Hydrologische berekeningen Hoge Wei Oosterhout (Gld.)

KDO Ontwikkeling

8 december 2009
Definitief rapport, herziene versie
9V1648.A0

A COMPANY OF

ROYAL HASKONING

HASKONING NEDERLAND B.V.
INFRASTRUCTUUR & TRANSPORT

Barbarossastraat 35
Postbus 151
6500 AD Nijmegen
+31 (0)24 328 42 84 Telefoon
+31 (0)24 360 95 66 Fax
info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel	Hydrologische berekeningen Hoge Wei Oosterhout (Gld.)
Verkorte documenttitel	Hydrologie Hoge Wei
Status	Definitief rapport, herziene versie
Datum	8 december 2009
Projectnaam	Hydrologische berekeningen Hoge Wei
Projectnummer	9V1648.A0
Opdrachtgever	KDO Ontwikkeling
Referentie	9V1648.A0/R001/AKRI/TBA/Nijm

Auteur(s)	Drs. A. Krikken en Drs. M.C. Segers	
Collegiale toets	Ir. B.J. van der Wal	
Datum/paraaf	…….	…….
Vrijgegeven door	Drs. M. van Elswijk	
Datum/paraaf	…….	…….

ROYAL HASKONING

INHOUDSOPGAVE

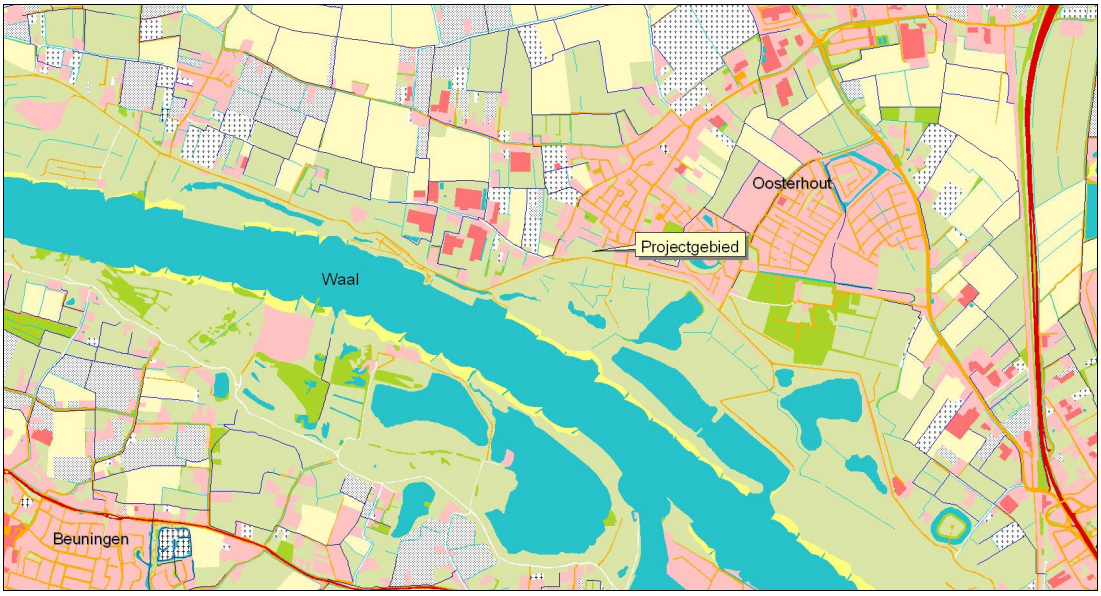
			Blz.
1	INLEIDING		1
	1.1	Aanleiding	1
	1.2	Aanpak	1
2	HYDROLOGIE EN WATERHUISHOUDING HOGE WEI		3
	2.1	Waterstanden van de Waal	3
	2.2	Waterhuishouding Hoge Wei en omgeving	4
	2.3	Grondwaterstanden	5
	2.4	Beschrijving watersysteem	7
3	OPBOUW GRONDWATERMODEL		8
	3.1	Netwerk	8
	3.2	Geohydrologische opbouw	8
	3.3	Oppervlaktewater	11
	3.4	Vergelijking gemeten en berekende waarden	12
	3.5	Hoogwaterperiode T10	13
4	HYDROLOGISCHE BEREKENINGEN SCENARIOS		16
	4.1	Uitgangspunten en randvoorwaarden ontwikkeling Hoge Wei	16
	4.2	Scenario's	17
	4.3	Resultaten hydrologische berekeningen	20
5	INPASSING VEREISTE OPHOGING		27
	5.1	Minimaal vereiste ophoging	27
	5.2	Uittredend grondwater na maaiveldverhoging	29

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

De gemeente Overbetuwe en KDO Ontwikkeling maken plannen voor woningbouw op het gebied “Hoge Wei” te Oosterhout. Bij deze ontwikkeling spelen de wateraspecten een grote rol door de ligging direct aan de Waaldijk (zie figuur 1.1). Uitgangspunt voor de ontwikkeling van de Hoge Wei is dat de nieuwe woonbebouwing minimale effecten zal hebben op de waterhuishouding in omliggende gebieden. Dit betekent onder meer:

- minimale toename van de afvoer uit het gebied;
- afvoernorm is 1,5 l/s/ha + huidige kwelafvoer;
- geen verhoging van de grond- en oppervlaktewaterwaterstanden in omliggende gebieden (grondwateroverlast in Weijs 1).



Figuur 1.1: Ligging projectgebied

Om de verschillende ingrepen in het gebied te toetsen op hydrologische neutraliteit heeft het waterschap aangegeven dat hydrologische berekeningen vereist zijn. Deze toetsing is met name relevant in perioden van hoogwater waarbij er veel kwel in het gebied optreedt.

1.2 Aanpak

Voor de uitvoering van de hydrologische berekeningen is een kleinschalig grond-watermodel van het plangebied en de omgeving opgesteld. Omdat het gebied in hydrologisch opzicht sterk gedomineerd wordt door de rivier de Waal is in eerste instantie een analyse van de rivierstanden uitgevoerd. Op basis van deze analyse is een rivierwaterstand voor een gemiddelde en hoogwatersituatie (T = 10) afgeleid.

De hydrologisch gemiddelde situatie is gesimuleerd met het grondwatermodel en dit is als basis gebruikt om tijdsafhankelijk een hoogwatergolf (T = 10) te berekenen voor de uitgangssituatie.

Vervolgens zijn met het model de volgende drie scenario's tijdsafhankelijk berekend:
1. aanleg woongebied volgens stedenbouwkundig plan met ophogingen, wegen enz. en verschuiving kwelsloot en gedeeltelijke ophoging huidige kwelweide tegen de dijk (in de vorm van terpen);
2. als 1 maar met aanleg drainage in bestaande omliggende wijken;
3. als 1 maar met volledige ophoging van de kwelweide tegen de dijk.

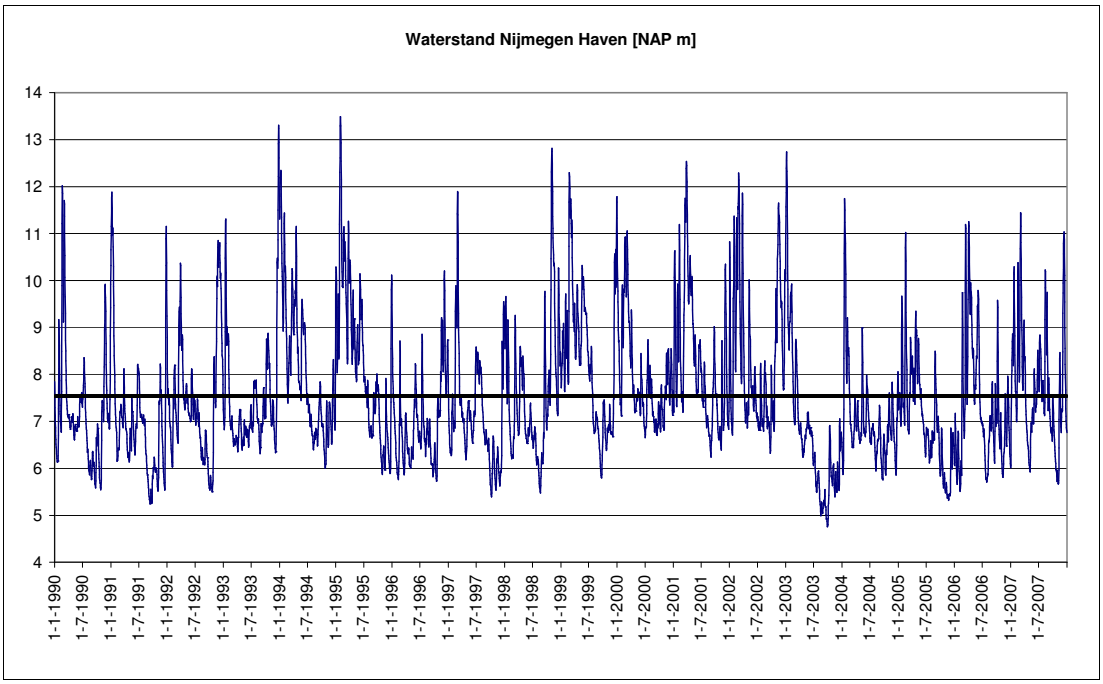
Scenario 1 mag niet leiden tot vergroting van de grondwateroverlast bij de bestaande bebouwing en scenario 2 is gericht op het zoveel mogelijk oplossen van de bestaande grondwateroverlast. Scenario 3 heeft betrekking op de gewenste inrichting van het groengebied langs de dijk.

Leeswijzer
In hoofdstuk 2 wordt een toelichting gegeven op de hydrologie en waterbeheer rond Hoge Wei. Hoofdstuk 3 beschrijft de opbouw van het grondwatermodel en in hoofdstuk 4 worden de resultaten van de hydrologische berekeningen van de scenario's beschreven.

2 HYDROLOGIE EN WATERHUISHOUDING HOGE WEI

2.1 Waterstanden van de Waal

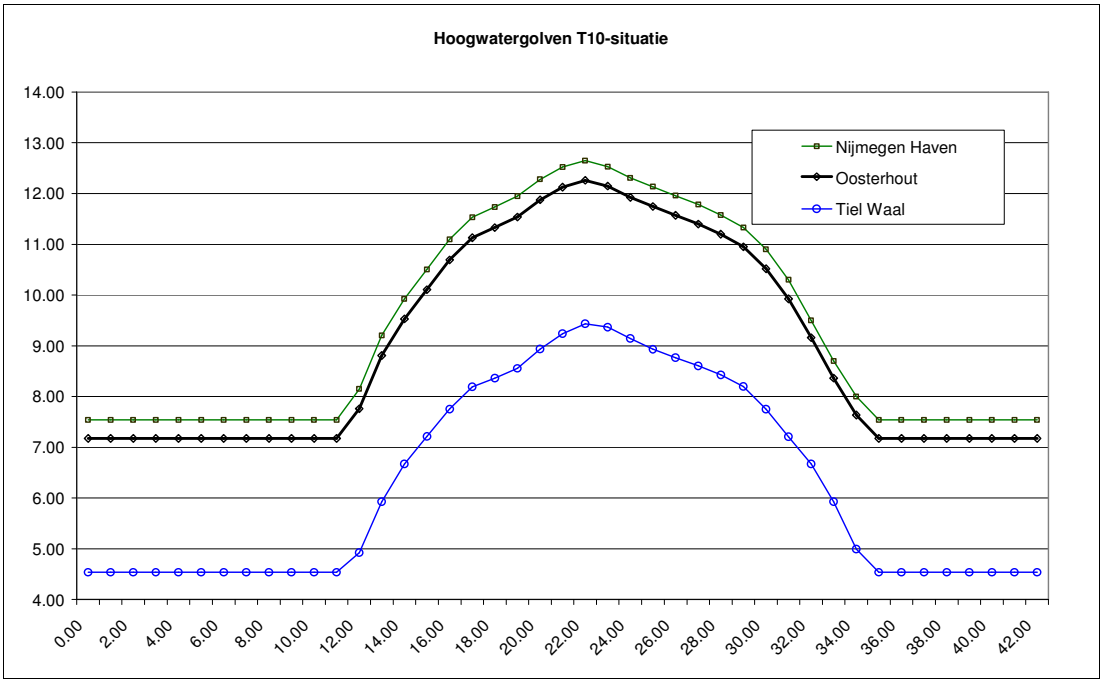
De waterstanden van de Waal worden gemeten op verschillende locaties in de rivier. Bij Nijmegen Haven (circa 3,5 km Oostelijk van Oosterhout) ligt het dichtstbijzijnde meetpunt. In figuur 2.1 zijn de gemeten waterstanden bij Nijmegen Haven weergegeven.



Figuur 2.1: Waterstand bij Nijmegen Haven

De gemiddelde waterstand in de periode 1990-2008 bij Nijmegen Haven bedraagt NAP +7,54 m. Het eerstvolgende meetpunt stroomafwaarts is bij Tiel en de gemiddelde waterstand bedraagt hier NAP +4,53 m. Op basis van de afstand is een inschatting gemaakt van de gemiddelde waterstand bij Oosterhout en deze bedraagt NAP +7,18 m.

