

Geohydrologische analyse

Herontwikkeling jachthaven Rosslag te Herten

Definitief

Arcus Zuid Projectontwikkeling B.V.
Dorpstraat 98
6438 JX OIRSBEK

Grontmij Nederland B.V.
Eindhoven, 27 augustus 2012

Verantwoording

Titel : Geohydrologische analyse
Subtitel : Herontwikkeling jachthaven Rosslag te Herten
Projectnummer : 305838
Referentienummer : GM-0071694
Revisie : D1
Datum : 27 augustus 2012

Auteur(s) : ing. R.L.T.A. Wijnhoven/drs P.J.M. Thijs-Spee
E-mail adres : roel.wijnhoven@grontmij.nl
Gecontroleerd door : ing. C.M.E. van Ark
Paraaf gecontroleerd :
Goedgekeurd door : ing. C.M.E. van Ark
Paraaf goedgekeurd :
Contact : Grontmij Nederland B.V.
Zernikestraat 17
5612 HZ Eindhoven
Postbus 1265
5602 BG Eindhoven
T +31 40 265 12 11
F +31 40 244 37 97
www.grontmij.nl

Inhoudsopgave

| | | |
|-------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Inleiding..... | 5 |
| 1.1 | Algemeen..... | 5 |
| 1.2 | Aanleiding en doel..... | 5 |
| 1.3 | Uit te voeren werkzaamheden..... | 6 |
| 1.4 | Kwaliteitsborging..... | 6 |
| 1.5 | Onzekerheden..... | 7 |
| 1.6 | Opbouw van het rapport..... | 7 |
| 2 | Gebiedsbeschrijving..... | 8 |
| 2.1 | Algemeen..... | 8 |
| 2.2 | Topografie..... | 8 |
| 2.2.1 | Regionale ligging..... | 8 |
| 2.2.2 | Lokale ligging..... | 8 |
| 2.3 | Historische situatie..... | 9 |
| 2.4 | Systeembeschrijving..... | 9 |
| 2.4.1 | Algemeen..... | 9 |
| 2.4.2 | Maaiveldhoogte..... | 9 |
| 2.4.3 | Bodemopbouw..... | 9 |
| 2.5 | Oppervlaktewater..... | 11 |
| 2.5.1 | Maas..... | 11 |
| 2.5.2 | Hambeek..... | 11 |
| 2.5.3 | Groene slenk..... | 11 |
| 2.6 | Grondwater..... | 12 |
| 2.6.1 | Grondwaterstanden..... | 12 |
| 2.6.2 | Isohyphenpatroon..... | 12 |
| 2.6.3 | Grondwateronttrekkingen..... | 13 |
| 2.7 | Verdrogingsgevoelige gebieden..... | 14 |
| 2.8 | Watertoets..... | 15 |
| 2.9 | Conclusie inventarisatie..... | 15 |
| 3 | Toekomstige ontwikkelingen..... | 17 |
| 3.1 | Ontgronding in het kader van de herinrichting..... | 17 |
| 3.2 | Onderhoudsbaggerwerkzaamheden..... | 18 |
| 3.3 | Ophoging en bouwpeilen..... | 18 |
| 3.4 | Inrichtingsplan jachthaven..... | 19 |
| 4 | Ontgronding..... | 20 |
| 4.1 | Algemeen..... | 20 |
| 4.2 | Beïnvloeding waterhuishouding..... | 20 |
| 4.3 | Effecten waterhuishouding op grondwatergerelateerde belangen..... | 22 |
| 4.3.1 | Woningen, landbouw en natuur..... | 22 |
| 4.3.2 | Grondwateronttrekking WML..... | 24 |
| 4.3.3 | Isohyphenpatroon en grondwaterstand..... | 24 |
| 4.3.4 | Kwel op nieuwbouw..... | 24 |
| 4.4 | Conclusie effecten ontgronding..... | 25 |
| 4.5 | Maatregelen..... | 25 |

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------|----|
| 5 | Ophoging en woningbouw | 27 |
| 5.1 | Algemeen | 27 |
| 5.2 | Beïnvloeding waterhuishouding | 27 |
| 5.2.1 | Profiel 1 | 28 |
| 5.2.2 | Profiel 2 | 28 |
| 5.3 | Effecten waterhuishouding op grondwatergerelateerde belangen | 29 |
| 5.3.1 | Nieuwe bebouwing, hemelwaterriolering en vuilwaterriool | 29 |
| 5.3.2 | Op te hogen terreindelen | 29 |
| 5.4 | Conclusie effecten woningbouw en ophoging | 30 |
| 5.5 | Maatregelen | 30 |
| 5.5.1 | Verdichting | 30 |
| 5.5.2 | Uittredend water aan de randen van de ophoging | 30 |
| 6 | Conclusie | 31 |
| 6.1 | Algemeen | 31 |
| 6.2 | Beschrijving effecten en maatregelen ontgroning | 31 |
| 6.3 | Beschrijving effecten en maatregelen woningbouw en ophoging | 32 |
| 6.4 | Conclusie | 32 |

Bijlage 1: Figuren regionale en lokale ligging

Bijlage 2: Historische situatie

Bijlage 3: Hoogtekaart

Bijlage 4: Bodemopbouw

Bijlage 5: Maaswaterstanden

Bijlage 6: Waterstanden Hambeek

Bijlage 7: TNO-peilbuizen

Bijlage 8: Gegevens TNO-peilbuizen

Bijlage 9: Grafieken TNO-peilbuizen

Bijlage 10: Grondwaterstanden

Bijlage 11: Isohypsenpatronen

Bijlage 12: Isohypsenpatroon REGIS

Bijlage 13: Grondwateronttrekkingen

Bijlage 14: Begrenzing ontgroning

Bijlage 15: Detailtekening ontgroning

Bijlage 16: Dwarsprofielen ontgroning

Bijlage 17: Inrichtingsplan

Bijlage 18: Dwarsprofielen

Bijlage 19: Berekeningen

1 Inleiding

1.1 Algemeen

In opdracht van Arcus Zuid Projectontwikkeling B.V. heeft Grontmij Nederland B.V. een (geo)hydrologische analyse verricht in het kader van de herontwikkeling van Jachthaven Rosslag te Herten (gemeente Roermond).

In onderstaande figuur 1.1 is de topografische ligging van het plangebied opgenomen.



Figuur 1.1: Situering plangebied

1.2 Aanleiding en doel

Ten behoeve van de herontwikkeling wordt een ontgrondingsvergunning aangevraagd. In het kader van deze vergunning dient inzichtelijk te worden gemaakt wat de beïnvloeding van de herontwikkeling op het grondwater is. Voor het plan is reeds een watertoets¹ doorlopen. Echter in deze watertoets is niet ingegaan op de invloed van de uitbreiding van de jachthaven op het grondwater.

Uit informatie van de provincie Limburg (de heer J. van der Veer, afdeling Vergunningen & Subsidies) is gebleken dat bij de (geo)hydrologie in het kader van een ontgrondingsvergunning moet worden aangetoond dat door de ingreep geen onacceptabele effecten op grondwatergerelateerde belangen optreden.

¹ Herontwikkeling jachthaven de Rosslag te Herten watertoets, DHV, registratienr. LW-MA20110133, d.d. april 2011

In het kader van de nieuwbouw op de locatie moet tevens inzicht worden gegeven in de consequentie van:

- de kwel op de nieuwbouw;
- de nieuwbouw op de kwel voor de bestaande bebouwing;
 - onder de appartementen zit een parkeergarage;
 - het terrein ter plaatse van de bebouwing en de omliggende terreindelen worden opgehoogd.

Als solide (bijvoorbeeld op basis van expert judgement) aangetoond kan worden wat de maximale effecten op het grondwater zijn en hoe die effecten maximaal doorwerken op gerelateerde belangen in de omgeving, dan is het gebruik van een grondwatermodel niet nodig. Dit kan middels een goede beschrijving van de voorliggende activiteit/project, de hydrologische situatie en een kwalitatieve beschrijving/redenering (op basis van een hydrologische analyse). Kortom, als met een expert judgement onacceptabele hydrologische effecten op belangen met voldoende zekerheid kunnen worden uitgesloten, dan kan daarmee worden volstaan.

Het doel van de (geo)hydrologische analyse is het beschrijven van de werkzaamheden, effecten op de geohydrologie en de eventuele maatregelen welke door de opdrachtgever worden genomen. Uiteindelijk wordt een uitspraak gedaan of onacceptabele effecten optreden.

1.3 Uit te voeren werkzaamheden

Voor de analyse worden de volgende werkzaamheden verricht:

- inventarisatie van de bodemopbouw, grondwaterstanden, maaiveld, hydrologie, grondwaterafhankelijke natuur, mogelijk bedreigde objecten en raadplegen van de eerder verrichtte geohydrologische onderzoeken in de omgeving;
- beschrijving van de geohydrologie ter plaatse van en in de directe omgeving van het plangebied;
- bepalen beïnvloeding van de ingreep op het grondwater op basis van expert judgement voor zowel een normale situatie (waterpeil Maas gelijk aan stuwpeil) als een hoogwatersituatie. De resultaten van expert judgement worden vertaald naar een tweetal dwarsprofielen. Een dwarsprofiel van de normale situatie (waterpeil gelijk aan stuwpeil) en een dwarsprofiel van een hoogwatersituatie. Middels een dwarsprofiel wordt inzichtelijk gemaakt wat, als gevolg van de ingreep, de veranderingen in het grondwater zijn;
- de resultaten van deze dwarsprofielen worden ook geprojecteerd op het achterliggend bebouwd gebied, waarbij met behulp van het maaiveldniveau wordt gekeken waar de eventuele probleemgebieden zich bevinden;
- op basis van de analyse kan het mogelijk zijn dat de beïnvloeding van de ingreep op het grondwater dusdanig is dat aanvullende maatregelen dienen te worden getroffen of aanvullend onderzoek noodzakelijk is. Mogelijk te nemen maatregelen worden toegelicht.

1.4 Kwaliteitsborging

Grontmij wil met haar producten en diensten zo goed mogelijk aan de behoeften, doelstellingen en eisen van haar opdrachtgevers voldoen. Voor het bewijsbaar en zichtbaar maken van de kwaliteit (kwaliteitsborging), beschikt Grontmij over een kwaliteitssysteem.

De NV waar Grontmij Nederland B.V. deel van uitmaakt, is geen eigenaar van het terrein en heeft geen belang bij de uitkomsten van het onderzoek.

1.5 Onzekerheden

De uitkomsten van het onderzoek zijn gebaseerd op alle verkregen en bekende gegevens. Verder betreft het een analyse van de waterhuishouding op basis van expert judgement waarbij enkele berekeningen zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen in de (mate van) beïnvloeding.

De voorgestelde analyse is afgestemd met de provincie Limburg, gemeente Roermond en het waterschap. In het kader van onderhavig onderzoek hebben enkele overleggen plaatsgevonden met de gemeente en ook een overleg met het waterschap om te komen tot een ontwerp waarbij zo min mogelijk beïnvloeding van de waterhuishouding van het plan op de omgeving plaats vindt.

Bij het opstellen van de geohydrologische analyse is gebruik gemaakt van de beschikbare gegevens ten aanzien van lokale en regionale bodemopbouw, gemiddelde grondwaterstanden en literatuurgegevens ten aanzien van onder andere de doorlatendheden en weerstanden van de grond. Al deze aspecten vertonen regionale en/of temporele variatie. Derhalve kunnen de werkelijke waarden afwijken van de berekende waarden. In de berekeningen is zoveel mogelijk uitgegaan van conservatieve waarden. Veelal kunnen de berekende waarden dan ook als bovengrens worden beschouwd

1.6 Opbouw van het rapport

In het voorliggende rapport komen de volgende aspecten aan de orde:

- de gebiedsbeschrijving (hoofdstuk 2);
- de toekomstige ontwikkelingen (hoofdstuk 3);
- de effectbeschrijving van de ontgroning (hoofdstuk 4);
- de effectbeschrijving van de nieuwbouw en ophoging (hoofdstuk 5);
- de conclusies (hoofdstuk 6).

2 Gebiedsbeschrijving

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk is de gebiedsinventarisatie beschreven. Hierbij zijn de volgende onderdelen beschreven:

- topografische ligging en historische situatie;
- bodemopbouw;
- grondwaterstanden;
- hoogteligging;
- (geo)hydrologie/systeembeschrijving;
- grondwaterafhankelijke natuur/bedreigde objecten.

Bij de gebiedsinventarisatie is gebruik gemaakt van diverse bronnen, die in tabel 2.1 zijn opgenomen en eerder verrichte onderzoeken waarvan een verwijzing in de tekst is opgenomen.

Tabel 2.1: Overzicht geraadpleegde bronnen ten behoeve van de gebiedsinventarisatie

| Bron | Korte toelichting |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| • www.watwaswaar.nl | Geraadpleegd voor historische situatie |
| • www.ahn.nl | Geraadpleegd voor hoogtegegevens |
| • www.dinoloket.nl | DINO-loket en REGISII.0 geraadpleegd voor regionale bodemopbouw en grondwaterstanden |
| • Waterschap Roer en Overmaas | Geraadpleegd voor waterstanden Hambeek en grondwateronttrekkingen |
| • Rijkswaterstaat | Geraadpleegd voor maaswaterstanden |
| • Provincie Limburg | Geraadpleegd voor grondwateronttrekkingen |
| • Bodemkaart | Geraadpleegd voor bodemopbouw en GHG/GLG |

2.2 Topografie

2.2.1 Regionale ligging

In figuur B1.1 in bijlage 1 is een luchtfoto opgenomen met daarop de jachthaven en de regionale ligging. Het plangebied bevindt zich direct langs de Maas, ten noorden van de kern van Herten en ten zuidoosten van de kern van Roermond. Ten noorden en zuidwesten bevinden zich enkele Maasplassen (Paarsplas, Zuidplas, Plas Hatendoer) die onderdeel uitmaken van een grootschalig waterrecreatiegebied. Ten oosten van het plangebied stroomt de Hambeek en de Roer (primaire watergangen). Ten noordwesten van de Maas is het Lateraalkanaal gelegen. Ter plaatse van het Lateraalkanaal en in de Maas, ter hoogte van de Lus van Linne, zijn stuwen aangelegd.

De jachthaven heeft een open verbinding met de Maas. Ten oosten en zuiden van de jachthaven is het gebied in gebruik als woningbouwlocatie. Ten zuidwesten van de jachthaven liggen ook enkele woningen en een grotere boomgaard.

2.2.2 Lokale ligging

In figuur B1.2 in bijlage 1 is een luchtfoto opgenomen met de lokale ligging. Op de luchtfoto is de globale begrenzing van het plangebied opgenomen. Duidelijk te zien, is de opening van de jachthaven naar de Maas en de uitmonding van de Hambeek in de Maas. Ter plaatse van de jachthaven liggen aanlegsteigers en aan de zuidzijde is een camping en een parkeerterrein gelegen. Ten oosten van de camping staat een populierenbos. Aan de oost- en zuidoostzijde van het plangebied is het terrein in gebruik als landbouwgrond (agrarisch gebied).

Ten zuidoosten van de jachthaven ligt een slenk (Groene slenk) richting het nieuwbouwplan Oolder Veste. In bijlage 1 zijn in de figuren B1.3 t/m B1.10 een aantal foto's opgenomen (bron: Google street-view). In figuur B1.2 zijn de locatie en richting van de foto's opgenomen.

2.3 Historische situatie

Op de website www.watwaswaar.nl zijn diverse historische kaarten bekeken. Deze kaarten zijn in bijlage 2 opgenomen en geven een beeld van de situatie vanaf 1811 tot heden. Door naar de historische situatie te kijken, wordt inzicht gekregen in de ingrepen die in het verleden in het landschap gedaan zijn, waardoor mogelijk de waterhuishouding in het gebied is veranderd.

In bijlage 2 is op basis van de historische kaarten een beschrijving opgenomen van de historische situatie. Geconcludeerd kan worden dat in de periode tussen 1938 en 1979 grote veranderingen in het landschap hebben plaatsgevonden. In deze periode is de jachthaven gerealiseerd en zijn de Maasplassen gevormd door ontgrondingen. Verder is tussen 2002 en 2003 het nieuwbouwplan Oolder Veste opgehoogd. In de ophoging ligt drainage en het verhard oppervlak wordt afgekoppeld. De drainage en het verhard oppervlak watert af richting de sloten en graften op de Groene slenk, die ter hoogte van de jachthaven Rosslag uitmondt alwaar dit water middels een doorvoer in de kade in de jachthaven wordt geloosd. Bij hoogwaterperioden wordt het water vanuit de Groene slenk middels pompen in de jachthaven gepompt.

2.4 Systeembeschrijving

2.4.1 Algemeen

In deze paragraaf is, op basis van alle bronnen en verkregen gegevens, een systeembeschrijving opgenomen. In de systeembeschrijving wordt nader ingegaan op de maaiveldhoogte, de bodemopbouw, oppervlaktewater en de grondwaterhuishouding.

2.4.2 Maaiveldhoogte

Voor het bepalen van de maaiveldhoogte zijn uitsneden gemaakt van de hoogtekaarten (bron: www.AHN.nl). In bijlage 3 is een hoogtekaart opgenomen. De bekende maaiveldhoogtes van het plangebied zijn in figuur B1.2 in bijlage 1 opgenomen.

Uit de hoogtegegevens blijkt dat het maaiveld ter plaatse van het plangebied varieert van circa 17 tot 20 m+NAP. Ter hoogte van de camping en parkeerplaats bedraagt het maaiveld tussen de 19,5 en 20 m+NAP. Uit de hoogtekaart van de directe omgeving blijkt dat ten zuiden bij de bebouwing van de kern van Herten, het maaiveld tussen de 19,5 en 20 m+NAP is gelegen. Ter hoogte van de slenk varieert het maaiveld tussen de 17,5 en 18 m+NAP. Ten westen van het plangebied liggen de boomgaarden en bebouwing op een hoogte van 19,5 tot 20,5 m+NAP. Ten zuidoosten van het plangebied, in de oude kern van Herten en ter hoogte van Merum ligt het maaiveld beduidend hoger, op een hoogte variërend van 22 tot 27 m+NAP. Uit de hoogtekaart blijkt dat de oude kernen op een hoger gebied zijn gelegen (midenterras) en dat de lagere bebouwde delen in het oude Maasdal zijn gelegen (laagterras).

2.4.3 Bodemopbouw

Ondiepe bodem

In bijlage 4 is een uitsnede uit de bodemkaart opgenomen die een beeld weer geeft van de opbouw van de bodem van de bovenste 1,2 meter. Tevens is een nadere beschrijving gegeven van de aanwezige bodemtypen.

Ter plaatse van het plangebied zijn geen gegevens bekend. In de directe omgeving bevindt zich ten noordwesten zware zavel en lichte klei, ter plaatse van de slenk en de hogere delen van Herten lemig fijn zand en ter plaatse van de overige omgeving zware zavel, lichte klei en lichte zavel.

Op basis van de grondwatertrappen blijkt dat ter plaatse van het plangebied en directe omgeving een grondwatertrap VII voorkomt. Dit betekent dat de gemiddeld hoogste grondwaterstand

dieper dan 0,8 m-mv is gelegen en de gemiddeld laagste grondwaterstand dieper dan 1,2 m-mv is gelegen. Dit geeft aan dat het een (voor Nederlandse begrippen) droog gebied betreft.

Ter plaatse van het plangebied is een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd². Bij het verkennend bodemonderzoek zijn handmatige boringen ter plaatse van het plangebied geplaatst. Uit de verrichte werkzaamheden blijkt dat de bodemopbouw ter plaatse wisselend is. Op het terreindeel dat als jachthaven/camping in gebruik is, bestaat de bovenste meter uit zwak tot sterk grindig, matig fijn zand. In de meeste boringen wordt het zand afgewisseld met een kleilaag. Ter plaatse van het plandeel waar de ontgroning plaats vindt bestaat de deklaag uit leem, zand en plaatselijk veen.

Diepe bodem

Uit de TNO-boringen in de directe omgeving (zie figuur B4.2 en B4.3 in bijlage 4) kan de diepe bodemopbouw als volgt worden beschreven:

- 0-6 m-mv klei/zand;
- 6-16 m-mv grind en zand;
- 16-18 m-mv klei;
- 18-40 m-mv zand en grind;
- 40-60 m-mv zand met diverse kleilagen;
- 60-110 m-mv: zand met diverse bruinkoollagen.

Geohydrologie

Ten behoeve van het plangebied Oolder Veste is een grondwatermodel³ opgesteld. Als basis van de invoergegevens van het grondwatermodel zijn de gegevens uit diverse (geo)hydrologische onderzoeken en de grondwaterkaarten van TNO gebruikt. Omdat het hier zowel de geohydrologie van het plangebied en directe omgeving betreft, zijn deze gegevens ook ter plaatse van onderhavige locatie van toepassing. In onderstaande tabel 2.2 is de geohydrologische schematisatie opgenomen waarbij gebruik is gemaakt van het beschreven grondwatermodel en van de gegevens uit REGIS.

Tabel 2.2: Geohydrologische schematisatie

| Diepte (m+NAP) | Formatie | Textuur | kD-waarde (m ² /dag) | C-waarde (dagen) | Geohydrologische eenheid ¹⁾ |
|----------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------------------|
| 20-15 | Holocene afzettingen | Zandige klei | 0,5-15 | 5-30 | Deklaag |
| 15- -4 | Formatie van Beegden | Grind en zand | 2500 | | Watervoerend pakket 1A |
| -4 - -6 | Formatie van Beegden | Kleiig en zandige afzettingen | | 5 | Watervoerend pakket 1A |
| -6 - -28 | Formatie van Sterksel | Stenen, grind en grof zand | 950 | | Watervoerend pakket 1A |
| -28 - -30 | Formatie van Stramproy | Leem- en kleilagen | | 10 | Slecht doorlatende laag 1a |
| - 30 - -105 | Formatie van Stramproy | Matig fijn tot matig grof zand | 200 | | Watervoerend pakket 1b |
| -105 - -110 | Formatie van Peize/Waalre | Klei | 200 | - | Watervoerend pakket 1b |
| -110 - -116 | Formatie van Peize/Waalre | Zandig materiaal | 200 | - | Watervoerend pakket 1b |
| -116 - ... | Kiezeloooliet Formatie | Zeer fijn siltig zand/ kleilagen | - | 100.000 | Slecht doorlatende laag 2 ²⁾ |

¹⁾ De naamgeving van de eenheden is zoals deze is aangegeven in REGIS

²⁾ Deze scheidende laag wordt als geohydrologische basis beschouwd in het kader van dit onderzoek.

