



Grondwateradvies bestemmingsplan Oud-West

Grondwatereffect van onderkelderingen

Auteur(s)

J. de Jong

Opdrachtgever

Ruimte & Duurzaamheid, team West - M. Zwaagman

Contactpersoon

J. de Jong
Ingenieursbureau

Kenmerk

34655

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
J. de Jong	D. de Vries		29/08/2019

Inhoud

1	Inleiding	3
2	Huidige (grond)waterhuishouding	5
2.1	Oppervlaktewater en waterveiligheid	5
2.2	Hemelwater en klimaatadaptatie	6
2.3	Grondwater	6
3	Toekomstige grondwaterhuishouding	11
3.1	Ontwikkelingen met een effect op de grondwaterstand	11
4	Grondwatereffecten onderkeldering	13
4.1	Opstellen grondwatermodel	13
4.2	Modelresultaten en analyse huidige situatie	15
4.3	Toekomstscenario 1: 50% onderkelderingen	18
4.4	Toekomstscenario 2: 100% onderkelderingen	21
4.5	Toekomstscenario 3: 100% onderkelderingen + klimaateffect	24
4.6	Toekomstscenario 4: 100% onderkelderingen + grondwaterneutraal bouwen	26
5	Geadviseerde maatregelen	32
6	Conclusies en aanbevelingen	33
6.1	Conclusies	33
6.2	Aanbevelingen	34
7	Bronnen	35

Bijlage(n)

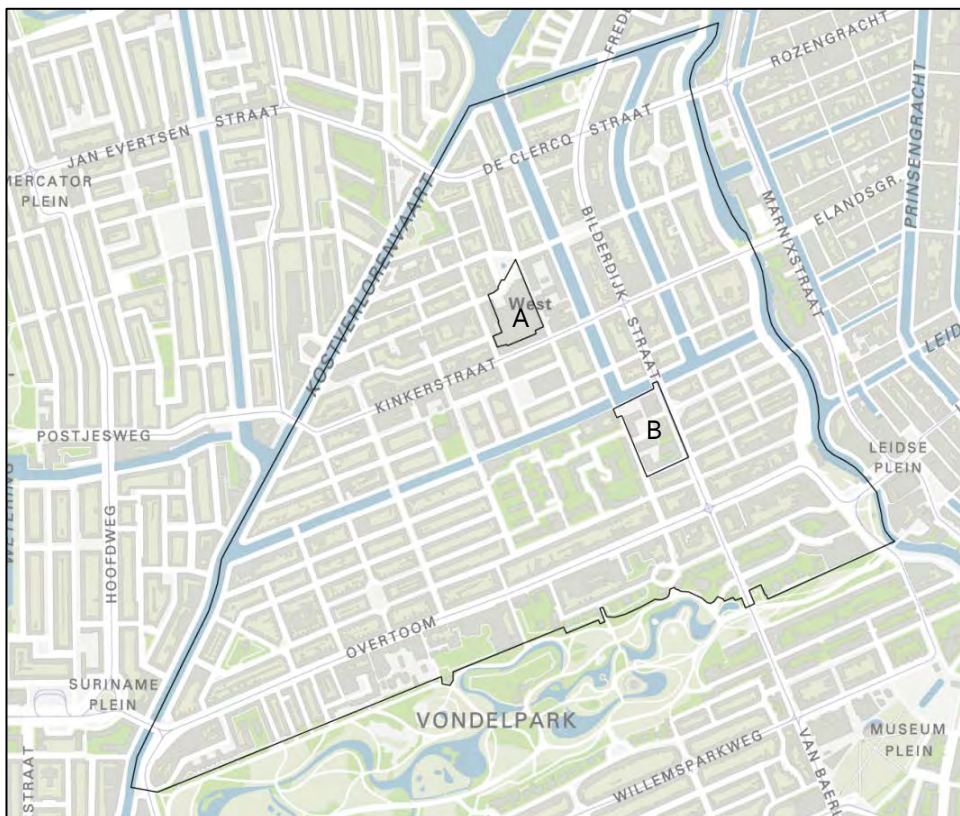
Bijlage 1 - Modeluitgangspunten

Bijlage 2 - Kalibratieresultaat model bij gemiddelde grondwaterstand

Bijlage 3 - Overige modelresultaten

1 Inleiding

Er wordt een nieuw bestemmingsplan opgesteld voor het plangebied Oud-West van Stadsdeel West in Amsterdam. Dit gebied is zichtbaar in Figuur 1 en omvat de wijken Da Costabuurt, Kinkerbuurt, Van Lennepbuurt, Helmersbuurt, Vondelbuurt en Overtoomse Sluis, met uitzondering van twee bouwblokken waarvoor nog een vigerend bestemmingsplan is. Vanuit het Besluit Ruimtelijke Ordening is de watertoets verplicht voor alle ruimtelijke plannen. In de toelichting van het bestemmingsplan worden de wateraspecten beschreven. Aangezien het een bestaand gebied is dat vrijwel volledig is 'ingevuld' en het bestemmingsplan een conserverend karakter heeft, worden er geen wijzigingen verwacht in de aanwezige oppervlaktewaterstructuur en waterstaatswerken. Er zijn wel ontwikkelingen met een effect op het grondwater, met name de onderkeldering van gebouwen. Over dat onderwerp is door de raadsleden Van Rensen, De Heer, Hammelburg en Flentge motie 447 ingediend (bron 13), die vraagt naar de gevolgen van onderkeldering en andere vormen van verstening van binnentuinen in Amsterdam, onder meer op het grondwater. Daarnaast zijn er zienswijzen gekomen op het ontwerpbestemmingsplan Oud West. Het voorliggende grondwateradvies gaat daarom specifiek over de grondwatereffecten van de te verwachten ontwikkelingen en onderzoekt hoe negatieve effecten voorkomen kunnen worden. Dit grondwateradvies hoort bij het bestemmingsplan Oud West.



Figuur 1 Plangrenzen bestemmingsplan Oud West. Het gebied binnen de zwarte lijn maakt deel uit van het bestemmingsplan met kenmerk NL.IMRO.0363.E1503BPSTD-VGo1, met uitzondering van gebieden A en B.

Hoofdstuk 2 geeft een beschrijving van de huidige situatie en (grond)waterhuishouding. In hoofdstuk 3 wordt aangegeven welke toekomstige ontwikkelingen een effect kunnen hebben op de grondwaterhuishouding. Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 de grondwatermodellering beschreven en de grondwatereffecten van verschillende toekomstscenario's, waarbij de mate van onderkeldering verschilt en het klimaateffect wordt onderzocht. Dit leidt tot een advies voor grondwatermaatregelen in hoofdstuk 5. Ten slotte sluit hoofdstuk 6 af met conclusies en aanbevelingen.

2 Huidige (grond)waterhuishouding

Het waterbeleid en de huidige en toekomstige waterhuishouding worden beschreven in de toelichting van het bestemmingsplan. In dit (grond)wateradvies wordt dieper ingegaan op het onderdeel grondwater. Om beter te begrijpen hoe grondwater deel uitmaakt van het integrale watersysteem worden de onderdelen oppervlaktewater, waterveiligheid en hemelwater kort herhaald. De nadruk ligt vervolgens weer op het aspect grondwater.

2.1 Oppervlaktewater en waterveiligheid

Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV) is de waterbeheerder in dit gebied. De regels zijn vastgelegd in de Keur AGV 2017 (bron 7). In Figuur 2 is een uitsnede te zien van de Keurkaart.



Figuur 2 Uitsnede Keurkaart waterschap Amstel, Gooi en Vecht 2017

Alle oppervlaktewater in het gebied maakt deel uit van de Stadsboezem Amsterdam met een streefpeil van NAP -0,40 m. Het oppervlaktewater bestaat uit een aantal grachten die alle de status hoofdwatergang hebben (zie Figuur 2): de Kostverlorenvaart, Jacob van Lennepkanaal, Bilderdijkgracht, Da Costagracht, Hugo de Grootgracht en de Singelgracht. Direct ten zuiden van het gebied ligt het Vondelpark met een aantal waterpartijen, die op een streefpeil van NAP -2,45 m worden gehandhaafd¹.

De enige waterkering in het plangebied is een secundair indirecte waterkering (boezemcompartimentering) die waterschap Amstel, Gooi en Vecht onderhoudt langs de oevers van de Singelgracht ten zuiden van het Leidsebosje: zie Figuur 2.

¹ Uitzondering is de waterpartij direct ten westen van De Vondelbunker, die in 2006 is aangelegd op een waterpeil van NAP -2,1 m (bron gemeente Amsterdam Ingenieursbureau en geverifieerd met bron 11).

2.2 Hemelwater en klimaatadaptatie

Hiervoor geldt het beleid van het Gemeentelijk Rioleringsplan 2016-2021. Om de stad beter hemelwaterbestendig te maken en bestand te maken tegen een bui van 60 mm in 1 uur, alsmede het oplossen van een aantal regenwaterknelpunten in Oud-West, is het wenselijk hemelwater vast te houden en vertraagd af te voeren naar riolering en oppervlaktewater. Voor nieuwbouw in Oud West wordt de eis gesteld om 60 mm hemelwater vast te houden in een waterberging en vertraagd (24 uur) af te voeren. Voor de bestaande bouw is het wenselijk om tuinverharding te beperken en meer te vergroenen en/of tuinen op te hogen. Hierdoor kan meer hemelwater infiltreren in de bodem en neemt de sponswerking van de stad toe. Het programma Amsterdam Rainproof geeft bewoners handvatten om hun tuin regenbestendig in te richten.

2.3 Grondwater

Beleid

Hiervoor geldt het beleid van het Gemeentelijk Rioleringsplan 2016-2021 (GRP), waarin de invulling van de gemeentelijke grondwaterzorgplicht wordt beschreven. In nieuwe gebieden geldt de grondwaternorm, die een ontwatering (zie Figuur 3) vereist van 90 cm onder maaiveld die eens in de twee jaar gedurende maximaal vijf dagen mag worden overschreden. Bij kruipruimteloos bouwen is dit een ontwatering van 50 cm. In Oud-West is echter alleen sprake van bestaand gebied. In bestaande gebieden dienen nieuwe grondwaterproblemen (negatieve effecten) te worden voorkomen. Een verslechtering van de grondwatersituatie kan zowel overlast als onderlast betreffen. Grondwateroverlast is een te hoge grondwaterstand met overlast voor gebouwen, kruipruimten, bomen en wegen. Grondwateronderlast is een te lage grondwaterstand met droogval van houten palen en verdroging van vegetatie tot gevolg. In een gebiedsgerichte aanpak kan de gemeente maatregelen treffen in de openbare ruimte om hinder van te hoog of te laag grondwater weg te nemen, mits de maatregelen doelmatig zijn. Eigenaren zijn verantwoordelijk voor grondwater op het eigen perceel. In het GRP staat dat bij de bouw van een kelder het grondwater vrijelijk onder en om de kelder moet kunnen blijven stromen.

Huidige grondwatersituatie

Oud-West is een sterk verhard, zeer dicht bevolkt gebied. De bouwblokken zijn grotendeels gesloten bouwblokken met binnentuinen. Het meeste groen oppervlak bevindt zich in de binnentuinen, waar hemelwater kan infiltreren naar het grondwater. In de straten infiltreert enig hemelwater tussen de klinkers en tegels door richting het grondwater.

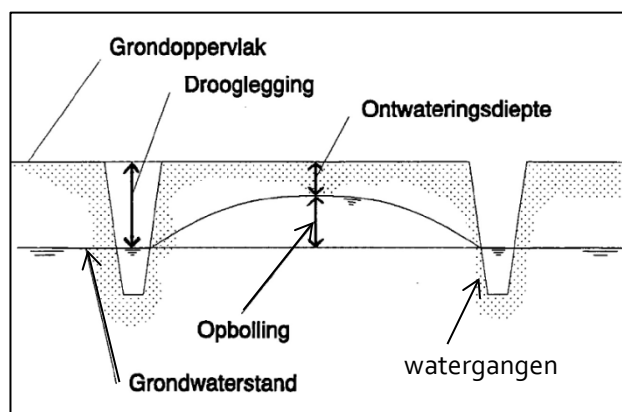
De grondwaterstroming hangt sterk af van de ophooghistorie. Oud-West is in fasen opgehoogd en bebouwd, startend vanuit het oosten rond 1880 tot aan de Jan Pieter Heijestraat rond 1900 en eindigend langs de Kostverlorenvaart tegen 1915. Daarbij is per (cluster van) bouwblokken en straten veelal integraal opgehoogd met een circa 1,5 à 3,5 m dikke laag zand. Door dit zand kan

het freatische (ondiepe) grondwater relatief gemakkelijk stromen. In binnentuinen in Stadsdeel West is een aantal boringen verricht; het onderzoek Regenbestendige binnentuinen (bron 6) concludeert dat de bodemopbouw in de binnentuinen vaak overeenkomt met de bodemopbouw in de straat, behalve enkele uitzonderingsgebieden. Er zijn vanuit de ophooghistorie enkele gebieden aan te wijzen die niet met zand zijn opgehoogd en waar de oorspronkelijke klei-/veenbodem aanwezig is, waaronder de Bellamybuurt en een aantal binnentuinen met polderroelen. In de klei-/veenbodem vindt minder grondwaterstroming plaats. Het diepe grondwater (eerste watervoerend pakket) stroomt globaal naar het zuidwesten; de gemeten stijghoogte verloopt van circa NAP -2,25 aan de noordoostzijde tot circa NAP -2,75 m aan de zuidwestzijde van het plangebied (bron 1 en 10). Er is dus een situatie van inzijing van het ondiepe (freatische) pakket naar het dieper gelegen eerste watervoerend pakket. De bodemopbouw in Oud-West kan op basis van de beschikbare boringen en sonderingen als volgt worden geschematiseerd.

Tabel 1 Geschematiseerde bodemopbouw

Bodem	Van NAP ... m	Tot NAP ... m	Geohydrologie
Ophoogmateriaal (zand en zandig materiaal)	+1 à +0,2 (maaiveld)	-1,5 à -3,0	Freatisch pakket (antropogeen)
Klei/veen/fijn zand	-1,5 à 3,0	-11 à 13	Slechtdoorlatende laag (holocene deklaag)
Zand	-11 à 13	-25 à -30	Eerste watervoerend pakket
Klei/leem/fijn zand	-25 à -30	-50 à -60	Slechtdoorlatende laag (eerste scheidende laag)

In Figuur 3 zijn enkele basisbegrippen van het grondwater weergegeven. Het plaatje toont het ondiepe (freatische) grondwater. In een natuurlijke situatie stroomt het grondwater naar het oppervlaktewater van de grachten, die in Oud-West op het Amsterdamse Boezempeil (NAP -0,40 m) liggen. Daardoor ontstaat een opbolling van de grondwaterstand. In droge perioden is de grondwaterstroming andersom (negatieve opbolling) en kan het oppervlaktewater juist het grondwater voeden.



Figuur 3 Enkele basisbegrippen grondwater

De ondiepe (freatische) grondwaterstroming in Oud-West is echter complex. In de stad zijn er diverse factoren die de natuurlijke situatie verstoren. Voor Oud-West gaat het om:

- Globaal ten zuiden van de Eerste Helmersstraat stroomt het grondwater richting het Vondelpark, waar in de waterpartijen een lager waterpeil (NAP -2,45 m) wordt gehandhaafd.
- Er is een aantal polderriolen aanwezig in binnentuinen. Deze binnentuinen liggen meestal lager dan de straat. Polderriolen zijn ooit aangelegd ter vervanging van oude poldersloten en ontvangen zowel hemelwater, vuilwater als grondwater van dat bouwblok. De polderriolen hebben een drainerend, grondwaterverlagend effect. Ze zijn veelal particulier bezit.
- Er is een aantal drainages aanwezig in de openbare ruimte. Een belangrijke drainage ligt in de Bellamybuurt. Het maaiveld van de Bellamybuurt ligt lager dan zijn omgeving en de drainage houdt het grondwater voldoende laag.
- De aanwezigheid van ondergrondse constructies en damwanden beïnvloedt de grondwaterstroming. Het grondwater moet om de constructie heen stromen. Verticale kades werken waterremmend: er vindt enige grondwaterstroming plaats, maar minder dan in de naastgelegen grond.

Vanwege de specifieke problematiek heeft Waternet enkele grondwateraandachtsgebieden op kaart gezet (die zijn opgenomen in Figuur 12). Oud-West is sterk afhankelijk van polderriolen en drainages; bij teruglopende werking kan grondwateroverlast ontstaan. Vanwege de beperkte ontwateringsdiepte is het risico op overlast groot. In de Bellamybuurt, een aantal polderriolen en nabij van het Vondelpark kan de grondwaterstand te laag komen, met risico op onderlast zoals droogvallende houten funderingen. Zo is bijvoorbeeld bij het Zandpad een waterkerend scherm geplaatst om verlagingen te beperken (bron 12). De afgelopen vijf jaar zijn er meldingen over (grond)waterproblemen geweest. De afgelopen vijftien jaar is de kelderbouw toegenomen. In de beoordeling van bouwplannen met grote kelders houdt Waternet de lijn aan dat de huidige grondwaterstand ongeveer in stand blijft.

De maaiveldhoogte van de openbare ruimte varieert tussen circa NAP +1,0 à +0,2 m. Binnen dat bereik ligt de wijk ten zuiden van het Van Lennepkanaal lager dan de wijk ten noorden ervan; dit komt vooral vanwege de lagere grondwaterstand onder invloed van het Vondelpark. De maaivelden liggen veelal lager dan NAP +0,2 m in de Bellamybuurt (circa NAP -1,0 m) en in de Schimmelstraat (circa NAP -0,2 m). De maaiveldhoogten van de tuinen kunnen door zetting iets lager zijn komen te liggen dan de nabije straten. Daarnaast zijn er lagere maaivelden in de tuinen rondom de polderriolen (circa NAP -0,5 m). Ook verschillen de maaiveldhoogten tussen individuele tuinen, waarbij de laagste tuinen de meeste overlast ervaren.

De grondwaterstanden zijn langdurig gemeten in een aantal peilbuizen van waternet en de metingen tot en met juli 2019 zijn onderzocht (bron 3). De gemeten gemiddelde grondwaterstanden variëren in de meeste peilbuizen tussen circa NAP -0,1 en NAP -0,6 m. Lagere gemiddelde grondwaterstanden worden aangetroffen dicht bij het Vondelpark (circa NAP -1,0 tot NAP -2,5 m) en in de onderbemalen Bellamybuurt (circa NAP -1,0 m).

In natte perioden wordt de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG)² bereikt; deze ligt circa 0,1 tot 0,3 m hoger dan de gemiddelde grondwaterstand. De ontwatering of ontwateringsdiepte geeft aan hoe ver het grondwater zich onder het maaiveld bevindt. De ontwatering is in natte perioden circa 0,6 à 1,0 m onder het maaiveld. De ontwatering voor bomen en wegen is lokaal kleiner dan gewenst of er kan water in kruipruimten staan. De laagste tuinen kunnen overlast ervaren maar kunnen worden opgehoogd.

Bij een stijging van het grondwater kan al snel grondwateroverlast ontstaan.

In droge perioden komt de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) circa 0,1 tot 0,2 m lager dan het gemiddelde. Het hoogste funderingshout ligt grotendeels op circa NAP -0,8 à -1,4 m (bron 2) maar er zijn ook bouwblokken waar het hout hoger ligt. In droge perioden kan mogelijk een deel van de hoger gelegen funderingen droogvallen. Dit speelt vooral bij het Vondelpark waar de grondwaterstanden laag liggen onder invloed van het lagere waterpeil. Het risico van paaldroogval is daar eerder al geconstateerd en er zijn ook maatregelen getroffen, zoals een waterkerend scherm bij het Zandpad. Een verlaging van de gemiddeld laagste grondwaterstand verhoogt direct het risico op grondwateronderlast.

