

Klimaat en Watervraag Stedelijk Gebied

RINEKE HULSMAN, WOUTER STAPEL, INGRID JENSEN EN DANNY HEUVELINK.

In dit onderzoek is de ontwikkeling van de stedelijke watervraag modelmatig onderzocht. Hierbij is de gevoeligheid van de watervraag in beeld gebracht als functie van landschapstype, klimaatverandering, klimaatadaptatiemaatregelen en stedelijke inrichting. Het onderzoek laat zien dat de stedelijke watervraag onder invloed van klimaatverandering zal toenemen en daarmee ook de kans op watertekorten. Het nemen van adaptatiemaatregelen kan de watervraag zowel doen toenemen als afnemen. Dit is afhankelijk van het soort maatregel en landschapstype. Zo zal het realiseren van extra groen in de openbare ruimte om hittestress tegen te gaan, de watervraag voor alle landschapstypen vergroten. Het effect van afkoppelen en infiltreren van hemelwater op zandgronden kan de kans op watertekort doen afnemen, terwijl het afkoppelen en afvoeren naar oppervlaktewater op klei- en veengrond geen effect heeft.

Dit onderzoek kan gebruikt worden als eerste duiding van de ontwikkeling van de stedelijke watervraag en biedt handvatten voor een nadere lokale inschatting van die watervraag. Keuzes in ruimtelijke inrichting en adaptatiemaatregelen hebben invloed op de watervraag en daarmee op het risico op watertekort. Het is daarom belangrijk deze inzichten mee te nemen bij het ontwikkelen van een klimaatadaptatiestrategie.

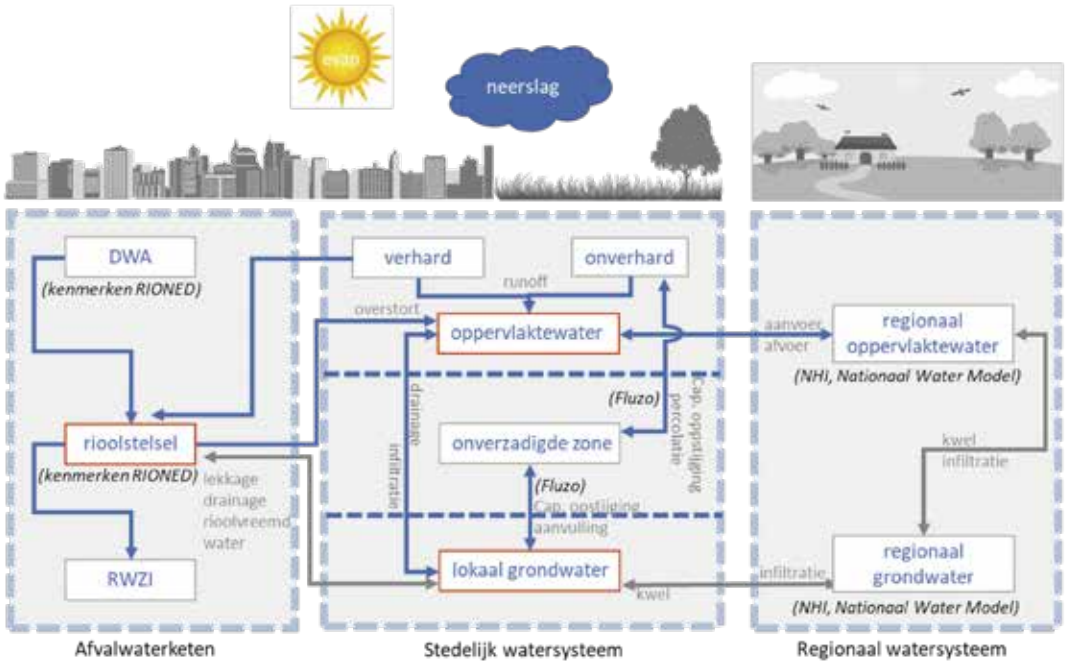
Artikel

Inleiding

Klimaatverandering, adaptatiemaatregelen en andere ontwikkelingen in de stad beïnvloeden de watervraag van stedelijk gebied. Als de watervraag groter is dan de beschikbaarheid van zoetwater kan dat schade veroorzaken en de leefbaarheid verslechteren. In dit artikel presenteren we een analyse van de watervraag in stedelijk gebied. Het onderzoek is uitgevoerd binnen het Kennisprogramma Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie. Het onderzoek analyseert hoe de stedelijke watervraag zich in de toekomst zal ontwikkelen. De in dit onderzoek verkregen inzichten in de ontwikkeling van de watervraag tot 2050 en 2085 kunnen helpen bij de ontwikkeling van waterbeleid en klimaatadaptatiebeleid.

