



Sloterdijk-centrum

Gebiedsbrede grondwatertoets Sloterdijk-centrum

Auteur(s)

P. Maas, M. Afanasyev, L. Doodeman

Opdrachtgever

C. Rietdijk / J.P. Longayroux

Contactpersoon

P. Maas
Ingenieursbureau

Kenmerk

2020-1000043

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
L. Doodeman	P. Maas		18-02-20

NB:

- Met opmerkingen Waternet en Pro Rail verwerkt op 7-8-2020
- Met opmerkingen Waternet over drainage verwerkt op 12-8-2020
- Met opmerkingen Waternet over gevoeligheidsanalyse en kleilenzen op 9-9-2020

Inhoud

1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel	3
1.3	Beleid	4
2	Gebiedsbeschrijving	5
3	Grondwatermodellering	7
3.1	Uitgangspunten	8
3.2	Scenario's	10
3.3	Resultaten	11
4	Conclusies & aanbevelingen	16
4.1	Conclusies	16
4.2	Aanbevelingen	17

BIJLAGEN

- Bijlage 1 - Grondwatermodel
- Bijlage 2 - Indicatieve grondwatertoets
- Bijlage 3 - L-kavel
- Bijlage 4 - Grondwateraanvulling
- Bijlage 5 - Bronnen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De ontwikkelingen rondom Sloterdijk-centrum maken deel uit van de grootstedelijke ontwikkeling van Haven Stad rondom het gebied Sloterdijk en de Havens. Ten behoeve van de ontwikkelingen rondom Sloterdijk-centrum is in 2017 een watervisie opgesteld [13], en herzien in 2019 [14]. De watervisie dient als uitgangspunt voor de waterparagraaf bij bestemmingsplannen binnen het plangebied. Een aanbeveling uit de watervisie is om een grondwatertoets uit te voeren voor het gehele gebied van Sloterdijk-centrum zodat het effect van de verschillende ontwikkelingen en kelderbouw op de grondwaterhuishouding in de tijd beter kan worden ingeschat en de toekomstige maaiveldhoogte uniform kan worden bepaald. Dit rapport is daar een uitwerking van.



Figuur 1: Locatie Sloterdijk.

1.2 Doel

Met de grondwatermodellering is het effect van de ontwikkelingen op de grondwaterstand in beeld gebracht evenals het verwachte effect van de klimaatsverandering zodat de juiste keuzes kunnen worden gemaakt met betrekking tot ondergrondse bebouwing of maatregelen kunnen worden genomen om (grond)wateroverlast in de toekomst te voorkomen. Ook is het grondwatermodel gebruikt om potentiële infiltratielocaties te lokaliseren.

1.3 Beleid

Grondwaterzorgplicht

De gemeente heeft een wettelijke zorgplicht voor het treffen van maatregelen om structureel nadelige gevolgen van de grondwaterstand voor de aan de grond gegeven bestemming zoveel mogelijk te voorkomen of te beperken. Vanuit deze grondwaterzorgplicht volgt dat nieuwe ontwikkelingen in het plangebied, zoals nieuwe bebouwing of een ondergrondse parkeergarage, geen structurele nadelige grondwatereffecten mogen veroorzaken op de openbare ruimte, bestaande constructies, objecten, gebouwen en groen in de omgeving [16].

Grondwaternorm bij bebouwing

Daarnaast stelt het huidige gemeentelijk beleid dat bij nieuw in te richten gebieden in Amsterdam voldaan moet worden aan de gemeentelijke grondwaternorm voor gebouwen [7]:

- Bij kruipruimteloos bouwen geldt een hoogste grondwaterstand van 0,5 m onder maaiveld (ontwateringsdiepte) en mag de ontwateringsdiepte eens in de twee jaar gedurende maximaal 5 aaneengesloten dagen kleiner zijn dan 0,5 m.
- Voor bouwen met kruipruimtes (maximaal 0,5 m inwendige hoogte) is deze norm 0,9 m.

Ontwateringsnorm bomen en wegen

Bomen hebben een minimale ontwateringsdiepte nodig hebben van 0,9 m. Voor wegen is dat 0,7 m. Gemeenten Amsterdam en Waternet zijn voornemens om voor nieuwe gebieden een uniforme ontwateringsnorm van 90 cm onder maaiveld te hanteren. Dit is klimaatadaptiever, voorkomt wortelopdruk en wegschades en is nodig voor de beworteling van bomen en sluit bovendien aan bij de grondwaternorm voor bouwen met kruipruimte.

Voorkeursvolgorde grondwatermaatregelen

Bij grootschalige herstructurering van een gebied hanteert de gemeente een voorkeursvolgorde voor grondwatermaatregelen bij ruimtelijke ontwikkelingen [7]:

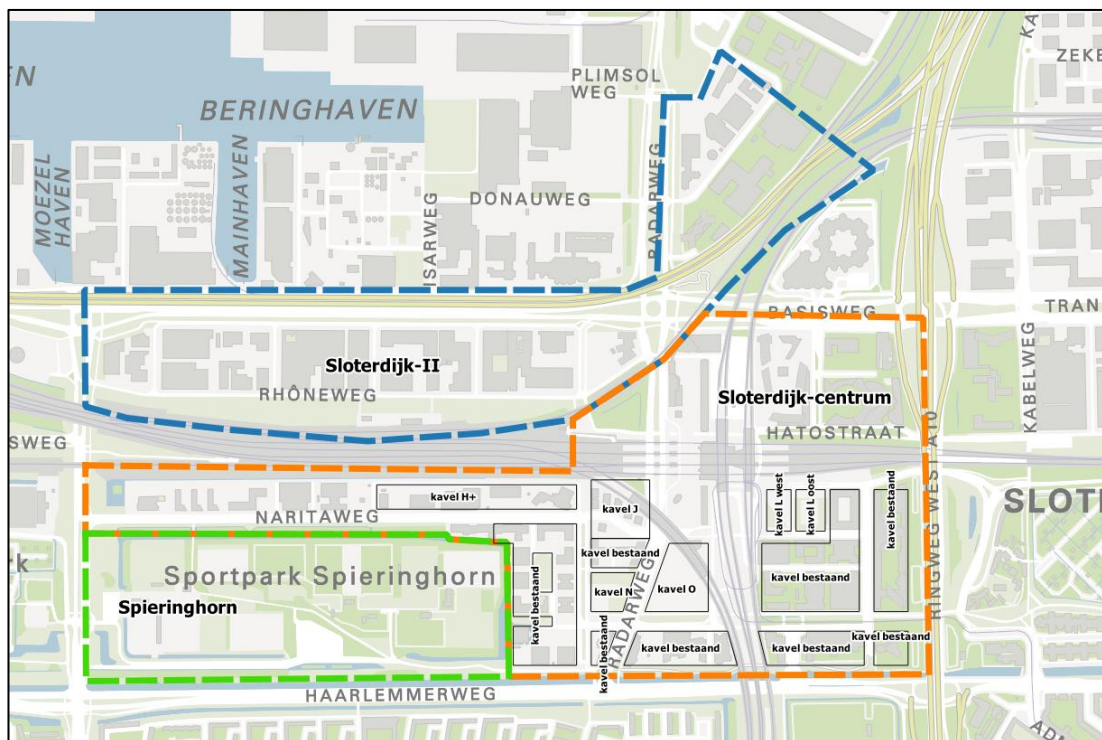
- aanleg van open water;
- integraal ophogen;
- grondverbetering, om een betere ontwatering te realiseren;
- aanpassing van bouwwijze of gebruik.
- Drainage (minst wenselijk)

De aanleg van open water, verplaatsen van watergangen of het dempen dient in overleg met de waterbeheerder (Waternet, als uitvoerende organisatie van waterschap Amstel, Gooi en Vecht) te gebeuren. De aanleg van drainage dient in overleg met Waternet te gebeuren als beheerder van de drainage in openbare ruimte.

Meer relevant beleid is beschreven in het watervisie Sloterdijk-centrum en Sloterdijk-II [14].

2 Gebiedsbeschrijving

Sloterdijk-centrum ligt aan de Westzijde van Amsterdam en grenst aan het Havengebied. Het projectgebied ligt tussen de Basisweg en de Haarlemmertrekvaart in en wordt aan weerszijde begrensd door de polders Spieringhorn aan de westzijde en het volkstuinpark Sloterdijkmeer aan de oostzijde. Middenin het gebied ligt het station Sloterdijk met de kruising van de sporen Amsterdam – Haarlem en Schiphol- Den Helder.



Figuur 2: Gebiedsindeling ontwikkelingen Sloterdijk. in oranje het Sloterdijk-centrumgebied.

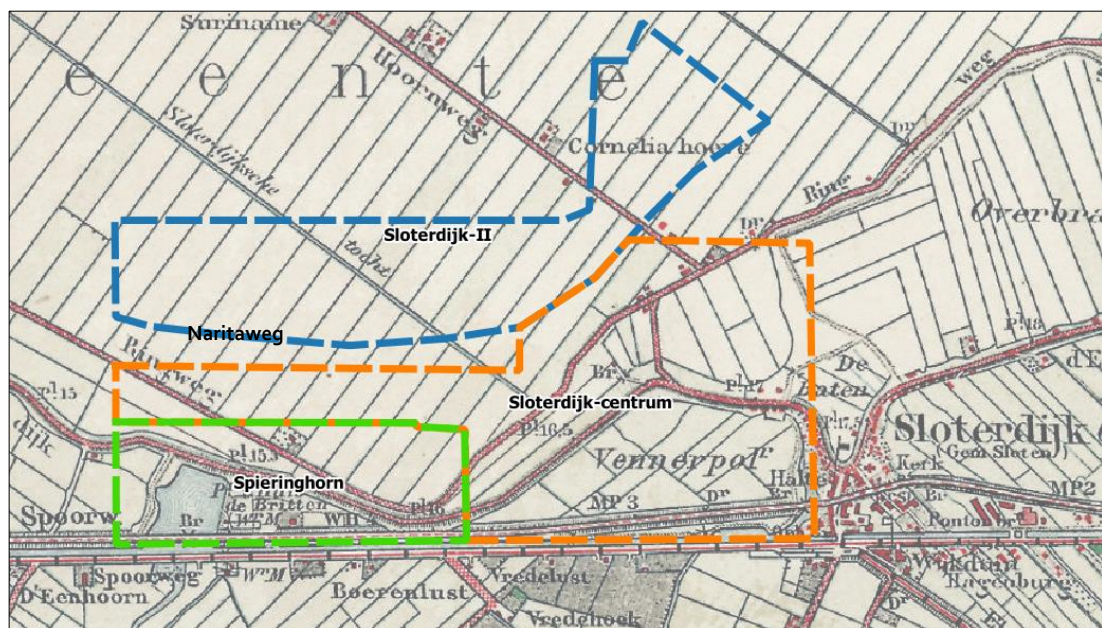
Dwars door het gebied lopen de restanten van de voormalige Spaarndammerdijk (zie figuur 3). De dijk is waarschijnlijk eind 12e eeuw aangelegd doordat het land te laag kwam te liggen als gevolg van veenontginning met overstromingen tot gevolg [1]. In het gebied dat buitendijks kwam te liggen was sprake van aanwas van klei totdat de IJpolders werden gerealiseerd bij het graven van het Noordzeekanaal in 1876. Vanaf de jaren 60 van de vorige eeuw is begonnen met het gebied integraal op te hogen. Belangrijke ontwikkelingen zijn geweest de aanleg van de A10 eind jaren 60, de bouw van kantoren vanaf de jaren 80 (Telepoort) en in 1986 het station Sloterdijk. De huidige plannen zijn gericht op verdichten en het verbeteren van de leefbaarheid [15, 28].

Uit de watersysteemanalyse van het aangrenzende gebied Spieringhorn [3] is gebleken dat de ontstaansgeschiedenis terug te vinden is in de bodemopbouw: ten noorden van de voormalige Spaarndammerdijk bestaat het oorspronkelijke maaiveld (direct onder de ophooglaag) uit klei en ligt het hoger dan het oorspronkelijke maaiveld aan de zuidzijde waar het oorspronkelijke

maaiveld uit veen bestaat. Sloterdijk-centrum ligt vrijwel geheel binnendijks van de oude Spaarndammerdijk. Het deel aan de Naritaweg heeft volledig buitendijks gelegen (figuur 4).



Figuur 3: Luchtfoto Sloterdijk 1971 [2] gezien ongeveer naar het westen.



Figuur 4: Kaart van Amsterdam en omgeving 1921 [4].

3 Grondwatermodellering

De grondwatermodellering is uitgevoerd met MicroFem. Met het grondwatermodel zijn grondwaterstandsberekeningen uitgevoerd voor de huidige situatie en de toekomstige situatie na realisatie van de ontwikkelingen. Hiertoe zijn 5 scenario's opgesteld, waarbij rekening is gehouden met een toename in verharding, de aanleg van kelders bij de te ontwikkelen kavels en met de klimaatverandering.

Benadrukt wordt dat het om een modelstudie gaat die de werkelijk zo goed als mogelijk nabootst op basis van beschikbare gegevens, en dat (lokale) afwijkingen tussen de modelsimulatie en de werkelijke toekomstige situatie kunnen optreden. Hoewel het model rekent met exacte waarden en locaties, moeten de berekende effecten worden gezien als orde groottes en de locaties als meest waarschijnlijke plek waar veranderingen plaats vinden. Daarnaast zal er altijd enige mate van onduidelijkheid zijn over de werking van drainage en ondergrondse constructies en is het niet exact bekend hoe het klimaat en de inrichting van het plangebied zich de komende jaren zal ontwikkelen.

Hieronder volgt een toelichting op de belangrijkste uitgangspunten gevolgd door een beschrijving van de scenario's en de resultaten. Een volledige beschrijving van het model met uitgangspunten en de aangehouden parameters is opgenomen in bijlage 1.

3.1 Uitgangspunten

3.1.1 Gebiedsafbakening

Het grondwatermodellering is uitgevoerd voor het deel tussen het spoor Amsterdam – Haarlem (noordelijke begrenzing) en de Haarlemmervaart (zuidelijke begrenzing), de polder Spieringhorn (westelijke begrenzing) en het volkstuinpark Sloterdijkmeer (oostelijke begrenzing) vanwege dat dit logische hydrologische grenzen zijn. De begrenzing is zo gekozen omdat de grondwaterstanden op de grenzen op peil worden gehouden door het oppervlaktewater aan de oost, west en zuidzijde van het model en door drainage onder het spoor aan de noordzijde.



Figuur 5: Sloterdijk –centrum (oranje) en overige deelgebieden. Afbakening grondwatermodel is rood omlijnd.

Het deel ter hoogte van de Naritaweg, tussen polder Spieringhorn en het spoor is niet meegenomen omdat het model hierdoor onnodig complex wordt. Dit deel wordt/is separaat berekend en gerapporteerd. Voor het deel ten noorden van het spoor wordt geadviseerd om deze mee te nemen in het grondwatermodel van Haven Stad en/of de modellering van het effect van de nieuw te graven gracht in de Basisweg.

