

# Het grondwaterregime van Delft doorgrond

Voor het stedelijke gebied van Delft wordt een gewenst grond- en oppervlakte-waterregime (GGOR) opgesteld. Het blijkt lastig deze voor het landelijke gebied ontwikkelde methode toe te passen in een heterogeen stedelijk gebied. Via modelsimulaties zijn de grondwaterstanden op wijkniveau adequaat berekend. Het intensieve grondwatermeetnet van Delft bleek hierbij van grote waarde. Desalniettemin biedt het grondwatermodel in dit geval weinig meerwaarde bij het bepalen van knelpunten. Dit komt enerzijds doordat het optimale grondwaterregime is opgesteld voor geaggregeerde stedelijke functies, waardoor de nuances van uiteenlopende stedelijke subfuncties verloren gaan. Anderzijds blijken de knelpunten zoals die in de praktijk worden ervaren, zich op een kleiner schaalniveau te manifesteren dan het wijkniveau waarop het model is afgestemd.

Het Hoogheemraadschap van Delfland en de gemeente Delft hebben de taak de komende jaren het watersysteem van Delft te laten voldoen aan het waterbeleid 21e eeuw en de Kaderrichtlijn Water. Hiertoe dienen ze het watersysteem te toetsen aan alle normen op het gebied van wateroverlast, droogte, riolering, grondwater, waterkwaliteit en ecologie. Kortom, de volledige wateropgave wordt bepaald. Hiertoe wordt een integrale watergebiedsstudie uitgevoerd voor het stedelijke gebied van Delft<sup>1)</sup>: een oppervlakte van circa 1.300 hectare, die bestaat uit vijf polders en het boezemsysteem van de binnenstad.

## Een stedelijk GGOR

Ook het grondwatersysteem maakt deel uit van de analyse in de studie. De analyse moet een verdieping geven van de grondwatervisie van de gemeente Delft. Daarin is de beleidslijn geïntroduceerd dat bij een ontwateringsdiepte van minder dan 50 cm maatregelen worden getroffen bij groot onderhoud aan de weg of het riool. Bij een ontwateringsdiepte tussen 50 en 70 cm moet nader onderzoek plaatsvinden en bij ontwateringsdiepten van meer dan 70 cm zijn geen maatregelen nodig<sup>2)</sup>.

Om de verdieping van het inzicht in het grondwatersysteem te bereiken, is gekozen voor de GGOR-methode. De analyse moet leiden tot inzicht in knelpunten door te hoge en/of te lage grondwaterstanden en tevens tot maatregelen om die knelpunten weg te nemen. Bij het opstellen van een GGOR wordt doorgaans het actuele grond- en oppervlaktewaterregime (AGOR) vergeleken met het optimale grond- en oppervlaktewaterregime (OGOR) van de aanwezige functies. De mate van overeenkomst wordt uitgedrukt als doelrealisatie. De peilvariant met de hoogste doelrealisatie wordt gekozen als GGOR. De methode is ontwikkeld voor het landelijke gebied.

## OGOR als toetsingskader

Een eerste stap in het GGOR-proces is het opstellen van het optimale grond- en oppervlaktewaterregime (OGOR). Voor landbouw en natuur in het landelijk gebied wordt voor verschillende typen grondgebruik het OGOR beschreven in de vorm van doelrealisaties. Voor functies in stedelijk gebied zijn deze doelrealisaties niet zonder meer bruikbaar. De veelheid aan stedelijke functies maakt de

toepassing al snel onoverzichtelijk. Daarom is als eerste stap het gebied ingedeeld in een logisch en behapbaar aantal klassen. Per klasse zijn vervolgens toetsingsnormen opgesteld. Daarbij is ook rekening gehouden met gebieden die gevoelig zijn voor lage grondwaterstanden door aanwezigheid van houten paalfunderingen en veenlagen in de bodem. Voor elke klasse is als norm een maximale en waar relevant een minimale grondwaterstand (ontwateringsdiepte) en een overschrijdingsfrequentie gedefinieerd.

Bij de keuze van de ontwateringsdiepte is rekening gehouden met de meest kritische karakteristieken van de subfuncties, zoals kruipruimten. De overschrijdingsfrequentie geeft aan hoe frequent deze ontwateringsdiepte overschreden of onderschreden mag worden. In deze studie is als overschrijdingsfrequentie de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG), gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) en/of gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) gekozen.

