



## Rapport

**Aveco de Bondt BV**

Podium 9, 3826 PA Amersfoort

Postbus 64, 7450 AB Holten

T +31 88 18 66 010

[www.avecodebondt.nl](http://www.avecodebondt.nl)

---

## Geohydrologisch onderzoek Foodcenter Amsterdam

project	Food Center Amsterdam Geohydrologisch advies	datum	4 maart 2021
projectnummer	205114	referentie	205114_R_JHR_0271
projectleider	[REDACTED]		
opdrachtgever	Marktkwartier C.V.		
postadres	Jan van Galenstraat 4 1051 km Amsterdam		
contactpersoon	[REDACTED]		
status	Definitief		
versie	08		
auteur	[REDACTED]		
paraaf	[REDACTED]		
gecontroleerd	[REDACTED]		

---



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Achtergrond geohydrologische analyse	5
1.2	Referenties	5
<b>2</b>	<b>Situatieschets</b>	<b>6</b>
2.1	Bodemopbouw	6
2.2	Doorlatendheid	6
2.3	Grondwaterstand	7
2.4	Overige omgevingsfactoren	11
<b>3</b>	<b>Geplande kelders en laad- en losdocks</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Methode en resultaten</b>	<b>14</b>
4.1	Modelopbouw	14
<b>5</b>	<b>Modellsituaties en resultaten</b>	<b>16</b>
5.1	Huidige situatie	16
5.2	Toekomstige situatie	16
5.3	Mitigerende maatregelen	24
5.4	Samenvatting berekende effecten en klimaat scenario's	26
<b>6</b>	<b>Ontwateringsdiepte</b>	<b>27</b>
6.1	Toekomstig maaiveld	28
6.2	Ontwateringsdiepte per klimaatscenario	29
6.3	Laad- en losdocks	34
<b>7</b>	<b>Conclusie</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Wateronderzoek Amsterdam Food Center dd. 29 mei 2017</b>	<b>37</b>

## 1 Inleiding

Op de huidige locatie van het Food Center Amsterdam vindt de komende jaren herontwikkeling plaats. De food-gerelateerde bedrijven worden verplaatst naar het noordelijk terreindeel terwijl op het vrijgekomen zuidelijke terreindeel woningbouw komt, de monumentale Markthal blijft hierbij behouden (Figuur 2).

Een onderdeel van de herontwikkeling is de bouw van twee parkeerkelders (nr.1 en nr. 2) in het zuidelijk deel van het terrein en een functionele kelder (onder andere voor afvalcontainers) onder een deel van het nieuwe Food Center in het noorden van het terrein. Bij de het realiseren van de kelders wordt gebruik gemaakt van permanente damwanden (Figuur 1).



Figuur 1. Locatie kelders (nr. 1 t/m 3) en benodigde damwanden.

Het maaiveld van de centrale Marktweide tussen de parkeerkelders op het toekomstig Marktkwartier wordt aangelegd op een hoogte van circa NAP +1 m. Het maaiveld op het nieuwe bedrijventerrein Food Center varieert tussen de huidige maaiveldhoogte van circa NAP +0,7 m tot circa NAP +1,2 m, exclusief laad-/losdocks.



Figuur 2. Overzichtstekening nieuwe situatie. De noordpijl wijst naar links.

Door het realiseren van kelders en de afname van verhard oppervlakte wijzigt de geohydrologische situatie. Het doel van deze rapportage is het in beeld brengen van het nieuwe grondwatersituatie. In de rapportage wordt het effect van het realiseren van de kelders beschreven en wordt een nieuwe langjarig gemiddelde situatie gepresenteerd. In overleg met het Ingenieursbureau Amsterdam en in lijn met het beleidsdocument Gemeentelijk Rioleringsplan 2016-2021 [11] wordt tevens een maatgevende situatie voor eens per twee jaar (Bui T2) doorgerekend.

Het presenteren van extremere buien of maatregelen in relatie tot Amsterdam Rainproof vallen buiten de scope van onderhavige rapportage.

In de nieuwe situatie wordt het noordelijke onverharde gedeelte verhard en op de zuidelijke terreinhelft een deel van de verharding vervangen door groen waardoor er sprake zal zijn van onverharde delen. De neerslag kan in de nieuwe situatie op deze plekken infiltreren. In de voorliggende beschouwing wordt er van uitgegaan dat er 100% infiltratie van de neerslag is ter plaatse van de onverharde Marktweide (groenstrook tussen de parkeerkelders in). Daarnaast zal er (worst-case) circa 50% van het noordelijke terreinhelft onverhard blijven, dat betekent dat er ten opzichte van de huidige situatie 50% meer neerslag zal infiltreren. Naar verwachting zal het percentage van neerslag infiltratie minder zijn dan 50%.

In onderhavige rapportage wordt infiltratie van regenwater gemodelleerd als grondwateraanvulling.

In deze rapportage wordt ook aandacht besteed aan het effect van de aanleg van laad- en losdocks op de grondwaterhuishouding.



## 1.1 Achtergrond geohydrologische analyse

De realisatie van obstakels in de bodem kan de grondwaterstroming beïnvloeden. Om grondwateroverlast te voorkomen draagt de Gemeente Amsterdam zorg om maatregelen te treffen om nadelige gevolgen door ontwikkelingen te voorkomen. In het gemeentelijk riolingsplan is deze zorg uitgewerkt. De Gemeente Amsterdam vraagt daarbij Waternet om advies omtrent de grondwater beïnvloeding.

In de praktijk betekent dit dat gestreefd moet worden naar het concept van grondwaterneutraal bouwen waarbij de grondwater niet significant (tot 5 cm) beïnvloed mag worden.

## 1.2 Referenties

Voor het voorliggend onderzoek zijn de volgende rapportages geraadpleegd:

- [1] Verkennend bodemonderzoek. Project nr. 20100207, bk bodem, 9-07-2010.
- [2] Handboek technische informatie Marktkwartier Amsterdam, 11-07-2017
- [3] [www.dinoloket.nl](http://www.dinoloket.nl), REGIS II
- [4] AHN, Hoogtekaart Nederland
- [5] Waternet.nl
- [6] Tekening: MK VO-RD-AL00-002 wijziging 3a (dd.14-01-2020)
- [7] 171019\_01\_NZ: Food Center Amsterdam, beschouwing zettingen (dd. 19-11-2018).
- [8] Methoden voor bepalen hoogste en laagste grondwaterstanden, Wareco, dd. Juni 2013
- [9] Leggerkaart AGV <https://www.agv.nl/onze-taken/legger/>
- [10] <http://www.grondwaterformules.nl/index.php/vuistregels/neerslag-en-verdamping/langjarige-grondwateraanvulling>
- [11] Integraal Technisch Beleidsrapport, Behorend bij Gemeentelijk Rioleringsplan Amsterdam 2016-2021, versie definitief, d.d. 30-12-2015
- [12] KNMI' 14, Klimaat scenario's voor Nederland, d.d. 2014, [http://www.klimaatscenario's.nl/brochures/images/Brochure\\_KNMI14\\_NL\\_2015.pdf](http://www.klimaatscenario's.nl/brochures/images/Brochure_KNMI14_NL_2015.pdf)
- [13] Bestemmingsplan Food Center Amsterdam (2<sup>e</sup> Herstelbesluit) Toelichting (1 juni 2016)



## 2 Situatieschets

De grondwaterstand is een gevolg van de bodemeigenschappen, open water en eigenschappen van het oppervlak (bestrating, groenvoorziening etc.). Om een goede inschatting te maken van de effecten op grondwater zijn de volgende uitgangspunten van belang:

- Bodemopbouw en de doorlatendheid van de bodem [1,3]
- Grondwaterstand en stijghoogte (kwel of wegzijging situatie) [3, 5]
- Oppervlaktewater (peil en uitwisselend vermogen met grondwater) [9]
- Grondwateraanvulling (toepassing: neerslag als grondwateraanvulling) [10]

### 2.1 Bodemopbouw

De regionale bodemopbouw van Amsterdam wordt gekenmerkt door een deklaag bestaand uit aanvulzanden (ophooglaag), gevolgd door een klei / siltig fijn zand pakket (lokaal onderbroken door veen) en afgesloten door Basisveen. Onder het Basisveen bevinden zich de pleistocene zanden, wat voornamelijk bestaat uit fijn tot grof korrelig zand.

Op de locatie van het food center is de ophooglaag circa 2,5 meter dik. De hoogte van het maaiveld varieert tussen NAP +0,4 m en NAP +1,2 m.

Tabel 1. Bodemopbouw[1,3,7].

Laag	Diepte (m NAP)	Geohydrologische eenheid	Doorlatendheid [m/d]
1	+0,8 / -1,8	Ophoogzand, fijn korrelig, puinhoudend	4,3
2	-1,8 / -4	Klei, matig siltig met tussenveenlaag	0,0029
3	-4 / -10	Klei, matig siltig met tussenveenlaag	0,0029
4	-10 / -21	Pleistocene zanden	20
5	-21 / -25	Slecht doorlatende laag / hydrologische basis	0,001

### 2.2 Doorlatendheid

De doorlatendheid van de onverzadigde zone is gemeten en beschreven in een memo in bijlage 1. De analyse op de metingen resulteren in een doorlatendheid die varieert tussen de 0,6 en 8 m/d, waarbij het gemiddelde ligt op 4,3 m/d. De eigenschappen (weerstand en doorlatendheden) van de dieper gelegen lagen zijn vastgesteld op basis van literatuurgegevens en de modelkalibratie (zie hoofdstuk 4) en vermeld in Tabel 1.

## 2.3 Grondwaterstand

De aanleg van de parkeerkelders op het Marktkwartier vindt plaats in het deel van het projectgebied dat wordt beïnvloed door (peilen van) omliggende watergangen, wegzijging naar de ondergrond en neerslag en verdamping. Als gevolg van het ontbreken van een watergang aan de oostzijde, in de noordelijke terreinhelft, zijn hier de laagste en hoogste grondwaterstanden aanwezig.

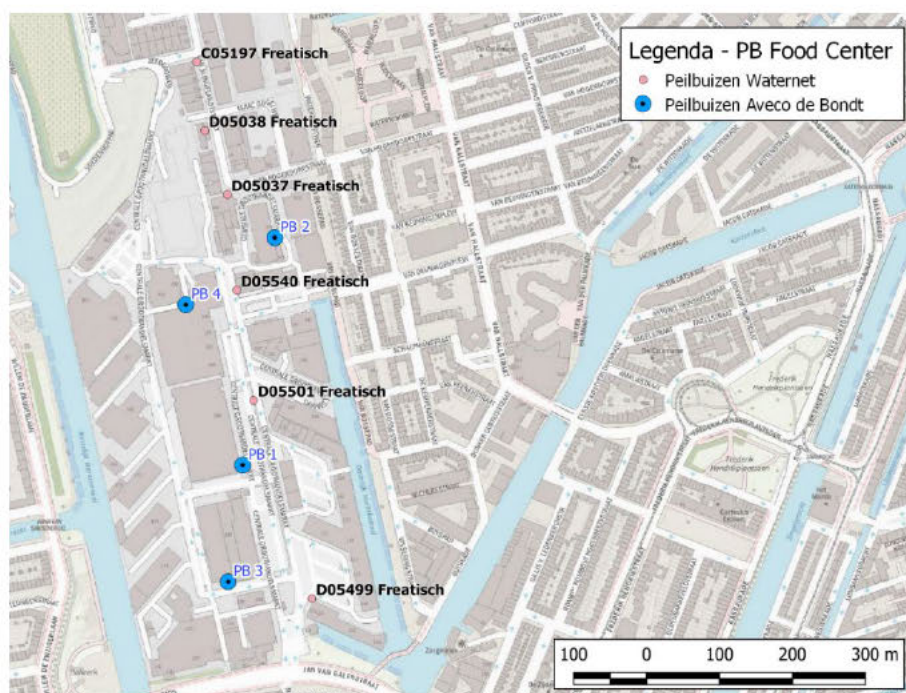
### 2.3.1 Freatische grondwaterstand

Op de locatie van het Amsterdam Food center is een aantal meerjarige grondwater meetreeksen beschikbaar van het Waterschap Amstel Gooi en Vecht (Waternet). De peilbuizen meten de grondwaterstand in het ophoogzand. In Tabel 2 zijn de GxG-waardes weergegeven, Figuur 3 de locatie van deze peilbuizen.

Tabel 2. Peilbuizen Waterschap Amstel, Gooi en Vecht.

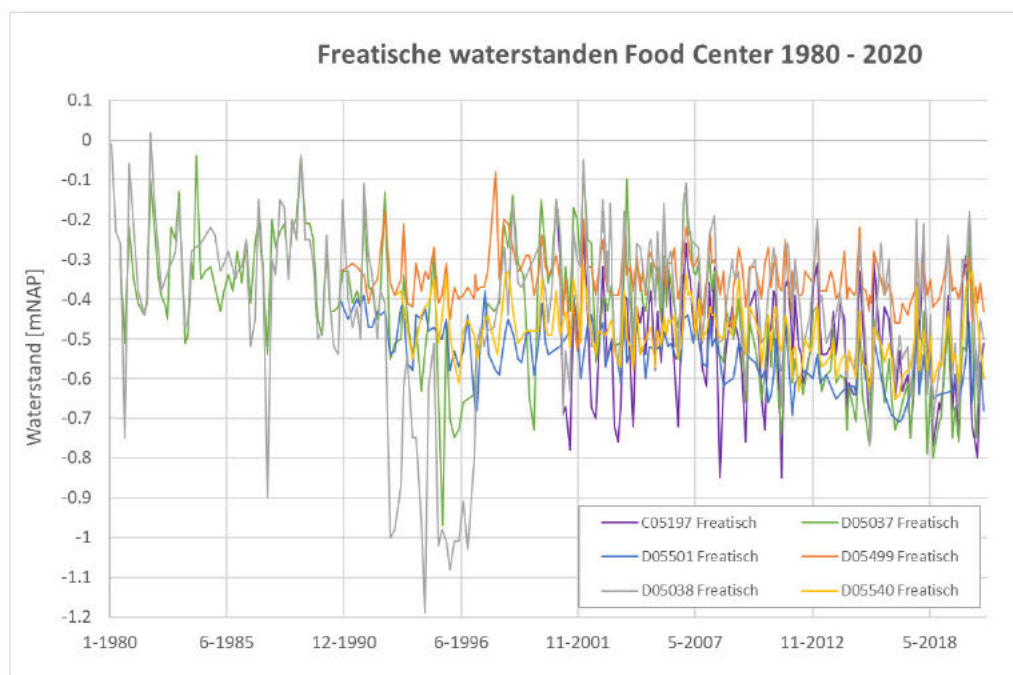
	Filter van [mNAP]	Filter tot [mNAP]	RHG [mNAP]	GG (hele reeks) [mNAP]	GG 2010-2020 [mNAP]	RLG [mNAP]	Meting van	Meting Tot
D05038	-2.4	-3.4	-0.2	-0.4	-0.5	-0.8	31-1-1980	4-11-2020
D05540	-1.4	-2.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	13-5-1993	5-11-2020
D05037	-1.7	-2.7	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7	7-7-1980	4-11-2020
D05499	-1.8	-2.8	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	9-10-1990	5-11-2020
D05501	-1.8	-2.8	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	9-10-1990	5-11-2020
C05197	-2.1	-3.1	-0.3	-0.5	-0.7	-0.5	29-11-2000	4-11-2020

De gemiddelde grondwaterstand ter plaatse van het Food Center is NAP -0,4 m.