² Verkennend bodemonderzoek Jachthaven De Rosslag

³ Beschreven in: Rapportage Bodem en Water Oolder Veste te Roermond, Grontmij, kenmerk 290484/31/algemeen/rapport/R005, d.d. 2 april 1999

2.5 Oppervlaktewater

2.5.1 Maas

Het functioneren van het watersysteem ter plaatse van het plangebied wordt sterk gedomineerd door het omliggend oppervlaktewater. Het water in de jachthaven staat in open verbinding met de Maas, die direct ten noorden van het plangebied stroomt. Ter hoogte van Linne en aan de noordzijde van Roermond, is een stuw in de Maas aanwezig waardoor het water ter plaatse van het plangebied wordt gestuwd.

Omdat het peil van de Maas van grote invloed is op de grondwaterhuishouding, zijn bij Rijkswaterstaat de waterstanden van de Maas van de afgelopen 20 jaar opgevraagd. In figuur B5.1 in bijlage 5 zijn de Maaswaterstanden van 1990 tot en met juni 2011 van de meetpunten "Linne beneden" (km 70.4) en "Roermond boven" (km 79.75) weergegeven. De jachthaven Rosslag ligt tussen km 77 en km 78 waardoor de Maaswaterstanden van meetpunt "Roermond boven" representatief zijn. Op figuur B1.1 in bijlage 1 zijn de meetpunten "Linne beneden" en "Roermond boven" weergegeven.

In figuur B5.1 zijn zowel de maandgemiddelden van beide meetpunten opgenomen als de maximale waarde per maand zodat eventuele pieken van een hoogwatergolf zichtbaar zijn. Kijkend naar het maandgemiddelde bedraagt de verhoging van de Maaswaterstand in de winterperiode circa 20 à 30 centimeter. Het stuwpeil van de Maas bedraagt op basis van de grafiek circa 16,85 m+NAP. Uit informatie van Rijkswaterstaat blijkt dat dit het huidig en toekomstig stuwpeil is. Het verschil in waterpeil en fluctuatie tussen de meetpunten "Linne beneden" en "Roermond boven" komt onder andere doordat tussen de meetpunten vele Maasplassen zijn gelegen en mede daardoor veel extra berging aanwezig is om bij hoogwatersituaties water te kunnen bergen waardoor de fluctuaties in de waterstanden minder hoog zijn.

Bij een gemiddeld peil van de Maas is sprake van een infiltratiesituatie, waarbij de Maas een drainerende werking heeft.

Van Rijkswaterstaat zijn tevens gegevens ontvangen omtrent de berekende waterstanden bij hoogwatersituaties. In tabel 2.3 zijn de berekende waterstanden (betrekkingslijnen versie 2011-2012) tussen km 77 en km 78 opgenomen, bij een frequentie van 1/10 jaar, 1/100 jaar, 1/250 jaar en 1/1250 jaar.

Tabel 2.3: Betrekkingslijnen Maas

| Km-nr | Berekende Maaswaterstanden | | | |
|-------|----------------------------|------------|------------|-------------|
| | 1/10 jaar | 1/100 jaar | 1/250 jaar | 1/1250 jaar |
| 77 | 19,95 | 21,08 | 21,45 | 21,95 |
| 78 | 19,93 | 21,07 | 21,45 | 21,95 |

2.5.2 Hambeek

Op circa 200 meter ten noordoosten van de oostelijke ontgravingsgrens van de ontgraving van de jachthaven bevindt zich de Hambeek die in de Maas uitmondt. De Hambeek is ter hoogte van de vertakking met de Roer, nabij de Maastrichterweg gestuwd. In figuur B6.1 (bron: www.overmaas.nl) zijn de waterstandmetingen van 1-1-2000 tot en met 22-12-2011 weergegeven. Het meetpunt in de Hambeek ligt op circa 200 meter landinwaarts van de monding nabij de Maas. In figuur B2.1 in bijlage 2 is de locatie van het meetpunt weergegeven. Uit de grafiek blijkt dat de waterstand in de Hambeek gemiddeld tussen de 16,7 en 17 m+NAP bedraagt. In de winterperiode zijn hoge pieken tot een waterstand van 20,25 m+NAP (hoogwatergolf begin 2003 en 2011) gemeten.

2.5.3 Groene slenk

In figuur B1.2 in bijlage 1 is de ligging van de Groene slenk weergegeven. Vanuit het plangebied Oolder Veste en directe omgeving wordt het hemelwater van het verhard oppervlak en kwelwater op de Groene slenk geloosd. De Groene slenk heeft een doorvoer in de kade, waar-

bij het water via de doorvoer op de jachthaven wordt geloosd. De doorvoer is ook in figuur B1.2 in bijlage 1 opgenomen.

In de watertoets van DHV is voor de nieuwbouw (appartementen en patiowoningen) bij de jachthaven een hemelwatersysteem voorgesteld waarbij het hemelwater van het verhard oppervlak ondergronds wordt geborgen en vertraagd op de put van de doorvoer naar de Groene slenk wordt geloosd en vanuit de put naar de jachthaven wordt gepompt. Om te voorkomen dat Maaswater in het regenwatersysteem kan stromen, is voorgesteld de aansluiting op de Groene slenk te voorzien van een terugslagklep.

2.6 Grondwater

2.6.1 Grondwaterstanden

Voor het bepalen van de grondwaterstanden is gekeken naar de TNO-peilbuizen, de monitoring van het peilbuizenennetwerk bij Oolder Veste en de grondwatergegevens uit het bodemonderzoek. De resultaten hiervan zijn in bijlage 10 opgenomen.

Uit de inventarisatie van de grondwaterstanden blijkt dat de grondwaterstand ter plaatse van het plangebied op circa 17 m+NAP is gelegen. Meer landinwaarts liggen, op basis van de resultaten van het peilbuizenennetwerk Oolder Veste, de grondwaterstanden op een niveau van circa 17,4 m+NAP. De grondwaterstanden kunnen in een winterperiode/hoog water, stijgen tot een niveau tussen de 19,3 en 19,6 m+NAP (op basis van TNO-peilbuis B58D1909 en de resultaten van het peilbuizenennetwerk Oolder Veste).

2.6.2 Isohypsenspatroon

In bijlage 11 zijn twee historische isohypsenkaarten van 1972 en 1983 opgenomen. De kaart uit 1972 betreft het freatisch grondwater ondieper dan 5 m-mv en de kaart uit 1983 het freatisch grondwater beneden 5 m-mv.

Uit het isohypsenspatroon uit 1972 blijkt dat:

- de grondwaterstand ter plaatse van het plangebied tussen 16,5 en 17 m+NAP ligt;
- de Maas een drainerend karakter heeft en de lokale en regionale grondwaterstromingsrichting naar de Maas is;
- het pompstation Hertem aanwezig is, maar geen invloed lijkt te hebben op de grondwaterstromingsrichting van het freatisch grondwater in de deklaag;
- de Hambeek geen invloed lijkt te hebben op de grondwaterstromingsrichting. Landinwaarts heeft de Roer een drainerend karakter.

Uit het isohypsenspatroon uit 1983 blijkt dat:

- de grondwaterstand ter plaatse van het plangebied tussen 16,5 en 17 m+NAP is gelegen;
- de Maas een drainerend karakter heeft en de lokale en regionale grondwaterstromingsrichting naar de Maas is;
- het pompstation Hertem aanwezig is en invloed heeft op het freatisch grondwater beneden 5 m-mv. Lokaal rondom het pompstation is de stromingsrichting dan ook meer naar het pompstation gericht;
- de Hambeek geen invloed lijkt te hebben op de grondwaterstromingsrichting. Landinwaarts heeft de Roer een drainerend karakter.

Opgemerkt wordt dat de isohypsenspatronen regionale patronen betreffen, gebaseerd op waarnemingen van de TNO-peilbuizen. In de omgeving van het plangebied zijn een beperkt aantal TNO-peilbuizen aanwezig, waardoor de patronen een indicatief karakter hebben.

In bijlage 12 is een recenter isohypsenspatroon (m+NAP) van het grondwater in het freatisch watervoerend pakket opgenomen. Het isohypsenspatroon is afkomstig van REGIS (DINO-loket/TNO) en gaat uit van een representatief jaar, zijnde het winterhalfjaar van 1999. Tevens is een kaart opgenomen met de grondwaterstand in centimeters beneden maaiveld.

Uit het isohypsenpatroon van REGIS blijkt dat:

- de grondwaterstand zich ter plaatse van het plangebied tussen 16,5 m+NAP in het zuiden en 17 m+NAP in het oosten van het plangebied bevindt;
- de Maas en ook de jachthaven een drainerend karakter hebben en de lokale en regionale grondwaterstromingsrichting naar de Maas en de jachthaven is;
- het pompstation Herten geen invloed heeft op het freatisch grondwater;
- de Hambeek een lichte infiltrerende werking heeft en de Roer een lichte drainerende werking;
- verder in de omgeving geen waterlopen of onttrekkingen in de omgeving zijn gelegen die invloed lijken te hebben op de grondwaterstromingsrichting.

Uit de kaart met de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld blijkt dat:

- de grondwaterstand ter plaatse van het plangebied tussen 0,7 m-mv in het oosten en 2,7 m-mv in het zuiden van het plangebied ligt;
- ten westen en zuidwesten de grondwaterstand gemiddeld tussen de 1,5 en 2,5 m-mv gelegen is;
- ten oosten en noordoosten van het plangebied de grondwaterstand tussen de 2 en 4 m-mv ligt;
- ten zuidoosten van het plangebied de grondwaterstand tussen de 4 en 7 m-mv gelegen is.

2.6.3 Grondwateronttrekkingen

Grondwateronttrekkingen kunnen de waterhuishouding veranderen. Daarom is een inventarisatie gemaakt van de grondwateronttrekkingen in de omgeving van het plangebied. In bijlage 13 is een kaart opgenomen met de grondwateronttrekkingen. Uit de kaart blijkt dat in de directe omgeving drie grondwateronttrekkingen zijn gelegen, namelijk:

- WML Pompstation Herten, drinkwaterwinning (WO-nr. 935);
- De Zorggroep, koude/warmte-opslag (WO-nr 627);
- Landbouwonttrekking CD10683, put 1.5.

In tabel 2.4 zijn de algemene gegevens van de onttrekkingen opgenomen. Uit de watertoets van DHV blijkt dat WML uit het 3^e watervoerend pakket (250 m-mv) onttrekt en tijdelijk uit de 2^e sublaag van het 1^e ondiepe watervoerend pakket (50 m-mv). Uit gegevens van de provincie Limburg is enkel opgenomen dat de onttrekking van WML op een diepte van 400 m-mv plaatsvindt.

Tabel 2.4: Algemene gegevens grondwateronttrekkingen

| WO-nr | Naam | X-coördinaat | Y-coördinaat | Vergunde hoeveelheid (m ³ /jaar) | Bovenkant filter (m-mv) | Pakket |
|---------|------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------------|-------------------------|--------|
| 627 | De Zorggroep | 195395 | 354362 | 80.000 | 55 | 1 |
| 935 | WML Pompstation Herten | 195520 | 354765 | 3.000.000 | 400 | 3 |
| CD10683 | put 1.5 | 195094 | 354212 | 500 | 14 | 1 |

In tabel 2.4 zijn de onttrokken hoeveelheden grondwater van het pompstation Herten opgenomen. Van de overige twee onttrekkingen zijn geen onttrekkingsgegevens voorhanden. Van de onttrekking van de Zorggroep is bekend dat deze in 2008 in totaal 52.350 m³ heeft onttrokken. Omdat het hier een koude/warmteopslag betreft, wordt deze hoeveelheid ook weer geïnfiltrerd.

Uit de onderstaande tabel 2.4 blijkt dat ter plaatse van het pompstation Herten (WO-nr. 935) een afname in de jaren plaatsvindt van circa 3 miljoen m³ in 2002 tot 140.000 kuub in 2009.

Tabel 2.5: Algemene gegevens grondwateronttrekkingen

| WO-nr | Onttrokken hoeveelheden grondwater per jaar (m ³) | | | | | | | |
|-------|---------------------------------------------------------------|-----------|---------|--------|-----------|---------|---------|---------|
| | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| 935 | 2.867.532 | 1.390.805 | 148.453 | 19.133 | 1.112.820 | 731.955 | 632.241 | 139.539 |

Een gedeelte van het plangebied grenst in het zuidoosten aan het waterwingebied van pompstation Herten. De diepe onttrekking van WML heeft geen invloed op de freatische grondwater-

stand. De ondiepe onttrekking heeft een zeer beperkte invloed en gezien de onttrokken hoeveelheden in 2009 zal deze geen invloed meer hebben op het freatische grondwater.

De overige twee onttrekkingen zijn te beperkt in debiet en liggen te ver van het plangebied af om enige invloed op de grondwaterstand ter plaatse van het plangebied te hebben.

2.7 Verdrogingsgevoelige gebieden

In figuur 2.1 is een uitsnede opgenomen met daarop de verdrogingsgevoelige gebieden (PVAV 1969-1998, bron Geodataportaal provincie Limburg). Uit de figuur blijkt dat ter plaatse van het plangebied en directe omgeving (straal 1 kilometer) geen verdrogingsgevoelige natuur is gelegen. Op verdere afstand in het Roerdal en het bosgebied Linnerheide tussen Linne en Sint Odiënberg liggen wel verdrogingsgevoelige gebieden. Opgemerkt dat de topografische ondergrond van figuur 2.1 verouderd is, echter dit betreft een uitsnede uit een kaart op geodataportaal van de provincie Limburg.



Figuur 2.1: Verdrogingsgevoelige gebieden en plangebied (rode contour)

In figuur 2.2 is de begrenzing van het Natura-2000 gebied Roerdal gelegen (bron: <http://www.synbiosys.alterra.nl/Natura2000>). Uit de figuur blijkt dat de Hambeek onderdeel uitmaakt van het Natura-2000 gebied. De Hambeek is op circa 200 meter ten oosten van de meeste oostelijke ontgrondingsgrens binnen het plangebied gelegen. Omdat de Hambeek een vrije uitstroom heeft in de Maas, zal bij een hoogwatersituatie het waterpeil in de Hambeek en de grondwaterstand in de directe omgeving sterk beïnvloed worden door het waterpeil in de Maas en zal door andere invloeden/factoren nagenoeg niet tot nauwelijks beïnvloed worden. Ter plaatse van het deel van het Roerdal dat in de omgeving van de jachthaven is gelegen, komt geen grondwatergevoelige vegetatie voor (bron: www.synbiosys.alterra.nl/Natura2000).



Figuur 2.2: Natura-2000 gebied Roerdal (geel omrand gebied)

2.8 Watertoets

Ten behoeve van de herinrichting van de jachthaven Rosslag is een watertoets opgesteld. In de watertoets is beschreven hoe wordt omgegaan met het water in het plangebied. Bij de watertoets heeft afstemming plaatsgevonden met opdrachtgever, gemeente Roermond, Waterschap Roer en Overmaas en Rijkswaterstaat Limburg.

Op hoofdlijnen is in de watertoets het volgende opgenomen:

- het afvalwater wordt aangesloten op het gemeentelijk riool;
- een verhoging van de kademuur (in plaats van de aanwezige demontabele schotten) aan de noordzijde van de appartementen tot 21,9 m+NAP. De groene keringen (op niveau van 21,9 m+NAP) blijven gehandhaafd;
- uit een rivierkundige berekening wordt geconcludeerd dat 'Uitvoering van het project niet leidt tot significante waterstandseffecten. Noch in de as van de rivier, noch bij derden en/of kades is sprake van waterstandverhogingen groter dan 1 mm. Er is enkel sprake van lokale veranderingen in stroomsnelheden van $\pm 0,05$ m/s';
- voor het afkoppelen van het hemelwater van het verhard oppervlak wordt een ondergrondse waterdichte berging aangelegd met een vertraagde afvoer naar de doorvoer van slenk in de kade waar het water op de jachthaven wordt geloosd.

2.9 Conclusie inventarisatie

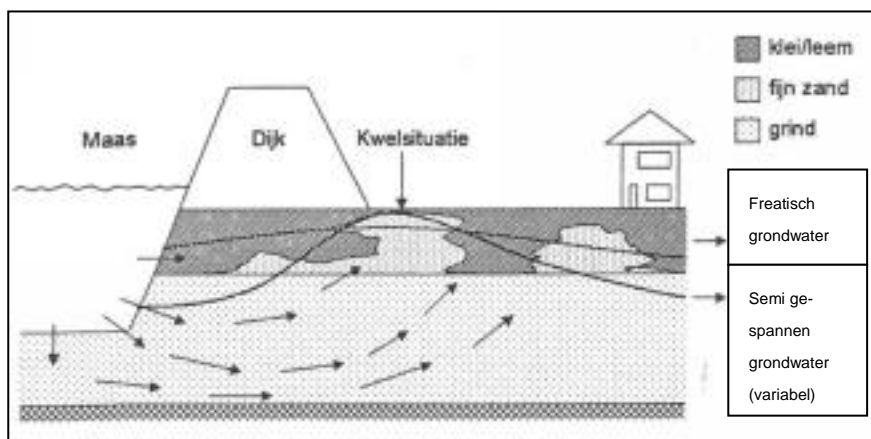
Uit de inventarisatie kan geconcludeerd worden dat:

- het plangebied direct aan de Maas is gelegen en de grondwaterstanden afhankelijk zijn van de waterstand van de Maas;
- de Maas ter hoogte van het plangebied gestuwd wordt met een stuwpeil van 16,85 m+NAP;
- bij het stuwpeil van de Maas sprake is van een infiltratiesituatie, waarbij de Maas een drainerende werking heeft. Bij een hoogwatersituatie heeft de Maas een infiltrerende werking en kan er kwel ontstaan;
- het waterpeil bij een hoogwatersituatie met een frequentie van 1 keer per 250 jaar 21,45 m+NAP en bij een frequentie van 1 keer per 1.250 jaar 21,95 m+NAP bedraagt;
- de grondwaterstand ter plaatse van het plangebied rond de 17 m+NAP bedraagt en richting de Maas stroomt. Het maaiveld varieert tussen de 17 m+NAP ter hoogte van de lage (braak)liggende delen en 20 m+NAP ter hoogte van de bebouwing, waardoor de grondwaterstanden tussen de 0 en 3 m-mv zijn gelegen;
- uit de gegevens van TNO-peilbuis B58D1909, gelegen direct ten zuiden van het plangebied, blijkt dat de grondwaterstand jaargemiddeld 17,08 m+NAP bedraagt, de GHG 17,93 m+NAP bedraagt en de hoogst gemeten grondwaterstand in de afgelopen 25 jaar 19,3 m+NAP (gemeten in januari 2011) bedraagt. Uit de grondwatermonitoring van het peilbuizenennetwerk in

en rondom Oolder Veste blijkt dat de grondwaterstand bij de hoogwatergolf in januari 2003 tot 19,6 m+NAP kan stijgen;

- de bodem bestaat uit een deklaag van zand en klei van circa 6 meter dik met daaronder tot 16 m-mv een laag van zand en grind met een 2 meter dikke kleilaag met daaronder weer een pakket met zand en grind;
- in de directe omgeving geen grondwatergevoelige natuur is gelegen. De Hambeek maakt onderdeel uit van het Natura-2000 gebied Roerdal dat op circa 200 meter van de ontgrondingsgrens van het plangebied is gelegen. Echter de waterstand en grondwaterstand direct langs de Hambeek worden door het waterpeil van de Maas beïnvloed;
- het plangebied grenst aan het waterwingebied Herten waar op grotere diepte drinkwater wordt gewonnen. Verder zijn geen onttrekkingen en waterlopen in de omgeving aanwezig die invloed hebben op het freatisch grondwater ter plaatse van het plangebied;
- bij hoogwatersituaties kwelwater vanuit het plangebied Oolder Veste en directe omgeving middels de Groene slenk wordt afgevoerd naar de Maas. Ter plaatse van de jachthaven Rosslag is in de kade een doorvoer aanwezig om het kwelwater af te voeren. Bij hoogwatersituaties wordt de kade dichtgezet en wordt het kwelwater over de kade in de jachthaven gepompt;
- bij hoogwatersituaties kweldruk ontstaat als gevolg van de druk vanuit de Maas. Hierdoor kan in het zand en grindpakket onder de deklaag een hogere stijghoogte ontstaan die door de deklaag omhoog komt (zie figuur 2.3). In figuur 2.3 is ook waarneembaar dat bij een bodemopbouw van een deklaag met daaronder een grof pakket bij hoogwatersituaties de freatische grondwaterstand in de deklaag hoger komt te liggen als gevolg van de kweldruk en dat deze niet zozeer hoger komt te liggen als gevolg van intredend Maaswater in de deklaag;
- in de toekomst het hemelwater van het verhard oppervlak van het plangebied ondergronds wordt geborgen en vertraagd middels de Groene slenk en doorvoer in de kade wordt afgevoerd naar de Maas.

In onderstaande figuur 2.3 is een dwarsdoorsnede opgenomen waarbij de kweldruk als gevolg van hoogwater bij de Maas wordt verduidelijkt. Opgemerkt wordt dat de hoogte van de piek in de grondwaterstand en de afstand van de piek tot aan de Maas variabel is. De figuur dient dan ook slechts ter illustratie.