Conclusie: Oud-West is een kwetsbaar gebied dat zowel gevoelig is voor grondwateroverlast als – onderlast.

Onderkelderingen

In de huidige situatie is een aantal kelders aanwezig. De grote kelders zijn bekend. Kleinere kelders, bijvoorbeeld onder woningen, zijn niet goed bekend omdat er geen centrale registratie bestaat van kelders in Amsterdam. De volgende kelders zijn in beeld.

Tabel 2 Huidige kelders (bekend), kelder 6 en 7 zijn na 2010 gebouwd, de andere kelders voor 2010.

Nr	Adres	Kelderfunctie
1	Tesselschadestraat 1/ Stadhouderskade 13	Byzantium parkeergarage
2	Overtoom 283	Reade revalidatiecentrum
3	Staringplein	Parkeergarage
4	Schoolstraat 5 t/m 17	Woningcomplex
5	WG-plein/Tweede Constantijn Huygensstraat 4	Gebouw
6	tussen Bilderdijkkade, Hannie Dankbaarpassage, Tollenstraat en Kwakersstraat	Woningcomplex
7	Bellamyplein	De Hallen parkeergarage
8	Eerste Constantijn Huygensstraat 4-38	Solids en Mentrum, wonen en bedrijvigheid
9	Bouwblok tussen eerste Helmersstraat, Gerard Brandstraat, Overtoom en Tweede Constantijn Huygensstraat	Diverse afzonderlijke kelders onder woningen en gebouwen

² De Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) is volgens bron 5 te bepalen uit metingen van de grondwaterstand twee keer per maand gedurende minimaal 8 jaar. Van elk jaar worden de drie hoogste grondwaterstanden genomen welke worden gemiddeld over de periode van 8 jaar. Het resultaat is de GHG. Als we in het bovenstaande "hoogste" vervangen door "laagste" verkrijgt men de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Vaak is de genoemde meetreeks niet beschikbaar. In dat geval kan de GHG/GLG statistisch worden benaderd door de 93,75%- respectievelijk 6,25%-percentielwaarde te nemen van alle metingen.

Naar schatting is nu circa 10 à 20% van de gebouwen onderkelderde. De laatste jaren neemt de aanleg van kelders sterk toe. Daarbij worden ook veel kelders onder individuele woningen aangelegd. Wanneer een groot aantal kelders wordt aangelegd, kan de grondwaterstroming zodanig worden belemmerd dat er op termijn een cumulatief effect ontstaat met grondwateroverlast en –onderlast tot gevolg. Dit onderwerp is onderzocht in het rapport Grondwatereffect onderkelderingen in Amsterdam (gemeente Amsterdam en Waternet, 13 maart 2019). In onderstaande alinea worden de resultaten kort samengevat.

Het rapport toont het resultaat van modelberekeningen voor vier gebieden in Amsterdam, die onderling verschillen qua typologie en grondwatersituatie. Er is gerekend met in totaal 50% en 100% onderkeldering van individuele woningen. Op basis van deze modelstudies is de conclusie gerechtvaardigd dat op middellange tot lange termijn en bij cumulatie van kelders (tot 100% van de panden) negatieve grondwatereffecten gaan optreden. Dit betreft zowel te hoge (overlast) als te lage grondwaterstanden (onderlast). Hemelwater dat valt in de binnentuinen van gesloten bouwblokken kan onvoldoende afstromen naar de omgeving en andersom. Door de grondwaterstijging kan de bodem minder hemelwater bufferen, waardoor de klimaatbestendigheid afneemt. De meest negatieve effecten treden op in gesloten bouwblokken binnen de ring. Het rapport geeft een advies voor bouwregels waarbij kelders zo worden aangelegd, dat ze geen substantiële belemmering vormen voor de grondwaterstroming. In één zin samengevat pleit het rapport voor het eisen van een grondwaterneutrale aanleg van een kelder, zonder negatieve gevolgen voor stand en stroom van het grondwater. Hiervoor zijn technische maatregelen voorhanden, die verder moeten worden uitgewerkt.

Oud-West maakte geen deel uit van de vier gemodelleerde gebieden. Hoewel Oud-West zowel kenmerken heeft van de gemodelleerde Frederik Hendrikbuurt als Museumkwartier-West, is er vanwege de complexe grondwatersituatie in Oud-West voor gekozen om de resultaten van het rapport niet door te vertalen naar Oud-West, maar een apart grondwatermodel voor Oud-West te maken.

3 Toekomstige grondwaterhuishouding

De toekomstige situatie gaat over de grondwaterhuishouding. Het bestemmingsplan is conserverend. Zodoende vinden in het plangebied geen wijzigingen plaats aan het oppervlaktewatersysteem, kades en waterstaatswerken. Ook verandert de invulling en bebouwd of verhard oppervlak van de wijk niet of nauwelijks. Waar wel effecten worden verwacht, is het grondwater, vooral door onderkelderingen.

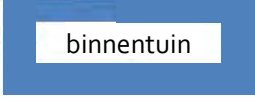
3.1 Ontwikkelingen met een effect op de grondwaterstand

De volgende ontwikkelingen kunnen effect hebben op de freatische (ondiepe) grondwaterstand:

- De aanleg van ondergrondse constructies, die de grondwaterstroming belemmeren. Ondergrondse constructies kunnen divers zijn: kelders onder woningen, kelders onder grote gebouwen, damwanden, ondoorlatende kades. In Oud-West wordt een toename verwacht van de onderkeldering van particuliere panden en woningen. Daarom worden berekeningen gemaakt waarin in totaal 50% respectievelijk 100% van de panden is onderkelderd zonder dat er mitigerende maatregelen worden getroffen. De vraag is wat het cumulatieve grondwatereffect is van de onderkelderingen. In het vervolg wordt over "kelders" gesproken.
- De verandering van verhard oppervlak en infiltratie van hemelwater. Vanuit het programma Amsterdam Rainproof worden bewoners bewust gemaakt van de mogelijkheid om hemelwater van verharde oppervlakken (terrassen, daken) in de grond te infiltreren. Hierdoor worden hemelwaterproblemen verminderd, omdat het water vertraagd wordt afgevoerd via het grondwater. Bij grootschalige infiltratie in een wijk kan het grondwater stijgen. Echter in Oud-West worden juist lokale, kleinschalige infiltraties verwacht met een gering effect op het grondwater. Bij het weghalen van verhard oppervlak neemt de grondwateraanvulling door neerslag toe. Neemt het verhard oppervlak toe, dan bereikt minder neerslag het grondwater. In de afgelopen jaren is het verhard oppervlak in tuinen toegenomen. Per saldo zijn de genoemde effecten zeer gering en is niet te voorzien waar zaken veranderen met name op privaat terrein. De conclusie is dat een goed grondwatercontact tussen de binnentuinen en de omringende straten zeer wenselijk is, door een grondwaterverbinding te houden onder de woningen.
- Klimaatverandering. Door toegenomen jaarneerslag en hevigere buien kunnen de grondwaterstanden stijgen. In droge perioden, die naar verwachting langer gaan duren, kan het grondwater juist dalen. Klimaatverandering is een autonome ontwikkeling en maakt geen deel uit van de ontwikkelingen binnen het bestemmingsplan. Er wordt een aparte berekening gemaakt van de ontwikkelingen in combinatie met klimaatverandering, om de effecten te duiden.

Er is een grondwatermodel opgesteld voor Oud-West. Hierin worden de onderstaande toekomstscenario's doorgerekend. De nadruk ligt op de effecten van de ontwikkelingen.

Tabel 3 Toekomstscenario's

nr.	toekomstscenario	modellering	toelichting
1	50% kelders	Onder de bebouwing van elk bouwblok zijn één of twee ononderbroken rijen kelders gemodelleerd, op twee overliggende hoeken van het bouwblok. Resultaat is in totaal 50% van de panden onderkelderde. De kelders worden geacht het freatisch pakket (ondiepe grondwater) volledig te blokkeren.	Bouwblok met in blauw de kelders (twee hoeken principe): 
2	100% kelders	Zoals 50% kelders - maar nu is een ononderbroken rij kelders onder 100% van de gebouwen gemodelleerd. Als het een gesloten bouwblok is, worden de binnentuinen volledig afgesloten van het grondwatersysteem in de wijk.	Bouwblok met in blauw de kelders: 
3	100% kelders + klimaateffect	Zoals 100% kelders – maar nu is gerekend met het toekomstige klimaat met KNMI-scenario Wh2050 (bron 8). Door veranderingen in neerslag en verdamping verandert de grondwateraanvulling (zie bijlage 1).	
4	100% kelders + grondwaterneutraal bouwen	Bij grondwaterneutraal bouwen treft de kelderbouwer een grondwatermaatregel, die ervoor zorgt dat het grondwater onder of langs de kelder kan blijven stromen. Dit geldt alleen voor nieuwe kelders.	Onder het gebouw wordt het bestaande doorlaatvermogen of een vast doorlaatvermogen teruggebracht onder/langs de kelder.

In toekomstscenario 4 is het doel om grondwaterneutraal te bouwen: hierbij wordt de huidige grondwatersituatie ongeveer teruggebracht of wordt deze verbeterd. In het grondwatermodel is onderzocht met welke grondwatermaatregelen dat bereikt kan worden. Er is bepaald op welke locaties het bestaande doorlaatvermogen dan wel een vast doorlaatvermogen onder het gebouw dient te worden teruggebracht. Dit leidt tot een kaart waarop per bouwblok het advies voor maatregelen is vermeld: Figuur 12. Het bestaande doorlaatvermogen geldt voor een deel van de wijk, het vast doorlaatvermogen geldt voor de rest van de wijk.

4 Grondwatereffecten onderkeldering

4.1 Opstellen grondwatermodel

Er is een grondwatermodel opgesteld voor Oud-West met het grondwaterprogramma Microfem. De modelparameters zijn opgenomen in bijlage 1. Bij het opstellen van het model zijn de volgende stappen doorlopen.

Het model is altijd een benadering en vereenvoudiging van de werkelijkheid. Hierdoor is er een modelonzekerheid waarbij afwijkingen van de werkelijke, gemeten situatie kunnen ontstaan. Een model dient eerst de huidige situatie goed te benaderen. Als dit het geval is, is het model geschikt om diverse toekomstscenario's in te brengen en te modelleren.

Kalibratie huidige situatie

Eerst is de huidige situatie gemodelleerd. Daarvoor is gebruik gemaakt van de aanwezige peilbuizen van Waternet (bron 3). In Oud-West zijn bijna honderd peilbuizen waarin langjarig de grondwaterstand is gemeten tot en met 2019. Daarnaast is informatie gebruikt over de ondergrond (boringen en sonderingen, bron 4), de diepe ondergrond, kelders en verhardingstype. De modellen en situatie zijn gekalibreerd op de meetreeks 2000-2010. Gecheckt is of de meetreeks representatief is voor de actuele grondwatermetingen tot en met 2019 en voldoende lang is om een gemiddeld/droog/nat jaar te bevatten. Beide zijn het geval. Zodoende is de meetreeks 2000-2010 representatief gesteld voor de huidige situatie en het huidige klimaat. Kelders na 2010 (kelder 6 en 7 uit Tabel 2) zijn daarin niet meegenomen.

De kalibratie heeft als doel dat de gemodelleerde grondwaterstanden zoveel mogelijk de gemeten grondwaterstanden (in peilbuizen) benaderen. Dat gaat om de gemiddelde grondwaterstand, maar ook om de hoogste en laagste grondwaterstanden.

Per locatie is het type oppervlak bepaald (verhard/daken, open verharding en onverhard) waarna de infiltratie/grondwateraanvulling is berekend. De grondwateraanvulling is het deel van de neerslag dat netto het grondwater bereikt. Bij een plantsoen is de grondwateraanvulling hoger dan bij een open verharding, waar nauwelijks hemelwater kan infiltreren in de bodem. Anderzijds is er in een plantsoen meer verdamping dan onder verhardingen.

In bijlage 1 staan de resulterende modelwaarden genoemd en de bronnen. Het model benadert de gemeten gemiddelde grondwaterstanden tot op +/- 0,2 m, met enkele locaties waar de afwijking maximaal +/- 0,4 m is: zie bijlage 2. De afwijking is tot 1,2 keer zo groot voor droge/natte situaties. De grondwaterstand kan sterk wisselen per locatie. De uiteindelijke kalibratie is een balans tussen zones waar de grondwaterstand door het model wordt overschat met in dezelfde buurt zones waar deze wordt onderschat of waar de grondwaterstand zeer goed wordt benaderd. De "absolute" modelresultaten (in m NAP) hebben dan ook een onzekerheidsmarge van circa +/- 0,2 m met enkele locaties waar de marge maximaal +/- 0,4 m is.

Modellering toekomstige situatie

Het model is zo goed mogelijk gekalibreerd op de gemeten grondwaterstanden. Vervolgens kunnen toekomstige ontwikkelingen in het model worden opgenomen. In het model zijn de toekomstscenario's en uitgangspunten van Tabel 3 doorgerekend:

- 50% onderkeldering
- 100% onderkeldering
- 100% onderkeldering + klimaateffect
- 100% onderkeldering + grondwaterneutraal bouwen.

Bij elk toekomstscenario wordt onderzocht, hoeveel het grondwater stijgt of daalt ten opzichte van de huidige situatie. Dit noemen we het grondwatereffect. Waar nu al sprake is van te hoog of te laag grondwater, is de wijk zeer gevoelig voor kleine grondwaterveranderingen. Heeft de wijk nu geen grondwaterproblemen, dan is een beperkte grondwaterstijging/-daling niet direct schadelijk, maar leidt een stijging tot minder buffer tegen klimaatveranderingen.

De bouw van kelders leidt tot minder waterberging in de bodem en verandering van de grondwaterstroming. Het grondwatermodel neemt beide effecten mee en berekent het totaaleffect.

Het grondwatereffect wordt onderzocht voor een gemiddelde, een droge en een natte situatie. Dit is als volgt aangehouden:

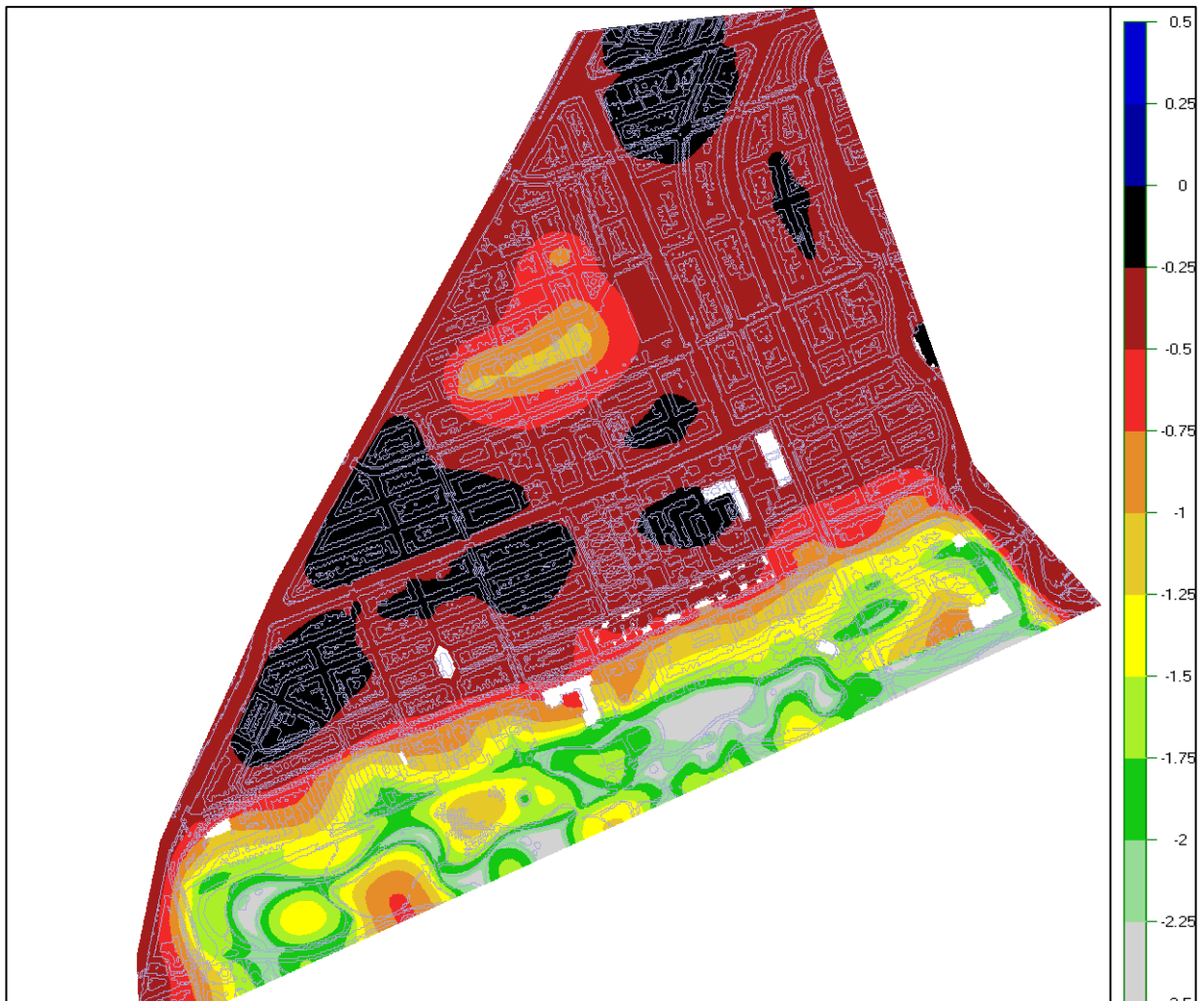
- Gemiddelde situatie: gemiddelde grondwaterstand in de periode 2000-2010.
- Natte situatie: de hoogst berekende grondwaterstand in de periode 2000-2010 (namelijk juli 2007).
- Droge situatie: de laagst berekende grondwaterstand in de periode 2000-2010 (namelijk augustus 2003).

De natte en droge situatie zijn naar verwachting extremer en dus minder vaak voorkomend dan de GHG/GLG-definitie uit hoofdstuk 2.3. De natte en droge situaties zijn representatief voor de huidige situatie en het huidige klimaat.

Bij de tekst is telkens een figuur met de gemiddelde grondwaterstand weergegeven. In bijlage 3 zijn voor elk scenario de figuren met de grondwaterstanden in een natte periode (GHG) en droge periode (GLG) opgenomen.

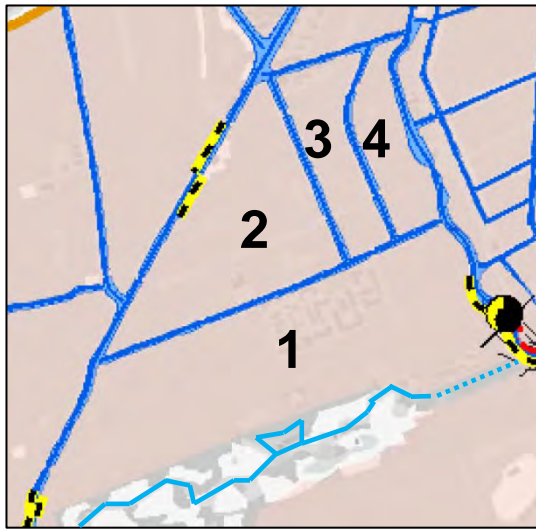
4.2 Modelresultaten en analyse huidige situatie

De gemodelleerde grondwaterstanden in de huidige situatie staan in Figuur 4.