3.1.2 Huidige situatie en ontwikkelingen

Voor de huidige situatie is uitgegaan van de GBKA 2014 (zie figuur 14 in bijlage 1) en de huidige aanwezige bebouwing. Het model is geijkt op basis van beschikbare peilbuisgegevens van Waternet en bekende locaties van drainages. Voor de ontwikkelingen van de bebouwing is uitgegaan van de basiskaart Sloterdijk-centrum uit 2017 [15], zie ook figuur 6. Per scenario is gerekend met- en zonder kelder ter hoogte van de toekomstige bebouwing.



Figuur 6: Bestaande bebouwde kavels en kavels die in de toekomst ontwikkeld worden, gebaseerd op [15].

3.1.3 Klimaatverandering

Om het gebied toekomstbestendig te maken wordt rekening gehouden met de verwachte klimaatontwikkelingen. Het KNMI heeft hiervoor in 2014 klimaatscenario's ontwikkeld en verwacht in 2021 met een update te komen op basis van nieuwe klimaatcijfers. Omdat nu al blijkt dat de klimaatverandering sneller gaat dan gedacht in 2014 en wereldwijde maatregelen om het tij te keren achterblijven, wordt uitgegaan van het worst case scenario: Warm Hoog 2085. In dit scenario neemt de neerslag in 2085 toe met ca. 30% [18].

3.1.4 Infiltratie

De belangrijkste randvoorwaarde voor infiltratie is (naast een goed doorlatende grond) dat de ontwateringsdiepte voldoende groot is om te kunnen infiltreren. In het model is een minimale ontwateringsdiepte van 1,5 m aangehouden. Met een gewenste gemiddelde grondwaterstand van 0,9 m onder maaiveld is er 0,6 m ruimte om te infiltreren. Ook is gekeken naar locaties waar de grondwaterstand op 2,0 m onder maaiveld ligt (en de infiltratieruimte 1,1 m is). De berekeningen geven potentiële infiltratiegebieden aan die verder moeten worden onderzocht als de plannen concreter zijn en de exacte maaiveldhoogtes ter plaatse van de locaties bekend zijn.

3.2 Scenario's

Met het model zijn in totaal 5 scenario's doorgerekend. Scenario 1 is de basis waarop is geijkt. Dit scenario is gebaseerd op de GBKA 2014 en de huidige aanwezige bebouwing en kelders voor zo ver bekend. Scenario 2 en 3 bevatten de volledige ontwikkeling onder huidige klimaatomstandigheden, met en zonder kelder. Scenario 4 en 5 bevatten de volledige ontwikkeling met en zonder kelder voor het klimaat van 2085 – wat voor het model inhoudt dat de neerslag met 30% toeneemt. Door de scenario's met elkaar te vergelijken (2 met 4 en 3 met 5) wordt het effect van de bebouwing en van het toekomstig klimaat op de grondwaterstand inzichtelijk gemaakt.

De scenario's staan in onderstaande tabel. Het jaartal voor scenario's 2,3,4 en 5 staat voor het klimaat van 2019 respectievelijk 2085. Scenario 4, waarbij alle kavels zijn onderkelderde en uitgegaan wordt van het klimaat van 2085, heeft het meeste effect op de grondwaterstand en wordt daarom gezien als "worst case" scenario.

Tabel 1: Modelscenario's

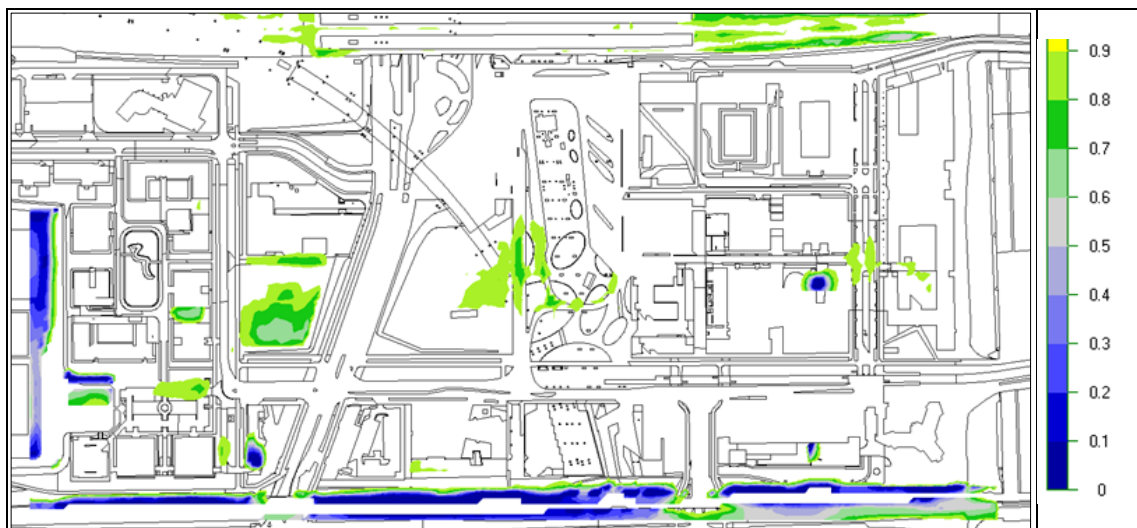
Scenario	Kelder	Neerslag
1 - Huidige situatie	Bestaande kelders	2019
2 - 2019 ontwikkeld met kelders	Bestaande en toekomstige kelders	2019
3 - 2019 ontwikkeld zonder kelders	Bestaande kelders	2019
4 - 2085 ontwikkeld met kelders (worst case)	Bestaande en toekomstige kelders	2085
5 - 2085 ontwikkeld zonder kelders	Bestaande kelders	2085

3.3 Resultaten

3.3.1 Huidige situatie

De gemodelleerde gemiddelde grondwaterstanden (GG) in scenario 1, liggen tussen NAP -1,0 m en NAP +0,0 m. De berekende gemiddelde hoogste grondwaterstanden (GHG) liggen tussen NAP -0,9 m en NAP +0,3 m. Het verschil tussen de GG en GHG varieert van enkele centimeters tot maximaal 0,3 m en hangt sterk samen met de aanwezige verharding. Op de vooralsnog onverharde kavels H+, J, N, O en L komen de sterkste grondwaterpieken voor in de GHG-situatie. De ontwatering in het gebied is over het algemeen groter dan 0,9 m en daarmee ruim voldoende (zie figuur 7). Hierbij is de gemodelleerde grondwaterstand vergeleken met AHN₃ [8], ingevlogen in 2014. Een recenter gebiedsdekkend maaiveldmodel is niet beschikbaar, waardoor er enkele afwijkingen kunnen zijn.

Ter plaatse van enkele laagtes in het maaiveld, bepaald op basis van de AHN, kan het voor komen dat in GHG-situatie de ontwatering minder is dan 0,9 m -mv. Deze locaties zijn weergegeven in figuur 7 (de 0,9 m ontwateringsnorm in GHG-situatie komt voort uit het beleid, zie het hoofdstuk Beleid). Deze locaties worden genoemd omdat plekken met een kleinere ontwatering dan in huidige situatie, kwetsbaarder kunnen zijn voor veranderingen in de toekomst. De belangrijkste locaties zijn het zuidelijke deel van het Carrascoplein, (deels) de braakliggende kavels ten oosten en westen van de Radarweg en de kruising Kingsfordweg met de Tempelhofstraat. Ook zijn er enkele laagtes ten westen van de Barajasweg. Nabij watergangen is de ontwatering ook vaak minder dan 0,9 m -mv vanwege het aflopende talud, maar vormt dit geen probleem.



Figuur 7: Scenario 1 (huidige situatie): Locaties met een ontwatering (GHG) kleiner of gelijk aan 0,9 m - mv. In de witte gebieden is de ontwatering (GHG) meer dan 0,9 m - mv.

Kanttekening bij de resultaten is dat de ontwatering in het gebied laag wordt gehouden door de veelvuldig aanwezige drainage (figuur 13).

3.3.2 Effect toename verharding en klimaat

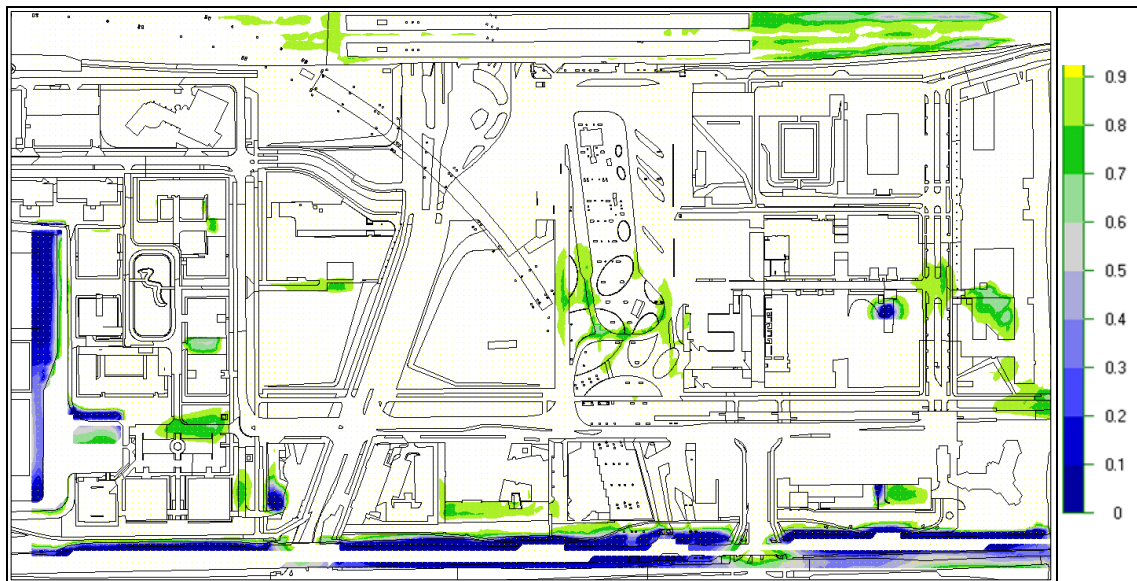
Op basis van de toekomstscenario's is het effect van de toename verharding en klimaat bepaald. Scenario's 2, 3, 4 en 5 zijn de toekomstscenario's waarbij het gebied volledig is bebouwd. De uitgangspunten en resultaten van de verschillende scenario's zijn in detail weergegeven in bijlage 1. Een belangrijk uitgangspunt voor de toekomstige situaties is dat de drainage in het plangebied ook in de toekomst blijft liggen en functioneert zoals het momenteel doet. Daarnaast is het huidige maaiveld (AHN3) gebruikt om de toekomstige ontwatering te berekenen. In tabel 2 zijn de grootste effecten kort weergegeven. Zie ook de figuren in de bijlage (zie laatste kolom in tabel 2) voor de locaties van de berekende verlaging en verhoging van de grondwaterstanden ten opzichte van de huidige situatie (scenario 1).

Tabel 2: Resultaten toekomstscenario's 2 t/m 5

Scenario	Daling grondwater (m)	locatie	Stijging grondwater (m)	locatie	Zie bijlage
2	Max. 0,4 Max. 0,2	Rondom kavels O, J en L Noord van kavel H+	Max. 0,4	Zuid van Kavel H+	Figuur 20
3	Max. 0,5 Max. 0,4	Tussen kavels O, J en N Tussen de L kavels	geen	geen	Figuur 21
4	Max. 0,25 Max. 0,2	Tussen de L kavels Noord van kavel O	Max. 0,45 0,05 / 0,15	Zuid van kavel H+ hele gebied	Figuur 22
5	Max. 0,3	Tussen kavels O, J, N en tussen kavels L	0,05 / 0,15	hele gebied	Figuur 23

Uit de resultaten blijkt dat aanleg van kelders zorgt voor een daling van het grondwater rond de kavels O, J en L. Dit effect wordt versterkt door de toename in verharding als gevolg van de ontwikkeling van de kavels en de daarmee gepaarde vermindering van de grondwateraanvulling. Bij kavel H+ wordt een daling aan de noordzijde van het kavel verwacht en een daling aan de zuidzijde door de verhardingstoename waardoor minder of geen water in het midden van het kavel infiltreert. De toename in neerslag als gevolg van klimaatverandering zorgt voor een algemene stijging van de grondwaterstand in het gebied en dempt de daling van grondwaterstand als gevolg van de verhardingstoename tussen de kavels O, J en N en tussen de L-kavels.

Scenario 4 wordt beschouwd als worst-case scenario, omdat rekening wordt gehouden met zowel kelderbouw als klimaatverandering en de ontwatering het kleinst is. De ontwatering van de worst-case scenario is weergegeven in figuur 8. Ten opzichte van de huidige situatie in figuur 7, is de ontwatering bij de kavels O en N verbeterd, omdat de ontwikkeling van de kavels zorgt voor een afname van de grondwateraanvulling. De overige locaties met een ontwatering kleiner dan 0,9 m –maaiveld zijn licht verslechterd. Een nieuwe locatie met een ontwateringsdiepte kleiner dan 0,9 m is de kruising van het fietspad onder de Ring A10.



Figuur 8: Locaties in scenario 4 (worst case) waar blijkt dat de ontwatering 0,9 m -mv is of kleiner (GHG-situatie) (gekleurd). In de witte gebieden is de ontwatering meer dan 0,9 m -mv.