Figuur 2.3 Dwarsdoorsnede kwelsituatie bij hoogwatersituatie Maas (ter illustratie)

3 Toekomstige ontwikkelingen

3.1 Ontgroning in het kader van de herinrichting

In bijlage 14 is een tekening opgenomen met de begrenzing van de ontgroning. De ontgroning vindt in het oostelijk en zuidoostelijk deel van de jachthaven plaats. Ter plaatse van het deel dat wordt ontgrond, wordt tot een diepte van deels 11,85 m+NAP en deels maximaal 4 m+NAP ontgraven. In het voorland bedraagt de taludhelling 1:3 tot 1:4 en onder water wordt een helling van 1:3 aangehouden.

In onderstaande figuur 3.1 is met een rode arcering globaal het gebied aangegeven dat wordt ontgrond en waarbij grond en grind wordt ontgraven. Voor een detailtekening van de ontgroning met de ontgrondingsdiepten en begrenzing wordt verwezen naar bijlage 15. De blauwe lijn geeft het globale gebied aan dat in het verleden reeds is ontgrond. Hierbij is in het verleden tot een diepte van 4 m+NAP (onderzijde grindlaag) ontgraven waarbij de ontgroning is aangevuld met de deklaag die destijds bij de ontgroning is vrijgekomen.



Figuur 3.1: Globale begrenzing gebied waar bij de ontgroning grond en grind wordt ontgraven

Uit de detailtekening in bijlage 15 blijkt dat het noordelijk deel van het te ontgronden gebied wordt ontgraven tot 11,85 m+NAP en het zuidelijk deel tot 4 m+NAP. De dwarsprofielen 3 en 2 zijn opgenomen in bijlage 16. In de dwarsprofielen is het Maaspeil onder een normale situatie opgenomen (16,85 m+NAP) ter plaatse van het te ontgronden gebied van de huidige situatie en de situatie na de ontgroning.

Uit de dwarsprofielen blijkt dat de waterlijn van niveau 16,85 m+NAP na de ontgroning meer in oostelijke richting verschuift. In profiel 3 verschuift de waterlijn circa 50 meter naar het oosten en in profiel 4 ongeveer 100 meter.

Het bruin gearceerde deel betreft de deklaag die uit zand, klei en leem is opgebouwd. Onder deze deklaag bevindt zich het blauw gearceerde deel dat uit grindhoudend materiaal bestaat.

Uit eerder uitgevoerde onderzoeken ter plaatse is gebleken dat de scheidingslijn tussen de deklaag en het zand en grindhoudend materiaal op ongeveer 14,4 m+NAP is gelegen.

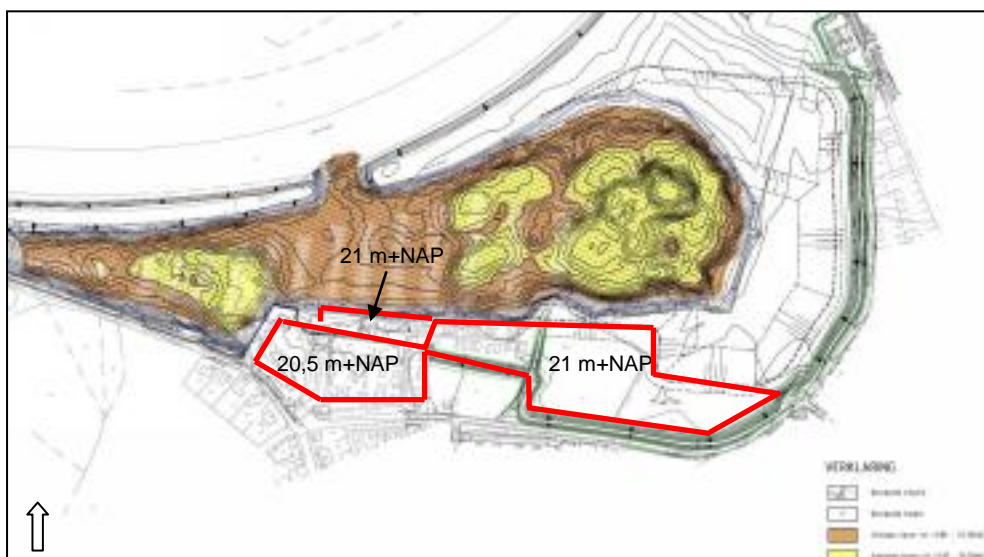
3.2 Onderhoudsbaggerwerkzaamheden

Naast de ontgroning wordt de gehele jachthaven op diepte gebracht tot 11,85 m+NAP (5 meter minus stuwpeil). De vrijkomende waterbodem wordt mogelijk gebruikt om diepere delen in de jachthaven aan te vullen tot maximaal 11,85 m+NAP en/of ter plaatse van de ontgroning.

In figuur 3.2 is een tekening opgenomen met daarop de delen van de huidige jachthaven die uitgediept worden (bruine delen) en de delen die mogelijk worden aangevuld tot maximaal 11,85 m+NAP (gele delen).

Het deel dat bij de ontgroning wordt uitgediept tot 4 m+NAP, wordt aangevuld tot maximaal 11,85 m+NAP met mogelijk vrijgekomen waterbodem uit de jachthaven of deklaag van de ontgroning. Indien nog een overschot aan waterbodem aanwezig is, worden mogelijk de diepere delen van de huidige jachthaven hiermee aangevuld. Opgemerkt moet worden dat het hergebruik van de waterbodem nog niet definitief is en dat hierover overleg plaatsvindt met Rijkswaterstaat.

In het oostelijk gedeelte van de ontgroning wordt na ontgroning de oever weer over een breedte van circa 50 meter met vrijkomend materiaal uit de deklaag aangevuld. Dit gedeelte ligt tussen profiel 3 en 4 in (bijlage 16).



Figuur 3.2: Uit te diepen en aan te vullen delen huidige jachthaven en op te hogen gebied (globaal)

3.3 Ophoging en bouwpeilen

Naast de waterbodem wordt ook een deel van het maaiveld binnen het plangebied opgehoogd. Het betreft globaal het rood omlijnde gebied in figuur 3.2. Het oostelijk deel wordt opgehoogd tot een niveau van circa 21 m+NAP en wordt in gebruik genomen voor parkeerplaatsen en camperplaatsen. Dit gebied bevindt zich momenteel op een hoogte variërend van 19,3 tot 20 m+NAP.

Het westelijk deel wordt ingericht met appartementencomplexen en patiowoningen. In figuur 3.3 is een inrichtingsschets opgenomen (opgemerkt wordt dat de peilen nog indicatief zijn en nog gewijzigd kunnen worden). Het wegniveau ter plaatse van dit plandeel komt op een hoogte van 20,5 m+NAP te liggen. Het huidige maaiveld ter plaatse bevindt zich globaal op 20 m+NAP. Op de inrichtingsschets zijn aan de noordzijde de 4 appartementencomplexen gesitueerd. Onder de 4 appartementencomplexen (zie ook rode contour op figuur in bijlage 17) wordt onder ieder appartementencomplex een één-laags parkeergarage gerealiseerd (totale oppervlakte parkeergarages circa 2.800 m²). Het niveau van de parkeergarage komt op het huidige maaiveld te liggen op circa 20 m+NAP.

Verder worden ten zuiden van de appartementen in totaal 14 patiowoningen gerealiseerd. Het bouwpeil van de patiowoningen komt iets hoger te liggen dan het wegpeil.

Het terreingedeelte ten noorden en westen van de blauwe lijn in figuur 3.3 wordt niet opgehoogd.



Figuur 3.3: Inrichtingsschets met peilen ter plaatse van nieuwbouw

3.4 Inrichtingsplan jachthaven

Na de ontgronding wordt de jachthaven opnieuw ingericht. In bijlage 17 is het herinrichtingsplan opgenomen. Op hoofdlijnen kunnen de volgende onderdelen worden beschreven:

- afgraven van de oostzijde van de haven ten behoeve van het vergroten van het wateroppervlak voor de jachthaven (zie paragraaf 3.1 en 3.2);
- realiseren van aanvullende parkeervoorzieningen waaronder de realisatie van een “parkeerbos”;
- inkrimpen van de camping tot een beperkt aantal camperparkeerplaatsen;
- realiseren van appartementen, patiowoningen, waterwoningen en een havengebouw;
- verplaatsen van watersportvereniging WS Hertha;
- amoveren van de jachthaven en drijvend bedrijfspand Snellens;
- realiseren van natuur(ontwikkeling);
- realiseren van nieuwe ontsluitingswegen en overige infrastructuur.

4 Ontgroning

4.1 Algemeen

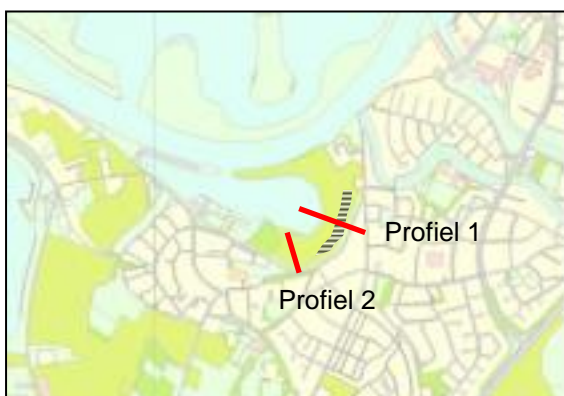
Ten behoeve van de ontgrondingsvergunning dienen de effecten van de nieuwe ontwikkelingen op de omgeving te worden beschreven. In het onderhavig hoofdstuk worden de effecten van de ontgroning op de waterhuishouding beschreven.

In het vorige hoofdstuk is beschreven welke werkzaamheden bij de ontgroning plaatsvinden. Globaal komen de werkzaamheden neer op:

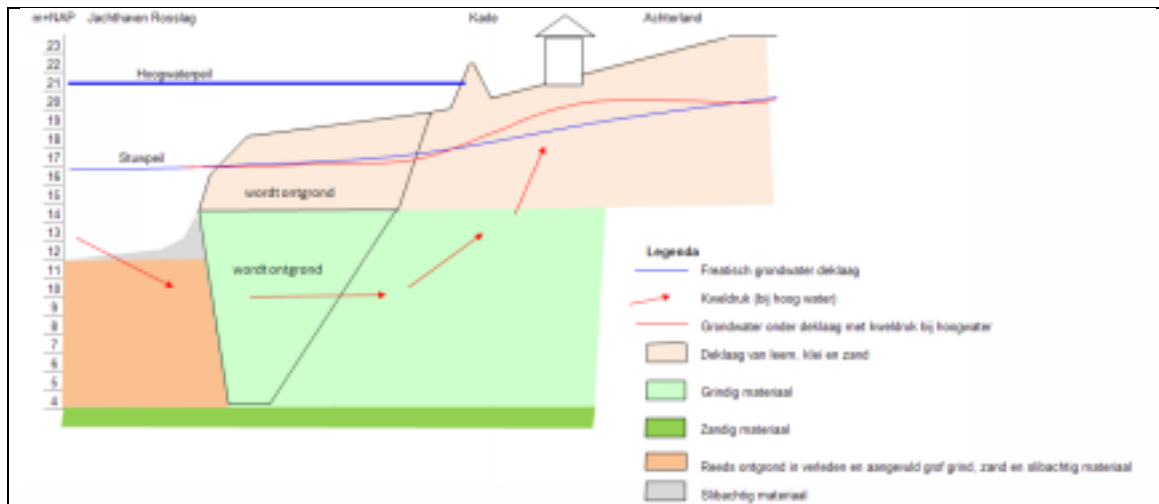
- een ontgroning van het zand en grind ter plaatse van het agrarische gedeelte tot maximaal 4 m+NAP (zie figuur bijlage 15);
- het uitvoeren van onderhoudsbaggerwerkzaamheden ter plaatse van de bestaande jachthaven tot 11,85 m+NAP;
- het gedeeltelijk aanvullen van de ontgroning (4 m+NAP) met de vrijgekomen waterbodem of deklaag tot maximaal 11,85 m+NAP;
- het mogelijk aanvullen van de diepere delen (dieper dan 11,85 m+NAP) in de jachthaven met de vrijgekomen waterbodem of deklaag tot maximaal 11,85 m+NAP;
- het aanvullen van de oever na de ontgroning in het oostelijk deel van de jachthaven over een breedte van circa 50 meter met vrijgekomen deklaag bij de ontgroning van klei, leem en zand.

4.2 Beïnvloeding waterhuishouding

Om de invloed van de ontgroning op het achterland te kunnen bepalen, is van de geohydrologische situatie van zowel voor als na de ontgroning met aanvulling een schematische dwarsdoorsnede gemaakt. De situering van de dwarsdoorsneden is in figuur 4.1 opgenomen. Er zijn 2 verschillende profielen opgenomen omdat er in feite 2 verschillende situaties zijn. Ter plaatse van profiel 1 wordt na de ontgroning een oever aangebracht en bij profiel 2 niet. In figuur 4.2 is een schetsmatige dwarsdoorsnede van de huidige situatie opgenomen met de delen die worden ontgrond. In de figuren 4.3a en 4.3b zijn de dwarsdoorsneden opgenomen van de situatie na ontgroning en aanvullen van de oever. Ter plaatse van het zwart gearceerde deel in figuur 4.1 wordt de oever aangebracht. Dit wordt in het vervolg van de tekst aangeduid als het oostelijk deel van de ontgroning. Ter plaatse van profiel 2 wordt gesproken van het zuidelijk deel.



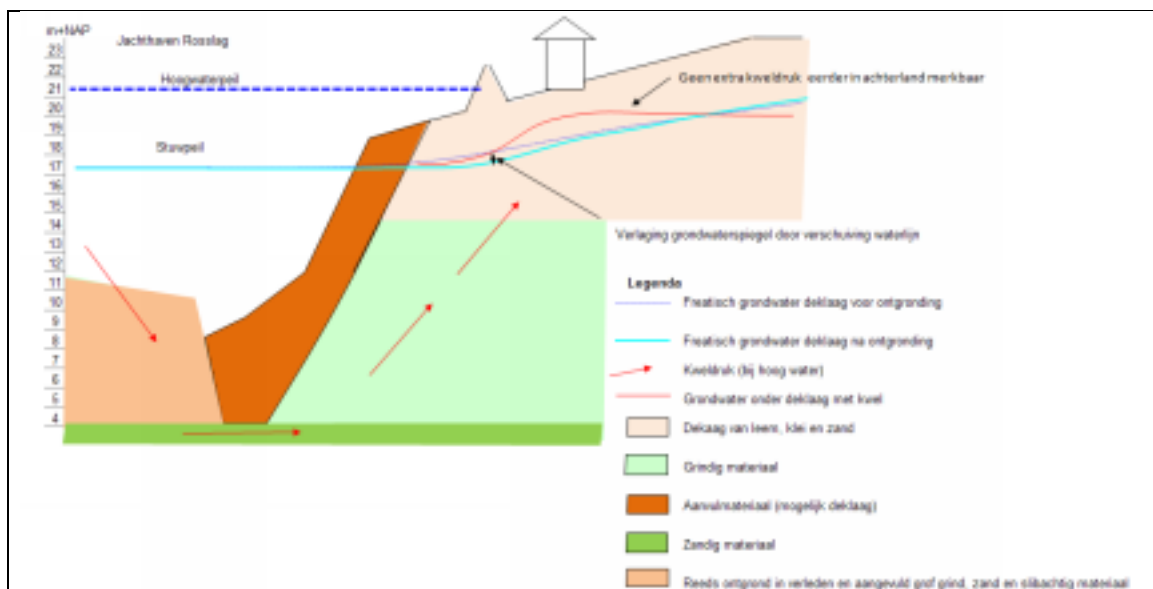
Figuur 4.1: Ligging dwarsprofielen



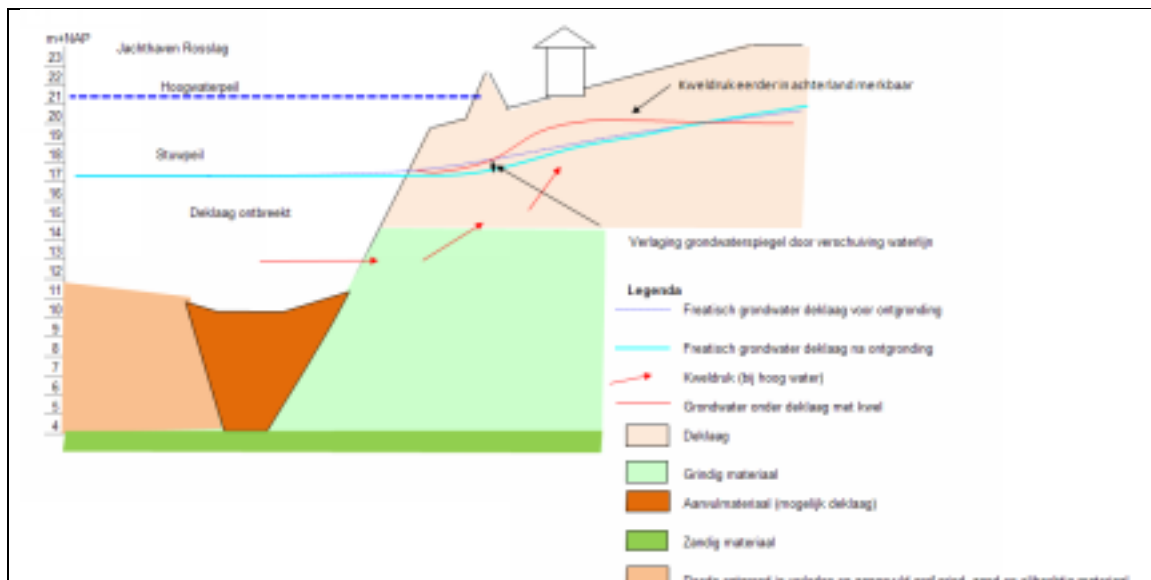
Figuur 4.2: Schematisatie dwarsdoorsnede met huidige situatie en delen die ontgrond worden

In figuur 4.2 is de huidige situatie van de geohydrologie opgenomen bij een normale Maaswaterstand en bij hoog water. In de figuur is aangegeven dat, bij een hoogwatersituatie de kweldruk vanuit de Maas toeneemt. Door deze druk neemt de grondwaterstand achter de kade toe. Tot hoever en in welke mate in het achterland de verhoging waarneembaar is, is afhankelijk van de bodemopbouw, de hoogte van het waterpeil en de duur van de hoogwatergolf. De kwel bij hoog water vindt plaats door het grindig materiaal en niet door de deklaag vanwege het grote verschil in bodemweerstand (grind 0,3 dagen/meter en deklaag 50 tot 100 dagen per meter).

In de figuren 4.3a en 4.3b is de toekomstige situatie weergegeven, waarbij de ontgronding heeft plaatsgevonden en de ontgronding is aangevuld. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen het zuidelijk deel en het oostelijk deel van de ontgronding. In het oostelijk deel van de ontgronding wordt over een breedte van circa 50 meter de ontgronding weer aangevuld met vrijkomend materiaal uit de deklaag. Hierdoor wordt de oever tussen de kade en het wateroppervlak groter. Deze situatie is weergegeven in figuur 4.3a. In het zuidelijk deel wordt geen oever aangebracht en doet zich de situatie voor zoals aangegeven in figuur 4.3b.



Figuur 4.3a: Schematisatie dwarsdoorsnede toekomstige situatie voor het oostelijk deel van de ontgronding



Figuur 4.3b: Schematisatie dwarsdoorsnede toekomstige situatie voor het zuidelijk deel van de ontgroning

Uit de figuren 4.3a en 4.3b kan worden geconcludeerd dat middels de ontgroning op hoofdlijnen de volgende effecten op de waterhuishouding plaats vinden:

- als gevolg van de ontgroning komt bij een normale situatie (Maaspeil gelijk aan stuwpeil) de nieuwe waterlijn meer landinwaarts te liggen. In het oostelijk deel komt, als gevolg van de opvulling ten behoeve van de verbrede oever, de waterlijn minder ver landinwaarts te liggen dan in het zuidelijk deel.
Bij een hoogwatersituatie (peil frequentie 1/250 jaar) is de nieuwe waterlijn gelijk aan de huidige situatie omdat bij een hoogwatersituatie het laag gelegen deel van de jachthaven dat wordt ontgrond ook onder water zou lopen;
- als gevolg van de ontgroning zal bij een normale situatie de drainagebasis meer landinwaarts komen te liggen, waardoor bij een normale situatie de grondwaterstanden in de directe omgeving lager komen te liggen (0,05 tot 0,1 meter ter hoogte van de bebouwing, zie berekening 1 in bijlage 19) en bij een hoogwatersituatie de invloeden van de Maas in het zuidelijk deel eerder merkbaar zijn omdat hier de deklaag ontbreekt ;
- als gevolg van de ontgroning wordt de deklaag deels vergraven.
In het zuidelijk deel wordt de ontgroning aangevuld met minder doorlatend materiaal tot maximaal 11,85 m+NAP. Het gedeelte van de ontgroning van 11,85 m+NAP tot aan maai-veld wordt niet aangevuld waardoor het water in de jachthaven in directe verbinding staat met de grindhoudende watervoerende laag. Hierdoor zijn de eventuele invloeden bij een hoogwatersituatie (kweldruk) eerder in het achterland merkbaar.
In het oostelijk deel wordt, gelijk aan de situatie in het zuidelijk deel, de ontgroning aangevuld met een pakket van minder doorlatende materiaal. Verder wordt een oever aangebracht over een breedte van circa 50 meter met de ontgraven deklaag. Hierdoor zullen bij een hoogwatersituatie geen veranderingen in het achterland merkbaar zijn.

4.3 Effecten waterhuishouding op grondwatergerelateerde belangen

In paragraaf 4.2 zijn op hoofdlijnen de effecten op de waterhuishouding beschreven. In onderhavige paragraaf worden de effecten op de verschillende grondwatergerelateerde belangen zoals woningen, landbouw en natuur beschreven en ook de effecten op de te realiseren nieuwbouw en de grondwateronttrekking van WML.

4.3.1 Woningen, landbouw en natuur

De jachthaven staat in open verbinding met de Maas, waardoor het waterpeil ter plaatse van de jachthaven hetzelfde is als het waterpeil van de Maas. Bij de ontgroning wordt het oostelijk deel van de jachthaven uitgebreid en wordt tot 4 m+NAP het zand en grind ontgraven en aangevuld met minder doorlatend materiaal tot maximaal 5 meter beneden stuwpeil (11,85 m+NAP). De waterlijn verschuift als gevolg van de ontgroning meer in zuidoostelijke richting.