Figuur 3. Locatie peilbuizen ter plaatse van het Food Center terrein.

Uit de meerjarige meetreeksen (Figuur 4) blijkt dat er in de grondwaterstanden, met uitzondering van D05499, tussen 1980 en 2020 een dalende trend is.



Figuur 4. Meetreeksen peilbuizen Waternet.

### 2.3.1.1 Project peilbuizen

In 2017 zijn er vier peilbuizen geplaatst door Aveco de Bondt. De grondwaterstand is in deze peilbuizen elke 10 minuten geregistreerd. De meetreeksen zijn gestart op 2 mei 2017 en geëindigd op 14 juni 2018. In Tabel 3 zijn de grondwaterstanden tussen 2 mei 2017 en 14 juni 2018 verwerkt tot Representatieve laagste (RLG) en de Representatieve Hoogste grondwaterstand (RHG). De RHG is het 90<sup>ste</sup> percentiel van de meetreeks, de RLG grondwaterstand is het 10<sup>de</sup> percentiel van de meetreeks van de grondwaterstanden [8].

Tabel 3. Grondwaterstanden peilbuizen (Aveco de Bondt).

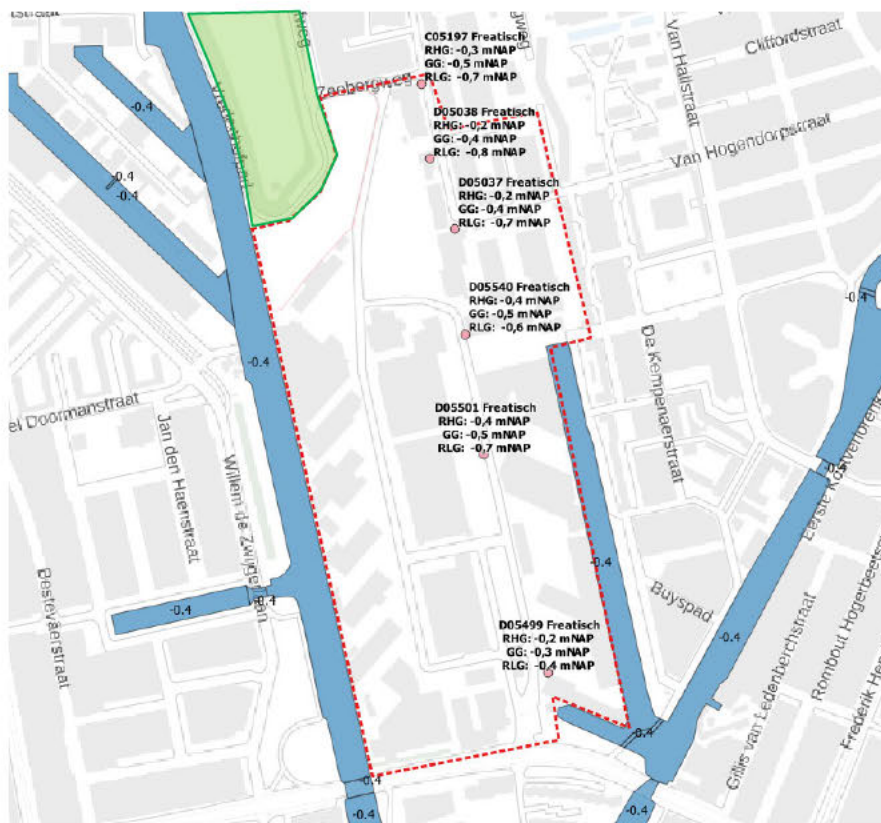
Peilbuis	RHG [mNAP]	Gemiddelde (GMG) [mNAP]	RLG [mNAP]	Filter van [mNAP]	Filter [mNAP]	tot
1	-0,4	-0,5	-0,6	-1,01	-2,01	
2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,08	-1,08	
3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,75	-1,75	
4	-0,3	-0,4	-0,5	-1,25	-2,25	

De grondwaterstanden in PB2 (Aveco de Bondt) worden niet betrouwbaar geacht, omdat deze afwijkt van de andere reeksen. Daarnaast is bij verwijderen van de datalogger gebleken dat deze erg vies was, waardoor de sensor beïnvloed kan zijn.

### 2.3.2 Lokale grondwaterstroming

Het (boezem)peil van de naastgelegen kanalen in Amsterdam is NAP -0,4 m (Figuur 5, Figuur 6) . De gemiddelden grondwaterstand ligt rond NAP -0,3 m in het zuiden van het projectgebied tot NAP -0,5 m in het noorden. De gemiddelde waterstand beschrijft nagenoeg het boezempeil. De hogere waterstanden (RHG) laat zien dat de grondwaterstand op het Food Center terrein hoger (kan) zijn dan het oppervlaktewaterpeil. Dat betekent dat er in de huidige situatie grondweraanvulling is door neerslaginfiltratie. Een hogere grondwaterstand kan ook door hogere oppervlaktewaterpeilen worden veroorzaakt, echter uit de meetreeksen valt op te maken dat de stijging samenhangt met de neerslag.

Verder valt uit de reeksen op te maken dat de gemiddelde grondwaterstanden in de centraal gelegen peilbuizen (PB1, D05540, D05501) lager zijn dan het oppervlaktewaterpeil, er is dus sprake van wegzijging naar de ondergrond (Figuur 6). De wegzijging kan komen door drainerende werking van riool of door wegzijging naar het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket (paragraaf 2.3.3).

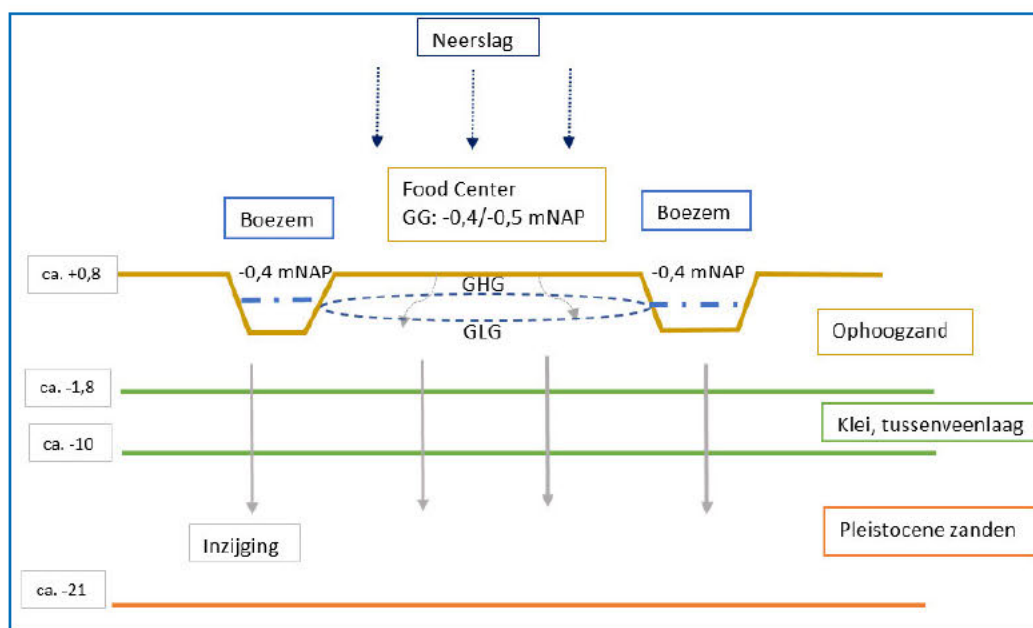


Figuur 5. Lokale gegevens grondwaterstanden (freatisch) en peilen watersysteem Amsterdam. In het groen gearceerde gebied is de begraafplaats Vredenhof weergegeven.

Ten noorden van het plangebied ligt de begraafplaats Vredenhof. Deze begraafplaats heeft een eigen waterpeil en een eigen bemaling ten opzichte van de stadsboezem [13].

Het plangebied wordt gekenmerkt door wegzijging van freatisch grondwater naar het eerste watervoerende pakket. Dat wil zeggen dat de lokale grondwaterstroming voornamelijk naar beneden plaatsvindt. Afhankelijk van een droge periode zal er lokaal water uit de boezem naar het Food Center terrein stromen. In een natte periode wordt een hogere freatische waterstand

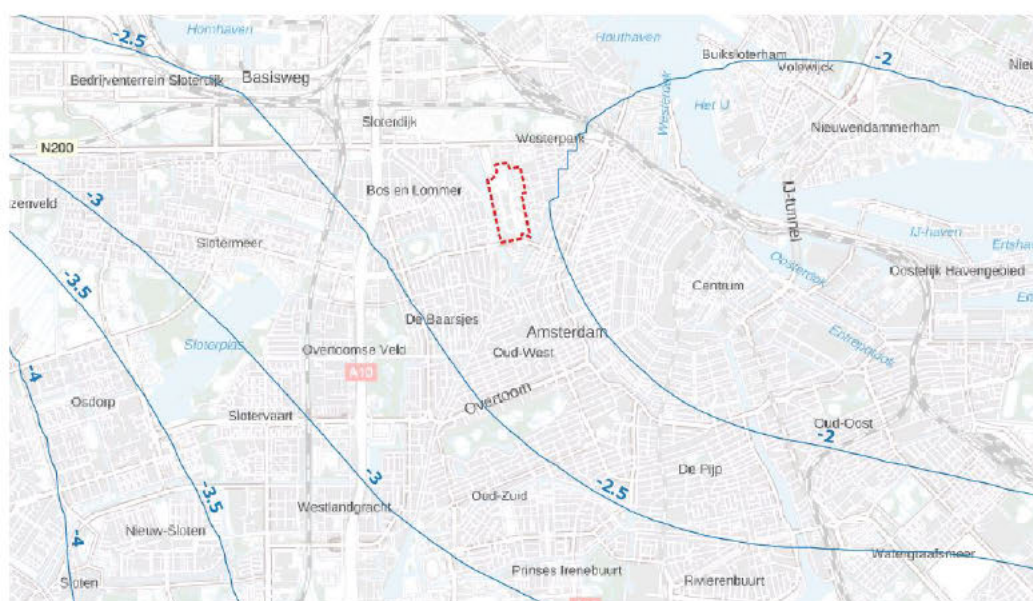
gemeten dan het boezempeil, dan zal het grondwater via de bodem afvoeren naar de boezemkanalen. Daarnaast heeft de Haarlemmertrekvaart invloed op de grondwaterstroming van het noordelijke gebied van Food Center. Het freatische grondwater stroomt langzaam richting de vaart.



Figuur 6. schematische weergave watersysteem Food Center.

### 2.3.3 Stijghoogte

Globaal stroomt het grondwater in het eerste watervoerende pakket in westelijke richting (Figuur 7).



Figuur 7. Globale stroming stijghoogte o.b.v. isohypsen 1995. In rood de locatie van projectgebied.



De stijghoogtes in het pleistocene zandpakket variëren van NAP -1,5 m tot NAP -2,5 m [5]. Volgens de grondwaterkaart (Figuur 7) is de stijghoogte op de projectlocatie circa NAP -2 m . Op de projectlocatie wordt daarom gesproken van wegzijging. Dit betekent dat het grondwater in het freatisch pakket een verticale stroming naar het watervoerend pakket heeft.

#### **2.4 Overige omgevingsfactoren**

Ten noorden van het projectgebied (Figuur 5) bevindt zich een begraafplaats Vredenhof. De peilscheiding rondom begraafplaats Vredenhof fungeert als (secundaire) waterkering. De bijbehorende zone bedraagt 20 meter vanaf het hart van het Vredenhofpad. In het bestemmingsplan is het gedeelte van de zone dat binnen het plangebied van het bestemmingsplan ligt dubbel bestemd als waterkering. De werkzaamheden dienen de peilscheiding rondom de begraafplaats te behouden.

### 3 Geplande kelders en laad- en losdocks

In de huidige plannen wordt rekening gehouden met drie kelders. De twee kelders in het zuidelijk gedeelte van het nieuwe Marktkwartier (nr. 1 en 2) zullen functioneren als parkeerkelder. De parkeerkelders worden gerealiseerd middels damwanden, deze blijven na bouw achter. De 3e kelder wordt gerealiseerd op het noordelijke deel van het toekomstige Food Center ten behoeve van opslag en kelder (nr. 3).



Figuur 8. Locatie kelders (nr. 1 t/m 3).

Tabel 4. Oppervlakte kelders in m<sup>2</sup>.

Kelder	Oppervlakte [m <sup>2</sup> ]
Nr. 1	Ca. 22.040
Nr. 2	Ca. 19.457
Nr. 3	Ca. 2.925

#### Kelders

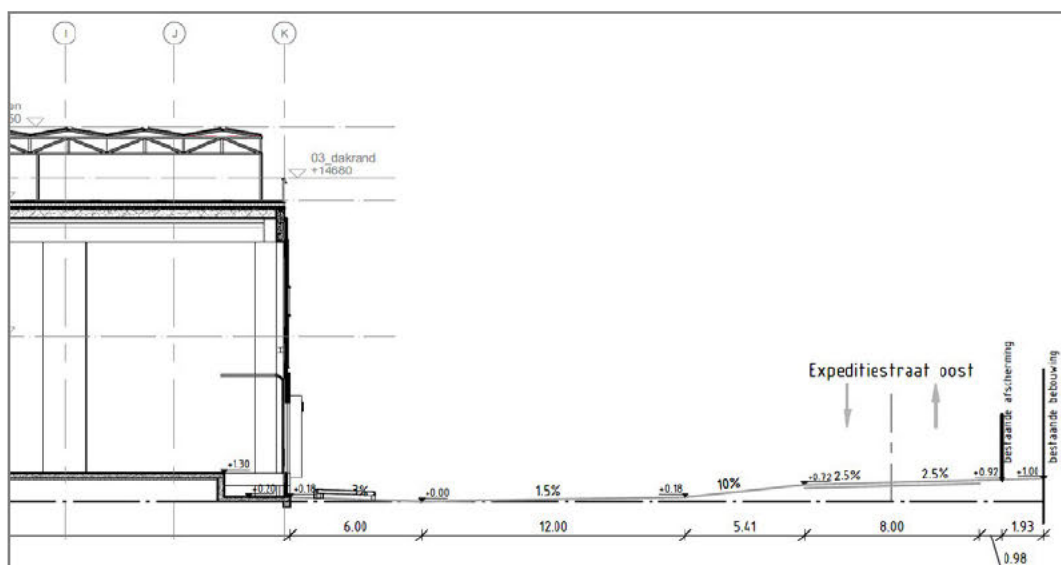
De parkeerkelders worden in principe aangelegd als een éénlaags parkeerkelder. De onderkant van de parkeerbak bevindt zich op NAP -2,75 m. In deze klei/veenlagen is nauwelijks grondwaterstroming en de stroming is met name verticaal gericht waardoor de parkeerkelders in deze laag nauwelijks effect hebben.