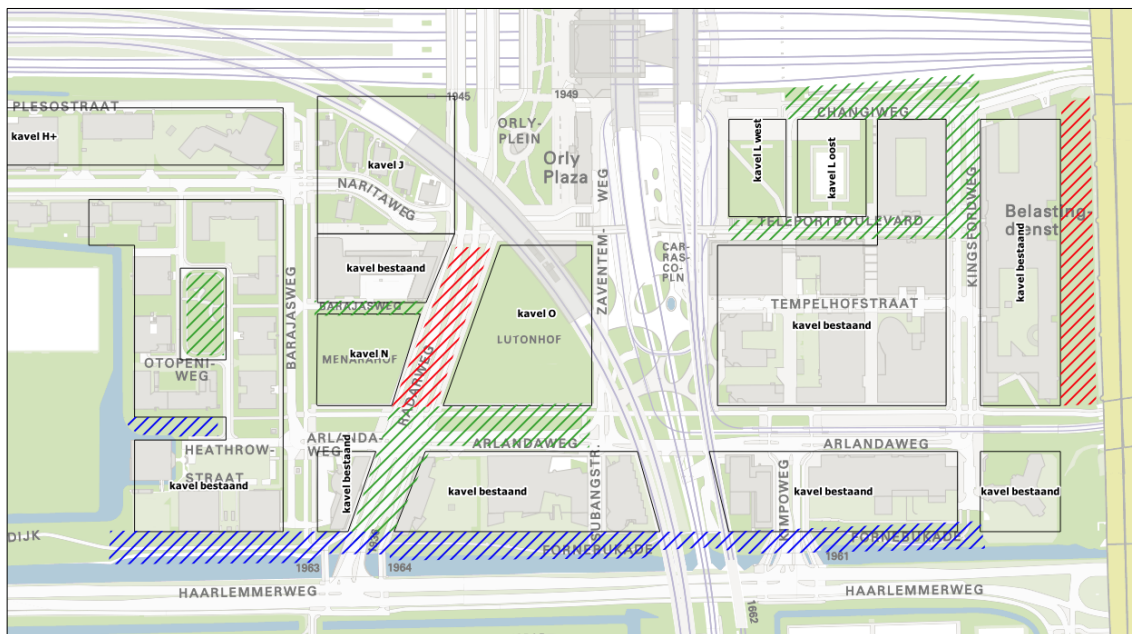
3.3.3 Kansrijke locaties voor infiltratie

Binnen het projectgebied is ook gekeken naar kansrijke locaties voor hemelwaterinfiltratie. Hierbij is de worst case scenario (scenario 4) als uitgangspunt genomen. In figuur 9 zijn de kansrijke locaties voor infiltratie aangegeven. Hierbij is rekening gehouden met de verwachte ontwatering in de toekomst welke zijn uitgewerkt in de bijlage in figuren 24 t/m 26. In figuur 9 staan in drie kleuren de verschillende mogelijkheden aangegeven waarop hieronder een toelichting volgt:

- In de groen gearceerde gebieden is infiltratie in de openbare ruimte door middel van bijvoorbeeld groenstroken in potentie mogelijk.
- De rood gearceerde delen op de Radarweg en langs de Ring A10 hebben een grote ontwateringsdiepte, echter maakt een steile maaiveldhelling infiltratie moeilijk. Het talud langs de ring maakt deel uit van het grondlichaam A10. Aanvoer van hemelwater naar dit gebied wordt niet realistisch geacht.
- In de blauw gearceerde gebieden, langs de watergang zijn mogelijkheden om deze in te richten voor vertraagde waterafvoer. Dit komt niet naar voren uit het grondwatermodel. Maar de brede groenstroken bieden ondanks de kleinere ontwatering toch mogelijkheden voor infiltratie of Rainproof oplossingen door de drainerende werking van de watergang.

NB 1: Er zijn geen duidelijk gebieden aan te wijzen die geschikt zijn voor grootschalige infiltratie. Wel lijken er mogelijkheden te zijn voor kleinschalige oplossingen.

NB 2: De infiltratie van hemelwater mag geen negatieve invloed hebben op de omgeving. Indien wordt gekozen voor een potentiële infiltratielocatie moet de effectiviteit en het effect op het grondwater in de omgeving verder worden onderzocht.



3.3.4 Effect op grondwaterhuishouding onder spoor Pro Rail

Opgemerkt wordt dat in het model aannames zijn gedaan met betrekking tot de drainage onder het spoor. Er is intensief contact geweest met Pro Rail en Waternet over de drainage en hieruit blijkt dat informatie over de huidige werking van de drainage en de diepteligging niet bekend is. Voor de grondwatermodellering is de ontwateringsdiepte van de drainage daarom geschat op basis van de modelkalibratie en deze komt uit op NAP -1,3 m, wat met een geschatte hoogteligging van het spoorbed (op basis van de AHN) tussen NAP -0,2 en NAP -0,6 m goed mogelijk is.

Het effect van de grondwatersituatie in de omgeving op het spoor is afhankelijk van de wijze waarop het spoor is gedraineerd. Deze informatie is nodig om een goede inschatting te kunnen maken van het effect. Het is goed mogelijk dat de huidige drainage onder het spoor afdoende is om grondwatereffecten af te vangen. Mocht blijken dat de huidige drainage onder het spoor niet afdoende is, dan kan overwogen worden om naast het spoor een sloot of drainage aan te leggen.

Wel wordt geconcludeerd dat het spoor lager ligt dan de omgeving, waardoor afstromend hemelwater uit de omgeving richting het spoor kan stromen. Bij de herinrichting van het gebied rondom het spoor moet er op worden gelet dat hemelwater niet richting het verlaagde spoor kan afstromen.

4 Conclusies & aanbevelingen

4.1 Conclusies

Effect toename verharding en onderkeldering:

- Door de toename in bebouwd oppervlak neemt de grondwateraanvulling af en dalen de grondwaterstanden met 0,1 tot 0,4 m rond de te ontwikkelen kavels. Uitgangspunt hierbij is dat het hemelwater dat op de verharding valt niet infiltreert.
- De daling bedraagt rondom kavels O en J en kavels L west en L oost ca. 0,3 m bij volledige onderkeldering (scenario 2) en 0,4 m zonder onderkeldering (scenario 3).
- Bij kelderbouw op kavel H+ (scenario 2) wordt als gevolg van barrièrewerking een stijging aan de zuidzijde berekend rond de 0,4 m. Echter moet dit met enige voorzichtigheid voor waarschijnlijk worden aangenomen vanwege dat de locatie aan de modelrand ligt waar randafwijkingen kunnen optreden.

Effect klimaatverandering:

- Door klimaatverandering neemt de neerslag toe wat zorgt voor een algemene stijging van de grondwaterstand in het gebied met ongeveer 0,1 m. De daling van de grondwaterstand rondom de kavels als gevolg van de toename in verharding wordt hierdoor grotendeels gecompenseerd. Bij onderkeldering van kavel H+ stijgt de grondwaterstand aan de zuidzijde van kavel H+ met ongeveer 0,5 m (NB hiervoor dezelfde opmerking als onder voorgaande conclusie voor kavel H+).

Effect op het spoor van Pro Rail:

- De gebiedsontwikkeling heeft op basis van deze modelberekening, nauwelijks effect op de grondwatersituatie onder het spoor.
- Bij de herinrichting van het gebied rondom het spoor moet er op worden gelet dat hemelwater niet richting het verlaagde spoor kan afstromen.

Gebieden die niet voldoen aan de norm

- Met het grondwatermodel zijn de locaties bepaald waar de ontwatering minder is dan de norm van 0,9 m-mv.
 - In de huidige situatie zijn dit: het zuidelijke deel van het Carrascoplein, (deels) de braakliggende kavels ten oosten en westen van de Radarweg, de kruising Kingsfordweg met de Tempelhofstraat en enkele laaggelegen plekken ten westen van de Barajasweg.
 - In de toekomstige situatie, waarbij rekening is gehouden met aanleg van kelders en klimaatverandering, zijn dit: het zuidelijke deel van het Carrascoplein, de kruising Kingsfordweg met de Tempelhofstraat, enkele laagtes ten westen van de Barajasweg en de kruising van het fietspad onder de Ring A10.

Infiltratiemogelijkheden:

- Met het model zijn de potentiële infiltratielocaties bepaald waar het grondwater meer dan 1,5 meter onder maaiveld staat. Hieruit blijkt dat er infiltratiemogelijkheden zijn in de: Teleportboulevard, Kingsfordweg, de kruising Arlandaweg/Radarweg en in het park bij Otopeniweg. Grootschalige infiltratiemogelijkheden zijn er niet in het gebied.
- Infiltratie langs het spoor (Changiweg) is niet wenselijk vanwege het mogelijk nadelig effect op het spoor.

4.2 Aanbevelingen

Grondwatermodel:

- Vanwege de hydrologische samenhang is het gebied van Sloterdijk-centrum ten noorden van het spoor is niet meegenomen in het grondwatermodel. De analyse van het grondwatersysteem ten noorden van het spoor dient te gebeuren in combinatie met de gebiedsontwikkeling Havenstad en de toekomstige watergang in de Basisweg.
- Waternet merkt op dat de gehanteerde hydraulische weerstand van de deklaag te laag is. In een vervolgstudie dient een gevoeligheidsanalyse te worden gedaan en indien daar aanleiding toe is de weerstand te worden geverifieerd.
- Ten behoeve van het investeringsbesluit moet een gevoeligheidsanalyse worden uitgevoerd m.b.t. drainage door het model door te rekenen zonder drainage in de openbare ruimte.

Infiltratie:

- Bij het verder uitwerken van potentiële infiltratielocaties dient goed te worden gekeken naar de effectiviteit en de (grondwater)effecten in de omgeving.

Drainage:

- In het gebied is veel drainage aanwezig, dit houdt de grondwaterstanden in het gebied laag. In de advisering is het uitgangspunt dat de drainage in stand blijft en dezelfde werking behoudt in de toekomst (scenario 2085). Het beleid is echter dat bij nieuw te ontwikkelen gebieden drainage in de openbare ruimte zoveel mogelijk moet worden opgeheven. Aanbeveling is daarom om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren door het model door te rekenen zonder drainage en het huidige drainagesysteem in Sloterdijk Centrum te optimaliseren en zo veel als mogelijk te beperken.
- Er zijn geen gegevens bekend over de werking, lozingspunten en (diepte)ligging van de drainage onder het spoor. De aannames die gedaan zijn in deze rapportage en het grondwatermodel dienen in het ontwerpproces geverifieerd te worden.

Monitoring:

- Ter hoogte van het Carascoplein zijn signalen van hoge grondwaterstanden. Dit komt niet duidelijk terug in het model. Advies is daarom om het peilbuizennetwerk in en rondom het Carascoplein te verdichten en uit te rusten met dataloggers waarmee hoog-frequente metingen kunnen worden uitgevoerd. Dit dient te gebeuren in overleg met Waternet.

- Aanbevolen wordt om peilbuizen te plaatsen aan de noordzijde van het spoor, zodat ter zijner tijd ook daar de effecten van de ontwikkelingen op het grondwatersysteem kunnen worden geanalyseerd. Momenteel zijn hier er geen grondwatergegevens bekend.
- Bij voorkeur wordt het peilbuizen netwerk in het gehele gebied geoptimaliseerd door Waternet zodat er structureel en langjarig wordt gemeten.

Maaiveld:

- De huidige en toekomstige ontwatering in het gebied is bepaald aan de hand van de AHN₃, als er nieuwe maaiveldontwerpen zijn kan de verwachte toekomstige ontwatering worden bijgewerkt.

Rainproof:

- Geadviseerd wordt bij herinrichting van de openbare ruimte ook te kijken naar een goede gebiedsbrede Rainproofinrichting. Eventuele Rainproofoplossingen kunnen samenhangen met infiltratie.

Bijlage 1 - Grondwatermodel

Inleiding

Om het effect van ontwikkeling op de grondwaterstand te kunnen kwantificeren is een grondwatermodel opgezet. Met dit model zijn grondwaterstandsberekeningen uitgevoerd voor de huidige situatie en de toekomstige situatie na realisatie van de ontwikkelingen. Het verschil in modeluitkomst wordt als het effect van de ontwikkeling beschouwd. Het model wordt ook voor een toekomstig klimaat berekend, om het effect van klimaatverandering in te kunnen schatten. Tevens is aan de hand van toekomstige ontwateringssituatie gekeken naar potentiële infiltratielocaties.

Begrenzing grondwatermodel

Het grondwatermodel is opgezet met softwarepakket MicroFEM. De grondwatermodellering van het gebied is in twee delen gesplitst vanwege de hydrologische begrenzing en het hanteerbaar houden van het model (figuur 10). Het MicroFem model voor Sloterdijk-centrum (voor het deel bezuiden het spoor) is begrensd door hydrologische randen: Aan de noordzijde het spoor, waar een drain onder ligt met een onbekende drainagehoogte (NAP -1,3 m aangehouden op basis van 0,8 m - spoorhoogte). Aan de zuidzijde de Haarlemmervaart (peil op NAP -0,6m), aan de westzijde polder Spieringhorn (aangehouden peil NAP -1,0 m) en aan de oostzijde het volkstuinenpark Sloterdijkmeer (peil op NAP -2,15 m) [14/20].



Figuur 10: Begrenzing grondwatermodel o.b.v. hydrologische grenzen.

Het deel van de Naritaweg is het makkelijkst te modelleren met analytische formules omdat het een langgerekt perceel is met twee evenwijdige sloten, waarvoor standaardoplossingen bekend zijn. Dit wordt separaat gerapporteerd. Het deel ten noorden van het spoor moet in samenhang worden gezien met de ontwikkelingen van Havenstad en de aanleg van de watergang in de Basisweg en is daarom buiten beschouwing gelaten.

Uitgangspunten grondwatermodel

In de grondwaterberekeningen zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

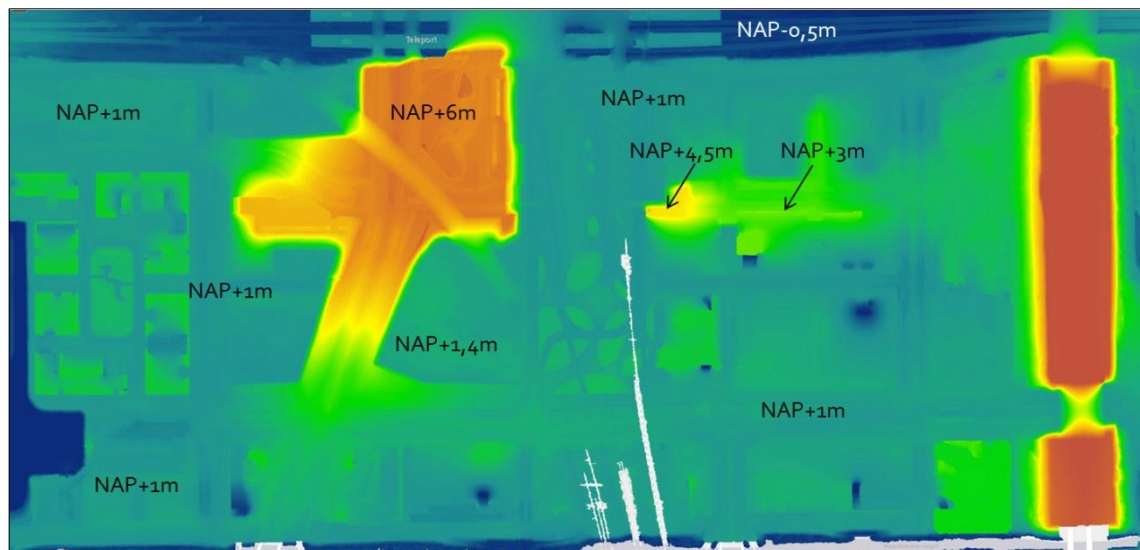
- Bij het bepalen van de grondwateraanvulling is uitgegaan van de GBKA 2014 (figuur 14).
- Voor de huidige bebouwing zijn kelders opgenomen conform de Basiskaart SC ondergrondse parkeerbakken [15]. Deze zijn als volledig niet waterdoorlatend meegenomen (figuur 11).
- Voor de scenario's met toekomstige ontwikkelingen is de GBKA aangepast waarbij de nieuw te ontwikkelen kavels als gesloten verharding zijn opgenomen (aanvulling grondwater = 0: hemelwater op verharding stroomt niet af en infiltreert niet naar het grondwater).
- Voor de toekomst scenario's zijn de kelders opgenomen onder de gehele te ontwikkelen kavels (figuur 11).
- De kelders onder zowel de huidige als toekomstige bebouwing zijn volledig ondoorlatend voor water en sluiten de freatische topzandlaag over de gehele dikte af.
- Het gehanteerde klimaatscenario is Warm Hoog (WH) van het KNMI (worst-case scenario m.b.t. neerslag). Dit betekent dat gerekend is met een toename van de gemiddelde neerslag met +30% in de toekomst (jaar 2085). Zie [18], tabel 3 en bijlage 2.
- De gehanteerde gewasfactor voor onverhard is 1 en voor verhard 0,1.
- De afvoercoëfficiënt van open verharding is 0,9 en de afvoercoëfficiënt van onverhard is 0,15.
- De ontwateringsdiepte in de huidige en toekomstige scenario's wordt bepaald aan de hand van de AHN3, ingevlogen in 2014 (figuur 12). Gebiedsdekkende maaiveldhoogte van latere jaren is niet beschikbaar, waardoor er enkele afwijkingen kunnen zijn.
- De locaties van de drainages, zijn bepaald o.b.v. de digitale kaart van Waternet (figuur 13) [21].
- Ook is er, op basis van gegevens van ProRail [32] drainage opgenomen onder het spoor aan de noordzijde van het model. De drainagehoogte is onbekend en bepaald op basis van ijking.
- De bodemopbouw is opgesteld aan de hand van verschillende bodemonderzoeken [8/12/29/30/31], de bodemopbouw is geschematiseerd weergegeven in Tabel 5 tabel 5.
- De berekening is uitgevoerd voor:
 - Stationaire situaties, om de gemiddelde grondwaterstand (GG) te berekenen.
 - Niet stationaire situaties, voor een periode van 10 dagen met hoge neerslag, om de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) te berekenen.