Normale situatie

Het water in de jachthaven staat in verbinding met het watervoerend pakket. Door de ontgroning komt de waterspiegel van het oppervlaktewater meer in zuidoostelijke richting te liggen. Bij een normale situatie van de waterpeilen van de Maas draineert de Maas. Door de ontgroning komt de drainagebasis meer richting het zuidoosten komen te liggen. Hierdoor worden de grondwaterstanden onder normale omstandigheden aan deze zijde landinwaarts van de Jachthaven lager (zie figuren 4.3a en 4.3b). Uit de berekening middels de formule van Huisman-Kemperman (zie berekening 1 in bijlage 19) is gebleken dat op circa 80 meter vanaf de toekomstige waterlijn landinwaarts (ter hoogte van de weg Hondenbergje) het grondwater in een worst-case benadering 0,05 tot 0,10 meter ter plaatse van de bebouwing aan de weg Hondenbergje zal worden verlaagd. Op een afstand van 200 meter vanaf de huidige waterlijn is geen beïnvloeding meer meetbaar. Op 300 meter van de waterlijn is de Hambeek gelegen. Ter hoogte van de Hambeek en het Natura-2000 gebied is dan ook geen beïnvloeding meer aanwezig. Ter hoogte van de woningen aan de Rosslag ten zuiden van de toekomstige parkeerplaats zal de grondwaterstand circa 0,05 meter worden verlaagd.

De lagere grondwaterstanden in de directe omgeving zijn niet nadelig. Eventueel waterafhankelijke natuur of landbouwgewassen zijn niet in de directe omgeving gelegen. Ook de groei op bomen en planten in de tuinen wordt niet beïnvloed omdat de grondwaterstand in de huidige situatie ook al laag is gelegen. Ten zuidoosten van de jachthaven ligt het maaiveld ter hoogte van de woningen enkele meters hoger en is de grondwaterstand op meer dan 4 meter beneden maaiveld gelegen, waardoor het verschil in grondwaterstand ter plaatse geen nadelig effect heeft. Er treden, als gevolg van de lagere grondwaterstand, geen zettingen aan gebouwen op vanwege de lagere waterpeilen van de Maas in het verleden waardoor in de zettingsgevoelige lagen reeds zetting heeft plaatsgevonden.

Hoogwatersituatie

Tijdens een hoogwatersituatie in de Maas, werkt de Maas over het algemeen infiltrerend in plaats van drainerend. Bij de ontgroning in zowel het zuidelijk als het oostelijk deel wordt grof materiaal (zand en grind) weg gegraven en deels vervangen minder doorlatend materiaal dat een grotere bodemweerstand heeft dan het materiaal van zand en grind dat in de huidige situatie nog aanwezig is.

Oostelijk deel (figuur 4.3.a, profiel 1)

Ter plaatse van het oostelijk deel wordt over een breedte van circa 50 meter weer aangevuld als oever. Het opvulmateriaal bestaat uit het materiaal van de vrijkomende deklaag (leem, klei en zand). Door de opvulling wordt de weerstandbiedende laag (deklaag), die bij de afgraving is verwijderd, weer grotendeels opnieuw aangebracht. Ter plaatse van het grind dat wordt ontgraven, wordt dit vervangen door een pakket van minimaal 50 meter minder doorlatend materiaal. De totale weerstand van de laag die wordt ontgraven zal hierdoor gelijk blijven of zelfs groter worden.

Er wordt over een breedte van 100 meter de deklaag ontgraven met een weerstand van minimaal 50 dagen per meter en over een breedte van 100 meter de grindlaag met een weerstand van 0,3 dagen/meter (totale weerstand van 5030 dagen). Hiervoor komt ter plaatse van zowel de ontgraven deklaag als ontgraven grindlaag een laag van minimaal 50 breed met een weerstand van minimaal 50 dag per meter terug (totale weerstand minimaal 2500 dagen).

Door het aanbrengen van deze laag wordt daarnaast een gedeelte van de grindlaag dat in de huidige situatie nog rechtstreeks in contact staat met het water in de haven "afgesloten". Aangezien de weerstand van de grindlaag minimaal een factor 100 minder is dan die van de deklaag zal bij hoog water de kweldruk via de grindlaag plaats vinden. Met het aanbrengen van de oever wordt de kwellingte ook verlengd en zal dit dan ook een positief effect hebben op de kweldruk. Op basis van de bovengenoemde factoren zal bij het oostelijk deel tijdens een hoogwatersituatie de beïnvloeding naar het achterland niet wijzigen maar zelfs afnemen.

Zuidelijk deel (figuur 4.3.b, profiel 2)

Voor het zuidelijk deel is middels een analytische berekening met de formule Huisman-Kemperman en de wet van Darcy (zie berekening 2 in bijlage 19) berekend dat aan de zuidzijde van het gebied, ter hoogte van de weg Rosslag, de grondwaterstand bij hoogwater in de orde van grootte van 0,1 tot 0,2 meter zal stijgen. Op een afstand van circa 200 meter vanaf de hoogwaterlijn is geen beïnvloeding meer merkbaar. Deze verhoging kan leiden tot meer wateroverlast in kelders, kruipruimtes en/of op het maaiveld. Met name bij de woningen aan de Rosslag kan wateroverlast optreden omdat het maaiveld hier lager is gelegen, rond 20 m+NAP nabij de woningen en rond 19 m+NAP in de achtertuinen. De weg bevindt zich op een hoogte variërend van 19,7 tot 22 m+NAP. Door afzetting van nieuw slib na de ontgronding zal de bodemweerstand geleidelijk weer toenemen. Ten aanzien van dit effect worden maatregelen genomen om dit weg te nemen welke in paragraaf 4.5 zijn beschreven.

Algemeen

De huidige hoogwaterlijn ligt op dezelfde hoogwaterlijn als na de herinrichting (zie figuren 4.2 en 4.3a en 4.3b). Bij hoogwatersituaties voor zowel het zuidelijk als oostelijk gedeelte verschilt de hoogwaterlijn dan ook niet, waardoor de ontgronding, buiten bovenstaand effect bij het zuidelijk deel, geen overige effecten heeft tijdens hoogwatersituaties.

4.3.2 Grondwateronttrekking WML

De onttrekking van WML die in de directe omgeving is gelegen, onttrekt grondwater uit het 3^e watervoerend pakket (diepe onttrekking) op een diepte van 250 m-mv (-270 m+NAP) en uit de 2^e sublaag van het 1^e watervoerende pakket (ondiepe onttrekking) dat zich op een diepte van 50 m-mv (-30 m+NAP) bevindt.

De ontgronding vindt plaats tot maximaal 4 m+NAP waarbij het weg te gegraven zand en grind deels wordt vervangen door minder doorlatend materiaal dat elders in de jachthaven wordt ontgraven. Op zowel de diepe als ondiepe grondwateronttrekking heeft de ontgronding geen effect, omdat de ontgronding "ondiep" is vergeleken met grondwateronttrekkingen en de grondwateronttrekking in een dik grof pakket plaats vindt en tussen de watervoerende pakketten is een slecht doorlatende laag aanwezig die voldoende weerstand biedt.

4.3.3 Isohypsenspatroon en grondwaterstand

Ten aanzien van de grondwaterstanden geldt dat deze bij zowel een normale als een hoogwatersituatie wijzigen. Bij een normale situatie zullen de grondwaterstanden in de directe omgeving van de jachthaven waar de ontgronding plaats vindt, 0,05 tot 0,1 meter lager zijn (worst-case benadering) en bij een hoogwatersituatie zullen de grondwaterstanden niet wijzigen omdat er maatregelen genomen worden (zie paragraaf 4.5). Op verder afstand van de ontgronding (circa 200 meter) is geen invloed meer merkbaar.

Het isohypsenspatroon wijzigt als gevolg van de ontgronding en herinrichting bij een normale en hoogwatersituatie niet. In zowel de huidige als toekomstige situatie stroomt het grondwater in de richting van de Maas. Bij een hoogwatersituatie werkt de Maas drainerend en stroomt het water vanuit de Maas in de richting van het achterland.

4.3.4 Kwel op nieuwbouw

Bij een hoogwatersituatie kan kwel ontstaan ter plaatse van de lager gelegen gebieden. In de huidige situatie ligt het maaiveld ter plaatse van de nieuwbouw in het plangebied op circa 19,8 tot 20 m+NAP. Hierdoor komt in de huidige situatie ter plaatse van de nieuwbouw geen kwel aan de oppervlakte, maar wel in de lagere delen in het achterland en de Groene slenk. Als gevolg van de ontgronding met de aanvullende maatregelen in het zuidelijk deel zoals opgenomen in paragraaf 4.5 zal er geen extra kweldruk ontstaan. Als gevolg van de kwel, kan een opwaartse kweldruk ontstaan. Bij het ontwerp van de nieuwbouw moet hiermee rekening worden gehouden. De parkeergarages komen op minimaal een niveau van 20 m+NAP te liggen, waardoor nauwelijks tot geen sprake is van kweldruk is. Daarnaast worden op de 4 parkeergarages appartementencomplexen gebouwd die, bij een eventuele beperkte kweldruk, voor voldoende tegendruk zullen zorgen. De patiowoningen komen op een niveau van minimaal 20,5 m+NAP te liggen.

Kelders dienen in het kader van de Woningwet en de gemeentelijke bouwverordening waterdicht te zijn. Indien kelders waterdicht worden aangelegd en rekening wordt gehouden met de kweldruk, zijn geen effecten van de kweldruk op de nieuwbouw te verwachten. Ter plaatse van de patiowoningen wordt geadviseerd kruipruimteloos te bouwen.

4.4 Conclusie effecten ontgroning

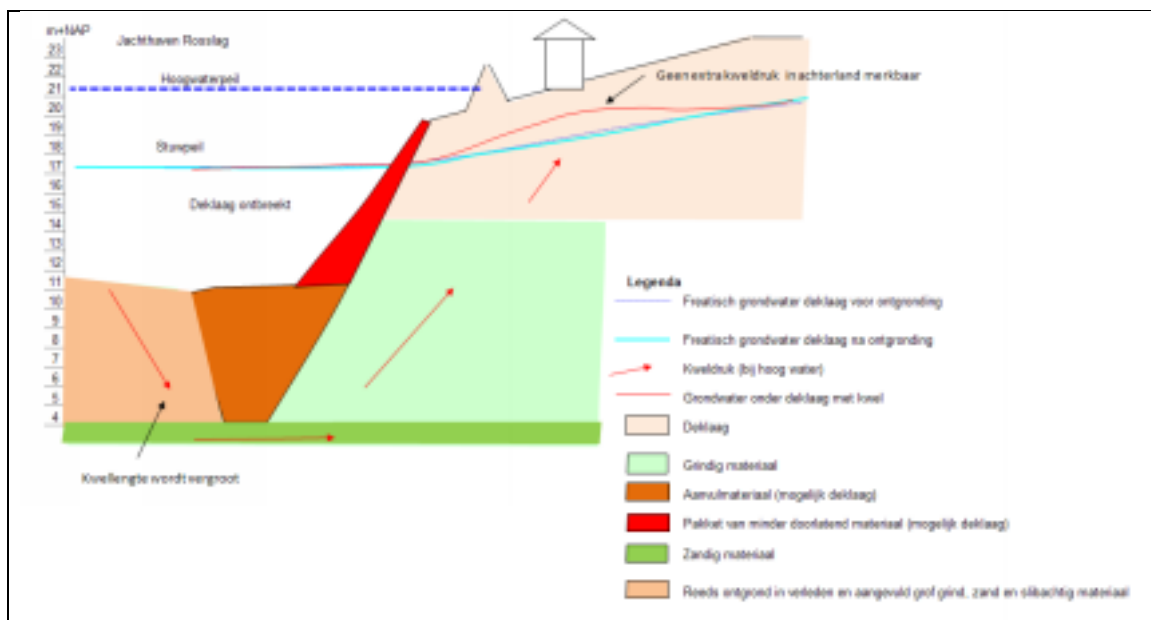
Als gevolg van de ontgroning zijn de volgende effecten te verwachten:

- bij een normale situatie (Maaswaterstand gelijk aan stuwpeil) komt de drainagebasis meer in zuidoostelijke richting te liggen, waardoor de grondwaterstanden in de directe omgeving lager (0,05 tot 0,10 meter ter plaatse van de bebouwing aan de weg Hondenbergje) komen te liggen. Dit heeft verder geen negatieve gevolgen voor de omgeving;
- bij een hoogwater situatie (1 keer per 250 jaar) worden in het zuidelijk deel van de jachthaven, waarbij geen oever wordt aangebracht, hogere grondwaterstanden van circa 0,1 tot 0,2 meter ter plaatse van de bebouwing berekend. Hier worden maatregelen genomen om dit effect weg te nemen. In het oostelijk deel heeft de ontgraving en de verbreding van de oever tijdens hoogwatersituaties geen negatief effect op de omgeving. Indien effect optreedt zal dit eerder een verlagend effect tot gevolg hebben als gevolg van de toename van de kwelengte;
- de grondwateronttrekking van WML en het stromingspatroon van het grondwater wordt niet beïnvloed.

Ten aanzien van de hogere grondwaterstanden bij een hoogwatersituatie in het zuidelijk gedeelte geldt dat dit negatief effect is waarvoor maatregelen genomen worden om dit te voorkomen (zie paragraaf 4.5).

4.5 Maatregelen

Het opheffen van het effect van de hogere grondwaterstanden in het achterland van het zuidelijk deel, wordt gerealiseerd door de weggenomen weerstand van de deklaag te creëren. Dit wordt gedaan door het toepassen van een weerstandsbiedende laag (ontgraven deklaag) boven en onder de waterspiegel (stuwpeil) aan te brengen. In figuur 4.4 is hiervan een schematische weergave weergegeven.



Figuur 4.4: Schematisatie dwarsdoorsnede toekomstige situatie met pakket slecht doorlatend materiaal

Door de aanleg van de weerstandbiedende laag worden de effecten opgeheven en ontstaat er een situatie die ook in de huidige situatie aanwezig is.

Het deel van de grindlaag waar de weerstandbiedende laag wordt terug gebracht heeft een breedte van 100 meter met een weerstand van 0,3 dagen/meter (totale weerstand 30 dagen).

De ontgroning heeft een talud van circa 1:2. De weerstandbiedende laag wordt onder een talud van 1:3 tot 1:4 aangebracht en zal van circa 20 m+NAP tot 12 m+NAP worden aangebracht. Per meter aanvulling zal de breedte van de weerstandbiedende laag dan ook met minimaal 1 meter toenemen. Ter plaatse van de grindlaag (van 14,4 tot 12 m+NAP) zal de breedte van de laag minimaal tussen de 6 en 8 meter bedragen. Bij een breedte van 1 meter deklaag (weerstand 50 tot 100 dagen) wordt reeds de weggenomen weerstand van de grindlaag gecompenseerd.

Ter plaatse van de deklaag die ontgraven wordt zal de breedte van de weerstandbiedende laag gemiddeld 3 meter bedragen. Als gevolg van de ontgroning waarbij de deklaag niet geheel wordt terug gebracht, zal, gezien het feit dat de weerstand van de grindlaag minimaal een factor 100 lager is dan de deklaag, de kweldruk zich in het grindpakket richting het achterland verplaatsen en niet via de deklaag.

Door het Waterschap Roer en Overmaas is aangegeven dat de weerstandbiedende laag ter plaatse van het grindpakket voldoende sterk moet zijn om na een hoog watersituatie niet te gaan opbarsten (val na hoog water). Gezien de dikte van 6 tot 8 meter is dit ruim voldoende om opbarstgevaar tegen te gaan.

5 Ophoging en woningbouw

5.1 Algemeen

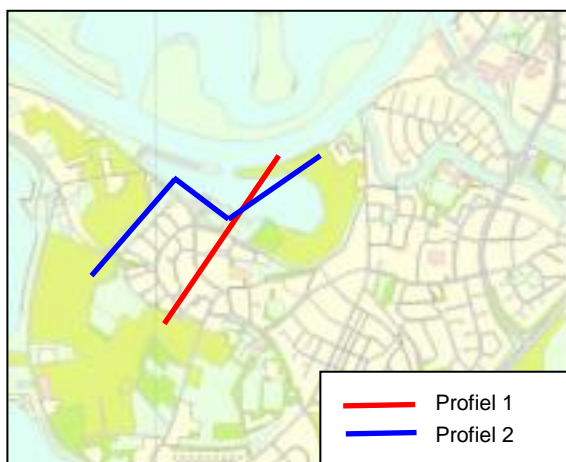
In onderhavig hoofdstuk worden de effecten van de herinrichting van de jachthaven waarbij delen worden opgehoogd en woningen en een parkeergarage worden gerealiseerd, op de waterhuishouding beschreven. In het hoofdstuk 3 is beschreven welke werkzaamheden bij de herinrichting van de jachthaven plaatsvinden. Globaal komen de werkzaamheden neer op:

- het ophogen van het deel waarop de nieuwbouw wordt aangelegd tot 20,5 m+NAP met een wegpeil van 20,5 m+NAP, met een bouwpeil bij de patiowoningen dat iets hoger ligt dan het wegpeil en met het peil van de 1^e woonlaag ter plaatse bij de appartementen op 23,5 m+NAP;
- het ophogen van het deel waarop parkeerplaatsen en camperplaatsen worden aangelegd tot 21 m+NAP (buitendijks);
- het bouwen van appartementencomplexen en patiowoningen op een deel van het opgehoogde terreindeel;
- het aanleggen van parkeergarages onder de 4 appartementencomplexen met de onderzijde van de vloer op het huidig maaiveldniveau van circa 20 m+NAP.

5.2 Beïnvloeding waterhuishouding

In bijlage 18 zijn twee dwarsprofielen opgenomen met daarop de situatie bij een normale situatie (waterpeil Maas gelijk aan stuwpeil) als een hoogwatersituatie (waterpeil bij hoogwater Maas frequentie 1/250 jaar) in zuidelijke richting van de jachthaven. Het stuwpeil bedraagt 16,85 m+NAP en het waterpeil bij een hoogwater met frequentie 1/250 jaar bedraagt 21,45 m+NAP. Profiel 1 is zo gesitueerd dat inzicht wordt verkregen in de grondwaterstand ter hoogte van de bebouwing aan de zuidzijde van de jachthaven die op een niveau van 20 m+NAP is gelegen. Profiel 2 is zo gesitueerd dat inzicht wordt verkregen in de ligging van de parkeerkelder en de Groene slenk. In de profielen zijn, de parkeergarage, de ophoging alsmede de damwanden die onder de kades aanwezig zijn opgenomen. De damwand die aan de noordzijde van de woningbouwlocaties is gelegen, heeft een onderzijde op 12,1 m+NAP en de damwand aan de westzijde van de woningbouwlocatie heeft een onderzijde op 8 m+NAP. In bijlage 17 is de situering van beide damwanden weergegeven.

De situering van de dwarsprofielen is in onderstaande figuur 5.1 opgenomen.



Figuur 5.1: Situering dwarsprofiel

5.2.1 Profiel 1

Profiel 1 betreft een profiel van de Maas dwars over het plangebied ter hoogte van de nieuwe parkeerplaatsen en verder lopend in zuidwestelijke richting ter hoogte van de woningen in het noordwesten van Herten tot aan de slenk en kade ter hoogte van het gebied Oolder Veste.

Normale situatie (Maaspeil 16,85 m+NAP)

Uit het profiel blijkt dat bij een normale situatie het grondwater ter plaatse van het plangebied en landinwaarts op een niveau tussen de 17 (plangebied) en 17,4 (landinwaarts) m+NAP staat, overeenkomend met 2 tot 3 m-mv. De onderzijde van de nieuwe parkeergarages liggen op 20 m+NAP, circa 3 meter boven de grondwaterspiegel.

Hoogwatersituatie 1/250 jaar (Maaspeil 21,45 m+NAP)

Bij een hoogwatersituatie stijgen de grondwaterstanden in het achterland tot 19,4 tot 19,6 m+NAP. Dit komt overeen met circa 0,5 meter beneden het maaiveld ter hoogte van de woningen in het achterland. Ter plaatse van het plangebied zal de grondwaterstand tussen de 19,6 en 20 m+NAP bedragen. De parkeergarage met de onderkant op 20 m+NAP staat dan boven of ongeveer gelijk aan het grondwaterniveau. In het profiel is te zien dat meer landinwaarts, de slenk rondom het plangebied Oolder Veste, vol zal lopen. Deze watert af op de Groene slenk alwaar het water middels pompen in de jachthaven wordt gepompt. Bij de huidige situatie kan direct achter de kade (locatie stalen damwand) in het plangebied kwel aan de oppervlakte komen. In de toekomstige situatie kan dit ter plaatse van de appartementen en patiowoningen niet meer voorkomen, omdat dit gebied is opgehoogd. Direct landinwaarts bij het plangebied, ter hoogte van de woningen aan de Rosslag en Kerkenkampstraat, kan bij een maaiveldniveau of kruipruimten gelegen beneden 19,6 m+NAP, kwelwater aan het maaiveld of in de kruipruimte en kelders komen. Het is niet bekend of dit in de huidige situatie ook daadwerkelijk voorkomt.

5.2.2 Profiel 2

Profiel 2 is getrokken vanaf de Maas dwars over de jachthaven in zuidwestelijke richting tot aan de nieuwe parkeerplaatsen. Vanaf de nieuwe parkeerplaatsen loopt het profiel in westelijke richting over het deel dat wordt opgehoogd, over de doorvoer van de Groene slenk in de kade verder in zuidwestelijke richting, in het midden van de as van de Groene slenk tot aan de kade bij Oolder Veste.

Normale situatie (maaspeil 16,85 m+NAP)

Uit het profiel blijkt dat bij een normale situatie het grondwater ter plaatse van het plangebied en landinwaarts op een niveau tussen de 17 en 17,4 m+NAP ligt, overeenkomend met 2 tot 3 m-mv onder het maaiveld. De onderzijde van de nieuwe parkeergarages liggen circa 3 meter boven de grondwaterspiegel.