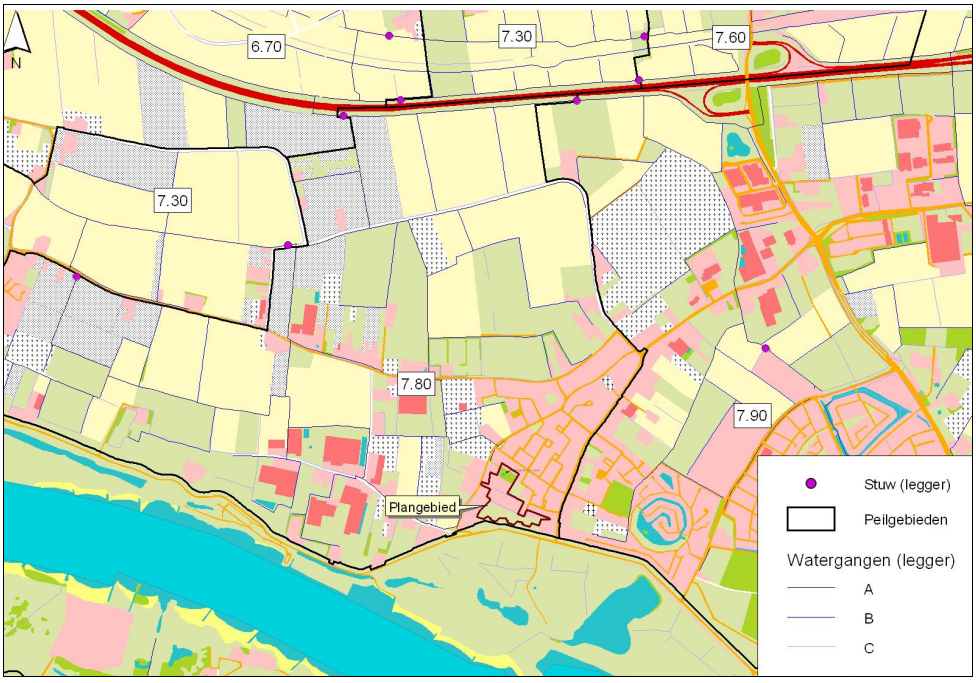
Aan de hand van gegevens van Rijkswaterstaat is een hoogwatergolf voor een T10-situatie afgeleid. In figuur 2.2 zijn de hoogwatergolven voor de twee meetpunten en de inschatting voor Oosterhout weergegeven. De maximale waterstand bij Oosterhout voor een T10-situatie bedraagt NAP +12,26 m.



Figuur 2.2: Hoogwatergolven voor een T10-situatie

2.2 Waterhuishouding Hoge Wei en omgeving

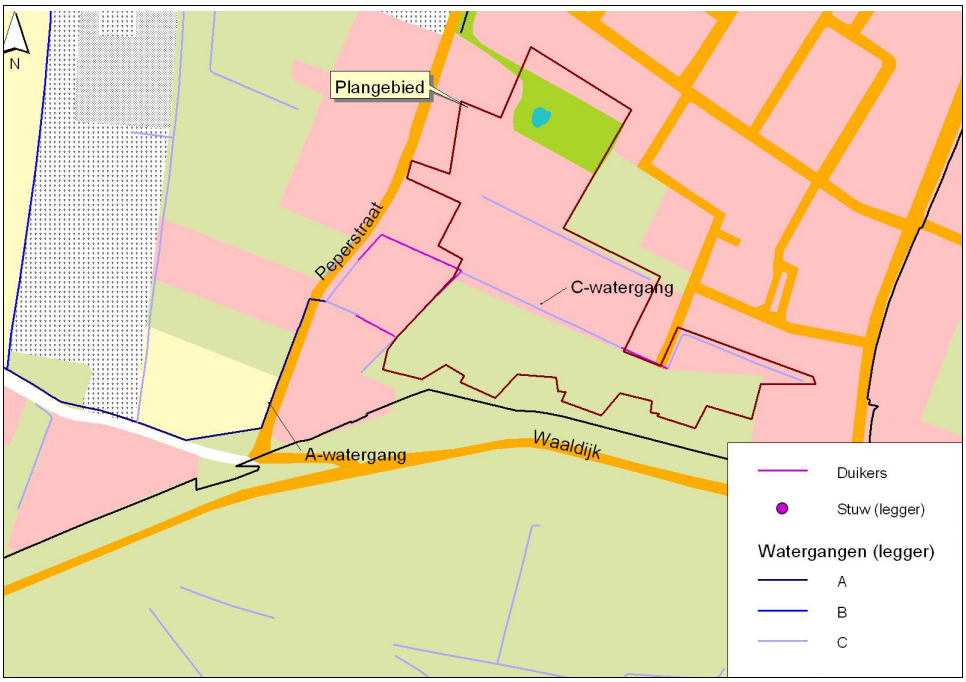
Op basis van aangeleverde informatie van het waterschap is de waterhuishouding van het projectgebied in beeld gebracht. In figuur 2.3 is een overzicht gegeven van de begrenzing van de peilgebieden, de ligging van de stuwen en de watergangen van de legger.



Figuur 2.3: Waterhuishouding rondom Hoge wei

Het gebied van Hoge Wei maakt onderdeel uit van het peilgebied van Oosterhout en in dit peilgebied wordt een streefpeil gehanteerd van NAP +7,80 m.

Lokale situatie
Het plangebied beslaat een aantal weilanden tussen de kern Oosterhout en de Waaldijk. Het weiland direct achter de dijk (ook wel kwelweide genoemd) inundeert bij hoge rivierstanden. Ten Noorden van deze weide loopt een afvoerende sloot (C-watergang) van Oost naar West door het plangebied. Deze afvoerende sloot watert af naar een waterschapssloot (A-watergang) langs de Peperstraat (zie figuur 2.4). Deze watergang heeft een streefpeil van NAP 7,80 m.



Figuur 2.4: Lokale waterhuishouding Hoge Wei

Tussen de Hoge Wei en de Waterschapswatergang langs de Peperstraat liggen kleine particuliere duikers. Op basis van oude legger gegevens van het Waterschap is de bodemhoogte van de duikers bepaald. Het hoogste punt in het traject is NAP +7,94 m. Met inachtneming van enige aanslibbing en een waterniveau van 0,2 m is voor de afvoerende C-watergang uit gegaan van een drainageniveau van NAP +8,20.

Bewoners van de aan het plangebied grenzende wijk Weijs 1 klagen over grondwateroverlast. Er is bij de gemeente Overbetuwe niets bekend over een actief drainagesysteem in de bebouwde kern van Oosterhout (met uitzondering van lokale drainage via wegen/riolering).

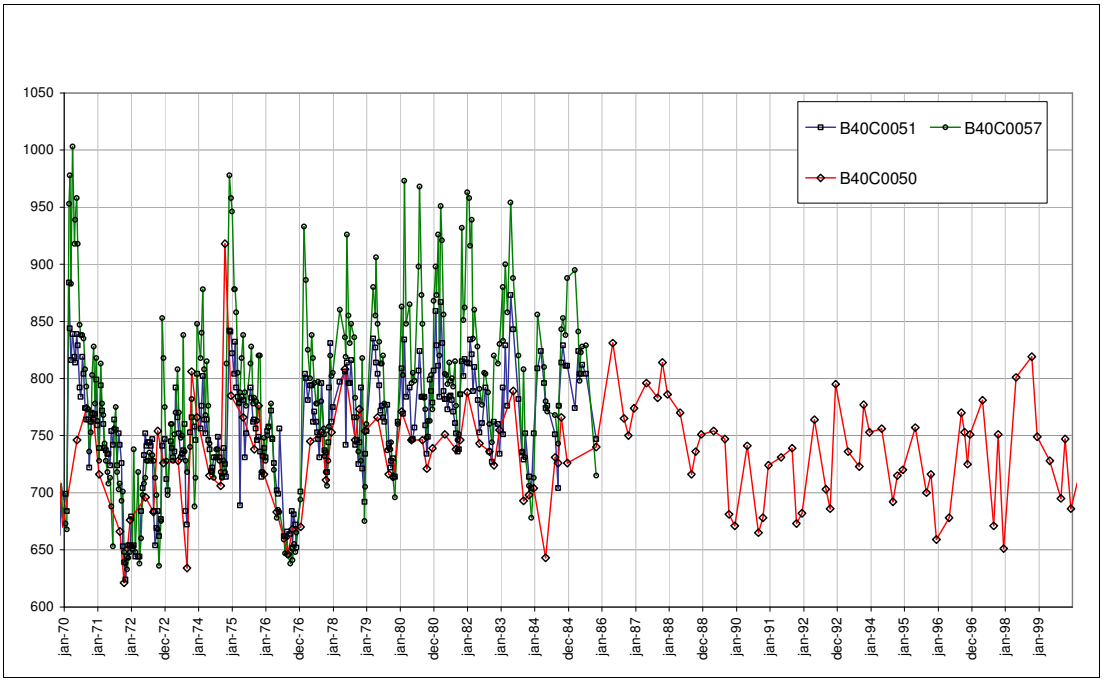
2.3 Grondwaterstanden

Bij Dinoloket van TNO zijn grondwaterstanden en stijghoogten opgevraagd voor het projectgebied. Voor de locatie en de directe omgeving blijken er geen peilbuizen aanwezig te zijn. De dichtstbijzijnde peilbuizen zijn B40C0051, B40C0057 en B40C0050. In figuur 2.5 zijn de locaties weergegeven.



Figuur 2.5: Locaties peilbuizen

In figuur 2.6 zijn de gemeten grondwaterstanden in de drie peilbuizen weergegeven. Uit de meetreeksen blijkt dat bij B40C0057 er een grote fluctuatie is waar te nemen (ruim 3 m) als gevolg van de waterstand in de Waal.



Figuur 2.6: Gemeten grondwaterstanden B40C0051 en B40 C0057

2.4 Beschrijving watersysteem

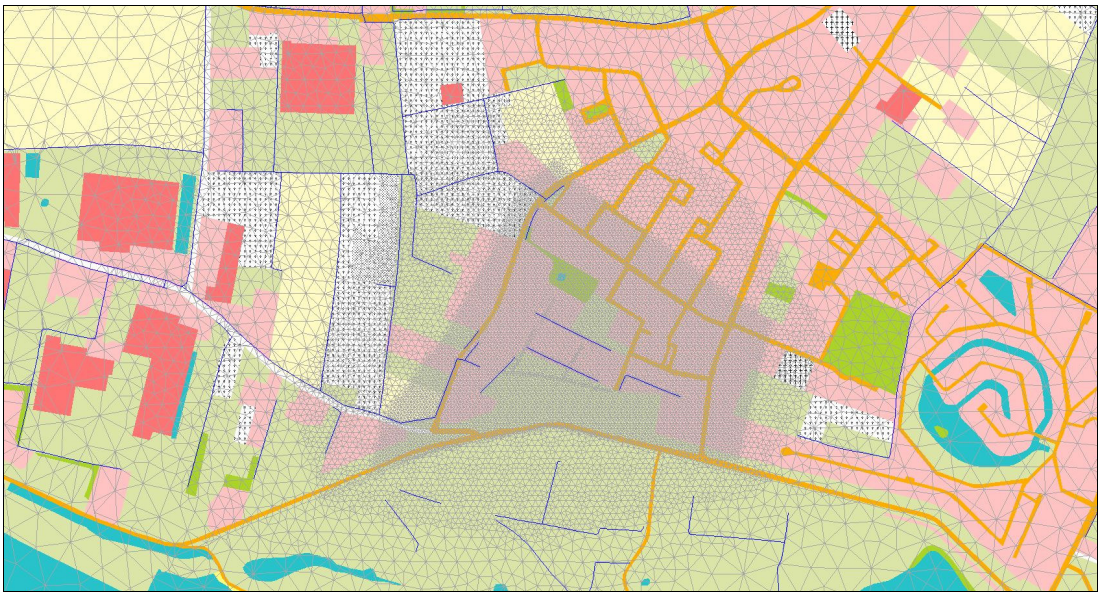
Het watersysteem rond Hoge Wei wordt sterk gedomineerd door de waterstanden in de Waal. Tijdens hoogwaterperioden bereikt de waterstand voor een T10-situatie een niveau van ruim 12 m ten opzichte van NAP. Het streefpeil in het gebied bedraagt NAP +7,8. De rivier heeft tijdens deze omstandigheden een sterke infiltrerende werking en de kwel in het binnendijks gebied is maximaal. Tijdens droge perioden draait de hydrologische situatie om en krijgt de Waal een drainerende werking.

3 OPBOUW GRONDWATERMODEL

Voor de opbouw van het grondwatermodel is gebruik gemaakt van het grondwatermodel dat is opgesteld voor MER Dijkteruglegging Lent (Royal Haskoning, 9M7653.09, 31 januari 2005). Het model is geschikt gemaakt voor de locatie Hoge Wei door het netwerk te verfijnen rond Hoge Wei en de lokale waterhuishouding en bodemopbouw in het projectgebied te actualiseren en/of detailleren.

3.1 Netwerk

Bij het genereren van het reken netwerk (eindige elementen) is rekening gehouden met het feit dat er een sterke verdichting is vereist in het interessegebied (zie figuur 3.1). In het projectgebied zelf is een knooppuntsafstand van 5 m toegepast. Bij de modelranden bedraagt de resolutie 100 m.



