

iStock



De Westerschelde in Zeewo-Vlaanderen

AUTEURS

Koen Wetsen en Joeri Willet
(WUR)

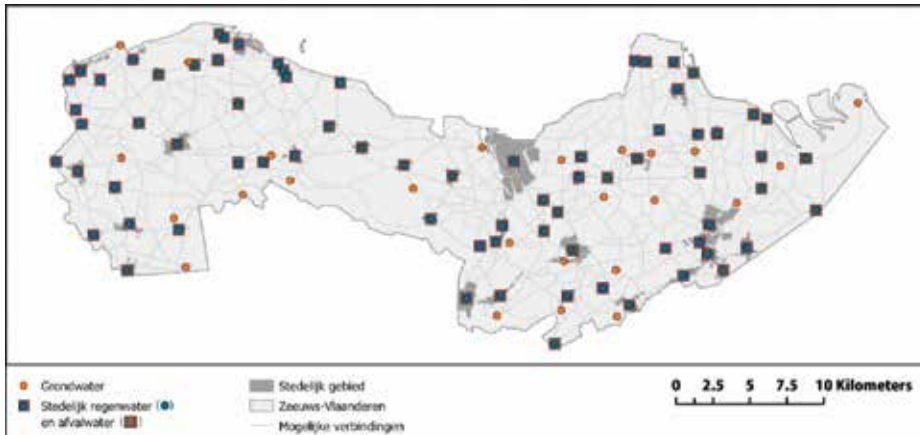
ALTERNATIEVE WATERBRONNEN EN DECENTRALE LEIDINGNETTEN VOOR EEN KLIMAATROBUUSTE WATERVOORZIENING

In het onderzoeksprogramma Water Nexus zoeken we naar alternatieve waterbronnen om tot water-zelfvoorzienende regio's te komen. Het motto is: 'zout waar het kan, zoet waar het moet'. Maar voor welke waterbron ga je en hoe krijg je het water bij de watergebruikers?

Huub Rijnaarts
(WUR)

Zeeuws-Vlaanderen is niet zelfvoorzienend op het gebied van water. Het grondwater is veelal brak en de Noordzee en de Westerschelde zijn zout, waardoor nu zoet water vanuit de Biesbosch over een afstand van 120 km naar het gebied wordt gepompt om in de waterbehoefte te voorzien. Zeeuws-Vlaanderen is afhankelijk van dit externe water. In tijden van droogte kan deze waterbron (i.e. de spaarbekkenen in de Biesbosch) onder druk komen. Dat kan leiden tot watertekorten voor bewoners, industrie en/of de landbouw. Lokaal zijn er verschillende alternatieve en hernieuwbare waterbronnen beschikbaar zoals zoet, brak en zout grondwater, regenwater en gezuiverd afvalwater. Het gebruik van deze waterbronnen kan de afhankelijkheid van de Biesbosch verkleinen en de watervoorziening toekomstbestendig maken.

Om deze alternatieve waterbronnen te gebruiken is een omschakeling naar een decentrale wateraanvoer een optie. Dit vraagt om grote investeringen in nieuwe infrastructuur, een



Afbeelding 1: Alternatieve waterbronnen in Zeewuys-Vlaanderen en de meest kostenefficiënte pijpleidingen tussen de waterbronnen

complex ontwerp en dito uitvoering. Daarbij moet gekozen worden welke alternatieve bronnen worden gebruikt en wat de meest kosten-efficiënte manier is om water bij de watergebruiker te krijgen.

Het doel van het onderzoeksprogramma Water Nexus is om te onderzoeken hoe agro-industriële regio's water-zelfvoorzienend kunnen worden, waarbij zout en afvalwater als een deel van de oplossing wordt gezien in plaats van als een probleem. Een nieuwe tool, WaterROUTE, helpt om zo'n nieuwe manier van watervoorziening te ontwerpen en ondersteunt zo de besluitvorming. Het uitgangspunt is om decentrale watersystemen te ontwikkelen die in balans zijn met lokale ecosystemen. WaterROUTE brengt de beschikbaarheid van water en de regionale watervraag in beeld met hydrologische modellen, in combinatie met methodes van GIS en mathematisch programmeren.