Na het opstellen van het OGOR volgt de bepaling van het actuele grond- en oppervlaktewaterregime (AGOR). Om een

De opbouw van het geohydrologisch systeem in Delft en omgeving is typerend voor West-Nederland: een slecht doorlatende Holocene deklaag van klei, zand en veen van zo'n 20 meter dik bovenop goed doorlatende, zandige Pleistocene afzettingen. In het stedelijk gebied is een zandige ophooglaag aanwezig van enkele meters dik. Specifiek voor Delft is de aanwezigheid van de grondwateronttrekking van DSM-Gist die jaarlijks zo'n 10,5 miljoen kubieke meter water uit het eerste watervoerend pakket onttrekt (zie kader). Hierdoor bestaat in Delft en omgeving een infiltratiesituatie met grondwaterstroming vanuit de deklaag naar het eerste watervoerend pakket. Om overtollig regenwater snel af te voeren en grondwaterstanden te verlagen, is op veel plaatsen drainage in de bodem aanwezig.

Per wijk is geïnventariseerd welke drainage-systemen aanwezig zijn. De aan- of afwezigheid van drainage is sterk bepalend voor het functioneren van het grondwatersysteem en vaak bepalend voor het al of niet optreden van overlast. De drainage-systemen zijn onderverdeeld naar type:

type	omschrijving	werking
bouwdrainage	gebruikt om tijdens de bouw droog te kunnen werken	werkt mogelijk niet goed meer
oude drainage	drainage ouder dan 50 jaar	werkt waarschijnlijk nog goed
nieuwe drainage	aangelegd in de afgelopen tien jaar	werkt nog goed.
cunetten	gebieden waar grond voor wegen en huizen is afgegraven en met zand aangevuld	alleen in cunetten

voldoende gedetailleerd en vlakdekkend beeld te verkrijgen van het AGOR is het grondwatermodel Modflow gebruikt. Om het nodige begrip te krijgen van de werking van het grondwatersysteem bleek het grondwatermeetnet van de gemeente Delft van grote waarde. De meetreeksen van dit meetnet zijn met behulp van een tijdreeksanalyse onderzocht. Vervolgens is aan de hand van de resultaten van deze analyse, boorbeschrijvingen en gegevens over drainage-systemen per wijk een karakterisering gemaakt van de grondwatersituatie. De informatie uit deze systeembeschrijving en de bruikbare meetreeksen zijn gebruikt om het grondwatermodel te kalibreren.

Het grondwaterregime per wijk is beschreven aan de hand van enkele kenmerkende meetreeksen. Daarbij is de hoogte van de meetreeks ten opzichte van polderpeil beoordeeld. Dit kan een aanwijzing geven voor sterke wegzijging naar het diepere watervoerend pakket of een drainerende werking door riolering. Door de aanwezigheid van de DSM-grondwaterwinning is een sterke wegzijging goed te verklaren. Met een analytisch grondwatermodel is vervolgens ingeschat in welke mate de meetreeks onder invloed staat van drainage. Uit deze analyse kwam naar voren dat in de meeste wijken de drainage redelijk tot goed functioneert en dat de grondwaterstanden

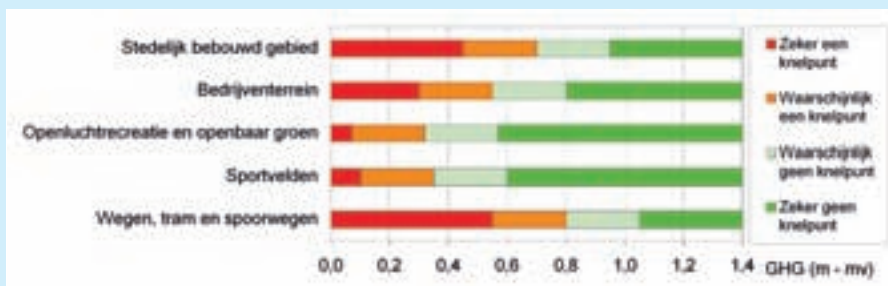
gemiddeld boven polderpeil liggen. In enkele wijken met bouwdrainage bleek op basis van de gemeten grondwaterstanden de drainage matig te functioneren.

