



Klimaatverandering en grondwaterbeheer stedelijk gebied

Deze Deltafact geeft een overzicht van de effecten die klimaatverandering kan hebben op het grondwater in bebouwde gebieden, en welke typen maatregelen kunnen worden genomen om het grondwaterbeheer hierop aan te passen.

1. INLEIDING
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. BIJPASSENDE STRATEGIEËN
4. GRONDWATERSTANDSVERANDERINGEN IN STEDELIJK GEBIED
5. MAATREGELEN DIE MOGELIJKHEDEN VOOR BEHEER VERGROTEN
6. KOSTEN EN BATEN
7. GOVERNANCE
8. PRAKTIJKERVERARINGEN
9. KENNISLEEMTES EN LOPEND ONDERZOEK
10. BRONNEN & LINKS
11. AUTEURS
12. DISCLAIMER

1. Inleiding

Het grondwater in steden geniet over het algemeen weinig aandacht. Simpelweg doordat het niet zichtbaar is en stedelingen er niet direct van afhankelijk zijn. Dat verandert wanneer te hoge of te lage grondwaterstanden tot problemen leiden. Veel mensen zijn bekend met de nadelige effecten van hoge grondwaterstanden. Natte kruipruimtes en langs muren optrekkend vocht leiden dan tot schades en problemen met het leefklimaat in woningen. Onbekender, maar minstens zo belangrijk vanwege de grote schadeposten, zijn de nadelige effecten van lage grondwaterstanden. Voorbeelden hiervan zijn sterfte van groenvoorzieningen, het rotten van houten

funderingen en onregelmatige bodemdaling (zgn. verschilzetting) die vervolgens leidt tot het scheuren van wegen en ondergrondse infrastructuur. Anders dan het optreden van schade door hoge grondwaterstanden, verlopen de schadeprocessen die door lage grondwaterstanden worden aangedreven, traag. Pas na meerdere jaren met droge omstandigheden komen de schades tot uiting als, vaak letterlijk, een breekpunt is bereikt.

Net als bij vele andere oorzaken van nadelige effecten en schades, schuilt het probleem rond grondwaterstanden in het woord 'te'. Constructies en onze leefomgeving worden blootgesteld aan grondwaterstanden die te vaak, te hoog of te laag zijn. Ze zijn hier niet tegen bestand of bereiken sneller dan voorzien het einde van hun levensduur. Klimaatverandering verergert die situatie. Uit klimaat effectonderzoek is namelijk gebleken dat er grote kans is op een geleidelijke toename van de dynamiek van het grondwaterregime. Uitersten worden groter en gaan vaker optreden. De processen die nu al tot schades leiden worden daardoor prominenter. Grondwaterpeilbeheer in bebouwd gebied, om te hoge en te lage grondwaterstanden te trachten te voorkomen, is daarom een punt van aandacht.

In het kader van het Deltaprogramma en klimaatprogramma's is veel informatie verzameld, gegenereerd en gebundeld over de effecten van klimaatverandering op het grondwater in stedelijk gebied, en welke typen adaptatiemaatregelen kunnen worden ingezet. Deze Deltafact geeft hiervan een samenvattend overzicht.

2. Gerelateerde onderwerpen en Deltafacts

Trefwoorden: Grondwater, grondwaterbeheer, stedelijk watersysteem, stedelijk waterbeheer, grondwateronderlast, grondwateroverlast, droogte

Gerelateerde Deltafacts: [Bodemdaling](#), [Dynamisch peilbeheer](#), [Droogte en hitte in de stad](#), [Effecten klimaatverandering op terrestrische natuur](#), [Onderwaterdrainage](#), [Regelbare drainage](#)

3. Bijpassende strategieën

(1 **Preventie**, 2 **Ruimtelijke ordening**, 3 Crisisbeheersing)

Met grondwaterpeilbeheer in bebouwd gebied wordt op de eerste plaats getracht om problemen te voorkomen: door middel van maatregelen die het grondwaterpeil zoveel mogelijk op het gewenst niveau houden, wordt er voor gezorgd dat kwetsbare constructies en functies niet worden blootgesteld aan te hoge en te lage

grondwaterstanden. Dit is dus een strategie van preventie. Anderzijds draagt ook een op het grondwaterregime afgestemde ruimtelijke ordening van functies en constructiewijze bij aan het voorkomen van problemen. Dit is een vorm van het concept 'functie volgt peil' en vermindert zowel de blootstelling als de kwetsbaarheid en daarmee de risico's. Het is, met andere woorden, in nieuw te ontwikkelen gebieden zaak om de functie en constructiewijzen op een locatie zoveel mogelijk af te stemmen op het (in de toekomst verwachte) grondwaterregime op die locatie. Een combinatie van beiden is ook mogelijk. Een voorbeeld hiervan is het aanleggen van infiltratie-transport riolen in een nieuwbouwgebied om de grondwaterstand zoveel mogelijk te reguleren, en daar tevens kruipruimteloos en vochtbestendig te bouwen waardoor de gebouwen minder kwetsbaar zijn voor hoge grondwaterstanden.

(1 Vasthouden, 2 Bergen, 3 Aanvoeren)

In relatie tot de watervoorzieningsstrategieën past het grondwaterpeilbeheer in de stad enerzijds binnen een strategie van water vasthouden en anderzijds is het afhankelijk van de aanvoer van water.

Door regenwater in de stad in de ondergrond te infiltreren en vast te houden, kan het te ver uitzakken van de grondwaterstand in de zomer worden verminderd. Dit gaat hand in hand met nemen van infiltratie maatregelen die wateroverlast moeten voorkomen.

In langdurige droge perioden zal de grondwaterstand echter toch verder kunnen dalen. Waar mogelijk, en dat is niet altijd en overal het geval, wordt dan oppervlaktewater aangevoerd om het waterpeil in sloten, kanalen en grachten hoog genoeg te houden, en daarmee tevens de grondwaterstandsdeling te temperen.

4. Grondwaterstandsveranderingen in stedelijk gebied

Verschillen stedelijk – landelijk grondwatersysteem

Door alle veranderingen die door de jaren aan het oppervlak en in de ondergrond van steden zijn aangebracht, is de werking van het stedelijk grondwatersysteem complexer en gevarieerder dan in landelijk gebied. Twee generieke aspecten waarop een stedelijk systeem en het systeem in landelijk gebied van elkaar verschillen zijn de grotere mate van verharding en de minder systematisch aanwezige drainage in de stad. Hoe meer verharding, hoe groter het aandeel van de neerslag dat over het oppervlak naar en via het riool wordt afgevoerd, en hoe minder regenwater in de bodem infiltreert en het grondwater aanvult. Dit gebrek aan infiltratie wordt in beperkte mate gecompenseerd door lagere actuele verdamping bij verharding.

Desondanks zijn er veel stedelijke gebieden met grondwateroverlast. Dat komt doordat tijdens de verstedelijking niet altijd goed rekening is gehouden met een duurzaam beheer van de grondwaterstand. Een bekend voorbeeld is dat drainerende sloten werden gedempt zonder dat dit werd gecompenseerd met ophoging van het maaiveld of aanleg van buisdrainage. De drainageafstand, en daarmee de opbolling van de grondwaterstand ten opzichte van het oppervlaktewater in natte tijden, namen daardoor sterk toe (van de Ven et.al. 20 april 2007).