Watersysteem stedelijk gebied

Om de resultaten van dit onderzoek te kunnen duiden, zijn de belangrijkste processen van het watersysteem van het stedelijk gebied weergegeven in afbeelding 1. Deze processen zijn allemaal opgenomen in een waterbalans model.



Afbeelding 1 Visuele weergave watersysteem stedelijk gebied

Ter indicatie zijn de hoofdstromen van het stedelijk watersysteem ordes van grootte aangegeven in millimeters per jaar, zie tabel 1. Dit geeft een beeld hoe de hoofdstromen zich tot elkaar verhouden.

Tabel 1 Hoofdstromen stedelijk watersysteem – gerelateerd aan het totale oppervlak

Hoofdstroom	mm/jaar	m3/ha/decade
Neerslag	825	220
Verdamping	550 - 620	150 - 170
Afvalwater*	175 - 875	50 - 240
Neerslag naar RWZI**		
- Gemengd rioolstelsel	230	60
- Gescheiden stelsel	0	0
- Verbeterd gescheiden	175	50
Lozing uit riolering op oppervlaktewater**		
- Gemengd rioolstelsel	20	
- Gescheiden	250	n.v.t.
- Verbeterd gescheiden	175	
Rioolvreemd water ***	220 - 440	60 - 120
Kwel/wegzijing	0 - 1.100	0 - 300

* voor bandbreedte voor 40 - 200 inwoners per hectare

** uitgaande van 50% op de riolering aangesloten verhard oppervlak

*** voor resp. 50% en 100% rioolvreemd water t.o.v. de afvalwaterstroom van huishoudens en bedrijven voor stedelijk gebied met 100 inwoners per ha.

Aanpak

De ontwikkeling van de watervraag is vanuit vijf invalshoeken belicht, zie afbeelding 2.



Afbeelding 2 Onderzoeksvraag met vijf invalshoeken

Deze invalshoeken zijn de basis voor een groot aantal varianten die met het model STUW (STedelijke Uniforme Waterbalans) zijn doorgerekend. Het waterbalans model is opgezet met verschillende bakjes, waartussen uitwisseling kan plaatsvinden. De rekenkern van het model is opgezet in Excel. Op dagbasis wordt uitgerekend hoeveel water er het oppervlaktewatersysteem en het grondwatersysteem in- en uitgaan, evenals de onderlinge uitwisseling tussen het oppervlakte- en grondwatersysteem. Voor het gerioleerde gebied is een inloopmodel opgezet welke op uurbasis rekent. Met pijlen is in afbeelding 1 aangegeven welke uitwisselingen er mogelijk zijn tussen de waterbalansposten. De hoeveelheid water die moet worden ingelaten naar het oppervlaktewaterbakje vanuit het regionale oppervlaktewatersysteem om het waterniveau te behouden is de uiteindelijke watervraag. Wanneer er water moet worden uitgelaten naar het regionale oppervlaktewatersysteem, is er sprake van een wateroverschot

Vier hydrologische jaren en twee zichtjaren

Het model wordt gevoed door neerslag. We hebben vier historische hydrologische jaren beschouwd; extreem droog, droog, gemiddeld en nat. De neerslag- en verdampingsgegevens hebben we getransformeerd voor twee klimaatscenario's WH en WL en twee zichtjaren 2050 en 2085. De neerslag op onverhard terrein stroomt via verschillende afvoerroutes naar het grond- en oppervlaktewatersysteem.

Drie inrichtingsvarianten

Er is gerekend met drie stedelijke inrichtingsvarianten. We gaan hierbij uit van bestaand stedelijk gebied. De drie varianten zijn zichtbaar in afbeelding 3.



