

iStockphoto



## AUTEURS



Karel van  
Laarhoven  
(KWR Watercycle  
Research Institute)



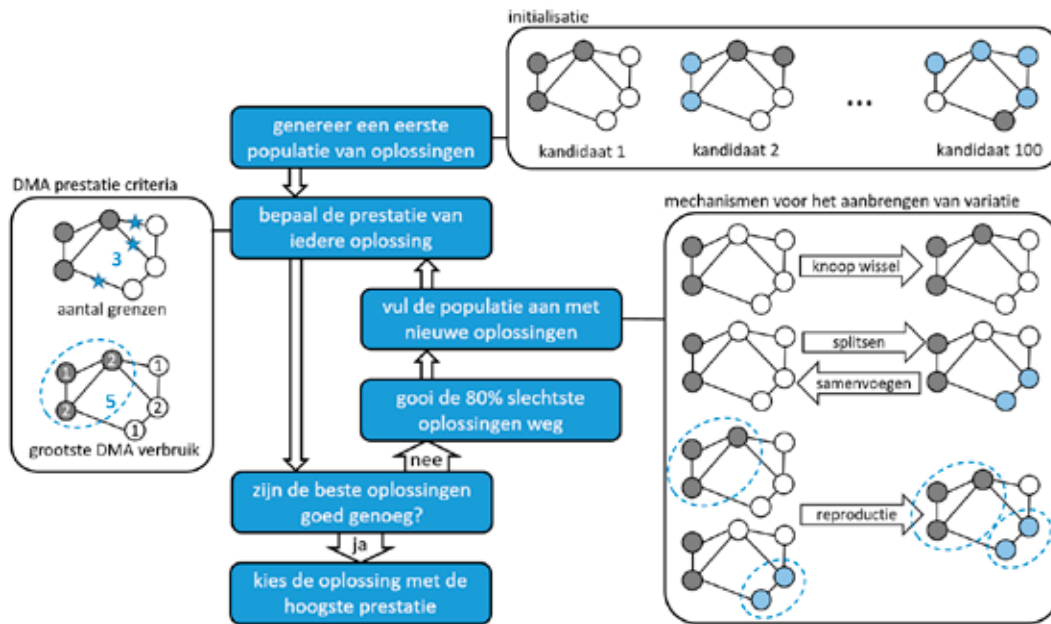
Dennis Gardien  
(Dunea Duin  
& Water)

## HOE SPOOR JE ZOVEEL MOGELIJK LEKKAGES OP MET ZO MIN MOGELIJK DEBIETMETERS?

Het wordt steeds belangrijker voor drinkwaterbedrijven om de waterstromen door het drinkwaterdistributienet goed in kaart te hebben en om verstoringen in de drinkwaterlevering snel te signaleren. Dunea en KWR werken samen aan één van de mogelijke strategieën om dit te realiseren: het distributienet verdelen in District Metered Areas.

*District Metered Areas* (DMA's) zijn deelgebieden van een drinkwaterdistributienet waarvan alle in- en uitgaande leidingen zijn voorzien van een volumestroommeter, zodat de waterbalans van deze deelgebieden kan worden gemeten. De waterbalans geeft inzicht in waterstromen en verbruikspatronen en maakt afwijkingen ten opzichte van het reguliere verbruik zichtbaar.

DMA's bieden daarmee ook de mogelijkheid om (sluimerende) lekken real time te detecteren en op te sporen, nog voordat een klein lek zich tot een leidingbreuk kan ontwikkelen. In landen met meer hoogteverschil en grotere lekverliezen spelen DMA's al jaren een cruciale rol bij het reguleren van drukken en het reduceren van lekkage in het distributienet. Plaatsen van debietmeters en aanpassen van de leidingnetconfiguratie is een uitdagende klus. In stedelijke gebieden zoals Den Haag is ruimte in de ondergrond vaak schaars. Ook beschikt de bovengrond over vele vitale functies, zodat het niet eenvoudig is om vergunningen te krijgen om de werkzaamheden uit te mogen voeren. Bovendien zorgt het transportnet voor uitdagingen vanwege de grootte en diepte van de leidingen.