Andere voorname oorzaken van ongewenste grondwaterstanden zijn gecreëerde maaiveldhoogteverschillen, het stopzetten van (industriële) grondwaterwinningen binnen de stadsgrenzen en onvoldoende aandacht voor effecten die ondergrondse constructies (zoals tunnels, ondergrondse parkeergarages, souterrains en de onderkeldering van woningen) hebben op grondwater. Een meer fundamentele oorzaak is het ontbreken van voldoende aandacht voor grondwater in de zgn. grondexploitatie (GREX), de begroting waarin kosten en opbrengsten van een ontwikkeling zijn gespecificeerd. Bezuinigen bij de ontwikkeling leidt dan tot het 'plakken van pleisters' naderhand. Bij het (jaren later) optreden van grondwateroverlast wordt vaak alsnog grondwaterdrainage aangelegd, soms op ad hoc basis, soms in het kader van een structurele aanpak. Vervolgens wordt die drainage niet altijd onderhouden (regelmatig doorspuiten), is de levensduur gering door de keuze van goedkoop materiaal of neemt het functioneren af door verkeersbelasting en ingroei van wortels.

Het gevolg van dit alles is dat de grondwaterstandsverloop in stedelijke gebieden sterk varieert, ook op korte afstand: het peil aan de voor- en achterzijde van een huis kan al enkele centimeters verschillen.

Invloed van klimaatverandering

In de klimaatscenario's van het KNMI ([KNMI, 2015](#)) is de verwachting dat de neerslag en extreme neerslag in de winter toenemen en dat de intensiteit van extreme regenbuien in de zomer toeneemt. In twee van de vier scenario's neemt de frequentie van droge zomers toe. Door een toename van het neerslagtekort in de zomerperiode komen naar verwachting vaker lage grondwaterstanden voor. Als deze daling niet meer voldoende gecompenseerd kan worden in het winterhalfjaar, is het mogelijk dat op bepaalde locaties de gemiddelde grondwaterstanden zowel in de zomer als in winter lager zullen zijn dan momenteel het geval is ([Stuurman et al.](#)

2007: pg 60; Tank et al, 2009; Deltaplan Hoge Zandgronden, 2012). Echter, het grondwaterstand-verhogende effect van een toename van de winterneerslag verschilt qua grootte van gebied tot gebied en is mede afhankelijk van lokale ont- en afwateringskarakteristieken.

Tip: De '[Bijsluiter Gestandaardiseerde Stresstest Ruimtelijke Adaptatie](#)' beschrijft onder de thema's wateroverlast en droogte, hoe klimaatverandering van invloed is op de grondwaterstand en hoe kan worden onderzocht of het effect daarvan risico's oplevert.

Gevolgen van hogere grondwaterstanden

De doorwerking van klimaatverandering, in de vorm van meer winterneerslag, naar hoge grondwaterstanden hangt voornamelijk af van de drainage-intensiteit en de verhardingsgraad. Intensieve drainage dempt het effect van neerslag op de grondwaterstand. Meer neerslag betekent in dat geval vooral meer afvoer via de buisdrainage. Regen op onverhard oppervlak infiltreert naar het grondwater, waardoor het grondwaterniveau kan stijgen. Meer verharding betekent over het

algemeen minder

grondwateraanvulling

De doorwerking naar schades hangt af van de kwetsbaarheid van de landgebruiksfuncties

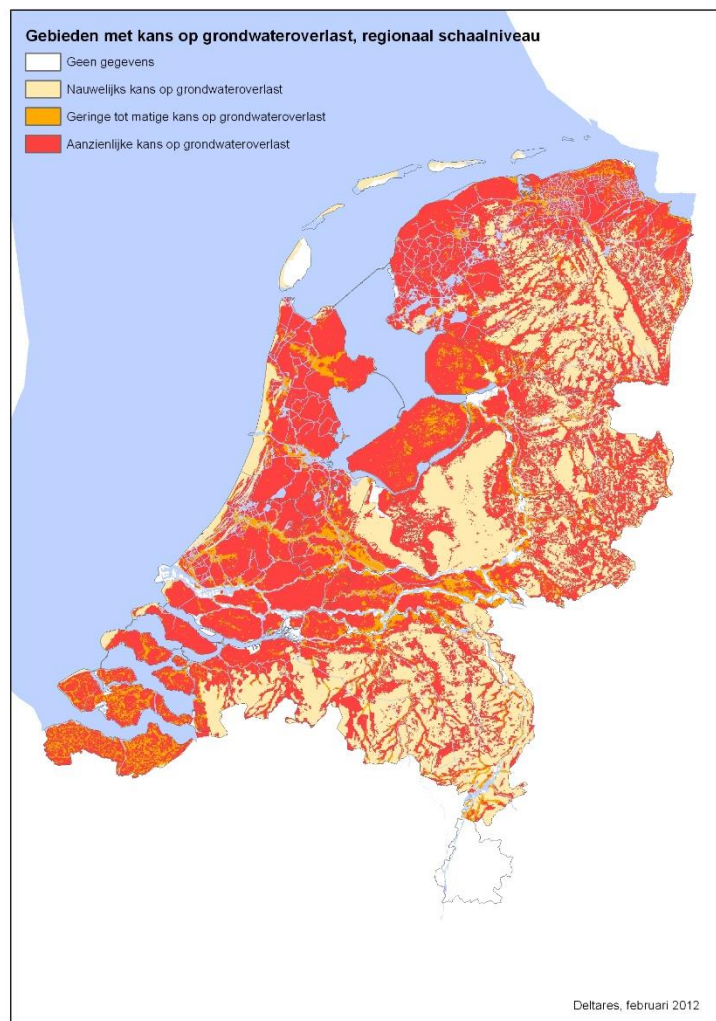
voor hoge grondwaterstanden. Hoge grondwaterstanden onder

gebouwen kunnen leiden tot vochtige kruipruimten en optrekkend vocht in de muren.

In oude panden kan dit vervolgens leiden tot schade aan houten vloeren en constructiedelen.

Panden van vóór het Bouwbesluit van 1992 zijn veelal gebouwd zonder dampdichte begane

grondvloeren. Natte kruipruimten onder die panden



Figuur 1. Gebieden met kans op grondwateroverlast, regionaal schaalniveau

kunnen leiden tot een vochtig binnenklimaat en vervolgens tot gezondheidsproblemen bij de bewoners. In kelders onder gebouwen kunnen onder invloed van hoge grondwaterstanden lekkages ontstaan. Een hoge grondwaterstand onder wegen kan leiden tot versnelde spoorvorming en vorstschade. Ook vegetatie, met name bomen, kan nadeel ondervinden van hoge grondwaterstanden door zuurstofgebrek in de wortelzone, waardoor de wortels afsterven. Het risico dat bomen omwaaien neemt hierdoor toe. De gevoeligheid voor hoge grondwaterstanden verschilt per (boom)soort. Tot slot kunnen tuinen en parken drassig worden.

Figuur 1 geeft aan in welke delen van Nederland, op basis van de kenmerken van het landschap en de ondergrond, de kans op grondwateroverlast groter of kleiner is. In een vervolgstudie is een kaart gemaakt die aangeeft waar de kans op toename van grondwateroverlast in steden tot 2050 als gevolg van klimaatverandering meer of minder groot is. De kaart, weergegeven in Figuur 2, is gebaseerd op uitkomsten van het Nationaal Water Model (Deltares, 2016). De kaart toont dat met name in kwelgebieden aan de randen van hoge zandgronden en duinen, en in beekdalen, de kans op overlast als gevolg van klimaatverandering toeneemt. De kans op overlast neemt ook toe op plaatsen waar bodemdaling optreedt en het peil van nabij gelegen oppervlaktewater relatief hoog blijft.



