
  - het tijdstip van de onderbreking;
  - het aantal onderbrekingen per jaar;
- klanten blijken niet geïnteresseerd in financiële compensatie.

#### Willingness to pay or to be compensated: Choice Modelling

Als de levering van water niet voldoet aan het serviceniveau dat door de klanten wordt gewenst, is het zinvol na te gaan in welke mate die klanten bereid zijn meer te betalen voor een hoger serviceniveau (willingness to pay), of minder te betalen voor een lager serviceniveau (willingness to be compensated). Door CSIRO wordt voorgesteld deze discrepantie te onderzoeken door middel van Choice Modelling. Bij Choice Modelling wordt een situatie voorgelegd waarbij de ondervraagde kan kiezen uit drie opties, waarbij elke optie is samengesteld uit een set van componenten. Voor een voorbeeld wordt verwezen naar Tabel 18. Door te kiezen weegt de ondervrager de voor- en nadelen af van de verschillende opties. Het blijkt dat als verschillende sets met opties worden voorgelegd aan een grote groep, het mogelijk is de factoren te ontdekken die het meest waardevol zijn voor klanten en deze te relateren aan bereidheid meer (of minder) te betalen.

Uit een test in Adelaide bleek dat klanten bereid waren:

- AU \$2,35<sup>19</sup> meer te betalen per jaar, indien de duur van een standaard onderbreking gereduceerd zou worden van 6 tot 4 uur
- AU \$2,20 meer te betalen per jaar, indien het gemiddelde aantal onderbrekingen gereduceerd zou worden van 2 tot 1 per jaar.

---

<sup>19</sup> AU \$ 1 = €0,60 (februari 2006)

Vertaald naar de Nederlandse situatie zou dit betekenen dat een waterbedrijf met 500.000 aansluitingen, circa 1 miljoen Euro per jaar zou mogen uitgeven en doorberekenen voor maatregelen die de duur van een onderbreking verkorten van 6 naar 4 uur.

Tabel 18 Voorbeeld van een choice modelling set [15]

<p><i>Imagine that the water pipes in your area have been breaking unexpectedly – possibly due to expansion of the clay soils after heavy rain. The water supply company is trying to fix the problem and tells you your water supply may be interrupted, without warning, over the next twelve months.</i>  <i>Now, imagine it is a weekday, a water pipe breaks and your water has to be shut off immediately. The interruption occurs at 5:30am on a weekday. In the last 12 months, this has happened once before...</i>            In this scenario you can only choose one column of options.            Please tick one box at the bottom of the table.</p>			
	<b>Column A</b> Current Practice)	<b>Column B</b>	<b>Column C</b>
Without warning your house might be without water from...	5:30 am to 8:30 am (i.e. 3 hours)	5:30 am to 11:30 am (i.e. 6 hours)	5:30 am to 2:30 pm (i.e. 9 hours)
In the last year your water supply has been <b>interrupted one</b> . The water supply company tells you that your water supply might fail...	<b>No more times</b> in the next 12 months	<b>No more times</b> in the next 12 months	<b>One more times</b> in the next 12 months
You were advised about the interruption by...	A <b>card</b> put in your letterbox <b>after</b> the interruption	A <b>card</b> put in your letterbox <b>after</b> the interruption	If you listened to a <b>radio station</b> that was notified
The <b>alternative water supply arrangements</b> offered were...	A <b>two litre bottle of water</b> to every household where someone is home	A <b>two litre bottle of water</b> to every household where someone is home	Water provided at a <b>central location</b> (water tanker in street)
As part of the package your water supply bill...	<b>No change</b> to your next water bill	A <b>\$50 once-off</b> rebate on your next water bill	A <b>\$25 once-off</b> rebate on your next water bill
	<input type="checkbox"/> Column A	<input type="checkbox"/> Column B	<input type="checkbox"/> Column C
<input type="checkbox"/> Don't know			

