

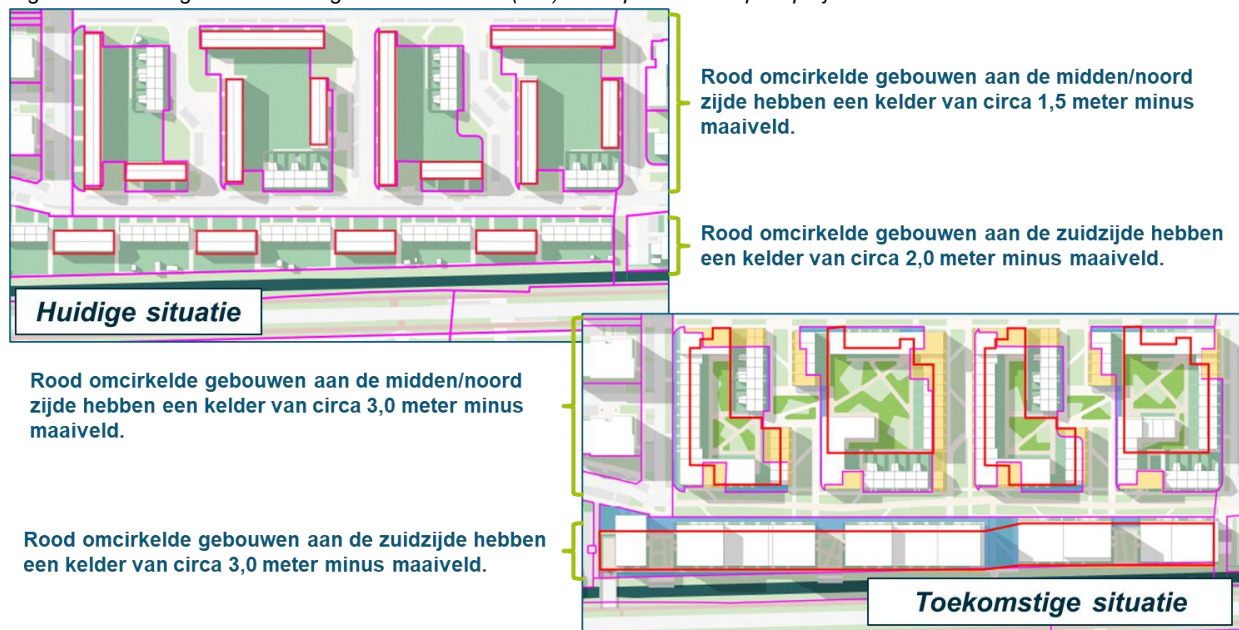
2 Uitgangspunten

2.1 Huidige en toekomstige situatie

In Figuur 2-1 is een overzicht gegeven van de huidige en toekomstige situatie voor de (half) verdiepte kelders. Er is een onderscheidt tussen de gebouwen aan de noord- en zuidzijde. In het noorden zijn half verdiepte kelders aanwezig. De onderzijde van deze kelders ligt op ongeveer 1.5 meter minus maaiveld in de huidige situatie. De diepte wordt tot ongeveer 3.0 meter minus maaiveld vergroot in de toekomstige situatie. Daarnaast wijzigen de locaties van de kelders.

Aan de zuidkant van het projectgebied bevinden zich in de huidige situatie een aantal losse flats met een half verdiepte kelder tot 2.0 meter minus maaiveld. In het nieuwe bestemmingsplan wordt ruimtelijk mogelijk gemaakt dat hier verdiepte kelders tot 3.0 meter minus maaiveld over één enkele gehele strekking komen. Er is hier dus een toename van de diepte van de kelder inclusief een uitbreiding van de lengte en het oppervlak.

Figuur 2-1 – Huidige en toekomstige situatie voor de (half) verdiepte kelders op de projectlocatie.