De westelijke kelder (kelder 1) wordt volgens de huidige plannen als éénlaags parkeerkelder uitgevoerd. Het is mogelijk dat een 2e kelderniveau wordt gerealiseerd bij parkeerkelder nr. 2 in het oostelijke deel van het toekomstige Marktkwartier.

### Laaddoks

Op diverse locaties op het toekomstig Food Center, o.a. ter plaatse van de bedrijfsgebouwen aan het oostelijk Marktkanaal, worden laad- en loskuilen gerealiseerd, tot onder de grondwaterstand. Deze laaddocks worden waterdicht aangelegd en er is geen risico op opdrijven. In de huidige situatie zijn ook laaddocks aanwezig. Deze ondervinden geen problemen, enkel na een heftige bui blijft er water in staan. Dit loopt niet het gebouw binnen.

De maximale aanlegdiepte van deze laaddocks (onderkant vloer) is NAP -0.80 m. In Figuur 9 is een doorsnede van de laadkuil weergegeven.



Figuur 9. Laadkuil langs Oostelijk Marktkanaal.

De laad- en losdocks langs het bedrijfsverzamelgebouw aan de oostkant worden met een maximale diepte tot NAP -0.8 m aangelegd. Dit is 2 m minder diep dan de (parkeer)kelders. Aangezien er onder dit niveau nog een meter doorlatend zand aanwezig is zullen de laadkuilen geen opstuwend effect hebben. Daarnaast hebben de laad- en loskuilen een klein oppervlak, waardoor het effect op het grondwater zeer gering zal zijn. De laad- en loskuilen zijn hierom niet meegenomen in de model berekeningen. Voor zover de laad en loskuilen reeds aanwezig zijn, zijn deze wel terug te zien in de kaarten met de ontwateringsdieptes.



## 4 Methode en resultaten

### 4.1 Modelopbouw

#### Software

De toekomstige en de huidige situatie zijn berekend met het softwarepakket Modflow (versie modflowUSG) met Groundwater Vistas Version 7.24 Build 221 als interface. Modflow gaat uit van een finite difference methode, waarin gebruik gemaakt wordt van meerdere bodemlagen. Iedere bodemlaag wordt geschematiseerd door verschillende geohydrologische parameters, zoals weerstand, doorlaatvermogen, en randvoorwaarden als waterpeilen, grondwateraanvulling en stijghoogtes. Op basis hiervan kan Modflow stijghoogtes, waterbalansen en horizontale en verticale stromingen berekenen.

#### Basismodel

Er zijn verschillende grondwatermodellen opgesteld. Het basismodel geeft de huidige situatie weer met een gemiddelde grondwaterstand, dit model is gekalibreerd op de peilbuisgegevens van Waternet en de projectpeilbuizen. Het model berekent de grondwaterstanden conform eerder beschreven systeembeschrijving en wordt daarom voldoende betrouwbaar geacht.

Er wordt aangenomen dat ondanks het volledig verhard oppervlakte er toch grondwateraanvulling in de huidige situatie plaatsvindt. In het grondwatermodel van de huidige situatie is hiermee rekening gehouden door een aanvulling van het grondwater door neerslag op te nemen (50% voor verhard en 100% voor onverhard).

Voor de gemiddelde situatie is de grondwaterstand lager dan het oppervlaktewaterpeil. Deze grondwaterstanden zijn gebruikt om de verticale wegzijging te kalibreren, de verticale doorlatendheid is aangepast om de grondwaterstanden in het centrale deel tot onder het oppervlaktewaterpeil te verlagen.

In het model zijn diverse uitgangspunten modelmatig ingevoerd en zijn de volgende aannames gemaakt:

- De regenval is gesimuleerd door een directe grondwateraanvulling.
- Constant boezempeil.
- Grondwateraanvulling wordt berekend als het verschil tussen neerslag en verdamping. Voor stationaire berekening wordt vaak een vuistregel gebruikt, hierbij geldt dat er gemiddeld gezien per jaar een neerslagoverschot is van 300 mm/j [10]. Door het IBA wordt het uitgangspunt gehanteerd van ca. 365 mm/j neerslagoverschot, dit is ca. 1 mm/d. Voor deze rapportage is dit uitgangspunt overgenomen.
- Hierbij dient opgemerkt te worden dat de scope van deze rapportage gaat over het in kaart brengen van de nieuwe langdurige geohydrologische situatie (gebaseerd op gemiddelden) na het realiseren van parkeerkelders en het wijzigen van het verhard oppervlakte.
- Om de nieuwe situatie duidelijk in beeld te krijgen zijn er, op het terrein van Food Center, verschillende zones met neerslag hoeveelheden in het grondwatermodel ingevoerd. Voor onverharde zones zoals de Marktweide vindt 100% grondwateraanvulling plaats (1 mm/d). Voor de overige delen wordt uitgegaan van 50% toename van onverhard oppervlak, oftewel 50% (0,5mm/d) grondwateraanvulling.
- De omliggende watergangen (o.a. Westelijk Marktkanaal, Oostelijk Marktkanaal, Kostverlorenvaart) zijn ingevoerd door middel van riviercellen die water afstaan aan het omliggende terrein of water opnemen uit omgeving. Dit is afhankelijk van de grondwaterstand van het omliggende terrein. Het waterpeil van deze omliggende watergangen is NAP - 0,4 m.
- De mate van doorlatendheid van de wanden en bodems van het oppervlaktewater is in het model ingevoerd met een lage conductance, dat houdt in dat er rekening gehouden is met enige mate van uitwisseling tussen oppervlaktewater en (freatisch) grondwater.



- De isohypsen van het watervoerende pakket zijn als randvoorwaarde in het grondwatermodel (laag 4) opgenomen.

Uit de kalibratie blijkt dat toename van grondwateraanvulling door neerslag een groter effect heeft op de freatische grondwaterstand dan de mate van opstuwing door het realiseren van de parkeerkelders. In overleg met Ingenieursbureau Amsterdam is afgesproken om deze effecten in beeld te brengen ten opzichte van een gemiddelde grondwaterstand.

### Model toekomstige situatie

Als tweede stap is een grondwatermodel opgesteld voor de nieuwe situatie, waarbij rekening gehouden is met de aanwezigheid van parkeerkelders en verandering van het percentage verhardoppervlak. In dit model zijn de kelders toegevoegd als no-flow cellen waardoor het verschil tussen de huidige situatie en de nieuwe situatie kan worden berekend.

In dit model zijn aanvullend op het basis model de volgende modeluitgangspunten gehanteerd:

- De kelders zijn gesimuleerd als inactieve cellen. Dit houdt in dat grondwater niet kan stromen op de locatie van de kelder.
- De kelder wordt dieper aangelegd dan de onderzijde van het ophoogzand waardoor de grondwaterstroming maximaal geremd wordt door de aanleg van de kelders. Deze situatie wordt reeds bereikt bij een enkel kelderniveau.
- Vanwege de fasering van de westelijke parkeerkelder worden waterschermen (permanente damwanden) geplaatst. Om lekkage te simuleren (omdat damwand nooit helemaal goed afsluit) is de damwand in het model opgenomen als een grondlaag met een doorlatendheid van 0,001m/d. De damwand reikt tot NAP -10,0 m. Dit is gelijk aan de bovenkant van het watervoerend pakket.

## 5 Modelsituaties en resultaten

In dit hoofdstuk wordt het effect van de klimaatscenario's tezamen met de invloed van de kelders en de kelders inclusief toename onverhard oppervlakte berekend. De onderstaande resultaten betreffen de grondwaterstand in de ondiepe zandige bodemlaag (ophooglaag). De stijghoogte in het onderliggende zandpakket (eerste watervoerend pakket) wordt in geen van de modelberekeningen beïnvloed.

### 5.1 Huidige situatie

In de huidige situatie ligt de gemiddelde grondwaterstand tussen NAP -0,3 m en NAP -0,6 m. De stijghoogte is NAP -2,0 m. Het terrein is op een gedeelte aan de noordkant na geheel verhard.

Het freatische grondwater aan de noordzijde van het Food Center wordt gedomineerd door wegzijging en door een kleine noordwaartse stroming richting de Haarlemmertrekvaart. De grondwaterstroming in het midden van het plangebied bolt op bij grondwaterstanden hoger dan de gemiddelde (GG) situatie. In het zuiden van het plangebied wordt het freatische grondwater gedomineerd door wegzijging en door een kleine zuidwaartse stroming.

### 5.2 Toekomstige situatie

In de toekomstige situatie worden drie kelders gebouwd inclusief permanente damwand (Figuur 8). Door de voorgenomen plannen zal het verhard oppervlak wijzigen (Figuur 10) en daarnaast zullen de (parkeer)kelders ervoor zorgen dat de grondwaterstroming verandert.

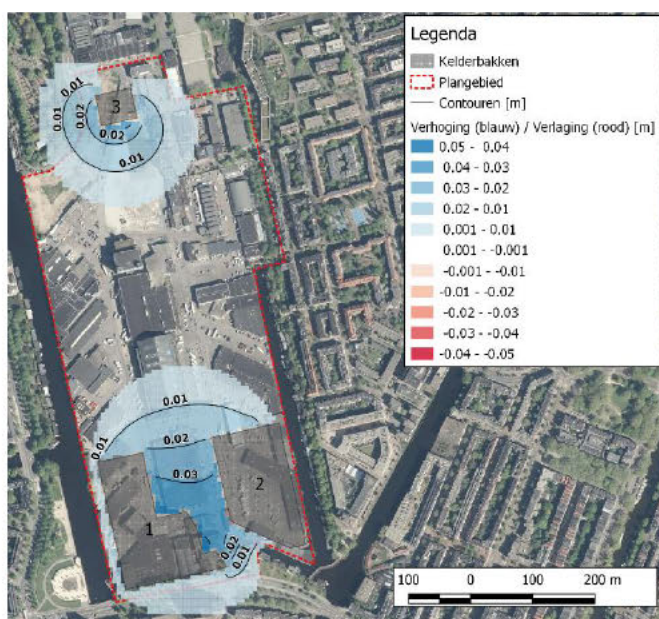


Figuur 10. Toekomstige situatie locatie kelders en damwand en verhard/onverhard oppervlak.

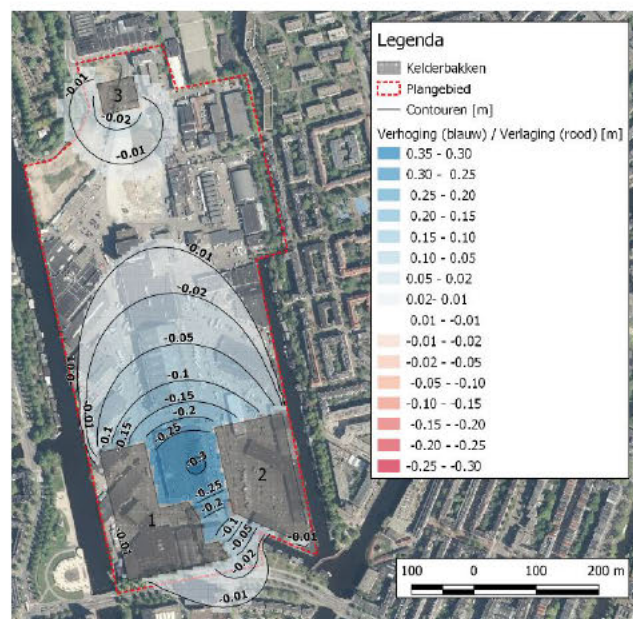
### 5.2.1 Effect (stationaire invloed) in de huidige gemiddelde grondwater situatie

De voorgenomen ontwikkelingen hebben invloed op de grondwaterstroming, de wijzigingen worden beschouwd voor twee situaties. De ene situatie beschrijft enkel het effect van de parkeerkelder en de andere situatie beschrijft het effect van het plaatsen van de kelders en de toename in onverhard oppervlakte.

In deze paragraaf is het effect van een stationaire situatie ten opzichte van de huidige gemiddelde grondwaterstand (paragraaf 5.1) beschouwd. In de berekening zijn de kelders en damwanden toegevoegd zoals beschreven in paragraaf 4.1.



Figuur 11. Effect kelders (stationaire invloed) in de huidige gemiddelde grondwater situatie [m]. Verhoging tussen 1 en 4 cm. Let op: verschil in legenda (kleurschaal).



Figuur 12. Effect kelders en wijziging in toename onverhard oppervlakte (stationaire) in de huidige gemiddelde grondwater situatie. Verhoging tussen 5 en 30 cm. Let op: verschil in legenda (kleurschaal).

#### 5.2.1.1 Effect kelder

In Figuur 11 is het effect van de kelders op verhoging en verlaging van de waterstand berekend en weergegeven. Wetgeving stelt dat er maximaal een wijziging van de waterstand van 5 cm mag plaatsvinden.

#### Parkeerkelders (nr. 1 en nr. 2)

De freatische grondwaterstand tussen de parkeerkelders (nr. 1 en nr. 2) neemt toe, er zal opstuwung tot maximaal 4 cm plaatsvinden. De grootste opstuwung vindt plaats tussen de parkeerkelders. In de voorgenomen plannen wordt hier de Marktweide gerealiseerd, op deze locatie wordt het huidige asfalt vervangen voor groen. Separate rapportage aan onderhavige rapportage wordt voor rainproof een rapportage en model opgesteld. In deze rapportage wordt drainage voorgesteld onder de Marktweide.

De verhoging/verdroging is niet meer dan 5 cm, er zijn derhalve geen mitigerende maatregelen benodigd.

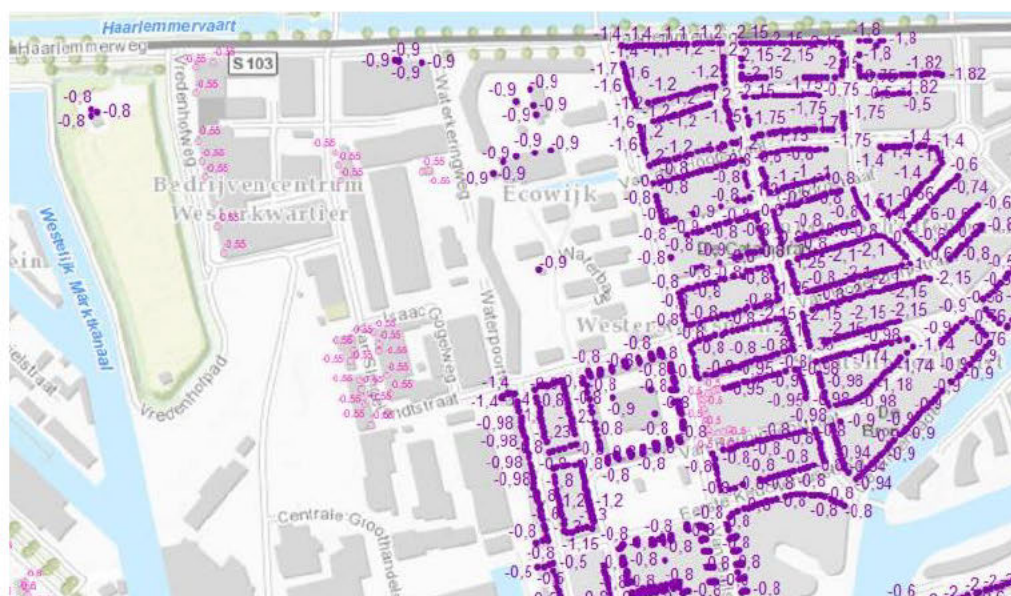
#### Kelder (nr. 3)

De freatische waterstand nabij parkeerkelder nr. 3 neemt toe, hier vindt verhoging van 3 cm plaats

Gebouwen grenzend aan de Zeebergweg hebben houten paal funderingen. Uit Figuur 13 blijkt dat (theoretisch de) bovenkant van de houten paal zich op NAP -0,55 m bevindt. De grondwaterstand zal door het plaatsen van de parkeerkelder in gemiddelde situatie niet dalen. Er dient opgemerkt te worden dat uit meetreeksen van peilbuis C05197 (Tabel 2/Figuur 4) blijkt dat de houten palen meerdere keren per jaar droogvallen. In juni 2020 is een waterstand van NAP - 0,8 m geregistreerd. Dit betekent feitelijk dat de grondwaterstand lager is dan de (theoretische) bovenkant paalhoogte.