Bronnen in beeld

WaterROUTE is getest op een case studie in Zeewuys-Vlaanderen. De eerste stap is om de alternatieve waterbronnen te identificeren met voor elke bron de maximale hernieuwbare waterbeschikbaarheid (zie afbeelding 1). Er zijn 25 locaties met zoet grondwater en meerdere steden en dorpen met regenwater en afvalwater.

De beschikbaarheid van zoet grondwater wordt in kaart gebracht met een 3D grondwatermodel, gekoppeld aan een zouttransportmodel (Van Baaren et al., 2016, Willet et al., 2020). Mogelijke zoete grondwaterputten worden in kaart gebracht met als bovengrens voor het zoutgehalte 1500 mg chloride per liter. De onttrekking vanuit de putten mag lokale ecosystemen

niet aantasten door verzilting of sterke grondwaterdaling. We kozen voor een maximale daling van 50 mm als inputparameter van het model (Oude Essink and Pauw, 2018). Bijstelling is mogelijk als strengere eisen nodig blijken.

In totaal is 6,1 miljoen m³ per jaar aan hernieuwbaar zoet tot brak grondwater beschikbaar.

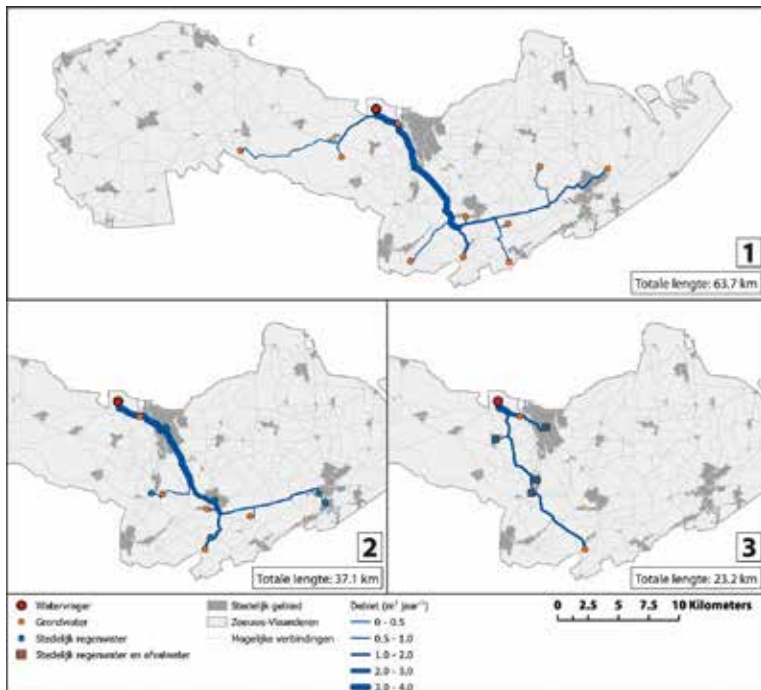
In steden en dorpen is in theorie de opvang van 4,6 miljoen m³ regenwater en 4,2 miljoen m³ afvalwater mogelijk. Daarbij zijn we uitgegaan van de neerslaggegevens van het droge jaar 2018, regenwateropvang van alle daken met een efficiëntie van 85 procent en decentraal gezuiverd afvalwater met een volume gebaseerd op het dagelijkse watergebruik per inwoners (118 liter).

Haalbare pijpleidingen

Vervolgens brengt WaterROUTE alle mogelijke verbindingen tussen de watergebruikers en de waterbronnen in kaart gebaseerd op de laagste relatieve kosten voor het aanleggen van pijpleidingen (afbeelding 1). Ieder landgebruik (steden, natuurgebieden en landbouwgronden) heeft andere aanlegkosten. Bijvoorbeeld, de kosten voor het aanleggen van pijpleidingen langs bestaande infrastructuur zoals wegen zijn lager dan door steden of natuurgebieden. In samenspraak met experts op het gebied van waterdistributienetwerken zijn de relatieve kosten bepaald. Hierna worden de relatieve kosten voor verschillen soorten landgebruik omgezet naar een kostenraster met GIS. Met behulp van een 'least cost path' algoritme worden de mogelijke verbindingen met de laagste kosten gegenereerd.