2.2 Geohydrologisch model

Het grondwatermodel is opgezet in Visual Modflow met behulp van Modflow2005. Er is een modelgebied opgezet met voldoende afstand van de ingreep (toekomstige kelders) tot de randen van het model. Deze afstand is bepaald rekening houdend met een minimale afstand van 3 maal de spreidingslengte voor de watervoerende pakketten en door essentiële omliggende oppervlaktewateren mee te nemen in de grondwatermodellering. Dit heeft geresulteerd in een modelgebied met de volgende coördinaten volgens het RD-new coördinatenstelsel: hoek grondwatermodel linksonder $X=82800$ meter, $Y=450930$ meter en hoek grondwatermodel rechtsboven $X=83550$ meter, $Y=452100$ meter.

De berekeningen zijn uitgevoerd met een grid (cel grootte) van 1 bij 1 meter ter plaatse van en in de omgeving van de projectlocatie. Er is gewerkt met een irregulier grid buiten dit gebied. Het grondwatermodel is doorgerekend met behulp van een steady-state berekening (stationaire modelberekeningen)

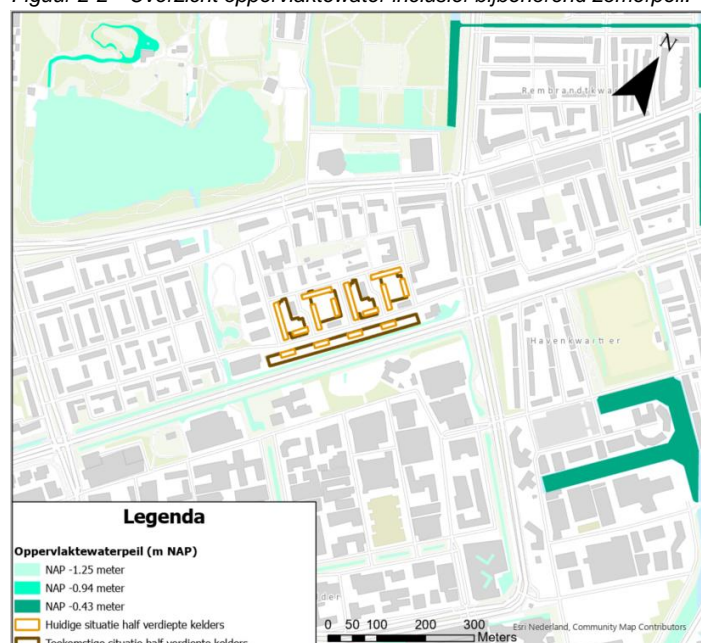
De schematisatie van de ondergrond is opgenomen in Tabel 2-1. Deze schematisatie is opgebouwd met behulp van gegevens uit de ondergrondmodellen van Dinoloket (GeoTOP en REGIS II) en lokale grondonderzoeken. Doorlatendheden zijn ingeschat met behulp van B. Bot (november 2011). De geohydrologische basis bestaat uit de kleiige eenheid uit de Formatie van Naaldwijk.

Tabel 2-1 - Geohydrologische schematisatie van het grondwatermodel opgebouwd met behulp van Dinoloket en lokaal grondonderzoek.

Model laag	Top (m NAP)	Bodem (m NAP)	Dikte (m)	Type	Horizontale doorlatendheid (m/d)	Verticale doorlatendheid (m/d)	Anisotropie (-)	
1	0.5	-0.5	1.0	zand matig fijn, matig siltig, zwak humeus	7.0	2.3	3	
2	-0.5	-2.0	1.5	Klei, matig zandig	0.05	0.05	1	
3	-2.0	-3.5	1.5	zand matig fijn, sterk siltig	3.0	1.0	3	
4	-3.5	-7.0	3.5	klei	0.05	0.05	1	
5	-7.0	-13	6.0	zand	7.0	2.3	3	
	-13	Geohydrologische basis						

De oppervlaktewateren zijn in het model ingebracht met behulp van de oppervlaktewater elementen uit de BGT in combinatie met de meest recente data uit het peilbesluit via het online portal van het Hoogheemraadschap Delfland. Een overzicht is gegeven in Figuur 2-2. Locatie, bodemdieptes en oppervlaktewaterpeilen zijn uit de databronnen overgenomen. De bodemweerstand van de oppervlaktewateren is aangenomen op 5 dagen. De oppervlaktewateren functioneren als randvoorwaarden voor het grondwatersysteem in de bovenste laag van het grondwatermodel (freatisch pakket).