Figuur 3.1: Eindige elementen netwerk

3.2 Geohydrologische opbouw

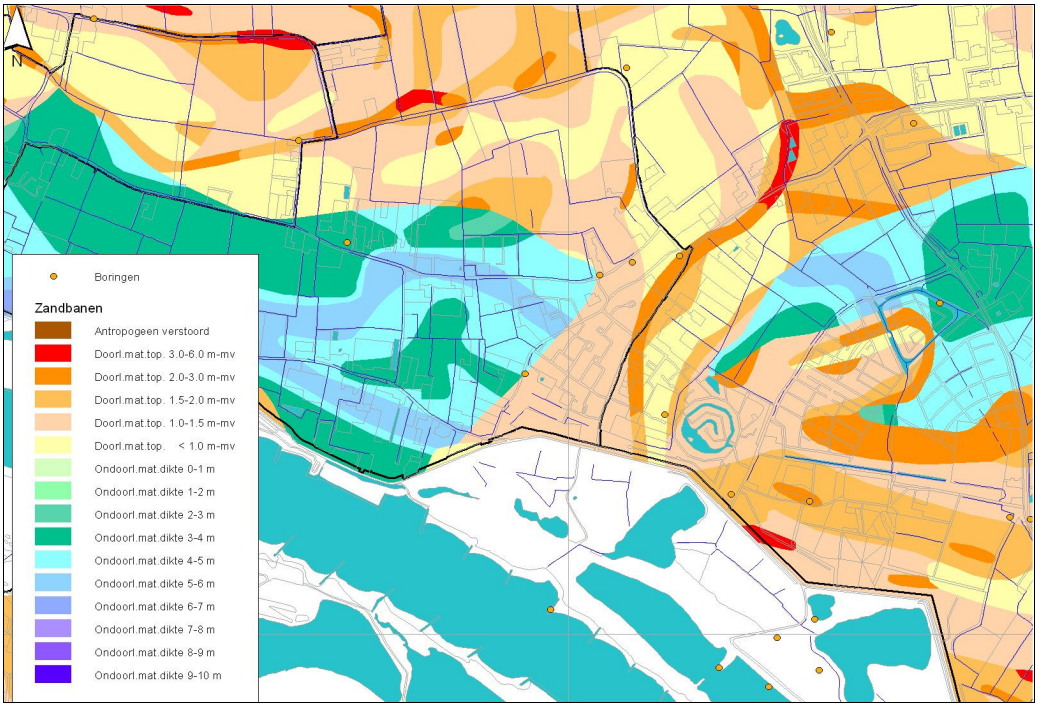
De recente geologische ontstaansgeschiedenis van het Rivierengebied wordt gekenmerkt door de fluviatiele afzettingen van de grote rivieren. Verder in het verleden overheersten echter ook mariene en glaciale invloeden met bijbehorende sedimenten (afwisselend van grind tot zand en klei). De opbouw van de ondergrond bestaat uit verschillende geologische formaties en afhankelijk van het type sediment kan deze worden onderverdeeld in watervoerende pakketten (WVP) en slecht doorlatende lagen (SDL). In tabel 3.1 is de geohydrologische opbouw voor het modelgebied weergegeven.

Tabel 3.1: Geohydrologische opbouw

Geohydrologie	Formatie	Dikte [m]	doorlatendheid (k), doorlaatvermogen (kD) of weerstand (c)	opmerking
Deklaag/freatisch pakket	Betuwe	Dikte: 0.5-6 m	Zand: k = 2 m/dag Klei: c = 50 dag /m	
1e watervoerend pakket	Kreftenheye/ Drenthe	Dikte: 10-20 m	kD = 800- 1200 m2/dag	Inclusief zandbanen met k-waarde 25 m/d
1e scheidende laag	Kedichem/ Drenthe	Dikte: 1-20 m	c = 10-675 dagen (inclusief zwakke plekken)	Gemiddeld 150 dagen en in het Noordoosten richting 500 dagen
2e watervoerend pakket	Harderwijk	Dikte: 30-45 m	kD = 700-800 m^2/dag	
2e scheidende laag	Tegelen/ Maassluis	Dikte: 5-20 m	c = 1000 dagen	
3e watervoerend pakket	Tegelen	Dikte 10-30 m	kD = 100-300 m^2/dag	
Geohydrologische basis	Breda	Diepte: 100-200 m-NAP	-	

De deklaag bestaat uit Holocene afzettingen van de grote rivieren en kan worden onderverdeeld in stroomgordelafzettingen (bestaande uit zand en zavel) en komafzettingen (zware klei soms met veenlagen). De stroomgordelafzettingen staan vrijwel steeds in contact met de pleistocene afzettingen welke eveneens goed doorlatend zijn. De komafzettingen zijn afgezet tijdens overstromingen in de toen al lagere gedeelten van het landschap. Daar waar de kleien (komklei) vóórkomen ondervindt de grondwaterstroming van en naar het eerste pakket een grotere weerstand.

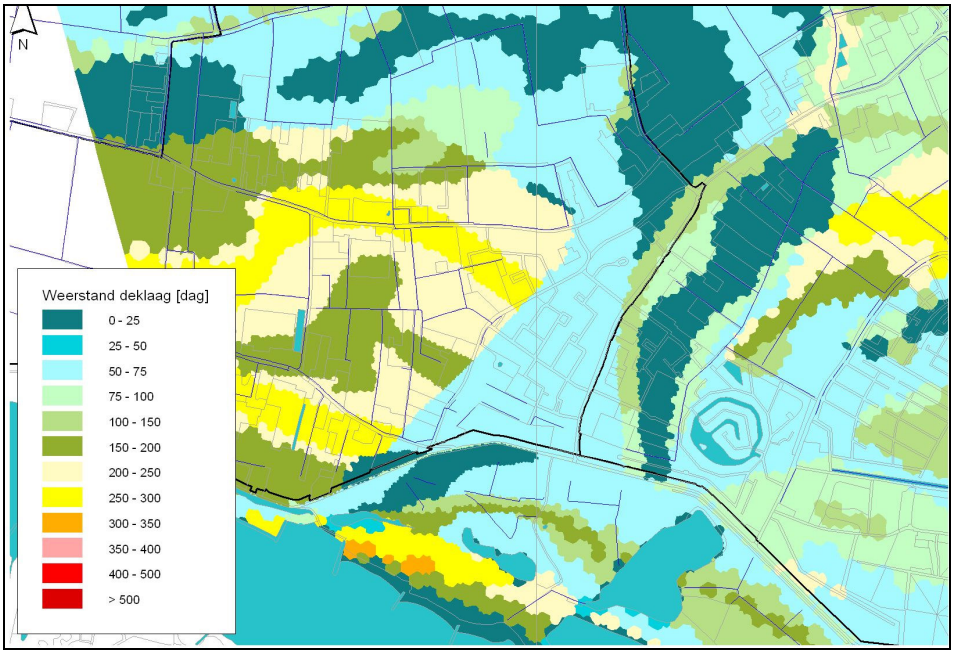
De afwisseling van sedimenten geeft een zeer gevarieerde samenstelling van de ondiepe ondergrond zoals te zien is in de zandbanenkaart. In figuur 3.2 is de zandbanenkaart weergegeven voor het projectgebied (“Zand in banen”, Berendsen, 2001). De stroomgeulen worden op de figuur aangegeven met gele en rode tinten naar gelang de diepte ten opzichte van maaiveld. De komafzettingen worden aangegeven met de blauwe en groenen tinten.



Figuur 3.2: Zandbanenkaart

Ter plaatse van de Hoge Wei zit een stroomgeul en de dikte van de afdekkende kleilaag bedraagt 1 tot 1,5 m.

De weerstand van de deklaag is geschat op basis van de zandbanenkaart en hiervoor is een waarde van 50 dagen per meter zavel/klei gehanteerd. In figuur 3.3 is de weerstand weergegeven waarmee in het model is gerekend.



Figuur 3.3: Weerstand deklaag [dagen]

Het eerste watervoerend pakket bestaat uit grofzandige en grindige afzettingen van de Formatie van Drenthe en Kreftenheye. De dikte van dit pakket varieert van 10 tot 22 meter. Zandbanen, die in het projectgebied voorkomen, sluiten direct aan op het eerste watervoerend pakket. Geohydrologisch zijn zij dan ook geschematiseerd als onderdeel van dit pakket. Ter plaatse van de Waal snijdt de rivier door de deklaag in het eerste watervoerend pakket.

Maaiveld
De hoogte van het maaiveld is afgeleid van het AHN-bestand (resolutie 5x5). In figuur 3.4 is het niveau van het maaiveld in het projectgebied weergegeven. Ter plaatse van de Hoge Wei varieert het maaiveld tussen NAP +8 en NAP +9 m. Het maaiveld is vergeleken met puthoogtes de bebouwde kern (gemeente Overbetuwe) en bleek goed overeen te komen.



Figuur 3.4: Maaiveld

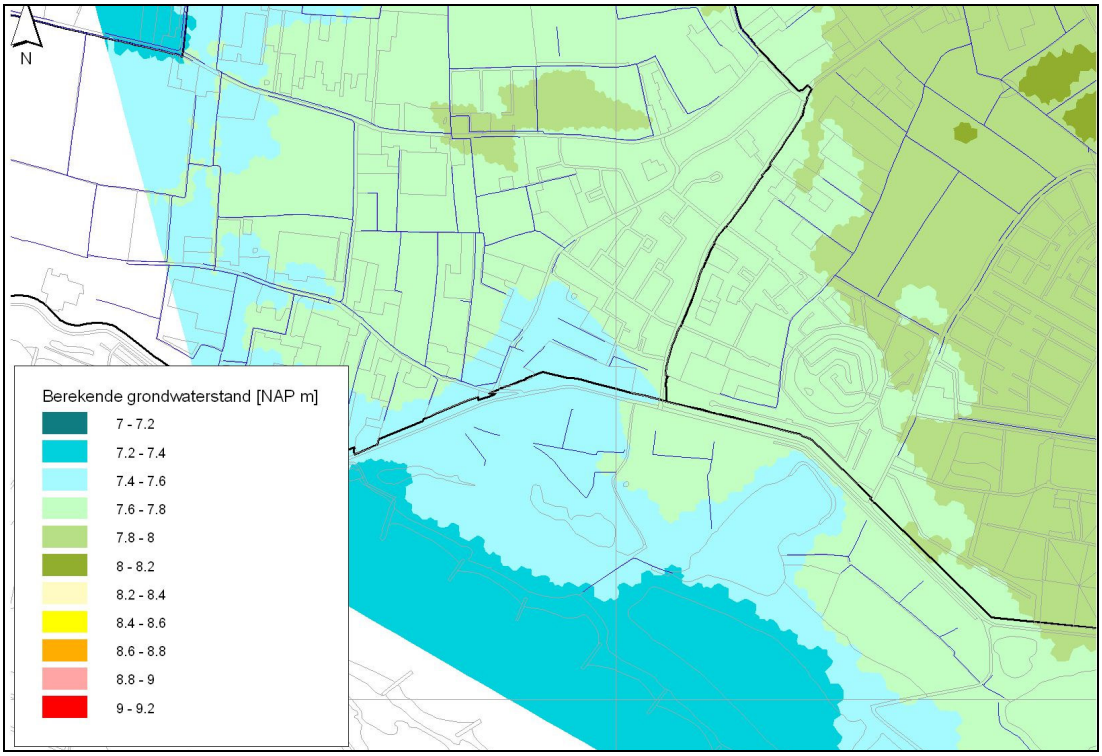
3.3 Oppervlaktewater

Voor de relatie tussen het oppervlaktewater en het grondwater zijn in het model alle leggerwatergangen als lijnelement opgenomen. Aan de lijnelementen is het peil van de waterloop, de breedte van de waterloop en een inschatting van de drainage- en infiltratieweerstand toegekend (drainageweerstand A-watergang vijf dagen, B/C–watergang twee dagen). De Waal en de uiterwaarden zijn middels een vlakdekkend topsysteem gesimuleerd waarbij het waterpeil middels interpolatie is toegekend aan het netwerk (drainageweerstand Waal: één dag, drainageweerstand uiterwaarden 400 dagen). Het bebouwd gebied van de gemeente Oosterhout is eveneens gesimuleerd met een vlakdekkend topsysteem (drainageniveau 1,5 m-mv en een drainageweerstand van 300 dagen; betreft een aanname voor lokale drainage via wegen/riolering).

Aansluitend is het niveau van het maaiveld als vlakdekkend topsysteem toegepast met een drainageweerstand van één dag.

3.4 Vergelijking gemeten en berekende waarden

De periode 1990-2000 is gehanteerd als representatief zijnde voor een hydrologisch gemiddelde situatie. Met het model is voor deze periode stationair een hydrologisch gemiddelde situatie berekend. De berekende grondwaterstand voor het gebied is opgenomen in figuur 3.5. Ter plaatse van de Hoge Wei wordt een grondwaterstand berekend van circa NAP +7,5 m (circa 1 m minus maaiveld).



Figuur 3.5: Berekende grondwaterstand: hydrologisch gemiddelde periode

Een vergelijking tussen gemeten en berekende waarden (stationair) is opgenomen in tabel 3.2. Omdat voor de meetreeksen van peilbuis B40C0051 en B40C0057 geen metingen beschikbaar zijn is hiervoor uitgegaan van de periode 1975-1985.

Tabel 3.2: Vergelijking gemeten en berekende waarden (stationaire situatie)

Peilbuis	Gemeten (periode), NAP m	Berekend, NAP m
B40C0050	7.27 (1990-2000)	7.78
B40C0051	7.68 (1975-1985)	7.71
B40C0057	7.98 (1975-1985)	7.87

Bovengenoemde vergelijking tussen gemeten en berekende waarden geeft voor een beperkt aantal peilbuizen rondom het aandachtsgebied een indruk van het ijkresultaat. Bij twee peilbuizen is het verschil zeer gering maar zijn de meetreeksen gedateerd. Bij peilbuis B40C0050 is het verschil circa 0,5 m en dit is een relatief grote afwijking. Het is dan ook van belang te realiseren dat het model bestaat uit zo goed mogelijke

inschattingen van modelparameters en dat deze inschattingen onzekerheden met zich dragen. De ijkresultaten geven evenwel een indruk van de onzekerheden van het modelresultaat en dit besef is van belang voor de interpretatie van de resultaten.