Hoogwatersituatie 1/250 jaar (maaspeil 21,45 m+NAP)

Bij een hoogwatersituatie stijgen de grondwaterstanden in het achterland van 19,4 tot 19,6 m+NAP. De Groene slenk heeft een bodempeil van gemiddeld 18 m+NAP waardoor de Groene slenk vol zal lopen. Het inslagpeil van de pomp bij hoogwater bedraagt 19,13 m+NAP en het uitslagpeil 18,58 m+NAP, waardoor de waterstand in de Groene slenk rond de 19,13 m+NAP komt te liggen en tot 18,58 m+NAP kan stijgen, voordat de pomp in werking gaat treden. Bij een waterpeil van de Maas lager dan 18,58 m+NAP loopt de Groene slenk onder vrij verval leeg in de Maas. Ter hoogte van het plangebied zal de grondwaterstand tussen de 19,6 en 20 m+NAP bedragen waardoor de onderzijde van de parkeergarage gelijk met de grondwaterstand staat.

De vloerpeilen van de parkeergarages met daarboven de appartementen en patiowoningen zijn voldoende hoog om bij een hoogwatersituatie (1/250 jaar) droog te blijven. Verder is duidelijk dat in de huidige situatie, ter hoogte van de huidige parkeerplaatsen waar het maaiveld onder de 20 m+NAP is gelegen, kwelwater aan de oppervlakte kan komen. In de toekomstige situatie is dit na ophoging tot minimaal 21 m+NAP niet meer aan de orde.

5.3 Effecten waterhuishouding op grondwatergerelateerde belangen

5.3.1 *Nieuwe bebouwing, hemelwaterriolering en vuilwaterriool*

Bij een hoogwatersituatie kan het hemelwaterriool (hier vindt bij grotere neerslagbuien berging in plaats) en het vuilwaterriool worden gezien als een beperkt obstakel in de ondergrond, waardoor de kwelstromen beïnvloed kunnen worden. Echter de omvang van deze riolering is dermate beperkt dat beïnvloeding minimaal en niet gebiedsoverschrijdend is, waardoor ter plaatse van de woningen buiten het plangebied geen beïnvloeding plaats vindt. Ook zal het hemelwaterriool hemelwater opvangen en afvoeren dat normaal ter plekke in de bodem zal infiltreren, waardoor dit effect wordt opgeheven omdat de berging in de voorzieningen groter is dan de berging in de oorspronkelijke bodem en dus een positief effect heeft op de berging.

Bij waterpeilen in de Maas gelijk aan het stuwpeil zijn geen kwelsituaties aanwezig en ligt de grondwaterstand op circa 17 m+NAP (2 tot 3 meter beneden maaiveld). De onderzijde van de parkeergarages (20 m+NAP) staan bij een normale situatie niet in het grondwater.

5.3.2 *Op te hogen terreindelen*

Het terrein met de toekomstige bebouwing wordt circa 0,5 meter opgehoogd tot een niveau van 20,5 m+NAP. Het huidig maaiveld bevindt zich tussen circa 19,8 tot 20 m+NAP. Bij een normale waterstand (stuwpeil) van de Maas treedt geen kwel vanuit de Maas naar het terrein op.

Bij een hoogwatersituatie treedt in de huidige situatie kwel op, waarbij op het maaiveld plassen kunnen ontstaan. De grond onder de deklaag bestaat uit zand en grind en is dus goed doorlatend. De deklaag zelf bestaat ter plaatse van de nieuwbouw deels uit zand of zandige klei en is matig goed doorlatend. Bij een hoge Maaswaterstand zullen eerst de lagere omliggende delen onder water komen te staan. Het waterschap bestrijdt deze kwel zoveel mogelijk door het water op te vangen en terug te pompen naar de Maas. Doordat kwel in de toekomstige situatie, ter plaatse van de op te hogen terreindelen, niet meer aan de oppervlakte kan komen, omdat kan deze zich deels in de ophooglaag geborgen zal worden kan hierdoor kwelwater aan de randen van de ophoging aan de oppervlakte komen. Dit zal zeer beperkt zijn, omdat het huidig maaiveldniveau zich reeds op 19,8 tot 20 m+NAP bevindt. Naast de kwel kan bij de ophoging van het terrein het grondwater tot in de ophoging komen en hierdoor vindt aan de rand van het opgehoogde deel ondergronds afstroming plaats naar lagere delen. Ook kan infiltrerend hemelwater, ter plaatse van de toekomstige onverharde delen, ondergronds afstromen naar lager gelegen delen waardoor ook aan de randen van de ophoging dit water aan de oppervlakte kan komen.

Onder de toekomstige ophooglaag bevindt zich het oorspronkelijk maaiveld dat uit matig fijn zand/grind en klei bestaat. Het grondwater ter plaatse bevindt zich op circa 2 meter onder het oorspronkelijk maaiveld. De ophoging heeft dan ook geen effect op de grondwaterhuishouding en het isohypsenpatroon. Door de druk van de machines die de ophooglaag aanbrengen, kan de toplaag van het oorspronkelijk maaiveld worden verdicht, waardoor deze minder doorlatend wordt en waardoor infiltrerend hemelwater of kwelwater hierop kan stagneren en niet meer in de bodem kan infiltreren. Omdat in de huidige situatie de bovenste 2 meter matig goed doorlatend is, zal een verdichting van het huidig maaiveld effect hebben omdat hierdoor een minder goed doorlatende laag ontstaat.

Ter plaatse van de nieuwbouw wordt het hemelwater afgevangen en middels een hemelwatersysteem afgevoerd. Ter plaatse van de aan te leggen parkeerplaatsen bij het "parkeerbos" wordt geen hemelwatersysteem aangelegd. Echter rondom de parkeerplaatsen is de kade (welke hoger ligt) gelegen en het afschot van de parkeerplaatsen wordt richting de haven gelegd waardoor ter plaatse geen afstromend hemelwater buiten het plangebied stroomt.

5.4 Conclusie effecten woningbouw en ophoging

Uit de paragrafen 5.2 en 5.3 blijkt uit de effectenbeschrijving van herinrichting van de jachthaven dat de volgende effecten kunnen optreden:

- bij de herinrichting wordt een deel van de huidige kade ter hoogte van de woningbouw dicht gezet (niveau 1/250 jaar) hetgeen de veiligheid van het achterland vergroot;
- als gevolg van het hemelwaterriool en het vuilwaterriool gaat er een zeer beperkt deel van de huidige berging in de bodem verloren. Echter het hemelwaterriool zal hemelwater opvangen en afvoeren dat normaal ter plekke in de bodem zal infiltreren, waardoor dit effect wordt opgeheven omdat de berging in de voorzieningen groter is dan de berging in de oorspronkelijke bodem en dus een positief effect heeft op de berging. Bij een hoogwatersituatie is de invloed zeer beperkt en niet planoverschrijdend;
- mogelijke verdichting van huidig maaiveld als gevolg van ophoging door bouwverkeer en machines waardoor een minder doorlatende laag in de bodem ontstaat waardoor infiltrerend hemelwater of kwelwater hierop kan stagneren. Om dit effect weg te nemen worden maatregelen genomen;
- beperkte uittreden van kwel, grondwater en geïnfiltreerd hemelwater aan de randen van de ophoging. Om dit effect weg te nemen worden maatregelen genomen.

Ten aanzien van de verdichting, uittredend kwel, grondwater en geïnfiltreerd hemelwater aan de randen van de ophoging geldt dat dit een negatief effect is welke door maatregelen voorkomen worden (zie paragraaf 5.5).

5.5 Maatregelen

5.5.1 Verdichting

Ten aanzien van de verdichting geldt dat voor de ophoging de verdichte laag van het huidig maaiveld los gemaakt wordt waarna het terrein wordt opgehoogd. Ook de bouwwegen die gebruikt worden voor het ophogen worden nadien losgemaakt. Door het los maken wordt het effect als gevolg van de verdichting weg genomen..

5.5.2 Uittredend water aan de randen van de ophoging

Om de beperkte uittredende kwel, grondwater en geïnfiltreerd hemelwater aan de randen van de ophoging op te vangen, wordt aan de rand van de ophoging aan de zuidzijde, richting de Rosslag en Schoolstraat, een greppel aangelegd om het mogelijke beperkte uittredend water op te vangen. Ter plaatse van de greppels kan het kwelwater weer infiltreren in de bodem. Mogelijk dat de greppel ten zuiden van de patiowoningen kan afwateren naar het lager gelegen deel ter plaatse van de speelplek (zie figuur 3.3). De greppels komen ook langs het opgehoogde deel rond het perceel en woning aan de Rosslag 1a die aan de oost-, west- en noordelijke zijde wordt ingeklemd door een opgehoogd terreindeel.

6 Conclusie

6.1 Algemeen

In opdracht van Arcus Zuid Projectontwikkeling B.V. heeft Grontmij Nederland B.V. een (geo)hydrologische analyse verricht in het kader van de herontwikkeling van Jachthaven Rosslag te Herten (gemeente Roermond).

Het doel van de (geo)hydrologische analyse is het beschrijven van de werkzaamheden, effecten op de geohydrologie en uiteindelijk uitspraak geven of er onacceptabele effecten optreden

Opgemerkt wordt dat gedurende het proces van onderhavig onderzoek planaanpassingen zijn verricht waardoor eventuele effecten van eerdere plan op de geohydrologie zijn weg genomen. Hierdoor zijn reeds eerder geconstateerde effecten met de aanpassing van het ontwerp weg genomen. Omtrent het ontwerp en geohydrologisch onderzoek heeft meerder malen overleg met gemeente en waterschap plaats gevonden.

6.2 Beschrijving effecten en maatregelen ontgroning

Als gevolg van de ontgroning zijn de volgende effecten te verwachten:

- bij een normale situatie komt de drainagebasis meer in zuidoostelijke richting te liggen, waardoor bij een normale situatie de grondwaterstanden in de directe omgeving lager (0,05 tot 0,10 meter ter plaatse van de bebouwing aan de weg Hondenbergje) komen te liggen. Dit heeft verder geen negatieve gevolgen voor de omgeving;
- bij een hoogwater situatie worden in het zuidelijk deel van de jachthaven, waarbij geen oever wordt aangebracht, hogere grondwaterstanden van circa 0,1 tot 0,2 meter ter plaatse van de bebouwing berekend. Hiervoor worden maatregelen genomen om dit effect weg te nemen. In het oostelijk deel heeft de ontgraving en de verbreding van de oever tijdens hoogwatersituaties geen negatief effect op de omgeving. Indien effect optreedt zal dit eerder een verlagend effect tot gevolg hebben als gevolg van de toename van de kwelengte.

Ten aanzien van de hogere grondwaterstanden bij een hoogwatersituatie in het zuidelijk gedeelte geldt dat dit negatief effect is waarvoor maatregelen genomen worden om dit te voorkomen. Het opheffen van het effect van de hogere grondwaterstanden in het achterland van het zuidelijk deel, wordt gerealiseerd door de weggenomen weerstand van de deklaag te creëren. Dit wordt gedaan door het toepassen van een weerstandsbiedende laag (ontgraven deklaag) boven en onder de waterspiegel (stuwpeil) aan te brengen. Door de aanleg van de weerstandsbiedende laag worden de effecten opgeheven en ontstaat er een situatie die ook in de huidige situatie aanwezig is.

De dikte van de weerstandsbiedende laag ter plaatse van de grindlaag bedraagt minimaal tussen de 6 en 8 meter. Om de weerstand te compenseren welke is weggenomen door de ontgroning is een dikte van 1 meter nodig waardoor de weggenomen weerstand van de grindlaag ruim wordt gecompenseerd. Gezien de dikte van minimaal 6 tot 8 meter is dit ook ruim voldoende om opbarstgevaar tegen te gaan.

Door de aanleg van de weerstandsbiedende laag worden de effecten opgeheven en ontstaat er een situatie die ook in de huidige situatie aanwezig is waardoor er geen verslechtering van de situatie op treedt. Door de opvulling van de ontgroning met minder doorlatend materiaal wordt de kwelengte vergroot hetgeen een positief effect heeft op de kweldruk in het achterland bij een hoogwater situatie.

6.3 Beschrijving effecten en maatregelen woningbouw en ophoging

Als gevolg van de herinrichting van de jachthaven zijn de volgende effecten te verwachten

- bij de herinrichting wordt een deel van de huidige kade ter hoogte van de woningbouw dicht gezet (niveau 1/250 jaar) hetgeen de veiligheid van het achterland vergroot;
- als gevolg van het hemelwaterriool en het vuilwaterriool gaat er een zeer beperkt deel van de huidige berging in de bodem verloren. Echter het hemelwaterriool zal hemelwater opvangen en afvoeren dat normaal ter plekke in de bodem zal infiltreren, waardoor dit effect wordt opgeheven omdat de berging in de voorzieningen groter is dan de berging in de oorspronkelijke bodem en dus een positief effect heeft op de berging. Bij een hoogwatersituatie is de invloed binnen het plan zeer beperkt en niet planoverschrijdend;
- mogelijke verdichting van huidig maaiveld als gevolg van het bouwverkeer en machines waardoor een minder doorlatende laag in de bodem ontstaat waardoor de waterhuishouding verslechterd en kwel-, grond en/of hemelwater hierop kan stagneren. Hiervoor worden maatregelen genomen om dit effect weg te nemen;
- beperkte uittreden van kwel, grondwater en geïnfiltreerd hemelwater aan de randen van de ophoging. Hiervoor worden maatregelen genomen om dit effect weg te nemen.

Ten aanzien van de verdichting geldt dat voor de ophoging de verdichte laag van het huidig maaiveld los gemaakt wordt waarna het terrein wordt opgehoogd. Ook de bouwwegen die gebruikt worden voor het ophogen worden nadien losgemaakt. Door het los maken wordt het effect als gevolg van de verdichting weg genomen..

Om de beperkte uittredende kwel, grondwater en geïnfiltreerd hemelwater aan de randen van de ophoging op te vangen, wordt aan de rand van de ophoging aan de zuidzijde, richting de Rosslag en Schoolstraat, een greppel aangelegd om het mogelijke beperkte uittredend water op te vangen. Ter plaatse van de greppels kan het kwelwater weer infiltreren in de bodem. Mogelijk dat de greppel ten zuiden van de patiowoningen kan afwateren naar het lager gelegen deel ter plaatse van de speelplek. De greppels komen ook langs het opgehoogde deel rond het perceel en woning aan de Rosslag 1a die aan de oost-, west- en noordelijke zijde wordt ingeklemd door een opgehoogd terreindeel.

Door de te nemen maatregelen worden eventuele negatieve effecten opgeheven en tegengegaan waardoor een situatie ontstaat die gelijk of zelfs beter is dan de huidige situatie.

6.4 Conclusie

Op basis van de geohydrologische analyse kan geconcludeerd worden dat als gevolg van de ontgroning en herinrichting van de jachthaven enkele beperkte nadelige effecten zijn te verwachten. Deze effecten worden door middel van eenvoudige praktische maatregelen opgeheven. Hierdoor ontstaat een waterhuishoudkundige toestand gelijk of zelfs beter dan de huidige situatie.

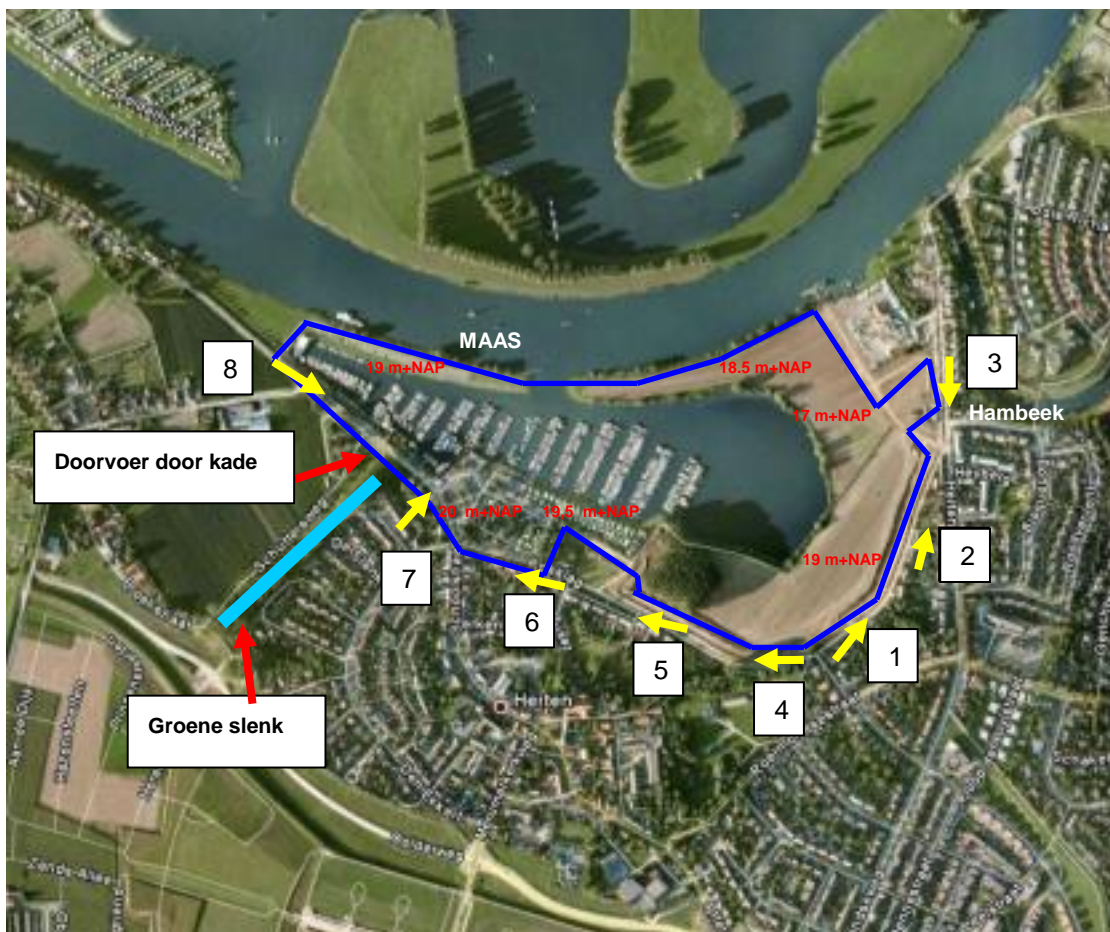
Middels de te nemen maatregelen zijn dan ook geen negatieve effecten te verwachten op de waterhuishouding. De maatregelen dienen in een later stadium nog nader technisch uitgewerkt te worden.

Bijlage 1

Figuren regionale en lokale ligging



Figuur B1.1: Regionale ligging



Figuur B1.2: Lokale ligging (gele pijlen met nummers betreffen locatie en richting foto's (figuren B1.3 t/m B1.10)



Figuur B1.3: Foto 1



Figuur B1.4: Foto 2



Figuur B1.5: Foto 3



Figuur B1.6: Foto 4



Figuur B1.7: Foto 5



Figuur B1.8: Foto 6



Figuur B1.9: Foto 7



Figuur B1.10: Foto 8

Bijlage 2

Historische situatie



Situatie 1811-1832 (bron: www.watwaswaar.nl)



Situatie 1894 (bron: www.watwaswaar.nl)



Situatie 1915 (bron: www.watwaswaar.nl)



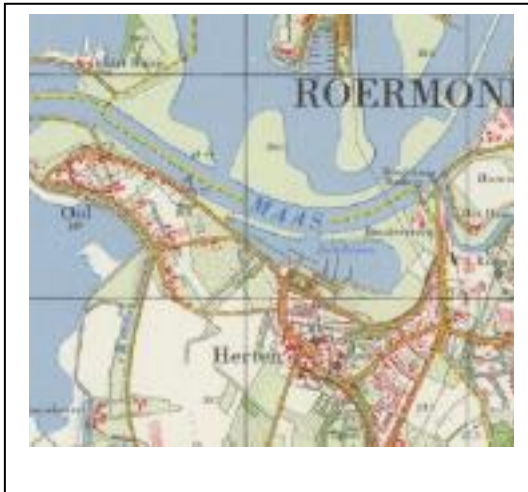
Situatie 1926 (bron: www.watwaswaar.nl)



Situatie 1938 (bron: www.watwaswaar.nl)



Situatie 1955 (bron: www.watwaswaar.nl)

Situatie 1958 (bron: www.watwaswaar.nl)Situatie 1968 (bron: www.watwaswaar.nl)Situatie 1979 (bron: www.watwaswaar.nl)Situatie 1988 (bron: www.watwaswaar.nl)

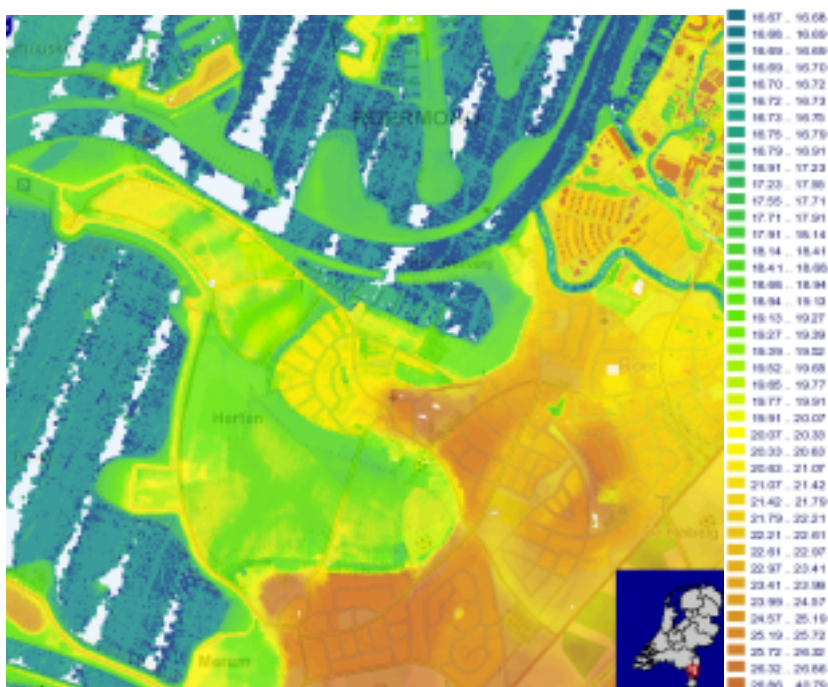
Uit de kaarten van 1811-1832 tot aan 1938 blijkt dat ter plaatse van het plangebied en directe omgeving naast de Maas en de Hambeek geen verder oppervlaktewater aanwezig was. Ook was in de directe omgeving van het plangebied, met uitzondering direct ten noordoosten van het plangebied, nog geen bebouwing aanwezig. Aan de Hertenweg, direct ten noordoosten van de bebouwing, is vanaf 1811 reeds bebouwing aanwezig. Het plangebied is in gebruik als landbouw/weiland. Op de kaart van 1894 lijkt ter plaatse van de huidige Groene slenk een waterloop te liggen.