#### Whole life costing: Calculating social costs

Om het gewenste serviceniveau te kunnen bepalen, zullen alle kosten in beschouwing genomen moeten worden. Dit betekent dat naast de kosten van het waterbedrijf ook de sociale kosten (ook wel maatschappelijke kosten genoemd) van een onderbreking gekwantificeerd moeten worden. Door CSIRO is geanalyseerd welke factoren bijdragen aan de sociale kosten. De conclusie is dat de sociale kosten voor huishoudens gering zijn en dat sociale kosten alleen optreden bij onderbrekingen van de levering aan bedrijven en wanneer een breuk of de reparatie daarvan leidt tot verkeersoponhoud. Door CSIRO zijn de economische gevolgen geanalyseerd van de onderbreking van de waterlevering voor kleinzakelijke verbruikers. De methode is niet toepasbaar voor grootzakelijke verbruikers; aangezien hiervoor dient een maatwerkberekening uitgevoerd te worden.

De impact van een leveringsonderbreking voor zakelijke verbruikers hangt af van de duur van de onderbreking en het soort bedrijf. De impact van een onderbreking is onderverdeeld voor 5 typen kleinzakelijke verbruikers (zie Tabel 19). Aangenomen is dat een onderbreking van de waterlevering leidt tot inkomstenderving van de ondernemingen. Deze derving wordt bepaald door het aantal werknemers te vermenigvuldigen met het uurloon en een arbeidsfactor (om het uurloon te vertalen naar omzet per werknemer is dit gesteld op 2,5). In Tabel 19 is een voorbeeld uitgewerkt voor een

winkelcentrum met 77 aansluitingen, waarbij een onderbreking van 4 uur leidt tot een inkomstenderving van AU\$ 17.000. Dit bedrag zou kunnen worden toegevoegd aan de totale kosten voor een reparatie, ondanks dat de sociale kosten niet ten laste van het waterbedrijf komen. Leidingen, waarvan afsluiting tot inkomstenderving van kleinzakelijke verbruikers leidt, kunnen worden geïdentificeerd door het LIS te koppelen aan de gebruikersdatabase.

Tabel 19 Categorieën voor de impact op kleinzakelijke verbruikers [15]

Impact	Effect op netto opbrengst bij een onderbreking van		Voorbeelden
	< 2uur	2-4 uur	
Verwaarloosbaar	<1%	<1%	Kiosk, ijzerwinkel, fietswinkel, apotheek, slijter, boetiek, antiekzaak, kerkhof, makelaar, elektronikawinkel, advocaat
Gering	1-20%	1-20%	Fysiotherapeut, bloemenwinkel, milk bar, supermarkt, benzinstation
Significant	20-40%	20-60%	Huisarts, Café, bakker
Groot	40-60%	60-80%	Dierenarts, viswinkel, slager, kapper, hotel
Extreem	60-80%	80-100%	Tandarts, radioloog, restaurant, fast food, schoonheidssalon, wasserij, fotolaboratorium

Tabel 20 Voorbeeld voor bepaling van inkomstenderving kleinzakelijke verbruikers bij gemiddelde uurlasten van €20 [15]

	Aantal aansluitingen	Aantal werknemers	Effect verlies aan opbrengst	Berekende inkomstenderving
Verwaarloosbaar	41	182	1%	€364
Gering	6	27	10%	€540
Significant	8	44	40%	€3,080
Groot, werktijd 9-5 uur	3	12	70%	€1,440
Groot, werktijd na 5 uur	5	21	70%	€2,520
Extreem, werktijd 9-5 uur	5	18	90%	€2,880
Extreem, restaurant	9	40	90%	€6,400
<b>Totaal</b>	<b>77</b>	<b>344</b>		<b>€17,224</b>

De afsluiting van een weg voor de reparatie van een leiding kan leiden tot sociale kosten door verkeershinder. De kosten van files zijn in diverse onderzoeken in kaart gebracht en kunnen dienen als leidraad. De kosten worden uitgedrukt door het tijdverlies te vermenigvuldigen met de kosten per uur. In Tabel 20 is een voorbeeld van inkomstenderving kleinzakelijke verbruikers uitgewerkt, waarbij een onderbreking leidt tot een totaaloponthoud van 105 uur voor alle voertuigen en tot sociale kosten van €1300.

