

Rapport

Hydrologisch onderzoek wijzigingsplannen
hoogwatergeul Lomm

projectnr. 258422.00
revisie 03
08 mei 2013

auteur(s)

ir. J.J.M. van Roestel

Opdrachtgever

DCM Exploitatie Lomm BV
Postbus 90
6590 AB Genneep

datum vrijgave
08 mei 2013

beschrijving revisie 03
Aanpassingen t.b.v. MER hoofdrapport

goedkeuring
J. van Roestel

vrijgave
J. van der
Meulen

Datum van uitgave:
08 mei 2013

Contactadres:
Beneluxweg 7
4904 SJ Oosterhout
Postbus 40
4900 AA Oosterhout

Inhoud

blz.

1	Inleiding	3
1.1	Voorgenomen activiteit	3
1.1.1	<i>De optimalisatie van de hoogwatergeul</i>	4
1.1.2	<i>Aanleg van een bypass.....</i>	5
1.1.3	<i>Herontwikkeling van het kassengebied.....</i>	6
1.2	Beschouwde alternatieven.....	7
1.3	Beschouwde varianten.....	8
1.3.1	<i>Behoud maaiveld oostelijke lob perceel archeologisch monument</i>	8
1.3.2	<i>Kleiner deel kassengebied</i>	10
1.4	Voorkeursalternatief.....	10
1.5	Aansluiting op eerder verricht onderzoek	10
1.6	Opbouw van het rapport.....	11
2	Methodiek van onderzoek.....	12
3	Uitgangspunten eerder onderzoek	13
4	Toets modelvoorspellingen aan metingen peilbuizen	15
4.1	Aanleiding voor de toets en ligging peilbuizen	15
4.2	Analyseresultaat van peilbuizen	15
4.3	Consequenties voor de geohydrologische opbouw	19
5	Nadere vaststelling van de geohydrologische opbouw	20
5.1	Algemene beschrijving en diepteligging Venlo klei.....	20
5.2	Discontinuïteiten watervoerende pakket.....	21
5.3	Discontinuïteiten en grondwaterstanden in raaien hoogwatergeul	23
5.4	Grondwaterstroming en weerstand discontinuïteiten hoogwatergeul.....	24
5.5	Discontinuïteiten op basis van grondwaterstanden in raaien bypass	25
5.6	Grondwaterstroming en weerstand discontinuïteiten bypass.....	27
5.7	Overzicht hiervoor vermelde en overige bevindingen	28
6	Optimalisatie hoogwatergeul Lomm door weerdverlaging	30
6.1	Maatregelen inrichting.....	30
6.2	Effecten op de grondwaterstroming	30
6.3	Effecten op de beken	31
6.4	Effecten op de landbouw, natuur en bebouwing	31
7	Hydrologisch onderzoek inrichting bypass	32
7.1	Inrichting van de bypass.....	32
7.2	Maatregelen tijdelijke situatie	32
7.3	Maatregelen eindsituatie	34
7.3.1	<i>Overzicht van de maatregelen</i>	34
7.3.2	<i>Hydrologisch scherm zuidelijk van de breuk in de Venlo klei</i>	34
7.3.3	<i>Hydrologisch scherm noordelijk van de breuk in de Venlo klei</i>	36
7.3.4	<i>Benodigde laagdikte op talud ontgraving in verband met opbarsten</i>	37
7.3.5	<i>Regelbaar maken systeem middels een beek aan de oostkant.....</i>	37
7.4	Effecten op de grondwaterstroming	38

7.5	Effecten op de beken	38
7.6	Effecten op de landbouw, natuur en bebouwing	38
8	Hydrologisch onderzoek zuidelijke uitbreiding	39
8.1	Maatregelen	39
8.2	Effecten op de grondwaterstroming en grondwaterpeil.....	39
8.3	Effecten op de beken	40
8.4	Effecten op de landbouw, natuur en bebouwing	40
8.5	Variant met twee in plaats van drie kassen in de planontwikkeling	40
9	Afweging van de alternatieven	41
9.1	Effecten ten opzichte van de uitgangssituatie	41
9.2	Effecten ten opzichte van de uitgangssituatie	41
9.3	Effecten ten opzichte van de referentiesituatie	44
10	Conclusies.....	46
10.1	Optimalisatie hoogwatergeul door weerdverlaging	46
10.2	Maatregelen bypass Lomm	46
10.3	Zuidelijke uitbreiding	47
10.4	Effecten grondwaterstroming, oppervlaktewater, landbouw, natuur en bebouwing.....	47
Bijlage 1: Onderzoek Van Rooijen Adviezen BV hoogteligging Venlo klei (17 april 2009)		49
Bijlage 2: Locatie sonderingen (ondergrond concept inrichting Lomm 2009)		50
Bijlage 3: Raaien N en Z ter hoogte van bypass en ligging slecht doorlatende zone (schuin gearceerd)		51