Er vindt onder invloed van de kelders geen verlaging plaats. Er zijn geen aanvullende maatregelen benodigd.

Het Vredenhofpad fungeert als een peilscheiding, oftewel fungeert als een (secundaire) waterkering. In het grondwatermodel is geen rekening gehouden met de aanwezige sloot tussen de begraafplaats en het Vredenhofpad. Er wordt een verhoging van 1 cm tot maximaal 2 cm berekend. Er zijn geen aanvullende maatregelen benodigd om de peilscheiding te blijven waarborgen.



Figuur 13. Theoretische hoogtes van de houten palen in de omgeving. De roze en paarse getallen zijn de bovenkant van de houten palen in mNAP. Paars = betekent dat er ook horizontale houten balken aanwezig zijn, bij de roze huizen is dit niet het geval. Bron: Waternet.

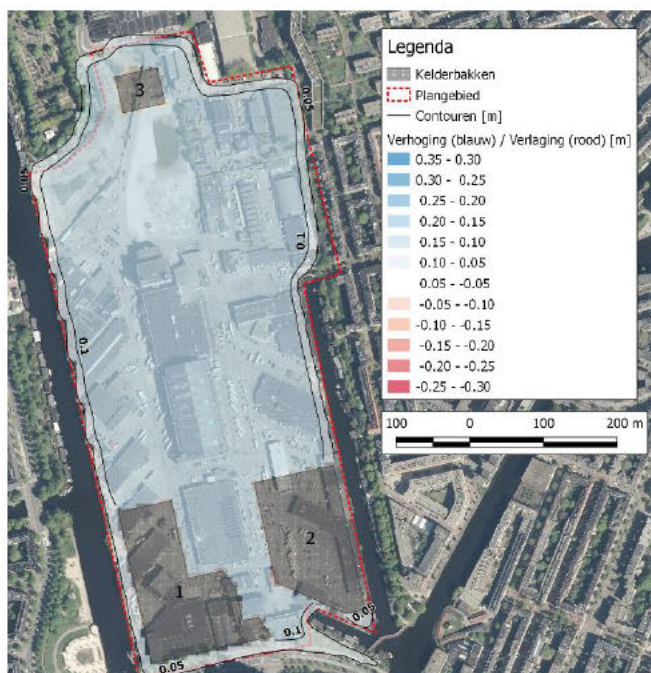
### 5.2.1.2 Effect kelder en toename onverhard oppervlakte

Het wijzigen van het verhard oppervlak zorgt ervoor dat de grondwateraanvulling wijzigt. Om de effecten van het plaatsen van de kelders en het wijzigen van het verhard oppervlak weer te geven is een stationaire berekening gemaakt. In de berekening zijn de kelders, damwanden en grondwateraanvulling toegevoegd zoals beschreven in paragraaf 4.1. In Figuur 10 is de toekomstige situatie weergegeven. In Figuur 12 is het effect van de wijzigingen op de grondwaterstand weergegeven.

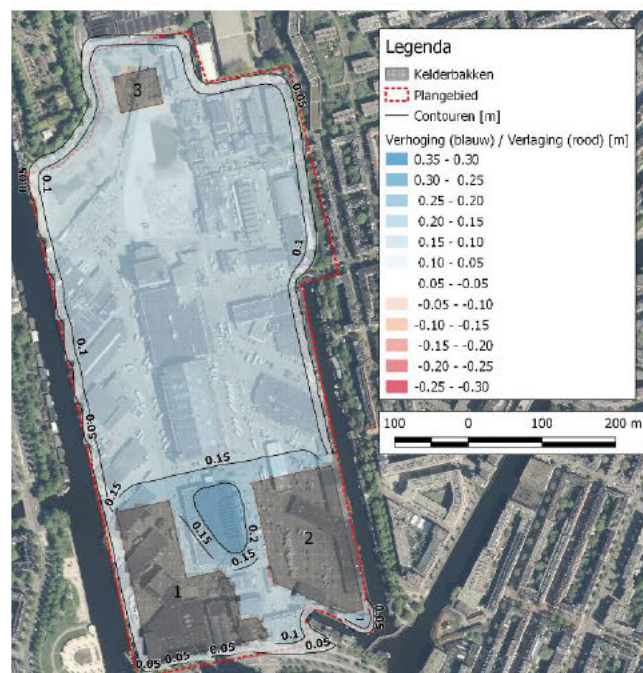
De grondwaterstand wordt verhoogd tussen kelders nr. 1 en nr. 2. Dit komt doordat de locatie van de marktweide wijzigt van verhard naar onverhard, wat betekent dat in plaats van 50% nu 100% grondwateraanvulling plaats vindt door neerslag.

### 5.2.2 Effect werkzaamheden bij neerslag situatie met bui T2

Voor deze berekening is met een bui 10 daagse bui van eens in de twee jaar gerekend, waarin ca 80 mm/10 dagen valt. De neerslag is evenredig aan het model toegevoegd. Dit betekent dat elke dag over een periode van 10 dagen 8 mm neerslag (per dag) is toegevoegd.



Figuur 14. Effect verhoging grondwaterstand t.o.v. gemiddelde waterstand situatie na 10 dagen (bui T2) en 80mm neerslag, inclusief effect kelders (geen wijziging onverhard oppervlak).



Figuur 15. Effect verhoging grondwaterstand t.o.v. gemiddelde waterstand situatie na 10 dagen (bui T2) en 80mm neerslag, inclusief effect kelders en 50% extra infiltratie t.o.v. huidige situatie en 100% toename infiltratie ter plaatse van de Marktweide.

#### 5.2.2.1 Effect kelder

In Figuur 14 is het verschil in grondwaterstand tussen de huidige situatie en de invloed van de toekomstige situatie na een bui T2 berekend. In deze berekening is enkel de aanwezigheid van de kelders meegenomen, dus niet de wijziging in verhard oppervlak.

Uit de berekening blijkt dat de T2 bui een verhoging van de grondwaterstand veroorzaakt in het gehele gebied. Het gehele Food Center gebied stijgt met maximaal 0,1 m na 10 dagen. Er is geen nadrukkelijke invloed van de kelders te zien. Er zijn geen mitigerende maatregelen benodigd.

#### 5.2.2.2 Effect kelder en toename onverhard oppervlakte

In Figuur 15 is het verschil in grondwaterstand tussen de toekomstige situatie (dus inclusief nieuw te bouwen kelders en damwand en gewijzigd verhard oppervlak) en de toekomstige situatie na een bui T2 berekend. Hierbij is voor onverhard oppervlak 100% infiltratie en voor verhard oppervlak 50% infiltratie; 8mm/d en 4mm/d respectievelijk, aangehouden.

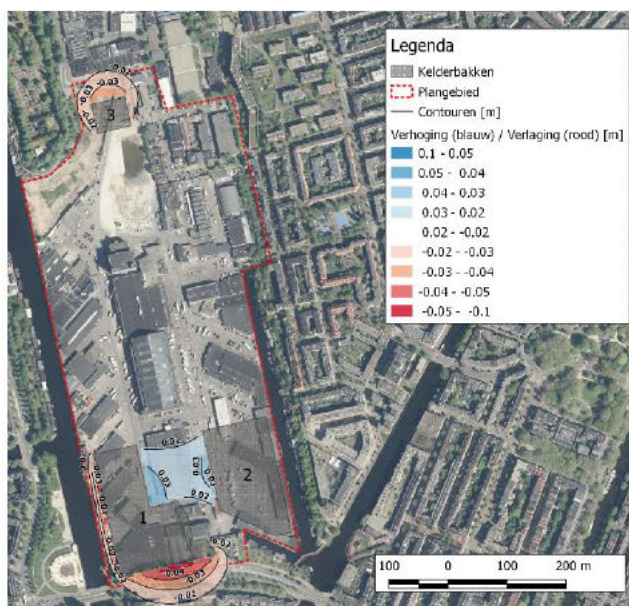
Uit de berekening blijkt dat de T2 bui een verhoging van de grondwaterstand veroorzaakt in het gehele gebied. Het grootste gedeelte van het gebied stijgt met ca. 0,1 m na 10 dagen. De locatie met de wijziging naar onverhard oppervlak heeft de grootste stijging van maximaal ca. 0,20 cm na 10 dagen.

### 5.2.3 Klimaat scenario $W_h 2050$

Voor het klimaat scenario  $W_h 2050$  [12] wordt uitgegaan dat de neerslag met 17% toeneemt in vergelijking met de huidige situatie rond het jaar 2050. Dit is aan de toekomstige situatie toegevoegd. De grondwateraanvulling is 1,17 mm/d voor onverhard oppervlak en 0,59 mm/d voor verhard oppervlak. Deze uitgangspunten zijn afgestemd met het Ingenieurs Bureau van Amsterdam en Waternet.

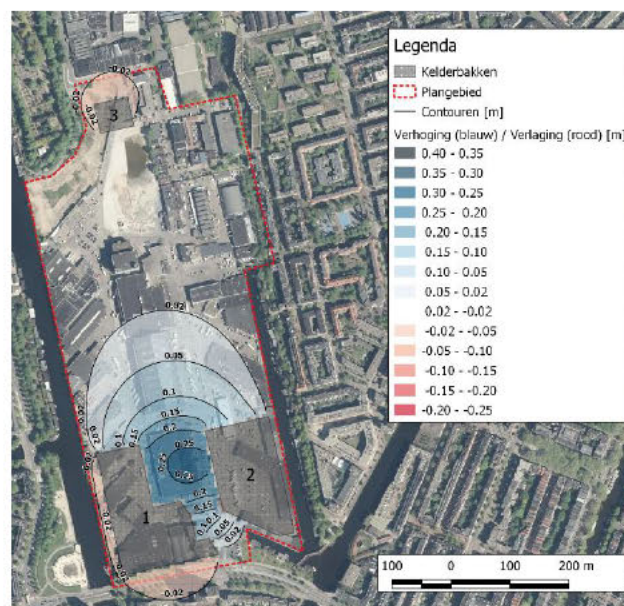
Er zijn vier effecten berekend:

- De  $W_h 2050$  ten opzichte van (de toekomstige)  $W_h 2050$  situatie met;
  - Enkel de parkeerkelders (Figuur 16)
  - Kelders en toename onverhard oppervlakte (Figuur 17).
- De  $W_h 2050$  ten opzichte van de gemiddelde (huidige) situatie met;
  - Enkel de parkeerkelders (Figuur 18)
  - Kelders en toename onverhard oppervlakte (Figuur 19).



Figuur 16. Effect stijging/daling waterstand in  $W_h 2050$  situatie. Let op: hierbij is de als basis de  $W_h 2050$  situatie gebruikt en is vervolgens enkel het effect van de kelders in deze situatie in kaart gebracht. Het effect van vernatting door het klimaatscenario is al meegenomen in de basis.

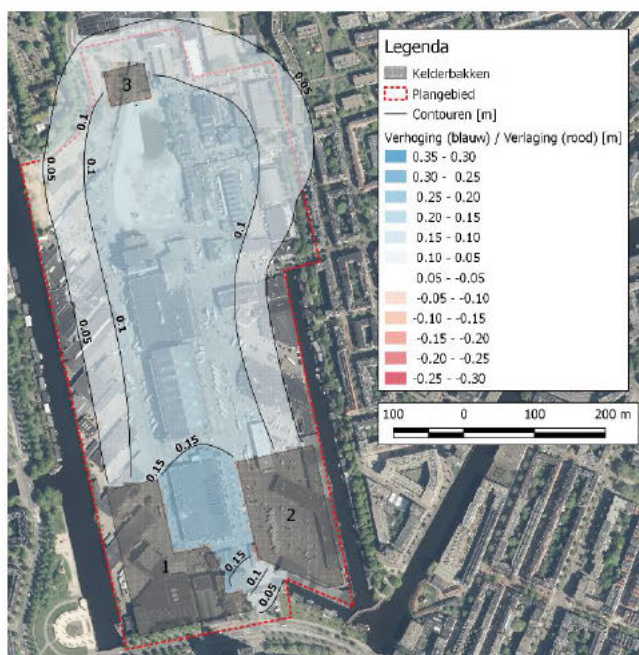
De verhoging is minder dan 5 cm. De verdroging is maximaal 5 cm.



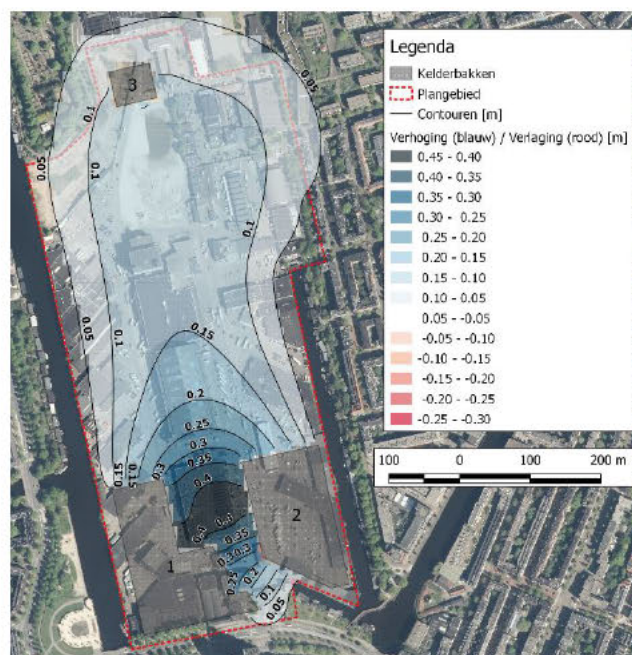
Figuur 17. Effect stijging/daling waterstand in  $W_h 2050$  situatie. Let op: hierbij is de als basis de  $W_h 2050$  situatie gebruikt en is vervolgens enkel het effect van de kelders en toename infiltrerend oppervlakte in deze situatie in kaart gebracht. Het effect van vernatting door het klimaatscenario is al meegenomen in de basis.

De verhoging is maximaal 26 cm. De verdroging is maximaal 2 cm.