Snel signaleren  
storing drinkwater

12

Figuur 1. Schematische weergave van het gebruikte evolutionaire optimalisatie-algoritme. De blauwe vlakken vatten de algemene werking van dergelijke algoritmen samen. De witte vlakken illustreren de specifieke implementatie van het algoritme die is gebruikt om er een DMA-indeling mee te optimaliseren

Uiteindelijk neemt de plaatsing van één debietmeter al gauw een week in beslag. Het is daarom essentieel om zo veel mogelijk DMA's te realiseren met zo min mogelijk volumestroommeters. Dit is een complexe opgave, want de Nederlandse drinkwaterdistributienetten zijn over het algemeen sterk vermaasd, zodat er talloze indelingen mogelijk zijn.

Binnen het gezamenlijk onderzoek van de duinwaterbedrijven heeft KWR functionaliteit toegevoegd aan de softwaretool Gondwana om het inrichten van DMA's te kunnen ondersteunen met evolutionaire optimalisatiemethoden. Hier beantwoorden we de vraag hoe Dunea, ondersteund door deze tool, haar meest complexe netwerk, Den Haag, in kan delen in optimale DMA's.

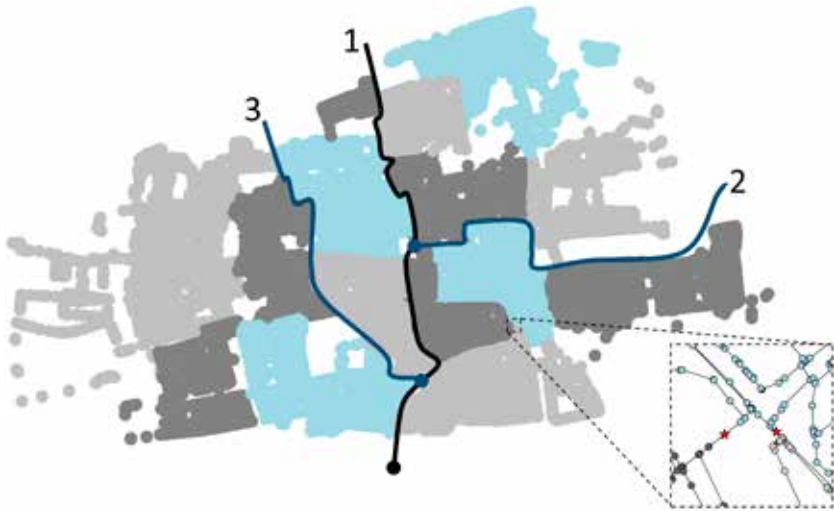
### Optimalisatie

In nauwe samenwerking met een team experts van Dunea's afdeling distributie werden zaken beschreven zoals: het budget dat Dunea jaarlijks beschikbaar heeft voor het plaatsen van watermeters, een representatief model van het drinkwaternetwerk en een overzicht van de leidingen die in aanmerking kwamen als DMA-grens. Door dergelijke expertkennis te digitaliseren kan de optimalisatietool worden voorzien van invoer die de praktijk zo nauwkeurig mogelijk beschrijft. Dit is cruciaal om uitkomsten te verkrijgen die aansluiten bij de realiteit en waardevol zijn voor het waterbedrijf.

Gondwana maakt gebruik van een evolutionair algo-

ritme, een optimalisatie-algoritme dat is geïnspireerd op concepten uit de genetica. De algemene werkwijze van een dergelijk algoritme is schematisch weergegeven door de blauwe vakken in figuur 1. Eerst wordt een verzameling van mogelijke oplossingen aangeemaakt (een populatie van individuen). De oplossingen worden getoetst op hun prestatie volgens de criteria van de gebruiker. Minder goede oplossingen worden weggegooid (natuurlijke selectie) en de verzameling wordt aangevuld met nieuwe oplossingen. De nieuwe oplossingen worden gegenereerd door kleine variaties aan te brengen in goed presterende oplossingen (mutatie) of door elementen uit twee goed presterende oplossingen samen te voegen (reproductie). Het proces wordt vervolgens steeds herhaald, waardoor de kwaliteit van de oplossingen geleidelijk verbetert (evolutie).