Figuur 2-2 - Overzicht oppervlaktewater inclusief bijbehorend zomerpeil.

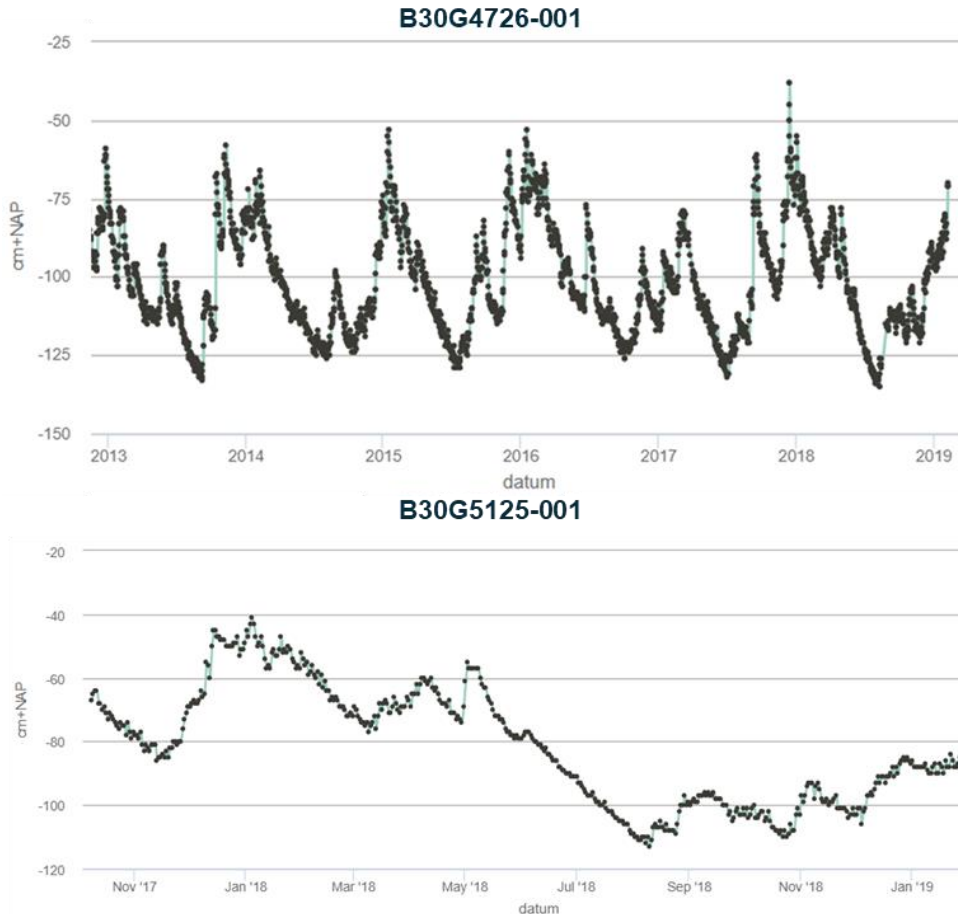


De neerslag in het grondwatermodel is aangenomen op 1 millimeter per dag. Gezien de mate van verharding en bebouwing is dit representatief voor een natte (winter) situatie. In de praktijk komt in dit type stedelijk gebied naar verwachting namelijk minimaal de helft van de neerslag of in het rioolsysteem terecht, of stroomt het via de verharding richting het oppervlaktewater. Deze aanname betreft een worst-case aanname voor de infiltratie vanuit de neerslag richting het grondwater. Een aanname voor een natte situatie zorgt namelijk voor meer infiltratie van regenwater, toename van de berekende grondwaterstand en dus een toename van de stroomsnelheid richting watergangen.

