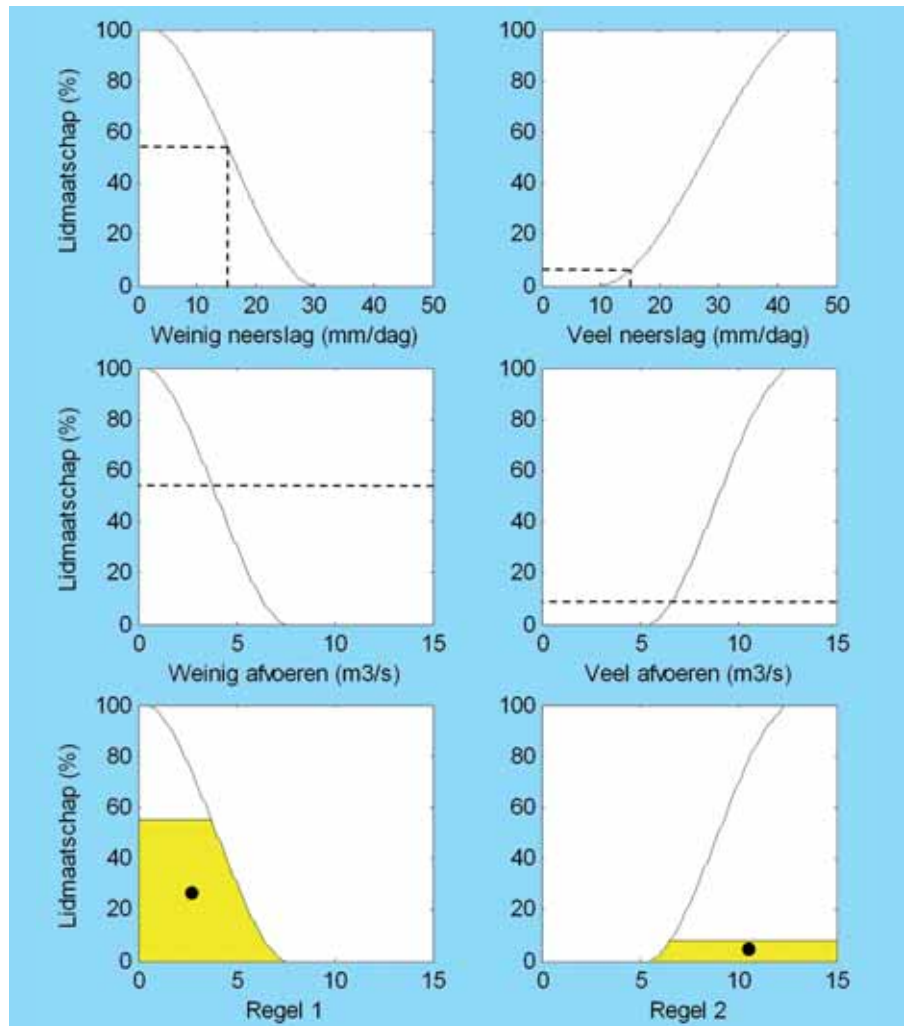


Minder algemene regeltechnieken in Nederlands waterbeheer

In een reeks van vijf artikelen wordt ingegaan op de theoretische achtergrond van meet- en regeltechniek, toegepast op het operationele beheer van de waterlopen in Nederland. In dit vijfde en laatste artikel staan de regelaars centraal die in vergelijking met de eerder beschreven regelaars minder algemeen zijn. Dit kan zijn omdat ze geschikt zijn voor één bepaald regelprobleem of omdat ze specifiek zijn voor één bepaald watersysteem zijn bedacht.

Heuristische regelaars zijn watersysteemspecifieke regelaars, die niet herbruikbaar zijn voor andere systemen. Ze zijn gebaseerd op hydraulica en niet op regeltheorie. De historische ontwikkeling van dergelijke regelaars verloopt in veel gevallen als volgt: In eerste instantie wordt het watersysteem geregeld door een ervaren operator. Door problemen met de overdracht van kennis bij afwezigheid of afscheid van deze operator wil de organisatie diens taak formaliseren. Dit resulteert in vuistregels die op papier zijn vastgelegd. Na verloop van tijd kan de organisatie besluiten het waterbeheer te operationaliseren. Het automatiseren van de vuistregels is dan een logische stap. In het Nederlandse waterbeheer wordt de volgende heuristische regelaar regelmatig gebruikt: Uit metingen en verwachtingen van de neerslag wordt een waterbezwaarvolume berekend. Dit volume representeert de hoeveelheid inloop die over de komende 24 uur wordt verwacht. De waterschijf boven het streefpeil wordt hierbij opgeteld. Deze waterschijf wordt berekend uit het verschil tussen een gewogen gemiddelde waterstand (bepaald uit metingen van de waterstanden in verschillende kanalen) en het streefpeil, vermenigvuldigd met het openwateroppervlak van de kanalen. Vervolgens wordt het afvoerdebiet van de kunstwerken bepaald, door te stellen dat dit totale waterbezwaarvolume over 24 uur moet zijn afgevoerd. In het ideale geval van perfecte metingen, verwachtingen en modellen, resulteert dit na 24 uur in een gemiddelde waterstand gelijk aan het streefpeil. Overigens zijn (eenvoudige vormen van) de regelmethodieken 'Feedback control' (gemiddelde waterstand terugbrengen naar streefpeil) en 'Feedforward control' (opheffen van het effect van de inloop op de waterstand) terug te vinden in deze regeling. Bij complexere regelproblemen ontstaan eenvoudige vuistregels niet meer. Bij veranderingen aan het systeem, zoals gemaaluitbreiding of de aanleg van noodberging, dient de beslisboom te worden herzien. Een ander aspect waarom heuristische regelaars in veel gevallen niet voldoen, is het integrale karakter van het operationele waterbeheer; het is moeilijk om het regelprobleem in dergelijke concrete beslissingen en prioriteringen te vertalen. Wanneer een peilgebied met voornamelijk weidegrond minder belangrijk wordt gevonden dan een stedelijk peilgebied, wil dit niet zeggen dat de regelaar bij extreme neerslag eerst het weidegebied volledig onder water moet zetten, terwijl het stedelijk peilgebied op streefpeil blijft. In werkelijkheid is sprake van conflicterende belangen, namelijk dat beiden zo min mogelijk schade hebben opgelopen na afloop van de neerslaggebeur-