Afbeelding 3 Drie beschouwde stedelijke inrichtingsvarianten

Zes landschapstypologiën

Om ruimtelijke differentiatie mogelijk te maken, zijn er zes landschapstypologiën gedefinieerd. De bodemsoort in deze zes typologiën bepaalt in grote mate het verschil tussen deze landschapstypologiën. Niet alle voorkomende bodemsoorten per landschapstypologie zijn meegenomen, lokale situaties kunnen dus afwijken van de landschapstypologiën in dit onderzoek. De belangrijkste kenmerken:

- **Textuur:** De textuur bepaalt hoeveel berging er beschikbaar is in de bodem. De bergingscoëfficiënt is hoger naarmate de textuur grover is.
- **Percentage open water en drooglegging:** Het percentage open water is bepaald door per landschapstype drie steden en/of stadsdelen te selecteren. Op basis van de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) is het percentage open water bepaald en gemiddeld per landschapstype. De drooglegging is gelijk aan de richtwaarde voor stedelijk gebied; 1,2 meter. Voor veenlandschap is een kleinere drooglegging gekozen omdat de drooglegging hier over het algemeen kleiner dan 0,6 meter is. Voor het duin- en heuvellandschap is juist een grotere drooglegging gekozen, resp. 2 en 3 meter.
- **Kwel en wegzijging:** De bodemsoort en geografische ligging bepaalt de hoeveelheid kwel of wegzijging. Deze hoeveelheid is afgeleid uit het LHM3.4. Lokaal kunnen de waardes verschillen. De berekende watervraag is gevoelig voor de hoeveelheid kwel/wegzijging omdat deze dezelfde orde grootte heeft als de verdamping. De kwel of wegzijging is constant gehouden per landschap.

Maatregelenpakket

Er is een veelheid aan klimaatadaptatiemaatregelen mogelijk. Voor dit onderzoek is een tweetal pakketten gehanteerd; 'gematigd' en 'ambitieuw'. Er is voor gekozen om niet alle maatregelen afzonderlijk door te rekenen. Het hanteren van twee maatregelenpakket is bedoeld om antwoord te geven op de vraag hoe een meer of minder ambitieuze inzet van klimaatadaptatiemaatregelen kan doorwerken in de watervraag en -overschot. De maatregelen hebben betrekking op vergroenen, afkoppelen verharding, waterdoorlatende verharding, groene

daken en open water. Bij afkoppelen van verhard oppervlak zijn wij uitgegaan van infiltreren in de zandige landschappen en afvoer naar het oppervlaktewater in de veen en kleilandschappen. Separaat is grondwaterpeilbeheer beschouwd voor de veen- en kleigebieden. Bij deze maatregel wordt het wegzakken van het grondwaterniveau tot een veilige waarde begrensd.

Een verdere toelichting op de wijze van modelleren is te lezen in de onderzoeksrapportage welke beschikbaar is in het kennisportaal ruimtelijke adaptatie.

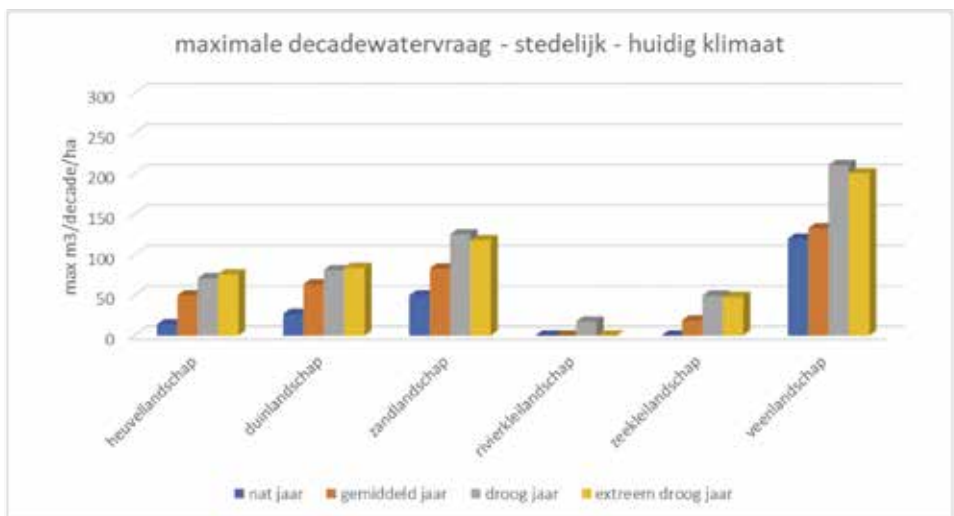
<https://klimaataadaptatienederland.nl/actueel/actueel/nieuws/2021/klimaatverandering-watervraag-stedelijk-gebied/>