3.5 Hoogwaterperiode T10

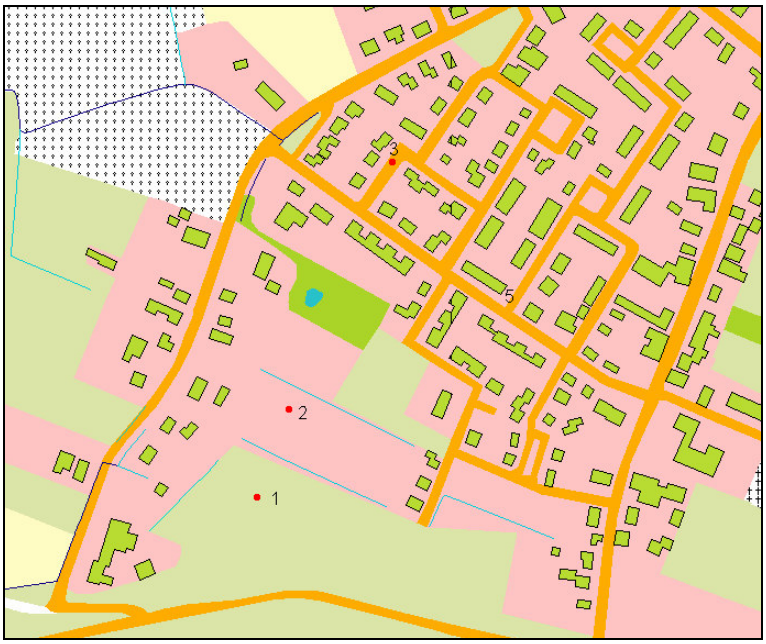
Aan de hand van gegevens van Rijkswaterstaat is een hoogwatergolf voor een T10-situatie afgeleid. In figuur 2.2 zijn de hoogwatergolven voor de twee meetpunten en de inschatting voor Oosterhout weergegeven. De maximale waterstand bij Oosterhout voor een T10-situatie bedraagt NAP +12,26 m.

Met het model is deze hoogwatergolf (periode van twee weken) tijdsafhankelijk berekend om de T10-situatie te benaderen. Een vergelijking tussen gemeten en berekende grondwaterstanden in de tijd is vanwege deze benadering niet mogelijk. Wel is een vergelijking tussen de maximaal gemeten grondwaterstand en berekende grondwaterstand gemaakt (zie tabel 3.3).

Tabel 3.3: Vergelijking gemeten en berekende waarden (T10-situatie)

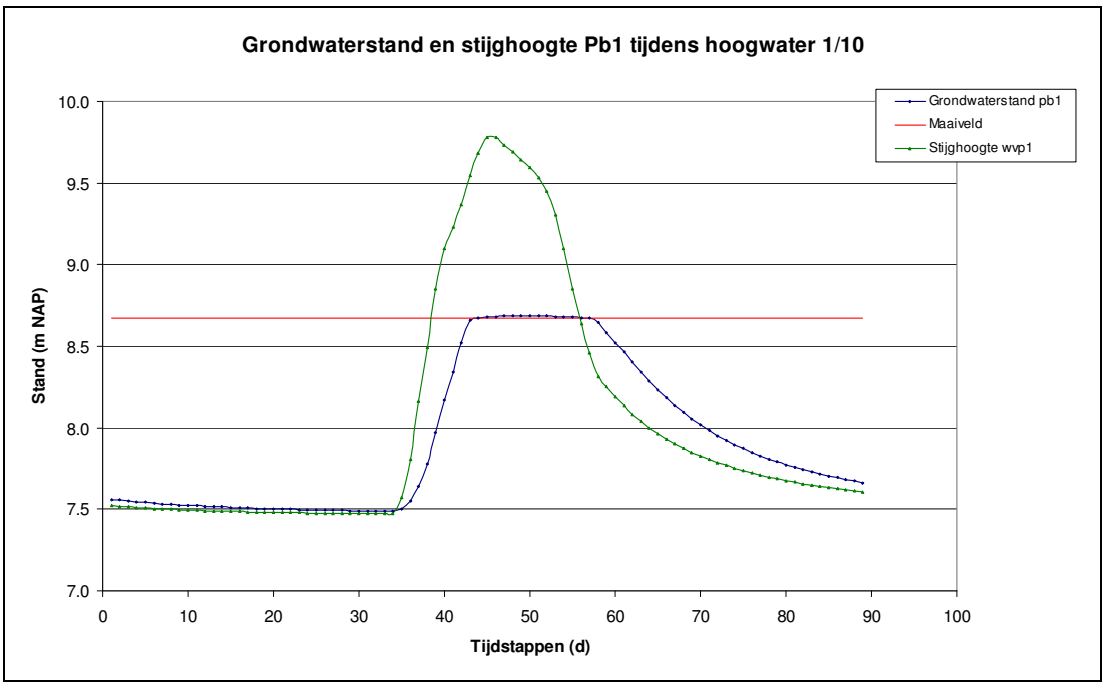
Peilbuis	Maximaal gemeten (periode), NAP m	Maximaal berekende waarde T10-situatie, NAP m
B40C0050	8.19 (1990-2000)	8.29
B40C0051	8.73 (1975-1985)	8.33
B40C0057	9.73 (1975-1985)	9.11

Om inzicht te verkrijgen in het verloop het verloop van de grondwaterstand en de stijghoogte in het aandachtsgebied ten tijde van de hoogwatergolf is deze voor drie representatieve locaties in beeld gebracht (zie figuur 3.6).

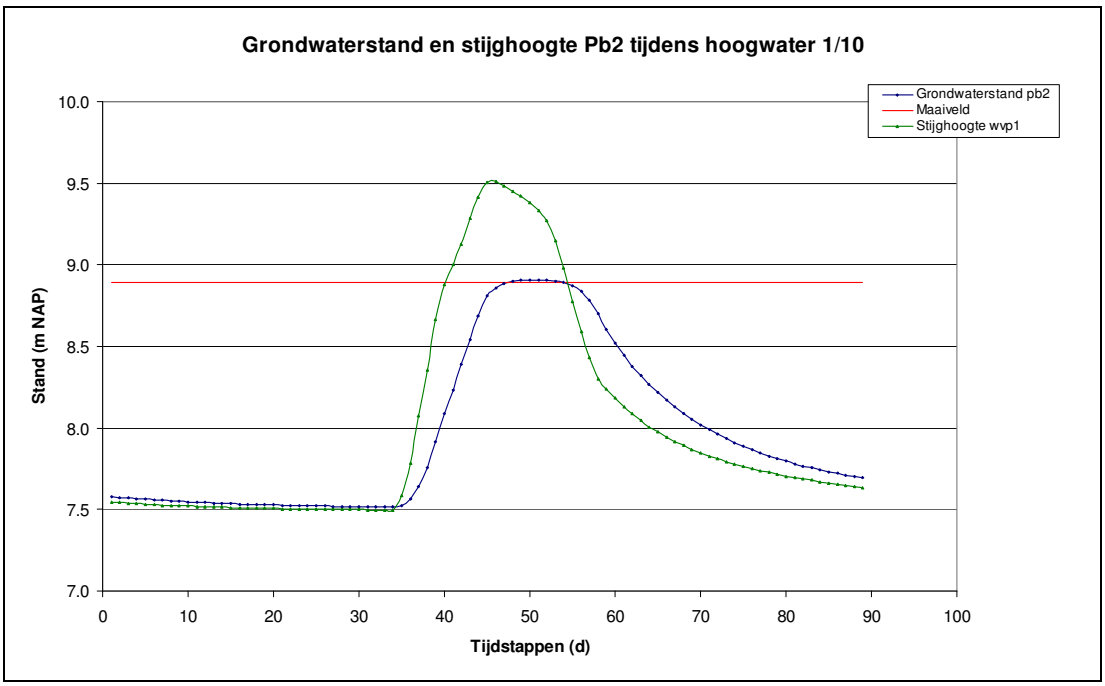


Figuur 3.6: Locaties voor weergave verloop grondwaterstand en stijghoogte

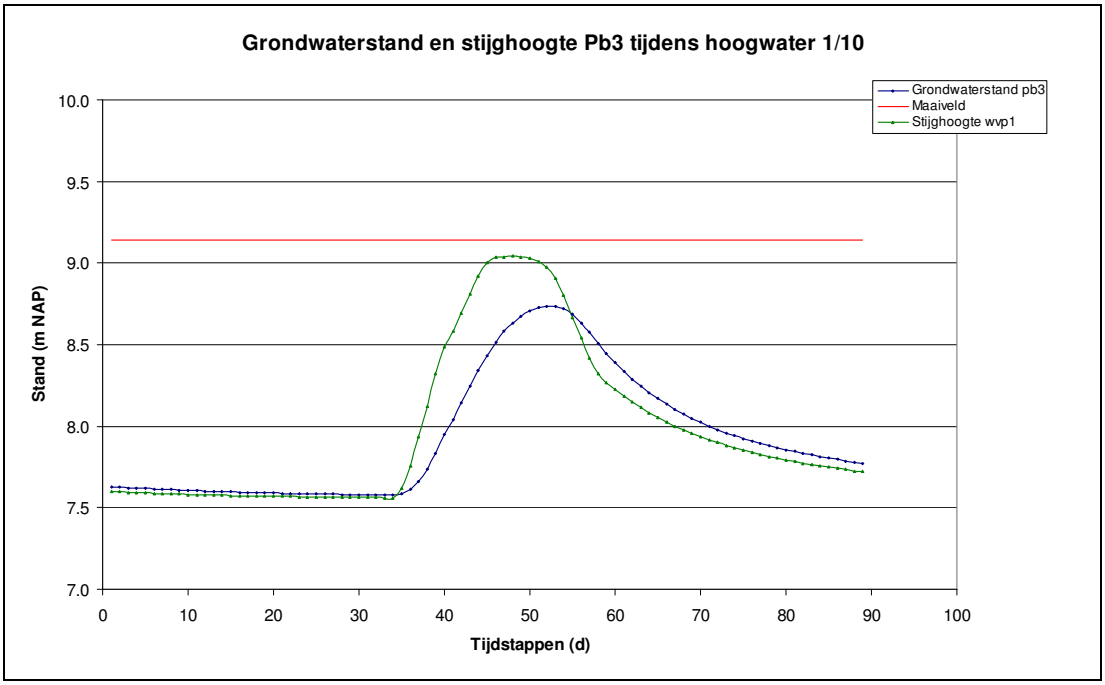
In de figuren 3.7 tot en met 3.9 zijn de berekende grondwaterstanden en stijghoogten voor de drie locaties gepresenteerd.



Figuur 3.7: Berekende grondwaterstand en stijghoogte locatie 1



Figuur 3.8: Berekende grondwaterstand en stijghoogte locatie 2



Figuur 3.9: Berekende grondwaterstand en stijghoogte locatie 3

Ter plaatse van de Hoge Wei en in de directe omgeving zijn er plekken met plasvorming. Dit is in overeenstemming met de ervaringen op basis van de enquête (Water in Hoge Wei, R. Haskoning, 22 januari 2007). In de modelberekeningen is met deze plasvorming (tijdelijke extra berging) geen rekening gehouden maar is er van uit gegaan dat wanneer de grondwaterstand boven maaiveld komt dit gelijk wordt afgevoerd. In bovenstaande figuren is dit ook te zien; de blauwe lijn kan niet boven de rode lijn uitkomen.

4 HYDROLOGISCHE BEREKENINGEN SCENARIOS

4.1 Uitgangspunten en randvoorwaarden ontwikkeling Hoge Wei

Het plangebied Hoge Wei is gelegen aan de Zuidrand van de bebouwde kom van Oosterhout (gemeente Overbetuwe) en de bestemming omvat de bouw een aantal nieuwbouw woningen. Een overzicht van het stedenbouwkundig plan is opgenomen in figuur 4.1. De ophoging bestaat in principe alleen uit zand.



Figuur 4.1: Overzicht stedenbouwkundig plan

Een zeer belangrijk aspect bij de ontwikkeling van het gebied is de waterhuishouding. Het woningbouwplan dient dan ook te voorzien in de noodzakelijke ontwatering en afwatering. Uitgangspunt voor de ontwikkeling van de Hoge Wei is dat de nieuwe woonbebouwing minimale effecten zal hebben op de waterhuishouding in omliggende gebieden. Dit betekent onder meer:

- minimale toename van de afvoer uit het gebied (de afvoer naar de Linge mag in tijden van hoogwater niet toenemen);
- afvoernorm is 1,5 l/s/ha + huidige kwelafvoer;
- geen verhoging van de grond- en oppervlaktewaterwaterstanden in omliggende gebieden (momenteel ondervinden de bewoners van woningen rondom de Hoge Wei (Weijs I) bij hoge rivierstanden in wisselende mate hinder van hoge waterstanden).