De (half) verdiepte kelders zijn in het grondwatermodel geschematiseerd als ondoorlaatbare barrières. Dit betekent dat er geen stroming door de (half) verdiepte kelders mogelijk is en alle grondwaterstroming om deze kelders heen moet stromen. De onderzijde van de half verdiepte kelders wordt op de betreffende diepte in het model toegevoegd. In de huidige situatie is dit op NAP -1.0/-1.5 meter en voor de toekomstige situatie is dit NAP -2.5 meter (overeenkomend met Figuur 2.1). Wanneer benodigd zijn modellen opgesplitst en laageigenschappen gelijk gehouden.

Voor de randvoorwaarden in de diepe modellen (model laag 4 en 5) is een aanname van de stijghoogte gedaan op basis van een tweetal peilbuizen uit Dinoloket (peilbuis B30G4726-001 en B30G5125-001). Er is gekozen voor een bovengrens uit de metingen van NAP -0,4 meter. Dit geeft namelijk een grootst mogelijke druk van het grondwater richting het topsysteem. Een overzicht van de reeksen van de twee peilbuizen is gegeven in Figuur 2-3. Dit resulteert in een bovengrens van de stromingsnelheid voor het freatisch grondwater (worst-case).

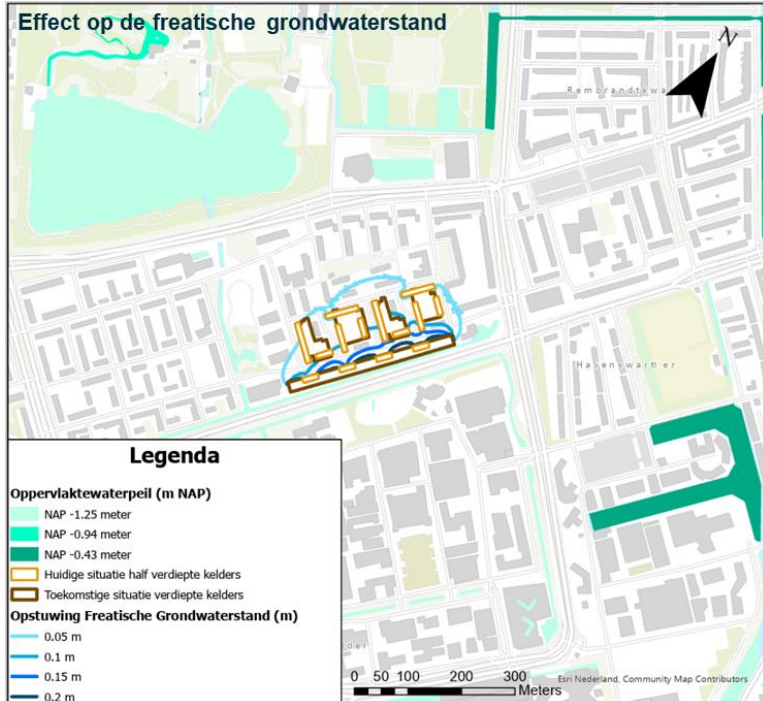
Figuur 2-3 - Weergave peilbuisreeksen B30G4726-001 en B30G5125-001