Tabel 3 Gehanteerde grondwateraanvulling

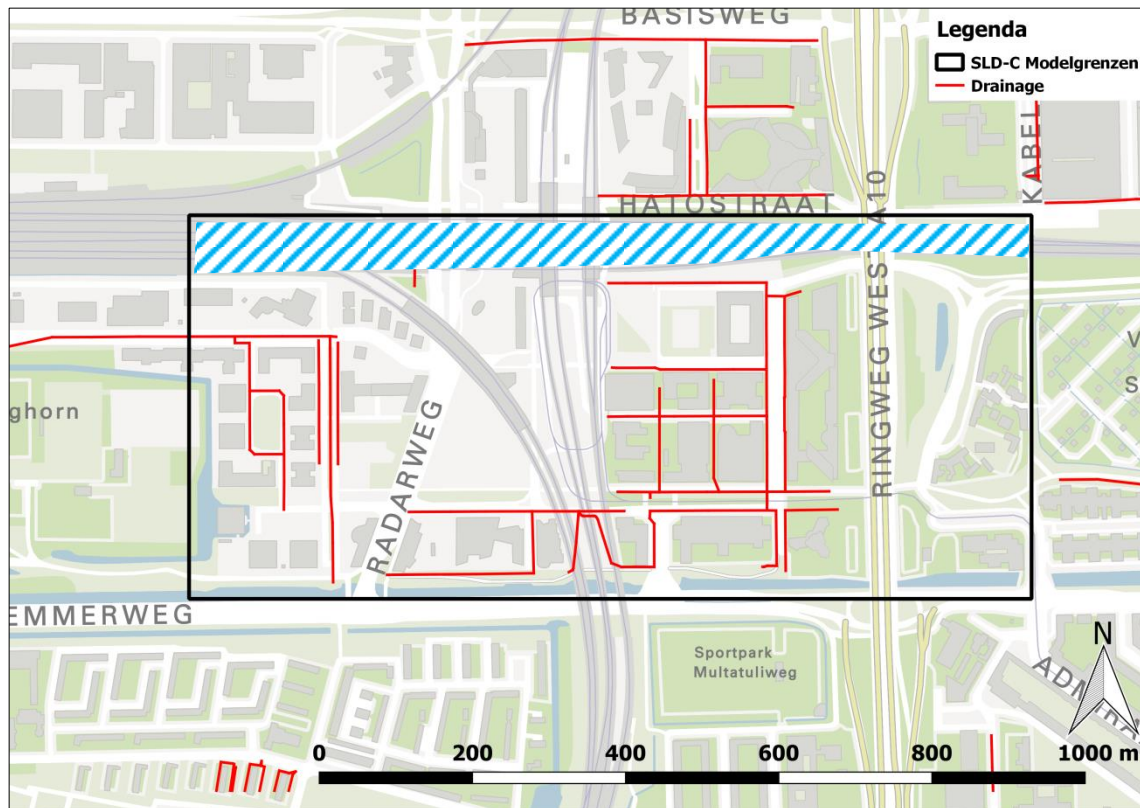
	2019		2085 (2019 met klimaattoeslag)	
	Gemiddelde [mm/dag]	10-daagse piek [mm/dag]	Gemiddelde [mm/dag]	10-daagse piek [mm/dag]
Gesloten verharding of bebouwing	0	0	0	0
Open verharding	0,22	0,83	0,29	1,04
Onverhard	0,70	6,78	1,29	8,55



Figuur 11: Bestaande kelders (rood) - aangehouden als niet doorlatend in alle scenario's - en toekomstige kelders (blauw) - aangehouden als niet waterdoorlatend in scenario 2 en 4.

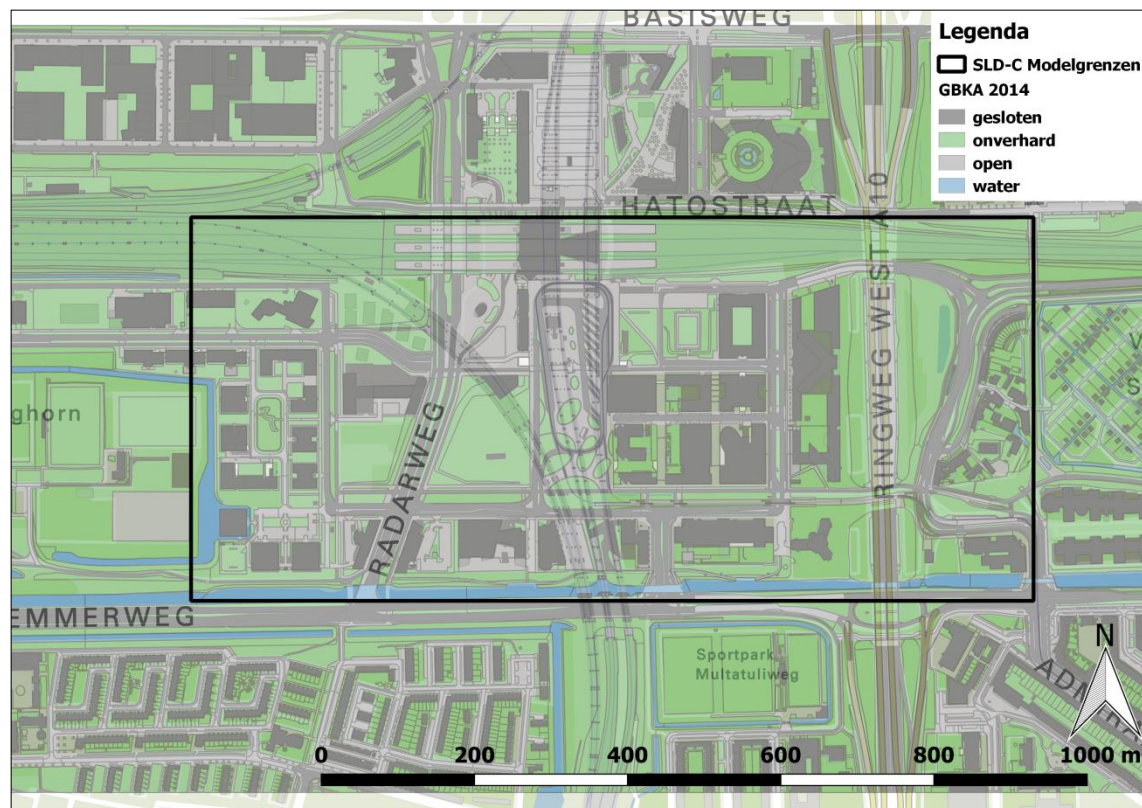


Figuur 12: Maaiveldhoogte rondom Sloterdijk AHN3 (2014). Het grootste deel ligt rondom NAP +1,0 m.



Figuur 13: Locaties drainages in het grondwatermodel gebruikt voor ijking [21], met in rood de Waternet drainage en in blauw de drainage onder het spoor.

De drainerende werking van drainagesystemen is sterk afhankelijk van de ouderdom, onderhoudstoestand en locatie; deze factoren zijn niet bekend. De huidige werking van de drainage is verdisconteerd in de ijking van het grondwatermodel. Indien de drainagesystemen worden uitgeschakeld, verstopt raken of beschadigen, kunnen veranderingen in de grondwaterstand optreden die niet in de grondwatermodellering zijn meegenomen. Het uitgangspunt is dat de drainerende systemen (riolen, drainage) in het plangebied ook in de toekomst blijven functioneren zoals ze momenteel doen.

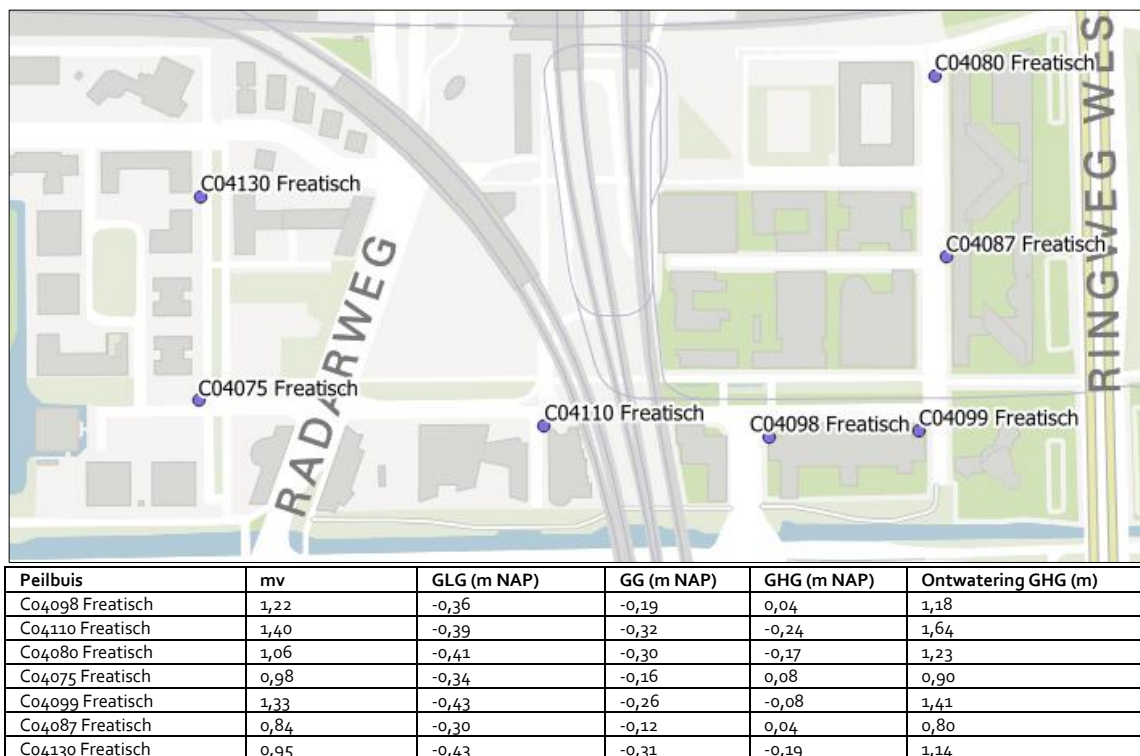


Figuur 14: Indeling GBKA 2014 [22].

Tabel 4 Gehanteerde modelparameters

Parameter	Eenheid	Waarde	Bron
Basis topzandlaag	m NAP	-2,0	Bodemonderzoeken [8/12/29/30/31]
Doorlatendheid topzandlaag (k)	m/d	5	Kalibratie (en model Kavel O) [27]
Freatische bergingscoëfficiënt (s)	-	0,1	Grondwater kengetallen [23]
Grondwaterstand (freatisch) in peilbuizen tbv ijking	m NAP	Verschillend	Meetreeksen Waternet peilbuizen [19] (Figuur 15)
Stijghoogte (h)	m NAP	-2,3	Peilbuismetingen [19] en isohypsen [25]
Weerstand (c) kleilaag	Dagen	2.000*	NHI data portaal [26]
Drainageweerstand opp.water	Dagen	100	kalibratie
Drainage peil onder spoor	m NAP	-1,3	1 m onder spoorbaan (kalibratie)
Drainage peil overige drains	m NAP	-0,2	kalibratie
Grondwateraanvulling	mm/d	Zie tabel	KNMI [18]
Peil en locatie watergangen	m NAP	Verschillend	Leggers [20 en 24]

* Waternet merkt op dat dit te laag is. De weerstand van de deklaag dient daarom op gevoeligheid te worden geanalyseerd en zo nodig te worden geverifieerd.



Figuur 15: Waternetpeilbuizen gebruikt voor ijking.

Tabel 5 Modellagen

Modellaag	Dikte	k	C	Stijghoogte
	m	m/d	dagen	m NAP
1 (freatische zandlaag)	variabel*	5**	-	Variabel
2 (freatische zandlaag)	0,5	5**	-	Variabel
3 (slecht doorlatende laag)	-	-	2000	-
4 (WVP 1)	-	500	-	-2,3

* Variabel, de dikte van het freatische pakket is verschillend per locatie vanwege maaiveldhoogte.