Waterhuishoudkundige aspecten van het stedenbouwkundig plan
Relevante waterhuishoudkundige aspecten van het stedenbouwkundig plan omvatten de volgende aspecten:

- de afvoerende sloot door het gebied (kwelsloot) wordt deels verlegd waarbij de dimensies gehandhaafd blijven;

- het gebied ten Noorden van de nieuwe kwelsloot wordt, ten behoeve van de voor de bebouwing vereiste ontwateringsdiepte, opgehoogd met zand; Het gebied ten Zuiden van de kwelsloot wordt deels opgehoogd en blijft deels gehandhaafd in de huidige vorm (de bouwblokjes liggen op “terpen”);
- ter compensatie van piekafvoer van neerslag vanaf het verhard oppervlak in het plangebied worden in het gebied drie wadi’s aangebracht. Uitgangspunt is dat daarin tot 0,3 m water wordt geborgen, waarna de waterstand in de wadi's gedurende maximaal een dag weer zakt tot 0;
- de wadi's krijgen een gedoseerde afvoer naar de sloot gebaseerd op de huidige landbouwkundige afvoer in het gebied. Het stuwniveau van de sloot blijft gelijk aan de huidige situatie (NAP +8,2 m).

De potentiële gevolgen van het stedenbouwkundig plan voor de (grond)-waterhuishouding in perioden met veel neerslag en gelijktijdig hoogwater zijn in overleg met het Waterschap besproken en nader geanalyseerd. De volgende aspecten zijn benoemd:

- de verlegging van de kwelsloot (dimensies blijven gelijk) heeft gevolgen voor de waterhuishouding;
- de ophogingen in het gebied zorgt er voor dat water dat nu in tijden van hoogwater over maaiveldniveau kan afstromen naar de kwelsloot (maar ook dat nu plasvorming optreedt) in de toekomst geborgen wordt in de ondergrond (bergingsverandering) met een verhoging van de grondwaterstand tot gevolg;
- de aanleg van de wadi’s voor de berging van hemelwater zorgt voor een herverdeling van water waarbij als gevolg van de tijdelijke berging de grondwaterstand verhoogd kan worden.

De ophoging van het terrein met zand heeft tot gevolg dat de onderliggende bodem wordt samengedrukt door de opgebrachte laag (zetting). In hydrologisch opzicht heeft de ophoging tot gevolg dat de freatische bergingscoëfficiënt wijzigt en dat mogelijk de hydraulische weerstand van de kleilaag iets toeneemt.

4.2 Scenario’s

Er zijn met het model de volgende drie scenario’s tijdsafhankelijk berekend voor een T10-situatie:

1. aanleg woongebied volgens stedenbouwkundig plan met ophogingen, wegen enz. en verschuiving kwelsloot en gedeeltelijke ophoging huidige kwelweide tegen de dijk (weiland tussen de dijk en de C-watergang in);
2. als 1 maar met aanleg drainage in bestaande omliggende wijken;
3. als 1 maar met volledige ophoging van de kwelweide tegen de dijk.

Scenario 1

Scenario 1 is het basisscenario en omvat het stedenbouwkundig plan. In figuur 4.2 zijn de relevante waterhuishoudkundige aspecten opgenomen zoals deze in het model zijn verwerkt:

- de ligging van de nieuwe kwelsloot ter vervanging van de bestaande C-watergang die van Oost naar West het plangebied afwatert; De dimensies en randvoorwaarden van de sloot blijven gelijk zodat in het model hetzelfde drainageniveau, breedte en drainageweerstand is gehanteerd als voor de oude sloot (C-watergang);
- de begrenzing en grootte van de ophoging in het gebied; Het niveau van het maaiveld als vlakdekkend topsysteem in het model is verhoogd en de

drainageweerstand van 1 dag is gelijk gebleven. De mate van ophoging is ten behoeve van de berekening ingesteld op 2 m;

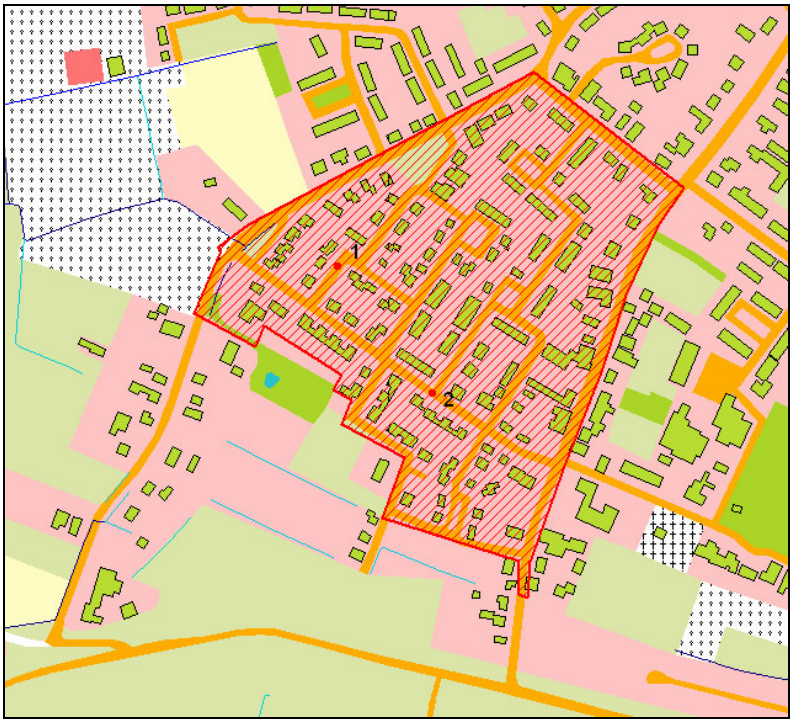
- de wadi's zijn als individuele lijnelementen in het model opgenomen; Voor de wadi's is een drainageniveau opgegeven van 0,2 m minus nieuw maaiveld (bodemniveau van de wadi wordt 0,5 m minus maaiveld en tijdens een pieksituatie van het hoogwater (gevulde wadi's) is het niveau gedurende twee dagen verhoogd met 0,3 m);
- in de uitgangssituatie is uitgegaan van een freatische bergingscoëfficiënt van 0,08 voor de kleilaag. In de modelberekening van het scenario met ophoging is modelmatig gerekend met een effectieve bergingscoëfficiënt van 0,15 voor het eerste modelpakket (kleilaag en ophoogzand tezamen). Voor representatieve waarden bij verschillende sedimenten wordt verwezen naar meerdere studies (Compilation of specific yields for various materials, USGS, Water supply paper 1662-D, Johnson, A.J. 1967; De freatische bergingscoëfficiënt en de grondwateraanvulling in het gebied van de Utrechtse Heuvelrug, RIVM, rapport 840345003, van Drecht, G.).



Figuur 4.2: Scenario 1

Scenario 2

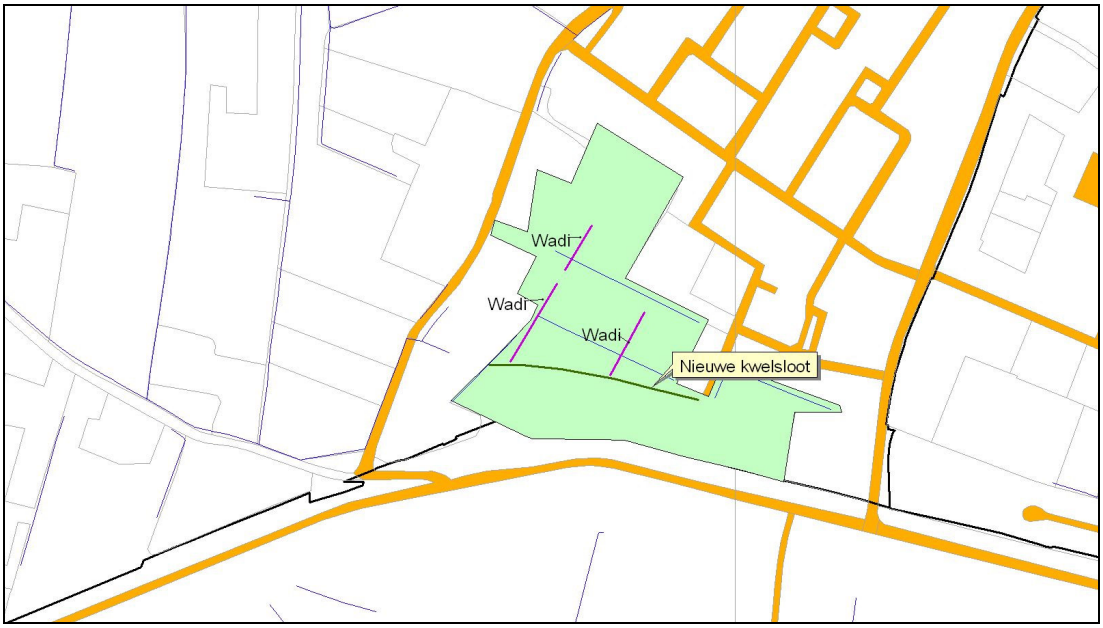
Scenario 2 is gelijk aan scenario 1 aangevuld met de aanleg van drainage in de bestaande omliggende wijken. Hiervoor is mede op basis van de resultaten van de enquête een inschatting gemaakt (zie figuur 4.3). Ten opzichte van de uitgangssituatie (drainageweerstand van 300 dagen) is in dit scenario uitgegaan van een drainage-weerstand van 50 dagen.



Figuur 4.3: Scenario 2

Scenario 3

Scenario 3 is gelijk aan scenario 1 met het verschil dat de ophoging van het gebied volledig is (inclusief de kwelweide tegen de dijk). In figuur 4.4 is de begrenzing van de ophoging weer gegeven.



Figuur 4.4: Scenario 3

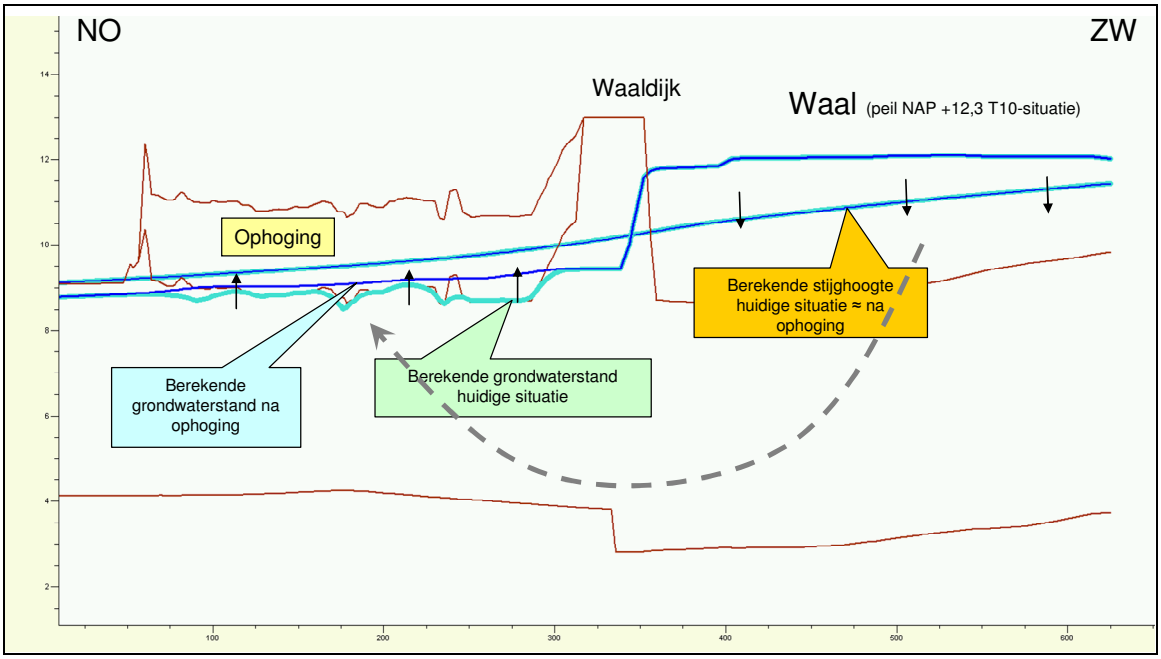
4.3 Resultaten hydrologische berekeningen

Scenario 1
De hydrologische effecten van het stedenbouwkundig plan zijn met het model tijdsafhankelijk berekend en de verandering van de grondwaterstand ten tijde van de hoogwaterpiek is gepresenteerd in figuur 4.5.



Figuur 4.5: Verandering grondwaterstand scenario 1

In figuur 4.6 is de dwarsdoorsnede gepresenteerd, samen met de berekende grondwaterstand en stijghoogte tijdens hoogwater.