Er zijn twee effecten berekend, de  $W_h 2050$  ten opzichte van de gemiddelde (huidige) situatie met kelders (Figuur 18) en scenario 2 met kelders en toename onverhard oppervlakte (Figuur 19). Door het klimaat scenario stijgt de waterstand over het gehele gebied.



Figuur 18. Grondwaterstand verhoging tussen huidige GG situatie en de toekomstige Wh 2050 situatie. Inclusief kelders, exclusief wijziging onverhard oppervlak. Tussen de kelders wordt een verhoging van maximaal 18 cm berekend.



Figuur 19. Grondwaterstand verhoging tussen huidige GG situatie en de toekomstige Wh 2050 situatie. Inclusief kelders en toename onverhard oppervlak.

In het noordelijke deel wordt een verhoging van maximaal 14 cm berekend. De verhoging van de grondwaterstand is het grootst tussen kelders 1 en 2, de maximale verhoging van de grondwaterstand is ca. 42 cm.

### 5.2.3.1 Effect kelder

In Figuur 16 en Figuur 18 is het effect van het klimaat scenario Wh 2050 weergegeven wanneer enkel de kelders gerealiseerd worden.

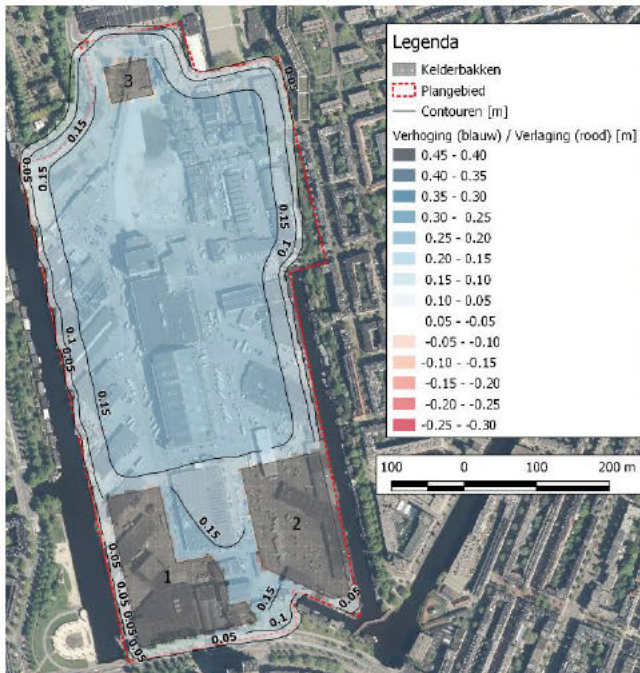
Figuur 11 en Figuur 16 laten zien dat door de realisatie van de kelder een grondwaterstandsverandering van maximaal 5 cm berekend wordt. Er zijn derhalve geen mitigerende maatregelen benodigd voor de realisatie van de kelders.

### 5.2.3.2 Effect kelder en toename onverhard oppervlakte

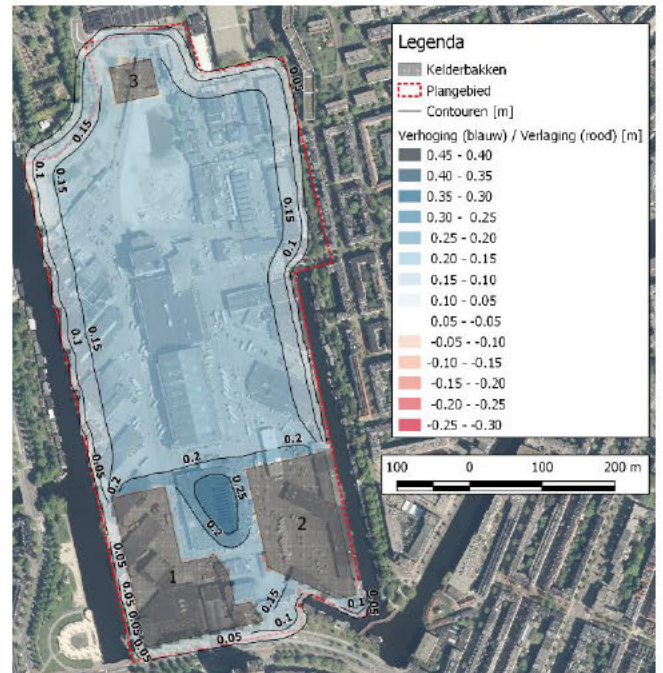
In Figuur 17 en Figuur 19 wordt het verschil van de grondwaterstand in een Wh 2050 situatie (stationair) weergegeven. Het vergroten van het onverhard oppervlak heeft 20 à 25cm grondwaterstijging tot gevolg (figuur 12 en figuur 17) door klimaatverandering zal een extra stijging van ca 16cm veroorzaakt worden.

#### 5.2.4 Klimaat scenario $W_h2050$ bij neerslag situatie met bui T2

In Figuur 21 wordt het verschil in de grondwaterstand weergegeven tussen de toekomstige  $W_h$  2050 situatie en de  $W_h$  2050 situatie met een bui T2 waarbij 93,6 (80mm +17%) in 10 dagen neerslag valt. De neerslag valt evenredig over de verschillende dagen. Dit betekent dat per dag 9,36 mm neerslag valt. Voor onverhard oppervlak is dit 9,36 mm/d en voor verhard oppervlak is dit 4,68mm/d grondwateraanvulling.



Figuur 20. Grondwaterstand verhoging tussen toekomstige situatie en de situatie  $W_h2050$  met bui T2 na 10 dagen. Inclusief kelders, exclusief wijziging in verhard oppervlak. De 15 cm contourlijn tussen de kelders geeft een vertekend beeld. Dit heeft te maken met afronding, er wordt 14,3 cm en 15,2 cm berekend.



Figuur 21. Grondwaterstand verhoging tussen toekomstige  $W_h2050$  situatie en de situatie  $W_h2050$  met bui T2 na 10 dagen.

##### 5.2.4.1 Effect kelder

De T2 bui (bui waarbij 10 dagen 8 mm neerslag per dag evenredig is toegevoegd) zorgt voor een grondwaterstijging in het hele plangebied van maximaal 16 cm op het midden van het terrein (Figuur 20). Tussen de kelders nr. 1 en nr. 2 wordt 15 cm verhoging berekend. Er is geen opstuwend of verdrogend effect te zien van de parkeerkelder. Er zijn geen mitigerende maatregelen benodigd.

##### 5.2.4.2 Effect kelder en toename onverhard oppervlakte

Uit dit scenario (Figuur 21) blijkt dat het noordelijke deel een grondwaterstandsverhoging van maximaal 15 cm laat zien. De verhoging van de grondwaterstand is het grootst tussen kelders 1 en 2, de maximale verhoging van de grondwaterstand na 10 dagen bij bui T2 is ca. 29 cm.

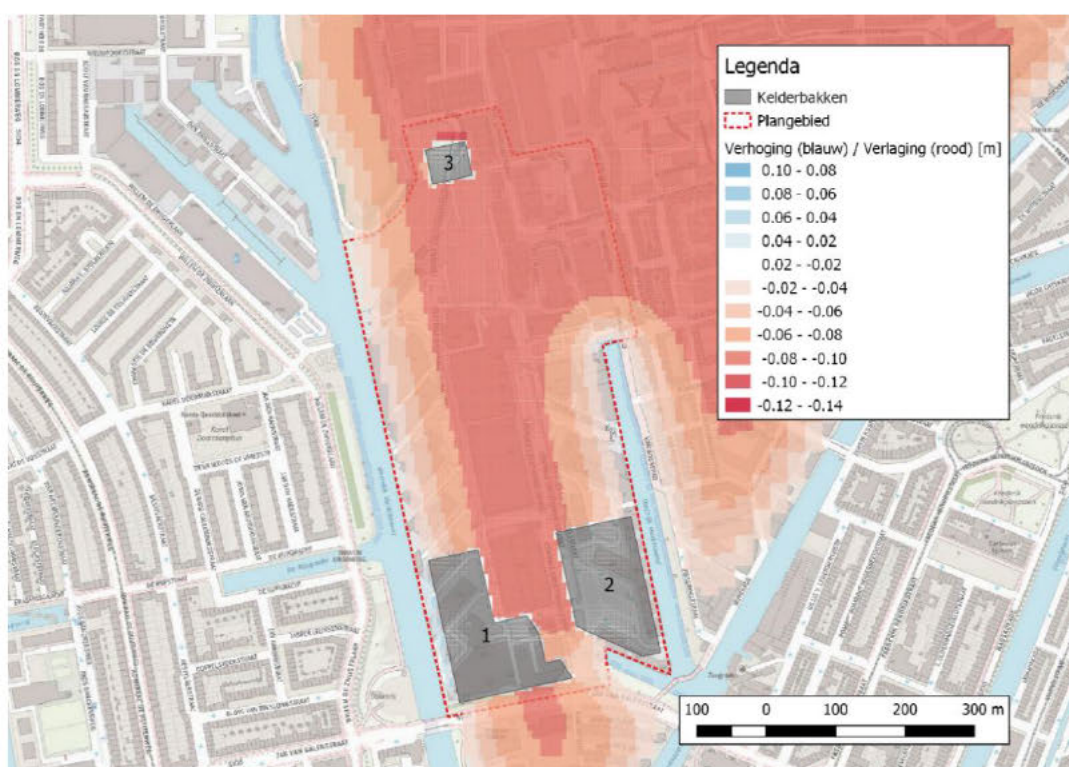
### 5.2.5 Droge periode

In een droge periode (GLG-situatie) is de freatische grondwaterstand in het plangebied lager dan de boezempeilen. De boezem gaat dan water leveren aan het plangebied. De waterlevering is onvoldoende, de metingen (paragraaf 2.3.1) laten zien dat de GLG tot NAP -0,6 m á NAP -0,8 m uitzakt. Minimale waarden zijn nog lager.

Het effect van de kelders in een droge periode is ook berekend. Hierbij is uitgegaan van een startsituatie met GLG waterstanden waarbij vervolgens 2 maanden 0 mm neerslag valt.

In Figuur 22 is het effect van de 2 maanden droogte ten opzichte van een GLG weergegeven. De afbeelding laat zien dat er aanvulling vanuit het oppervlaktewater gaat plaatsvinden. In het midden wordt de grootste verlaging waargenomen van ca. 10 cm. Tussen de parkeerkelders nr. 1 en nr. 2 wordt 10 cm verlaging berekend. De parkeerkelders hebben geen extra effect op de freatische grondwaterstand bij droogte.

Kelder nr. 3 laat aan de noordzijde een verlaging zien van 10 cm, aan de zuidzijde wordt 9 cm verlaging berekend. Uit deze berekening blijkt dat de parkeerkelder door de barrière werking een opstuwend effect heeft van 1 cm.



Figuur 22. Verlaging van de freatische waterstand bij 2 maanden droogte t.o.v. GLG situatie.

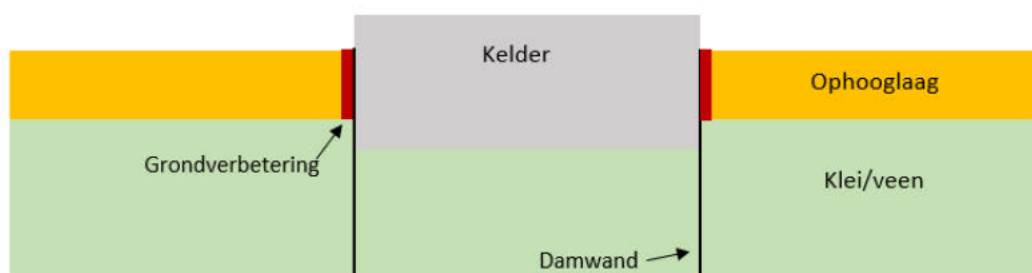
### 5.3 Mitigerende maatregelen

Bij een significante beïnvloeding op de freatische grondwaterstand dienen mitigerende maatregelen genomen te worden. De mitigerende maatregelen dienen op eigen perceel gerealiseerd te worden. Mogelijke maatregelen zijn, het toepassen van:

- Grondverbetering rondom de kelders d.m.v. grind(koffers).
- Grondverbetering onder de kelders (Figuur 23).
- Hevelsysteem waarbij middels een buissysteem de verhoging van de waterstand wordt afgevoerd naar de zijde met verlaging.

Figuur 23 is een schets van de mitigerende maatregel van grondverbetering rondom de kelders. In overleg met Waternet (dd. 24-02-2021) is afgesproken dat ondanks het minimale effect van de kelders toch mitigerende maatregelen benodigd zijn. Er is afgesproken dat de volgende maatregel toegepast gaat worden:

- Grondverbetering van 1 m breed rondom kelders door gehele ophooglaag. De ophooglaag is de zandige laag boven de klei/veenlaag; EN
- Aanvullen met uiterst grof zand/grind met een doorlatendheid van 80 m/dag.



Figuur 23. Schets mitigerende maatregel: grondverbetering rondom kelder.

Met Waternet is overeengekomen grondverbetering rondom drie kelders uit te voeren. De locaties van de grondverbetering zijn weergegeven in Figuur 24. De grondverbetering zorgt ervoor dat het grondwater gemakkelijker langs de kelders stroomt. Hierdoor kan het hemelwater dat in de toekomstige Marktweide valt afstromen langs de kelders naar het oppervlaktewater. Ten noorden van kelder 3 is kwetsbare bebouwing met houten funderingen aanwezig. De palen staan nu (theoretisch) al droog in de zomer, dit mag niet verder verslechteren, daarom wordt er grondverbetering toegepast.



Figuur 24. In rood de grondverbetering rondom de kelders.



#### 5.4 Samenvatting berekende effecten en klimaat scenario's

De freatische grondwaterstand wordt door de barrièrewerking en de toename in onverhard oppervlak en door de verschillende klimaatscenario's beïnvloed. In voorgaande paragrafen zijn de effecten weergegeven, het maximale effect per scenario is samengevat in Tabel 5.

Tabel 5. maximale verhoging/verlaging freatische grondwaterstand per scenario in cm en mNAP. Let op: afgerond op 1 decimaal.

	Effect: kelder		Effect: kelder + toename onverhard oppervlak	
Huidige (GG situatie) (0)	↑ 4 cm	Max: NAP -0,4 m	↑ 30 cm	Max: NAP -0,1 m
GG situatie + T2 bui (5.2.2)	↑ 10 cm	Max: NAP 0,0 m	↑ 20 cm	Max: NAP +0,1 m
Wh2050 scenario t.o.v. GG situatie (0)	↑ 18 cm	Max: NAP -0,2 m	↑ 42 cm	Max: NAP 0,0 m
Wh2050 scenario t.o.v. stat. Wh2050 situatie (0)	↓ 4 cm ↑ 5 cm	Max: NAP -0,2 m	↓ 4 cm ↑ 5 cm	Max: NAP 0,0 m
Wh2050 scenario t.o.v. T2 bui Wh2050 situatie (5.2.4)	↑ 15 cm	Max: NAP +0,2 m	↓ 2 cm ↑ 26 cm	Max: NAP +0,3 m

In samenspraak met het Ingenieursbureau van Amsterdam en Waternet is de gemiddelde grondwaterstand als uitgangspunt gehanteerd. De natuurlijke fluctuatie van grondwaterstanden in de huidige situatie is 20 en 40 cm. De berekende effecten vinden, afhankelijk van het berekende scenario, plaats binnen de natuurlijke fluctuatie.