Figuur 4 Huidige gemiddelde grondwaterstanden (m NAP), kelders in wit.

Om de resultaten toe te lichten, kan Oud-West worden verdeeld in vier geohydrologische eenheden die onderling gescheiden worden door watergangen: zie Figuur 5. Elke hydrologische eenheid heeft in feite zijn eigen grondwaterregime en kan als een apart grondwatervak beschouwd worden.



Geohydrologische eenheid	Benaming
1	Overtoom e.o.
2	Bellamy-/Kinkerbuurt
3	Da Costabuurt West
4	Da Costabuurt Oost

Figuur 5 Geohydrologische eenheden, tussen watergangen

Overtoom e.o.: het grondwater in het zuidelijk deel staat onder grote invloed van het Vondelpark, waar het lagere waterpeil van NAP -2,45 m wordt gehandhaafd in de waterpartijen. Het grondwater stroomt af richting zuid-zuidoost naar het Vondelpark. Hoe dichter men bij het Vondelpark, des te lager de grondwaterstanden. De lijn Wilhelminastraat-Derde Helmersstraat vormt ruwweg de grondwaterscheiding: ten noorden van de lijn staat het grondwater sterk onder invloed van het Jacob van Lennepkanaal en stroomt daarnaar af. Ten zuiden van de lijn stroomt het grondwater richting Vondelpark. Ongeveer ten zuiden van de Overtoom is het lagere peil van het Vondelpark merkbaar in de grondwaterstanden, die daar onder het boezempeil van NAP -0,40 m liggen. Vanwege de vele "verstoringen" zoals polderriolen, drainages, huidige kelders en de verspreide ligging van de waterpartijen verschillen de grondwaterstanden sterk per locatie.

De Bellamy-/Kinkerbuurt heeft vanwege de onderbemaling in het middendeel een lagere grondwaterstand (circa NAP -1,0 m) dan de omgeving. Toch is te zien dat de invloed van de onderbemaling beperkt is. De wijken rondom de Bellamybuurt die nabij de grachten liggen (Kostverlorenvaart, Jacob van Lennepkanaal, Bilderdijkgracht) hebben namelijk een gemiddelde grondwaterstand tussen NAP -0,4 m en NAP +0,0 m en staan vooral onder invloed van het boezempeil van NAP -0,40 m.

In de Da Costabuurt West en Oost liggen de gemiddelde grondwaterstanden iets boven het boezempeil van NAP -0,40 m. De drainage in de Da Costabuurt West (Bilderdijkstraat) houdt het grondwater lager dan in de Da Costabuurt Oost, waar geen drainage is.

In een natte en droge periode benadert het model de gemeten fluctuaties van de grondwaterstand: zie Figuur 22 en Figuur 23 in bijlage 3. Het model rekt elke dag van de tijdreeks 2000-2010 door, waardoor de grondwaterstand van dag tot dag wordt doorgerekend. De afwijking van het model ten opzichte van de metingen is maximaal 1,2 maal zo groot als bij de gemiddelde grondwaterstand. Dit betekent dat het model een iets grotere grondwaterfluctuatie (maximaal +20%) berekent dan de metingen aangeven. De resultaten zijn aan de veilige kant als er gekeken wordt naar het risico op grondwateroverlast en -onderlast.

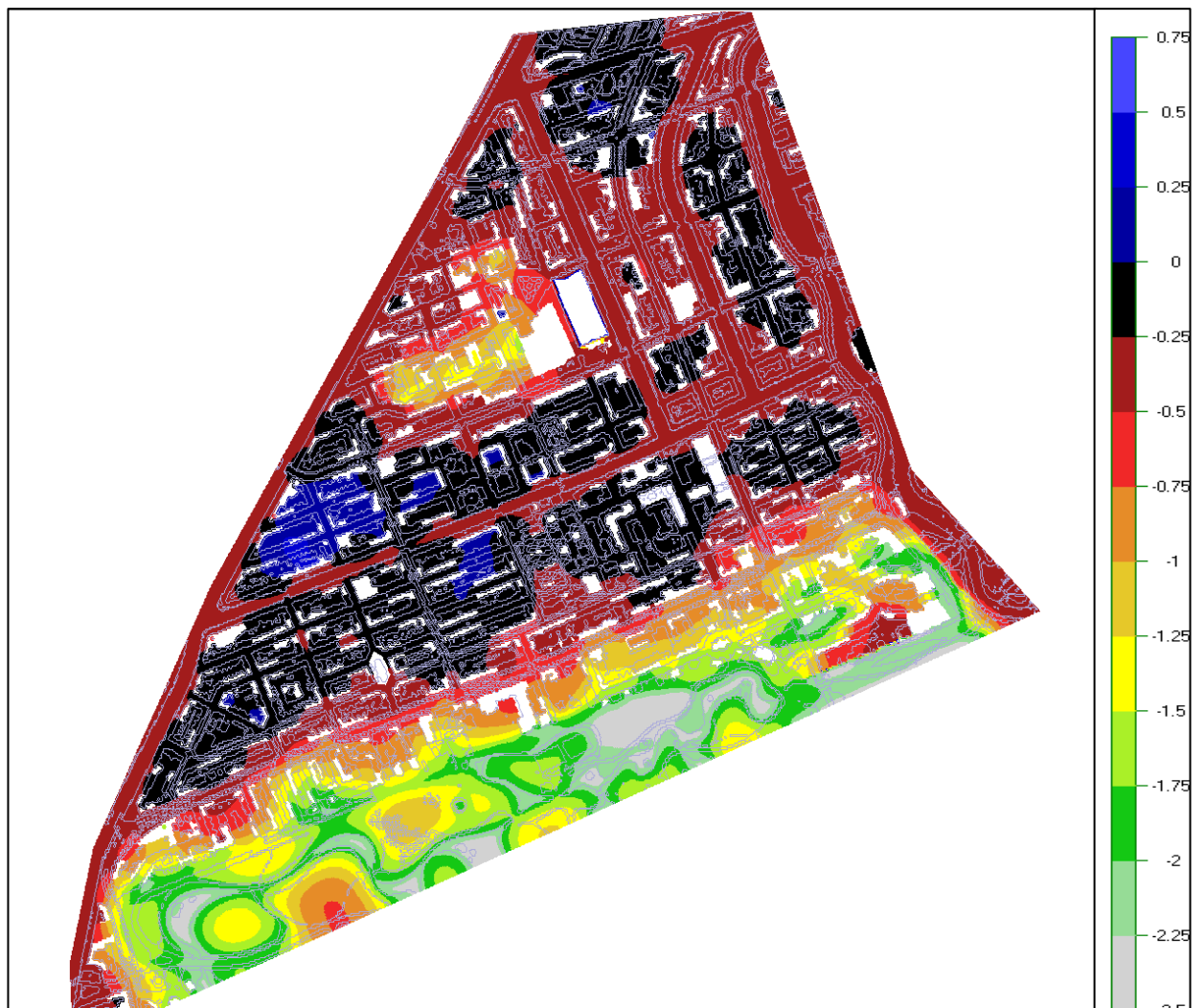
In droge perioden is er in grotere groenvlakken zoals het Vondelpark lokaal een grotere afwijking dan hierboven genoemd: het model berekent een relatief grote grondwaterdaling terwijl de metingen een beperkte grondwaterdaling aangeven. Waarschijnlijk is de reden dat de werkelijke verdamping achterblijft bij de gemodelleerde verdamping, omdat het groen niet optimaal bewaterd is zodat er mogelijk minder verdamping is. In de bebouwde delen worden de grondwaterstanden in een droge periode juist goed benaderd door het model.

In grote delen van het plangebied, met name ten noorden van de Eerste Helmersstraat is de GLG circa NAP -0,5 à -0,7 m. Bij de meest voorkomende funderingshoogten van NAP -0,8 à -1,4 m is daar geen paaldroogval, maar er zijn ook panden waarvan de houten fundering hoger ligt en er een risico op onderlast is. In de Bellamybuurt, bij enkele polderriolen en nabij het Vondelpark zijn er lagere GLG's van circa NAP -1 à -2 m en die wijkdelen hebben een groot risico op onderlast. Het risico op grondwateronderlast in het plangebied is dus groot, vooral als het grondwater zou dalen, en de marges zijn klein.

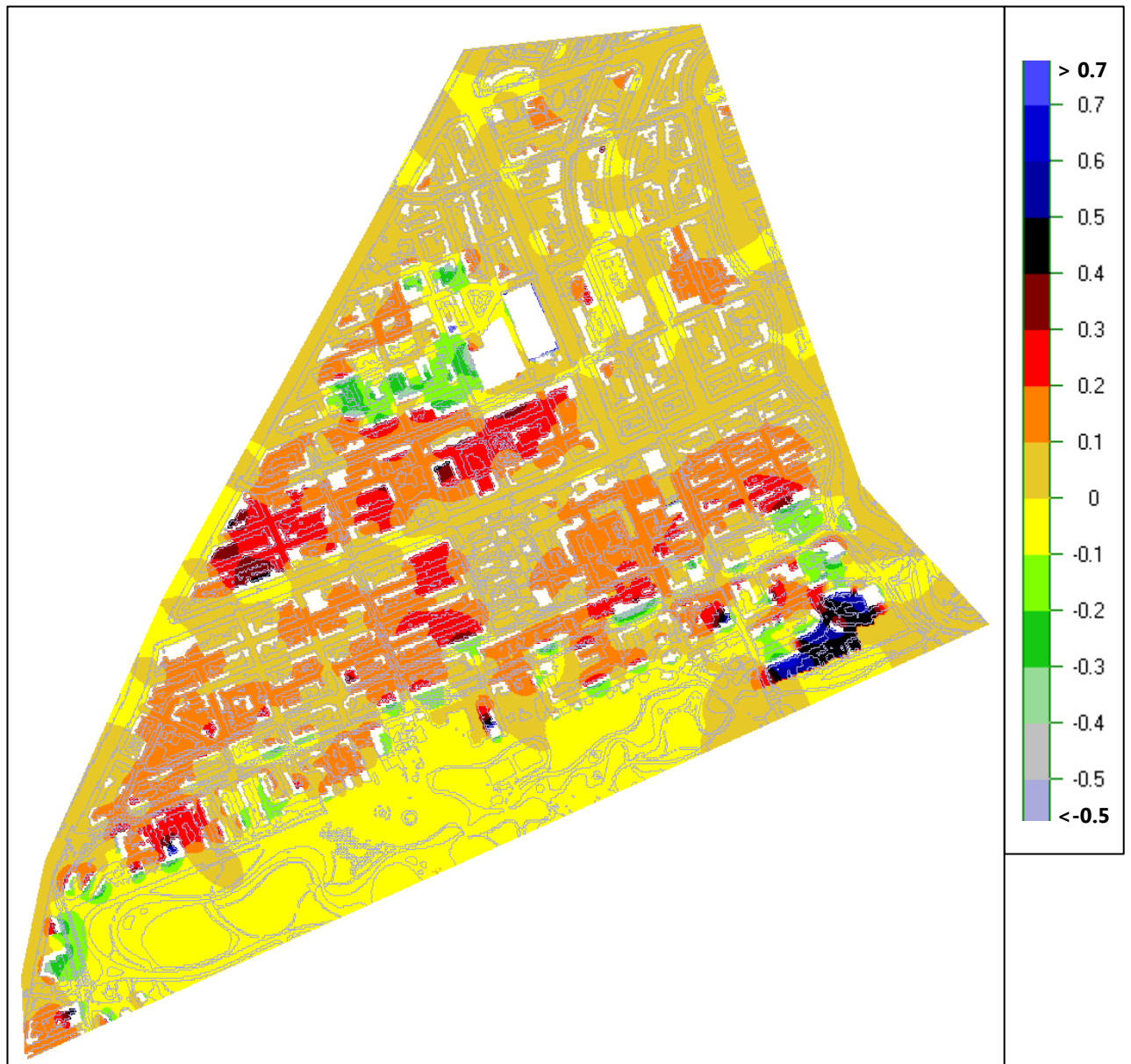
In natte perioden stijgt de grondwaterstand in grote delen van het plangebied tot circa NAP -0,1 à +0,2 m. Afhankelijk van de maaiveldhoogte is er circa 0,6 tot 1,0 m ontwatering. Op een aantal plekken is dit minder dan gewenst voor bomen, wegen en gebouwen maar afdoende. Het risico op overlast is groot, als het grondwater zou stijgen.

4.3 Toekomstscenario 1: 50% onderkelderingen

De gemodelleerde grondwaterstanden in toekomstscenario 1 staan in Figuur 6. Het grondwatereffect ten opzichte van de huidige situatie staat in Figuur 7: een positief getal betekent een stijging van het grondwater, een negatief getal een daling. In de figuren zijn de kelders in Oud-West in wit aangegeven.



Figuur 6 Gemiddelde grondwaterstanden (m NAP) in toekomstscenario 1: 50% onderkelderingen (kelders in wit)



Figuur 7 Grondwatereffect (m) ten opzichte van huidige situatie, gemiddelde grondwaterstand, toekomstscenario 1: 50% onderkelderingen. Positieve getallen zijn een stijging, negatieve getallen een daling van het grondwater. Kelders in wit.

In Overtoom e.o. zijn door de kelderbouw vrij grote effecten te verwachten in zowel de straten als de binnentuinen. Dit komt mede door de stedenbouwkundige opzet: de meeste bouwblokken staan loodrecht op de stroomrichting van het grondwater richting het Vondelpark.

Er zijn stijgingen te zien van circa 0,2 m. Er zijn ook enkele locaties waar de stijging lokaal groter is (tot 0,4 m); dit komt omdat het grondwater lokaal al redelijk opgesloten raakt tussen grote onderkelderingen.

Langs de Overtoom en in het gebied ten zuiden ervan zijn er ook grondwaterdalingen te verwachten. De dalingen zijn maximaal circa 0,3 m aan de luwtezijde (zuidzijde) van de kelders,

waar het verlagende effect van het water in het Vondelpark sterker merkbaar is. Vooral als de kelder lang is, zijn de effecten groot. Er kan een groot verschil ontstaan tussen de grondwaterstand ten noorden (stijging) en ten zuiden (daling) van deze bouwblokken.

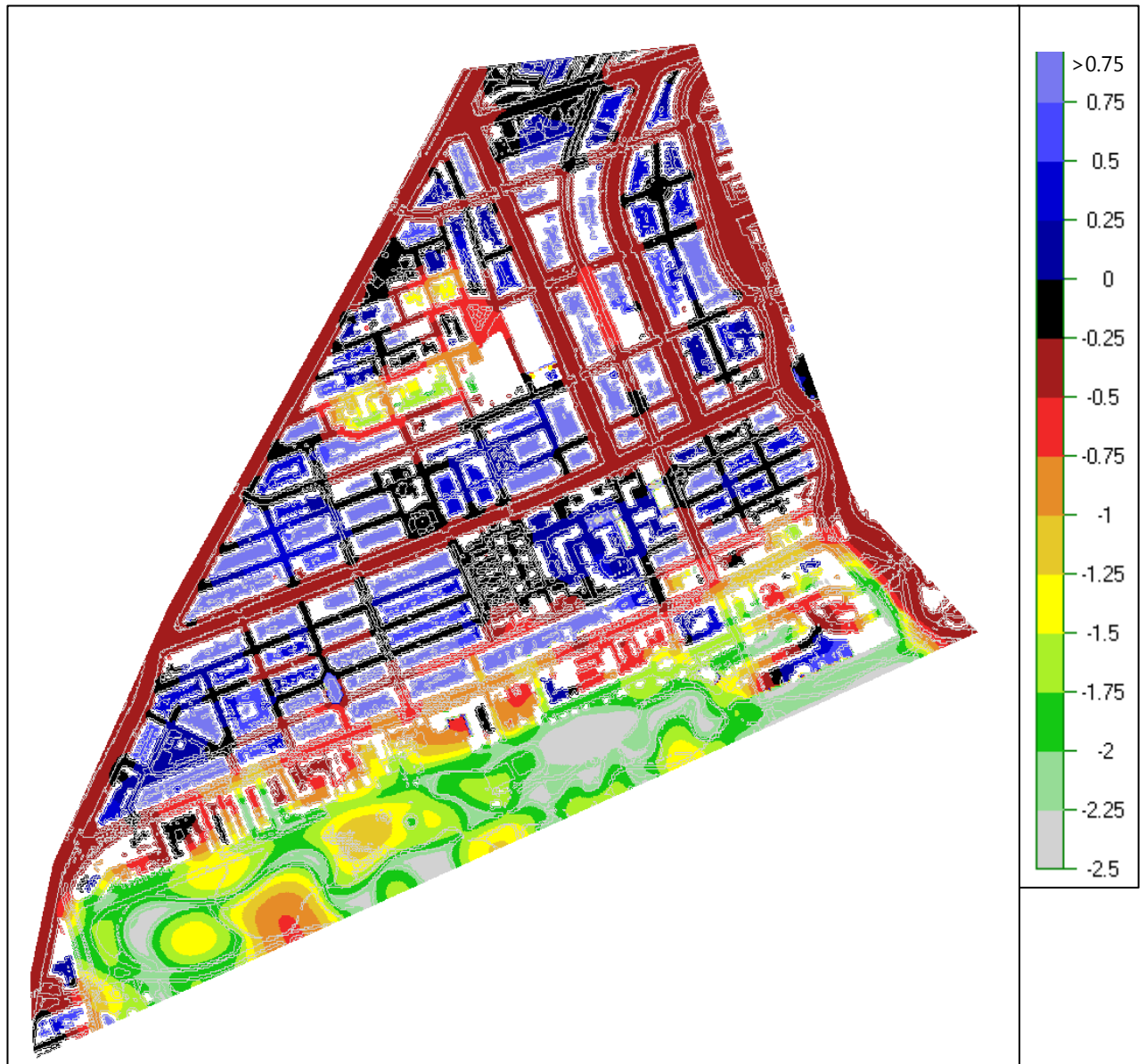
In de Bellamy-/Kinkerbuurt daalt het grondwater in het centrale, onderbemaalde deel circa 0,1 tot 0,3 m. Dit komt omdat er minder grondwater toestroomt vanuit de omgeving: de kelders vormen een barrière waardoor de grachten minder goed het centrale deel voeden met grondwater. Bij de randen nabij het oppervlaktewater zijn er stijgingen. Ten noorden/westen/oosten van de Bellamybuurt stijgt de grondwaterstand minder dan 0,1 m. In de Lootsbuurt en Borgerbuurt stijgt het grondwater met 0,1 à 0,3 m.

In de Da Costabuurt West en Oost zijn er beperkte grondwaterstijgingen van circa 0,05 à 0,1 m. De drainage Bilderdijkstraat zorgt ervoor dat de grondwaterstand daar ongeveer gelijk blijft.