tenis. In zo'n geval is een optimale regelaar, die conflicterende subdoelen combineert in een doelfunctie, aan te bevelen. Het verschil in belang tussen weidegrond en stedelijk gebied kan in de doelfunctie worden aangegeven met verschillende weegfactoren voor beide subdoelen. Voorbeelden van optimale regelaars zijn 'Model predictive control' en regelaars ontworpen met de 'Linear-quadratic regulator theory'. Geconcludeerd kan worden, dat heuristische regelaars prima kunnen functioneren voor specifieke watersystemen, maar ze zijn niet herbruikbaar, moeilijk uitbreidbaar en minder geschikt voor complexe regelproblemen.

Voor complexe regelproblemen wordt, buiten de regeltechnische wereld, regelmatig de toepassing van neurale netwerken gesuggereerd. Neurale netwerken zijn een uitvoeringsvorm van kunstmatige intelligentie, waarin in een aantal neuronlagen

kan worden aangeleerd om een bepaald ingangssignaal te laten resulteren in een bepaald uitgangssignaal. Dit leren (trainen) wordt gedaan aan de hand van grote hoeveelheden meetdata uit het verleden. Bij toepassing van een neuraal netwerk als regelaar, wordt het neuraal netwerk geleerd hoe in het verleden bij bepaalde situaties, zoals hoogwater of extreme neerslag, de regelacties zijn geweest. Het neuraal netwerk kan dan bij een vergelijkbare situatie in de toekomst vergelijkbare regelacties nemen. Het is echter niet gezegd dat bij nog hogere waterstanden of nog extremere neerslag het neurale netwerk de juiste beslissingen neemt. Het neurale netwerk heeft die situatie namelijk nog nooit 'meegemaakt'. Er zijn geen toepassingen in de literatuur beschreven van succesvol toegepaste neurale netwerkregelaars.

Tot slot wordt nog een regelaar beschreven, die vergelijkbaar werkt met een middeling

van het functioneren van meerdere operators. De fuzzy logic-regelaar maakt gebruik van vage (fuzzy) beschrijvingen van toestanden en situaties, maar vertaalt deze vage informatie in concrete regelacties in harde getallen. De regelaar kan worden opgebouwd uit interviews met operators. De ingangssignalen waarmee de operators werken, zoals gemeten waterstanden of verwachte neerslag, kunnen worden vertaald in vage termen als 'weinig of veel neerslag'. Omdat verschillende operators verschillende ideeën hebben over wat nou precies 'veel of weinig neerslag' is, wordt een lidmaatschapfunctie opgesteld van de waarden die ze gezamenlijk 'veel neerslag' noemen. Dit wordt gedaan voor alle termen van alle ingangssignalen. Vervolgens worden van de uitgangssignalen van de regelaar, de regelacties, ook lidmaatschapfuncties opgebouwd uit de informatie verstrekt door de operators. Dit kan zijn 'weinig afvoeren' en 'veel afvoeren'. Tot slot moeten een aantal logische regels worden opgesteld: als er 'weinig neerslag' valt, valt er 'weinig af te voeren', als er 'veel

neerslag' valt, valt er 'veel af te voeren'. De regelaar gebruikt de vage verzamelingen en de logische regels om bij een bepaalde hoeveelheid neerslag te bepalen wat het afvoerdebiet moet zijn.

In de grafieken wordt de procedure gevisualiseerd. Stel dat 15 millimeter neerslag wordt gemeten. In de lidmaatschapfuncties betekent dit 55 procent 'weinig neerslag' en 8 procent 'veel neerslag'. Deze waarden worden per logische regel in de vage lidmaatschapfuncties van de regelacties geprojecteerd en het oppervlak onder de betreffende waarden wordt bepaald. Het zwaartepunt van de twee oppervlakken resulteert in een afvoerdebiet van 6,64 kubieke meter per seconde. Deze regelaar is eenvoudig uit te breiden met andere ingangssignalen, zoals de gemeten waterstand, het weer van de afgelopen dagen, etc. en andere regelacties, zoals een pompdebiet, de opening van een onderspuier of het inlaatdebiet.

Peter-Jules van Overloop
(TU Delft afdeling Watermanagement)

Dit artikel is het laatste deel van een reeks waarin een introductie is gegeven in de toepassing van meet- en regeltechniek in het Nederlandse waterbeheer. Meet- en regeltechniek is onlosmakelijk verbonden met modern waterbeheer. Het biedt perspectief als één van de oplossingsrichtingen voor de uitdagingen waar het waterbeheer in Nederland in de komende decennia voor staat.