** Op basis van kalibratie.

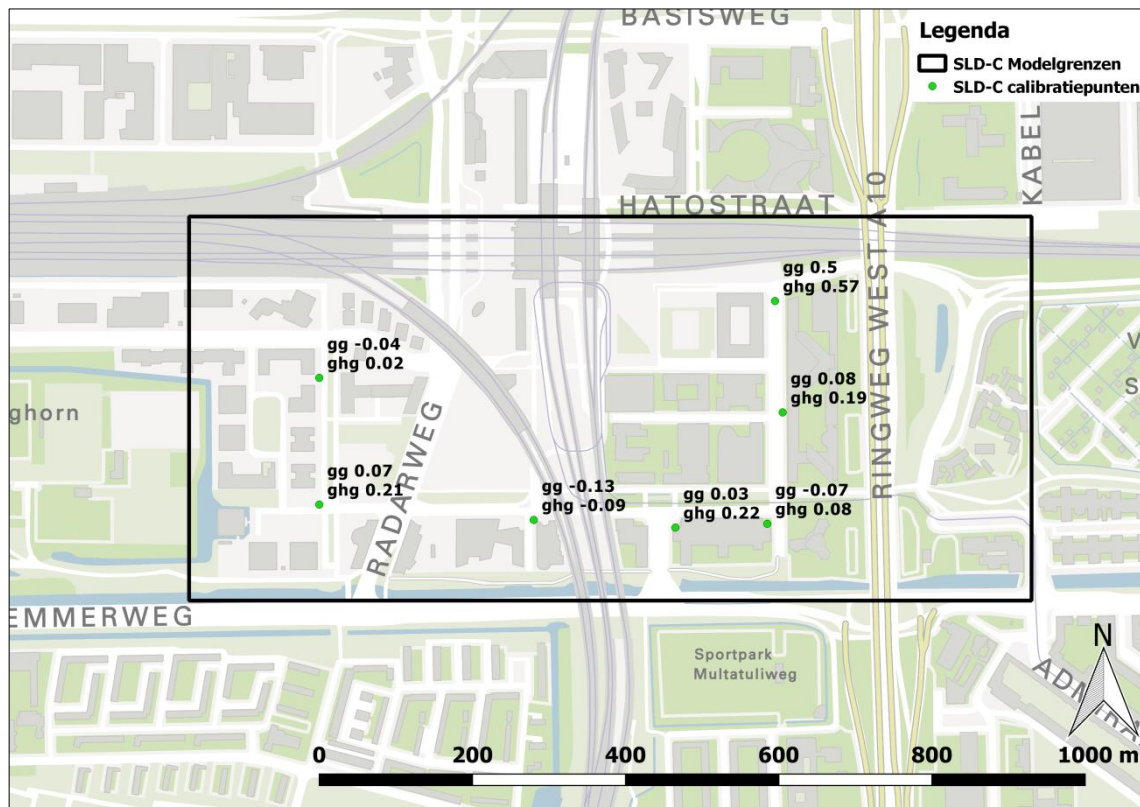
In het model is de freatische topzandlaag verdeeld in 2 lagen. De bovenste laag is freatisch en heeft een variabele doorlatendheid, afhankelijk van de verzadigde dikte. De onderste laag is verzadigd en wordt o.a. gebruikt om grondverbetering onder de kelders te kunnen modelleren.

IJking grondwatermodel

Met het grondwatermodel kunnen grondwaterstanden berekend worden op basis van een set parameters. Met een deel van de parameters wordt gevarieerd (geijkt) totdat de simulaties van het grondwatermodel de werkelijke (gemeten) grondwaterstanden zo nauwkeurig mogelijk benaderen. Voor de ijking zijn lange meetreeksen uit Waternet peilbuizen gebruikt [19].

Er kunnen (lokale) afwijkingen optreden tussen de modelsimulatie en de werkelijke toekomstige situatie. De beschikbare grondwaterreeksen zijn tekort voor een grondige statistische analyse en er zijn lokale variaties in de bodemopbouw en -eigenschappen. Daarnaast zal er altijd enige mate van onduidelijkheid zijn over de werking van drainage en ondergrondse constructies. Het is niet exact bekend hoe het klimaat en de inrichting van het plangebied zich de komende jaren zal ontwikkelen. In de advisering moet hiermee rekening worden gehouden door enige marge aan te houden op de modelresultaten.

In de onderstaande figuren is het geijkte grondwatermodel weergegeven in de situatie met gemiddelde grondwaterstanden en GHG.



Figuur 16: IJkafwijking (m) van het grondwatermodel t.o.v. de peilbuismetingen (GG en GHG situatie) in het gebied Sloterdijk-centrum. positief=berekende grondwaterstand is te laag, negatief=berekende grondwaterstand is te hoog.

De GHG is gebaseerd op de GHG/GLG-definitie in [11]. Daarbij is de GHG bepaald aan de hand van de hoogste 93,75 percentiel van de metingen.

De berekende hoge grondwaterstand wijkt bij de meeste locaties -0,2 tot +0,2 m af van de 93,75 percentiel van de gemeten grondwaterstanden in de peilbuizen in de omgeving van de projectlocatie. Tijdens een kortdurende pieksituatie is de grondwaterstand sterker afhankelijk van de lokale omstandigheden. Het oplopen van enkele ijkafwijkingen bij GHG is daarom niet ongewoon. Uitzondering is de peilbuis in het noordwesten van het gebied (Co4130). De hier

gemodelleerde grondwaterstanden zijn circa 0,5 m lager dan gemeten. Op deze locatie is een drainage in het model aanwezig. De werking van de drainage kan lokaal verschillen en kan meetreeks beïnvloeden, dit kan een vertekend beeld opleveren.

Op basis van deze “ijkafwijking” wordt het model nauwkeurig genoeg geacht om het relatieve effect van de ontwikkeling in Sloterdijk-centrum op de grondwaterstand te berekenen.

Aandachtpunten modelijking

Dit model en de gekozen parameters zijn bruikbaar om veranderingen in de grondwaterstanden in het plangebied Sloterdijk-centrum te bepalen. Het model en de gebruikte parameters zijn niet geschikt voor gebiedsstudies buiten het plangebied of om op binnen het plangebied op kleine schaal grondwaterberekeningen (bijvoorbeeld een bemaling) mee door te rekenen, hiervoor is het model niet gedetailleerd genoeg.

Bijlage 2 - Indicatieve grondwatertoets

Inleiding

Deze indicatieve grondwatertoets is bedoeld om de eerste effecten van de nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen in het plangebied op de freatische grondwaterstand inzichtelijk te maken. Er zijn nog veel ontwerpvrijheden, zoals maaiveldhoogte, kavelontwerpen, onderkeldering, verharding en infiltratievoorzieningen. Ook is onderzocht of, en zo ja, welke locaties eventueel geschikt zijn voor infiltratie van hemelwater.

Tabel 6 Modelscenario's

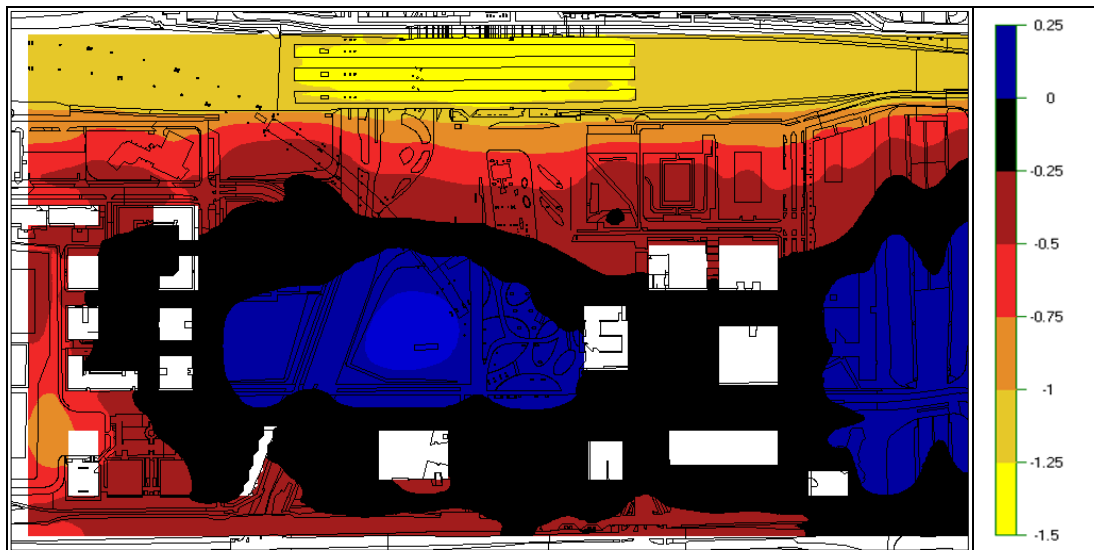
Scenario	Kelder	Neerslag
1 - Huidige situatie	Bestaande kelders	2019
2 - 2019 ontwikkeld met kelders	Bestaande en toekomstige kelders	2019
3 - 2019 ontwikkeld zonder kelders	Bestaande kelders	2019
4 - 2085 ontwikkeld met kelders (worst case)	Bestaande en toekomstige kelders	2085
5 - 2085 ontwikkeld zonder kelders	Bestaande kelders	2085

Scenario 1 – huidige situatie

De gemodelleerde gemiddelde grondwaterstanden (GG – s1 huidige situatie) in het Sloterdijk-centrum gebied liggen tussen NAP -1,0 m en NAP +0,0 m (GG). De gemodelleerde gemiddelde hoogste grondwaterstanden (GHG) in het Sloterdijk-centrum gebied liggen tussen NAP -0,9 m en NAP +0,3 m.



Figuur 17: Gemiddeld grondwaterstand (GG) in meter t.o.v. NAP voor Scenario 1 – huidige situatie. De lege vakken zijn de locaties van de kelders.

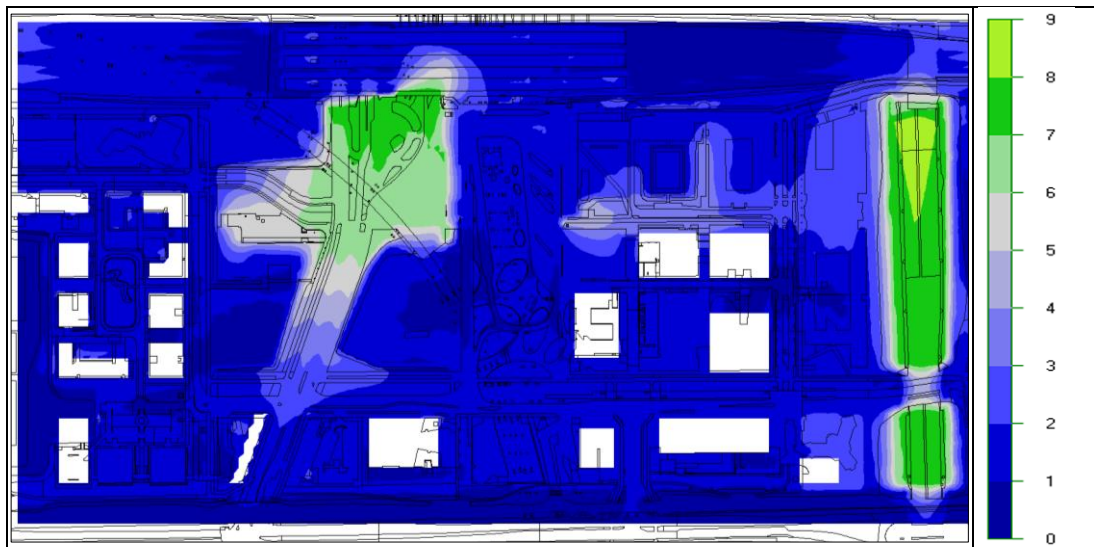


Figuur 18: Gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) in m t.o.v. NAP voor Scenario 1 – huidige situatie. De lege vakken zijn de locaties van de kelders.

Op basis van de berekende grondwaterstand en de hoogte van maaiveld (AHN₃) is de ontwateringsdiepte bepaald. In het grootste gedeelte van het gebied Sloterdijk-centrum is de ontwateringsdiepte tussen 1 en 2 m-mv.

Kanttekening bij de resultaten is wel dat de ontwatering in het gebied laag wordt gehouden door de veelvuldig aanwezige drainage (figuur 13). Het uitgangspunt voor de huidige en toekomstige situatie is dat de drainage in het plangebied ook in de toekomst blijft liggen en functioneert zoals het momenteel doet.

NB Waternet merkt op dat bij nieuw te ontwikkelen gebieden drainage zoveel mogelijk moet worden opgeheven. In een vervolgonderzoek kan onderzocht worden wat het effect is van de drainage op het grondwatersysteem en hoe het drainagesysteem kan worden geoptimaliseerd. Waternet heeft tevens aangegeven dat de werking van het drainagesysteem niet bekend is en dat deze kan worden nagegaan door over langere periode op meerdere plekken de grondwaterstand te meten. Het huidige grondwatermeetnet is daar niet geschikt voor waardoor het meetnet zou moeten worden uitgebreid.

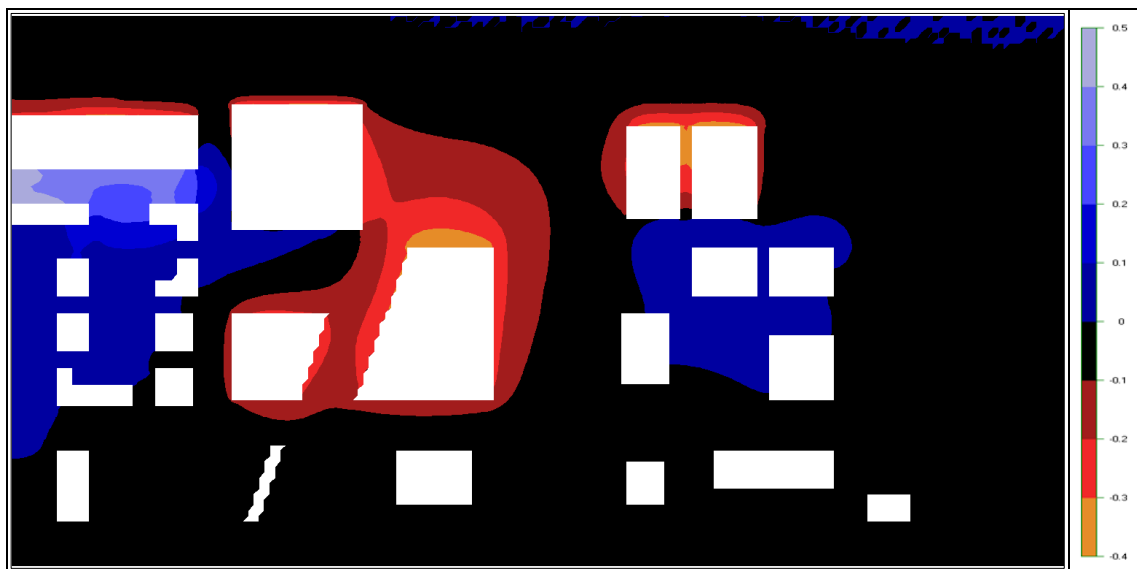


Figuur 19: Ontwateringsdiepte in m-mv voor Scenario 1 – huidige situatie (GHG situatie). De lege vakken zijn de locaties van de kelders.

Hieronder zijn de effecten van toekomstige scenario's vergeleken met de huidige situatie, op basis van de verschil in GHG t.o.v. de huidige situatie.