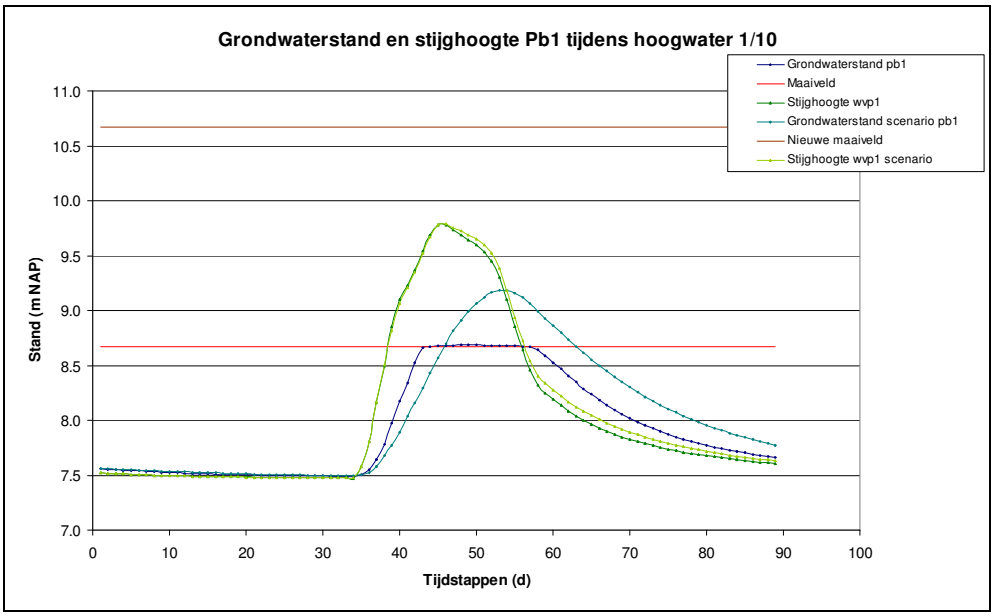


Figuur 4.6: Dwarsdoorsnede plangebied Hoge Wei tijdens hoogwater (T10-situatie)

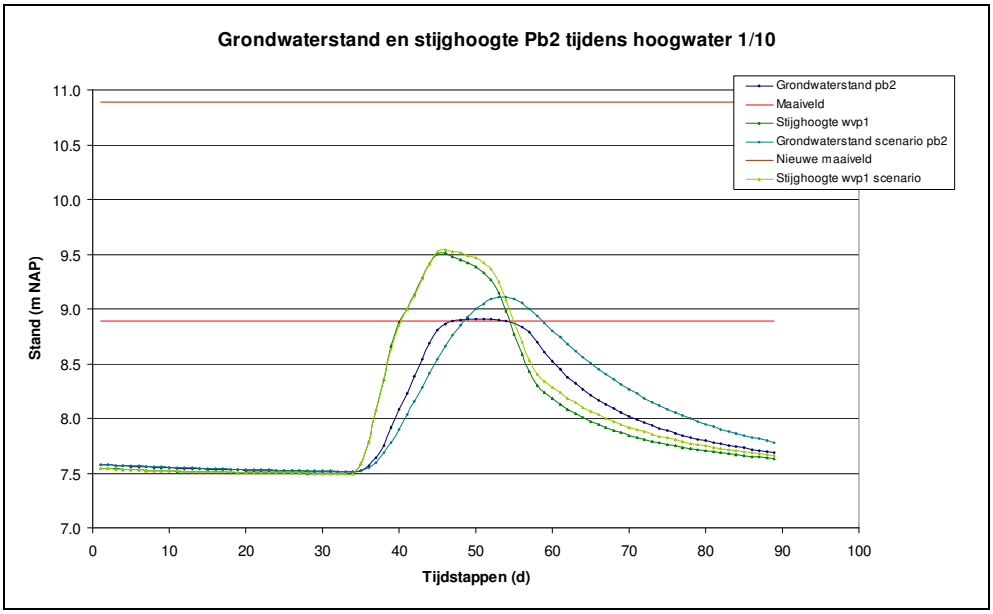
De dwarsdoorsnede geeft de grondwaterstand en stijghoogte weer zoals berekend met het grondwatermodel. De figuur illustreert de stroming van het grondwater als gevolg van de stijghoogteverschillen. In de T10-situatie heeft de Waal een zeer hoge waterstand. De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is minder hoog en daarom heeft de Waal een infiltrerende werking. In het binnendijks gebied worden de waterstanden op peil gehouden en hier is de stijghoogte hoger dan de grondwaterstand. Dit stijghoogteverschil veroorzaakt de kweldruk. De grondwaterstand in het plangebied ligt tijdens deze hoogwatersituatie min of meer op maaiveld.

In het dwarsprofiel is een ophoging van 2 m weergegeven. Dit is een eerste inschatting om de stijging van de grondwaterstand te kunnen berekenen. In hoofdstuk 5 wordt de mate van ophoging, in relatie tot de vereiste ontwateringsdiepte nader geanalyseerd. Als gevolg van de ophoging met zand in het plangebied kan de grondwaterstand nu goed in de bodem (ophooglaag) geborgen worden en stroomt het water niet meer af over maaiveld. Hierdoor stijgt de grondwaterstand. De gemiddelde stijging van de grondwaterstand is circa 0,15 m, lokaal is de stijging maximaal 0,75 m (vlak bij de dijk). De grondwaterstandverhoging blijkt een geringe uitstraling naar de omgeving te hebben (zie figuur 4.5). De verandering van de stijghoogte in het watervoerend pakket blijkt als gevolg van de ophoging verwaarloosbaar klein te zijn.

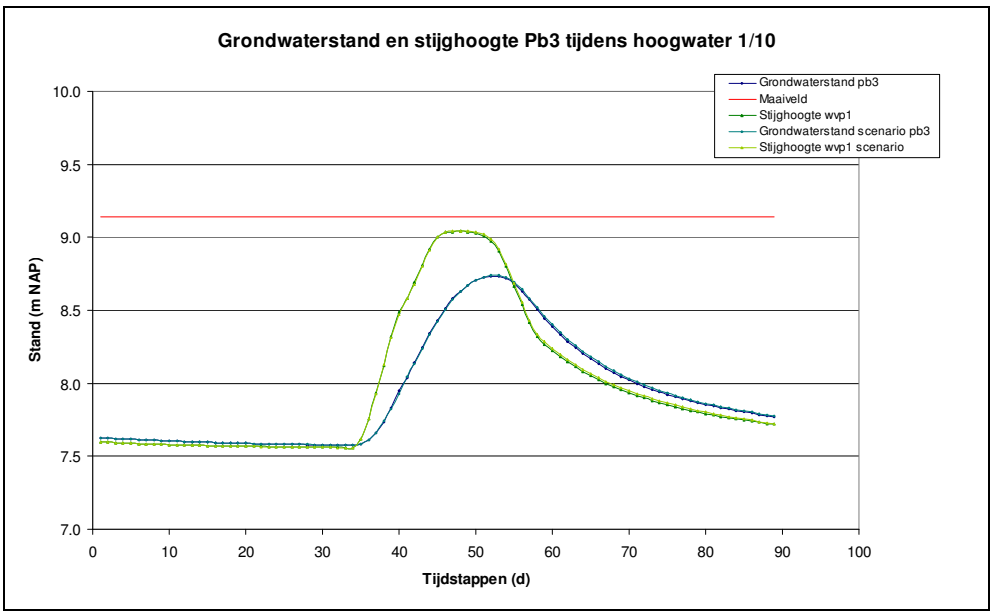
Het verloop van de grondwaterstand en stijghoogte ten tijde van de hoogwatergolf is tevens gepresenteerd voor de drie locaties (zie figuur 3.4) in figuur 4.7 tot en met 4.9.



Figuur 4.7: Scenario 1: Berekende grondwaterstand en stijghoogte locatie 1



Figuur 4.8: Scenario 1: Berekende grondwaterstand en stijghoogte locatie 2

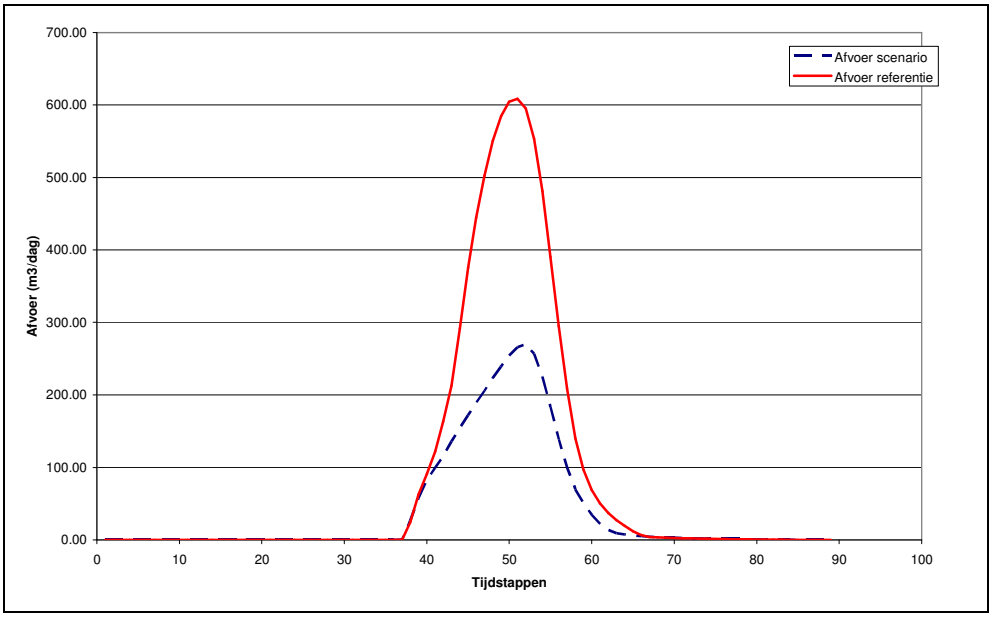


Figuur 4.9: Scenario 1: Berekende grondwaterstand en stijghoogte locatie 3

Verandering afvoer scenario 1

De verandering van de afvoer voor de projectlocatie (65.000 m^2) als gevolg van het stedenbouwkundig plan is in beeld gebracht in figuur 4.10. Door de ophoging blijkt het grondwater beter in de ondergrond geborgen te kunnen worden waardoor de afvoer uit het gebied tijdens een hoogwatergolf afneemt (de afvoer uit het omliggende gebied blijft gelijk). In de uitgangsituatie was de afvoer tijdens de hoogwaterpiek ruim 610 m^3/dag en tijdens het scenario ruim 270 m^3/dag. Deze afname in de afvoer blijkt grofweg overeen te komen met de grondwaterstandverhoging over het projectgebied. De verandering in de afvoer voor de periode voorafgaand aan de piek is circa 10 dagen vermenigvuldigd met ± 150 m^3/dag is 1500 m^3.

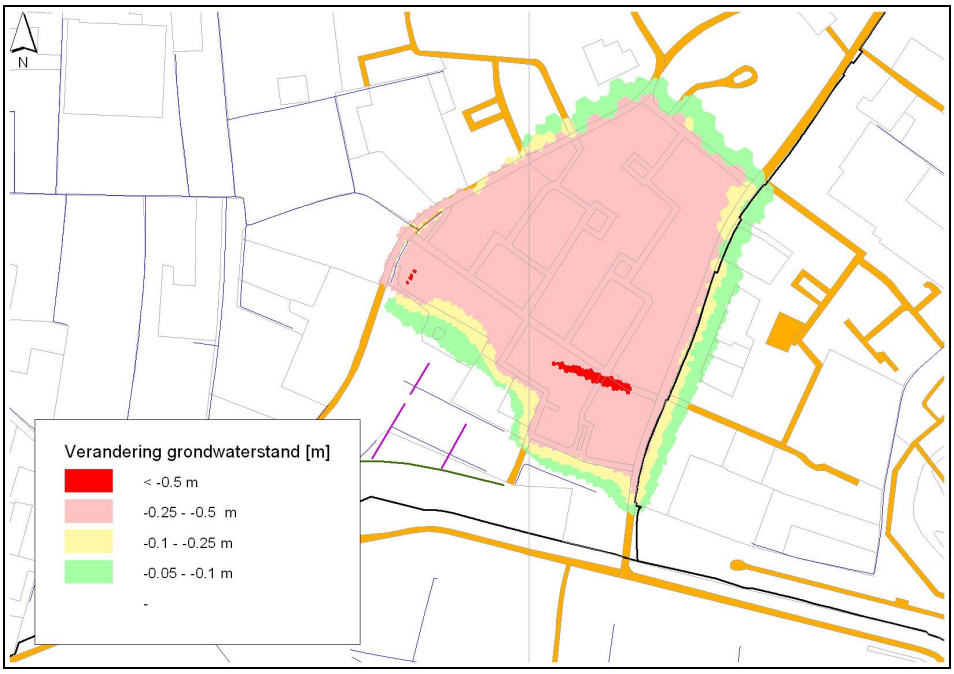
Deze hoeveelheid water verdeeld over het projectgebied is 1500 m^3/65.000 m^2 = 0,023 m. Uitgaande van een freatische bergingscoëfficiënt van 0.15 komt dit overeen met een gemiddelde grondwaterstandverhoging van 0.023/0.15 ≈ 0.15 m.



Figuur 4.10: Verandering afvoer [m^3/dag] scenario 1: projectgebied

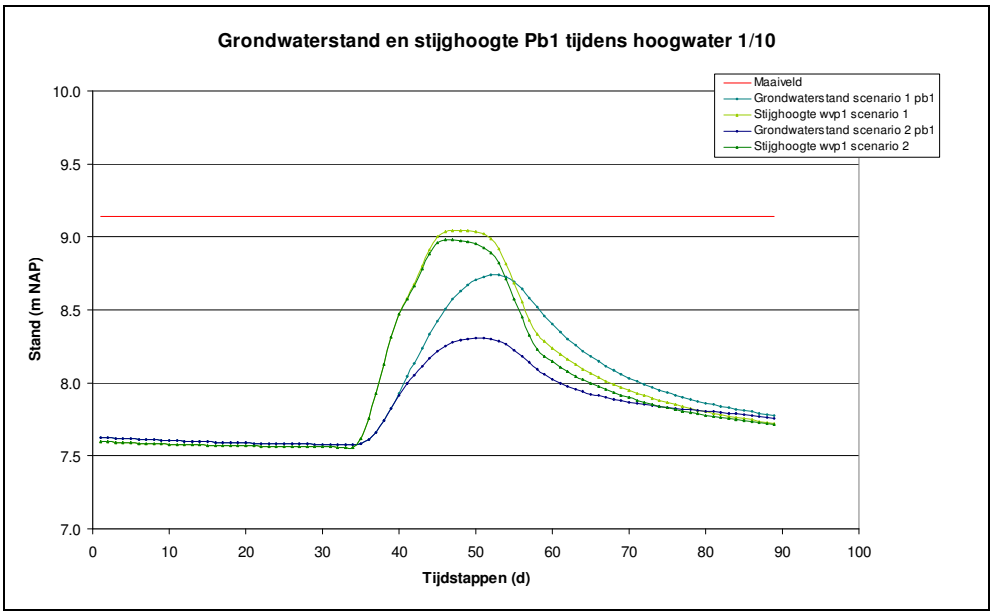
Scenario 2

In figuur 4.11 is de verandering van de grondwaterstand als gevolg van de aanleg van een drainagesysteem weergegeven.