Tabel 21 Sociale kosten door verkeershinder [15]

Vervoermiddel	Totaal oponthoud (uur)	Personen per auto	Gemiddelde uurlasten	Extra lasten i.v.m. lading	Kosten
	(A)	(B)	(C)	(D)	(A*B*(C+D))
Privé-auto	84	1,12	€ 8		753
Zakenauto	5,25	1,2	€ 17		107
Licht vrachtvervoer	11,55	1,3	€ 17	€ 1	270
Zwaar vrachtvervoer	4,2	1	€ 18	€ 17	147
<b>Totaal</b>	<b>105</b>				<b>1277</b>

Door CSIRO zijn (worden) drie pakketten ontwikkeld, die gebruik maken van één centrale database:

- PARMS-Planning
- PARMS-Priority
- PARMS-Risk.

PARMS-Planning berekent de financiële consequenties van planningsscenario's op basis van een voorspelling van het aantal te verwachten leidingbreuken (kans) en levenscycluskosten (effect). Het aantal te verwachten leidingbreuken wordt voor elk leidingtype voorspeld op basis van de leeftijd en specifieke condities (materiaal, diameter, bodem, druk, etc) met behulp van breukfuncties die zijn gebaseerd op statistische of deterministische modellen. De levenscycluskosten zijn kosten van onderhoud en beheer alsmede sociale kosten (financiële overlast van een leidingbreuk).

Voor de conditiebepaling wordt voorgesteld:

- 1 statistische modellering als voldoende storingsdata beschikbaar is;
- 2 fysische modellering indien data beperkt beschikbaar is;
- 3 conditiemonitoring voor ijking van de modellen.

PARMS-Planning kan helpen bij het prioriteren van clusters leidingen, waarbij wordt gekozen voor een reactieve strategie. Het beschouwt clusters leidingen en berekent voor verschillende bedrijfsvoeringsscenario's de te verwachten kosten en breukfrequentie. PARMS-Planning wordt door veel waterbedrijven in Australië gebruikt.

PARMS-Priority onderbouwt leidingvervanging. Omdat planningprocessen zeer complex zijn en bedrijven uiteenlopende methoden en prioriteiten hanteren, is er niet voor gekozen één juiste oplossing aan te bieden. Met PARMS-Priority krijgt de gebruiker inzicht in de consequenties van een systematisch doorlopen planningproces. PARMS-Priority is nog in de testfase, in de eerste helft van 2006 wordt het programma getest door twee waterbedrijven.

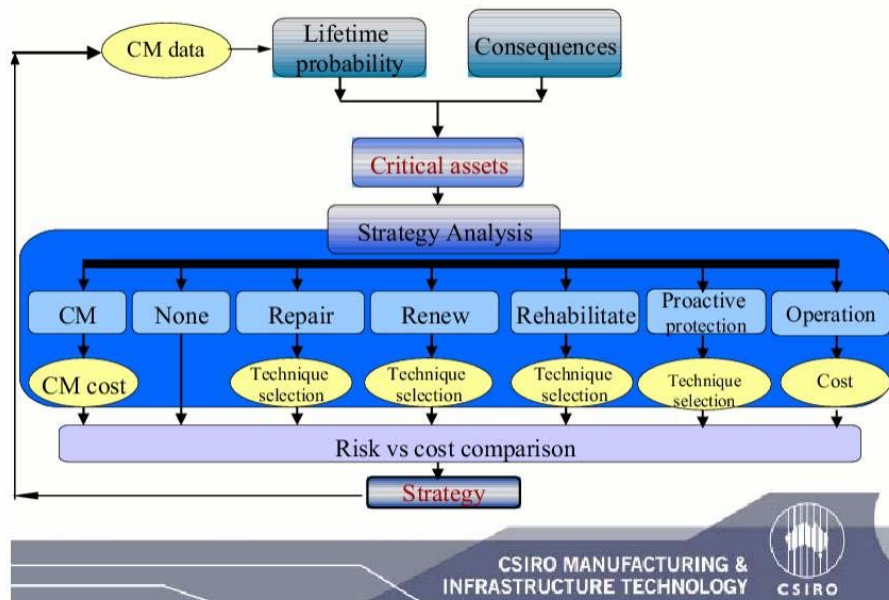
PARMS-Risk, nog in de ontwikkelfase, beoogt pro-actief beheer van leidingen door een optimale afstemming van vervanging, onderhoud, beheer en conditiemonitoring. PARMS-Risk bestaat uit een risicobenadering, waarbij