De witte vakken in figuur 1 geven aan hoe het algoritme specifiek is toegepast om een DMA-indeling te optimaliseren. Een individu wordt gedefinieerd als een netwerk waarin iedere knoop is toegewezen aan een bepaalde DMA. Tijdens reproductie worden mutaties in de nakomelingen aangebracht door: het uitwisselen van knopen tussen DMA's, het samen-



voegen van aangrenzende DMA's, het opsplitsen van individuele DMA's en het construeren van een nieuwe indeling met DMA's uit twee verschillende 'ouders'. De prestatie van een kandidaat DMA-indeling wordt bepaald op basis van twee aspecten. Ten eerste moet het aantal grenzen tussen DMA's zo laag mogelijk zijn zodat het zo min mogelijk moeite kost om de indeling te realiseren. Ten tweede moet het totale waterverbruik binnen een DMA zo laag mogelijk zijn zodat verstoringen in het verbruik zo goed mogelijk opvalten ten opzichte van het reguliere verbruik.

#### Een optimale streefindeling

De twee prestatiedoelen zijn tegengesteld: om kleinere en nauwkeurigere DMA's te maken zijn meer volumestroommeters nodig. De eerste uitkomst van de optimalisatie is daarom een verzameling van mogelijke DMA-indelingen met verschillende optimale combinaties van het aantal grenzen en het maximale verbruik (zie figuur 1, 'Uitkomsten voor Den Haag'). Dit gaf inzicht in de speelruimte voor Dunea om gevoeligheid en kosten tegen elkaar af te wegen in een DMA-indeling voor Den Haag. Op basis hiervan werd een keuze gemaakt voor de indeling die is weergegeven in figuur 2.

De DMA-indeling in figuur 2 maakt 15 DMA's met 92 grenzen. Dit zijn te veel grenzen om in korte tijd te realiseren. Daarom werd een optimale transitie bepaald, een volgorde waarin Den Haag gelijkmatig in steeds kleinere DMA's kan worden verdeeld door steeds een beperkt aantal van de resterende grenzen te realiseren. De eerste drie stappen in deze transitie zijn in figuur 2 met de genummerde lijnen aangegeven. Daarop zullen nog vijf vergelijkbare stappen volgen voordat de 15 DMA's zijn gerealiseerd.

**Figuur 2.** De gekozen DMA-indeling voor Den Haag. Vlakken met verschillende tinten zijn verschillende DMA's. De drie genummerde lijnen representeren de eerste drie van de acht stappen die de optimale transitie naar deze indeling vormen. In het uitvergroete deel van het netwerk zijn de grenzen tussen DMA's gemarkeerd met een ster

#### Realisatie

Met de resulterende DMA-indeling gaat Dunea aan de slag om een concreet uitvoeringsplan te maken. Gezien het vermaasde karakter van het leidingnet is het niet efficiënt om alle bestaande DMA-grenzen als leiding in stand te houden en te voorzien van een volumestroommeter. Voor het definitieve plan wordt daarom een leveringszekerheidsanalyse gemaakt voor de gehele Haagregio. In de analyse wordt per DMA-grens (zoals de sterren in het uitvergroete netwerk in figuur 2) bekeken hoe belangrijk deze is voor de watervoorziening, met de volgende opties:

- onmisbare grenzen worden uitgerust met een debietmeter (De meeste grote transportleidingen blijven daarbij wel gewoon in bedrijf, omdat daar waar mogelijk wordt gekozen voor ultrasone metingen die aan de buitenkant van de leiding worden geplaatst);
- grenzen die nodig zijn bij calamiteiten worden gesloten middels een bestaande afsluiter;
- grenzen die overbodig zijn (geworden) worden definitief verwijderd. Hierbij is het uitgangspunt om geen doodlopende leidingen met weinig of geen verbruik te creëren.

Zo wordt bepaald hoe de werkzaamheden eruit komen te zien en kan een kostenraming worden gemaakt. Op basis hiervan wordt een planning gemaakt voor de komende jaren. Begin 2019 is gestart met het maken van de eerste 'knip', door de Haagregio op te delen in twee balansgebieden volgens lijn 1 in figuur 2. Vervolgens zullen deze gebieden steeds verder worden opgedeeld totdat de streefindeling uit figuur 2 wordt bereikt.