Figuur 2. Kans op toename grondwateroverlast door klimaatverandering, regionaal schaalniveau. (deze kaart is met een toelichting opgenomen in de [Kaartverhalen](#) Wateroverlast, te benaderen via www.klimaat-effectatlas.nl)

Gevolgen van lagere grondwaterstanden

De doorwerking van klimaatverandering in de vorm van een groter neerslagtekort in de zomer (zoals recentelijk in 2018), naar lage grondwaterstanden, is afhankelijk van de plaatselijke hydrologische situatie. In kwelgebieden bestaat, door een

continue opwaartse aanvoer van grondwater vanuit diepe watervoerende lagen, minder kans op substantiële grondwaterstands dalingen dan in wegzijgingsgebieden, waar het water juist wegzakt naar grotere diepte. De doorwerking van lage grondwaterstanden naar schades hangt in hoge mate af van de kwetsbaarheid van de landgebruiksfuncties.

Voor bijvoorbeeld panden is de bouwperiode en locatie een eerste aangrijpingspunt voor het bepalen van de kwetsbaarheid, omdat in specifieke perioden, op specifieke plaatsen (afhankelijk van draagkracht van de bodem) typerende bouwwijzen en funderingstechnieken zijn gebruikt. In Hoog Nederland komt funderingsschade als gevolg van lage grondwaterstanden bijvoorbeeld bijna niet voor, doordat daar nauwelijks op (houten) palen is gebouwd en de bodem door de overwegend grotere draagkracht meestal niet vatbaar is voor zetting. In Laag Nederland, in de klei- en veengebieden, zijn houten paalfunderingen (van voor de jaren 60) en funderingen 'op staal' relatief gevoelig voor lage grondwaterstanden vanwege respectievelijk 'paalrot' (schimmelaantasting door droogstand van een houten fundering) en verschilzettingen van de bodem. Verschilzettingen kunnen ook leiden tot schades aan rioleringen, wegverhardingen en andere infrastructuur. Het ontstaan van schades aan gebouwen en infrastructuur veroorzaakt door lage grondwaterstanden wordt ook wel 'grondwateronderlast' genoemd. Een bijkomende complicatie in oudere stadsdelen is dat verschillende funderingstypen naast elkaar kunnen voorkomen. Voor de ene fundering kan een hoge grondwaterstand wenselijk zijn, voor de andere een lagere.

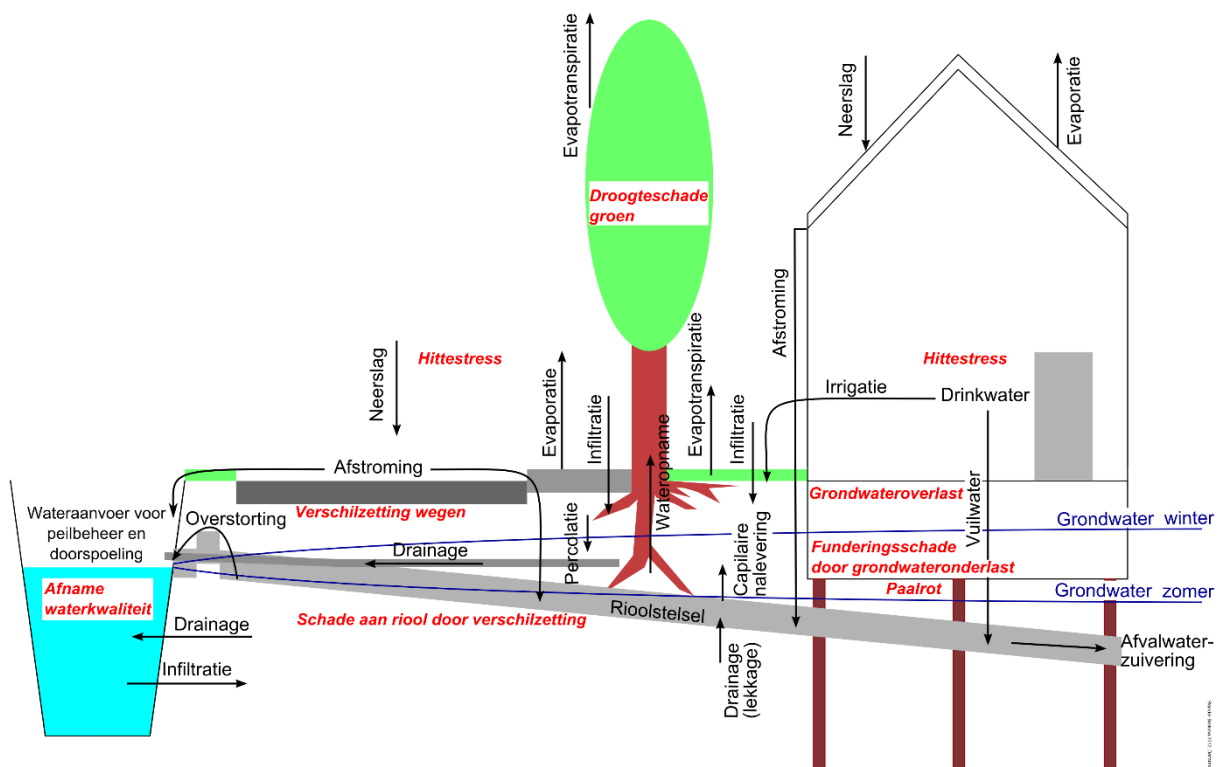
Andere effecten van lage grondwaterstanden, die zowel in Hoog als in Laag Nederland kunnen optreden, zijn een vermindering van het koelend effect van verdamping van bodemvocht en door vegetatie ([RIVM, 2011](#)) en verstopping van drainagebuizen. Een daling van het grondwaterniveau tot onder het niveau van drainagebuizen zorgt ervoor dat deze droog komen te staan. Er is dan gelegenheid tot vorming en ophoping van (ijzer)oxiden in de buizen. Door deze verstoppingen stijgt de onderhoudsbehoefte en de kans op grondwateroverlast in natte tijden.

De droogte van 2018 heeft in stedelijk gebied geleid tot schades aan gebouwen, funderingen, infrastructuur (scheurvorming, losse tegels) en groen (sterfte jonge beplanting en bladverlies). Daarnaast waren er meldingen van overlast door botulisme, blauwalg en stank door opwarming van het oppervlaktewater (min IenW,

december 2019). Uit onderzoek van Ecorys (augustus 2019) blijkt dat door de droogte van 2018 bij honderden panden scheuren in muren zijn ontstaan, wat tot enkele miljoenen herstelkosten leidde. Er kon niet precies worden achterhaald op hoeveel locaties de grondwaterstanden zijn gedaald tot onder het niveau van houten paalkoppen. Uit navraag bij het Platform Slappe Bodems en het Kennis Centrum Aanpak Funderingsproblematiek bleek in ieder geval dat het aantal schademeldingen en adviesverzoeken met betrekking tot houten funderingspalen in 2018 toenam, maar systematische cijfers waren begin 2019 hierover nog niet beschikbaar. Het is overigens ook mogelijk dat eventuele schade onopgemerkt is gebleven of niet is gemeld. Droogteschade aan funderingen en infrastructuur is namelijk een sluipend probleem. Schades ontstaan overwegend na een cumulatieve droogstand in meerdere jaren. Eén zeer droog jaar is daardoor meestal niet volledig verantwoordelijk voor de schade, maar leidt wel tot een versnelling hiervan (Ecorys, augustus 2019).