Resultaten

Het resultaat van STUW is het verloop van watervraag en overschot over het jaar, opgebouwd uit de verschillende balansposten. De maximale watervraag per dag en per decade (10 dagen) (hieronder 'piekwatervraag' genoemd) zijn de basis om in een volgende stap te kunnen toetsen of voldoende zoetwater beschikbaar is of kan worden gebufferd om aan de watervraag te kunnen voldoen. De impact van overige ontwikkelingen in stedelijk gebied, zoals verdichting van bebouwing, is kwalitatief beschouwd. Hieronder volgt een overzicht van de resultaten van de uitgevoerde analyses. In het onderzoeksrapport is per landschapstype een factsheet met een uitgebreidere bespreking van de resultaten opgenomen. De resultaten voor watervraag en -overschot zijn uitgedrukt in m³ per hectare, waarbij de maximale watervraag per decade is weergegeven.

Landschappen en maximale watervraag

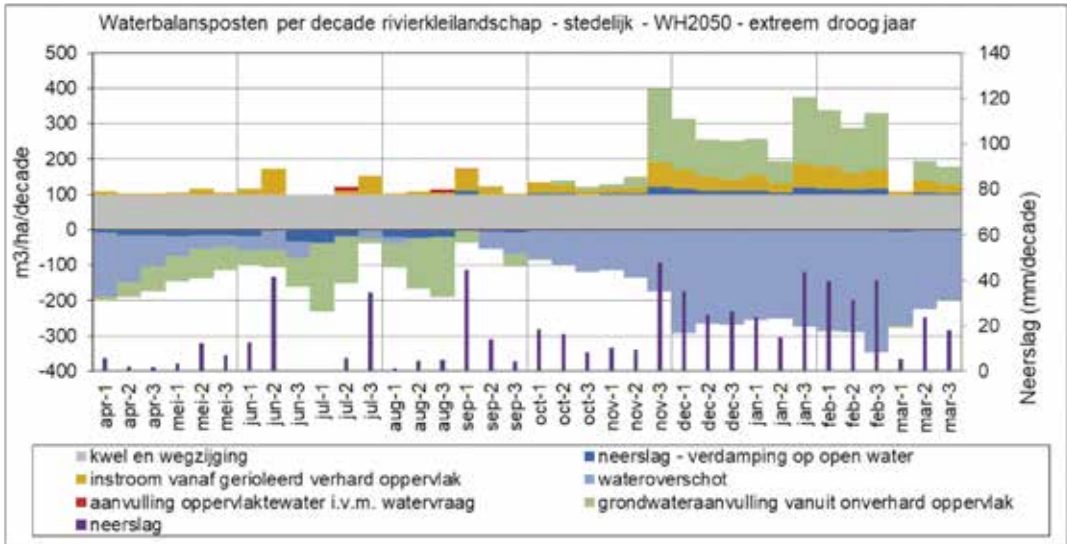
Er zijn grote verschillen in watervraag tussen de landschapstypen, zie afbeelding 4. In een veenlandschap is de piekwatervraag in een droog jaar beduidend groter dan in de andere landschappen. Door de vele watergangen, geringe drooglegging en goede capillaire werking is er nauwelijks beperking voor de verdamping via groen. Bij de zandige landschappen (heuvel, duin en zandlandschap) neemt die verdamping juist af door het dalen van de grondwaterstand.