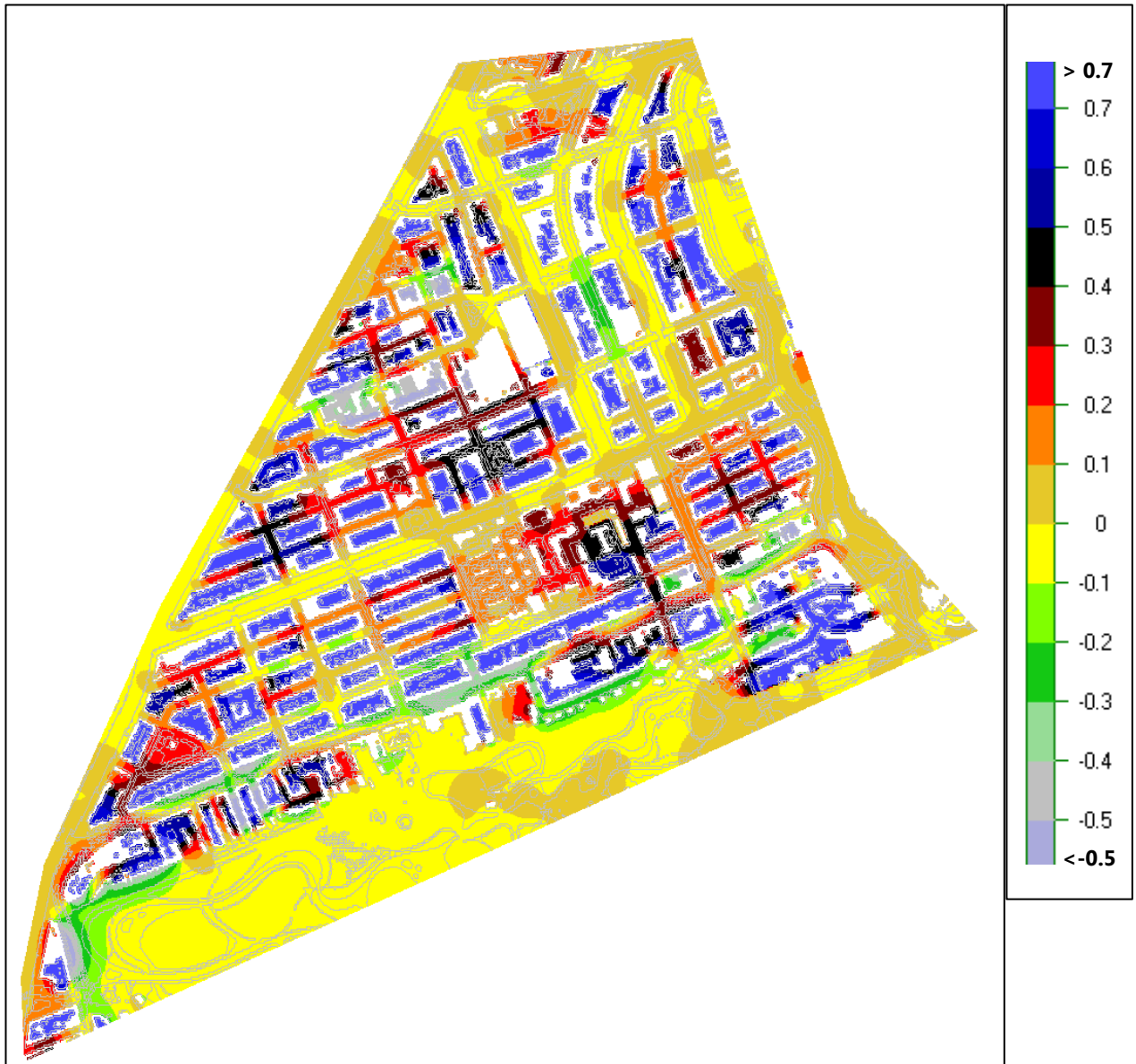
Door de grondwaterstijgingen als gevolg van 50% onderkeldering neemt het risico op overlast vrijwel overal in het plangebied fors toe. Door de grondwaterdalingen is er lokaal een toegenomen risico op onderlast.

4.4 Toekomstscenario 2: 100% onderkelderingen

De gemodelleerde grondwaterstanden in toekomstscenario 2 staan in Figuur 8. Het grondwatereffect ten opzichte van de huidige situatie staat in Figuur 9.



Figuur 8 Gemiddelde grondwaterstanden (m NAP) in toekomstscenario 2: 100% onderkelderingen. Kelders zijn wit.



Figuur 9 Grondwatereffect (m) ten opzichte van huidige situatie, gemiddelde grondwaterstand, toekomstscenario 2: 100% onderkelderingen. Kelders zijn wit.

In geheel Oud-West zijn er zeer grote effecten in de binnentuinen van gesloten bouwblokken. De binnentuinen worden afgesloten van het grondwater in de wijk en kunnen het grondwater alleen nog maar afvoeren door inzijing (naar de diepere lagen) of door verdamping. Dit leidt tot grondwaterstijgingen van meer dan 0,5 m en grondwaterstanden tot boven NAP +0,5 m. In natte perioden is er een vergelijkbare stijging. Reeds bij de gemiddelde grondwaterstand ontstaat in de binnentuinen onacceptabele overlast met potentieel water op maaiveld. In droge perioden blijft het grondwater in de binnentuinen overwegend hoger dan de huidige GLG. Alleen zeer lokaal neemt het risico op onderlast (droogvallende paalfunderingen) toe.

Als we kijken naar de openbare ruimte, zien we in Overtoom e.o. een stijging van circa 0,1 à 0,3 m. De grondwaterstand in de straten is iets lager dan in het scenario met 50% kelders. Dit komt omdat de meeste straten niet meer gevoed worden met grondwater afkomstig uit de binnentuinen, waar relatief veel neerslag infiltreert naar het grondwater. De straten krijgen dan een kleinere hoeveelheid grondwater te verwerken dan in het scenario met 50% kelders. Anderzijds ontstaat opstuwing (stijging) in de straten. De hoofdstroomrichting van het grondwater loopt door de noord-zuid gerichte straten, richting het Vondelpark. Als deze straten smal zijn en er veel grondwater doorheen moet stromen, ontstaat er opstuwing. Opstuwing vindt ook plaats in de west-oost gerichte straten die loodrecht op de stroomrichting staan. Het netto resultaat is nog steeds overwegend een grondwaterstijging in de wijk. De grondwaterstijging is groter in de plantsoenen en de straten met klinkers: hier dringt namelijk meer hemelwater de bodem in (bijvoorbeeld de Lootsstraat). De grondwaterstijging betekent een forse toename van het risico op overlast.

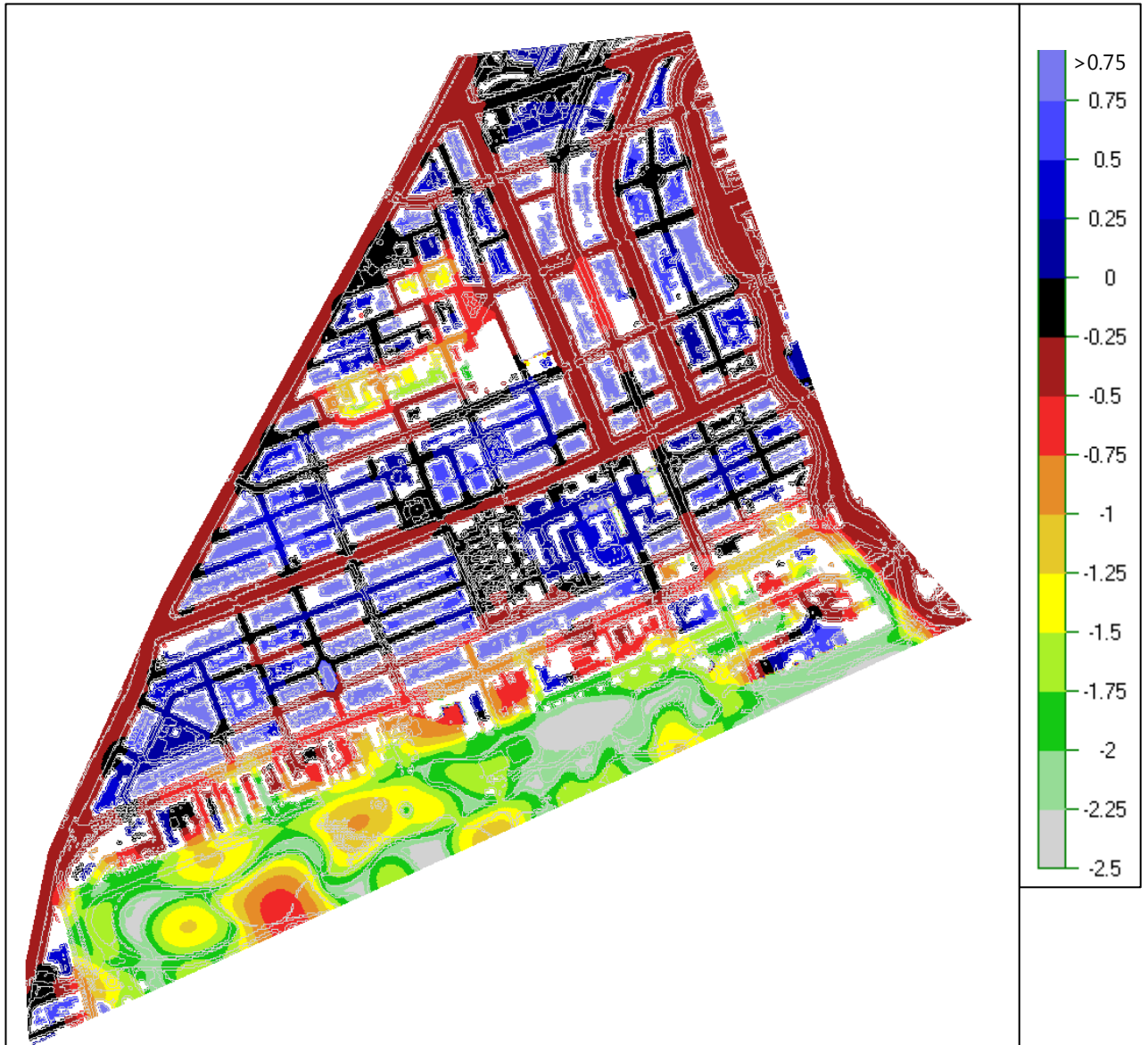
Op enkele locaties zoals op het middendeel van de Overtoom en tegen het Vondelpark aan daalt de GLG in een droge periode 0,1 tot 0,3 m. Daar neemt het risico op onderlast toe.

In de Bellamy-/Kinkerbuurt en de Da Costabuurt West en Oost is er vrijwel overal een stijging van circa 0,2 m, lokaal tot wel 0,5 m. Er zijn enkele locaties met een daling, vooral ter plaatse van drainages en polderriolen. Op sommige plekken zoals de Bellamybuurt ontvangen deze minder water uit de omgeving dan voorheen en kunnen ze het grondwater beter verlagen dan in de huidige situatie.

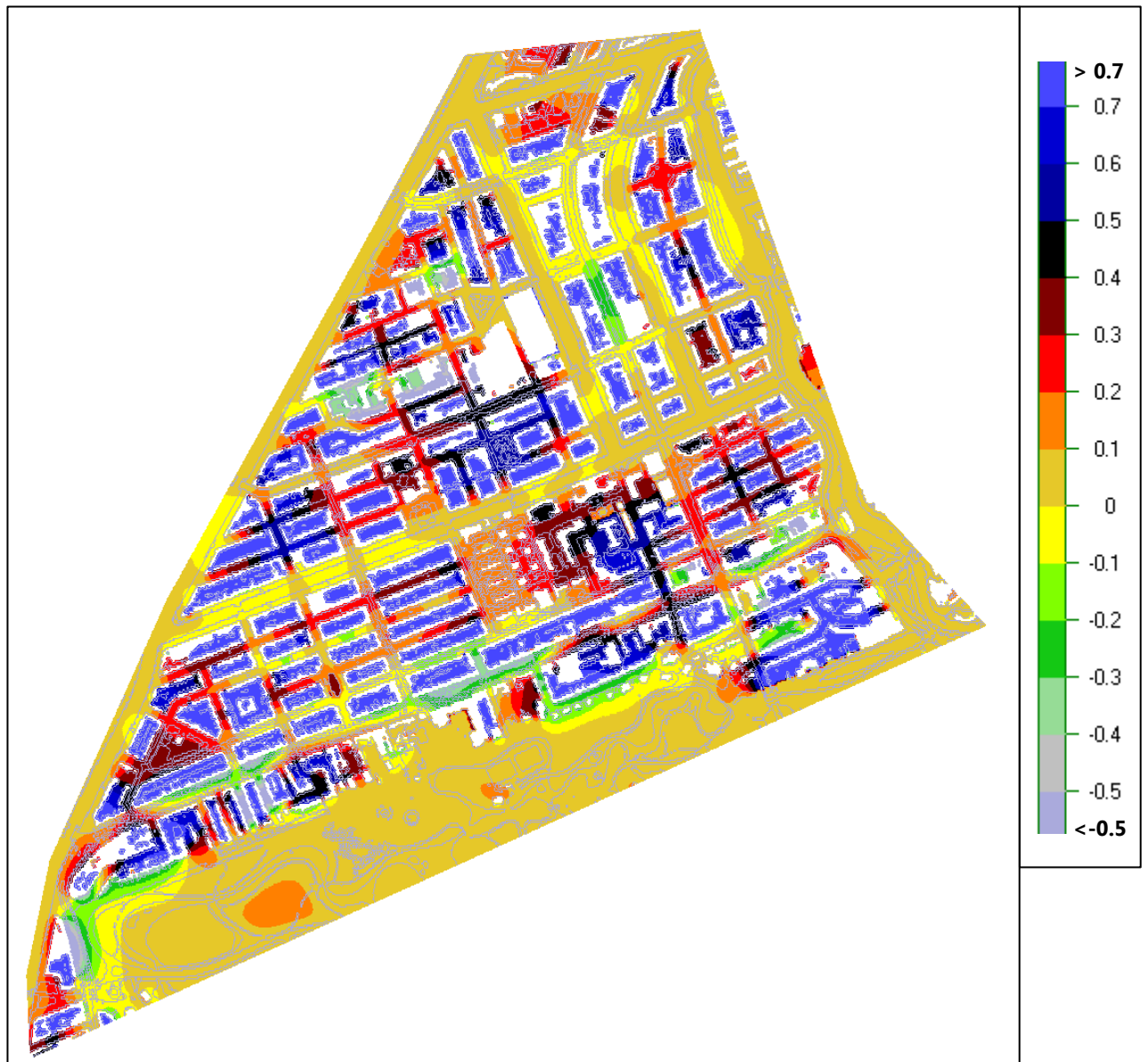
De conclusie is dat er een forse toename is van het risico op grondwateroverlast. Daarnaast is er lokaal een grote toename van het risico op onderlast: met name in de strook van Overtoom tot Vondelpark, in delen van de Bellamybuurt en rond de drainage in de Da Costabuurt West (Bilderdijkstraat).

4.5 Toekomstscenario 3: 100% onderkelderingen + klimaateffect

De gemodelleerde grondwaterstanden in toekomstscenario 3 staan in Figuur 10. Het grondwatereffect ten opzichte van de huidige situatie staat in Figuur 11.



Figuur 10 Gemiddelde grondwaterstanden (m NAP) in toekomstscenario 3: 100% onderkelderingen + klimaateffect. Kelders zijn wit.



Figuur 11 Grondwatereffect (m) ten opzichte van huidige situatie, gemiddelde grondwaterstand, toekomstscenario 3: 100% onderkelderingen + klimaateffect. Kelders in wit.

Ten opzichte van scenario 2 geeft het klimaateffect een extra stijging van het grondwater van circa 0,05 à 0,1 m. Het extra klimaateffect bij 100% onderkeldering is dus beperkt. De reden is dat Oud-West nog steeds sterk verhard is. Er dringt relatief weinig neerslag de bodem binnen. Zodoende is het grondwatersysteem -ten opzichte van een groene wijk- minder gevoelig voor een toename in de neerslag of een toename van droge perioden. De groengebieden en de binnentuinen zijn wel gevoelig voor klimaatverandering. Bewoners worden gestimuleerd om maatregelen te treffen in de binnentuinen om regenwateroverlast te voorkomen. Mogelijke maatregelen zijn tegels eruit halen en hemelwater van daken en terrassen infiltreren in de bodem. Het advies is te zorgen voor een goede grondwaterverbinding tussen straten en binnentuinen, onder de bebouwing door, met bij voorkeur een verbetering van het doorlaatvermogen. Zodoende kan het extra geïnfiltreerde

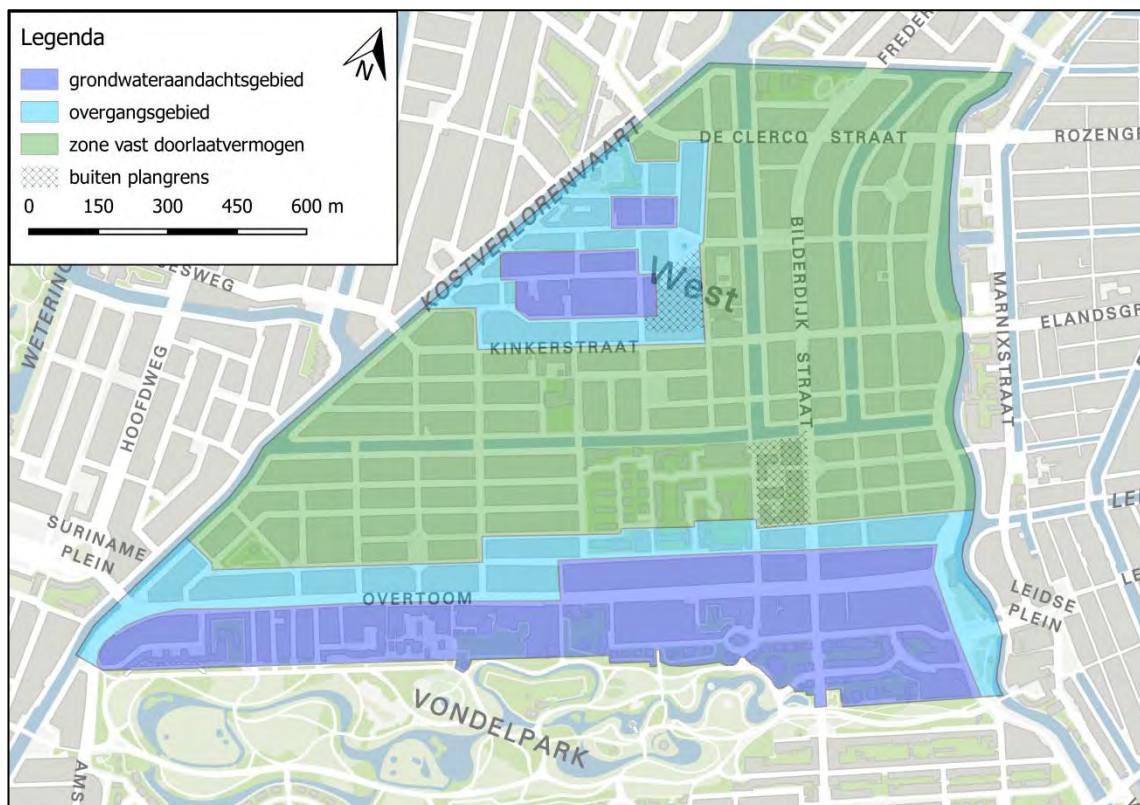
hemelwater makkelijker afstromen en kan in droge perioden de tuinen beter worden gevoed vanuit de grachten via het grondwatersysteem van de wijk.