### Tijdreeksanalyse

Delft beschikt over een grondwatermeetnet van circa 150 freatische peilbuizen. Deze staan in openbaar gebied en zijn sinds 1999 voorzien van dataloggers die ieder uur een grondwaterstand meten. Met het programma Menyanthes<sup>3)</sup> zijn de grondwaterstandreeksen van de peilbuizen geanalyseerd. Voor circa 30 van de meetreeksen kon een tijdreeksmodel worden opgesteld dat de metingen voldoende nauwkeurig simuleert. Bij veel van de overige meetreeksen werden extreme waarden niet goed verklaard. Daarnaast bleek soms dat peilbuizen die dicht bij elkaar liggen, sterk verschillende resultaten geven, wat aangeeft dat het stedelijke grondwatersysteem complex van aard is. Voor de reeksen die goed konden worden verklaard, kon een inschatting worden gemaakt van de drainageweerstand.

### Modelkalibratie

Het uitgangspunt voor het grondwatermodel was het Modflow-model dat is opgesteld en gekalibreerd voor de DSM-studie<sup>4)</sup>. Dit



Afb. 1: Kans op een knelpunt per functie.

model bestrijkt het zuidwestelijk deel van Zuid-Holland en is verder verbeterd en geschikt gemaakt voor deze studie. De drainagekarakteristieken van de wijken zijn ingebracht door per type drainagesysteem een drainageweerstand in te voeren. Dankzij de integrale aanpak van de watergebiedsstudie kon ook de grondwateraanvulling in het stedelijk gebied beter worden geschat. Uit de eerder uitgevoerde kalibratie van de rioleringsmodellen kwam naar voren dat 20 tot 25 procent van de neerslag die op verhard gebied valt, niet door de riolering wordt afgevoerd. Aangenomen is dat dit deel van de neerslag naar het grondwater percoleert.

Aan de hand van de bruikbare meetreeksen van grondwaterstanden zijn de parameters in het grondwatermodel aangepast. De met het model berekende grondwaterstanden zijn gemiddeld voor het gehele gebied acht centimeter lager dan gemeten. De berekende dynamiek van de grondwaterstand (verschil tussen GHG en GLG) is gemiddeld twee centimeter kleiner dan gemeten. Het model voorspelt de grondwaterstand met een 62,5 procent betrouwbaarheidsinterval van circa +25 tot -25 cm. Samen met de onnauwkeurigheid van het maaiveldhoogtebestand levert dit een onzekerheidsmarge rondom de berekende grondwaterstandsdiepte van circa +32 tot -32 cm. Vooral op wijkniveau hebben we de grondwaterstand goed kunnen voorspellen. Om op perceelniveau de grondwaterstand nauwkeurig te voorspellen, is het model echter niet toereikend.