Scenario 2 – ontwikkeld met kelders, huidig klimaat

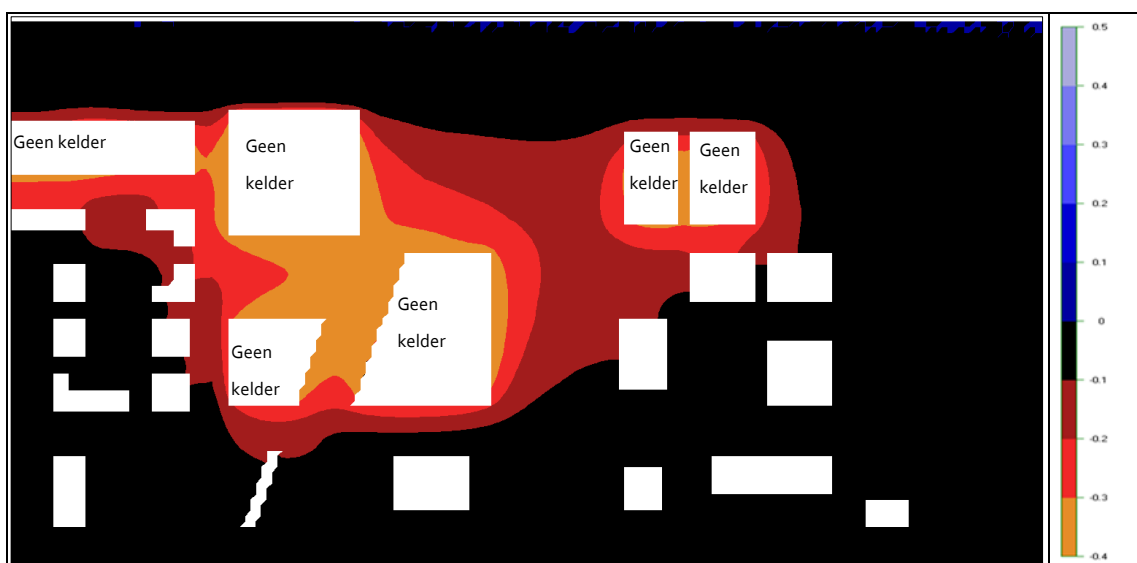
In scenario 2 is de grondwaterstand berekend voor het huidig klimaat, waarbij de te ontwikkelen kavels volledig zijn onderkelderd. Door de toename in bebouwd oppervlak neemt de grondwateraanvulling af, en dalen de grondwaterstanden rondom kavels O en J en kavels L west en L oost, met maximaal circa 0,4 m. De kelders onder kavel H+ en kavel J vormen een blokkade voor de grondwaterafstroming richting de drainage onder het spoor. Hierdoor neemt de grondwaterstand ten noorden van kavel H+ af met maximaal 0,2 m, en neemt de grondwaterstand ten zuiden van de kavel toe met maximaal 0,4 m. Opgemerkt wordt dat de verhoging bij de H-locatie aan de modelrand ligt, waardoor de betrouwbaarheid van de berekende waarde afneemt. De veranderingen in grondwaterstanden rondom kavel J volgen hetzelfde patroon maar zijn kleiner in omvang. Voor naamgeving van de verschillende kavels, zie figuur 6.



Figuur 20: Verandering (m) in grondwaterstand in Scenario 2 t.o.v. de huidige situatie (GHG situatie). De lege vakken zijn de locaties van de kelders en/of te ontwikkelen kavels. (negatief/rood = daling grondwater, positief/blauw = stijging grondwater).

Scenario 3 – ontwikkeld zonder kelders, huidig klimaat

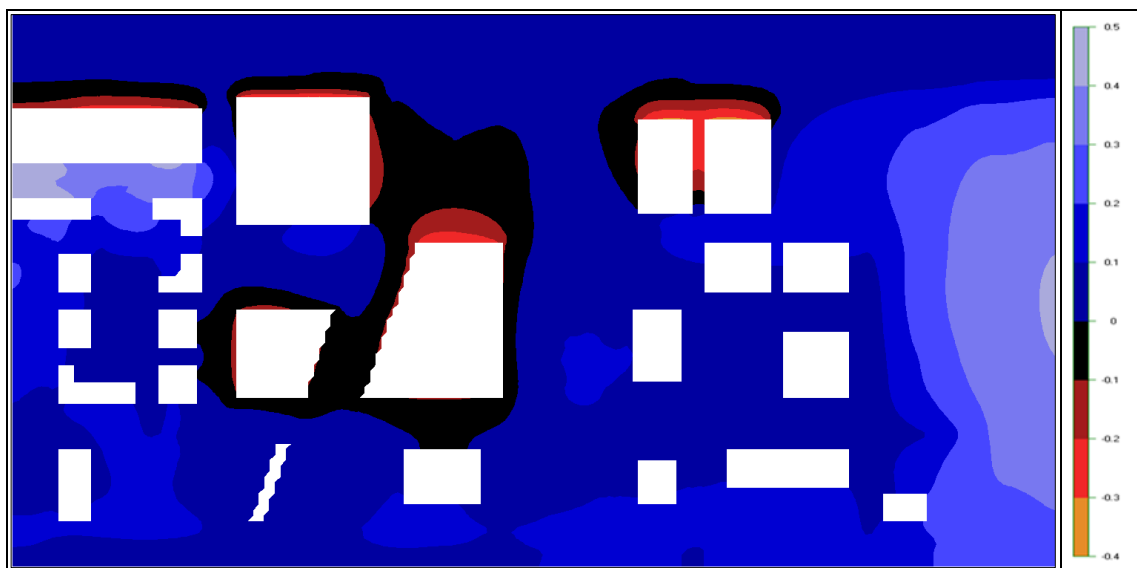
In scenario 3 is de grondwaterstand berekend voor het huidig klimaat, waarbij de te ontwikkelen kavels niet zijn onderkelderd. Door de toename in bebouwd oppervlak ten opzichte van de huidige situatie, neemt de grondwateraanvulling af en dalen de grondwaterstanden. De grootste daling is ten westen van kavel O en bedraagt circa 0,5 m.



Figuur 21: Verandering (m) in grondwaterstand in Scenario 3 t.o.v. de huidige situatie (GHG situatie). De lege vakken zijn de locaties van de kelders en/of te ontwikkelen kavels. (negatief/rood = daling grondwater, positief/blauw = stijging grondwater).

Scenario 4 – ontwikkeld met kelders, 2085 klimaat

In scenario 4 is de grondwaterstand berekend voor het 2085 klimaat, waarbij de te ontwikkelen kavels zijn volledig onderkelderde. Het patroon van veranderingen t.o.v. de huidige situatie is hetzelfde als in Scenario 2. Door de toename in bebouwd oppervlak neemt de grondwateraanvulling af, en dalen de grondwaterstanden. Echter, door toename in neerslag is de daling in grondwaterstanden rondom de bebouwde kavels kleiner en stijgt de grondwaterstand in de rest van het gebied met gemiddeld 0,1 m. De grootste daling in grondwaterstanden is tussen kavels L west en L oost, en bedraagt circa 0,25 m. De grootste stijging in grondwaterstand is ten zuiden van kavel H+ en bedraagt circa 0,45 m (mogelijk dat de waarde sterk afwijkt doordat het aan de modelrand ligt).

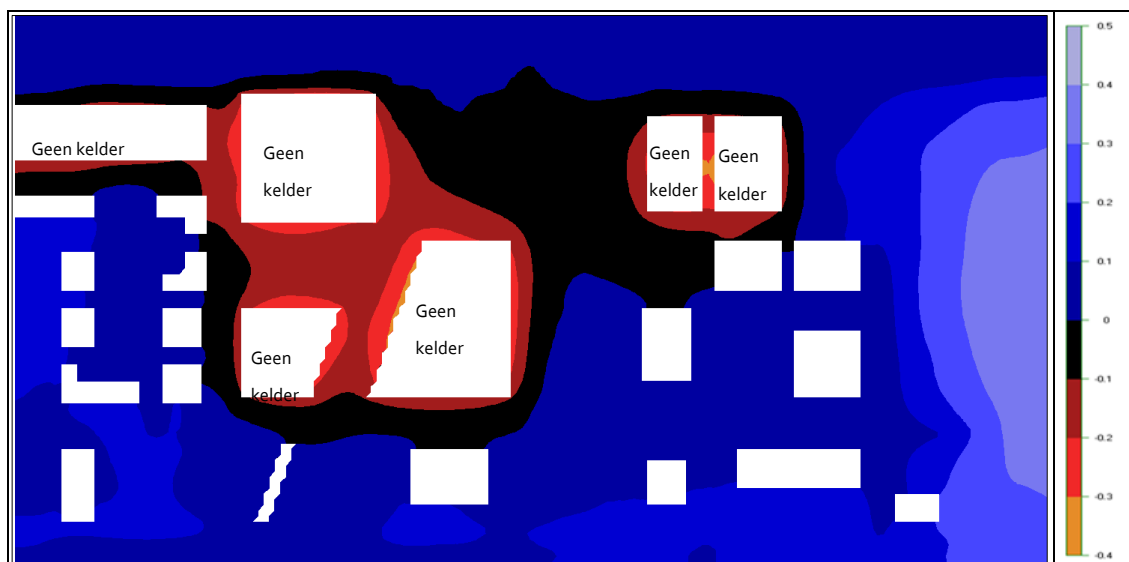


Figuur 22: Verandering (m) in grondwaterstand in Scenario 4 t.o.v. de huidige situatie (GHG situatie). De lege vakken zijn de locaties van de kelders en/of te ontwikkelen kavels. (negatief/rood = daling grondwater, positief/blauw = stijging grondwater).

Scenario 5 – ontwikkeld zonder kelders, 2085 klimaat

In scenario 5 is de grondwaterstand berekend voor het 2085 klimaat, waarbij de te ontwikkelen kavels niet onderkelderde zijn. Het patroon van veranderingen t.o.v. de huidige situatie is hetzelfde als in scenario 3. Door de toename in bebouwd oppervlak neemt de grondwateraanvulling af, en dalen de grondwaterstanden. Echter, door toename in neerslag is de daling in grondwaterstanden rondom de bebouwde kavels kleiner en stijgt de grondwaterstand in de rest van het gebied. De

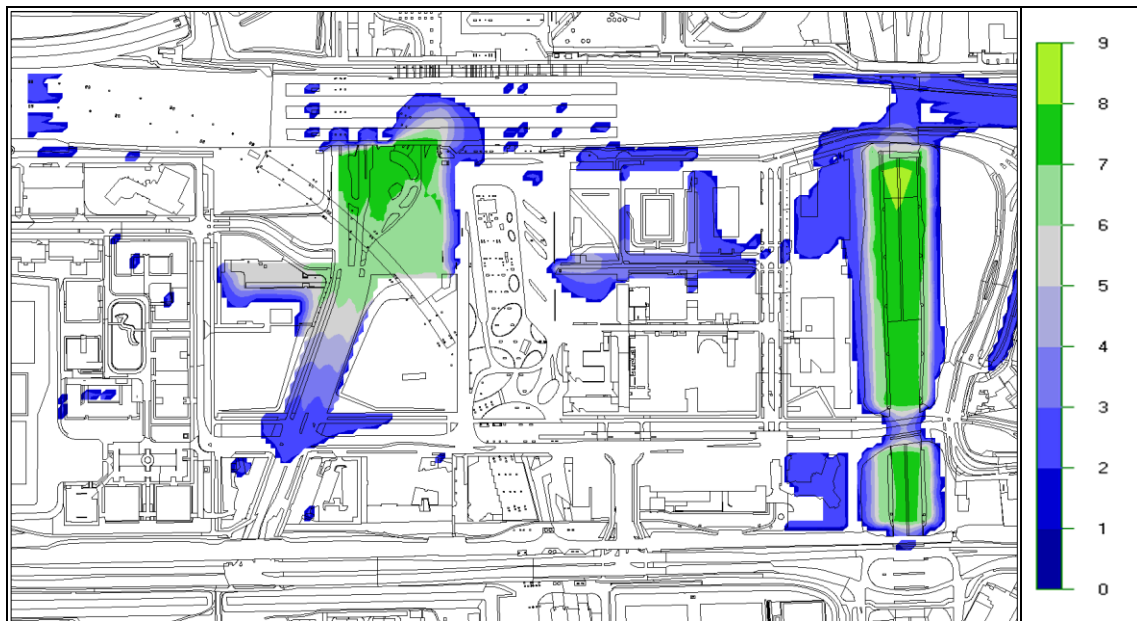
grootste daling in grondwaterstanden is tussen kavels L west en L oost en ten westen van kavel O en bedraagt circa 0,3 m.



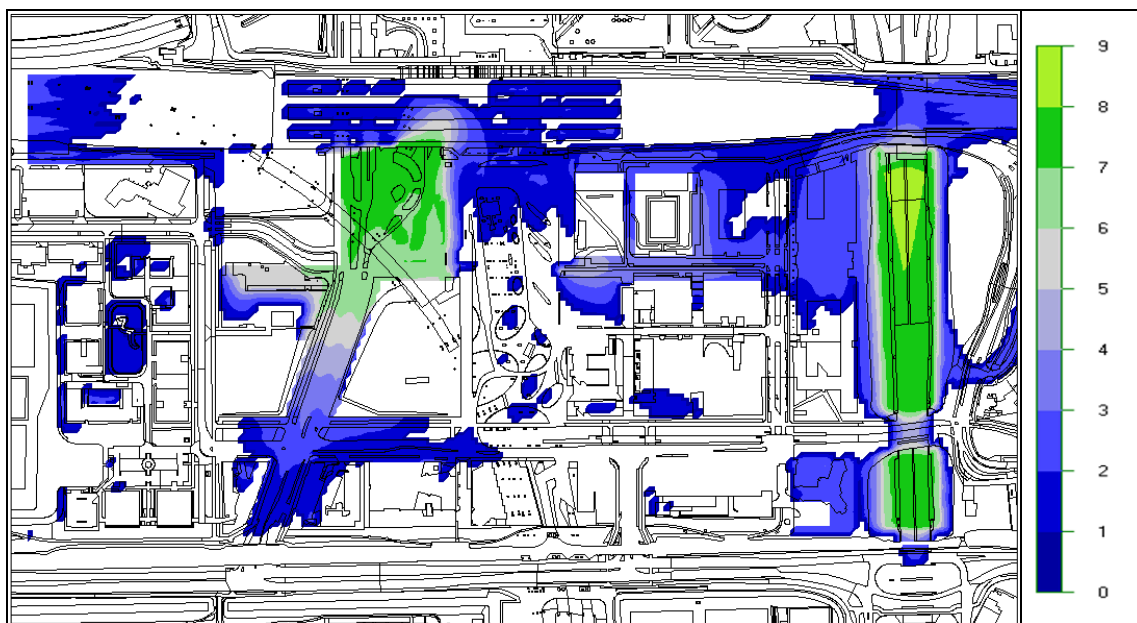
Figuur 23: Verandering (m) in grondwaterstand in Scenario 5 t.o.v. de huidige situatie (GHG situatie). De lege vakken zijn de locaties van de kelders en/of te ontwikkelen kavels. (negatief/rood = daling grondwater, positief/blauw = stijging grondwater).