Klimaatrobuuste
watervoorziening

32



Van watervraag naar decentraal leidingnet

Als laatste stap berekent WaterROUTE op basis van de watervraag (kwantiteit en kwaliteit) het pijpleidingnetwerk waarmee aan deze watervraag wordt voldaan, gebaseerd op kostenminimalisatie. De uitkomst levert een overzicht op van de waterbronnen die alles afwegende het meest geschikt zijn.

In de optimalisatie bepaalt het model welke leidingen gebruikt moeten worden en hoeveel water er door elke leiding moet stromen, met voor elke leiding een stuksgewijze lineaire kostenfunctie die geminimaliseerd wordt. De kostenfunctie is gebaseerd op de kosten voor het aanleggen van nieuwe pijpleidingen en de pompkosten.

Voor de case studie van Zeeuws-Vlaanderen gingen we uit van een industriële watergebruiker in de regio van Terneuzen. In dit artikel tonen we de uitkomsten bij een watervraag van 4 miljoen m³ per jaar. We hebben het model gedraaid voor drie scenario's: (1) enkel grondwater, (2) grondwater en regenwater, en (3) grondwater, regenwater en decentraal gezuiverd afvalwater. De huidige situatie, met aanvoer vanuit de Biesbosch, is niet meegenomen.

Meer bronnen, kleiner netwerk

Afbeelding 2 laat de verschillende netwerken zien die nodig zijn om de benodigde hoeveelheid water bij de watergebruiker te krijgen. Bij meer alternatieve waterbronnen wordt het benodigde waternetwerk

Afbeelding 2. Het goedkoopste WaterROUTE netwerk en de meest geschikte alternatieve bronnen voor een industriële watergebruiker in Terneuzen (4 miljoen m³). In scenario 1 (top) wordt enkel gebruik gemaakt van grondwater, in scenario 2 (links onder) van grondwater en regenwater en in scenario 3 (rechtsonder) van grondwater, regenwater en decentraal gezuiverd afvalwater. De huidige situatie is niet meegenomen

significanter kleiner:

- scenario 1 - 100% grondwater: 63,7 kilometer pijpleiding;
- scenario 2 - 54% grondwater en 46% regenwater: 37,1 kilometer;
- scenario 3 - 34% grondwater, 30% regenwater en 36% gezuiverd afvalwater: 23,2 kilometer.

Vergeleken met scenario 1 dalen de kosten in scenario 2 met een kwart en in scenario 3 met de helft. In ons voorbeeld zijn de operationele kosten voor de pijpleidingen gebaseerd op de energiekosten voor het pompen (0,2 €/kWh) en zijn de investeringskosten afhankelijk van de benodigde buisdiameter en de totale lengte aan pijpleidingen. Over het algemeen wordt uitgegaan van een minimum stroomsnelheid van 0,4 m/s en een maximum stroomsnelheid van 1,5 m/s (Mesman and Meerkerk, 2009). Voor WaterROUTE is de bovengrens van 1,5 m/s significant omdat hierna de pompkosten drastisch toenemen. De kengetallen die we gebruiken voor de aanleg van nieuwe pijpleidingen zijn 50 €/m per 100 mm diameter. Bijvoorbeeld, een buis van 300 mm kost 150 €/m (Willet et al., 2021).

Kosten voor de verschillende bronnen

Bij het winnen van *grondwater* betreffen de operationele kosten de energie om het water vanuit de ondergrond omhoog te pompen (0,2 €/kWh) en de investeringskosten het slaan van de putten. Per locatie zijn we uitgegaan van een cluster van kleinschalige putten waarbij de kosten afhankelijk zijn van de diepte van elke put (we rekenen met 50 €/m).

Om het opvangen *regenwater* het hele jaar door beschikbaar te hebben rekenen we met opslag in open bassins van 3 meter diep. De investeringskosten daarvoor bestaan uit kosten voor de benodigde grondwerken en de aanleg van de waterdichte folie (initiële investeringskosten van € 15000 per bassin, waarbij de kosten toenemen met € 2,40 per m³ gerealiseerde capaciteit). Naast de grondwerken rekenen we met de aankoopkosten voor de (landbouw)grond (75000 €/ha).

Voor *afvalwater* nemen we aan dat dit bij de waterzuivering voldoende gezuiverd wordt voor hergebruik en zijn geen extra kosten meegenomen.