4.6 Toekomstscenario 4: 100% onderkelderingen + grondwaterneutraal bouwen

In dit scenario is gezocht naar maatregelen waardoor de grondwatereffecten van de kelders geneutraliseerd kunnen worden. Bij dit "grondwaterneutraal bouwen" treft de kelderbouwer een grondwatermaatregel, die ervoor zorgt dat het grondwater onder of langs de kelder kan blijven stromen van de straat naar de binnentuin en andersom. In het model is bij 100% kelders berekend met welke maatregel de huidige grondwaterstanden ongeveer teruggebracht worden.

Bij de maatregel wordt een bepaald doorlaatvermogen (KD) teruggebracht onder of langs de kelder. De technische invulling van de maatregel wordt nader bepaald; in een kennissessie kelders en grondwater op 17 april 2019, waarbij ook kelderbouwers aanwezig waren, is geconstateerd dat de maatregel technisch haalbaar is, relatief geringe meerkosten heeft (<5% van de bouwsom) en dat doorlatendheidsmaatregelen in praktijk al worden getroffen.

In Figuur 12 staan de zones waar de verschillende grondwatermaatregelen gelden.



Figuur 12 Zones grondwatermaatregelen

In de genoemde zones worden de volgende grondwatermaatregelen aangehouden.

In de “grondwaternaandachtsgebieden” is de grondwatersituatie complex vanwege polderriolen, laag gelegen delen zoals Vondelpark en Bellamybuurt en de overgangsgebieden daarheen. Hier wordt het bestaande doorlaatvermogen onder het gebouw per locatie teruggebracht onder/langs de kelder: standstillprincipe. De initiatiefnemer moet lokale boringen verrichten, een geohydrologische effectrapportage indienen en het aanwezige doorlaatvermogen van de grond terugbrengen onder of langs de kelder. Er is onderzocht in welke zones dit zou kunnen gelden, leidend tot een advies.

Het advies is het standstillprincipe toe te passen in de grondwaternaandachtsgebieden plus een “overgangsgebied” eromheen (zie Figuur 12). Het overgangsgebied bestaat in de meeste gevallen uit één volledig bouwblok rondom het grondwater-aandachtsgebied. Het overgangsgebied voorkomt dat er rondom een grondwaternaandachtsgebied grondwaterstromingen veranderen en beperkt dus het risico op overlast en onderlast. Het standstillprincipe is nodig in de grondwaternaandachtsgebieden en overgangsgebied, omdat er geen wijziging in de grondwatersituatie mag ontstaan. Een geringe grondwaterstijging of -daling kan in deze gebieden al snel leiden tot het vaker voorkomen van overlast en onderlast. Ten eerste is het standstillprincipe nodig dit vanwege de polderriolen, drainages en onderbemaling Bellamybuurt. Zou men een kelder aanleggen met een grondwatermaatregel met een groot doorlaatvermogen (groter dan het huidige), dan zou meer grondwater vanuit de omgeving naar de polderriolen/drainages/onderbemaling toe stromen, waardoor hun capaciteit overschreden kan worden en de vereiste drainerende werking niet meer wordt behaald. Ten tweede is het standstillprincipe nodig vanwege de grondwaterstroming richting Vondelpark. In de gebieden die sterk onder invloed staan van het Vondelpark, is er relatief veel grondwaterstroming, zodat elke verandering tot relatief grote grondwatereffecten kan leiden waardoor de grondwatersituatie minder goed beheersbaar zou zijn.

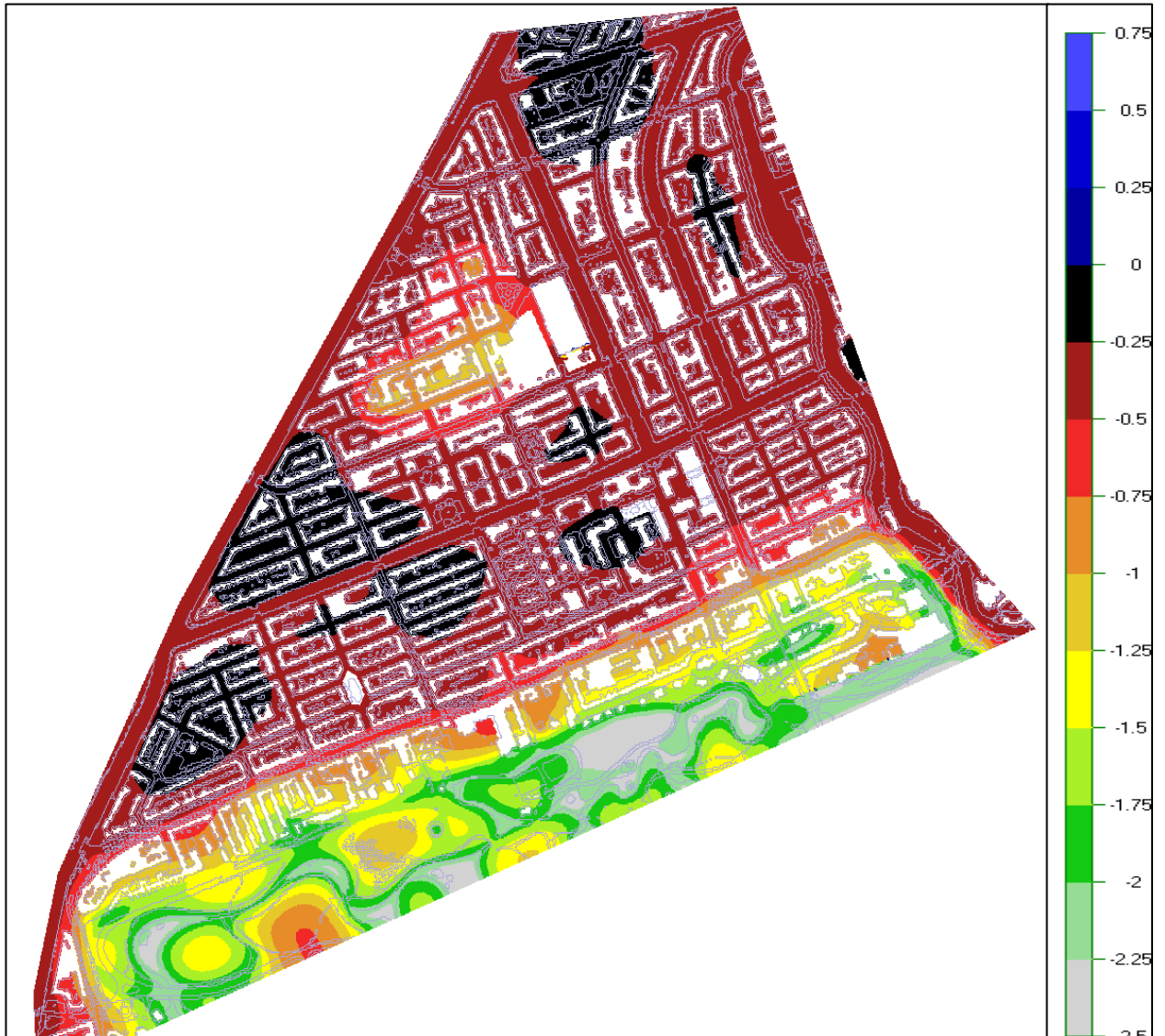
Het standstillprincipe is doorgerekend in het model, door het huidige doorlaatvermogen te hanteren in de gemiddelde situatie.

In het andere deel van de wijk (zie Figuur 12) is het advies een “vast doorlaatvermogen” onder het gebouw te realiseren. Er wordt een doorlaatvermogen (KD) van minimaal 10 m²/dag en maximaal 20 m²/dag geadviseerd. Dit volgt uit de modelberekeningen. Het minimale doorlaatvermogen is wenselijk voor de robuustheid en effectiviteit van de maatregel en is in Amsterdam eerder toegepast bij grote kelders (bijvoorbeeld Steigereiland). Het maximale doorlaatvermogen is gekozen omdat een te groot doorlaatvermogen ook grote veranderingen in de grondwaterstroming tot gevolg kan hebben waardoor elders in de wijk overlast of onderlast kan ontstaan. Er is gekozen voor een waardebereik omdat in praktijk meerdere technische oplossingen mogelijk zijn. In het grondwatermodel zijn beide waarden doorgerekend door de parameter doorlaatvermogen op 10 m²/dag respectievelijk 20 m²/dag aan te houden, in combinatie met het standstillbeginsel (huidig doorlaatvermogen) in het overig deel van de wijk.

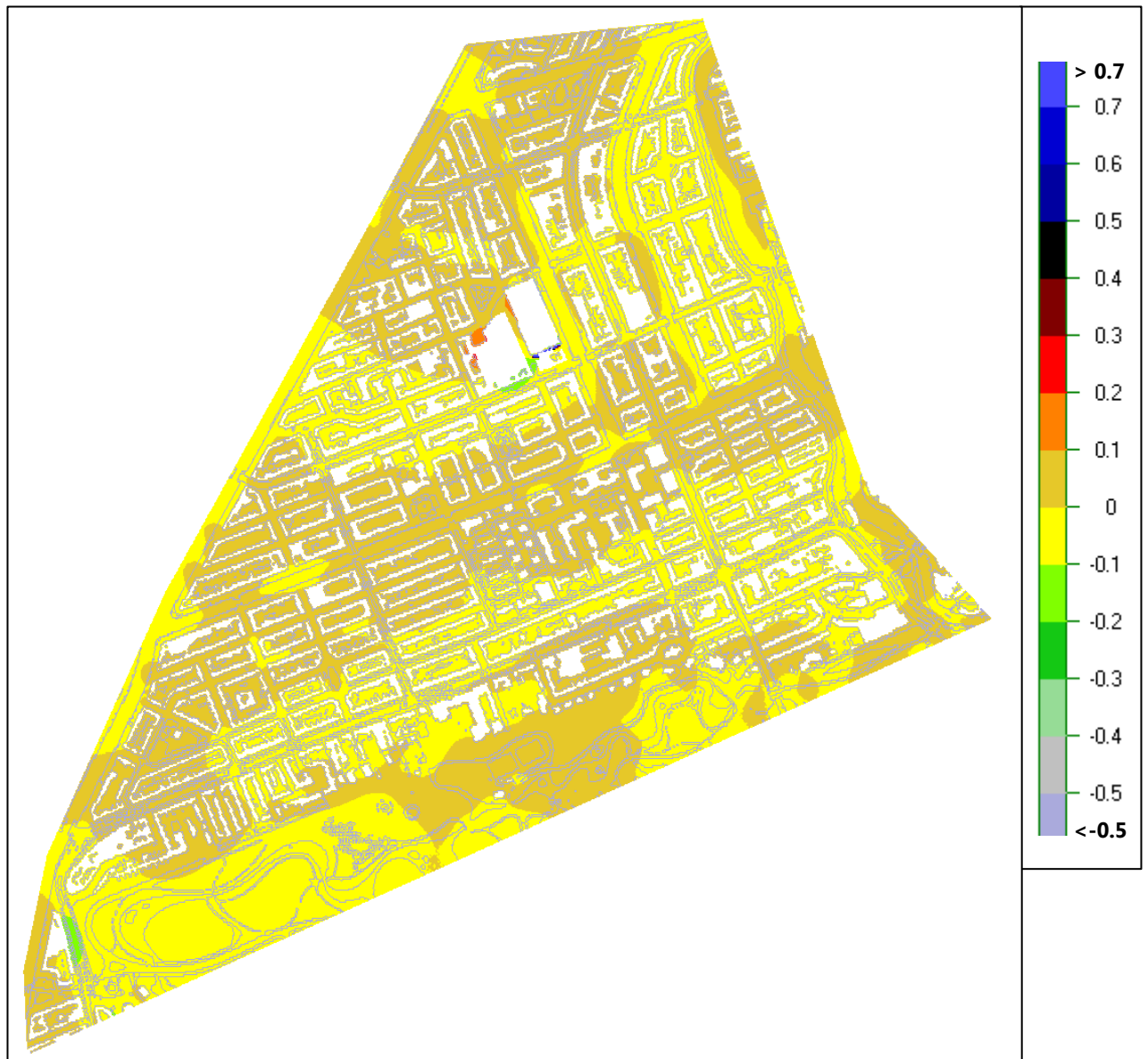
Het doorlaatvermogen is op sommige plekken groter dan dat van de huidige grond. Daarmee kan mogelijk een verbetering van de grondwatersituatie worden bereikt, om het gebied klimaatbestendiger te maken. Aan de andere kant mogen hierdoor geen negatieve effecten ontstaan in de rest van de wijk en de grondwaternaandachtsgebieden. Met de maatregelen

conform Figuur 12 zijn er verbeteringen mogelijk terwijl geen negatieve effecten worden verwacht.

De resultaten zijn zichtbaar voor een vast doorlaatvermogen van $10 \text{ m}^2/\text{dag}$ (Figuur 13 en Figuur 14) respectievelijk $20 \text{ m}^2/\text{dag}$ (Figuur 32 en Figuur 33 in bijlage 3).



Figuur 13 Gemiddelde grondwaterstanden (m NAP) in toekomstscenario 4: 100% onderkelderingen + grondwaterneutraal bouwen (KD=10 m²/dag). Kelders in wit.

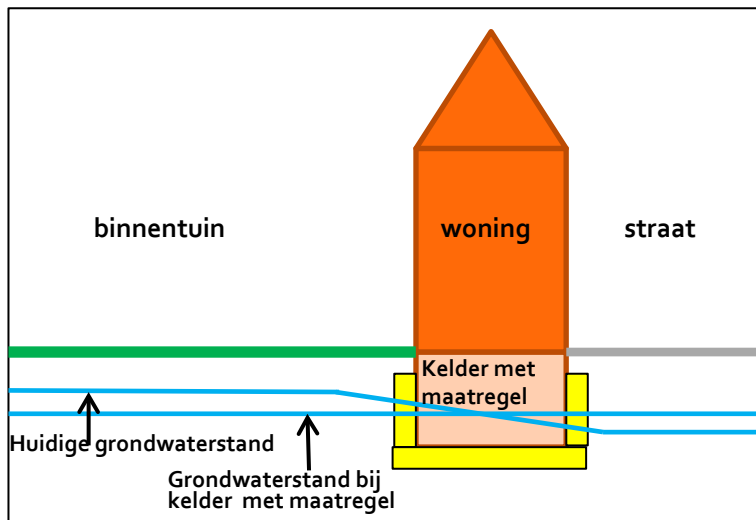


Figuur 14 Grondwatereffect (m) ten opzichte van huidige situatie, gemiddelde grondwaterstand, toekomstscenario 4: 100% onderkelderingen + grondwaterneutraal bouwen ($KD=10 \text{ m}^2/\text{dag}$). Kelders in wit.

De resultaten zijn als volgt te beschrijven. Bij zowel het doorlaatvermogen van 10 als 20 m^2/dag blijven de grondwaterstanden vrijwel gelijk aan de huidige grondwaterstanden. Er zijn zeer geringe dalingen of stijgingen: op de meeste locaties is het verschil kleiner dan 5 cm met lokaal maximaal 10 cm verschil. Daarbij zijn geen negatieve effecten te verwachten. De maatregel heeft als effect dat het grondwater beter door de wijk kan stromen en dat er vooral in een natte en droge situatie minder verschil is dan nu tussen de grondwaterstand in de onverharde binnentuinen en de grotendeels verharde openbare ruimte. De maatregel zorgt voor een goede grondwaterstroming en -uitwisseling tussen binnentuinen en straten: in natte perioden kan het grondwater goed of iets beter weg uit de binnentuinen en in droge situatie kunnen de tuinen goed of iets beter worden aangevuld. Er ontstaat een stabielere grondwatersysteem. Dit principe is

zichtbaar in Figuur 15. Echter binnentuinen die laag liggen en in de huidige situatie overlast ondervinden, blijven ongeveer dezelfde mate van overlast houden met het advies de tuin op te hogen.

Bij de meeste bouwblokken is de grondwaterstroming loodrecht op de lange zijde van het bouwblok, dus van voor- naar achtergevel of andersom. Het treffen van de maatregel bij een individueel pand faciliteert bij de meeste panden de vigerende stromingsrichting van het grondwater en is daarom effectief.



Figuur 15 Principe stabielers grondwatersysteem (niet op schaal) in natte situatie

De verschillen met de huidige grondwaterstanden zijn dus overwegend minder dan 5 cm en lokaal maximaal 10 cm. Hier is vooral sprake van het genoemde stabiliserend grondwatereffect, waarbij de grondwaterstanden tussen de binnentuinen en straten meer op elkaar gaan lijken.

De locaties met een verschil van circa 10 cm zijn als volgt. Op de westkop van de Van Lennepbuurt (Lootsstraat en omgeving) blijft in een gemiddelde situatie de grondwaterstand ongeveer gelijk, maar de GHG daalt met maximaal 10 cm in de straten. De reden is dat het grondwater hier ontwaterd richting twee watergangen: de Kostverlorenvaart en het Jacob van Lennepkanaal, met een verbeterde grondwaterafstroming. De GLG daalt ook met maximaal 0,1 m aan straatzijde, na de uiteindelijke realisatie van 100% kelders, maar blijft dan nog boven de funderingshoogten van overwegend circa NAP -0,6 tot -0,8 m (bron 2). Een andere locatie met effecten van circa 10 cm stijging en daling zijn De Hallen. Omdat deze parkeergarage niet was opgenomen in de huidige situatie (want na 2010 gebouwd) is in feite het beperkte grondwatereffect van de kelder zelf zichtbaar. Ook aan de noordzijde van de Amstelveenseweg is er een licht, dalend effect van circa 10 cm berekend zonder negatieve gevolgen voor de funderingen. De funderingen liggen op circa NAP -1,6 m (bron 2) terwijl de GLG op circa NAP -1,1 m is berekend, zodat de funderingen ruim onder het grondwater blijven.

Een andere conclusie is, dat de grondwaterstanden vrijwel gelijk zijn aan de huidige grondwaterstanden, maar niet exact hetzelfde, met genoemde geringe verschillen van overwegend minder dan 5 cm. Er vindt immers nog steeds een ingreep plaats door de bouw van een kelder met maatregel met kleine wijzigingen in de grondwaterhuishouding. Het

grondwatermodel heeft modelonzekerheden en dient als controle van het overall effect van de maatregel voor het plangebied en het uitsluiten van zones waar risico op overlast of onderlast zou kunnen ontstaan.

De conclusie is, dat het grondwaterneutraal bouwen in de zones van Figuur 12 ongeveer de huidige grondwatersituatie handhaaft zonder negatieve gevolgen.

Als extra subvariant is het bovenstaande scenario doorgerekend met klimaattoeslag Wh2050 (zie Figuur 34 en Figuur 35 in bijlage 3). Hieruit blijkt dat de geadviseerde grondwatermaatregelen blijven functioneren in het toekomstig klimaat en dat de grondwaterstanden ongeveer gelijk zijn als in de huidige situatie met klimaattoeslag.

De grondwatereffecten buiten het gebied Oud-West zijn te verwaarlozen. De reden is dat er oppervlaktewater aanwezig is tussen Oud-West en zijn omgeving waardoor er geen freatische effecten zijn. Ook de effecten in het wadzand en eerste watervoerend pakket zijn te verwaarlozen, om de reden dat de veranderingen plaatsvinden in het freatisch pakket en de holocene deklaag een grote weerstand heeft, waardoor de effecten in het freatisch pakket niet doorwerken naar de diepere grondwaterpakketten.

5 Geadviseerde maatregelen

In dit hoofdstuk wordt de geadviseerde grondwatermaatregel verder gespecificeerd.