Effecten en schademechanismen samengevat

Figuur 3 geeft weer welke voornaamste schademechanismen worden beïnvloed door fluctuaties in het grond- en oppervlaktewaterpeil. De pijlen geven aan hoe water zich door het systeem beweegt. De figuur is van toepassing op steden in Laag Nederland.



Figuur 3. Watersysteem op straatniveau in laag Nederland

5. Maatregelen die mogelijkheden voor beheer vergroten

Er zijn diverse maatregelen die schades ten gevolge van hoge of lage grondwaterstanden voorkomen of verminderen (Beter bouw- en woonrijp maken/SBR, 2009; PBL, 2011). Het betreft maatregelen ter vermindering van de blootstelling aan extremen of ter vermindering van de kwetsbaarheid van constructies en functies. Niet elke maatregel is echter even goed inzetbaar.

Centraal bij kansrijke maatregelen staat de verbetering van de samenhang tussen gebruiksfuncties (constructies, infrastructuur, groen etc.), ondergrond, het oppervlaktewater en de inrichting van stedelijke ruimte. Er moet worden ingezet op evenwichtige infiltratie en drainage, het vasthouden en nuttig gebruik van in de stad gevallen neerslag, en op vermindering van de kwetsbaarheid voor hoge en lage grondwaterstanden. Daarnaast kan schade worden beperkt door zachte maatregelen als metingen, alarmering en aangepast gedrag.

In het kader van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie zijn veel verschillende maatregelen geïnventariseerd. Deze zijn gebundeld op de [internetpagina's](#) van het Deltaprogramma. Enkele prominente maatregelen worden hiernavolgend toegelicht.

Naar de maatregelen wordt voornamelijk gekeken op het moment dat problemen zijn gerezen. Maar het voorkomen van grondwater over- en onderlast verdient natuurlijk de voorkeur. Dezelfde maatregelen kunnen daarom worden ingezet bij nieuwbouw en herstructurering, als onderdeel van het bouwrijp maken en inrichten van een buurt of terrein. Tijdige aandacht hiervoor, en voor de beperkingen en kansen die de ondergrond biedt, is dan wel geboden.

Aanvullen grondwater en voorkomen van wateroverlast

Er wordt in toenemende mate gekeken naar het benutten van de ondergrond bij het voorkomen van wateroverlast door neerslag, als aanvulling op het grijze systeem van riolering en tijdelijke berging op straat. Aanvankelijk werden voorzieningen voor infiltratie van regenwater alleen toegepast op locaties met lage grondwaterstanden en een hoge doorlatendheid van de bodem. Uit recente toepassingen blijkt echter dat

infiltratievoorzieningen ook in gebieden met hoge grondwaterstanden en/of lage bodemdoorlatendheden functioneren als de bovengrond wordt vervangen door een laag doorlatend materiaal (Rus, 2013; Boogaard, 2015). Deze maatregel past binnen de door de Commissie Waterbeheer 21^e Eeuw aanbevolen drietrapsstrategie: vasthouden – bergen – en dan pas afvoeren (zie ook 7. Governance).

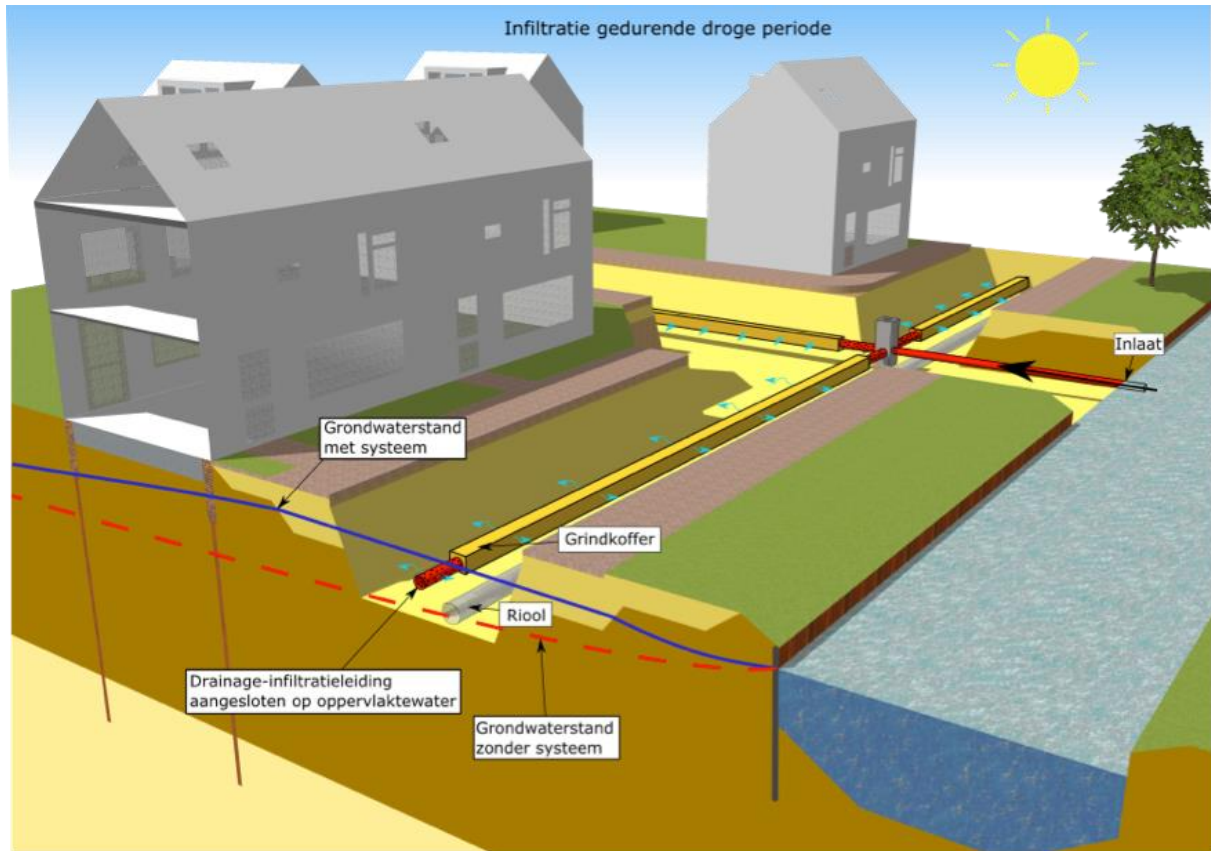
Sommige voorzieningen die infiltratie stimuleren, zoals bergingskratten en wadi's, beïnvloeden het grondwatersysteem. Andere typen maatregelen, zoals waterdoorlatende verhardingen, kunnen worden voorzien van een funderingslaag die zowel bergend, vertragend als zuiverend kan werken zonder dat het regenwater uiteindelijk infiltreert naar het grondwater.

Hittestress verminderen door vergroening

Vergroening is een effectieve maatregel om hittestress tegen te gaan. Planten en bomen koelen de lucht door evapotranspiratie en bieden schaduw. Meer groen vraagt echter ook meer aandacht voor het grondwaterpeilbeheer. Er moet immers wel voldoende water zijn om de plant- en boomwortels van water te voorzien en grondwaterpeilen mogen onder invloed van de watervraag van de extra vegetatie niet nog verder dalen nabij kwetsbare constructies. Het is daarom van belang om bij vergroening nadrukkelijk aandacht te besteden aan de effecten van deze vergroening op de grondwaterstand en de waterbeschikbaarheid in de stad. Om hier meer grip op te krijgen is het zinnig om een waterbalans voor een gebied op te stellen.