Tussen 1938 en 1955 is gestart met het ontgrinden van de Paardsplas. De ontgrinding is voortgezet waarbij tussen 1955 en 1958 meer richting het noorden is ontgrind. De situatie in 1968 geeft weer dat tussen 1958 en 1968 ontgrinding ter plaatse van het plangebied heeft plaatsgevonden. De vorm van ontgrinding is gelijk aan de huidige situatie. Aan de weg Rosslag is ook bebouwing gerealiseerd. Tussen 1968 en 1979 is de jachthaven ingericht, waarbij ook de camping is gerealiseerd. Ook is in de directe omgeving meer bebouwing gerealiseerd. Tussen 1968 en 1979 is ook de Oolderplas gerealiseerd en is aan de Paardsplan en plas Hatenoer een jachthaven gerealiseerd. Tussen 1979 en 1988 is de jachthaven uitgebreid met aanlegsteigers en is de kern van Herten in westelijke richting verder uitgebreid.

In het plangebied Oolder Veste is in de periode 2002 tot en met 2003 een 2 tot 3 meter dikke ophooglaag opgespoten van goed doorlatend, uiterst grofkorrelig zand met een grindhoudende bijmenging. Op de ophooglaag is een deklaag (teelaarde) aangebracht.

Bijlage 3

Hoogtekaart



Figuur B3.1: Regionale hoogteligging

Uit figuur B1.2 blijkt dat het maaiveld ter plaatse van het plangebied varieert van circa 17 tot 20 m+NAP. Ter hoogte van de camping en parkeerplaats bedraagt het maaiveld tussen de 19,5 en 20 m+NAP.

Uit de hoogtekaart in figuur B3.1 van de directe omgeving blijkt dat ten zuiden bij de bebouwing van de kern van Herten het maaiveld tussen de 19,5 en 20 m+NAP is gelegen. Ter hoogte van de slenk varieert het maaiveld tussen de 17,5 en 18 m+NAP. Ten westen van het plangebied liggen de boomgaarden en bebouwing op een hoogte van 19,5 tot 20,5 m+NAP. Ten zuidoosten van het plangebied, in de oude kern van Herten en ter hoogte van Merum ligt het maaiveld beduidend hoger, op een hoogte variërend van 22 tot 27 m+NAP. Uit de hoogtekaart blijkt dat de oude kernen op een hoger gebied zijn gelegen (midenterras) en dat de lagere delen in het oude Maasdal zijn gelegen (laagterras). Opgemerkt wordt dat in de kern van Herten, ter hoogte van de Joop den Uylstraat een laag gelegen gebied ligt, echter hier zijn recentelijk woningen gebouwd waarbij dit gebied vermoedelijk is opgehoogd. Ter plaatse van het gebied Oolder Veste zijn nog de oude maaiveldhoogten weergegeven van vóór de ophoging. Dit gebied ligt in de huidige situatie op een hoogte van 20,5 tot 23,5 m+NAP.

Bijlage 4

Bodemopbouw



Figuur B4.1: Bodemkaart

Ondiepe bodem (0-1 m-mv)

In figuur B4.1 is een uitsnede uit de bodemkaart opgenomen. De bodemkaart geeft een beeld weer van de opbouw van de bodem van de bovenste 1,2 meter. Ter plaatse van het plangebied zijn geen gegevens bekend; deels omdat het gebied in het verleden is ontgrond en deels vanwege het bebouwd karakter. Het noordwestelijke gelegen deel is wel opgenomen. Hieruit blijkt dat hier van oorsprong een kalkloze ooivaaggrond (rivierkleigrond) is gelegen, bestaande uit zware zavel en lichte klei (code: Rd90C). Ter plaatse van de slenk en de hogere delen van Herten is een hoge zwarte enkeerdgrond gelegen, bestaande uit lemig fijn zand (code: bEZ23). De overige omgeving bestaat ook uit rivierkleigronden, bestaande uit zware zavel en lichte klei (code Rd90C) of lichte zavel (code Rd10C). Verder blijkt dat een deel ten zuidoosten van het plangebied in het verleden is opgehoogd.

Op basis van de grondwatertrappen blijkt dat ter plaatse van het plangebied en directe omgeving een grondwatertrap VII voorkomt. Dit betekent dat de gemiddeld hoogste grondwaterstand dieper dan 0,8 m-mv is gelegen en de gemiddeld laagste grondwaterstand dieper dan 1,2 m-mv is gelegen. Dit geeft aan dat het een (voor Nederlandse begrippen) droog gebied betreft.

De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) is het gemiddelde van de grondwaterstand die gedurende 3 keer per jaar voorkomt over een periode van tenminste 8 jaar. De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) is de gemiddelde grondwaterstand die gedurende 3 keer per jaar voorkomt over een periode van tenminste 8 jaar.

Diepe bodem (100 m-mv)

Jachthaven Rosslag

Ter plaatse van het plangebied is een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd⁴. Bij het verkennend bodemonderzoek zijn handmatige boringen ter plaatse van het plangebied geplaatst. In het bodemonderzoek is de bodemopbouw als volgt beschreven:

Uit de verrichte werkzaamheden blijkt dat de bodemopbouw ter plaatse wisselend is.

Op het terreindeel dat als jachthaven/camping in gebruik is, bestaat de bovenste meter uit matig fijn zand, zwak tot sterk grindig. In de meeste boringen wordt het zand afgewisseld met een kleilaag. Hieronder is tot 6 m-mv siltige klei aangetroffen met bijmengingen van zand en grind.

Op het terreindeel dat bebost is of agrarisch wordt gebruikt, bestaat de toplaag tot circa

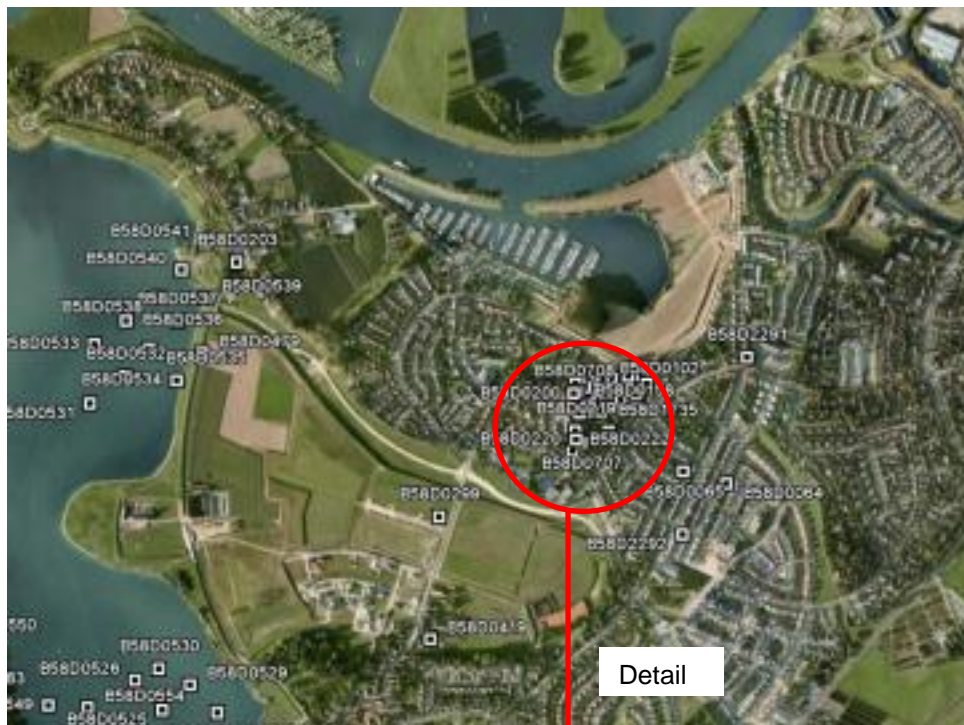
⁴ Verkennend bodemonderzoek Jachthaven De Rosslag

1 à 2 m-mv doorgaans uit leem/klei. Daaronder bestaat de bodem uit zand en klei zonder dat er duidelijk een patroon in waar te nemen is.

Plangebied Oolder Veste

Ter plaatse van het plangebied Oolder Veste, gelegen op circa 1 kilometer ten zuiden van de jachthaven, zijn diverse bodemonderzoeken uitgevoerd die als input en onderbouwing zijn gebruikt voor de rapportage van de waterhuishouding en geohydrologie van het plangebied Oolder Veste⁵. Uit de bodemonderzoeken is gebleken dat de bodem, voordat het gebied is opgehoogd, is opgebouwd uit een deklaag van circa 1 tot 4 meter klei (gemiddeld 3 à 4 meter) met daaronder een grindlaag die in directe verbinding staat met de Oolder Plas. Het gebied is grotendeels opgehoogd met een 2 tot 3 meter dikke ophooglaag van uiterst grofkorrelig zand met een grindhoudende bijmenging. Op de ophooglaag is een deklaag (teelaarde) aangebracht.

⁵ Rapportage Bodem en Water Oolder Veste te Roermond, Grontmij, kenmerk 290484/31/algemeen/rapport/R005, d.d. 2 april 1999



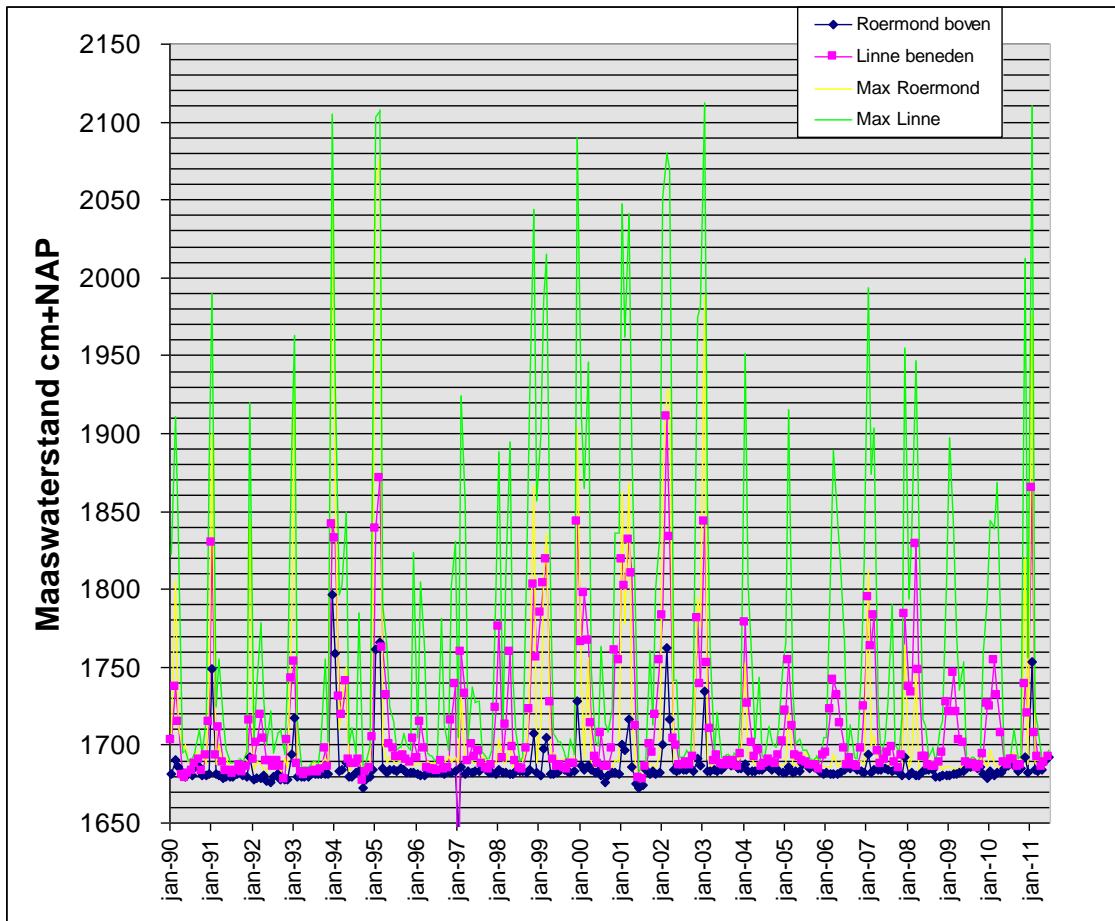
Figuur B4.2: Situering TNO-boringen



Figuur B4.3: Detail situering TNO-boringen

Bijlage 5

Maaswaterstanden



Figuur B5.1: Maaswaterstanden

Uit figuur B5.1 blijkt dat de waterstanden in de periode januari 1990 tot juli 2011 variëren tussen de 16,6 en 21,1 m+NAP. In de winterperiode vertoont de waterstand een piek (hoogwatersituatie) waarbij de Maaswaterstand ter hoogte van “Linne beneden” een sterke fluctuatie vertoont en de Maaswaterstand meer dan 4 meter kan stijgen. De Maaswaterstand ter hoogte van meetpunt “Roermond boven” vertoont na 1995 een lagere fluctuatie van maximaal 3 meter eind 2002. Tussen 1990 en 1995 is de fluctuatie tijdens de hoogwatersituatie in 1993 en 1995 ook 4 meter.

Na deze hoogwatersituaties is het Grensmaasproject opgestart en duurt tot circa 2015. Dit project moet onder andere zorgen dat de overstromingen niet meer voorkomen. Dit heeft wel geresulteerd in minder hoge pieken ter hoogte van het meetpunt Roermond boven na 1995. Na 1993 en 1995 zijn onder andere kades verhoogd en retentievoorzieningen aangelegd.

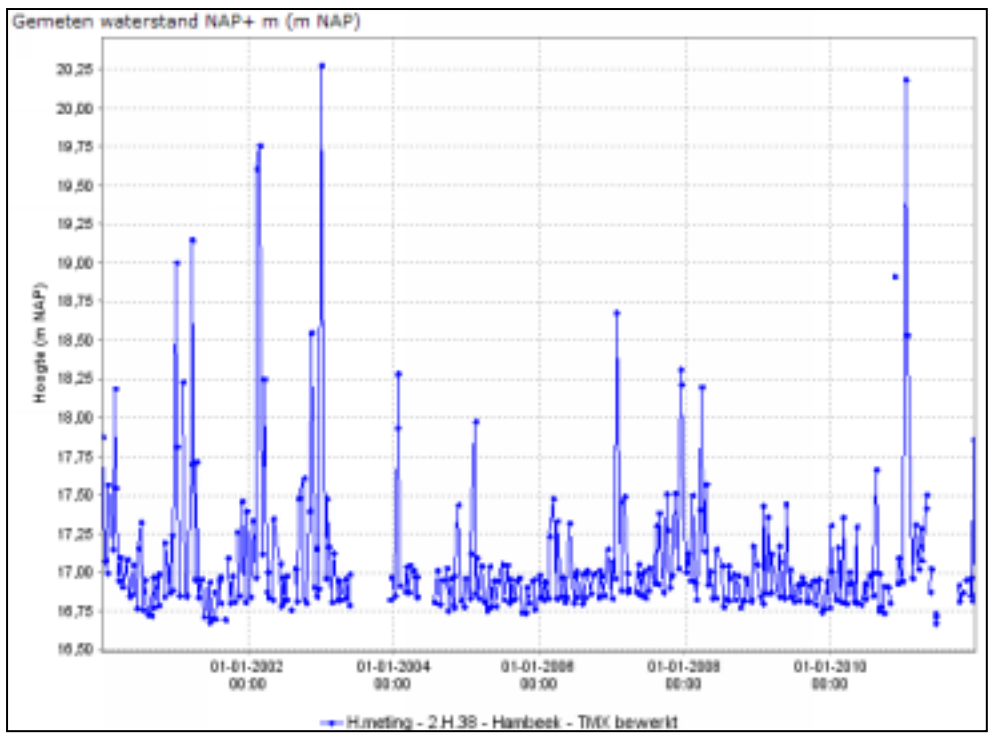
In januari 1997 is een sterke daling in de waterstand waarneembaar tot zelfs een niveau van 15,54 m+NAP ter hoogte van “Roermond boven”. Deze zeer lage waterstand is te relateren aan het feit dat de stuwen omlaag zijn gezet om onder andere ijsvorming bij de stuwen te voorkomen.

Kijkend naar het maandgemiddelde bedraagt de verhoging van de Maaswaterstand in de winterperiode circa 20 à 30 centimeter. Het stuwpeil van de Maas bedraagt op basis van de grafiek circa 16,85 m+NAP. Uit informatie van Rijkswaterstaat blijkt dat dit het huidige en toekomstige stuwpeil is. Het verschil in waterpeil en fluctuatie tussen de meetpunten “Linne beneden” en “Roermond boven” komt onder andere doordat tussen de meetpunten vele Maasplassen zijn gelegen en mede daardoor veel extra berging aanwezig is om bij hoogwatersituaties water te kunnen bergen waardoor de fluctuaties in de waterstanden minder hoog zijn.

Bij een gemiddeld peil van de Maas is sprake van een infiltratiesituatie, waarbij de Maas een drainerende werking heeft.

Bijlage 6

Waterstanden Hambeek



Figuur B6.1: Waterstanden Hambeek

Bijlage 7

TNO-peilbuizen

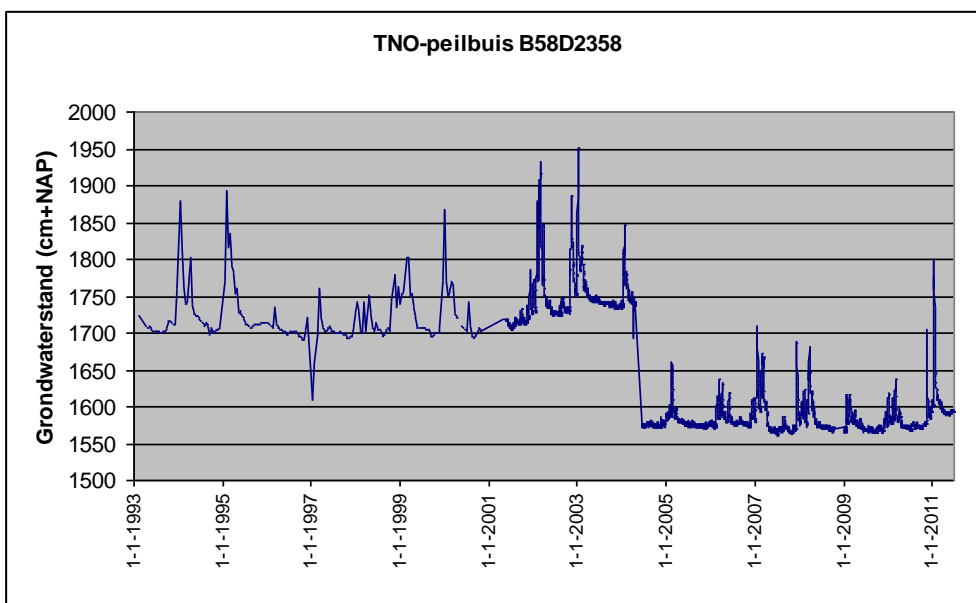
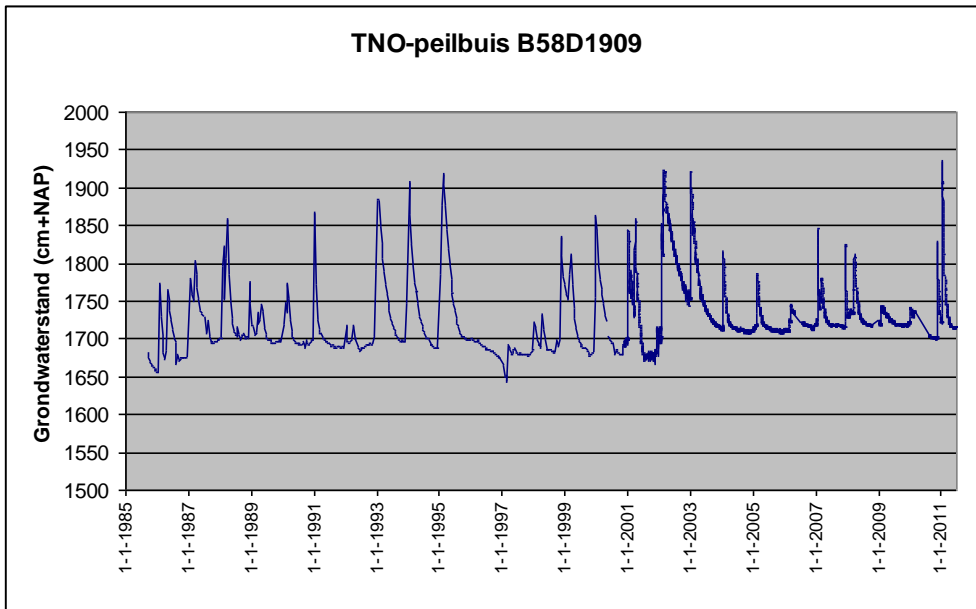
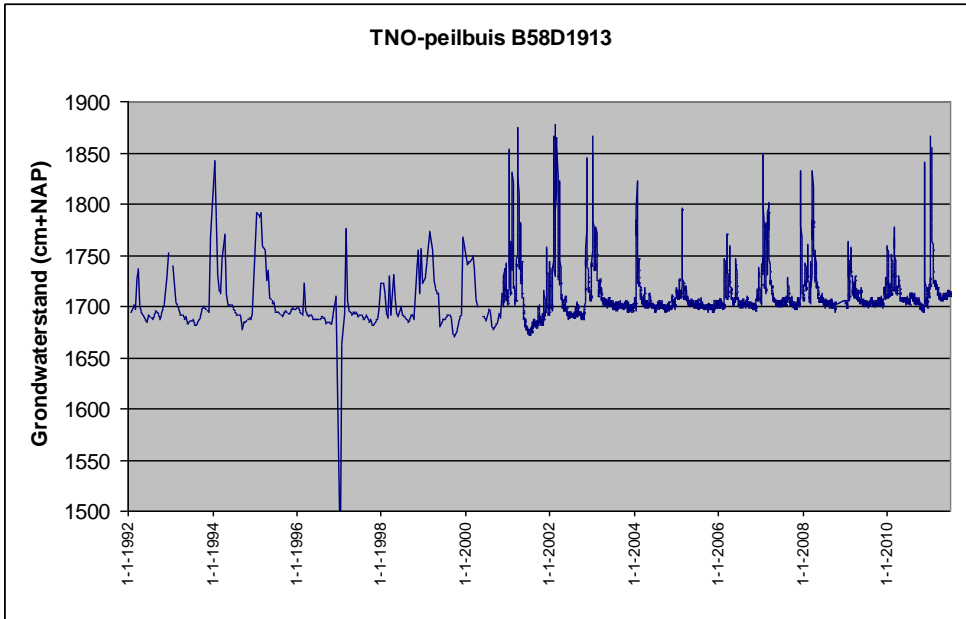


Bijlage 8

Gegevens TNO-peilbuizen

Bijlage 9

Grafieken TNO-peilbuizen



Bijlage 10

Grondwaterstanden

TNO-peilbuizen

De grondwaterstand in het plangebied wordt sterk beïnvloed door de Maas. Tijdens hoogwaterafvoeren van de Maas stijgt het grondwater in de directe omgeving van de Maas. Afhankelijk van de hoogte van de piek en de duur van de hoogwatergolf stijgt het grondwater steeds meer landinwaarts. Ter plaatse van het plangebied zijn geen peilbuizen aanwezig die zijn ingemeten ten opzichte van NAP en waarvan een langere meetreeks aanwezig is. Tijdens het verkennend bodemonderzoek van DHV 2007 ter plaatse is gebleken dat de grondwaterstand (peildatum 24 juli 2007) op een diepte van gemiddeld 2 m-mv stond.