Advies is als doelvoorschrift op te nemen in het bestemmingsplan, dat de aanleg van een kelder geen substantiële belemmering voor de stroom van het grondwater mag opleveren. Dit betekent dat een kelder "grondwaterneutraal" wordt aangelegd. Dit houdt in dat grondwater na de aanleg duurzaam en ongehinderd kan blijven stromen. Hiervoor treft de kelderbouwer een grondwatermaatregel, die ervoor zorgt dat het grondwater onder of langs de kelder kan blijven stromen en dat na de aanleg de huidige grondwaterstanden in stand blijven.

In Figuur 12 zijn de zones op de kaart gezet waar verschillende grondwatermaatregelen gelden:

1. In de zones "grondwateraandachtsgebieden" en "overgangsgebied" geldt een voorschrift volgens het *standstillbeginsel*. De bestaande grond-/grondwatersituatie wordt in beeld gebracht voor een specifieke woning, zowel in het veld als met een geohydrologische effectrapportage, en de huidige situatie wordt teruggebracht in de nieuwe situatie onder/langs het te onderkelderen gebouw.
2. In de zone "vast doorlaatvermogen" geldt een voorschrift voor een *doorlaatvermogen* (KD-waarde) van minimaal 10 m²/dag en maximaal 20 m²/dag, die gerealiseerd dient te worden onder/langs het te onderkelderen gebouw. Een specifieke geohydrologische rapportage is niet nodig.

De grondwatermaatregelen gelden voor:

- de aanleg van kelders onder gebouwen, aanbouwen, terreinen en tuinen.
- kelders met een oppervlak (footprint) van maximaal 300m².
- kelders met de onderkant vloer minimaal 0,8 m tot maximaal 4 m onder maaiveld aan de straatzijde.
- nieuwe en te verdiepen kelders. Dus ook voor de renovatie van souterrains waarbij de onderkant van de vloer lager wordt aangelegd dan in de huidige situatie.

Voor kelders groter dan 300 m² of dieper dan 4 m onder het maaiveld aan de straatzijde, geldt dat deze grondwaterneutraal dienen te worden aangelegd. Dit is echter maatwerk. Voor deze kelders dient een apart geohydrologisch onderzoek verricht te worden en moeten de juiste maatregelen getroffen worden. Kelders van 300 m² zijn apart vermeld omdat deze een relatief groot effect kunnen hebben op de grondwaterstand.

Het advies is elke te treffen grondwatermaatregel kadastraal vast te leggen als een publiekrechtelijke beperking.

De eisen aan de grondwatermaatregel worden uitgewerkt tot een set vergunningsvoorwaarden, waarop de aanvraag omgevingsvergunning zal worden getoetst.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

De conclusies zijn:

- Oud-West heeft een complexe grondwatersituatie. Door polderriolen en drainages wijkt de situatie in een deel van de wijk af van de natuurlijke situatie. Zodoende is een deel van het gebied aangemerkt als grondwataandachtsgebied.
- Er is een grondwatermodel opgesteld voor de huidige situatie. Daarin is er lokaal zowel risico op grondwateroverlast als grondwateronderlast.
- Voor de toekomstige situatie zijn scenario's doorgerekend met in totaal 50% en 100% onderkelderingen. Door de onderkeldering ontstaan grote cumulatieve grondwatereffecten van 0,3 m stijging tot lokaal 0,3 m daling. Hierdoor neemt in het plangebied het risico op overlast toe, in de meeste buurten al bij 50% onderkeldering. Lokaal neemt het risico op onderlast toe. Bij 100% onderkeldering ontstaat tevens een zeer groot probleem in de binnentuinen omdat deze volledig worden afgesloten van het grondwater in de omgeving. Het grondwater in binnentuinen kan in natte perioden tot meer dan 0,5 m stijgen met overlast tot gevolg. Door de grondwaterstijging die optreedt kan hier de bodem minder hemelwater bufferen, waardoor de klimaatbestendigheid afneemt. In de binnentuinen kunnen in droge perioden ook dalingen optreden met risico op droogval van houten paalfunderingen en vegetatie.
- De extra invloed van klimaatverandering in combinatie met 100% kelders is beperkt tot een grondwaterstijging van overwegend 0,05 à 0,1 m. Door de relatief grote verhardingsgraad zijn de effecten van klimaatverandering beperkt, echter de groenzones en binnentuinen zijn relatief gevoelig voor klimaatverandering.
- Het advies is kelders grondwaterneutraal te bouwen, waarbij grondwater na de aanleg duurzaam en ongehinderd kan blijven stromen. Hiervoor legt de kelderbouwer een grondwatermaatregel aan, die ervoor zorgt dat het grondwater onder of langs de kelder kan blijven stromen. Gezocht is naar de juiste set maatregelen bij 100% onderkeldering, waardoor zoveel mogelijk de huidige grondwaterstanden worden teruggebracht. De zones waar de verschillende grondwatermaatregelen gelden staan in Figuur 12 en zijn doorgerekend in het grondwatermodel.
- In het advies wordt in de zones "grondwataandachtsgebied" en het "overgangsgebied" eromheen het huidige doorlaatvermogen per locatie teruggebracht onder of langs de kelder, in combinatie met een geohydrologische effectrapportage en specifiek veldonderzoek voor die locatie. In het andere deel van de wijk wordt een "vast doorlaatvermogen" van minimaal 10 en maximaal 20 m²/dag aangebracht onder of langs de kelder.
- Bij de geadviseerde grondwatermaatregelen worden de grondwaterstanden vrijwel gelijk aan de huidige grondwaterstanden. Het verschil met de huidige situatie is zeer gering: kleiner dan +/- 5 cm en lokaal +/- 10 cm. Er treden geen negatieve effecten op. De grondwaterstanden tussen binnentuinen en straat komen dicht bij elkaar te liggen. Er ontstaat een stabiel systeem waarbij het grondwater vrijelijker door het gebied kan stromen. In sommige buurten

kan een verbetering worden bereikt, omdat het risico op overlast afneemt en de situatie klimaatbestendiger is. De mogelijkheden nemen toe om hemelwater te infiltreren en de hemelwaterbestendigheid te verbeteren in binnentuinen, waarbij ophogen van binnentuinen wordt geadviseerd. Ook bij toepassing van een klimaatscenario blijven de grondwatermaatregelen goed functioneren.

- De conclusie is, dat het grondwaterneutraal bouwen in de zones van Figuur 12 ongeveer de huidige grondwatersituatie terugbrengt zonder negatieve gevolgen.
- Bij grondwaterneutraal bouwen kan men toewerken naar een robuust grondwatersysteem nu en in de toekomst, als onderlegger voor een klimaatbestendige, sterk verdichte stad waarin in principe alle woningen de mogelijkheid hebben gekregen een kelder aan te leggen.
- De grondwatereffecten buiten het gebied Oud-West zijn verwaarloosbaar klein, omdat er oppervlaktewater aanwezig is tussen Oud-West en zijn omgeving waardoor er geen freatische effecten zijn. Door de aanwezige bodemopbouw zijn ook de grondwatereffecten in het wadzand en eerste watervoerend pakket te verwaarlozen.

6.2 Aanbevelingen

De aanbevelingen zijn:

- Geadviseerd wordt in het bestemmingsplan bij kelderbouw grondwaterneutraal bouwen verplicht te stellen, conform de zones van Figuur 12 en het in paragraaf 6.1 genoemde advies.
- In hoofdstuk 5 is de grondwatermaatregel gespecificeerd. De eisen waarop de vergunningsverlening een aanvraag voor de omgevingsvergunning ("bouwaanvraag") toetst, dienen in samenspraak met de betrokken partijen verder te worden uitgewerkt.
- Bovenstaande gaat om kleinere kelders met een footprint van maximaal 300 m² en minimaal 0,8 m tot maximaal 4 m onder maaiveld aan de straatzijde. Ook grotere of diepere kelders dienen grondwaterneutraal te worden aangelegd. Voor deze kelders dient altijd een apart geohydrologisch onderzoek verricht te worden en moeten de juiste maatregelen getroffen worden.
- Advies is om met behulp van de resultaten en ontwikkelde methode een zo generiek mogelijk afwegingskader op te stellen voor verschillende wijken in de stad.
- Specifieke advisering op vergunningsaanvragen in de standstillgebieden (aandachtsgebieden) kan nodig blijven.
- Geadviseerd wordt om de bestaande ondergrondse constructies in Oud-West en Amsterdam te inventariseren. Deze informatie is in Amsterdam wel bekend in de vorm van afgegeven vergunningen maar het is nog niet procesmatig geborgd dat geografische informatie wordt ontsloten en/of systematisch wordt vastgelegd, om het ondergronds bouwen beter te kunnen monitoren.

7 Bronnen

Bron 1 Stijghoogte 1e WVP AGV-gebied, gemiddelde stijghoogte over het jaar 2005, Waternet, Amsterdam.

Bron 2 Database funderingen Amsterdam, Waternet.

Bron 3 Peilbuizen Waternet, website

<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=365ce03b38c54081a2394205c0ee53c0>, geraadpleegd juli 2019.

Bron 4 Boringen en sonderingen archief OMEGAM, 2003.

Bron 5 Karakterisering van de freatische grondwaterstand in Nederland, Alterra-Rapport 819, Wageningen, 2003.

Bron 6 Regenbestendige binnentuinen – maatregelen om wateroverlast tegen te gaan in vooroorlogse binnenstedelijke tuinen in Amsterdam-West, afstudeeronderzoek H. Nguyen, Hogeschool van Amsterdam, 11 juni 2019.

Bron 7 Keur 2017, waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV), 11 oktober 2017.

Bron 8 KNMI '14, klimaatscenario's voor Nederland, KNMI, 2014, herziene uitgave 2015.

Bron 9 Grondwaterkaart van Nederland, kaartblad Zandvoort/Amsterdam, TNO, 1979.

Bron 10 Regionaal grondwatermodel Waternet, versie 2019.

Bron 11 Algemeen Hoogtebestand Nederland, AHN-2, <https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>, geraadpleegd juli 2019.

Bron 12 Artikel <https://www.rainproof.nl/waterhuishouding-vondelpark>

Bron 13 Gevolgen van onderkeldering en andere vormen van verstening in de binnentuinen van Amsterdam, motienummer 447, ingediend 16 mei 2018 door de raadsleden Van Renssen, De Heer, Hammelburg en Flentge van de gemeenteraad van Amsterdam.

Gemeente Amsterdam

Grondwateradvies bestemmingsplan Oud-West
Grondwatereffect van onderkelderingen

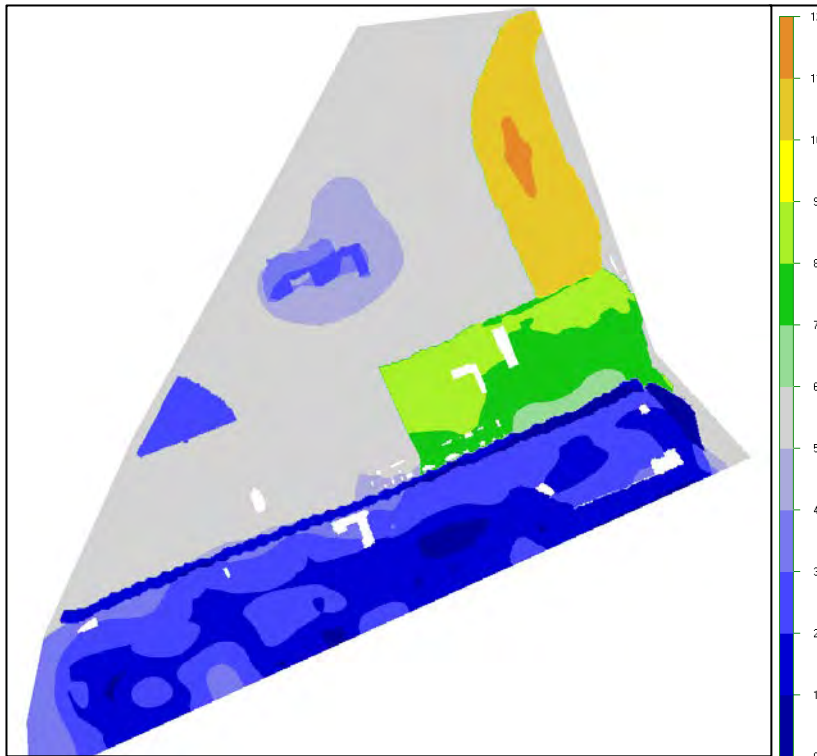
Versie 3
29 augustus 2019
Kenmerk 34655

Bijlage(n)

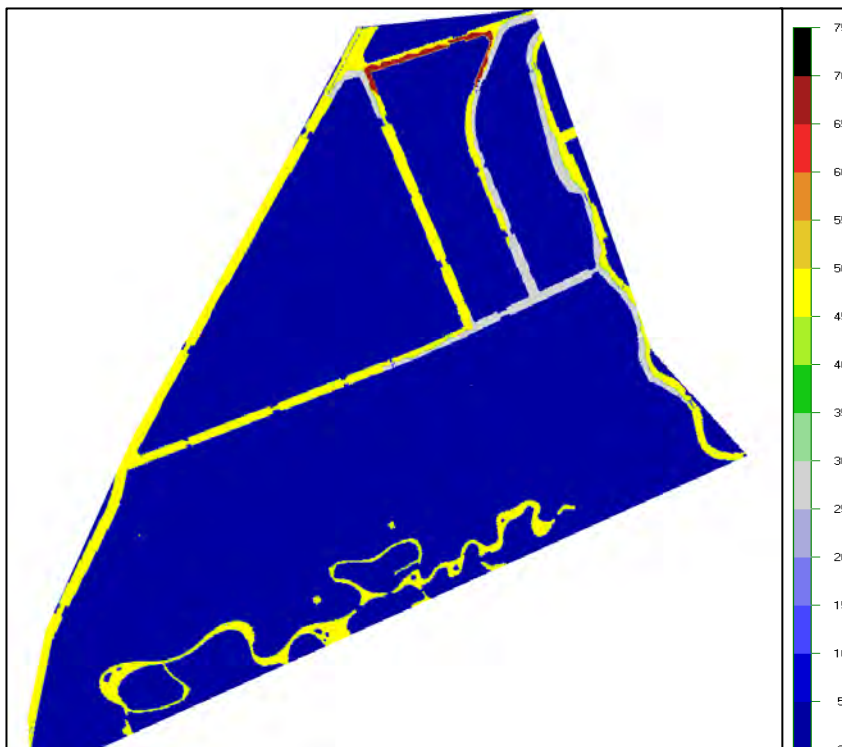
Bijlage 1 - Modeluitgangspunten

Parameter	Waarde (range over het gebied)	Bron	Toelichting
Waterpeil oppervlaktewater H1	Vondelpark NAP -2,45 (lokaal NAP -2,1 m) Overig Oud-West NAP -0,4 m	Peilbesluiten	Vaste peilen aangehouden
In-/uittreeweerstand watergangen C1	Tussen 30 en 70 dagen, conform Figuur 17	Modelkalibratie	Bepaald uit modelkalibratie
Doorlaatvermogen freatisch pakket KD1 (=k1*MT1)	Doorlaatvermogen in huidige gemiddelde situatie tussen 2,1 en 12 m ² /dag, conform Figuur 16. Dit is het product van de doorlatendheid k1 en de doorstroomde dikte freatisch pakket MT1. Er is freatisch gerekend.	Boringen en sonderingen (MT1) en modelkalibratie (k1)	(Ophoog)zand is gekarakteriseerd als freatisch pakket. Doorlaatvermogen bepaald uit modelkalibratie
Bergingscoëfficiënt (freatisch) S1	Tussen 0,1 en 0,25, conform Figuur 18	Modelkalibratie	Bepaald uit modelkalibratie
Verticale hydraulische weerstand C2	12.000 dagen	Waternet	Afkomstig uit regionaal grondwatermodel Waternet
Doorlaatvermogen eerste watervoerend pakket kD2	-	Waternet	Afkomstig uit regionaal grondwatermodel Waternet; toegepast indien stijghoogte niet vast.
Stijghoogte eerste watervoerend pakket H2	Tussen NAP -2,25 m (noordoosten van Oud-West) en NAP -2,75 (zuidwesten van Oud-West)	Waternet	Afkomstig uit regionaal grondwatermodel Waternet
Bergingscoëfficiënt (eerste watervoerend pakket) S1	0,0025	Waternet	Afkomstig uit regionaal grondwatermodel Waternet
Grondwateraanvulling (huidig)	Bepaald met meetreeks 2000-2010 met dagwaarden. Neerslag van KNMI-station 441 Amsterdam. Referentie gewasverdamming van KNMI-station 240 Schiphol.	KNMI	Na modelkalibratie blijkt de extreem droge en de extreem natte situatie benaderd te kunnen worden door de datums 22-8-2003 en 25-7-2007. De gemiddelde situatie wordt het best benaderd door de datum 5-5-2005.
Grondwateraanvulling (toekomstig)	Bepaald met meetreeks 2000-2010 (zie boven), getransformeerd naar	KNMI	De meetreeks toont de natuurlijke variaties,

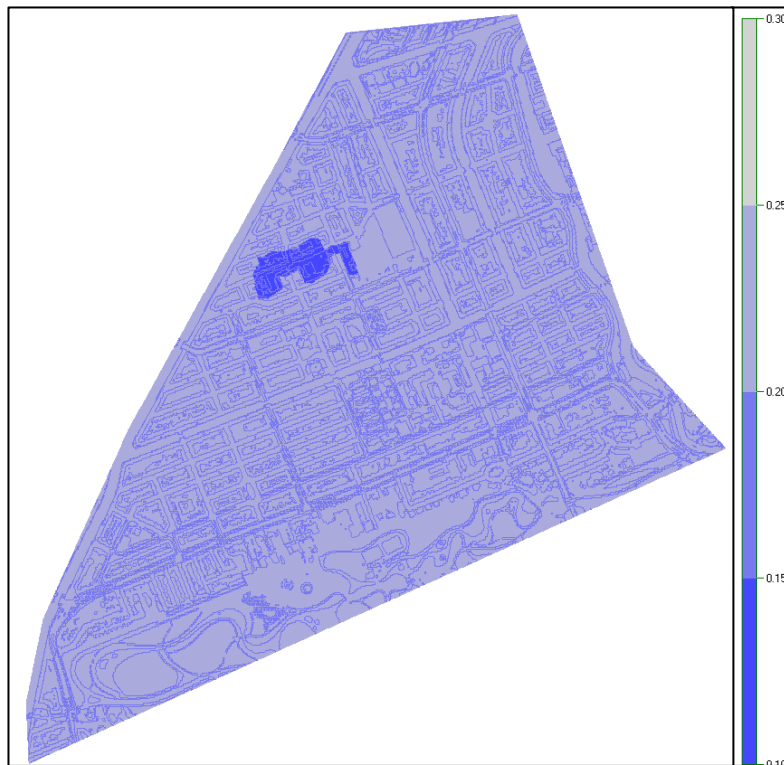
	toekomstige neerslag/verdamping met KNMI-transformatieprogramma met scenario Wh2050.		maar er is een klimaattoeslag op toegepast.
Grondwateraanvulling per oppervlak (formule)	Verhard en daken = 0. Open verharding = 0,15 * neerslag. Onverhard = neerslag - referentie gewasverdamping (gewasfactor 1).	Oppervlakken afkomstig uit GBKA Afvalwater	Voor elke locatie in het model is bepaald welk type oppervlak er is en is vervolgens de lokale grondwateraanvulling bepaald.
Kelders	De bestaande kelders van Tabel 2 zijn in het model van de huidige situatie opgenomen, met uitzondering van kelder 6 en 7 die na 2010 zijn aangelegd (buiten meetreeks) en alleen in de toekomstscenario's zijn opgenomen. De kelders worden geacht het freatisch pakket volledig te blokkeren: doorlatendheid K_1 wordt 0. Bergingscoëfficiënt S_1 wordt 0.		
Drainage	Drainagepeil variabel naar aanleiding van modelkalibratie (Figuur 19). Intreeweerstand 30 tot 500 dagen (Figuur 20). Drainage draineert alleen, infiltreert niet.	Beheerdata Waternet.	Drainage is ingevoerd indien er drainages of lekke riolen bekend zijn en dit benodigd is vanuit de modelkalibratie.
Toekomstscenario's			
50% en 100% kelders	De kelders worden geacht het freatisch pakket volledig te blokkeren: doorlatendheid K_1 wordt 0. Bergingscoëfficiënt S_1 wordt 0. De bestaande kelders uit Tabel 2 zijn meegenomen.	Modellering	Kelders worden geacht in de onderliggende, slecht doorlatende klei-/veenlaag te reiken.
Grondwatermaatregel	In zone "grondwateraandachtsgebied" en "aandachtsgebied" huidig doorlaatvermogen ($K_1 * MT_1$ bij gemiddelde grondwaterstand) aanleggen onder nieuwe kelders. In zone "vast doorlaatvermogen" een vast doorlaatvermogen ($K_1 * MT_1$) van 10 of 20 m ² /dag aanleggen onder nieuwe kelders. Bergingscoëfficiënt S_1 wordt telkens 0.	Modellering	