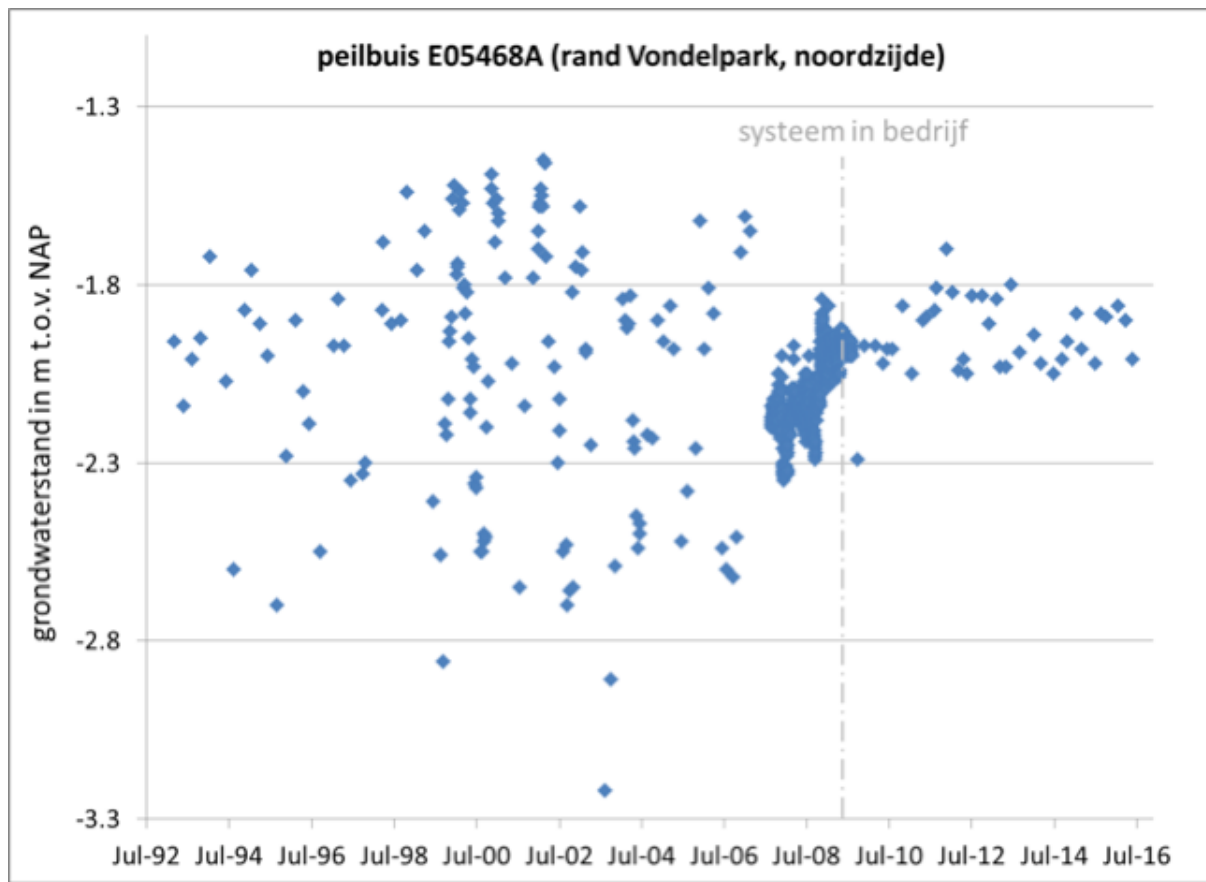
Voorkomen van pieken en dalen door actief grondwaterpeilbeheer

Dit betreft het aanleggen van voorzieningen, zoals een drainage-infiltratieleiding die in verbinding staat met het oppervlaktewater, waarmee het grondwaterpeil zoveel mogelijk rond een gewenst niveau kan worden gehouden en pieken en dalen in de grondwaterstand worden vermeden. Is er te veel grondwater, dan wordt dat via de leidingen afgevoerd naar het oppervlaktewater. Een grondwatertekort wordt via dezelfde leidingen aangevuld vanuit het oppervlaktewater (zie Figuur 4). Incidenteel, wanneer de bodem goed waterdoorlatend is, kan alleen aanpassing van het oppervlaktewaterpeil al zinvol zijn om de grondwaterstand te beïnvloeden, en zijn extra leidingen niet noodzakelijk.



Figuur 4. Principe actief grondwaterpeilbeheer, ter vermindering van schade door grondwateronderlast (boven) en grondwateroverlast (onder).

Uit onderzoek (Deltares / Wareco / Fugro, 2017a, b) is naar voren gekomen dat actief grondwaterpeilbeheer met leidingen meer op kan leveren dan het kost. Dit geldt voor gebieden die gevoelig zijn voor maaiveldddaling door seizoensgebonden lage grondwaterstanden én wanneer de aanleg wordt gecombineerd met rioolvervanging in openbaar gebied. Private eigenaren van woningen en gebouwen kunnen zelf een aansluiting realiseren op het gemeentelijke systeem en op die manier voorkomen dat schade ontstaat op hun eigen terrein. Figuur 5 toont hoe in een experiment de fluctuatie van de grondwaterstand afneemt na het in bedrijf nemen van het actief grondwaterpeilbeheersysteem.



Figuur 5. Metingen van het effect van een drainage-infiltratiesysteem op de grondwaterdynamiek in het Vondelpark (bron: Waternet). De figuur toont dat vanaf het in bedrijf stellen van het systeem, de grondwaterstand minder fluctueert.

Overigens zal een actief grondwaterpeilbeheersysteem gedurende droge periodes invloed hebben op de stedelijke vraag om zoet water. Het water dat nodig is om het tekort aan grondwater op te heffen, is immers afkomstig uit het oppervlaktewater. Bij het plannen van actief grondwaterpeilbeheer is daarom afstemming met de regionale waterbeheerder (het waterschap) noodzakelijk.

Gelet op de gemeentelijke verantwoordelijkheid voor grondwaterbeheer om structurele overlast te voorkomen door doelmatige maatregelen in openbaar gebied, verdienen voorzieningen die de grondwaterstand beïnvloeden een status die gelijkwaardig is aan stelsels voor transport en afvoer van afval- en regenwater (Deltares / Wareco / Fugro, 2017a, b). Dit vraagt dezelfde mate van aandacht voor het ontwerp van drainage- en infiltratievoorzieningen als voor de riolering en kan ook worden bekostigd uit de rioolheffing. Tevens is een goede registratie cruciaal: welke voorzieningen die de grondwaterstand potentieel beïnvloeden zijn waar aangelegd, en hoe, en wanneer en hoe worden deze voorzieningen onderhouden?

6. Kosten en baten

De kosten van een verbetering van het grondwaterbeheer in het stedelijk gebied worden steeds beter in beeld gebracht. De baten van maatregelen worden momenteel nog voornamelijk uitgedrukt als vermeden schade. Prominente direct of indirect aan een veranderend grondwaterpeil gerelateerde schadeposten zijn ([Hoogvliet et al, 2012](#)):

- Funderingsschade aan bouwwerken en infrastructuur en extra beheer kosten door grondwateronderlast.
- Verlies van arbeidsproductiviteit, ziekenhuisopname en sterfte door hitte.

Daarnaast zijn er kleinere, maar nog steeds substantiële schades gemoeid met:

- Toename van optreden grondwateroverlast.
- Schade aan terreinen en infrastructuur door maaiveldddaling en verschilzetting.
- Verdroging van groen.