##### *Invloed enkel parkeerkelders*

In paragraaf 5.2.1.1 en 5.2.3.1 is enkel het effect van de parkeerkelders weergegeven. Hierbij zijn verschillende klimaatscenario's als begin grondwaterstand (starting heads) gebruikt, namelijk de gemiddelde (huidige) grondwaterstand en de waterstand tijdens het Wh2050 scenario.

In het Wh2050 scenario wordt verdroging berekend (Figuur 16) aan de noordzijde van kelder nr. 3 en aan de zuidzijde van kelder nr. 1. Er wordt geen verdroging berekend (Figuur 11) in de gemiddelde situatie. De reden hiervoor is een verschil in functioneren van het watersysteem. In de gemiddelde situatie is de freatische grondwaterstand nagenoeg gelijk aan het boezempeil, waardoor het water in het plangebied naast wegzijging een licht verhang heeft vanaf het midden van het plan gebied naar het noorden en vanaf het midden naar het zuiden.

De freatische grondwaterstand in het Wh2050 scenario is hoger dan het boezempeil waardoor het plangebied gaat afwateren naar de boezem. Daarnaast vindt er (nog steeds) wegzijging plaats en is het verhangpatroon wijzigt, er vindt opbolling plaats in het plangebied.

Voor alle klimaatscenario's geldt dat er niet meer dan 5 cm verdroging/verhoging van de freatische grondwaterstand wordt berekend. Er zijn geen mitigerende maatregelen benodigd.

De wijzigingen van de werking van het freatische watersysteem zorgen voor enkele centimeters verschil in de getoonde figuren.



## 6 Ontwateringsdiepte

De voorgenomen werkzaamheden en wijzigingen op het Food Center terrein hebben ook invloed op de toekomstige ontwateringsdiepte. In dit hoofdstuk is de ontwateringsdiepte voor de verschillende klimaat scenario's in kaart gebracht.

De ontwateringsdiepte is het verschil tussen de grondwaterstand en het maaiveld. De gewenste ontwateringsdiepte hangt af van de bebouwing en het gebruik van de grond.

In het algemeen is een ontwateringsdiepte ter plaatste van bebouwing [11]

- < 0,5 m: ongewenst
- tussen 0,5 en 0,9 m: veelal acceptabel
- > 0,9 m: ideaal.

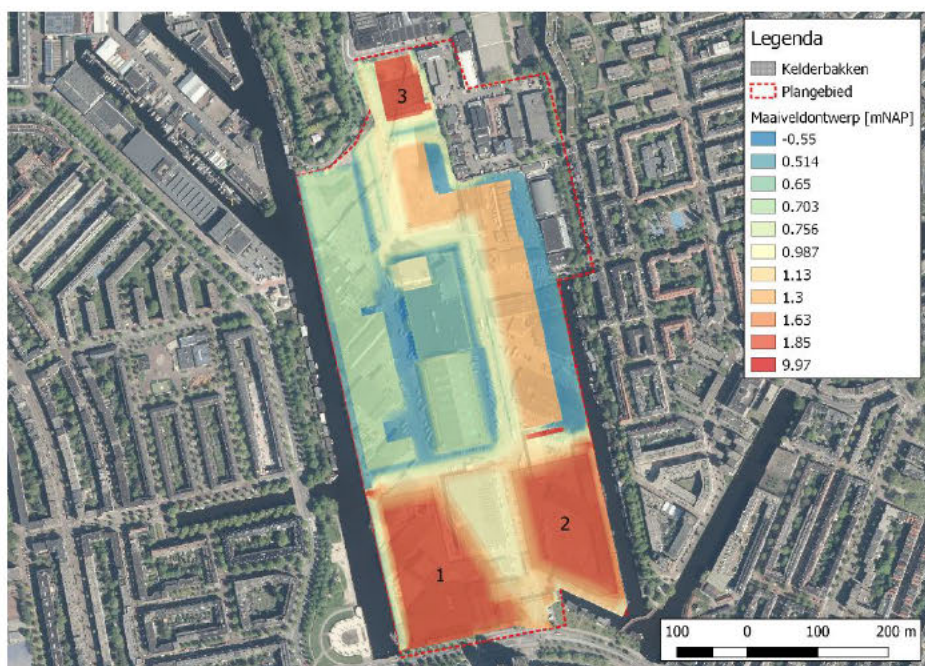
Daarnaast geldt dat de ontwateringsdiepte met een herhalingskans van 1 keer per 2 jaar gedurende maximaal 5 aaneengesloten dagen overschreden mag worden. Het uitgangspunt bij de norm is dat er geen drainagebuizen of andere ondergrondse ontwateringmiddelen worden toegepast.

Bij kruipruimteloos bouwen is de norm voor de ontwateringsdiepte 0,50m ten opzichte van het maaiveld en bij bouwen met kruipruimte is dit 0,90m. De huidige bebouwing is gebouwd zonder kruipruimte, dus bij een ontwateringsdiepte van minimaal 0,5 m ten opzichte van maaiveld voldoet dit aan de norm.

In onderstaande paragrafen is de ontwateringsdiepte per klimaatscenario berekend. Locaties met te weinig ontwateringsdieptes zijn aangegeven. Het uitwerken van de maatregelen ten behoeve van voldoende ontwateringsdiepte valt niet binnen de scope van onderhavige rapportage.

### 6.1 Toekomstig maaiveld

In de toekomstige situatie is de marktweide opgehoogd tot ca. NAP +1 m, richting de markthal loopt het toekomstige maaiveld af richting het bestaande maaiveld (Figuur 25).



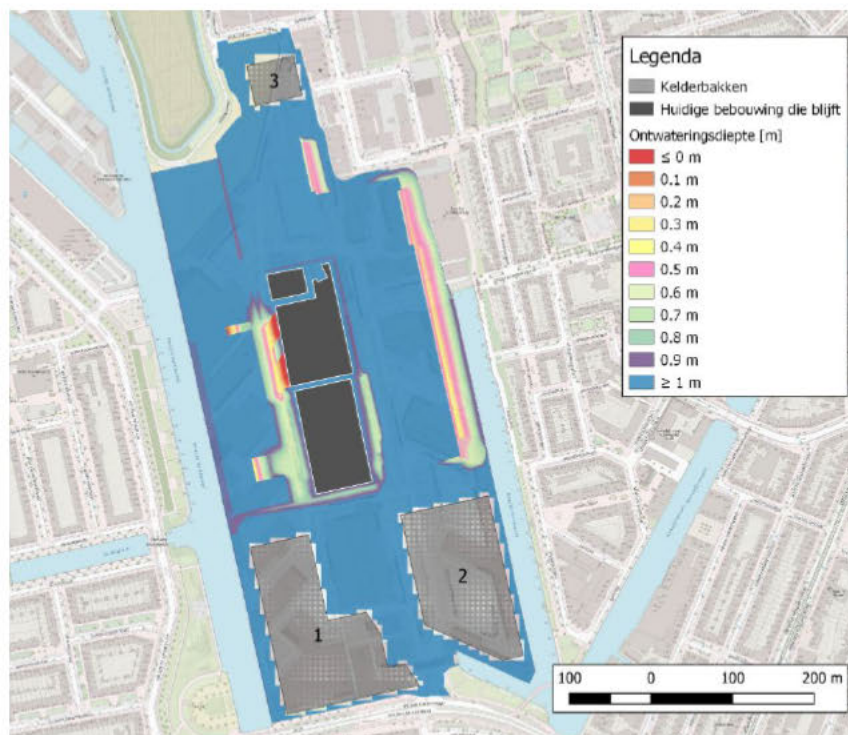
Figuur 25. Maaiveldontwerp in [mNAP], uitsnede: tygronmodel. NAP +9,97 m is geen maaiveldhoogte van vloerhoogte.

In Figuur 26 tot en met Figuur 31 is de ontwateringsdiepte weergegeven voor de verschillende situaties.

## 6.2 Ontwateringsdiepte per klimaatscenario

### 6.2.1 Effect (stationaire invloed) in de huidige gemiddelde grondwater situatie

De ontwateringsdiepte is berekend ten opzichte van het nieuwe maaiveldplan uit Tygron. Figuur 26 laat de ontwateringsdiepte zien over het projectgebied ten opzichte van de huidige situatie. Op de meeste locaties wordt 70 cm of meer ontwatering berekend. Dit is acceptabel tot ideaal.

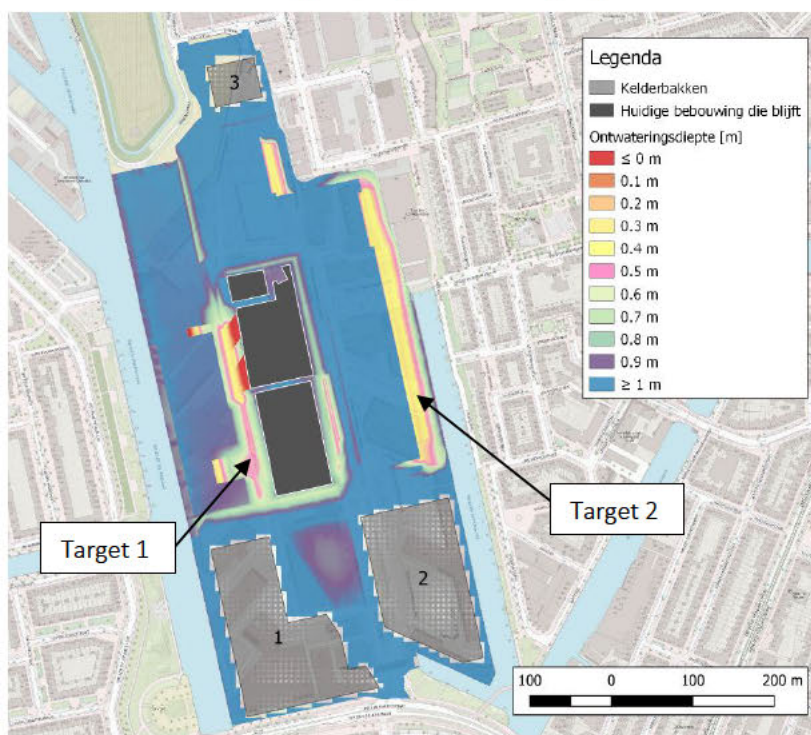


Figuur 26. Ontwateringsdiepte toekomstige situatie (stationair) met kelders en toename onverhard oppervlak. Ter plaatse van de rode locaties wordt 50 cm ontwateringsdiepte berekend. De rode locaties zijn huidige laaddocks.

### 6.2.2 Effect werkzaamheden bij neerslag situatie met bui T2

In Figuur 27 is de ontwateringsdiepte na een T2 bui weergegeven, hierbij is het effect van de kelders en de toename onverhard oppervlak meegenomen. Ten opzichte van Figuur 26 neemt de ontwateringsdiepte ter plaatse van de Marktweide (tussen kelders nr. 1 en nr. 2) af, maar bedraagt nog minimaal 90 cm.

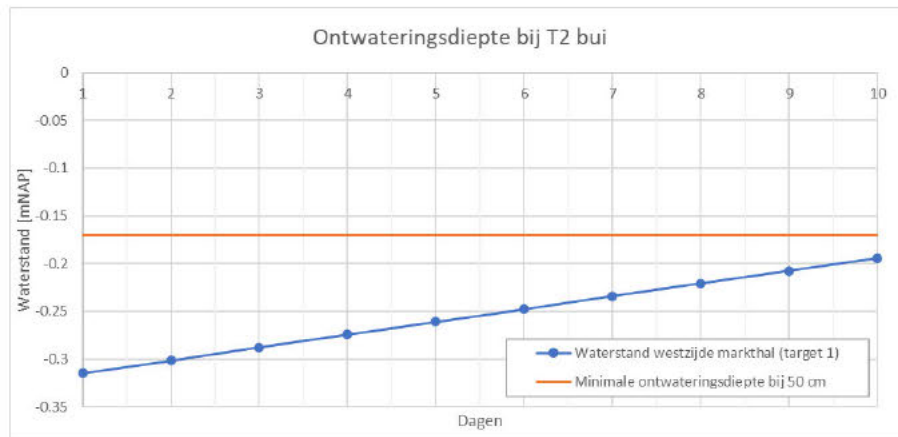
Er wordt 40 cm ontwateringsdiepte gehaald in de gele gebieden.



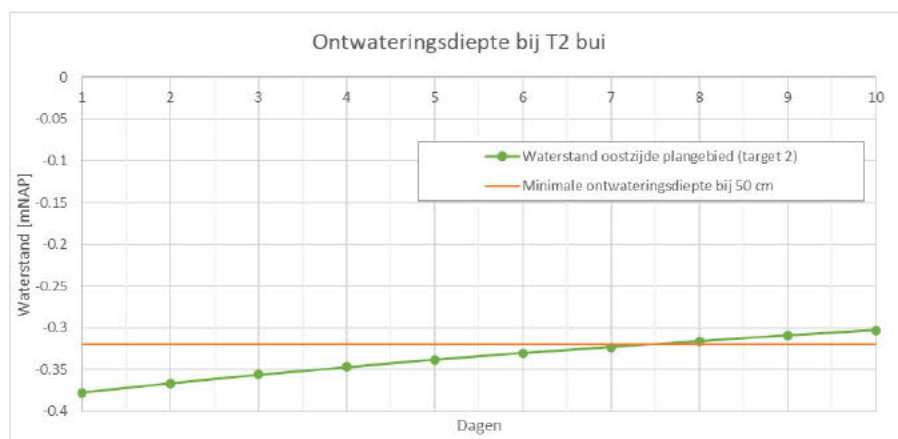
Figuur 27. Ontwateringsdiepte toekomstige situatie Bui T2 na 10 dagen: 8 mm(onverhard) per dag 10 dagen lang.

In het GRPA is gesteld dat de ontwateringsdiepte met een herhalingskans van 1 keer per 2 jaar gedurende maximaal 5 aaneengesloten dagen overschreden mag worden. Om inzichtelijk te maken of de waterstand meer of minder dan 5 dagen overschreden wordt zijn op twee locaties targets in het grondwatermodel neergezet.

Per tijdsstap (1 dag) is de freatische waterstand weergegeven (Figuur 28 en Figuur 29). Uit deze figuren blijkt dat in beide gevallen de overschrijdingsduur niet meer dan 5 dagen is, er zijn geen mitigerende maatregelen benodigd.



Figuur 28. Freatische waterstand (blauw, target 1) in combinatie met minimale ontwateringsdiepte van 50 cm. De ontwateringsdiepte wordt na de 10 daagse bui niet overschreden. Er zijn geen mitigerende maatregelen benodigd. Uitgangspunt maaiveld = NAP +0,33 m.