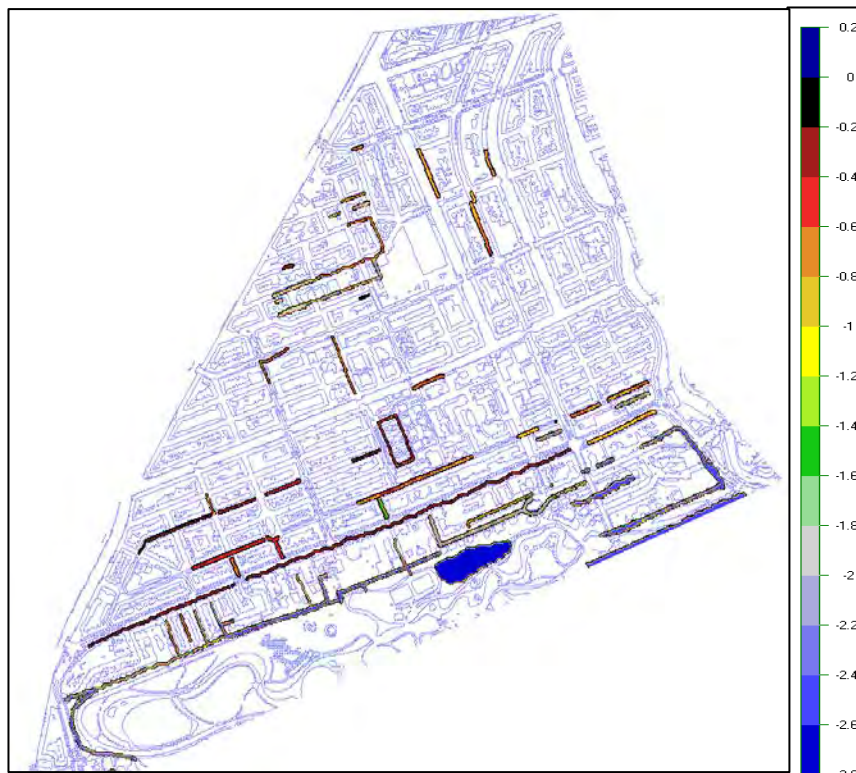
Figuur 16 Modeluitgangspunt doorlaatvermogen freatisch pakket (m²/dag)



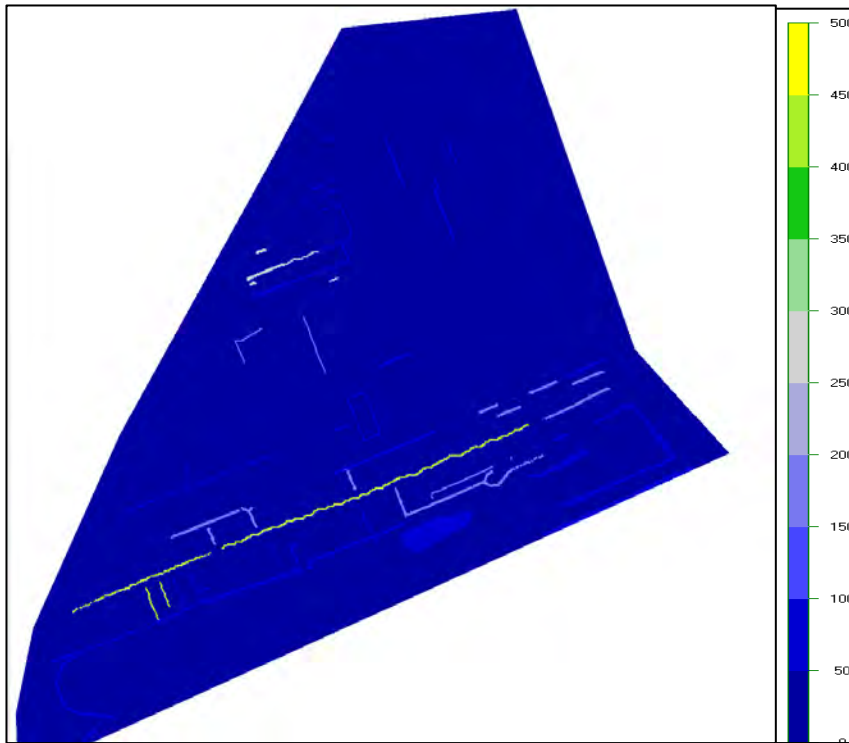
Figuur 17 Modeluitgangspunt in-/uittreeweerstand watergangen (dagen)



Figuur 18 Modeluitgangspunt bergingscoëfficiënt (freatisch)

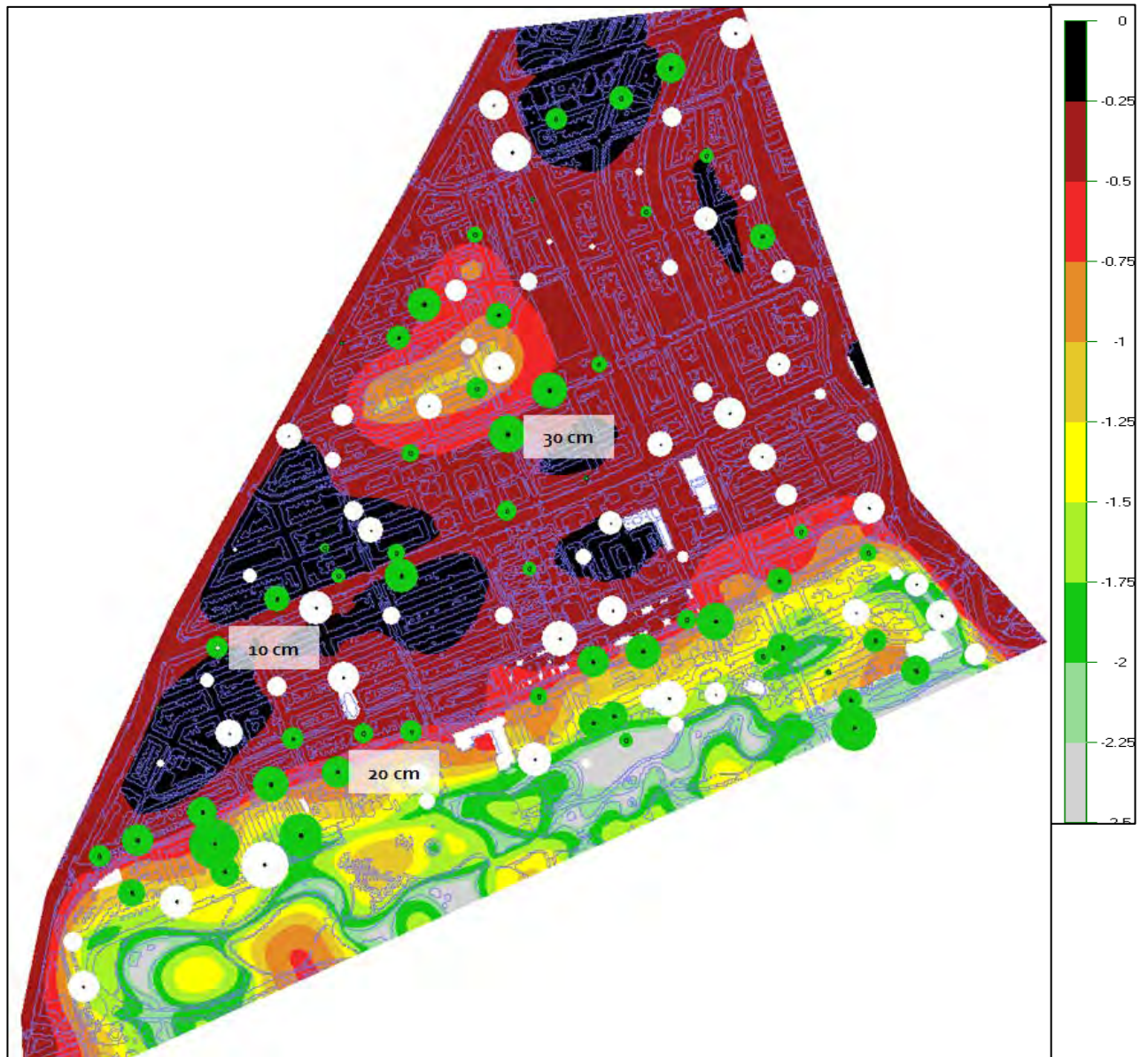


Figuur 19 Modeluitgangspunt drainagepeil (m NAP)



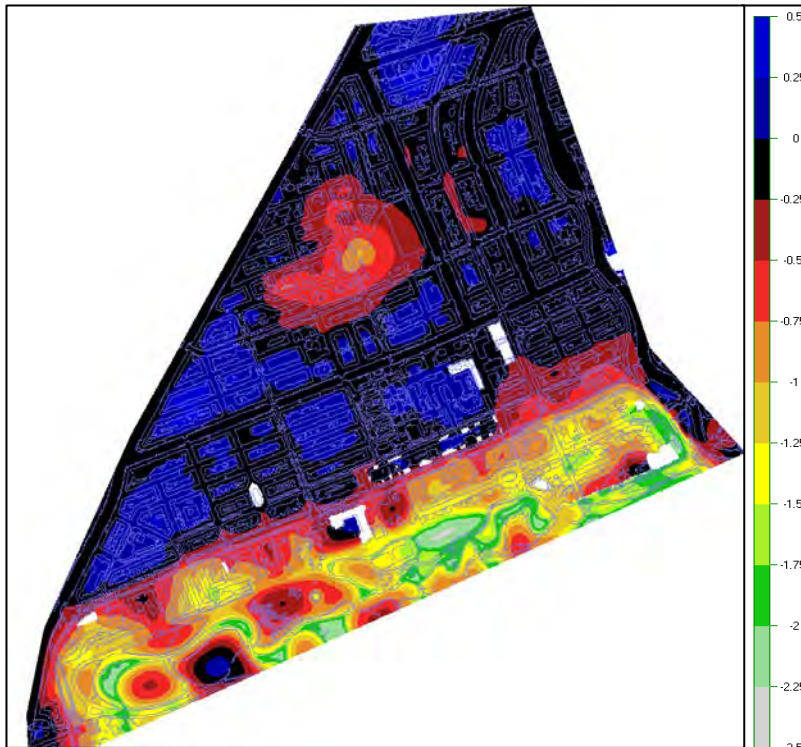
Figuur 20 Modeluitgangspunt drainageweerstand (dagen)

Bijlage 2 - Kalibratieresultaat model bij gemiddelde grondwaterstand

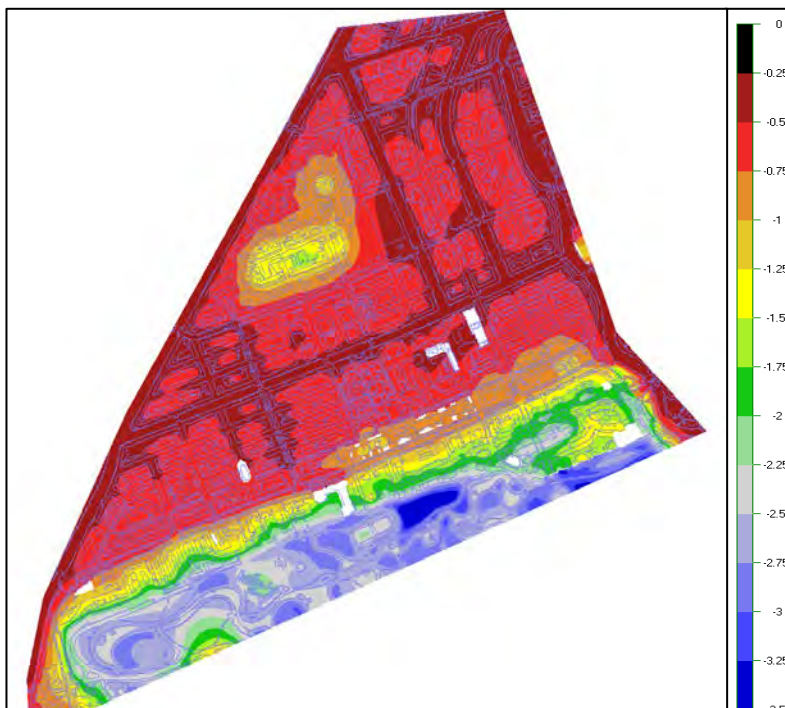


Figuur 21 Kalibratieresultaat met de afwijking tussen de gemodelleerde en gemeten grondwaterstanden (peilbuizen). Grondwaterstanden in m NAP. Witte bollen is overschatting door model, groene bollen is onderschatting door model ten opzichte van de metingen. De grootte van de bol geeft de afwijking weer (zie bijschriften).

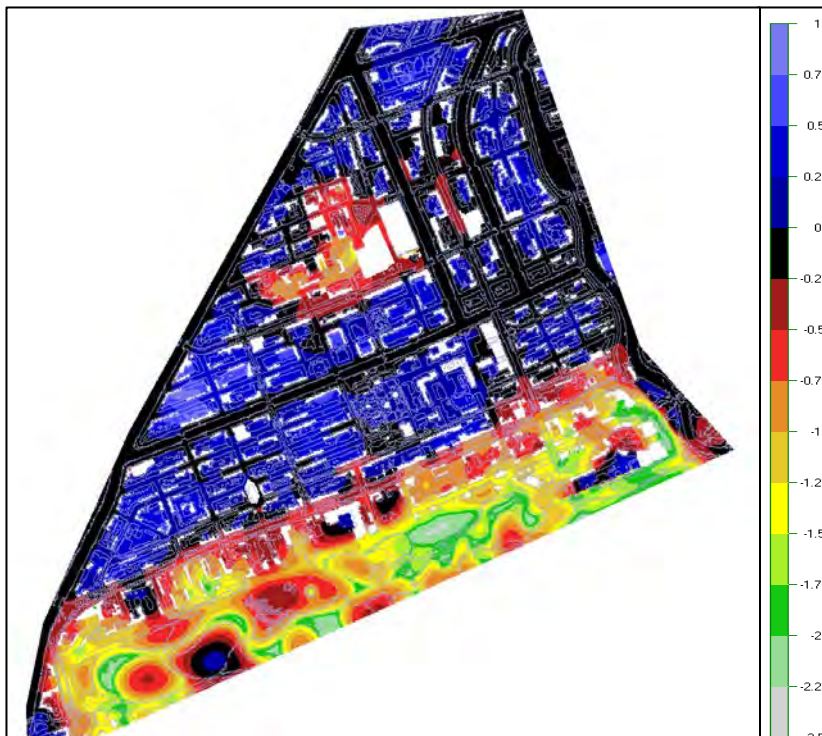
Bijlage 3 - Overige modelresultaten



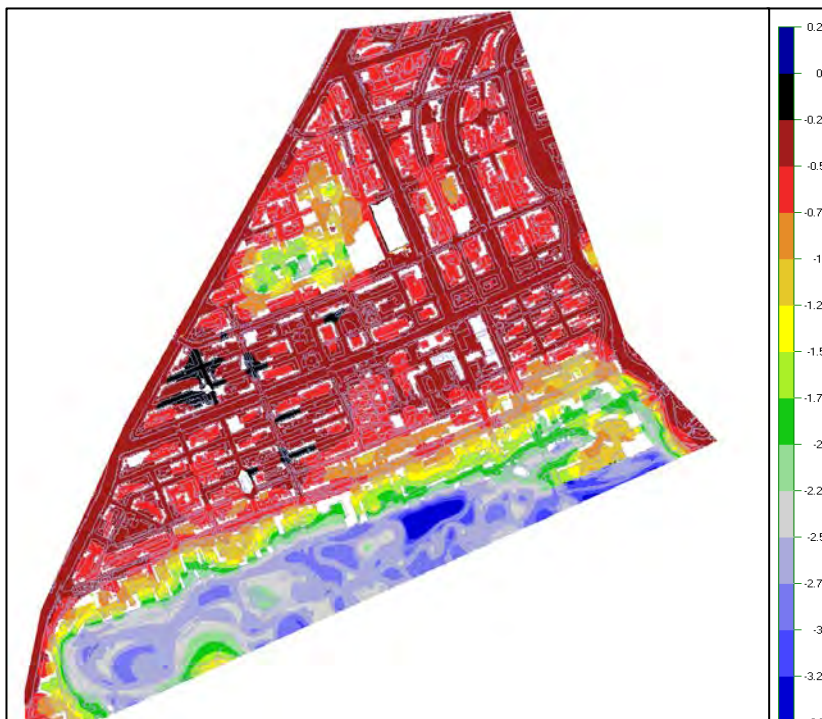
Figuur 22 Huidige GHG grondwaterstanden (m NAP), kelders wit



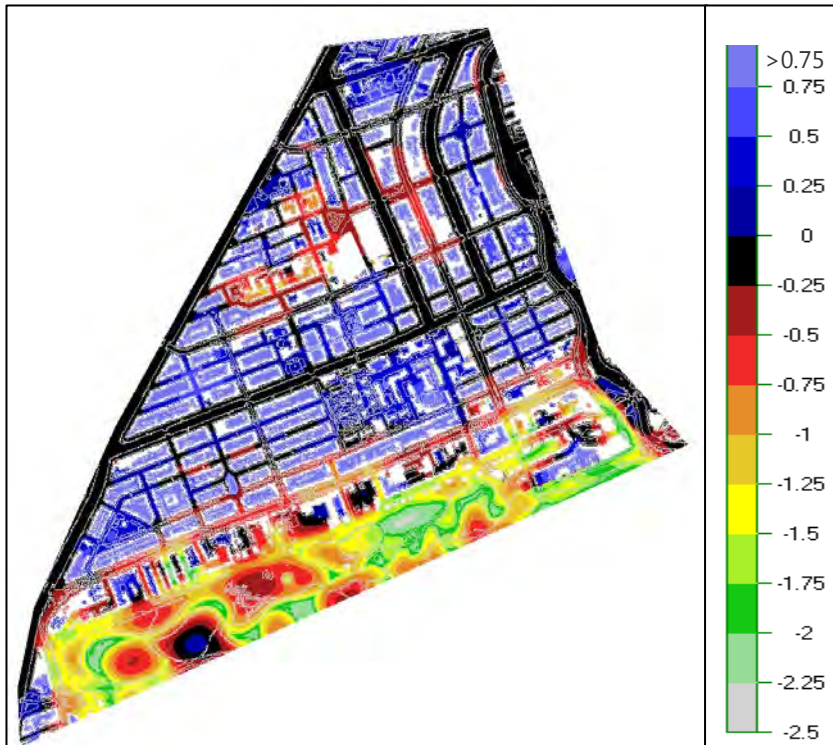
Figuur 23 Huidige GLG grondwaterstanden (m NAP), kelders wit