Tip: in de [KlimaatSchadeSchatter](#) zijn landsdekkend schaderamingen op gemeentelijke schaal voor de verschillende klimaateffecten samengebracht, waar onder de schades die ontstaan door wateroverlast en droogte. Deze ramingen worden o.a. binnen het kader van het Nationaal Kennisprogramma Water en Klimaat periodiek aangevuld en verbeterd.

Als bij inrichting en herinrichting van het stedelijk gebied in de komende decennia consequent rekening wordt gehouden met de eisen die het fysieke systeem en klimaatverandering stellen, kan klimaatadaptatie worden ingepast tegen zo gering mogelijk kosten, het zgn. '[meekoppelen](#)'. Een groot aantal van de mogelijke maatregelen is zelfs vrijwel kosteloos, mits geïmplementeerd tijdens zo'n meekoppelmoment (PBL, 2011). Bij bijvoorbeeld groot onderhoud aan de riolen kunnen tegelijkertijd drainage/infiltratie maatregelen worden gerealiseerd om de grondwaterstand te beheersen. Belangrijke randvoorwaarde is dat de mogelijke effecten van ingrijpen in het grondwater vooraf goed worden onderzocht. Daarbij is hydrologisch onderzoek essentieel en daarvoor moet onder andere over minimaal 4 seizoenen de grondwaterstand intensief worden gemonitord.

Tip: Via het kennisportaal www.ruimtelijkeadaptatie.nl kunnen ervaringen met en publicaties over het nemen van adaptatiemaatregelen worden geraadpleegd. Een bescheiden, maar groeiend aantal publicaties beschrijft uitkomsten van daarbij uitgevoerde kosten/baten analyses.

7. Governance

In de laatste jaren is in het omgevingsrecht veel veranderd. Onder andere door de invoering van de wet gemeentelijke watertaken en de Waterwet. Dit gaf soms onduidelijkheden wat betreft de verantwoordelijkheden van de verschillende overheden. Binnen het stedelijk grondwaterbeheer hebben de gemeente, waterschap en huiseigenaar verschillende taken. De hieronder beschreven verdeling van verantwoordelijkheden zal niet wezenlijk veranderen wanneer de Waterwet is vervangen door de Omgevingswet.

De **gemeente** heeft de grondwaterzorgplicht, dit houdt in dat de gemeente in het openbaar gemeentelijk gebied (dus niet op het terrein van de perceeleigenaar) waar doelmatig maatregelen moet treffen om structureel nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de bestemming van de grond zo veel mogelijk te voorkomen of te beperken (Sterk consulting & Colibri advies, 2012: pg 18). Ook heeft de gemeente een aannameplicht voor overtollig grondwater.

In de praktijk maakt een gemeente het stedelijk grondwaterbeleid en voert het ook grotendeels uit, maar is daarbij wel afhankelijk van het waterschap voor de afwatering van gedraineerd overtollig grondwater, en eventueel aanvoer van extern water in droge perioden. Coördinatie tussen beleid en uitvoering is belangrijk voor een optimaal grondwaterbeheer. Door betere samenwerking, ook met huiseigenaren, kan er beter worden gemonitord en kunnen vroegtijdig maatregelen worden genomen om schade te beperken en de effecten van klimaatverandering te verminderen of te voorkomen. Het aantal gemeenten dat actieve maatregelen neemt om grondwateronderlast aan te pakken is nog beperkt.

Voor bekostiging van taken die verband houden met de uitvoering van de grondwaterzorgplicht, hebben gemeenten de gemeentelijke rioolheffing ter beschikking.

Het **waterschap** is de waterbeheerder voor regionale wateren en maakt bijvoorbeeld peilbesluiten. De taken zijn onder andere de inzet van de watervergunning of algemene regels, het uitvoeren van het

oppervlaktewaterpeilbeheer of het zelf uitvoeren van projecten waarbij wijzigingen worden aangebracht in de loop of omvang van grondwaterlichamen (Sterk consulting & Colibri advies, 2012: pg 12). Zo heeft het werk van het waterschap invloed op het grondwaterregime in de stad.

Waterschappen hebben een eigen heffingenstelsel. Uit de opbrengst van de watersysteemheffing moeten eventuele kosten in verband met het grondwaterbeheer worden gefinancierd. Waterschappen hebben (als grondwatersysteembeheerder) geen eigen bevoegdheid om een grondwaterheffing op onttrekkingen te innen. Ook de watersysteemheffing kent geen specifieke 'grondwaterbeheercomponent'.

Een **huiseigenaar** is zelf verantwoordelijk voor de staat van de woning en het perceel. Eventuele schade komt voor eigen rekening. Uit jurisprudentie is gebleken dat de eigenaar zelf verantwoordelijk is voor de daling van grondwater op zijn eigen grond, in, onder en om zijn woning. Hetzelfde geldt voor wateronderlast problemen. Daarnaast mag een huiseigenaar geen hinder toebrengen door wijziging van de loop, hoeveelheid of kwaliteit van het over zijn erf stromende (grond)water (Sterk consulting & Colibri advies, 2012: pg 18-19).

Verantwoordelijkheidsvraag

Binnen het stedelijk grondwaterbeheer zijn er vaak problemen wat betreft verantwoordelijkheid. Door verschillen in bijvoorbeeld de funderingen van bouwkundige eenheden, is het lastig of zelfs onmogelijk om voor elk bouwwerk de gewenste grondwaterstand te creëren en handhaven. In dergelijke gevallen zal een gemeente minder snel overgaan op maatregelen, om mogelijke juridische problemen te voorkomen.

De invoering van de grondwaterzorgplicht leidt inmiddels tot een toename van de monitoringsinspanningen en een vergroting van de hoeveelheid drainage.

Gemeenten zullen zich meer gaan inspannen voor een goede grondwaterzorg, maar zullen rekening blijven houden met mogelijke technische problemen en juridische risico's. Doelmatigheid is daarbij een leidend principe.

Veel huiseigenaren zijn zich niet bewust van hun verantwoordelijkheid voor de grondwaterhuishouding op hun eigen grond. Vaak ontbreekt een 'bijsluiting' bij woningen met informatie over fundering, drainage en het gewenste onderhoud. Huiseigenaren maken aanzienlijke kosten bijvoorbeeld voor het herstellen van

funderingsschade, maar in de praktijk kunnen ze weinig invloed uitoefenen op het voorkomen van die schade. Gerichte voorlichting over kwetsbaarheid van panden en blootstelling aan grondwateroverlast en onderlast maakt het hen mogelijk om deze verantwoordelijkheid te nemen, en bijvoorbeeld voorzorgsmaatregelen te nemen in tijden van droogte of de drainage een onderhoudsbeurt te geven voor de winter (Sterk consulting & Colibri advies, 2012).

De Beleidstafel Droogte benadrukt in haar evaluatie van de problemen gedurende de droogte in 2018 (Min. IenW, december 2019), nogmaals de noodzaak dat gemeenten en waterbeheerders gezamenlijk met huiseigenaren de opgaven in stedelijk gebied oppakken.

Afstemming op adviezen Commissie Waterbeheer 21^e eeuw

In 2000 heeft de commissie waterbeheer in de 21^e eeuw een [rapport](#) uitgebracht dat een belangrijke stap betekende in de ontwikkeling van het waterbeheer naar een meer ruimtelijk georiënteerd beleid. De kern van de boodschap is dat we moeten proberen het water niet meteen in volle omvang te lozen op de grotere watergangen. De afvoerpieken zouden beperkt moeten blijven om zo de grotere watersystemen niet verder te belasten dan absoluut noodzakelijk en water beschikbaar te hebben voor droge perioden. Dit is de zgn. drietrapsstrategie vasthouden – bergen - en dan pas afvoeren.