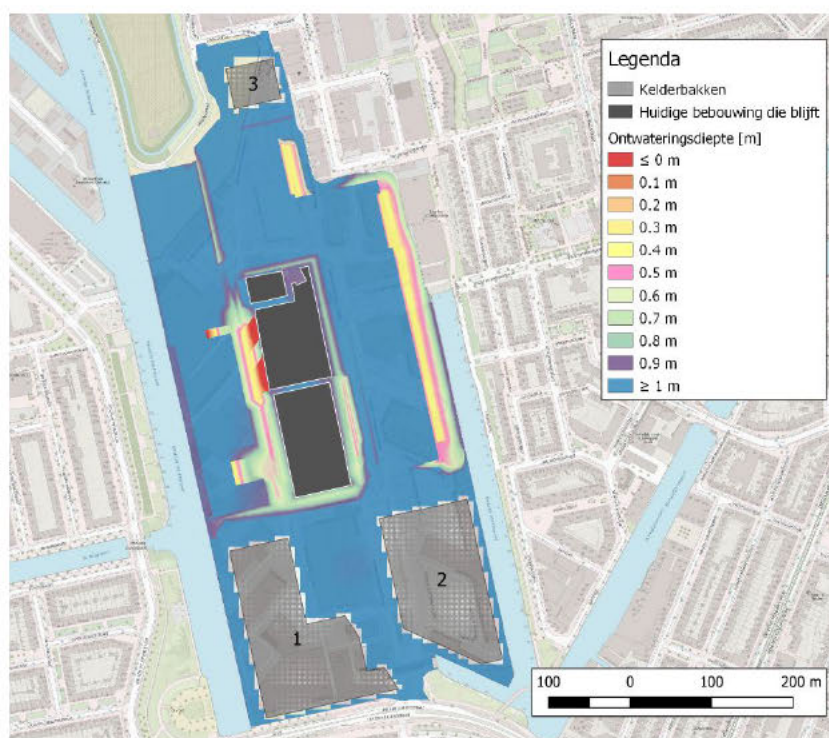


Figuur 29. Freatische waterstand (groen, target 2) in combinatie met minimale ontwateringsdiepte van 50 cm. Binnen 7,5 dagen is het freatisch grondwater hoger dan de minimale ontwateringsdiepte van 50 cm. Dit betekent dat de ontwateringsdiepte 2,5 dag overschreden wordt, er zijn geen mitigerende maatregelen benodigd. Uitgangspunt maaiveld = NAP +0,18 m.

### 6.2.3 Klimaat scenario $W_h 2050$

Figuur 30 geeft de ontwateringsdieptes tijdens de  $W_h 2050$  ten opzichte van (de toekomstige)  $W_h 2050$  situatie weer. Voor het klimaat scenario  $W_h 2050$  [12] wordt uitgegaan dat de neerslag met 17% toeneemt in vergelijking met de huidige situatie rond het jaar 2050. Dit is aan de toekomstige situatie toegevoegd. De grondwateraanvulling is 1,17 mm/d voor onverhard oppervlak en 0,59 mm/d voor verhard oppervlak.

Er is voldoende ontwateringsdiepte, behalve in de gele/oranje gebieden. Hier dienen mitigerende maatregelen getroffen te worden.

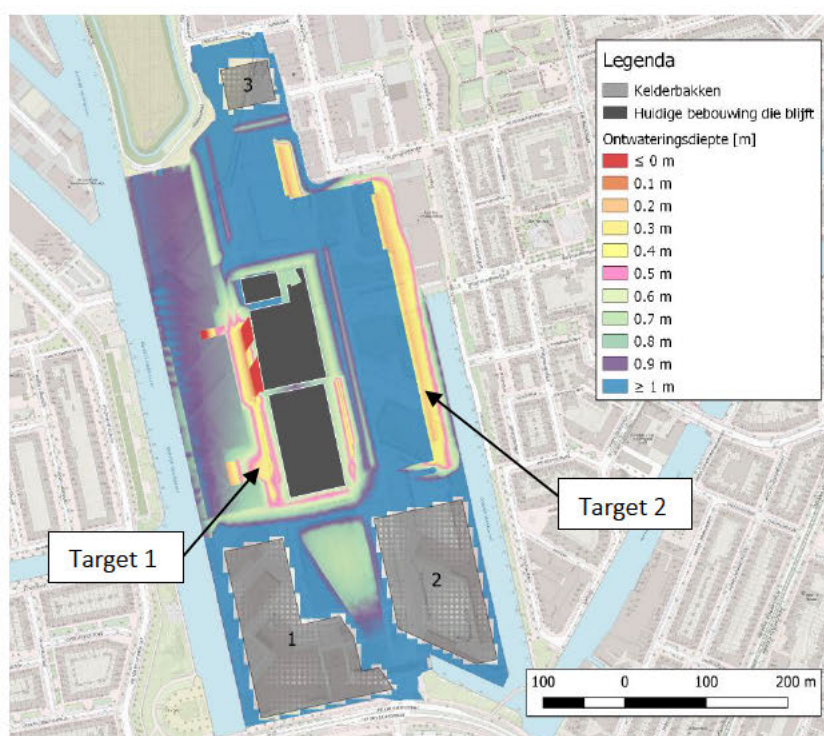


Figuur 30. Ontwateringsdiepte scenario WH2050 (stationair): 1,17 mm per dag (onverhard) stationair.

#### 6.2.4 Klimaat scenario W<sub>h</sub>2050 bij neerslag situatie met bui T2

Figuur 31 is de ontwateringsdiepte waarbij rekening is gehouden met de situatie waarbij de parkeerkelders aanwezig zijn en waarbij de WH2050 bui met een T2 bui plaatsvindt, oftewel 9,63 mm/dag grondwateraanvulling in de onverharde delen. Deze berekening resulteert in een ontwateringspatroon zoals in Figuur 31 is weergegeven.

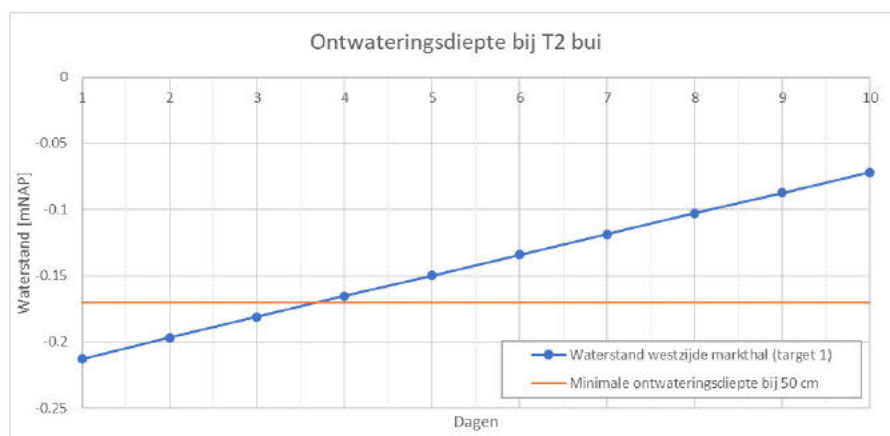
Ter plaatse van de Marktweide is de ontwateringsdiepte tussen 60-90 cm. Op openbaar terrein ten oosten van de markthallen wordt 40 cm ontwatering berekend.



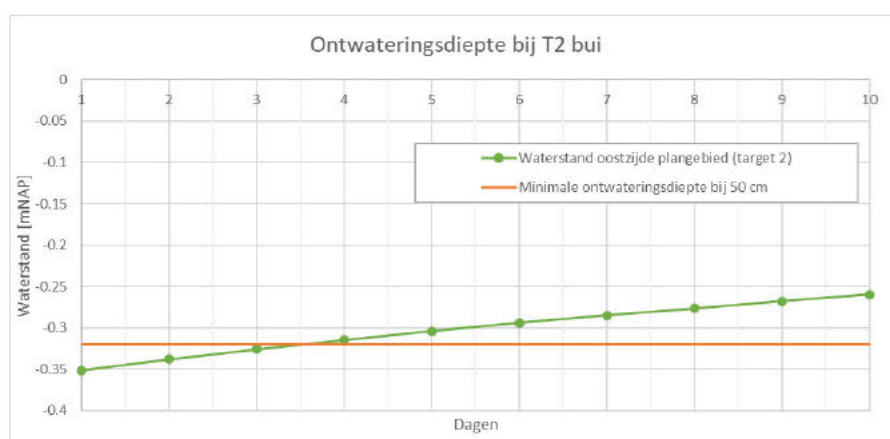
Figuur 31. Ontwateringsdiepte scenario WH2050 bui T2 na 10 dagen: 9,63 mm (onverhard) neerslag per dag.

In het GRPA is gesteld dat de ontwateringsdiepte met een herhalingskans van 1 keer per 2 jaar gedurende maximaal 5 aaneengesloten dagen overschreden mag worden. Om inzichtelijk te maken of de waterstand meer of minder dan 5 dagen overschreden wordt zijn op twee locaties targets in het grondwatermodel neergezet.

Per tijdsstap (1 dag) is de freatische waterstand weergegeven (Figuur 32 en Figuur 33). Uit deze figuren blijkt dat de overschrijdingsduur meer dan 5 dagen is, er zijn mitigerende maatregelen benodigd.



Figuur 32. Freatische waterstand (blauw, target 1) in combinatie met minimale ontwateringsdiepte van 50 cm. Binnen 4 dagen is het freatisch grondwater hoger dan de minimale ontwateringsdiepte van 50 cm. Er zijn mitigerende maatregelen benodigd. Uitgangspunt maaiveld = NAP +0,33 m.



Figuur 33. Freatische waterstand (groen, target 2) in combinatie met minimale ontwateringsdiepte van 50 cm. Binnen 3,5 dagen is het freatisch grondwater hoger dan de minimale ontwateringsdiepte van 50 cm. Er zijn mitigerende maatregelen benodigd. Uitgangspunt maaiveld = NAP +0,18 m.

### 6.2.5 Samenvatting ontwateringsdiepte

Voor alle scenario's is er voldoende doorlegging, d.w.z.  $\geq 50$  cm, ter plaatse van de Marktweide berekend. Dit komt door de voorgenomen ophoging. Er wordt hier geen overlast verwacht. Ook infiltratievoorzieningen die op dit toekomstig niveau gerealiseerd worden kunnen blijven functioneren. Aandacht locaties zijn het openbare terrein ten westen van de bestaande markthallen en de strook langs de oostelijke boezem. Hier zijn mitigerende maatregelen noodzakelijk. De mitigerende maatregelen worden niet uitgewerkt in onderhavige rapportage, maar dienen mee genomen te worden in het rioleringsontwerp.

### 6.3 Laad- en losdocks

Zoals in hoofdstuk 3 reeds beschreven hebben de laad- en losdocks een zeer beperkte invloed op de grondwaterstroming. Wel dient bij het ontwerp rekening gehouden te worden met hoger wordende grondwaterstanden. Zowel de eventuele inloop van grondwater als het risico op opdrijven bij (extreem) hoge grondwaterstanden moet voor de verdiepte constructies beschouwd worden.



## 7 Conclusie

Op het Food Center terrein vinden in te toekomst ontwikkelingen plaats. In de voorgenomen plannen worden kelders gerealiseerd en zal het onverhard oppervlak toenemen. De aanleg van de (parkeer)kelders zullen een barrière vormen voor grondwaterstromen. In de rapportage is het effect op de freatische grondwaterstand in verschillende klimaatscenario's in beeld gebracht. Daarnaast is naast het effect van de kelders ook het effect op toename van onverhard oppervlak in kaart gebracht.

De realisatie van obstakels in de bodem kan de grondwaterstroming beïnvloeden. Om grondwateroverlast te voorkomen draagt de Gemeente Amsterdam zorg om maatregelen te treffen om nadelige gevolgen door ontwikkelingen te voorkomen. In de praktijk betekent dit dat gestreefd moet worden naar het concept van grondwaterneutraal bouwen waarbij de grondwater niet significant (tot 5 cm) beïnvloed mag worden.

Om het effect van de voorgenomen plannen inzichtelijk te maken is er met verschillende klimaatscenario's gerekend:

- Huidige situatie (stationair, gemiddelde grondwaterstand)
- Huidige situatie met een bui T2 (80 mm/10 dagen valt)
- W<sub>h</sub>2050 (toename neerslag met 17% t.o.v. huidige situatie)
- W<sub>h</sub>2050 met een bui T2 (80 mm/10 dagen valt)

Voor elk klimaatscenario is het effect van enkel de kelders en de kelders + toename onverhard oppervlak berekend. De resultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 5. Vervolgens is bepaald of er voldoende ontwateringsdiepte (hoofdstuk 6) is. Hierbij is rekening gehouden met het toekomstige maaiveldontwerp.

### *Effect van (enkel) de kelders*

In een gemiddelde huidige stationaire situatie zorgen de kelders aan de zuidzijde van het plangebied (nr.1 en nr. 2) voor maximaal 4 cm toename (tot NAP -0,4 m) van de grondwaterstand. Bij de kelder in het noorden (nr. 3) wordt een toename van 3 cm berekend door de parkeerkelder. Dit geldt in voor een stationaire periode met grondwateraanvulling gebaseerd op jaargemiddelde. In de situatie waarbij het infiltrerend oppervlakte toeneemt stijgt de grondwaterstand met meer dan 5 cm.

In het klimaatscenario W<sub>h</sub>2050 stijgt de freatische grondwaterstand tussen de kelders met maximaal 4 cm (tot NAP -0,2 m) en zorgt de kelder voor maximaal 5 cm verdroging aan de zuidzijde van kelder nr. 1.

Bij een situatie waarbij in het klimaatscenario met een W<sub>h</sub>2050 een T2 bui valt, stijgt de grondwaterstand in het gehele plangebied. Er is geen extra effect van de kelders waarneembaar.

### *Effect kelders + toename onverhard oppervlak*

Over het algemeen stijgt de freatische grondwaterstand onder invloed van toename van neerslag (infiltratie) meer.

In de huidige situatie (5.2.1) stijgt het freatisch grondwater onder invloed van toenemend onverhard oppervlakte met maximaal 30 cm (tot ca. NAP -0,15 m) tussen parkeerkelders nr.1 en nr. 2.

In het klimaat scenario W<sub>h</sub>2050 (0) zijn twee verschillende toenames van de freatische grondwaterstand berekend.



1. Ten opzichte van de huidige gemiddelde grondwaterstand: 42 cm toename tot ca. NAP 0,0 m (parkeerkelders inclusief toename onverhard oppervlakte).
2. Ten opzichte van de grondwaterstand in W<sub>h</sub>2050: 26 cm toename tot ca. NAP 0,0 m (parkeerkelders inclusief toename onverhard oppervlakte).

De Marktweide tussen de parkeerkelders wordt aangelegd op circa NAP +1,0 m. Er resteert derhalve een ontwateringsdiepte van ca. 100 cm. Deze ontwateringsdiepte is voldoende.

### *Ontwateringsdiepte*

Voor elk klimaatscenario is de ontwateringsdiepte bepaald. Door de verhoging van het maaiveld leidt dit ter plaatse van de Marktweide (tussen kelders nr. 1 en nr. 2) niet tot onvoldoende ontwateringsdiepte. Uit de berekening komen wel een aantal aandacht locaties naar voren waar er onvoldoende ontwateringsdiepte ( $\leq 50$  cm) is. Hier zijn mitigerende maatregelen benodigd. De ontwateringsdiepte is onderdeel van een ander rapportage binnen het project, maar van het rainproof masterplan.