Worst-case scenario (scenario 4)

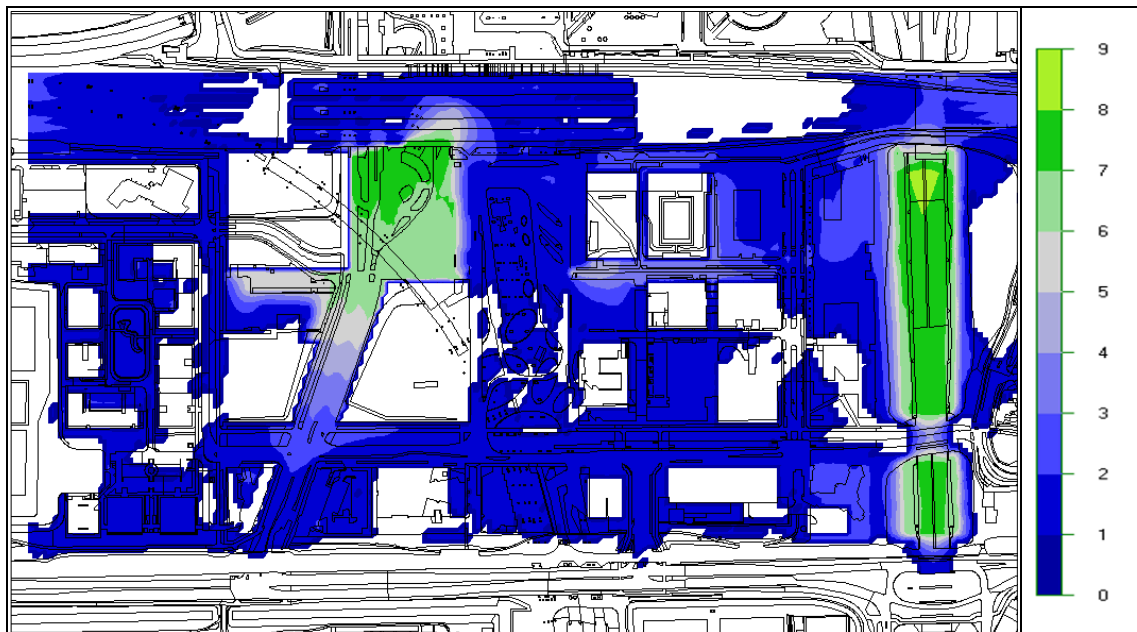
In scenario 4 is de toekomstige ontwateringsdiepte het kleinst. Om te onderzoeken welke gebieden geschikt kunnen zijn voor infiltratie is de ontwateringsdiepte in Scenario 4 nader onderzocht. In Figuur 24 t/m Figuur 26 zijn de gebieden met ontwateringsdiepte groter dan resp. 2,0 m, 1,5 m en 1,0 m-mv getoond. Op basis van de figuren blijkt dat met name de Radarweg, het park tussen de Otopeniweg en de Naritaweg, de Teleportboulevard, de Kingsfordweg (noordelijk deel) en het gebied ten westen van de A10 zijn potentieel geschikt zijn voor infiltratie. Voor straatnamen, zie figuur 6.



Figuur 24: Scenario 4 – gekleurde gebieden hebben ontwatering $>2,0$ m-mv (mv – GHG).



Figuur 25: Scenario 4 – gekleurde gebieden hebben ontwatering $>1,5$ m-mv (mv – GHG).



Figuur 26: Scenario 4 – gekleurde gebieden hebben ontwatering $>1,0$ m-mv (mv – GHG).

Bijlage 3 - L-kavel

Inleiding

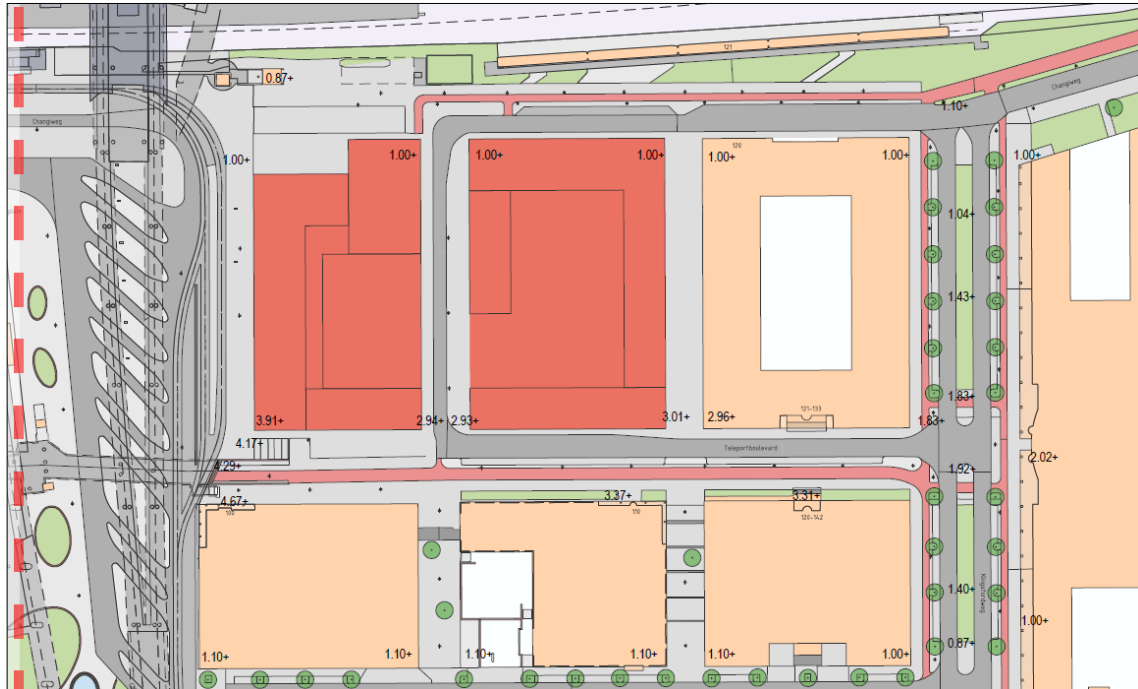
Omdat het L-kavel binnenkort wordt ontwikkeld, is specifiek ingegaan op de huidige en toekomstige grondwaterstanden en maaiveldhoogtes nabij het kavel en de omgeving ten behoeve van de bouwvelop. Hierbij is voor de huidige situatie uitgegaan van de grondwatermetingen van Waternet en is een uitspraak over de toekomstige situatie gedaan op basis van scenario 4 (worst-case) van het grondwatermodel voor Sloterdijk-centrum.

Aandachtspunten

Het grondwatermodel Sloterdijk-centrum is opgesteld met als doel de grootschalige grondwatereffecten te bepalen als gevolg van de ontwikkelingen en kan onder voorbehoud gebruikt worden om uitspraak te doen over lokale effecten. Het voorbehoud hier is dat het model ter hoogte van kavel L onzeker is vanwege het ontbreken van grondwatermetingen waarop het model geijkt kan worden en onzekerheden over de ligging en de werking van de drainages in openbaar gebied en onder het spoor. In deze bijlage is daarom een zo goed mogelijke inschatting gemaakt van de huidige en toekomstige grondwaterstand op basis van interpretatie van beschikbare gegevens en het grondwatermodel. Door de grondwaterstanden rondom het kavel voor langere tijd (> 3 jaar) te meten, kunnen nauwkeurigere uitspraken worden gedaan

Uitgangspunten

- In de toetsing van kavel L is uitgegaan van de GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) omdat het beleid toetst op ontwatering ten opzichte van de GHG grondwatersituatie.
- Voor het bepalen van de huidige GHG rond kavel L zijn de peilbuisgegevens van Waternet (figuur 15) en de aanwezigheid van drainage (figuur 13) leidend. Vanwege de modelonzekerheden ten noordoosten van de kavels wordt er pas in tweede instantie naar de gebiedsmodellering gekeken (Scenario 1). Zie ook aandachtspunten
- Op basis van de ijking is bepaald dat de drainage van Waternet nabij kavel L draineert op ca. NAP -0,2 m. Voor de drainage onder het spoor is een drainageniveau van NAP -1,3 m aangenomen.
- De ontwatering (afstand tussen maaiveld en GHG) is bepaald ten opzichte van het huidige en toekomstige maaiveld (figuur 27 en 28).
- Beide L-kavels worden onderkelderde middels twee losse kelders (onder L-West, en L-Oost).
- De huidige drainage blijft in de toekomst functioneren.
- Voor de toekomstige situatie wordt rekening gehouden met de grondwatereffecten zoals berekend voor Scenario 4 (klimaat van 2085, en alle te ontwikkelen kavels zijn onderkelderde, zie paragraaf 0).



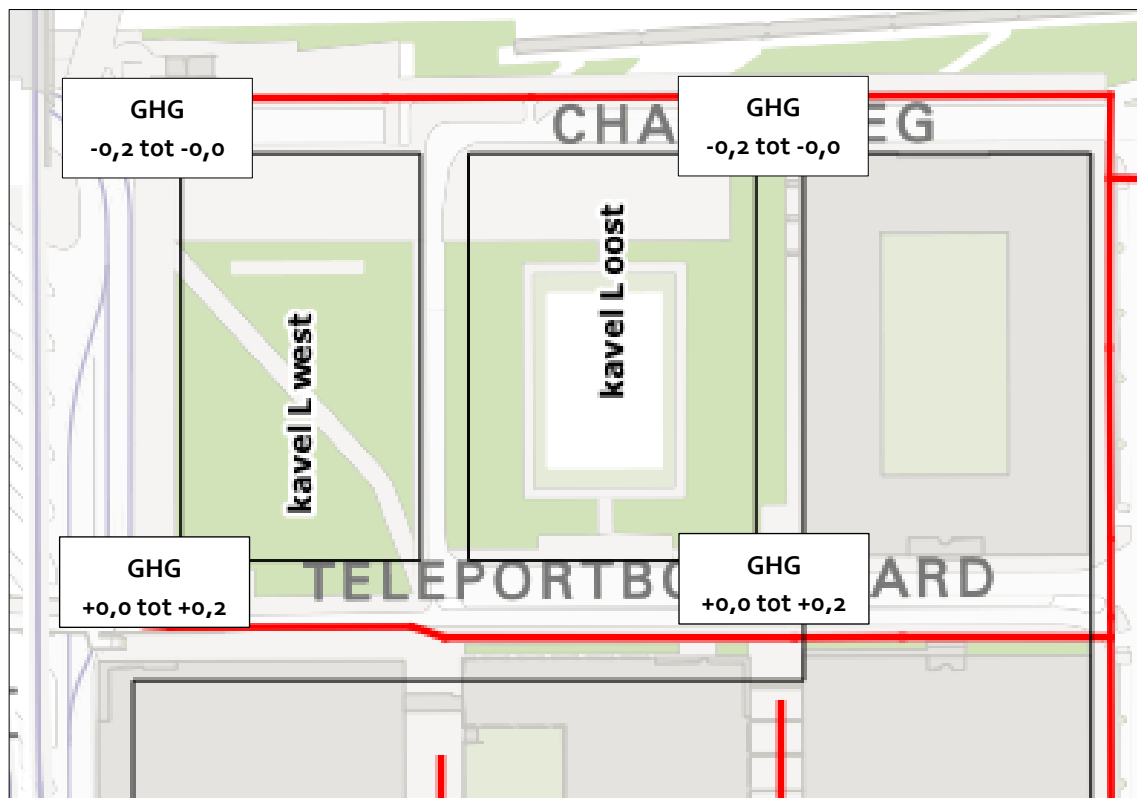
The site plan shows the L-West and L-Midden areas. Key features include:

- Streets:** Changiweg (top), Teleportboulevard (middle), Tempelhofstraat (bottom), and Krijgerdijk (right).
- Buildings:** L-West (red), L-Midden (red), and several orange buildings along the bottom and right.
- Height Contours:** Indicated by red arrows and labels such as $1,0 + \text{NAP}$, $3,0 + \text{NAP}$, $4,6 + \text{NAP}$, and $1,1 + \text{NAP}$.
- Landmarks:** A large white rectangular area in the L-Midden building footprint, and a green area labeled 'Teleportboulevard'.

Figuur 28: Toekomstige maaiveldhoogte (m NAP) te plaatse van het te ontwikkelen L kavel (rood) [34].

Huidige grondwaterstanden

In figuur 29 zijn de geschatte GHG-grondwaterstanden weergegeven rond het L-kavel in de huidige situatie op basis van het Waternet grondwatermeetpunt Co4080 en Co4087, ten oosten van het kavel (figuur 15). Ten noorden van het L kavel worden GHG-grondwaterstanden verwacht van ca. NAP -0,2 m tot NAP 0,0 m. De GHG wordt hier lager geschat vanwege de lage ligging van het spoor aan de noordzijde (maaiveld gelegen op ca. NAP -0,8 m) en de spoordrainage. Ten zuiden van het L kavel wordt op basis van grondwatermetingen en het grondwatermodel (figuur 18) een GHG van rond NAP 0,0 tot +0,2 m verwacht. Omdat het huidige kavel onverhard is kan meer hemelwater infiltreren in vergelijking met de bebouwde omgeving (wat het geval is rond de gemeten grondwaterstand) wat een hogere grondwaterstand tot gevolg heeft.

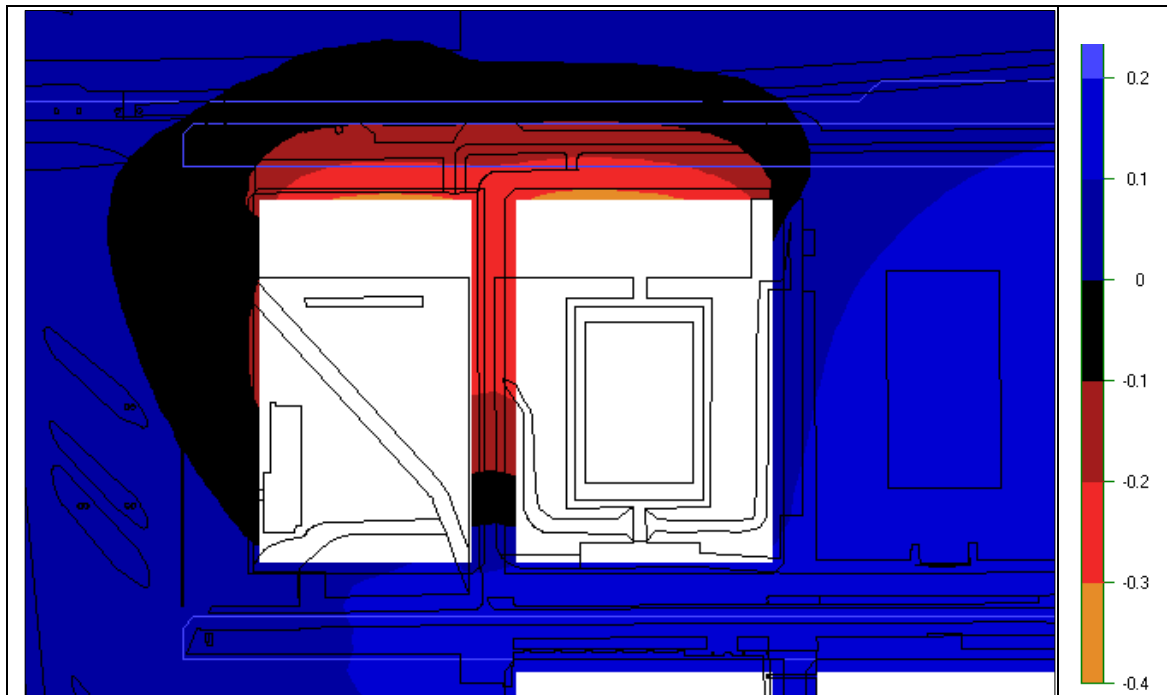


Figuur 29: Verwachte GHG in m NAP t.h.v. L-kavel in de huidige situatie.