In het stedelijk gebied wordt mede daarom gezocht naar mogelijkheden voor het afkoppelen van regenwaterafvoer naar het riool en infiltratie van regenwater, zonder dat dat leidt tot grondwateroverlast. Op bouwlocaties zal, om in lijn met het beleid te werken, dan regenwaterinfiltratie moeten worden gecombineerd met meer drainage en wellicht zelfs meer ophogen van het bouwterrein om overlast door het vasthouden en bergen van meer water, te vermijden ([Stuurman et al, 2007: Pg 42](#)). Een andere mogelijkheid om de infiltratiecapaciteit te vergroten is het opleggen van een norm (mm/uur) voor de hoeveelheid neerslag die op een perceel moet worden verwerkt. Een website als www.rainproof.nl biedt voorbeelden maat mogelijke voorschriften en maatregelen.

8. Praktijkervaringen

Kennisportaal

Binnen het deltaprogramma wordt in het deelprogramma Ruimtelijke Adaptatie, programmaonderdeel Klimaatbestendige Stad onder andere onderzoek gedaan naar

grondwaterbeheer en klimaatverandering in stedelijk gebied. Het programmaonderdeel heeft als doel het beperken van de gevolgen van wateroverlast, droogte en hitte door middel van ruimtelijke maatregelen. Praktisch toepasbare uitkomsten van het programma zijn te vinden op www.ruimtelijkeadaptatie.nl. Dit kennisportaal geeft ook toegang tot (informatie over) state of the art tools, de uitkomsten van het onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat en de STOWA Hydrotheek. De site biedt bovendien een platform voor de uitwisseling van ervaringen en voorbeelden uit de praktijk.

Groei van ervaringen bij gemeenten en waterschappen

Veel gemeenten en waterschappen hebben nog geen kijk op het stedelijke grondwatersysteem in hun beheersgebied. Nationaal en internationaal is er een tendens om daarin verandering te brengen. Er wordt onderzoek gericht op de stedelijke (geo)hydrologie, aangezien steden alsmaar groeien en in toenemende mate druk wordt gezet op de capaciteiten van de waterketen en het water- en bodemsysteem ([Hoogvliet et al, 2012](#)). Voor veel gemeenten is de eerste stap het in kaart brengen van het stedelijk grondwatersysteem door het opzetten van een grondwatermeetnet. Een groot aantal gemeenten beschikt inmiddels over een grondwatermeetnet, sommige al sinds vele jaren (bv. Amsterdam, Rotterdam, Den Haag, Delft). Periodieke evaluatie van deze metingen, bijvoorbeeld gedurende en na een extreme gebeurtenis zoals de zomer van 2018 en de natte februari maand van 2020, levert waardevolle inzichten. Aan de kant van kennisontwikkeling wordt gewerkt aan het gebruik van deze data in modellen, het ontwikkelen van allerlei maatregelen en het voorspellen van de effecten van deze maatregelen. Een voorbeeld daarvan is praktijkgericht onderzoek naar de technische (on)mogelijkheden van grootschalig actief grondwaterbeheer in stedelijk gebied.

Daarnaast groeit de ervaring met communicatie over stedelijk grondwater richting bewoners, bijvoorbeeld in de gemeenten [Hoogeveen](#) en Dordrecht. Ook op het gebied van risico gestuurd grondwaterbeheer is de laatste jaren vooruitgang geboekt (gemeente Enschede).

Ervaringen en onderzoek in een complexe voorbeeldcase

Bij het klimaatproof maken van de Rivierenbuurt stuitte Waternet op een zeer gedifferentieerd grondwatersysteem. Binnen en net buiten de wijk zijn grote

verschillen in stijghoogtes waargenomen die zorgen dat het water over het algemeen naar het zuiden stroomt.



Figuur 6. Variatie in ontwateringsdiepte (de grondwaterstand onder het oppervlak) op meetpunten binnen de Rivierenwijk (bron: Waternet). De figuur toont de variatie in hoge en lagere grondwaterstanden binnen de wijk. Deze variatie vraagt om maatwerk op relatief kleine schaal.

Binnen de wijk zijn echter meerdere micro grondwatersystemen, o.a. doordat lekke riolen drainerend werken. Daarnaast zijn de funderingshoogtes binnen de wijk verschillend. Om een analyse van risicovolle gebieden in de wijk te maken is een gedetailleerde waterbalans nodig. Dit wordt door de gedifferentieerdheid bemoeilijkt. Door dit soort situaties is het lastig om generieke maatregelen te nemen voor het klimaatbestendig maken van een wijk.

In het plan gemeentelijk watertaken van Amsterdam worden de plannen voor de aankomende jaren zichtbaar gemaakt onder andere op het gebied van grondwater. Amsterdam wil een gebiedsdekkend en actueel inzicht creëren in de grondwatersituatie en in de opbouw en gebruik van de ondergrond. Ook wordt er onderzoek gedaan naar maatregelen om grondwaterfluctuaties op te vangen als

gevolg van klimaatverandering. Hiervoor is en wordt een inventarisatie van bestaande grondwaterproblemen, analyse van funderingsgegevens en grondwatermonitoring en optimalisatie van het grondwatermeetnet uitgevoerd. Pas als door middel van meer meetgegevens (liefst inclusief meetgegevens op particulier terrein) een betere waterbalans kan worden opgesteld en een model op een gedetailleerd schaalniveau beschikbaar is, kan het benodigde maatwerk worden verricht. Door samenwerking tussen het waterschap en de gemeente in Waternet, kan er meer informatie worden verzameld en kennis gebundeld, wat uiteindelijk zorgt voor een beter systeembegrip.

Uit het reeds gedane onderzoek blijkt dat de kwetsbare houten (paal)fundering van de gebouwen relatief hoog in het bodemprofiel zit, oftewel dicht onder het maaiveld. De grondwaterstand in de winter is te hoog (overlast) en in de zomer te laag (top van funderingen valt droog). Dit maakt de wijk kwetsbaar voor klimaatverandering en zorgt voor dilemma's. Als drainage wordt toegevoegd om de grondwaterstand in de winter te verlagen, is te weinig water over om de grondwaterstand in de zomer op peil te houden. Maar ook als er geen drainage wordt aangelegd kan in droge zomers de grondwaterstand te laag zijn. Is het dan beter om geen drainage aan te leggen en de problematiek van de hoge grondwaterstanden te accepteren?

Technische oplossingen zijn mogelijk maar in de Rivierenbuurt kostbaar en er is nog geen zekerheid over het precieze compenserende effect van de oplossingen. In dit stadium is daarom nog vervolgonderzoek noodzakelijk om te beoordelen waar wat de beste optie is. Hoe kan effectief en rendabel maatwerk worden geleverd?

9. Kennisleemtes

Er was tot circa 2012 nog maar weinig bekend over de invloed van klimaatverandering op het stedelijke grondwaterbeheer. Recent onderzoek heeft deze kennisleemte verkleind, maar er resteren nog voorname vragen waaraan wordt doorgewerkt.