In de directe omgeving zijn enkele TNO-peilbuizen aanwezig en ter plaatse van het plangebied Oolder Veste zijn meerjarige meetreeksen aanwezig van een peilbuizenennetwerk. In bijlage 6 is een tabel opgenomen met daarin een overzicht van de gegevens van de TNO-peilbuizen.

Uit de tabel blijkt dat er enkele peilbuizen aanwezig zijn met filters op verschillende diepten. Uit de gegevens van de ondiepe en diepe filters blijkt dat tot circa -40 m+NAP (watervoerend pakket 1A) een vergelijkbare grondwaterstand (rond de 17 m+NAP) in het pakket aanwezig is. Er is in het watervoerend pakket sprake van een infiltratiesituatie. In de diepere pakketten van circa -200 m-NAP wordt een hogere stijghoogte gemeten (27-28 m+NAP). Het betreft hier spanningswater.

In de omgeving van het plangebied zijn 3 TNO-peilbuizen gelegen met een filter in het 1^e watervoerend pakket 1A en waarvan een grote hoeveelheid metingen aanwezig zijn. Het betreffen de TNO-peilbuizen B58D1909, B58D1913 en B58D2358. In bijlage 9 zijn de grafieken met de grondwaterstanden opgenomen. In onderstaande tabel zijn de algemene gegevens van de peilbuizen opgenomen.

Tabel B7.1: Geohydrologische schematisatie

| Peilbuis | Filter | Maaiveld | Bk filter ¹ | Ok Filter ¹ | GLG | GHG | Jaargem | Meetperiode |
|----------|--------|----------|------------------------|------------------------|----------|----------|---------|-------------|
| | | m+NAP | m+NAP | m+NAP | m+NAP | m+NAP | m+NAP | |
| B58D1909 | 001 | 19,17 | 10,72 | 9,72 | ! 17.1! | ! 17.93! | 17,08 | 2004-2010 |
| B58D1913 | 001 | 18,90 | 13,60 | 11,60 | ! 16.96! | ! 18! | 17,05 | 2004-2010 |
| B58D1913 | 002 | 18,90 | 6,70 | 4,70 | ! 17.01! | ! 18.07! | 17,06 | 2004-2010 |
| B58D1913 | 003 | 18,90 | 1,70 | -0,30 | ! 16.7! | ! 17.53! | 17,07 | 1995-2001 |
| B58D2358 | 001 | 19,67 | 16,94 | 15,94 | ! 15.67! | ! 16.87! | 16,08 | 2004-2010 |

¹

Bk: Bovenkant

Ok: Onderkant

! : de meetreeks is niet correct voor het bepalen van de GHG/GHG (8 jarige meetreeks met 2 keer per maand een grondwaterstandsmeting)

Uit de gegevens in de tabel en grafieken blijkt dat de grondwaterstanden zich gemiddeld rond de 17 m+NAP bevinden en dat in de winterperiode de grondwaterstanden 1 à 2 meter kunnen stijgen tot 19,5 m+NAP bij peilbuis B58D2358. Vanaf 2003 ligt de grondwaterstand in de zomerperiode 0,2 à 0,4 meter hoger. Verder blijkt dat ter plaatse van de peilbuizen B58D1909 en B58D2358B in de periode tussen 2002 en 2004 voor een langere periode een hogere grondwaterstand wordt gemeten. De oorzaak is op basis van de beschikbare gegevens niet bekend maar kan mogelijk deels te relateren zijn aan het opspuiten van het plangebied Oolder Veste met zand waarbij het zand met water is opgespoten. Na realisatie van Oolder Veste heeft in deze peilbuizen de oude situatie van de grondwaterstand zich weer hersteld.

Opgemerkt wordt dat bij peilbuis B58D2358 in april 2004 de grondwaterstanden circa 1,7 meter lager liggen dan daarvoor. Dit is vermoedelijk te relateren aan het feit dat de peilbuis is verlengd en dat na de verlenging van de peilbuis deze niet meer opnieuw is ingemeten ten opzichte van NAP.

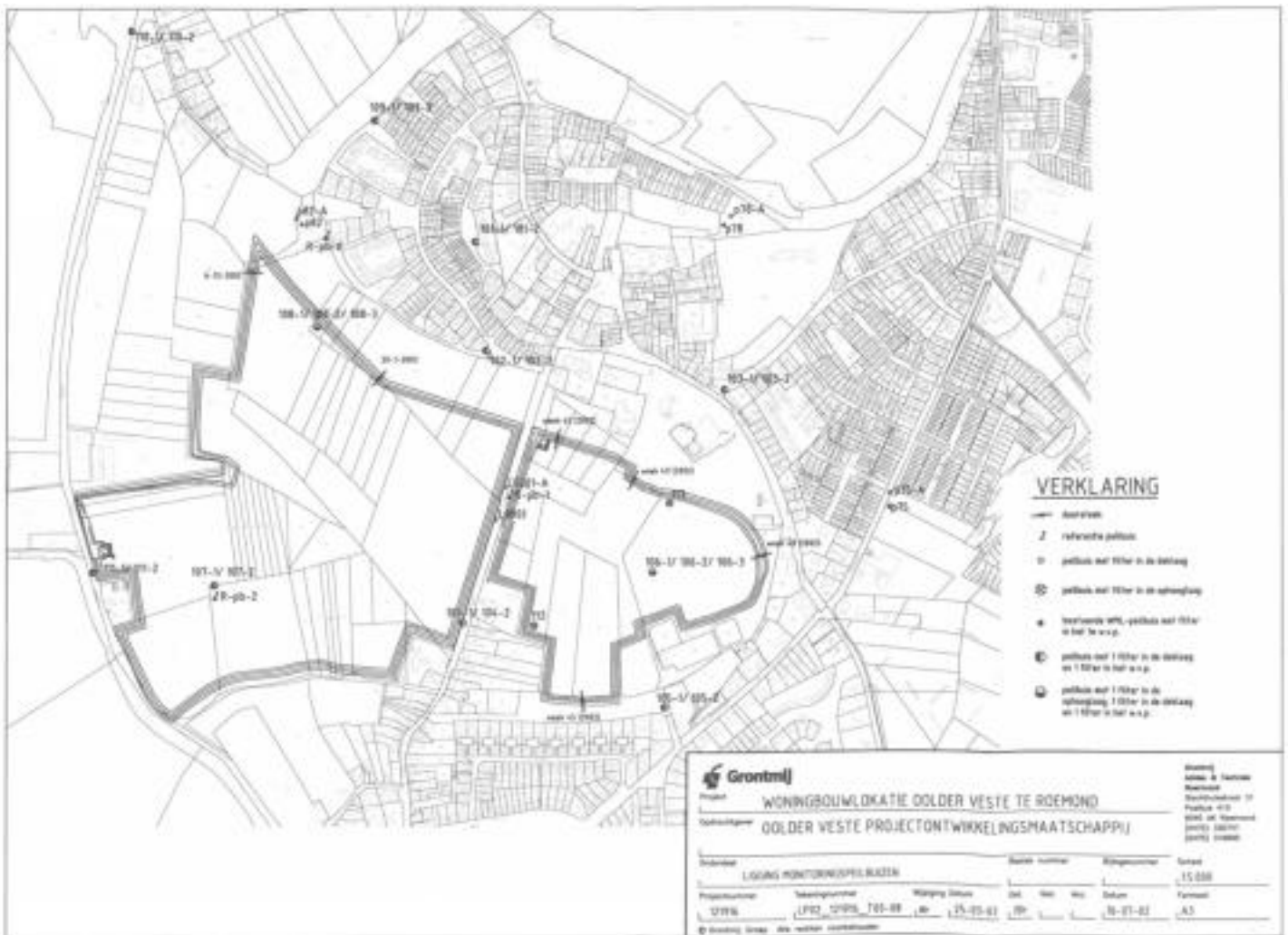
Uit de "Rapportage Bodem en Water Oolder Veste te Roermond" blijkt dat middels een grondwatermodel is berekend dat na het stopzetten van de winning van pompstation Herten de grondwaterstanden naar schatting in het plangebied Oolder Veste 0,05 meter in het westen tot

0,35 meter in het oosten stijgen. Niet bekend is of dit het freatisch grondwater in de deklaag of het dieper freatisch grondwater betreft.

Peilbuis B58D1909 is gelegen direct ten zuiden van het plangebied waardoor de grondwaterstanden het meest representatief kunnen worden gesteld. Wel wordt opgemerkt dat het plangebied direct aan de Maas is gelegen en de grondwaterstanden nog meer beïnvloed worden door de waterstand in de Maas. Ook wordt opgemerkt dat de peilbuis een filter van 9 tot 10 m-mv heeft en geen filter in de deklaag. De grondwaterstand bedraagt jaargemiddeld 17,08 m+NAP, de GHG bedraagt 17,93 m+NAP en de hoogst gemeten grondwaterstand in de afgelopen 25 jaar bedraagt 19,3 m+NAP (gemeten in januari 2011).

Monitoring peilbuizen netwerk Oolder Veste

Om de invloed van de werkzaamheden (ophoging) op de grondwaterstand in het plangebied en in de omgeving te kunnen monitoren, is ter plaatse van Oolder Veste en in de omgeving een peilbuizen netwerk aangelegd. Het peilbuizen netwerk is opgenomen in onderstaande figuur.



In de periode van 2002 tot en met 2003 is het grondwater twee-maandelijks gemonitord. Het doel van de monitoring van het peilbuizenennetwerk is het bijhouden van de grondwaterstanden tijdens de werkzaamheden in het plangebied "Oolder Veste" en het kunnen bepalen of sprake is van een meetbare verandering in de grondwaterstanden gedurende het verloop van de verschillende uitvoeringsfasen.

Op basis van de monitoring zijn de volgende conclusies getrokken:

- het verloop van de grondwaterstand in de ophooglaag voldoet aan de verwachting. Na de afronding van de opspuitwerkzaamheden daalt het grondwater in de ophooglaag, totdat de ophooglaag geheel droog is;
- de gevolgen van droge en nattere perioden zijn niet waarneembaar in de grondwaterstand in de ophooglaag;
- de waterstand in de deklaag neemt, naar verwachting, vanaf het begin van het jaar geleidelijk af. De grondwaterstand is in de periode juni tot en met november 2003, met uitzondering van enkele metingen relatief stabiel. Eind december 2003 begint de grondwaterstand weer licht te stijgen;
- de waterstand in het 1^e watervoerend pakket volgt over het algemeen hetzelfde verloop als de grondwaterstand in de deklaag. De waterstand neemt, naar verwachting, vanaf het begin van het jaar geleidelijk af. De grondwaterstand is in de periode juni tot en met november, met uitzondering van enkele metingen relatief stabiel. Eind december begint de grondwaterstand weer licht te stijgen.

In januari 2003 is een hoogwatergolf geweest met een Maaspeil, op basis van uurmeetgegevens, van circa 21,4 m+NAP (frequentie 1/250 jaar bij meetpunt Linne-beneden). In onderstaande tabel B10.1 zijn de grondwaterstanden van enkele peilbuizen in de directe omgeving opgenomen onder een normale waterstand van de Maas (stuwpeil) en bij de hoogwatersituatie in januari 2003. Uit de tabel blijkt dat bij een hoogwatersituatie de grondwaterstanden stijgen van 17,2-17,4 m+NAP onder de normale situatie tot 19,4-19,6 m+NAP bij een hoogwatersituatie.

Tabel B10.1: Grondwaterstanden normale situatie en hoogwatersituatie

| Peilbuis | Globale filterstelling (m-mv) | Gemiddelde grondwaterstand (m+NAP) | |
|----------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| | | Normale situatie | Hoogwatersituatie |
| P78A | 9-10 | 17,4 | 19,5 |
| 101-1 | 17-18 | 17,2 | 19,6 |
| 101-2 | 14-15 | 17,2 | 19,6 |
| 102-1 | 15-16 | 17,4 | 18,8 |
| 102-2 | 12-13 | 17,4 | 19,6 |
| 109-1 | 18-19 | <18,2 | 19,4 |
| 109-2 | 14-15 | <18,2 | 19,4 |

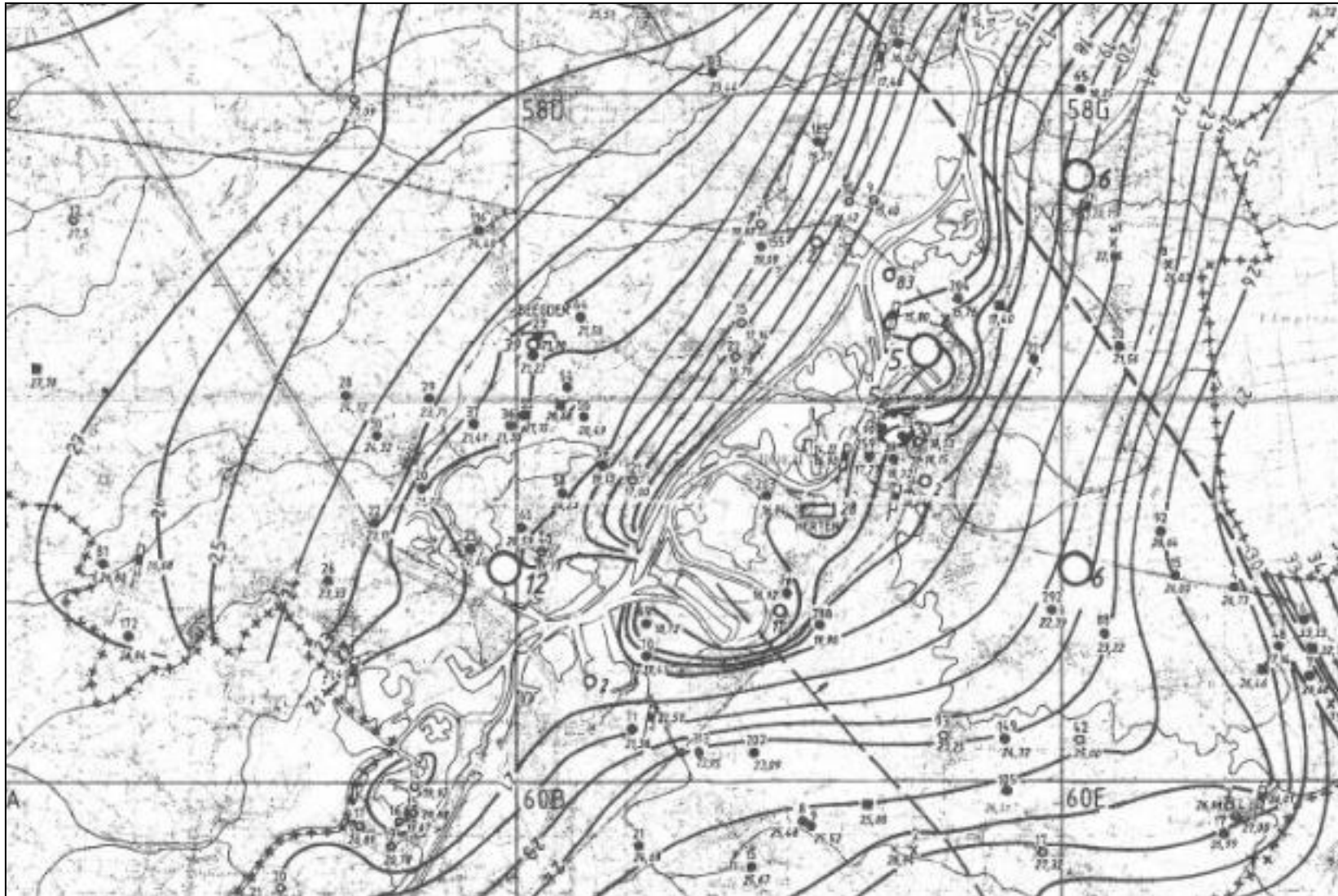
Bijlage 11

Isohypsenpatronen

Isohypsenvkaart van het freatisch grondwater in m+NAP op 28 augustus 1972



Isohypsenvkaart van het freatisch grondwater (dieper dan 5 m-mv) in m+NAP op 14 oktober 1983