1 Inleiding

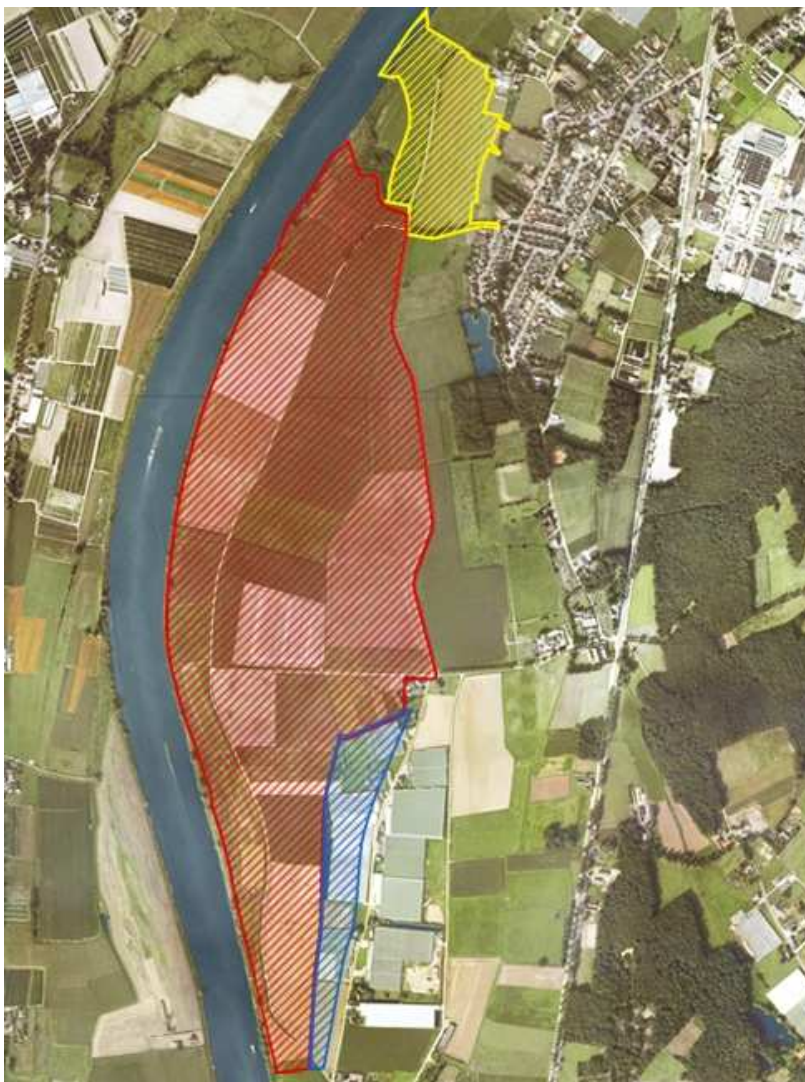
1.1 Voorgenomen activiteit

DCM Exploitatie Lomm BV (DCM) is al geruime tijd bezig met de realisatie van de vergunde hoogwatergeul Lomm. Vanaf medio 2006 zijn de voorbereidende werkzaamheden uitgevoerd en medio 2007 is gestart met de daadwerkelijke zandwinning. Ter plaatse van de Hoogwatergeul kan op basis van de verleende vergunningen 5,4 miljoen m³ vermarktbaar product (zand en grind) worden gewonnen. De waterstandsdeling als gevolg van het eindplan zal circa 7 cm zijn bij 1:250 en circa 5 cm bij 1:1.250.

Gezien de nog te behalen meerwaarde in het project Lomm heeft DCM onderzocht op welke manier de hoogwatergeul Lomm kan worden geoptimaliseerd waarbij de doelstelling van het Tracébesluit, zoals o.a. de geplande verhouding land-water en de natuurinvulling, behouden blijft.

Het planvoornemen 'Wijzigingen hoogwatergeul Lomm' bestaat uit drie onderdelen (zie figuur 1.1):

1. De optimalisatie van de hoogwatergeul Lomm (rood);
2. De aanleg van een bypass (geel);
3. De herontwikkeling van een te saneren kassengebied (blauw).