Waterbalans van de stad

De omvang van de factoren in de waterbalans van het stedelijk gebied is een belangrijk kennishiaat. Ook bij de evaluatie van de droogte in 2018 is dit naar voren gekomen (Min. IenW, december 2019). Er blijkt weinig nauwkeurige informatie te zijn over de hoeveelheid water die via oppervlaktewater wordt aangevoerd en welk

deel van de neerslag ten goede komt aan het aanvullen van het bodem-, grond- en oppervlaktewater. Een oorzaak hiervan is de grote heterogeniteit van het fysieke systeem in steden en een gebrek aan metingen. Dit maakt het meten, begrijpen en modelleren van het stedelijk watersysteem een lastige, maar wel uitvoerbare opgave.

In 2020 zijn verschillende onderzoeken gestart waarin het doel is meer inzicht te krijgen in de waterbalans van stedelijk gebied, en in de regionale verschillen tussen die waterbalansen. De dynamiek van het grondwater en de mate waarin hierop invloed kan worden uitgeoefend, vormen hierin voornamelijk factoren. Resultaten zullen o.m. via het kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie worden gedeeld.

Waterbalans op particulier terrein

Door de juridisch vastgelegde verantwoordelijkheden is de gemeente niet verantwoordelijk voor particulier terrein. Deze terreinen vallen daardoor buiten de reguliere meetnetten, waardoor er een kennisiaat is over de waterhuishouding van die terreinen. In het stedelijk gebied is dit een groot areaal.

Kwantificering van de effectiviteit van maatregelen

In de slipstream van klimaatadaptatie, het verbeteren van de leefbaarheid en vooral het herzien van de stedelijke watercyclus, zijn groen-blaauwe maatregelen als effectieve oplossing naar voren gekomen. Inmiddels zijn er diverse maatregelen ontworpen en wordt er praktijkervaring mee opgedaan. Het is evenwel noodzakelijk om het presteren van dergelijke maatregelen in 'living labs' te meten, monitoren en te evalueren. Er is namelijk een groeiende behoefte aan kwantitatieve informatie om onderbouwde afwegingen te maken tussen grijze en groen-blaauwe maatregelen.

Wat is regulier beheer en onderhoud, en wat is schade?

Voor veel schades aan de openbare ruimte en infrastructuur geldt dat deze nu zijn verdisconteerd in jaarlijkse beheer- en onderhoudskosten en daardoor niet expliciet zichtbaar zijn op de jaarrekening. In feite worden deze kosten dan niet als schades aangemerkt, aangezien zij regelmatig worden gemaakt en men daarom gewend is geraakt aan de uitgaven ([Hoogvliet et al, 2012](#)).

Informatie over kwetsbaarheden en schades

De eerste schaderamingen als gevolg van grondwateroverlast of onderlast zijn

gebaseerd op schadekentallen en globale kenmerken van bijvoorbeeld panden uit een bepaalde bouwperiode in een bepaald gebiedstype ([Hoogvliet et al, 2012](#)). Ramingen moeten worden gebaseerd op extrapolaties en combinaties van kentallen, en zijn daarom niet nauwkeurig en indicatief. Er zijn na 2012 in het kader van klimaateffectonderzoek wel stappen gemaakt om ramingen op regionale en landelijke schaal te verbeteren. Deze zijn samengebracht in de KlimaatSchadeSchatter (www.klimaatshadeschatter.nl) die binnen het kader van het Nationaal Kennisprogramma Water en Klimaat periodiek wordt verbeterd. Sommige steden hebben inmiddels t.b.v. de klimaatstresstest of de inventarisatie van funderingsschade, informatie op hoog detailniveau verzameld en gekarteerd. Dit inzicht blijkt van grote waarde bij het beoordelen van klimaatrisico's en vormen van adaptatiestrategieën.

10. Bronnen & links

- Beter Bouw- en Woonrijp maken/SBR, 2009. [Waterrobuust bouwen, de kracht van kwetsbaarheid in een duurzaam ontwerp](#). Rotterdam.
- Boogaard, F. (2015) Stormwater characteristics and new testing methods for certain sustainable urban drainage systems in The Netherlands. Proefschrift Technische Universiteit Delft.
- Deltaplan Hoge Zandgronden (2012). [Analyse van de effecten en gevolgen van klimaatverandering op het watersysteem en functies, regionale knelpuntenanalyse fase 2](#). Uitgevoerd door Royal Haskoning.
- Deltares (2016). Basisprognoses Zoetwater. Deltares rapport 1230058-001-ZWS-0009.
- Deltares / Wareco / Fugro (2017a). [Grootschalig actief grondwaterpeilbeheer in bebouwd gebied](#). Fase 1, Studie naar technische en financiële haalbaarheid. Deltares rapport 1230079-001-BGS-0006.
- Deltares / Wareco / Fugro (2017b). [Grootschalig actief grondwaterpeilbeheer in bebouwd gebied. Fase 2: Consultatie](#). Deltares rapport 1230881-002-BGS-0001.
- Ecorys (augustus 2019). [Economische schade door droogte in 2018](#)
- Jacco Kroon (2011). [Wat gaat het opleveren?](#) Powerpointpresentatie Waternet, Teamleider Watersysteembesturing.
- Hoogvliet, M.A., Ven, F.H.M. van de, Buma, J.T. Oostrom, N.G.C., van Filatova, T.V., Verheijen, J.A.L.C. (2012). [Schades door watertekorten en -overschotten in stedelijk gebied; Quick scan van beschikbaarheid](#)

[schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen](#), Deltares rapportage 1205463-000.

- Klein Tank, A.M.G., Lenderink, G., Overbeek, B., Bessembinder, J. (red.) (2009). [Klimaatverandering in Nederland; Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's](#), KNMI, De Bilt.
- KNMI (2015): [KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie](#), KNMI, De Bilt, 34 pp.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (Min IenW) (december 2019). [Nederland beter weerbaar tegen droogte. Eindrapportage Beleidstafel Droogte](#).
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) (2011). [Klimaatverandering in het stedelijk gebied, groen en waterberging in relatie tot de bodem](#). RIVM rapport 607050008/2011
- Rus, M.A. (2013) Infiltratie ook oplossing voor Laag Nederland. Meerjarige monitoring bij projecten Alkmaar en Delft. Land + Water 4, april 2013, p14-15.
- Sterk Consulting en Colibri advies (2012). [Handreiking Juridische helderheid grondwaterbeheer](#). In opdracht van een consortium van het Ministerie van I&M, Unie van Waterschappen, Bodem+, Waterschap de Dommel, Interprovinciaal overleg, VNG, Gemeente Rotterdam, Vewin en Uitvoeringsprogramma Bodemconvenant.
- Stuurman, R., Baggelaar, P., Oostrom, van N. (2007). Schetsen van het Nederlandse grondwatersysteem in 2050. TNO-rapport 2007-U-R0225/B, in opdracht van Ministerie van Verkeer en Waterstaat, DG water.
- F.H.M. van de Ven, Visser, W., Biron, D.J. (20 april 2007). [Ontwatering in stedelijk gebied](#). Beter Bouw en Woonrijp maken.

Websites

- www.ruimtelijkeadaptatie.nl/nl/
- www.hydrocity.com/
- www.rainproof.nl/

11. Auteurs

Deze Deltafact is opgesteld door Deltares en voor de eerste maal gepubliceerd op 4 maart 2013. De laatste update is uitgevoerd in mei 2020.

- M. Hoogvliet
- L. van Vliet
- F. Schasfoort
- F. van de Ven
- J. Buma.

De Deltafact is mede gebaseerd op externe interviews met:

- Jeroen Ponten (Waternet)

12. Disclaimer

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.