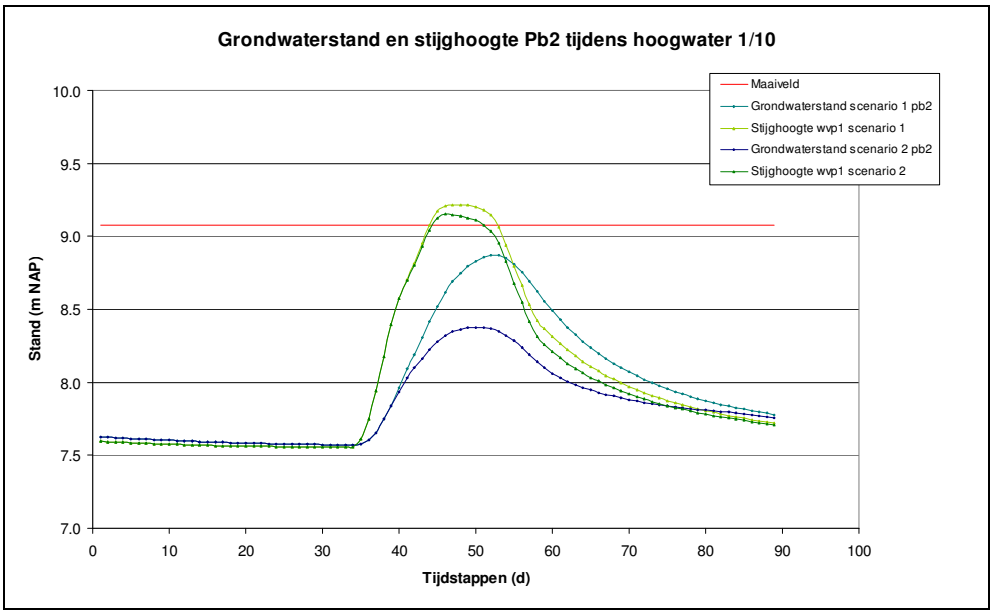


Figuur 4.11: Verandering grondwaterstand ten tijde van hoogwatergolf (ten opzichte van scenario 1)

Tevens is voor twee locaties (zie figuur 4.3) het verloop van de grondwaterstand in de tijd gepresenteerd. Deze zijn opgenomen in figuur 4.12 en 4.13.



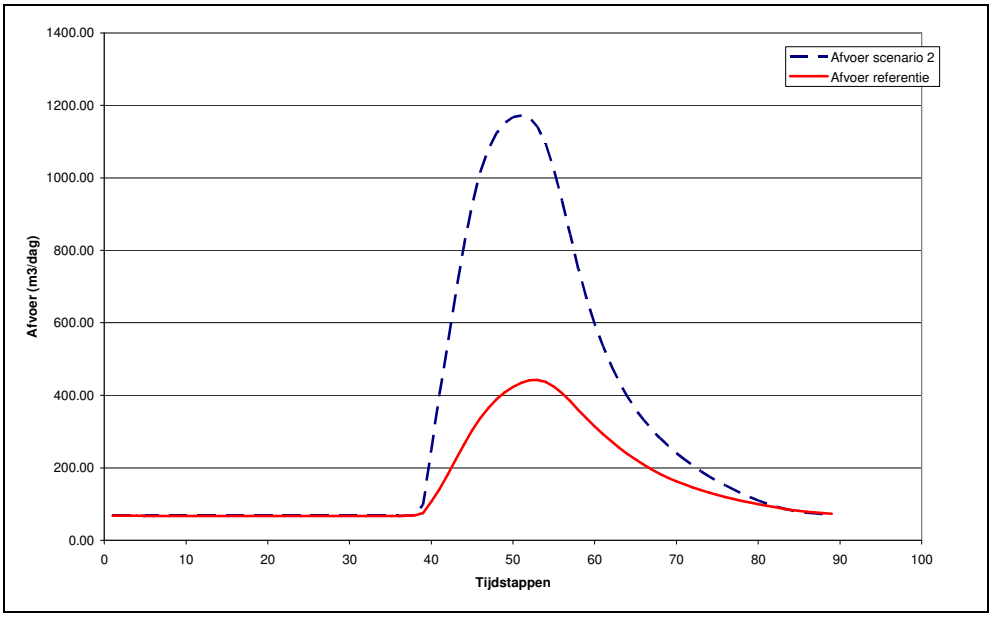
Figuur 4.12: Verloop grondwaterstand bij locatie 1



Figuur 4.13: Verloop grondwaterstand bij locatie 2

Hieruit blijkt dat de grondwaterstand ten tijde van de hoogwatergolf met circa 0,25 tot 0,5 m verlaagd wordt.

Verandering afvoer scenario 2
De verandering van de afvoer bij scenario 2, als gevolg van de aanleg van het drainagesysteem in het bebouwd gebied, is opgenomen in figuur 4.14.

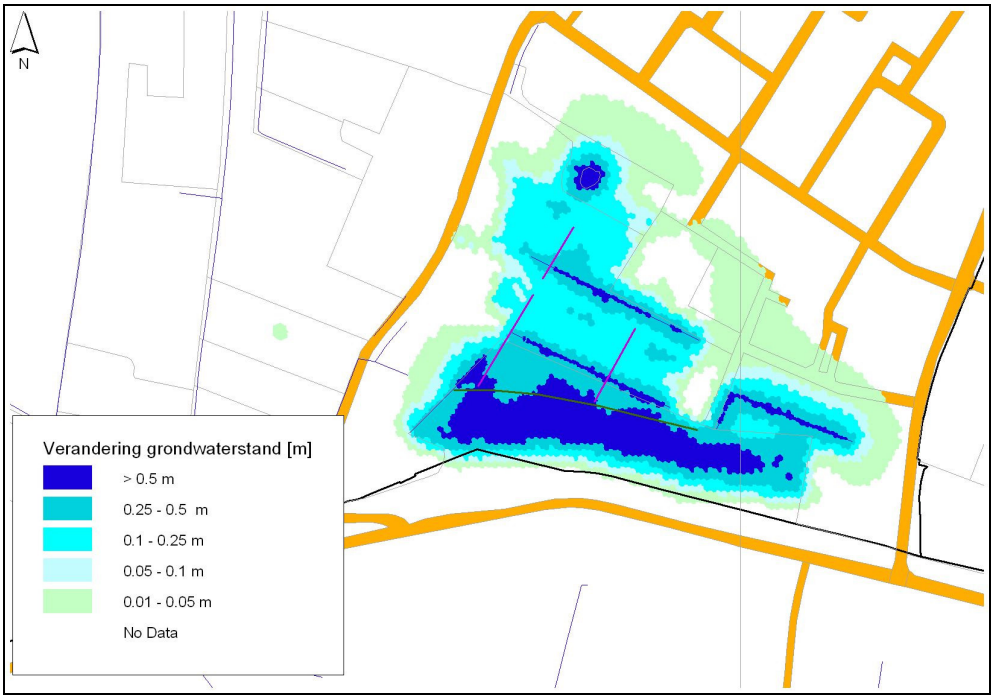


Figuur 4.14: Verandering afvoer [m^3/dag] scenario 2: aanleg drainagesysteem in omliggende wijken

Om de verandering in beeld te brengen is uitgegaan van het gebied waar de drainage in het model is ingebracht inclusief een kleine buffer. De oppervlakte van dit gebied bedraagt 140.000 m^2.

Het drainagesysteem is in het model ingebracht met een verlaging van de drainage-weerstand (drainageniveau is gelijk aan de referentie en bedraagt 1,5 m-mv). Tijdens een hoogwatergolf neemt afvoer uit het gebied toe van rond de 70 m^3/dag tot bijna 1200 m^3/dag. Deze extra drainage heeft een gemiddelde verlaging van de grondwaterstand van circa 0,3 m in het betreffende gebied tot gevolg tijdens een hoogwatergolf.

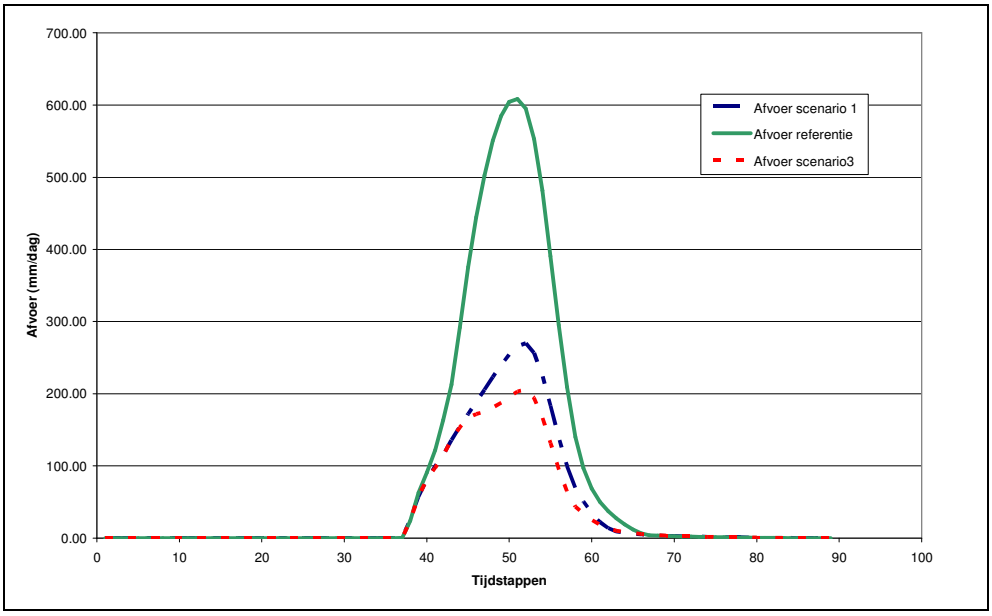
Scenario 3
De verandering van de grondwaterstand bij scenario 3 (volledige ophoging van het gebied incl. kwelweide) is gepresenteerd in figuur 4.15. In vergelijking met scenario 1 is een extra verhoging ter plaatse van de voormalige kwelweide te zien.



Figuur 4.15: Verandering grondwaterstand scenario 3

In figuur 4.16 is het verloop van de afvoer voor het projectgebied ten tijde van de hoogwatergolf opgenomen. De afvoer blijkt als gevolg van de toegenomen bergingscapaciteit nog iets verder afgenomen ten opzichte van scenario 1.

Figuur 4.16: Verandering afvoer [m^3/dag] projectgebied

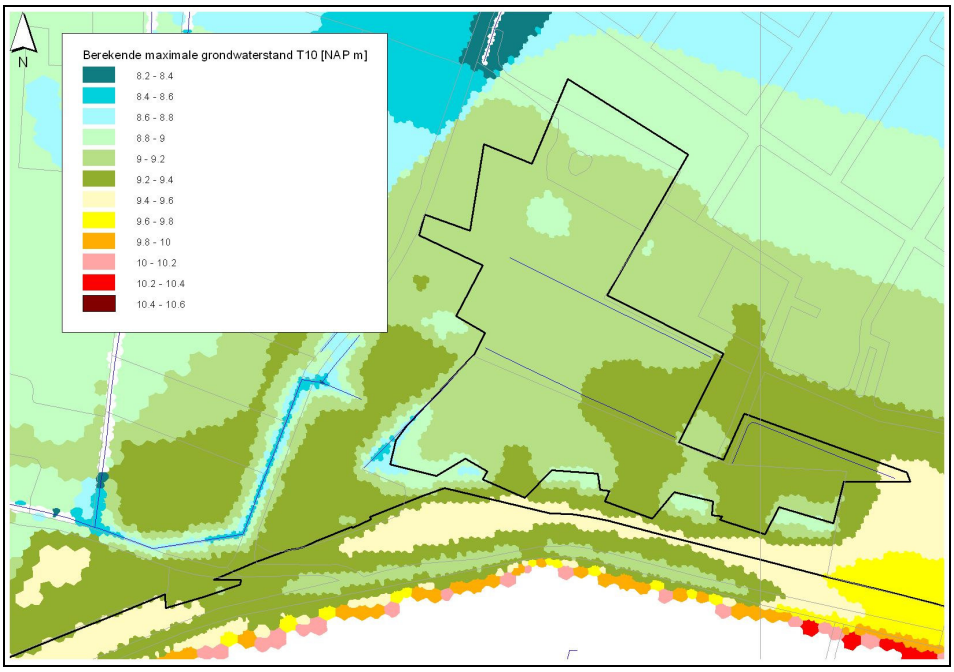


5 INPASSING VEREISTE OPHOGING

5.1 Minimaal vereiste ophoging

Aan de hand van de hydrologische resultaten van scenario 1 is een inschatting gemaakt van de vereiste ophoging voor het plangebied.