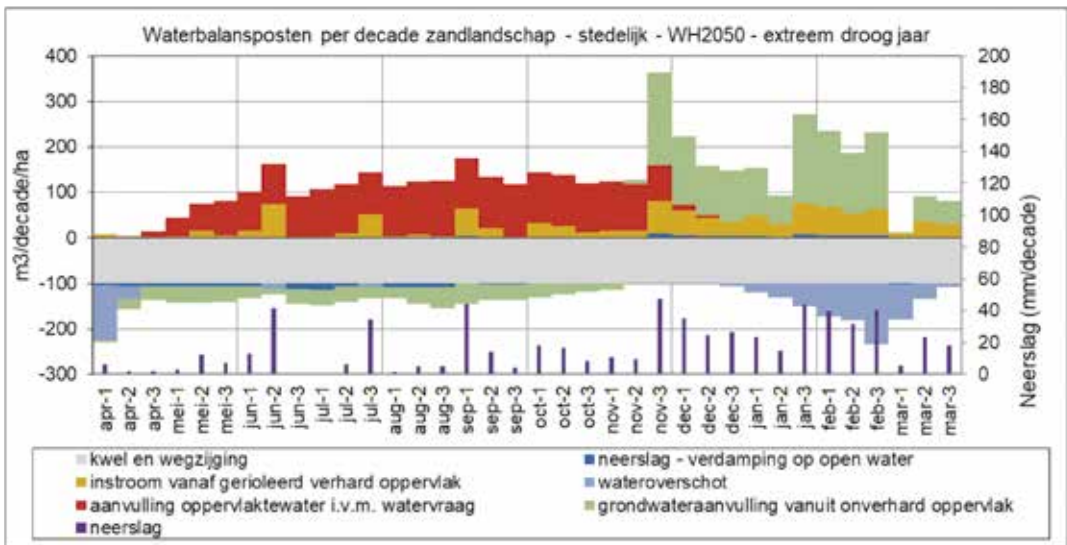
Afbeelding 4 Verschillen in de maximale watervraag per decade per landschapstype

Kwel en wegzijging

De watervraag kan sterk beïnvloed worden door kwel en wegzijging. Zij zijn al snel van dezelfde orde van grootte als neerslag en verdamping zoals te zien is in tabel 1. Door de in onze berekeningen voor het rivierkleilandschap aangenomen vaste jaargemiddelde kwel is daar ook in een droog jaar nauwelijks sprake van watervraag, zie afbeelding 5a. In deze afbeelding is nauwelijks rood (watervraag) zichtbaar. In de zandlandschappen kan er door wegzijging sprake zijn van watervraag gedurende het hele zomerhalfjaar, zie afbeelding 5b.



Afbeelding 5a Waterbalansposten rivierkleilandschap met stedelijke inrichting WH2050 in extreem droog jaar



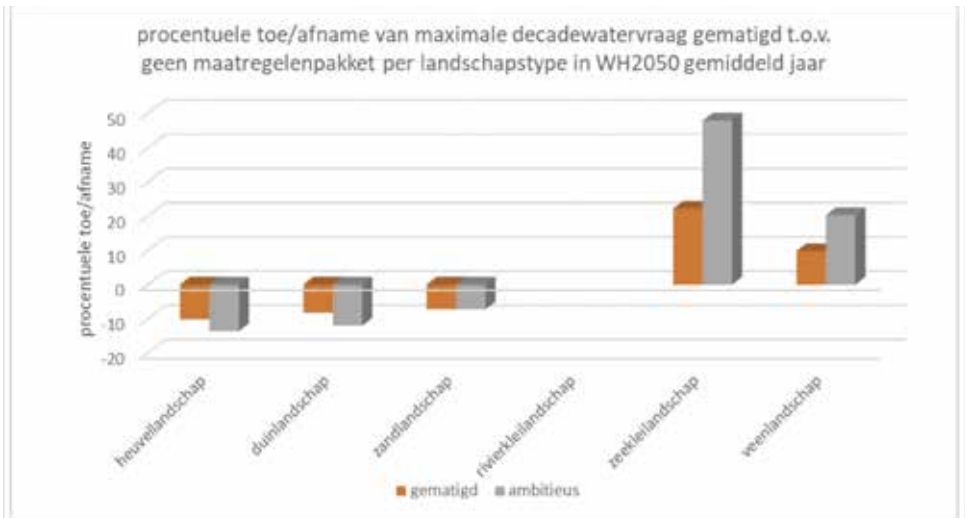
Afbeelding 5b Waterbalansposten zandlandschap met stedelijke inrichting WH2050 in extreem droog jaar