### *Mitigerende maatregelen*

In overleg met Waternet is overeengekomen dat ondanks het minimale effect van de kelders toch mitigerende maatregelen benodigd zijn. Er is afgesproken dat de er grondverbetering van 1 m breed in de zandige ophooglaag rondom de kelders toegepast wordt (Figuur 23 en Figuur 24). De grondverbetering dient uitgevoerd te worden met uiterst grof zand/grind met een doorlatendheid van ca. 80 m/dag.



**Bijlage 1 Wateronderzoek Amsterdam Food Center dd. 29 mei  
2017**

## Memo

Ter attentie van	[REDACTED]
Datum	29 mei 2017
Distributie	[REDACTED]
Projectnummer	16020207
Onderwerp	Wateronderzoek Amsterdam Food Center

### INLEIDING

De huidige locatie van het Food Center Amsterdam wordt de komende jaren herontwikkeld. De foodgerelateerde bedrijven worden verplaatst en geconcentreerd op het noordelijk terreindeel terwijl het vrijgekomen zuidelijk terreindeel wordt getransformeerd naar woningbouw. De monumentale markthal centraal op het terrein blijft behouden.

Ter voorbereiding van de nieuwbouwplannen is onderzocht of de infiltratie van regenwater een optie is. De infiltratie van water in de bodem is afhankelijk van het grondwaterniveau en de bodemeigenschappen.

### DOELSTELLING

Infiltratie van regenwater door middel van infiltratiekratten of drains is mogelijk als de doorlatendheid (k-waarde) van de onverzadigde zone (bodem boven de grondwaterstand) hoger is dan 0.5 m/d. Het onderzoek bestaat dan ook uit 2 delen.

1. Onderzoek naar de grondwaterstand en de variatie binnen het projectgebied.
2. Bepaling van de doorlatendheid van de onverzadigde zone.

Met deze gegevens kan worden bepaald of de infiltratie van regenwater een optie is en welke voorzieningen hiervoor moeten worden aangelegd.

### LITERATUURGEGEVENS

Op de locatie van het Food Center is een indicatief bodemonderzoek uitgevoerd door BK bodem. Hierin wordt beschreven dat de bodem tot een diepte van circa -3.5 m-mv bestaat uit matig fijn, zwak tot matig siltig, zwak tot matig humeus zand bestaat. Op een aantal delen is puin aangetroffen waardoor de boringen niet tot de gewenste diepte geplaatst konden worden.

De literatuur geeft aan dat de bodem bestaat uit 18 meter holocene deklaag gevolgd door het pleistocene zandpakket. De Holocene deklaag is opgebouwd uit afwisselende klei, zand en veenlagen en kan lokaal zeer verschillen. De dichtstbijzijnde gegevens tonen een 3-meter zandlaag gevolgd door 1 meter overgangslaag van zand naar klei.

Tussen 4 en 8.5 meter minus maaiveld wordt een veen/kleilaag aangetroffen. Omdat deze laag zeer ondoorlatend is, wordt deze als basis gezien voor het veldonderzoek.

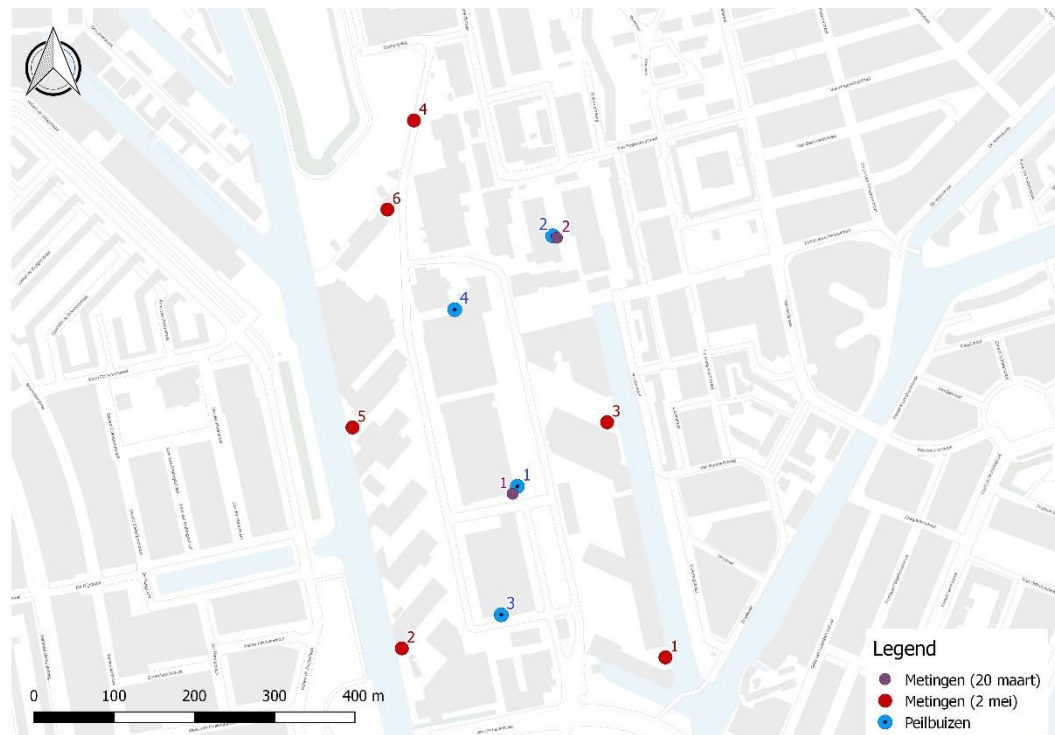
## VELDMETING

In totaal zijn 4 peilbuizen geplaatst op 20 maart 2017. De peilbuizen zijn 3 meter diep geplaatst, tenzij de veen/klei laag ondieper is aangetroffen. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de peilbuizen.

*Tabel 1: overzicht peilbuizen*

Peilbuis [#]	Diepte [m-mv]	Dominante bodemsoort	x	y	Opmerking
1	2.70	Zand, matig fijn	119546	487958	
2	2.20	Zand, matig fijn	119590	488270	Verontreinigd grond aangetroffen
3	2.90	Zand, matig fijn	119526	487798	
4	2.90	Zand, matig fijn	119468	488178	

Daarnaast zijn 8 doorlatendheidstesten uitgevoerd. De doorlatendheidmetingen waren een “constant head tests” (zie figuur 1). Hierin wordt de waterstand in het boorgat op niveau gehouden terwijl het debiet wordt gemeten. De doelstelling is om de bodem op circa 0.50 meter minus maaiveld te meten.



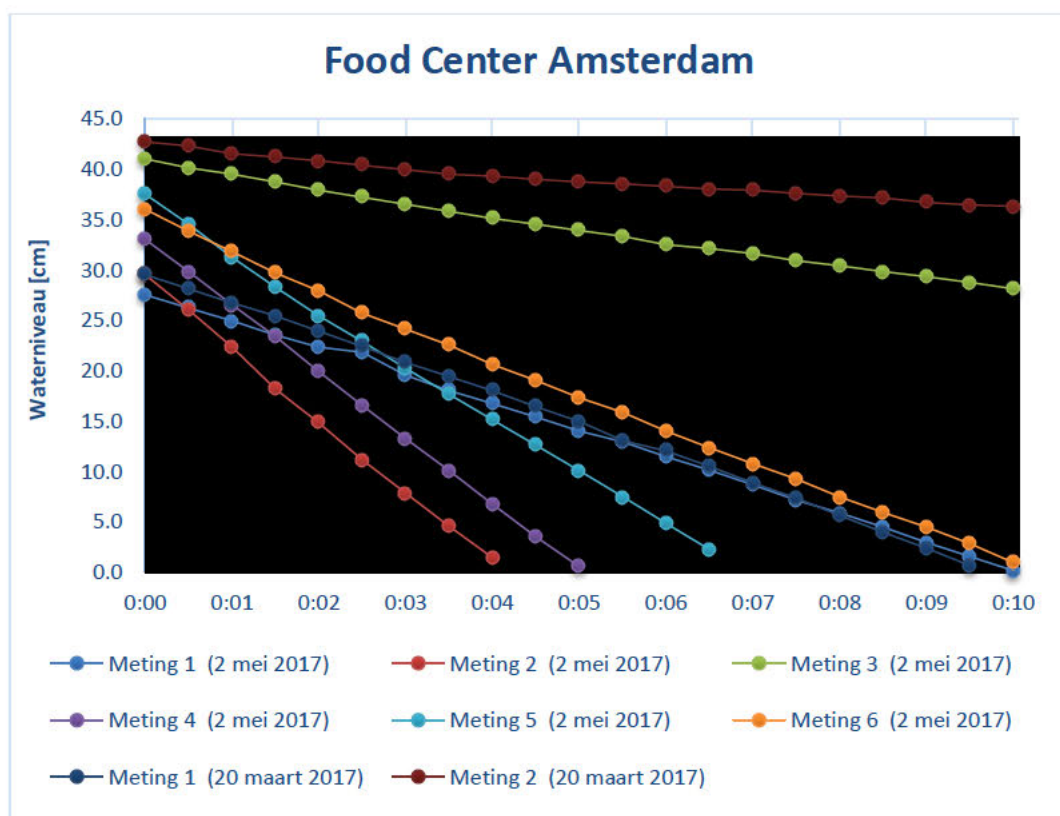
*Figuur 1: overzicht veldwerk*

Bij metingen op diepte van 0.5 m-mv is het boorgat doorgestoken naar 1.0 m-mv om te zien of het bodemtype gelijk blijft. Dit was op elke locatie het geval.

Bij metingen 1 en 2 van 20 maart en de peilbuizen is ervoor gekozen om onderzoek uit te voeren op voetgangspaden. Bij deze metingen is in veel gevallen relatief slecht doorlatende bodem aangetroffen. Daarnaast zijn meerdere boringen mislukt door de grote aanwezigheid van puin. In de metingen van 2 mei is daarom de keuze gemaakt om op de parkeerplaatsen boringen uit te voeren. De hoeveelheid puin was veel minder en het zandpakket was grover van aard. Het zand onder de parkeerplaatsen had een karakter wat meer lijkt op goede aanvulzanden.

## RESULTATEN

In een falling head test wordt een waterkolom in het boorgat op peil gehouden door middel met behulp van een waterreservoir. In het geval dat het water in het waterreservoir constant afneemt wordt de meting gestart. De meting wordt daardoor gedaan op de resterende hoeveelheid water in het reservoir over tijd. Dit wordt afgelezen als een waterniveau in cm. Een goede meting geeft een constante daling in het reservoir en een rechte lijn in figuur 2.



Figuur 2: resultaten constant head test.

Een afwijking in de rechte lijn kan 2 oorzaken hebben.

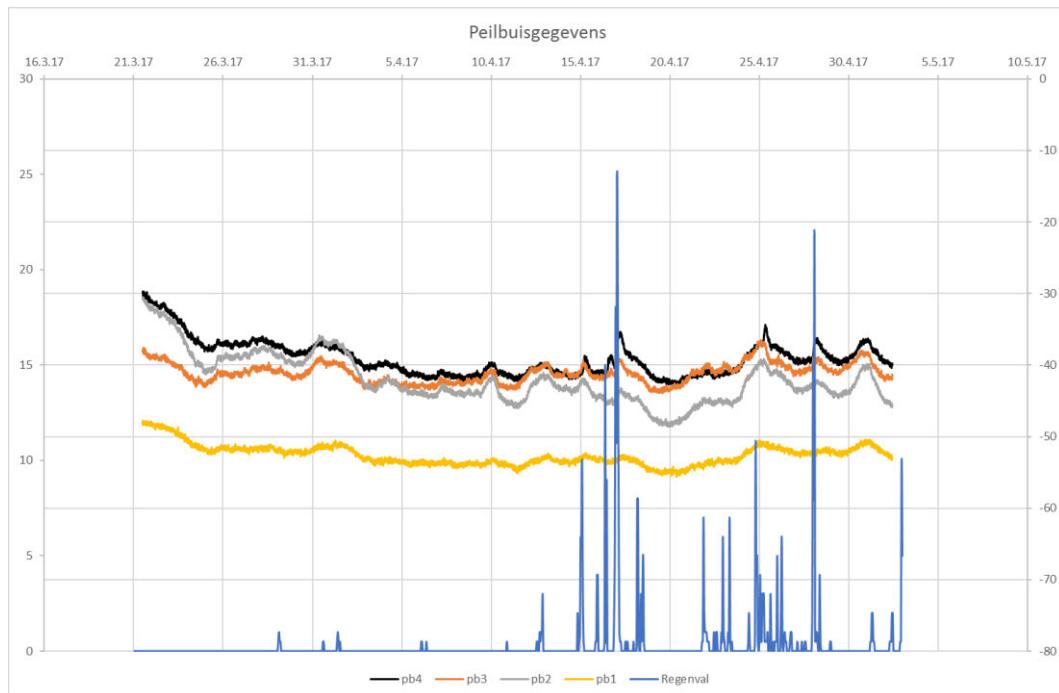
1. Een meetfout. Dit lijkt bijvoorbeeld het geval te zijn bij meting 1 (2 mei) op 2.5 minuut.
2. Een verschil in bodem naar aanleiding van het toevoegen van water. Dit is mogelijk het geval van meting 2 (20 maart).

Met behulp van figuur 2 is het mogelijk om de doorlatendheid te bepalen. Tabel 2 geeft hiervan het overzicht.

*Tabel 2: doorlatendheden op basis van constant head test*

	Doorlatendheid [m/dag]
Meting 1 (2 mei 2017)	3.4
Meting 2 (2 mei 2017)	7.2
Meting 3 (2 mei 2017)	1.6
Meting 4 (2 mei 2017)	8.0
Meting 5 (2 mei 2017)	6.6
Meting 6 (2 mei 2017)	4.3
Meting 1 (20 maart 2017)	2.9
Meting 2 (20 maart 2017)	0.6

Gedurende de 2<sup>de</sup> dag van het veldwerk (2 mei) zijn de peilbuizen uitgelezen. De meetreeks is nog te kort voor een goede statistische analyse, maar de meetgegevens geven al een redelijk beeld. In figuur 3 is ook de neerslagdata van het weerstation op Schiphol weergegeven.



*Figuur 3: meetgegevens peilbuizen*

## CONCLUSIE

De doorlatendheidsmetingen tonen aan dat infiltratievoorzieningen in de aanvlzanden mogelijk zijn. De doorlatendheid verschilt wel door de wisselvalligheid van de aanvlzanden.

Als gevolg van de herontwikkeling wordt de bodemopbouw de komende jaren aangepast. Aanvullingen worden zo veel mogelijk met gebiedseigen grond uitgevoerd dan wel met zand van elders. De doorlatendheid zal hierdoor in elk geval niet verslechteren. Per deellocatie zal bekeken moeten worden wa de mogelijkheden zijn voor infiltratie.

De grondwaterstanden worden vanaf 20 maart opgenomen. De meetreeks is te kort voor statistische analyses, maar de eerste metingen tonen aan dat de meetgegevens naar behoren zijn.