Bijlage 12

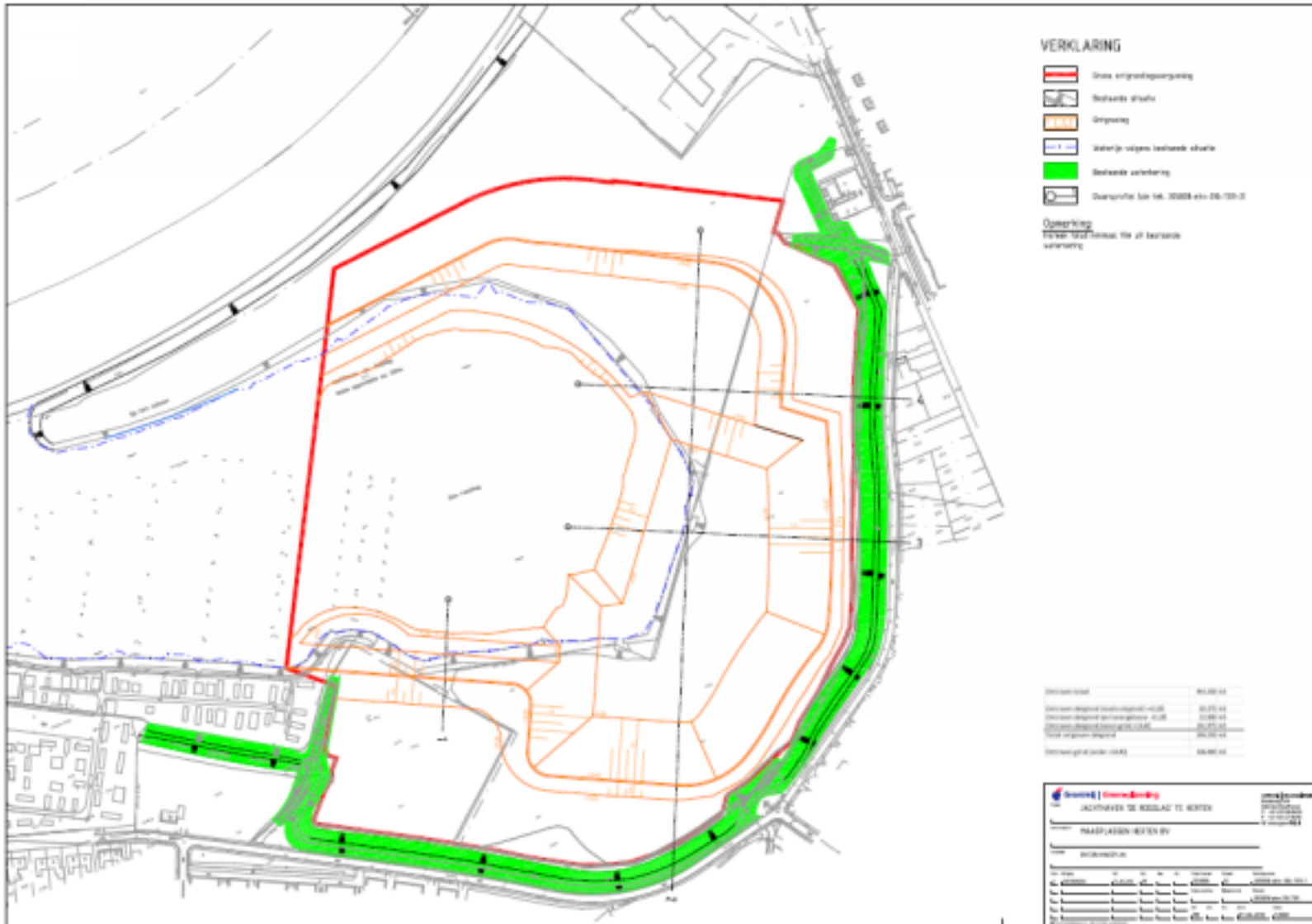
Isohypsenspatroon REGIS

Bijlage 13

Grondwateronttrekkingen

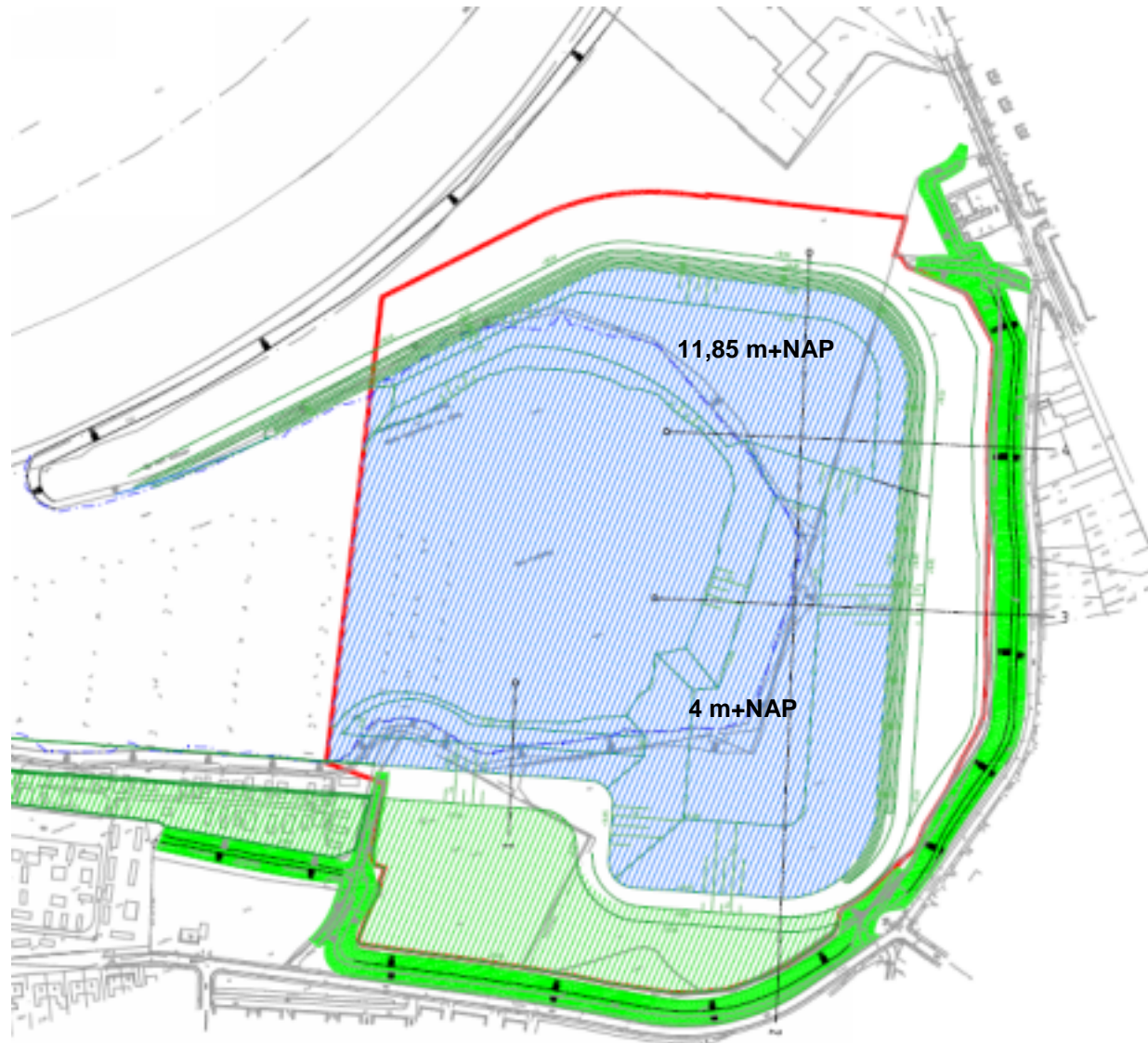
Bijlage 14

Begrenzing ontgroning





Bijlage 15

Detailtekening ontgroning



VERKLARING

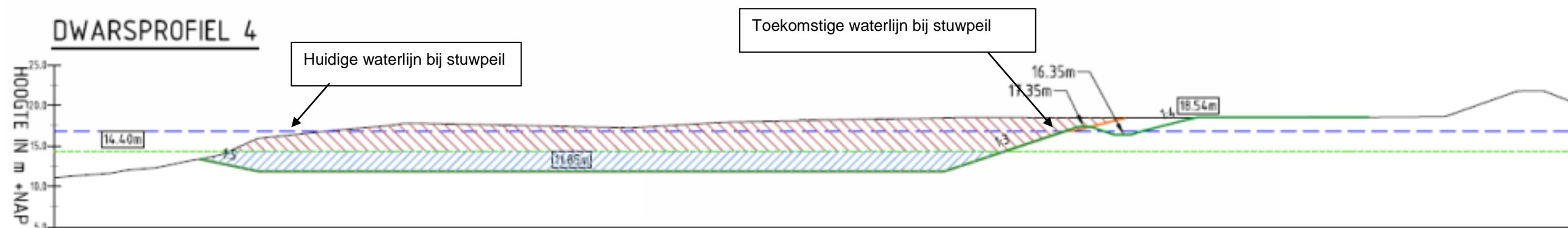
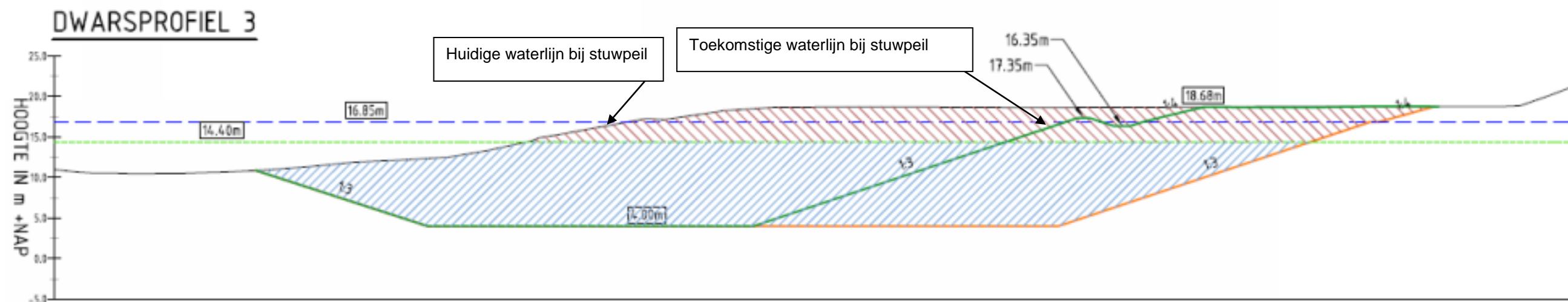
-  Grens ontgrondingsvergunning
-  Bestaande situatie
-  Ontgraving
-  Waterlijn volgens bestaande situatie
-  Toekomstige situatie wateroppervlak
-  Ophoging
-  Bestaande waterkering
-  Dwarsprofiel (zie tek. 305838-ehv-316-T09-3)

Opmerking:

Insteek talud minimaal 10m uit bestaande waterkering

Bijlage 16

Dwarsprofielen ontgraving



VERKLARING

-  Ontgraving Grond
-  Ontgraving Grind
-  Waterlijn (+16.85 N.A.P.)
-  Scheidingslijn (+14.40 N.A.P.)
-  Bestaande situatie
-  Ontgravings talud
-  Nieuwe situatie

Bijlage 17

Inrichtingsplan



Bijlage 18

Dwarsprofielen

Bijlage 19

Berekeningen

Toelichting berekeningen:

Ten behoeve van de berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- weerstand te ontgraven waterbodem 200 tot 400 dagen;
- weerstand deklaag 5 tot 30 dagen;
- doorlaatvermogen deklaag 5 tot 15 m/dag;
- weerstand deklaag/watervoerend pakket 1 dag;
- doorlaatvermogen bovenste gedeelte watervoerend pakket (grindlaag) 390 m²/dag;
- lengte ontgroning 300 meter;
- breedte ontgroning 100 meter;
- straal ontgroning 111 m $((300+50)/\pi)$;
- waterpeil Maas 16,85 m +NAP (normale situatie, waterpeil gelijk aan stuwpeil)
- waterpeil Maas tijdens hoogwatersituatie (T=250) 21,45 m +NAP;
- grondwaterstand bij hoogwater = 19,6 m +NAP (gemeten Oolder Veste, hoogwatersituatie 2003);
- de dikte (D) van de onderzijde ontgroning ten opzichte van de hoogwaterlijn bedraagt circa 9,5 meter (21,45-12 m +NAP);
- het betreffen indicatieve analytische berekeningen waarmee een orde grootte wordt aangegeven.

Berekening 1: Ontgroning: Verlaging grondwaterstand bij normale watersituatie

Om een inschatting te maken van de mate van verlaging als gevolg van de ontgroning is allereerst het verhang ter plaatse bepaald. Voor het bepalen van het verhang is gebruik gemaakt van de beschikbare gemeten grondwaterstanden in TNO-peilbuis B58D1906. Opgemerkt dient te worden dat de meetgegevens van deze peilbuis beschikbaar zijn tot 1999. Bij een situatie, waarbij het waterpeil in de Maas overeenkomt met stuwpeil (16,85 m +NAP) wordt hier een grondwaterstand gemeten van circa 17,5 m +NAP. De afstand tussen deze peilbuis en de huidige waterlijn in de haven van de Rosslag bedraagt 235 meter. Op basis van deze gegevens komt het verhang overeen met 0,0027 $(17,5-16,85 \text{ m +NAP}/235 \text{ meter} = 0,0027)$.

De breedte waarover de ontgroning plaatsvindt bedraagt 50 tot 80 meter. Wanneer de waterlijn 50 tot 80 meter naar het binnenland wordt verplaatst, betekent dit een verlaging van de grondwaterstand van circa 0,1 tot 0,2 m $(0,0027 \cdot 50 \text{ m} = 0,15 \text{ m})$ ter plaatse van de toekomstige waterlijn. Indien de grondwaterstand ter plaatse van peilbuis B58D1906 in de huidige situatie bijvoorbeeld circa 0,5 meter hoger is dan gemeten, dan heeft dit een extra verlaging van enkele centimeters tot gevolg. Daarnaast neemt, als gevolg van de ontgraving, de weerstand van de bodem af.

Om een inschatting te kunnen doen en een gevoel te krijgen tot hoever deze verlaging van de grondwaterstand in het achterland merkbaar is, zijn aanvullende berekeningen verricht met Huisman-Kemperman. Hierbij dient te worden opgemerkt dat het hier om worst case benaderingen gaat, aangezien in de definitieve situatie een deel van de deklaag en dus ook de weerstand weer terug wordt aangebracht. Daar is in de onderstaande berekening nog geen rekening mee gehouden.

De verdere uitwerking van deze formule is weergegeven verderop in deze bijlage. Voor de berekening wordt de verlaging van het grondwater gezien als een "onttrekking". Bij de berekeningen is rekening gehouden met zowel minimale als maximale ingeschatte doorlatendheden en weerstanden van de verschillende watervoerende lagen en het oppervlak waarover de ontgroning plaatsvindt.

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in tabel B 19.1.

Op basis van de berekeningen kan worden gesteld dat, als gevolg van de ontgroning een grondwaterstandsverlaging van circa 0,1 tot 0,2 meter kan worden verwacht. Het invloedsgebied waarover deze verlaging nog merkbaar is bedraagt maximaal 100 meter. Indien de grondwaterstand 5 tot 20 centimeter extra wordt verlaagd, zijn de gevolgen voor het invloedsgebied minimaal (enkele centimeters op de rand). Dit betekent dat ter plaatse van de bebouwing over een afstand van circa 50 meter een grondwaterstandsverlaging van 5 tot 10 centimeter merkbaar is. Deze verlaging van de grondwaterstand heeft verder geen gevolgen voor de omgeving.

Tabel B19.1: Minimale en maximale beïnvloeding grondwaterstand omgeving

| Afstand (m) t.o.v. toekomstige waterlijn | Min. verlaging (m) | Max. verlaging (m) |
|------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| | Deklaag | Deklaag |
| 0 | 0,20 | 0,20 |
| 5 | 0,20 | 0,20 |
| 10 | 0,15 | 0,20 |
| 25 | 0,10 | 0,15 |
| 50 | 0,05 | 0,10 |
| 100 | nvt | 0,05 |
| 200 | Nvt | Nvt |
| 300 | nvt | nvt |

Berekening 2: Ontgroning: Stijging grondwaterstand bij hoogwatersituatie

Tijdens een hoogwatersituatie wordt, als gevolg van de ontgroning, de hoogwaterlijn niet verplaatst. De hoogwaterlijn blijft op dezelfde locatie als voorheen. Echter, als gevolg van de ontgraving, neemt de weerstand van de bodem, in de tijdelijke situatie, af. Hierdoor infiltreert tijdens een hoogwatersituatie in de Maas meer water landinwaarts. Middels een indicatieve berekening is gekeken welke mate van beïnvloeding te verwachten is.

Hiervoor is gekeken naar de hoeveelheid water dat tijdens een hoogwatersituatie na de ontgroning over een bepaald oppervlak infiltreert ten opzichte van de huidige situatie.

Op basis van boorgegevens blijkt dat de eerste 4 meter van de bodem uit een afwisseling bestaat van zwak tot sterk zandige leem, siltige klei en veen. Onder deze bodemlaag bestaat de bodem uit grindhoudend zand en grind. De globale hydraulische weerstand van deze eerste laag bedraagt circa 50 tot 100 dagen per meter. De weerstand van de grindhoudende laag bedraagt 0,3 dagen per m (bron: Grondwaterzakboekje, Bram Bot, ISBN-EAN:978-90-817869-0-4, 2011). Voor de te ontgraven laag kan, op basis van het bovengenoemde, een weerstand worden aangehouden van circa 200 tot 400 dagen. Na de ontgroning wordt aan de oostelijke zijde van de haven weer een oever aangebracht met een breedte van circa 50 meter. Daarnaast wordt een gedeelte van de ontgroning weer tot maximaal 11,85 m+NAP aangevuld met minder doorlatend materiaal (zie figuur 4.3a en 4.3b). In het zuidelijk deel van de haven wordt geen nieuwe oever aangebracht. Hier wordt alleen de ontgroning aangevuld met minder doorlatend materiaal tot maximaal 11,85 m+NAP. Ten behoeve van het bepalen van de beïnvloeding wordt het zuidelijk en het oostelijk deel apart beschouwd.

Zuidelijk deel:

De bovenzijde van de aan te vullen ontgroning ligt beneden het niveau van de watervoerende grindlaag (groene arcering figuur 4.3), waardoor de grindhoudende watervoerende laag in contact staat met de waterplas. De aanvulling met minder doorlatend materiaal zal invloed hebben op de hoeveelheid water dat tijdens een hoogwatersituatie naar het binnenland infiltreert. Echter gezien de dikte van de grindhoudende laag is voor de onderstaande berekeningen ervan uitgegaan dat de invloed van het aangevulde minder doorlatend materiaal verwaarloosbaar is.

Om een globale indruk te krijgen welke invloed de ontgroning heeft tijdens een hoogwatersituatie is allereerst een inschatting gemaakt van de hoeveelheid water dat gedurende een hoogwatersituatie per dag naar het binnenland infiltreert. Hierbij is gebruik gemaakt van de wet van Darcy. Het invloedsgebied is berekend met behulp van de formule van Huisman-Kemperman.

$$Q=k*\Delta h/L*A$$

Waarbij:

Q= infiltratiedebiet (m³/dag)

k = doorlatendheid ontgravende laag (0,01 – 0,02 m/dag);

Δh = stuwpeil Maas – hoogwaterpeil Maas (T=250);

L = breedte ontgraving (100 m)

A = oppervlakte (300*(21,45-12 m +NAP) 9,5 m)

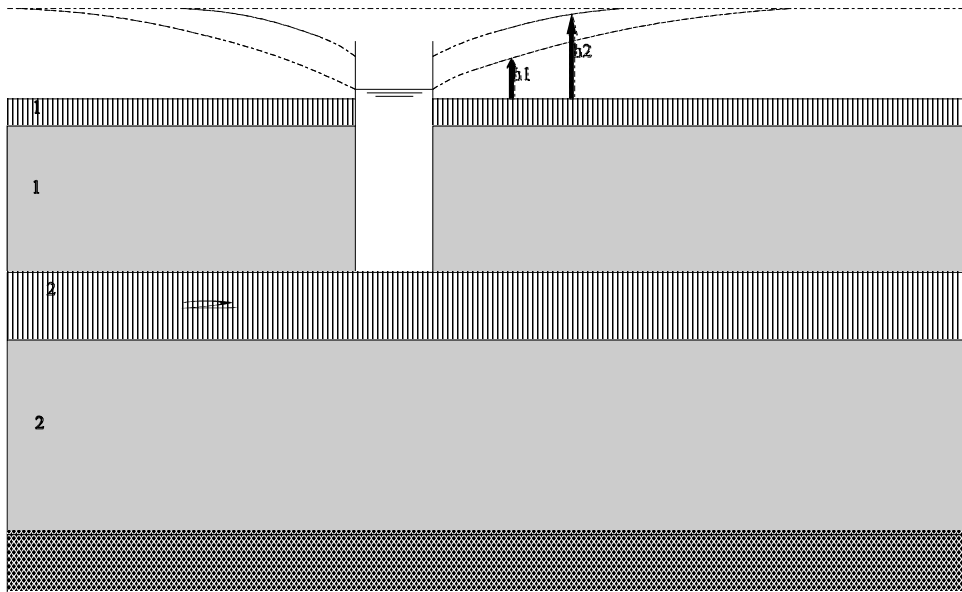
Het debiet neemt, als gevolg van de ontgraving, globaal met circa 10 m³/uur toe. Hierdoor worden grondwaterstanden gemeten die circa 10 tot 20 centimeter hoger zijn. Op een afstand van circa 200 meter vanaf de hoogwaterlijn is geen beïnvloeding meer merkbaar.

Oostelijk deel:

Ter plaatse van het oostelijk deel wordt over een breedte van circa 50 meter weer aangevuld als oever. Het opvulmateriaal bestaat uit het materiaal van de vrijkomende deklaag (leem, klei en zand). Door de opvulling wordt de weerstand biedende laag, die bij de afgraving is verwijderd, weer opnieuw aangebracht. De totale weerstand van de laag zal hierdoor gelijk blijven of zelfs groter worden. Door het aanbrengen van deze laag wordt daarnaast een gedeelte van de grindlaag dat in de huidige situatie nog rechtstreeks in contact staat met het water in de haven "afgesloten". Daarnaast wordt de bodem van de haven deels aangevuld met minder doorlatend materiaal, waardoor de kwelweg eveneens toeneemt. Op basis van de bovengenoemde factoren zal tijdens een hoogwatersituatie de beïnvloeding naar het achterland niet wijzigen of zelfs afnemen.

Toelichting: Berekeningen Huisman-Kemperman

Bij een schematisatie volgens Huisman-Kemperman is er sprake van een slecht doorlatende deklaag met daaronder een afwisseling van eerste watervoerend pakket, scheidende laag en tweede watervoerend pakket. Op basis van het pakket waarin de onttrekking plaatsvindt en de debietgrootte wordt de verlaging in beide pakketten berekend volgens onderstaande formules.



Figuur 1 Schematisatie volgens Huisman-Kemperman

Uitgangspunten:

- stationaire horizontale, radiale stroming in twee homogene isotrope watervoerende pakketten; een volkomen bron in het eerste of tweede watervoerend pakket;
- verticale stroming in de twee semi-permeabele lagen;
- freatisch vlak op constant niveau gehandhaafd.

Oplossingsformules:

$$\Delta h_{r_1} = \frac{Q}{2\pi k_1 D_1} \cdot \frac{l}{L_1^2 - L_2^2} \cdot \{ (a_2 \cdot L_1^2 - l) \cdot L_2^2 \cdot K_0\left(\frac{r}{L_1}\right) - (a_2 \cdot L_2^2 - l) \cdot L_1^2 \cdot K_0\left(\frac{r}{L_2}\right) \}$$

en

$$\Delta h_{r_2} = \frac{Q}{2\pi k_1 D_1} \cdot \frac{a_2 \cdot L_1^2 \cdot L_2^2}{L_1^2 - L_2^2} \cdot \{ K_0\left(\frac{r}{L_1}\right) - K_0\left(\frac{r}{L_2}\right) \}$$

met:

$$L_{1,2}^2 = \frac{2}{a_1 + a_2 + b \pm \sqrt{(a_1 + a_2 + b)^2 - 4a_1 \cdot a_2}}$$

$$a_1 = \frac{l}{K_1 D_1 \cdot C_1}, \quad a_2 = \frac{l}{K_2 D_2 \cdot C_2}, \quad b = \frac{l}{K_1 D_1 \cdot C_2}$$

waarin:

| | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------------------------------|-----------------------|
| Q | = | Te onttrekken debiet | [m ³ /etm] |
| □h ₁ | = | Verlaging in eerste watervoerend pakket | [m] |
| □h ₂ | = | Verlaging in tweede watervoerend pakket | [m] |
| r | = | Straal van de bouwput | [m] |
| c ₁ , c ₂ | = | Weerstand eerste of tweede semi-permeabele laag | [etm] |
| k ₁ D ₁ | = | Doorlaatvermogen eerste watervoerend pakket | [m ² /etm] |
| K ₀ | = | Besselfunctie | |

Voor het geval onttrekking in het tweede watervoerend pakket plaatsvindt zijn vergelijkbare vergelijkingen afgeleid.