leidingen worden ingedeeld in subcomponenten, op basis van kans en effect van falen. De leidingconditie wordt bepaald door fysische modellen, ondersteund door conditiemonitoring. Condiitiemonitoring heeft nog vele beperkingen maar zal naar verwachting steeds meer worden ingezet.

De beslissingstructuur voor het pro-actief beheren van leidingen is gebaseerd op 4 hoofdcomponenten (zie Figuur 39):

- inzicht in de effecten van leidingbreuk
- de voorspelling van de levensduur
- het kiezen van een vervangingstechniek
- de mogelijkheden en kosten van conditiemonitoring.

Deze risico-benadering onderbouwt een beslissing om een bepaald risico te geaccepteren, actie te ondernemen om het risico te beheersen of de leiding te vervangen.



Figuur 39 Beslissingstructuur PARMS-Risk (CM staat voor condition monitoring) [15]

## IV WARP

Door NRC uit Canada is het programma WARP ontwikkeld, dat voorspellingen geeft onderhouds- en vervangingenplannen van leidingen voor de korte en lange termijn [2]. In vergelijking met CARE-W lijkt voor WARP minder storingsdata noodzakelijk. Het distributienet in Canada bestaat voornamelijk uit grijs gietijzer; het aantal breuken is echter aanzienlijk hoger dan in Nederland, en wordt geschat op 2 à 3 breuken/km/jaar. Deze hoge storingsfrequentie wordt veroorzaakt door grondwerking als gevolg van de grote temperatuurschommelingen.

WARP is specifiek ontwikkeld om te kunnen afwegen of een leiding vervangen moet worden of dat het aanbrengen van kathodische bescherming zinvol is en heeft hierdoor een beperkte toegevoegde waarde voor de Nederlandse waterbedrijven.

# V LEADA

## **Optimaal beheer van de assets met LEADA**

LEADA is ontwikkeld voor het ondersteunen van beslissingen over vervangingsinvesteringen voor zowel drinkwater als afvalwater, met als doel het verminderen van bedrijfsrisico's en het zo veel mogelijk aansluiten op geïdentificeerde wensen van klanten. Een bijkomend extern doel is het afleggen van verantwoording aan de regulator (OFWAT).

LEADA is onderverdeeld in 5 stappen. Omdat Yorkshire Water ver is in het automatiseren van bedrijfsprocessen kunnen de meeste invoergegevens automatisch gegenereerd worden door de informatiesystemen.