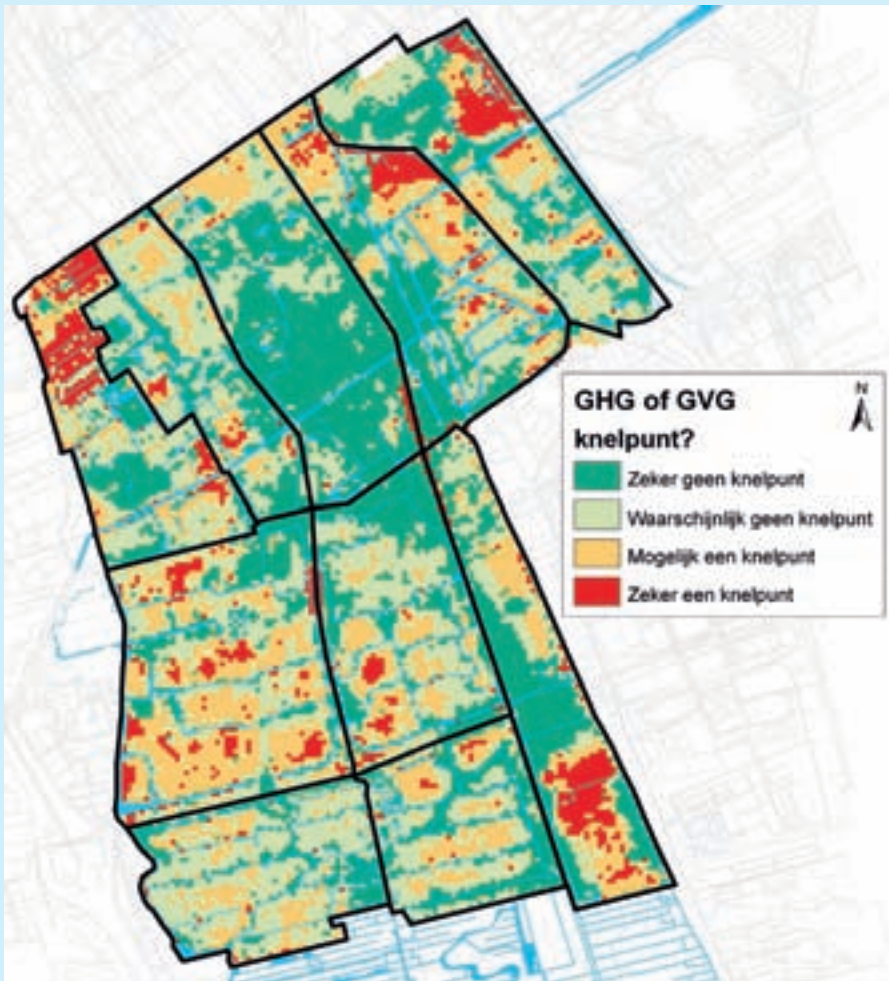
### Knelpuntanalyse

Normaliter zou een vergelijking van het actuele grondwaterregime (AGOR) met het OGOR worden uitgedrukt in doelrealisaties, die de mate van overeenkomst tussen AGOR en OGOR weergeven. In deze studie is echter niet het percentage doelrealisatie per functie weergegeven, maar de mate van waarschijnlijkheid dat sprake is van een grondwaterknelpunt. Voor deze methode is gekozen, omdat het betrouwbaarheidsinterval van de berekende grondwaterstand (+32 tot -32 cm) ongeveer net zo breed is als het verschil tussen een goede grondwaterstand in bebouwd gebied (GHG meer dan 90 cm onder maaiveld) en een zeer slechte grondwaterstand (GHG 25 cm onder maaiveld). De grenswaarden die per functie zijn vastgesteld, zijn daarom omgeven door een onzekerheidsmarge.

In afbeelding 1 is per functie aangegeven bij welke berekende GHG sprake is van een bepaalde kans op knelpunt. Deze onzekerheidsmarge bepaalt met welke mate van zekerheid een knelpunt kan worden vastgesteld. De uitkomsten zijn vervolgens vertaald in knelpuntkaarten, die de kans op een knelpunt aangeven. In afbeelding 2 is als voorbeeld de GHG-knelpuntenkaart afgebeeld. De donkerrode gebieden geven locaties aan waar vrijwel zeker knelpunten voorkomen.

De eerste vraag die opkomt, is of de knelpunten die worden berekend, ook daadwerkelijk worden ervaren. De gemeente Delft beschikt over een klachtenloket en heeft in eerder overleg met woningbouwverenigingen geïnventariseerd waar grondwaterklachten voorkomen<sup>2)</sup>. Daarnaast





Afb. 2: Berekende knelpunten voor GHG en GVG.

zijn wijkbeheerders vaak op de hoogte van klachten in het gebied. Een eerste vergelijking met ervaren knelpunten op basis van de klachtenregistratie leert dat berekende knelpunten niet overal overeenkomen met ervaren knelpunten. En in sommige gebieden met ervaren knelpunten worden juist geen knelpunten berekend!

De onzekerheden in de modellering en de gegevens over maaiveldhoogte spelen ongetwijfeld een rol in de beperkte overeenkomst tussen de ervaren en gemodelleerde knelpunten. Maar ook als de grondwaterstandmetingen bij de berekende knelpunten worden betrokken, worden locaties met grondwateroverlast niet goed voorspeld. Blijkbaar zijn de ervaren knelpunten op basis van klachten niet per definitie vergelijkbaar met de berekende en gemeten knelpunten. Klachten manifesteren zich op een kleiner schaalniveau dan het wijkniveau waarop het model is afgestemd. Daarnaast speelt ook de wijze waarop knelpunten zijn gedefinieerd in het toetsingskader waarschijnlijk een rol. Verschillende gebiedsfuncties zijn samengevoegd, terwijl stedelijk gebied heterogeen is en bestaat uit zowel woningen met kelders en kruipruimtes als hoogbouw. Tenslotte kan het zijn dat als grondwaterproblemen langdurig aanhouden er berusting en acceptatie optreedt. In die gevallen worden geen problemen gemeld, maar is de identi-

ficatie van knelpunten vanuit de berekeningsresultaten in principe wel juist.