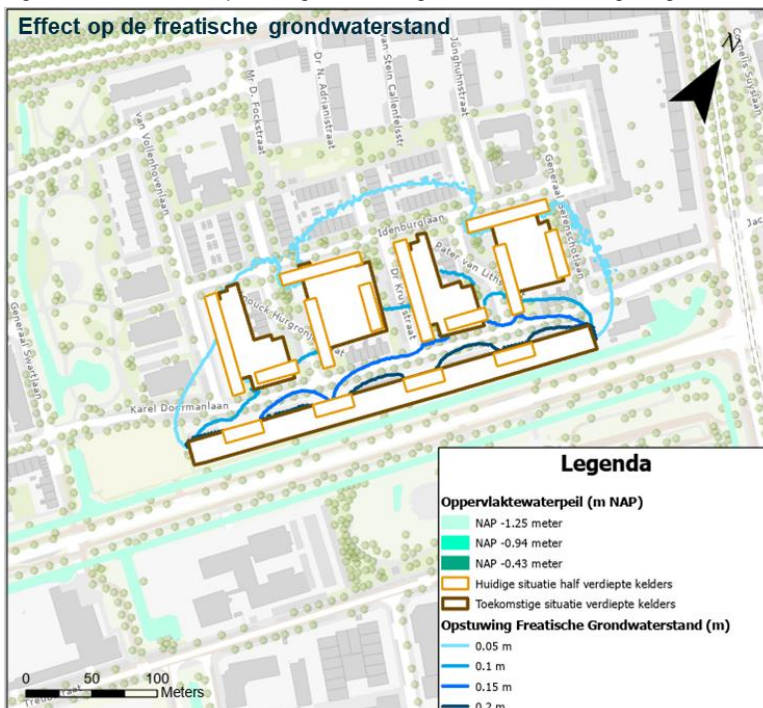
3 Resultaten en analyse

In Figuur 3-1 en Figuur 3-2 is een overzicht gegeven van het de berekende opstuwing als gevolg van de toekomstig verdiepte kelders. In Tabel 3-1 is een overzicht gegeven van de maximale afstand van de verhogingscontour als gevolg van de opstuwing ten opzichte van de toekomstig verdiepte kelders.

Figuur 3-1 – Resultaat opstuwing freatische grondwaterstand als gevolg van de toekomstige verdiepte kelders.



Figuur 3-2 - Resultaat opstuwing freatische grondwaterstand als gevolg van de toekomstige verdiepte kelders (zoom-in).



Tabel 3-1 – Resulterende maximale afstand van de verhogingscontouren als gevolg van de toekomstige verdiepte kelders.

Toename freatische grondwaterstand	Maximaal berekende afstand verhogingscontour
0.05 meter	145 meter
0.10 meter	80 meter
0.15 meter	30 meter
0.20 meter	9 meter

De stromingsrichting van het grondwater in het freatisch pakket wordt veroorzaakt door het verschil in oppervlaktewaterpeilen rondom de projectlocatie. In het noordoosten ligt het oppervlaktewaterpeil in de sloten ongeveer 80 centimeter hoger ten opzichte van het zuidwesten. De stromingsrichting is dus vanuit het noordoosten naar het zuidwesten.

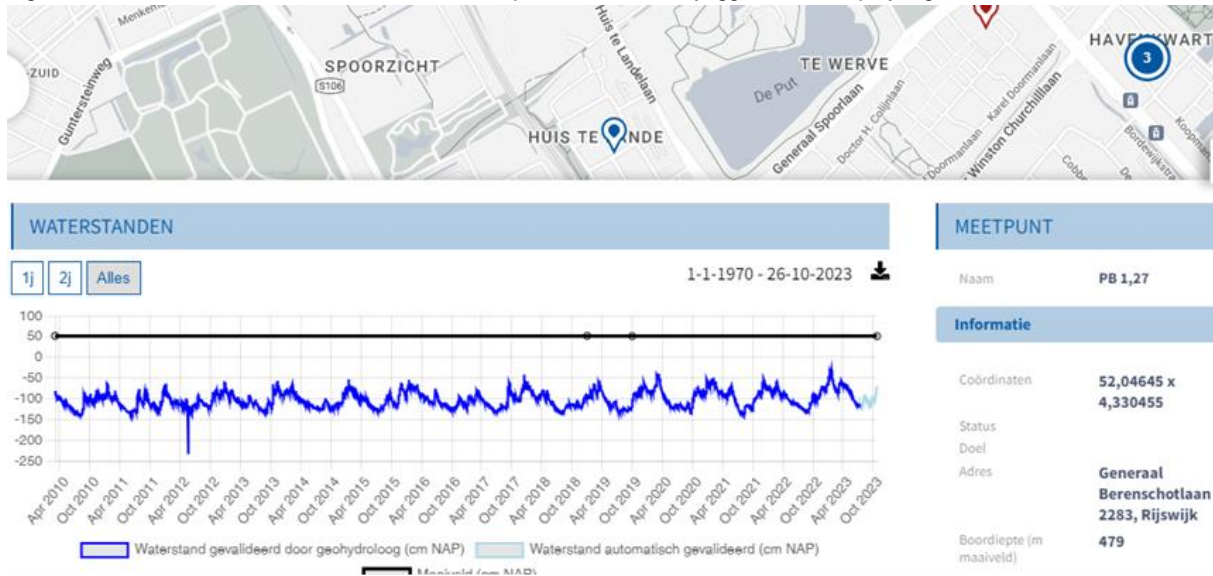
De stromingsrichting van het grondwater en de toename van het blokkeren van deze stroming in de ondiepe bodemlagen met zandige eigenschappen zorgen voor een opstuwung van de freatische grondwaterstand met maximaal 20 centimeter. De 5 centimeter contour ligt op maximaal 145 meter van de toekomstige verdiepte kelders (lange strekking met diepte NAP -2,5 meter).