### Stap 1: Het identificeren van servicerisico's

Uit het leidingeninformatiesysteem (LIS) en een database voor bovengrondse assets worden elementen geïdentificeerd, zoals ruwwaterreservoirs, zuiveringen, boosters, leidingclusters per dma. Deze elementen worden gekoppeld aan een set van mogelijke faaloorzaken (failure modes). Met behulp van de informatiesystemen wordt voor de combinatie element en relevant failure mode een schatting gemaakt van de staat van de conditie. Voor bovengrondse assets genereert LEADA een voorspelling van de levensduur met behulp van Weibull overlevingscurven die gecontroleerd worden door visuele inspecties. Voor ondergrondse assets (leidingen) zijn per failure mode foutenbomen opgesteld. Combinatie van leidinggegevens met de foutenboom geeft een voorspelling van de kans en het effect van falen. Voor de distributie zijn de volgende failure modes opgesteld:

- onvoldoende druk
- leveringsonderbreking
- leveringszekerheid
- biologische en chemische waterkwaliteit
- bruin water
- lekverlies
- vervuiling
- persoonlijk letsel

Yorkshire Water heeft per dma een foutenboom opgesteld voor het faalmechanisme onvoldoende druk (geldig voor alle leidingmaterialen) (zie Figuur 40).

Yorkshire Water splitst effect uit in impact en omvang. De reden hiervoor is dat omvang in het algemeen goed te kwantificeren is (bijvoorbeeld het aantal getroffen aansluitingen en de duur). Impact is vaak minder tastbaar maar heeft wel een directe relatie met de aard van het falen. Zo kan bijvoorbeeld onvoldoende druk worden onderscheiden in de klassen (0 - 5 mwk, 5 - 10 mwk, etc) of kan een verminderde waterkwaliteit worden onderverdeeld naar verontreinigingstypen (fecale besmetting, smaakklachten, etc).