Stedelijke inrichting

In alle landschappen geldt dat de suburbane stedelijke inrichting de grootste watervraag heeft. Dat komt doordat de extra verdamping als gevolg van extra groen - zeker in droge perioden - niet voldoende wordt gecompenseerd door infiltratie via een hier groter aandeel onverhard oppervlak. In het veenlandschap is de impact van de stedelijke inrichting op de watervraag het grootst. Het 'altijd' beschikbaar zijn van water voor verdamping door het groen zorgt voor 60% extra piekwatervraag in 'suburbaan' gebied ten opzichte van 'hoogstedelijk' (voor een gemiddeld jaar in het klimaatscenario WH2050). De landschappen met een grote drooglegging en wegzijging zijn de onderlinge verschillen tussen de inrichtingsvarianten relatief klein. Dit wordt veroorzaakt door de diepe ligging van de grondwaterstanden, waardoor minder verdamping plaatsvindt en dat het water eenvoudiger kan infiltreren.

Invloed klimaatadaptatiemaatregelen

Klimaatadaptatiemaatregelen kunnen de watervraag substantieel beïnvloeden. Extra groen leidt zoals hierboven toegelicht tot extra (piek)watervraag. Voor het omgaan met hemelwater is het type maatregel van grote invloed. Infiltratie van hemelwater reduceert de watervraag. Vooral als het geïnfiltreerde water kan worden vastgehouden en niet snel onbereikbaar wordt voor de wortels van het groen. Als bij afkoppelen het hemelwater direct naar het oppervlaktewater wordt gevoerd heeft dat geen effect op de watervraag. In afbeelding 6 is de procentuele toe- of afname op de maximale watervraag weergegeven van elk landschapstype voor een gematigd en ambitieus maatregelenpakket.



Afbeelding 6 Invloed klimaatadaptatiemaatregelen op de maximale watervraag bij gemiddeld jaar WH2050

Verschillen worden veroorzaakt doordat water in zandlandschappen beter infiltrereert in de bodem dan in de klei- en veenlandschappen en door de wijze van afkoppelen van het verhard oppervlak.

Neerslagpatroon

Het patroon van neerslag en verdamping is natuurlijk van grote invloed op de watervraag. Naast het neerslagtekort is ook het neerslagpatroon van invloed op de piekwatervraag. In het beschouwde 'extreem droge jaar' (1976) vielen tijdens een lange droge periode twee buien die de geleidelijk toenemende watervraag reduceerden. Daardoor is de berekende piekwatervraag in het 'droge jaar' (2003) groter dan in het 'extreem droge jaar'. Dat geldt overigens niet voor het zandlandschap en het duinlandschap omdat daar de gevallen neerslag als gevolg van doorlatendheid en drooglegging te snel onbereikbaar is voor het groen.

Ongewenste interactie tussen de riolering en het watersysteem kan een grote impact hebben op de watervraag. Afvoer van grondwater via lekke riolen kan de aanvulling van het grondwater door neerslag tenietdoen. Instroming van oppervlaktewater in de riolering via een verzakte of lekke overstortwand kan de watervraag sterk doen toenemen.

Aandachtspunten bij de resultaten

De resultaten van dit onderzoek bieden handvatten om de ontwikkeling van de watervraag voor een specifiek stedelijk gebied in te schatten. Enkele aandachtspunten hierbij:

- Voor een eenduidige vergelijking is de watervraag gedefinieerd als de hoeveelheid zoetwater die nodig is om het oppervlaktewater op een constant peil te houden. Bij een watervraag moet water worden aangevoerd, omdat door wegzijging of door verdamping van groen het grondwaterpeil daalt. Dit wordt vervolgens door oppervlaktewater aangevuld. Bij neerslag kan er sprake zijn van een wateroverschot dat via het oppervlaktewatersysteem wordt afgevoerd. Niet voor alle locaties en landschappen wordt bij watervraag volgens deze definitie echter ook daadwerkelijk water aangevoerd. Op de hoge zandgronden en heuvellandschappen is een droogvallende sloot vaak acceptabel (en praktisch gezien niet te voorkomen). Dat kan overigens wel tot droogtestress en schade aan groen leiden, zéker als de droogte langer aanhoudt;
- Binnen een stedelijk gebied kan er een grote variatie in watervraag zijn. Niet alleen omdat de stedelijke inrichting varieert, maar ook omdat de bodemopbouw en aanwezige kwel of wegzijging per locatie kunnen verschillen. Ook de mate waarin er sprake is van rioolvreemd water kan sterk variëren. Aandacht voor deze variatie binnen stedelijk gebied is belangrijk om een goede inschatting van de watervraag te kunnen maken. Maatwerkanalyses kunnen helpen de watervraag voor een specifiek gebied beter in beeld te brengen;
- De in dit onderzoek berekende waarden geven een indicatie van de watervraag. De daarbij gehanteerde parameters hebben een onzekerheidsmarge. Dat betreft bijvoorbeeld de verdampingsparameters van het in de modellering beschouwde stedelijk groen. In de onderzoeksrapportage is een gevoeligheidsanalyse voor deze parameters opgenomen en een overzicht van geconstateerde kennisleemtes met bijbehorende aanbevelingen. Het waterbalansmodel is gevoelig voor de hoeveelheid kwel- en wegzijging en de bergingscoëfficiënt. De drainage- en infiltratieweerstand en het stelseltype zijn minder gevoelig voor de uitkomsten van het waterbalansmodel.

Modellering is altijd een benadering van de werkelijkheid die enerzijds niet tot in detail bekend is en anderzijds per locatie verschilt. Een aantal kanttekeningen bij de kennisleemtes:

- De zes landschapstypologiën en drie stedelijke inrichtingsvarianten dekken niet de diversiteit binnen Nederland. Lokale situaties komen daarom niet overeen met de uitgewerkte varianten;
- Voor de verdampingsparameters van gewassen zijn in de literatuur geen eenduidige waarden bekend en is vaak een bandbreedte aangegeven. Praktijkwaarden van de verdamping zullen daarom afwijken van de gehanteerde waarden;
- Verdamping van verhard oppervlak is niet meegenomen in de berekeningen. Hiervoor zijn geen betrouwbare praktijkwaarden bekend;
- Op veel stedelijke locaties is de oorspronkelijke grond opgehoogd met zand bij het bouwrijp maken. In het gebruikte model STUW is deze ophoging niet gemodelleerd. Daarom wordt aanbevolen om bij een uniforme ophoging met een flinke laag zand uit te gaan van het zandlandschap;
- De bergingscoëfficiënt van de ondergrond varieert sterk in tijd en plaats, er is in het model STUW gerekend met een vaste waarde.

Watervraag ⇔ Waterbeschikbaarheid

Om te kunnen bepalen of (toename van) de watervraag tot problemen kan leiden, dient deze te worden vergeleken met de beschikbaarheid van zoetwater. Wij bevelen aan om hiervoor afstemming te zoeken met de zoetwaterregio's die binnen het Deltaprogramma Zoetwater deze beschikbaarheid in beeld brengen. Zo kunnen de risico's op watertekort worden bepaald. Die zijn vervolgens input voor de risicodialogen die de basis vormen voor de te kiezen adaptatiestrategie. Daarbij gaat het niet alleen om de omvang van het eventuele watertekort, maar ook om de consequenties daarvan, zoals schade aan groen, extra hittestress doordat het groen onvoldoende water kan verdampen, waterkwaliteitsproblemen en (soms zeer grote) schade door paalrot en/of bodemdaling als gevolg van lage grondwaterstanden.

Tijdens het vaststellen van de adaptatiestrategie worden keuzes gemaakt die invloed hebben op de watervraag. Voorbeelden zijn de inrichting van de openbare ruimte, te implementeren adaptatiemaatregelen, het vasthouden van water als buffer voor droge perioden, extra aanvoer van zoetwater, maar ook bijvoorbeeld op het reduceren van de hoeveelheid grond en/of oppervlaktewater dat via de riolering uit het stedelijk gebied 'weglekt'.

Auteurs

RINEKE HULSMAN

Royal HaskoningDHV

rineke.hulsman@rhdhv.com

WOUTER STAPEL

Royal HaskoningDHV

Wouter.stapel@rhdhv.com

INGRID JENSEN

Royal HaskoningDHV

Ingrid.jensen@rhdhv.com

DANNY HEUVELINK

Royal HaskoningDHV

Danny.heuvelink@rhdhv.com