De opstuwung wordt voornamelijk berekend ter plaatse van de toekomstige nieuwbouw. Slechts een beperkt oppervlak met huidige bebouwing ondervindt een effect van de opstuwung. De maximale berekende opstuwung ten opzichte van de huidige bebouwing betreft 5 centimeter. Een stijging van de grondwaterstand van 5 centimeter kan een verschil maken als de drooglegging beperkt is. Met drooglegging wordt bedoeld, de afstand vanaf het maaiveld tot en met de eerstgevonden grondwaterstand (freatische grondwaterstand). Een beperkte drooglegging staat gelijk aan 40 tot 60 centimeter gedurende een gemiddelde hoge grondwaterstand (GHG) tijdens de huidige situatie. Is dit het geval dan is er een significant risico op grondwateroverlast aanwezig.

Uit de meest dichtbij liggende freatische peilbuis van het Hoogheemraadschap Delfland (zie Figuur 3-3) wordt een maximaal grondwaterstand gemeten van ongeveer 80 centimeter onder maaiveld (aldus drooglegging 80 centimeter). De daadwerkelijke gemiddeld hoge grondwaterstand (GHG) op deze locatie ligt naar verwachting nog iets dieper onder maaiveld. Een grove conservatieve inschatting uit deze meetreeks is een drooglegging van 90 centimeter. Er blijft in de toekomstige situatie dus nog minimaal 85 centimeter drooglegging over ter plaatse van de huidige bebouwing (25 centimeter marge tot het criterium van 60 centimeter drooglegging). Er is dus voldoende marge aanwezig, voordat een risico op grondwateroverlast bij de huidige bebouwing optreedt.

Uitgaande van de worst-case situatie zoals bovenstaand benoemd resteert nabij de toekomstige bebouwing een drooglegging van minimaal 70 centimeter. Namelijk 90 centimeter drooglegging in de huidige situatie minus de worst-case opstuwung van 20 centimeter. Dit geeft naar verwachting ook geen significant risico op grondwateroverlast. Er is namelijk nog 10 centimeter marge in de drooglegging, voordat het criterium van 60 centimeter wordt bereikt.

Figuur 3-3 – Grondwatermeetreeks van de freatische peilbuis meest nabij liggend aan het projectgebied.



De potentiële opstuwung die volgt uit de analyse (max. 20 centimeter), en dus verwachte drooglegging zoals bepaald in deze analyse, dient in een volgende fase (waterhuishoudkundig plan) meegenomen te worden in het ontwerp. Naar aanleiding van de huidige resultaten is in principe geen drainage benodigd. Deze zaken worden normaliter in verder detail uitgezocht in een volgende fase met behulp van het opstellen van een waterhuishoudkundig plan.