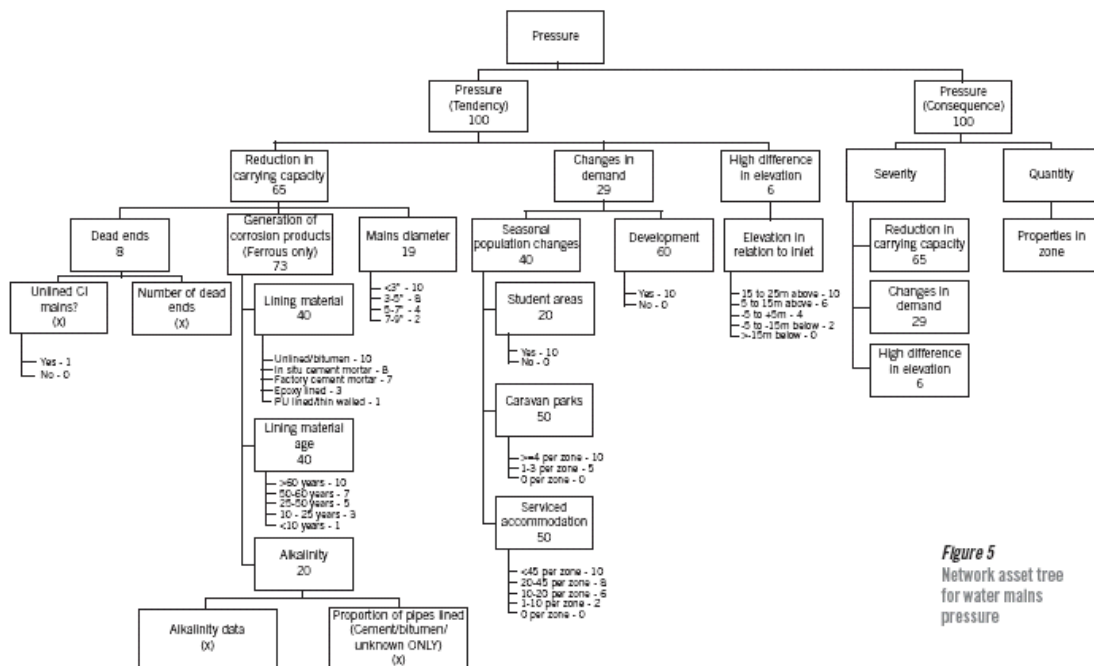


Figure 5  
Network asset tree  
for water mains  
pressure

Figuur 40 Network asset tree voor onvoldoende leveringsdruk van Yorkshire Water

## Stap 2: Genereren van risico's en oplossingen (vermindering **pre post na** aanpassing)

Voor alle elementen worden de risico's (opgebouwd uit kans, impact en omvang) ingevoerd in een Business Risk Model, waarin alle risico's op consistente wijze gewaardeerd en opgeslagen worden. Het Business Risk Model kent voor elk risico één of meerdere standaardoplossingen met bijbehorende eenheidskosten. De output van dit model is een lijst met risico's en bijbehorende mogelijke oplossingen. Per oplossing wordt tevens een voorspelling gegeven van de benodigde investeringen, de bijbehorende onderhoudskosten en de mate van risicovermindering. De risicovermindering wordt bepaald door het verschil tussen het zogenaamde **pre solution** risk en **post solution** risk. In deze stap worden oplossingen gegenereerd die de bestaande infrastructuur in stand te houden; aanpassingen aan de infrastructuur moeten handmatig worden ingebracht.

## Stap 3: Relateren oplossingen aan klantwensen

Iedere 5 jaar onderzoekt Yorkshire Water de wensen van de klant en de bereidheid voor deze wensen te betalen (willingness-to-pay). De onderzoeksresultaten wordt in LEADA gebruikt, in combinatie met een risicobenadering, om prioriteiten voor toekomstige investeringen vast te stellen. Uit de willingness-to-pay studie volgt in hoeverre de klanten bereid zijn te betalen voor het verhogen van het serviceniveau. Het serviceniveau van de drinkwaterlevering en de afvoer en zuivering van afvalwater is uitgesplitst in 14 onderdelen, zoals: leveringsdruk, leveringsonderbrekingen en wateroverlast. In samenwerking met een gespecialiseerd marktonderzoeksbureau zijn ca. 1500 interviews gehouden waarbij met

behulp van de pairwise comparison technique de voorkeuren van de klanten zijn onderzocht.

Voor alle oplossingen die in stap 2 worden voorgesteld kan worden aangegeven in hoeverre zij bijdragen aan een onderdeel dat het serviceniveau beschrijft. Het is hiermee bijvoorbeeld mogelijk om onderstaande afweging te maken, waarbij het vervangen van een leiding die regelmatig breekt beter blijkt bij te dragen aan het door de klant gewenste serviceniveau dan het schoonmaken om bruinwaterklachten te verminderen.

Probleem:	Oplossing:	Investering	Onderhoudskosten (ncw):	Risico-reductie	Verhoging serviceniveau
Bruinwaterklachten	Schoonmaken	€ 0	€ 20.000	++	+
Leveringsonderbreking	vervangen	€ 50.000	€ 1.000	++	+++

Stap 3 geeft oplossingen voor risicoverlaging, voorzien van kosten, een maat voor risicoreductie en de bijdrage aan de verbetering van het serviceniveau.

#### Stap 4: Economische optimalisatie

Met behulp van een economisch optimalisatieprogramma wordt een lijst van uit te voeren activiteiten opgesteld.

#### Stap 5: Financiële implicaties

De gekozen oplossingen worden verzameld en de financiële implicaties van het gehele pakket worden geëvalueerd. Waar noodzakelijk volgt harmonisatie van investeringen om te komen tot een gelijkmatig investeringsniveau.

#### Stap 6: Autorisatie voor investering

Een evaluatie van het gehele proces en de aanvraag van autorisatie voor de gevraagde investeringen.

LEADA onderbouwt investeringsplannen richting de regulator en fungeert als intern prioriteringsinstrument. De methode is nauw verweven met de verschillende informatiesystemen van Yorkshire Water. Yorkshire Water heeft geen intenties LEADA als commercieel pakket op de markt te brengen. De Nederlandse waterbedrijven kunnen echter wel leren van de methode die resulteert in een geïntegreerde risicoafweging waarbij een belangrijke plaats is ingeruimd voor klantwensen.