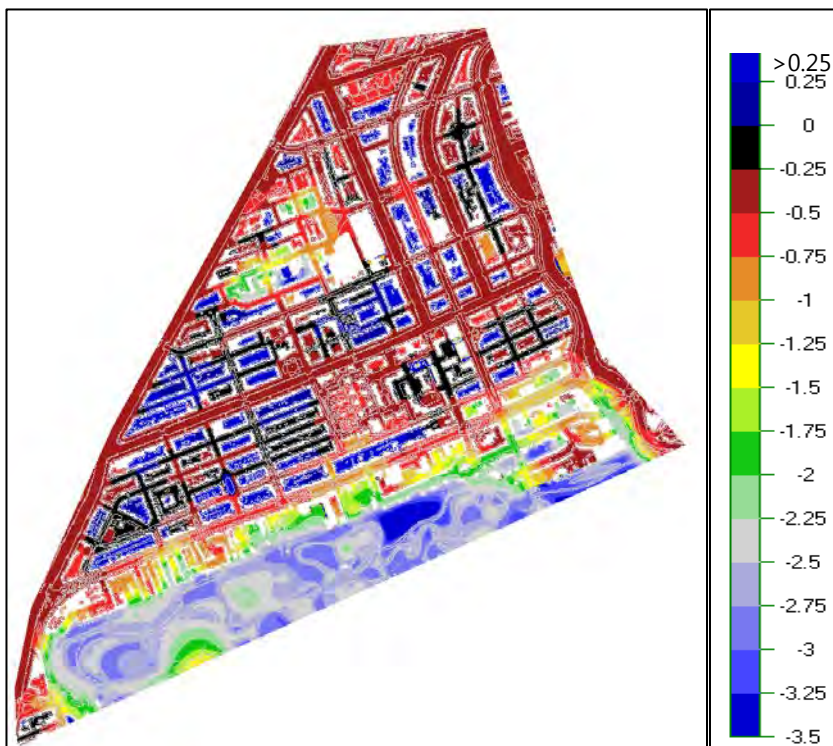
Figuur 24 Grondwaterstanden GHG (m NAP) in toekomstscenario 1: 50% onderkelderingen (kelders in wit)



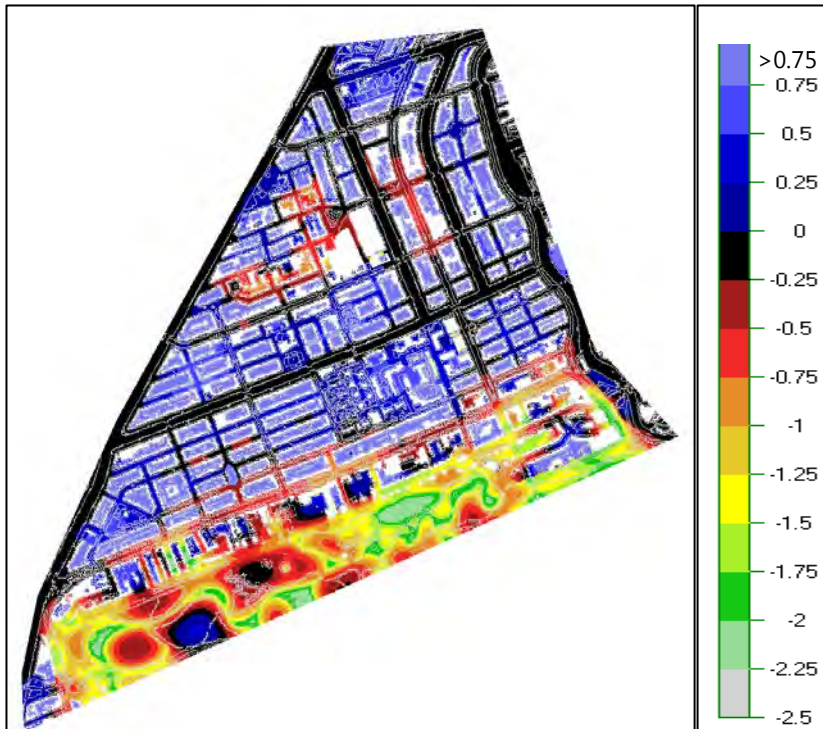
Figuur 25 Grondwaterstanden GLG (m NAP) in toekomstscenario 1: 50% onderkelderingen (kelders in wit)



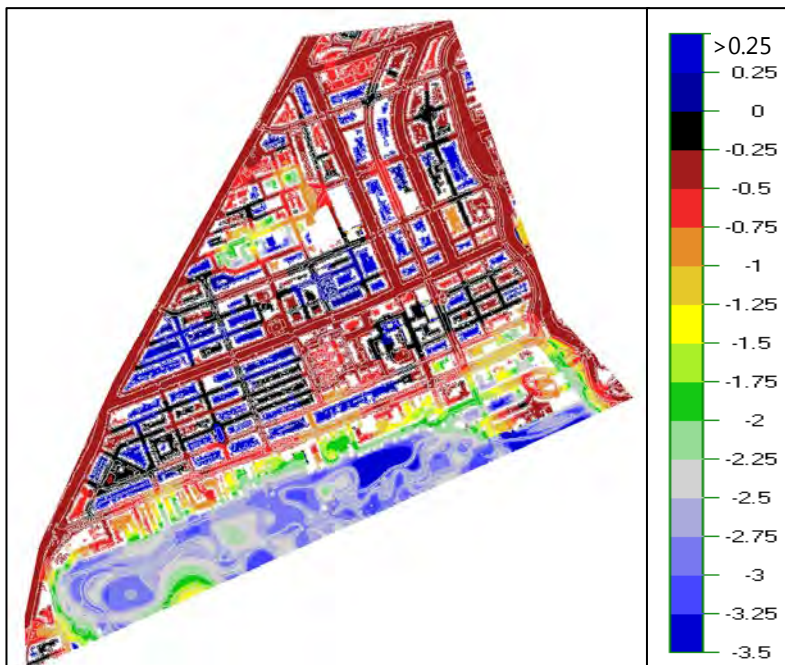
Figuur 26 Grondwaterstanden GHG (m NAP) in toekomstscenario 2: 100% onderkelderingen. zijn wit.



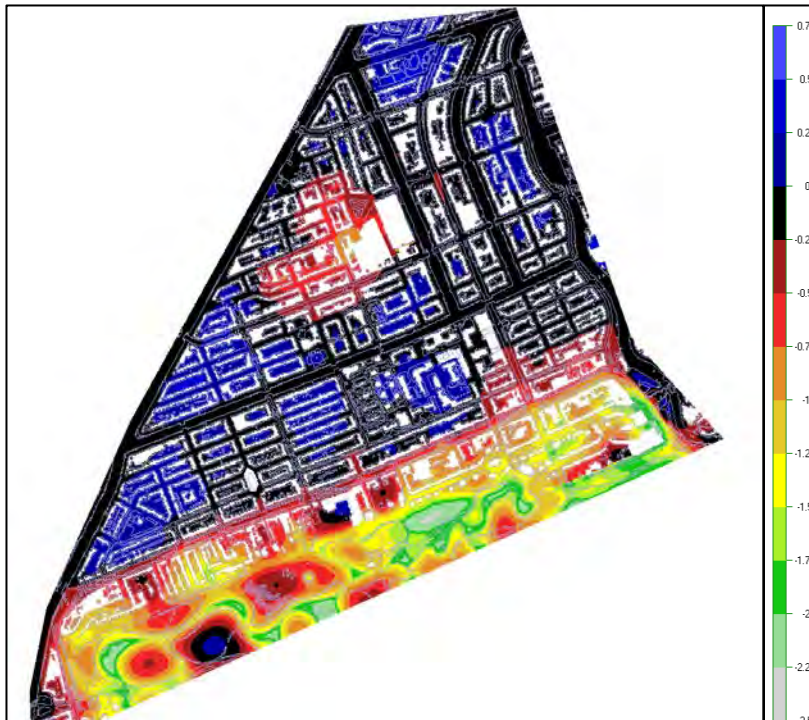
Figuur 27 Grondwaterstanden GLG (m NAP) in toekomstscenario 2: 100% onderkelderingen. Kelders zijn wit.



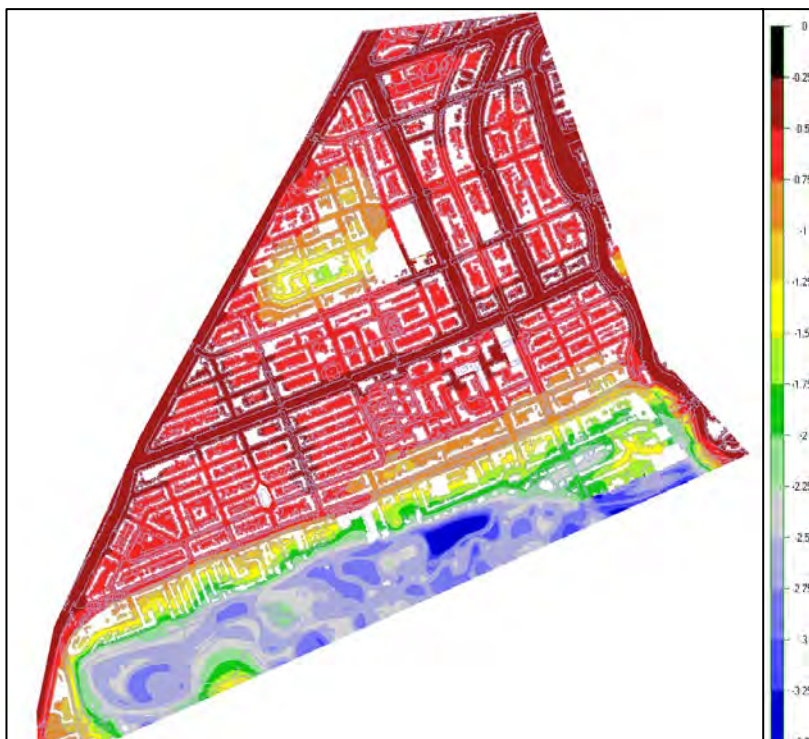
Figuur 28 Grondwaterstanden GHG (m NAP) in toekomstscenario 3: 100% onderkelderingen + klimaateffect.
Kelders zijn wit.



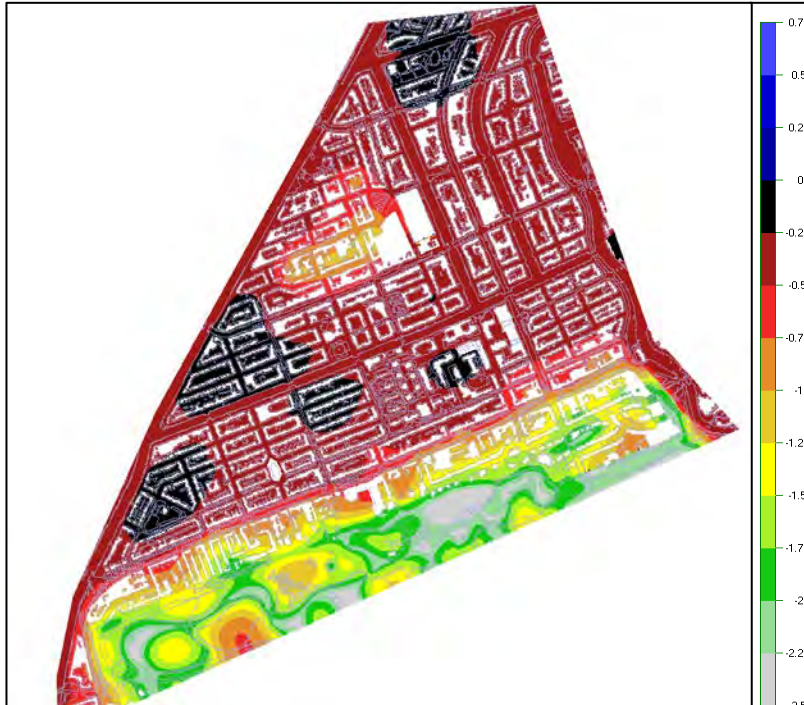
Figuur 29 Grondwaterstanden GLG (m NAP) in toekomstscenario 3: 100% onderkelderingen + klimaateffect.
Kelders zijn wit.



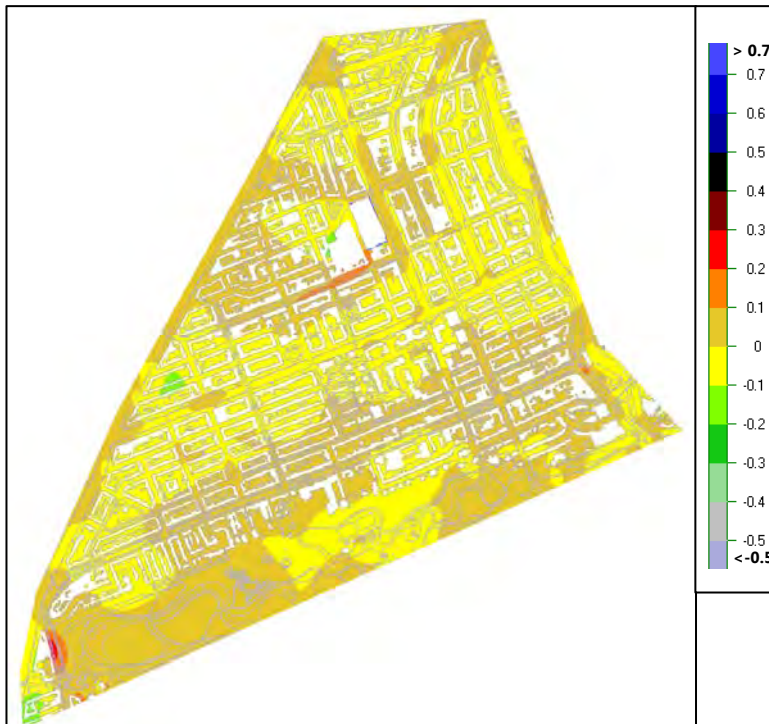
Figuur 30 Grondwaterstanden GHG (m NAP) in toekomstscenario 4: 100% onderkelderingen + grondwaterneutraal bouwen (KD=10 m²/dag). Kelders in wit.



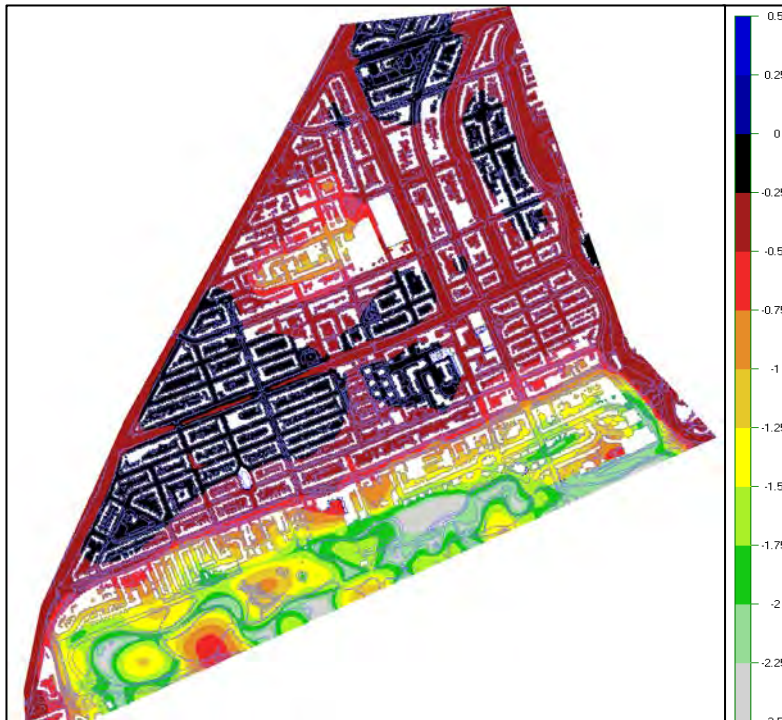
Figuur 31 Grondwaterstanden GLG (m NAP) in toekomstscenario 4: 100% onderkelderingen + grondwaterneutraal bouwen (KD=10 m²/dag). Kelders in wit.



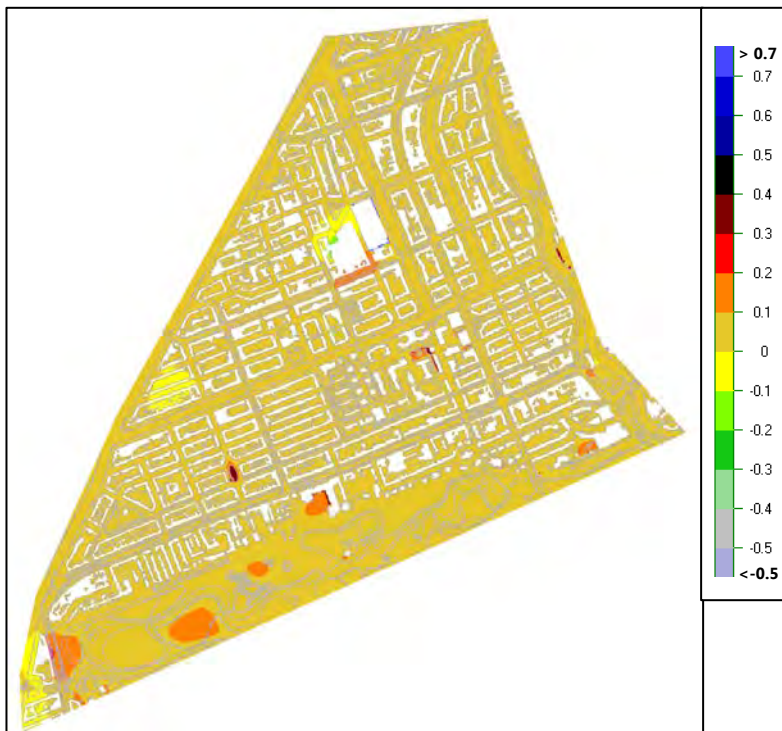
Figuur 32 Gemiddelde grondwaterstanden (m NAP) in toekomstscenario 4: 100% onderkelderingen + grondwaterneutraal bouwen ($KD=20 \text{ m}^2/\text{dag}$). Kelders in wit.



Figuur 33 Grondwatereffect (m) ten opzichte van huidige situatie, gemiddelde grondwaterstand, toekomstscenario 4: 100% onderkelderingen + grondwaterneutraal bouwen ($KD=20 \text{ m}^2/\text{dag}$). Kelders in wit.



Figuur 34 Gemiddelde grondwaterstanden (m NAP) in toekomstscenario 4: 100% onderkelderingen + grondwaterneutraal bouwen ($KD=10 \text{ m}^2/\text{dag}$) + klimateffect. Kelders in wit.



Figuur 35 Grondwatereffect (m) ten opzichte van huidige situatie, gemiddelde grondwaterstand, toekomstscenario 4: 100% onderkelderingen + grondwaterneutraal bouwen ($KD=10 \text{ m}^2/\text{dag}$) + klimateffect. Kelders in wit.