#### Vooruitblik

De uitkomsten van de optimalisatieberekeningen bieden Dunea een concreet en onderbouwd punt om te starten met een DMA-indeling. Voor Gondwana is dit een belangrijk proof-of-principle dat de meerwaarde toont van het implementeren van numerieke optimalisatietechnieken binnen het ontwerpproces van een drinkwaterbedrijf.

We benadrukken daarbij graag het belang van interactie tussen de expert en de optimalisaties. Enerzijds staan of vallen de uitkomsten van een optimalisatieberekening met de ingevoerde vraag en kennis van de expert. Anderzijds geven de uitkomsten de expert inzicht in de verschillende mogelijke optimale oplossingen, waardoor een nieuw perspectief op het probleem ontstaat en de vraag en invoer kunnen worden aangescherpt. Op basis van de inzichten die in dit project zijn opgedaan zal de hierboven beschreven leveringszekerheidsanalyse bijvoorbeeld worden meegenomen in de prestatiecriteria van toekomstige optimalisaties.

Door het leidingnet in te delen in DMA's zal Dunea meer inzicht krijgen in wat er gebeurt in het leidingnet. Dunea verwacht de uiteindelijke DMA-indeling te gebruiken om:

- waterstromen door het net te volgen en te sturen;
- de verbruiksmodellen die worden gebruikt in de bedrijfsvoering te valideren met het daadwerkelijk gemeten verbruik in DMA's;
- het volume lekverlies in de Haagregio per DMA te meten en terug te dringen.

Ook wordt actieve lekdetectie en leklokalisatie mogelijk met DMA's. Kleine lekken kunnen dan worden opgespoord en gerepareerd voordat een leidingbreuk ontstaat. Enerzijds resulteert dit in minder overlast voor de omgeving (een leidingbreuk kan immers voor aanzienlijke gevolgschade zorgen), anderzijds worden lekkages sneller gedetecteerd zodat de klant minder of geen overlast ondervindt van leveringsonderbrekingen.

Ook kunnen sluimerende lekken die zich niet zichtbaar op het maaiveld manifesteren, worden gedetecteerd en opgespoord. Hierdoor wordt het lekverlies teruggedrongen.

Dunea voorziet ook profijt vanuit de aanpak om niet alle grenzen te voorzien van volumestroommeters, maar ook - waar mogelijk - leidingen te sluiten. Hierdoor wordt het leidingnet vormgegeven naar de behoefte die er is vanuit het oogpunt van leveringszekerheid en waterkwaliteit:

- minder 'pendelzones' (delen van het leidingnet met lange verblijftijden van het drinkwater);
- de transportfunctie van grotere leidingen komt beter tot zijn recht;
- minder kans op bezinking van sediment, wat uiteindelijk leidt tot minder bruinwaterklachten.

Zodoende kan het transportnet in de Haagregio beter worden gebruikt om het achterland van het voorziingsgebied te voorzien van drinkwater. Het hoofdleidingnet wordt daardoor beter gebruikt waarvoor het is bedoeld, namelijk drinkwatervoorziening op wijkniveau.

Al met al bieden de uitkomsten van dit project de eerste contouren van het leidingnet van de toekomst, dat wordt ontworpen en gemonitord met moderne technieken. De kansen die *Internet of Things* biedt op het gebied van sensoren passen goed in dit plaatje. Zodoende wordt het nóg vanzelfsprekender dat er goed en lekker drinkwater uit de kraan komt!

Karel van Laarhoven  
(KWR Watercycle Research Institute),  
Dennis Gardien  
(Dunea Duin & Water)

Snel signaleren  
storing drinkwater

## SAMENVATTING

DMA's stellen een drinkwaterbedrijf in staat om de waterstromen in zijn leidingnet beter in kaart te brengen en om lekkage sneller te signaleren en op te sporen. Het realiseren van een complete DMA-indeling vergt echter een groot aantal kostbare ingrepen in het drinkwaterdistributienet. Dunea en KWR werkten daarom samen aan een indeling die met behulp van evolutionaire algoritmen is geoptimaliseerd om met zo min mogelijk ingrepen te kunnen worden geplaatst. Het resultaat is een streefindeling die de komende jaren stapsgewijs door Dunea zal worden gerealiseerd.