### Meerwaarde grondwatermodel

De studie leert dat de modellering van een stedelijk grondwatersysteem relatief veel tijd kost, maar desalniettemin uitvoerbaar is. Bij voldoende invoerdata zijn op wijkniveau goede resultaten te boeken. Op een kleiner schaalniveau is de werkelijkheid echter minder goed te simuleren. Daarmee lijkt het model voor het vaststellen van lokale knelpunten een geringe meerwaarde te hebben. Berekende knelpunten worden in sommige gevallen niet herkend en andersom worden ervaren knelpunten niet berekend.

Een belangrijke les is dan ook dat met een voldoende dicht grondwatermeetnet het functioneren van het grondwatersysteem kan worden bestudeerd en zinvolle maatregelen kunnen worden bepaald. Vooral uit de analyse van gemeten grondwaterstandreeksen blijkt dat in sommige wijken de drainage in openbaar gebied matig functioneert. Dit stemt overeen met kennis van de gemeente Delft over het functioneren van de drainage. In deze gebieden is het zinvol om drainage in het openbaar gebied te verbeteren.

Naast het meetnet blijft praktijkkennis van belang. Woningbouwverenigingen en wijkbeheerders zijn hiervoor belangrijke partijen. Een klachtenregistratiesysteem is weliswaar een hulpmiddel bij de identi-

ficatie van knelpunten. Maar situaties met hoge grondwaterstanden worden niet altijd gemeld. Actief bevragen van deskundigen is derhalve noodzakelijk.

Het opzetten van het grondwatermodel heeft ook meer zicht opgeleverd op de werking van het (grond)watersysteem. Voor het vaststellen van effect van droogte en voor het opstellen van een stoffenbalans is een goede waterbalans onmisbaar. De kalibratie van het grondwatermodel heeft meer inzicht opgeleverd over de grootte van de wegzijging naar het eerste watervoerend pakket, een significante term in de waterbalans van Delft. Het grondwatermodel is daardoor een onmisbaar onderdeel van het integrale modelinstrumentarium dat voor de watergebiedsstudie is ontwikkeld.

Kortom, om goed onderbouwd maatregelen tegen grondwateroverlast te kunnen nemen, kan men niet alleen varen op de resultaten uit het grondwatermodel. Een goed grondwatermeetnet en praktijkkennis blijven belangrijk. Voor een integraal systeeminzicht is een grondwatermodel echter onmisbaar.

**Jochem Fritz en Gijs Bloemberg**  
(Hoogheemraadschap van Delfland)  
**Sjaak Clarisse** (gemeente Delft)  
**Ron Stroet** (DHV)

#### NOTEN

- 1) Bloemberg G. (2009). Integrale analyse watersysteem Delft. H<sub>2</sub>O nr. 13, pag. 17-19.
- 2) Gemeente Delft (2005). Grondwatervisie Delft.
- 3) KWR. Menyanthes. Software voor analyse van grondwaterdata.
- 4) Roelofs F. en N. Goorden (2008). Grondwatereffecten aan de oppervlakte (gebracht). Onderzoek naar effecten van stopzetting grondwateronttrekking DSM Delft - Technisch rapport. Deltares.

## DSM

Het Hoogheemraadschap van Delfland, de gemeente Delft en Provincie Zuid-Holland hebben recent ingestemd met de overname van de grondwateronttrekking van DSM. Dat bedrijf gebruikt al sinds 1916 grondwater, maar wil de onttrekking stopzetten. Deze grote verandering in de grondwatersituatie brengt risico's met zich mee. Daarom is afgesproken dat DSM de grondwateronttrekking als dienstverlener in opdracht van overheden voortzet.

DSM Gist in Delft, fabrikant van producten voor de voedings- en farmaceutische industrie, gebruikt al bijna een eeuw veel grondwater. Een abrupte stopzetting kan leiden tot grondwateroverlast. Tussen DSM, Provincie Zuid-Holland, het Hoogheemraadschap van Delfland en de betrokken gemeenten zijn afspraken gemaakt waarbij de partijen een (financieel) belang nemen in het voortzetten van de onttrekking. Het Hoogheemraadschap van Delfland zal de situatie uiterlijk medio 2013 opnieuw tegen het licht houden.