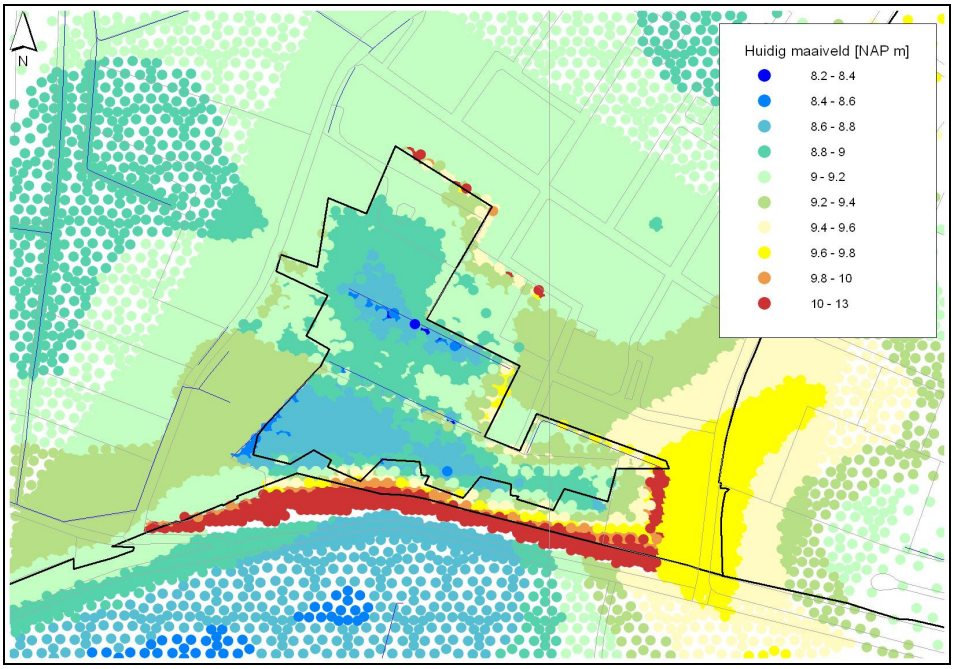
Hiervoor is op basis van de modelberekeningen in eerste instantie de maximaal berekende grondwaterstand tijdens een T10 situatie afgeleid (zie figuur 5.1). De grondwaterstand varieert hierbij in het plangebied tussen NAP + 9,4 m en NAP +8,8 m.



Figuur 5.1: Maximaal berekende grondwaterstand tijdens T10 situatie (NAP m)

Vervolgens is de berekende maximale grondwaterstand vergeleken met het huidige maaiveldniveau (zie figuur 5.2).

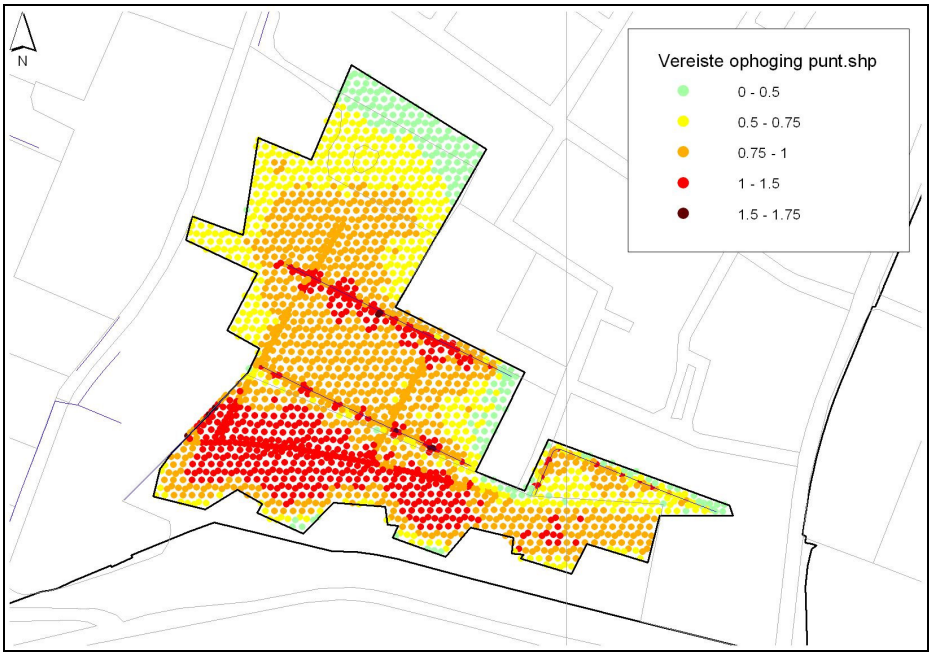
Het maaiveld is buiten het projectgebied gebaseerd op het AHN-bestand (resolutie 5* 5 m) en binnen het projectgebied op de gegevens van de inmeting die recent is uitgevoerd.



Figuur 5.2: Huidige maaiveldniveau [NAP m]

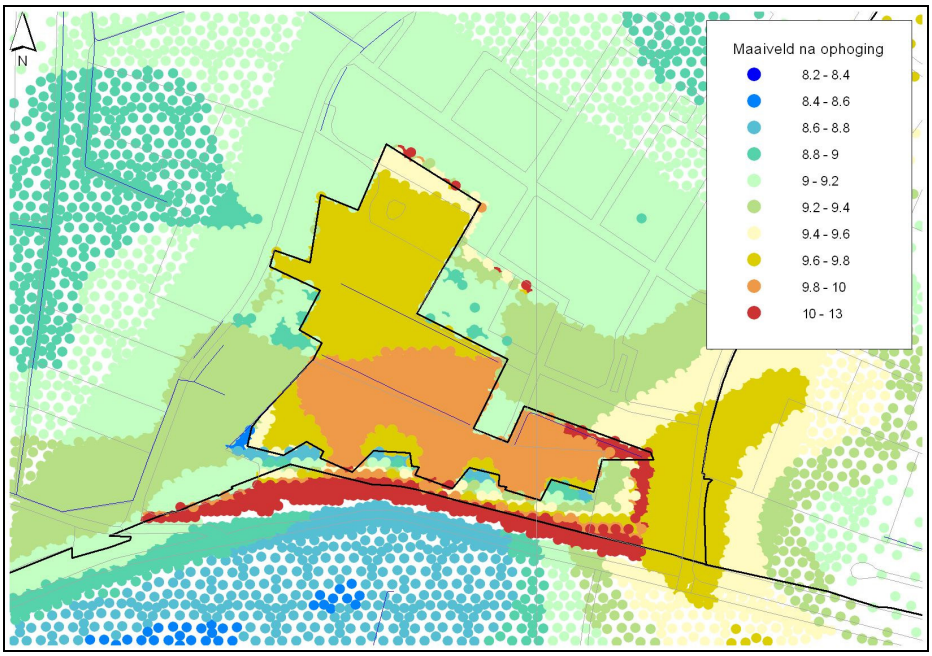
Voor de vereiste ophoging zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:
- maximale grondwaterstand (T10) in plangebied 0,7 m minus maaiveld onder bebouwing;
- maximale grondwaterstand (T10) in plangebied 0,5 m minus maaiveld in tuinen.

Rekening houdend met deze uitgangspunten is de vereiste mate van ophoging in het plangebied tussen de 0,2 en 1,75 m. Dit is In figuur 5.3 gepresenteerd.



Figuur 5.3: Minimaal vereiste ophoging plangebied (m)

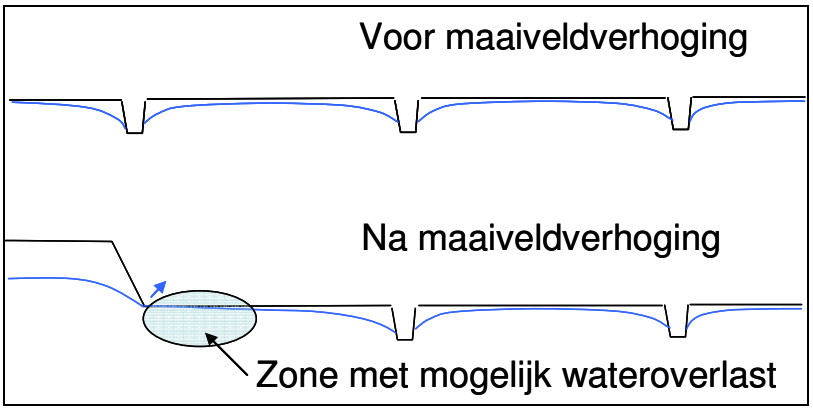
Het maaiveldniveau na de vereiste ophoging is gepresenteerd in figuur 5.4.



Figuur 5.4: Maaiveldniveau na ophoging [NAP m]

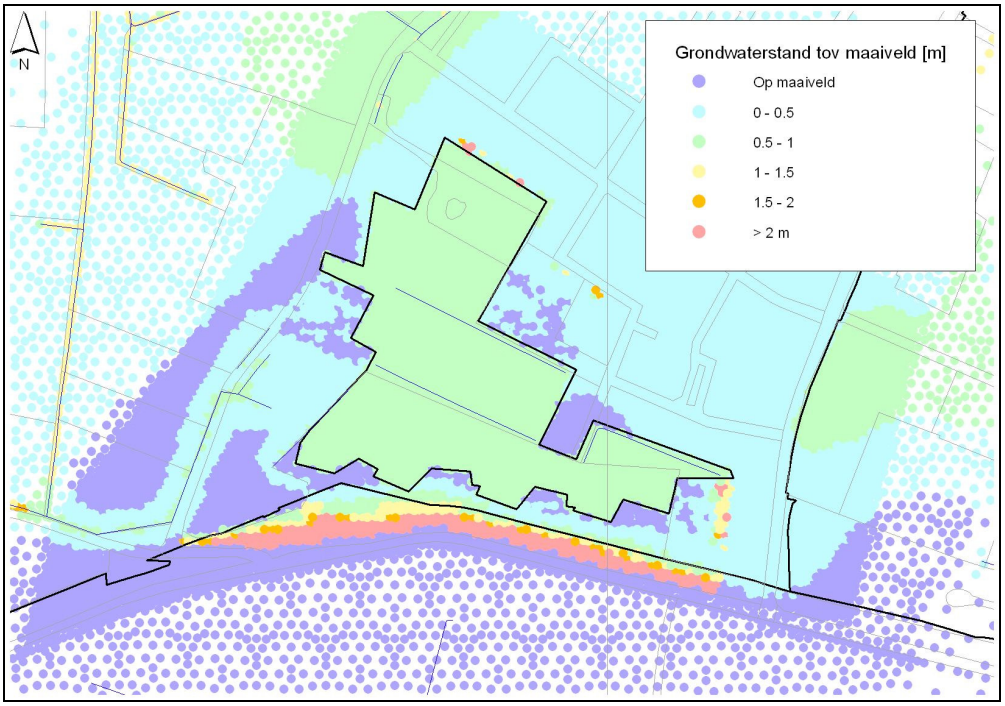
5.2 Uittredend grondwater na maaiveldverhoging

Direct grenzend aan de zone waar maaiveldverhoging toegepast wordt kan vernatting ontstaan als gevolg van uittredend grondwater. Dit is geïllustreerd in figuur 5.5.



Figuur 5.5: Uittredend grondwater na maaiveldverhoging

Aan de hand van de maximaal berekende grondwaterstand in de nieuwe situatie en het maaiveldniveau na de vereiste ophoging zijn deze zones waar sprake is van water op maaiveld danwel een (zeer) ondiepe grondwaterstand, in beeld gebracht. Hiervoor is de maximaal berekende grondwaterstand (T10-situatie) vergeleken met het nieuwe maaiveldniveau (zie figuur 5.6).

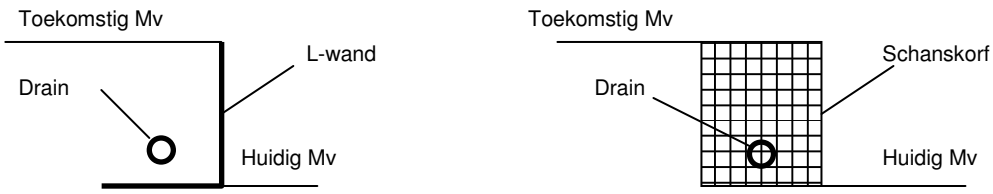


Figuur 5.6: Maximaal berekende grondwaterstand (T10-situatie) ten opzichte van maaiveld (na ophoging)

In de figuur is te zien dat de er een aantal zones direct rond het plangebied zijn met water op maaiveld.

Greppel en schanskorf als maatregel
Om de wateroverlast in deze zones te beperken wordt voorgesteld om direct rondom het plangebied een greppel aan te brengen om het uittredende grondwater op te vangen en af te voeren. De maximaal berekende grondwaterstand direct rond het plangebied varieert tussen de NAP+8,9 en NAP +9,4 m. Voorgesteld wordt om het drainageniveau van de greppel in te stellen op een niveau van NAP + 8,7 m (0,5 m boven het drainageniveau van de watergang voor het gebied) waarin het uittredende grondwater wordt opgevangen en gedoseerd wordt afgevoerd. Deze voorziening zal alleen functioneren bij (zeer) hoge grondwaterstanden en staat meestal droog. Uitgaande van een maaiveldniveau in de aangrenzende zone van NAP+9,0 tot NAP+9,6 m is ontgraving vereist van 0,3 tot 1,0 m.

De greppel kan goed gecombineerd worden met het ingraven van een schanskorf zoals geïllustreerd in figuur 5.7.



Figuur 5.7: Illustratie schanskorf