De natuurlijke toevoer van het grondwater naar de watergangen ten zuiden van de toekomstig verdiepte kelders wordt mogelijk beïnvloed. Het grondwater moet in de toekomst om de verdiepte kelders heen stromen. Er is dus een effect op de natuurlijke toestroom van grondwater richting het oppervlaktewater. Het grondwater bereikt de watergangen echter nog wel (al dan niet via een “omweg”), waardoor geen negatieve effecten op het oppervlaktewatersysteem worden verwacht.

Een mogelijke mitigerende maatregelen tegen de opstuwung van de freatische grondwaterstand is een drainageoplossing (bijv. ringdrainage). Met deze drainageoplossing is het, wanneer benodigd, mogelijk het opstuwende grondwater om de kelders heen te leiden en uit te laten stromen in de watergangen aan de zuidzijde van de verdiepte kelders.

Naar aanleiding van een wijziging van het ontwerp op 29 mei 2024 zijn twee entrees voor de parkeergarage van locatie gewijzigd. Van de parkeerbakken aan de noordzijde van het plan (de vier half verdiepte parkeergarages) krijgen de twee rechter garages een andere locatie voor de entree. In het initiële ontwerp zijn deze allemaal gesitueerd aan de noordzijde. In het gewijzigd ontwerp is de entree van de meest rechter parkeergarage aan de oostzijde geplaatst en de eerste van rechts aan de zuidzijde. De overige twee entrees voor de parkeergarages blijven aanwezig op de initiële locaties (noordzijde).

Gezien de beperkte wijziging in locatie van verdiept oppervlak en de gunstigere ligging van de nieuwe entrees, kijkend naar de stromingsrichting van het grondwater, wordt niet verwacht dat het effect op de geohydrologie significant toeneemt ten opzichte van het initiële ontwerp. Daardoor wordt beoordeeld, dat geen herberekening benodigd is en de conclusies naar aanleiding van de berekeningen ongewijzigd blijven. Het advies bijbehorend bij het initieel ontwerp blijft dus geldig.

4 Conclusie

Ter plaatse van Ter Werve-Oost wordt nieuwe bebouwing voorzien met verdiepte kelders. Door het Hoogheemraadschap Delfland zijn zorgen uitgesproken over de effecten van deze verdiepte kelders op het grondwatersysteem en de natuurlijke toevoer van grondwater richting het oppervlaktewatersysteem.

In Visual Modflow is met behulp van Modflow2005 een stationair grondwatermodel opgezet om de effecten van de toekomstige bebouwing met verdiepte kelders te bepalen. Daarbij zijn waar mogelijk worst-case uitgangspunten en lokale databronnen gebruikt.

Er wordt geconcludeerd dat er geen significant risico aanwezig is op grondwateroverlast in en rondom het projectgebied. De beoogde drooglegging in het plangebied is voldoende. Bij de bestaande bebouwing en toekomstige bebouwing resteert een marge op de drooglegging van respectievelijk 25 centimeter en 10 centimeter.

De natuurlijke toevoer van het grondwater naar de watergangen ten zuiden van de toekomstig verdiepte kelders wordt beïnvloed. Het grondwater bereikt de watergang echter nog wel (al dan niet via een "omweg"), waardoor geen significant effect op het oppervlaktewatersysteem wordt verwacht.

Er wordt geconcludeerd dat er geen drainageoplossing benodigd is. Deze resultaten gelden als input voor de volgende fase van het project. Normaliter zijn deze gegevens input voor het waterhuishoudkundig plan. Mocht in het waterhuishoudkundig plan tot aanvullende inzichten gekomen worden, bijvoorbeeld door middel van nieuwe meetgegevens en/of grondonderzoek, behoort de drainageoplossing tot een praktische uitvoerbare mitigerende maatregel om een eventuele opstuwning van de freatische grondwaterstand te beperken.

5 Referenties

B. Bot. (november 2011). *Grondwaterzakboekje*. Rotterdam.