Toekomstige grondwaterstanden

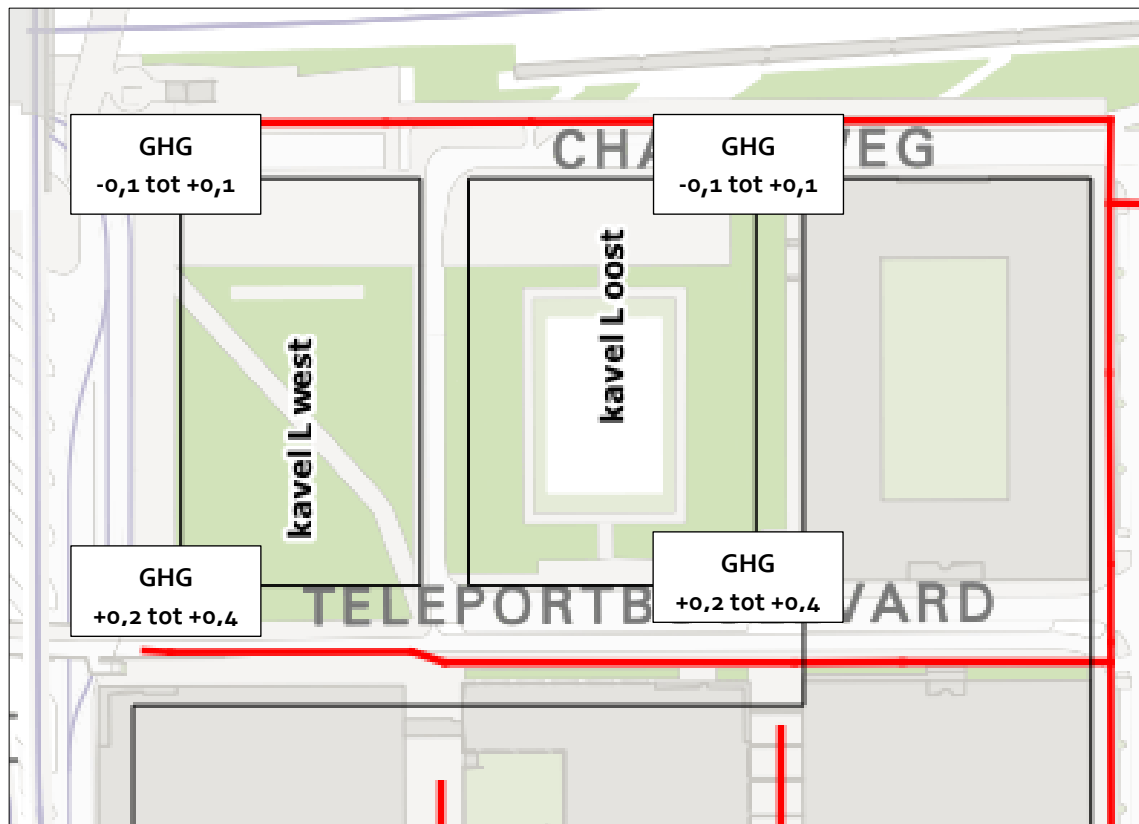
In figuur 30 is het effect weergegeven van de ontwikkeling van de kavels op de grondwaterstand (GHG situatie) in de toekomst, op basis van scenario 4 van het grondwatermodel Sloterdijk-centrum. Aan de noordzijde van het L kavel wordt een daling van het grondwater verwacht. Dit wordt veroorzaakt door de barrièrewerking van de kelder en is sterk afhankelijk van de huidige werking van het drainagesysteem. Omdat de werking van het drainagesysteem in de toekomst onzeker is wordt deze daling niet meegenomen in het maaiveldadvies. Aan de zuidzijde wordt een

stijging van ca. 0,2 m verwacht als gevolg van de barrièrewerking van de kelderbakken en een toename in neerslag door klimaatverandering.



Figuur 30: Verandering (m) in grondwaterstand in Scenario 4 t.o.v. de huidige situatie (GHG situatie). De lege vakken zijn de locaties van de kavels en de kelders (rood: daling grondwater, blauw: stijging grondwater).

In figuur 31 is de verwachte toekomstige grondwaterstand (GHG) weergegeven, waarin de daling aan noordzijde is genegeerd vanwege onzekere werking van de drainage in de toekomst, en een toename van de gemiddelde grondwaterstand met 0,1 m is gerekend als gevolg van klimaatverandering (zie ook conclusies van het hoofdtrapport).



Figuur 31: Verwachte toekomstige grondwaterstanden in m NAP t.h.v. kavel L.

Maaiveldhoogte en vloerpeil

In het beleid wordt gestreefd naar een maaiveldhoogte van 0,9 m boven de GHG (zie hoofdstuk Beleid in het hoofdrapport). Aan de noordzijde is zodoende een minimale maaiveldhoogte van NAP +1,0 m nodig en aan de zuidzijde een maaiveldhoogte van minimaal NAP +1,3 m.

De toekomstige maaiveldhoogtes rondom kavel L voldoen aan de noordzijde precies en aan de norm en aan de zuidzijde ruim aan de norm. Het verhogen van het maaiveld tussen beide L-kavels heeft een positief effect op de ontwatering.

De nieuwe gebouwen dienen op de (toekomstige) aangrenzende maaiveldniveaus aan te sluiten, waarbij de vloerpeilen minimaal 0,1 m hoger zijn dan het direct aangrenzende maaiveld (stoep). In het kader van Rainproof is het verhoogd aanleggen van het vloerpeil een efficiënte maatregel om bij extreme buien schade in het gebouw te voorkomen.

Bijlage 4 - Grondwateraanvulling

GRONDWATERAANVULLING

Project:
 Projectnummer:
 Documentnummer:
 Opdrachtgever:
 Opsteller:
 Datum: 19-9-2019
 Bestandslocatie: \\basis.lan\amsterdam\IB\Algemeen\WGM\BESTAND\Projecten\Sloterdijk



Formule:
$$\text{Grondwateraanvulling} = (1 - c_{ver}) \times (\%ver / 100) \times ((N \times (1 + (k_{toe} / 100))) - (V \times q_{ver})) + (1 - c_{onv}) \times (\%onv / 100) \times ((N \times (1 + (k_{toe} / 100))) - (V \times q_{onv}))$$

 per project invullen
 standaard waarde
 berekening

Gemiddelde situatie

Percentage verhard (%ver)	100 %	
Percentage onverhard (%onv)	0 %	
Gewasfactor onverhard (qonv)	1	(gras, cultuurtechnisch vademecum 1988)
Gewasfactor verhard (qver)	0,1	(aannee IBA)
Afvoercoëfficiënt verhard (cver)	0,9	(Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers, American Society of Civil Engineers)
Afvoercoëfficiënt onverhard (con)	0,15	
Neerslag (N)	2,31 mm/dag = 2,31 mm/d	(= langjarig gemiddelde meteostations rond Amsterdam)
Referentie-gewasverdamping (V)	543 mm/jaar = 1,49 mm/d	(= langjarig gemiddelde de Bilt)
Klimaatverandering (ktoek)	0	(30% = toename gemiddelde winterneerslag 2085, klimaatscenario WH, KNMI-scenario 2014)

Verdamping verhard	0,15 mm/d	Verdamping onverhard	1,49 mm/d
Netto neerslag verhard	2,16 mm/d	Netto neerslag onverhard	0,82 mm/d
Grondwateraanvulling bij verharding	0,22 mm/d	Grondwateraanvulling bij onverharding	0,70 mm/d

Gemiddelde grondwateraanvulling 0,22 mm/d

Infiltratiepercentage t.o.v. neerslag 9 %

Piekgebeurtenis

Maximum 10-daagse neerslag (T=2 jaar)	83,3 mm/10 dagen	8,33 mm/d	(= 10-daagse bui met T=2 meteostations rond Amsterdam)
Gerelateerde referentie-gewas verdamping	11 mm/maand = 0,35 mm/d		(= langjarig gemiddelde november de Bilt)
			(25% = verwachtingswaarde toename 10-daagse piekneerslag T=10 winter 2085, klimaatscenario WH, KNMI-scenario 2014)
Klimaatverandering	0		

Verdamping verhard	0,04 mm/d	Verdamping onverhard	0,35 mm/d
Netto neerslag verhard	8,29 mm/d	Netto neerslag onverhard	7,98 mm/d
Grondwateraanvulling bij verharding	0,83 mm/d	Grondwateraanvulling bij onverharding	6,78 mm/d

Piek grondwateraanvulling 0,83 mm/d

Infiltratiepercentage t.o.v. neerslag 10 %

GRONDWATERAANVULLING

Project:
 Projectnummer:
 Documentnummer:
 Opdrachtgever:
 Opsteller:
 Datum:
 Bestandslocatie:

19-9-2019
 \\basis.lan\amsterdam\IB\Algemeen\WGM\BESTAND\Projecten\Sloterdijk



Gemeente Amsterdam
 Ingenieursbureau

Formule:

$$\text{Grondwateraanvulling} = (1 - c_{ver}) \times (\%ver / 100) \times ((N \times (1 + (k_{toe} / 100))) - (V \times q_{ver})) + (1 - c_{onv}) \times (\%onv / 100) \times ((N \times (1 + (k_{toe} / 100))) - (V \times q_{onv}))$$

per project invullen
 standaard waarde
 berekening

Gemiddelde situatie

Percentage verhard (%ver)	100	%
Percentage onverhard (%onv)	0	%
Gewasfactor onverhard (qonv)	1	(gras, cultuurtechnisch vademecum 1988)
Gewasfactor verhard (qver)	0,1	(aannname IBA)
Afvoercoëfficiënt verhard (cver)	0,9	(Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers, American Society of Civil Engineers)
Afvoercoëfficiënt onverhard (conv)	0,15	
Neerslag (N)	2,31	mm/dag = 2,31 mm/d (= langjarig gemiddelde meteostations rond Amsterdam)
Referentie-gewasverdamping (V)	543	mm/jaar = 1,49 mm/d (= langjarig gemiddelde de Bilt)
Klimaatverandering (ktoek)	30	% (30% = toename gemiddelde winterneerslag 2085, klimaatscenario WH, KNMI-scenario 2014)

Verdamping verhard	0,15	mm/d	Verdamping onverhard	1,49	mm/d
Netto neerslag verhard	2,85	mm/d	Netto neerslag onverhard	1,52	mm/d
Grondwateraanvulling bij verharding	0,29	mm/d	Grondwateraanvulling bij onverharding	1,29	mm/d

Gemiddelde grondwateraanvulling 0,29 mm/d

Infiltratiepercentage t.o.v. neerslag 10 %

Piekgebeurtenis

Maximum 10-daagse neerslag (T=2 jaar)	83,3	mm/10 dagen	8,33	mm/d (= 10-daagse bui met T=2 meteostations rond Amsterdam)
Gerelateerde referentie-gewas verdamping	11	mm/maand =	0,35	mm/d (= langjarig gemiddelde november de Bilt)
Klimaatverandering	25	% (25% = verwachtingswaarde toename 10-daagse piekneerslag T=10 winter 2085, klimaatscenario WH, KNMI-scenario 2014)		

Verdamping verhard	0,04	mm/d	Verdamping onverhard	0,35	mm/d
Netto neerslag verhard	10,38	mm/d	Netto neerslag onverhard	10,06	mm/d
Grondwateraanvulling bij verharding	1,04	mm/d	Grondwateraanvulling bij onverharding	8,55	mm/d

Piek grondwateraanvulling 1,04 mm/d

Infiltratiepercentage t.o.v. neerslag 10 %

Bijlage 5 - Bronnen

1. Abrahamse, J.A. e.a., Tussen Haarlemmerpoort en Halfweg, historische atlas van de Brettenzone in Amsterdam, Uitgeverij TOTH Bussum, 2010
2. Stadsarchief Amsterdam
3. Gemeente Amsterdam, Watersysteem Spieringhorn, Ingenieursbureau, 18-6-2019
4. Beeldbank Noord Hollands archief
5. Waterakkoord Rijnland-AGV, sept 2009
6. Gemeente Amsterdam, Concept Stedenbouwkundig Plan, 24-06-2019
7. Waternet, Gemeentelijk Rioleringsplan Amsterdam (GRPA) en Integraal Technisch Beleidsrapport behorend bij GRPA 2016-2021, 30-12-2015.
8. Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN3), www.ahn.nl
9. <https://www.dinoloket.nl/>, boringen, sonderingen en Geotop
10. Gemeente Amsterdam, Leidingenkaart WGM, J.T. Rietveld, d.d. 11-6-2015
11. Gaast, J.W.J. van der, Massop, H.T.h.L., Karakterisering van de freatische grondwaterstand in Nederland, Alterra-rapport 819, 2003
12. BK Ingenieurs, Nulsituatie verkennend bodem- en asbestonderzoek, Sloterdijk Kavel H te Amsterdam, 164885, 01-02-2017
13. Gemeente Amsterdam, Watervisie Sloterdijk-Centrum/II, versie 2, Ingenieursbureau, 12-12-2017
14. Gemeente Amsterdam, Watervisie Sloterdijk-Centrum/II, versie 3, Ingenieursbureau, 20-05-2019
15. Gemeente Amsterdam, Basiskaart Sloterdijk-centrum (concept), R&D, 25-09-2017
16. Waterwet, artikel 3.6 (zorgplicht grondwater), vanaf 29-01-2009
17. Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, Keur 2017 - Besluit Vrijstellingen en nadere regels, en Beleidsregels Keurvergunningen, 01-11-2017
18. KNMI klimaatscenario's voor Nederland, 2014, herziene uitgave 2015
19. Waternet peilbuisdatabase (<https://maps.waternet.nl/kaarten/peilbuizen.html>), mei 2019
20. Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, Legger watergangen en waterkeringen, mei 2019
21. Waternet, webviewer stadskaart Leidingwerken, export juni 2018
22. GBKA (2014) en BGT, www.amsterdam.nl/stelselpedia/
23. www.grondwaterformules.nl
24. Waterschap Rijnland, Legger watergangen en waterkeringen - rijnland.net/regels/legger
25. DINOloket, Isohypsens stijghoogte eerste watervoerend pakket op 28-04-1995
26. Deltares, Landelijk Hydrologisch Model - NHI, weerstand laag 3.4, data.nhi.nl
27. Sloterdijk Kavel O, grondwatertoets, Ingenieursbureau, 29234, 12-07-2017
28. Gemeente Amsterdam, Visie 2040 Sloterdijk-centrum (concept), R&D 18-06-2019
29. Fugro, Geotechnisch onderzoek en zettingsanalyse betreffende Kavel O – Sloterdijk-centrum te Amsterdam, 1016-0787-000, 11-05-2017
30. Tauw, Actualiseren bodemonderzoek kavel N3 te Amsterdam, Ro01-1238536FBM-aao-V01-NL, 10-05-2016
31. Anteagroup, Rapport Verkennend bodemonderzoek Sloterdijk Kavel O in Amsterdam, 415430, 19-05-2017
32. Pro Rail, Ligging drainage station Sloterdijk, tekening 523RD02, 02-10-2013
33. Kaart maaiveld huidig – aangeleverd door project
34. Kaart maaiveld toekomstig – aangeleverd door project