Brak water

In Zeeuws-Vlaanderen is zoet grondwater schaars maar brak grondwater niet. Daarom hebben we ook gekeken naar benutting van brak grondwater. In dat scenario berekent het WaterROUTE model de meest geschikte bronnen op basis van de maximale toegestane zoutconcentratie (water op maat). Wij hebben het model gedraaid voor mild brak water met maximum concentraties bij de eindgebruiker van 375, 400, en 425 mg chloride per liter (Willet et al, 2021). De kosten voor het netwerk blijken sterk te dalen naarmate zouter water dichterbij de watergebruiker gemengd wordt met zoeter water.

Het model kan ook gebruikt worden om helder te maken wat goedkoper is: zouter water met lage transportkosten maar hoge kosten voor ontzilting, of zoet water met hoge transportkosten maar lage ontziltingskosten. Vooral in gebieden waar de kwaliteit van waterbronnen aan het veranderen is door verzilting kan deze functionaliteit gebruikt worden om watersystemen voor een lange termijn robuust te ontwerpen.

Conclusie

Decentrale watersystemen met alternatieve waterbronnen kunnen een oplossing bieden om aan de watervraag alle watergebruikers in een regio te voldoen, en de watervoorziening klimaatrobust te maken. De tool WaterROUTE maakt onderzoek naar decentrale systemen mogelijk en kan zo ontwerp en besluitvorming faciliteren door het vergelijken van verschillende opties (inclusief de huidige). Het model is toepasbaar op elk regionaal watersysteem. Wel moet bekend zijn welke alternatieve bronnen beschikbaar zijn, welke duurzaamheidscriteria gelden en welke kosten mee moeten wegen. Het model kan de kosten meenemen die relevant zijn voor de gebruiker en is uit te breiden met bijvoorbeeld de kosten voor afvalwaterzuivering of ondergrondse opslag.

Koen Wetsler, Joeri Willet en Huub Rijnaarts (WUR)

Bronnen

Mesman, G.A.M., Meerkerk, M.A., 2009. Evaluatie ontwerprichtlijnen voor distributienetten. KWR, 48 pp. <http://api.kwrwater.nl/uploads/2017/10/KWR-09.073-Evaluatie-ontwerprichtlijnen-voor-distributienetten-vertakte-netten.pdf>.

Oude Essink, G.H.P., Pauw, P.S., 2018. Evaluatie en verdiepend onderzoek naar grondwateronttrekkingsregels in de provincie Zeeland, 170 pp. <https://publicwiki.deltares.nl/display/ZOET-ZOUT/Modelstudies> (accessed 16.01.2020).

Van Baaren, et al. 2016. Verzoeting en verzilting van het grondwater in de Provincie Zeeland, Regionaal 3D model voor zoet-zout grondwater, Deltares rapport 1220185, 86 pp. <https://publicwiki.deltares.nl/download/attachments/55640066/1220185-000-BGS-0003-r-Verzoeting%20en%20verzilting%20freatisch%20grondwater%20in%20de%20Provincie%20Zeeland-def.pdf?version=1&modificationDate=1490345125944&api=v2> (accessed 27.05.2021).

Willet, J. et al. 2020. Water supply network model for sustainable industrial resource use a case study of Zeeuws-Vlaanderen in the Netherlands. *Water Resources and Industry* 24, 100131.

Willet, J. et al., 2021. WaterROUTE: a model for cost optimization of industrial water supply networks when using water resources with varying salinity. *Water research*, 117390.

SAMENVATTING

Lokaal beschikbare alternatieve waterbronnen kunnen bijdragen aan een klimaatrobuste watervoorziening. Hiervoor is omschakeling naar decentrale wateraanvoer noodzakelijk, maar dat hoeft niet duurder uit te pakken. Zowel het ontwerp als de besluitvorming zijn echter complex en het is lastig om verschillende scenario's goed te evalueren. Met de nieuwe tool WaterROUTE hebben we voor Zeeuws-Vlaanderen de beschikbaarheid van lokaal grondwater, regenwater en afvalwater afgezet tegen het waterverbruik van een grote industriële watervrager. Bij gebruik van meer alternatieve waterbronnen wordt het benodigde pijpleidingnetwerk kleiner bij lagere kosten.

Klimaatrobuste
watervoorziening