Figuur 1.1. De drie planonderdelen van de voorgenomen activiteit.

1.1.1 De optimalisatie van de hoogwatergeul

Gezien de nog te behalen meerwaarde in het project Lomm heeft DCM onderzocht op welke manier de hoogwatergeul Lomm kan worden geoptimaliseerd waarbij de doelstelling van het Tracébesluit gerespecteerd blijft. De optimalisatie heeft uiteindelijk geleid tot een aangepast ontwerp (zie figuur 1.2) met de volgende wijzigingen ten opzichte van het ontwerp dat ten grondslag lag aan het Tracébesluit:

- realiseren van extra waterstandsverlaging van ca. 5 cm door de weerd aan de oostzijde van de geul te verlagen tot circa 12,10 m +NAP in combinatie met bypass Lomm (zie paragraaf 1.1.2). Door de weerdverlaging en de bypass is sprake van een extra rivierverruiming van circa 1 miljoen m³;
- het winnen van extra vermarktbaar product binnen de contour van het Tracébesluit¹;
- extra ruimte voor de berging van niet vermarktbaar product;
- Het aanpassen van het sectoraal plan in het kader van het Tracébesluit naar een meer integraal gebiedsplan dat ook aansluiting vindt bij de dorpen Lomm en het gehucht Hasselt.

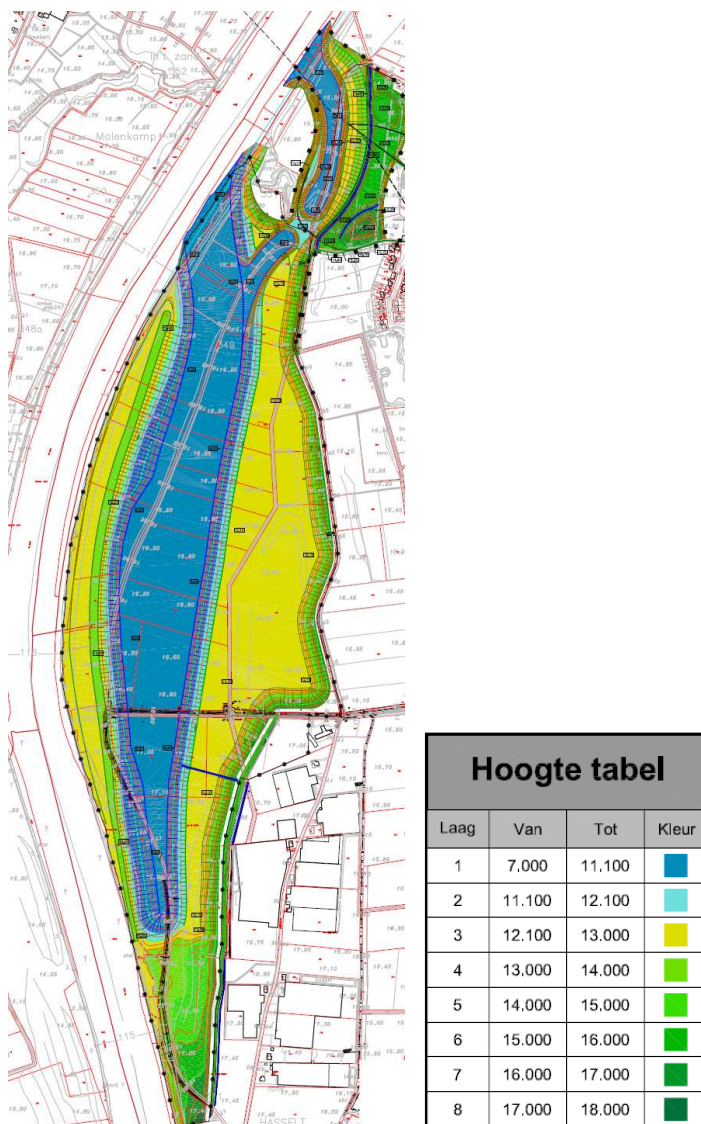


Fig. 1.2. Aangepaste ontwerp geoptimaliseerde hoogwatergeul en bypass

¹ Binnen het gebied van de hoogwatergeul Lomm is op basis van het Tracébesluit sprake van een gesloten grondbalans. Hierdoor kunnen niet alle aanwezige grondstoffen worden gewonnen. Vanuit efficiënt ruimtegebruik ten behoeve van delfstoffenwinning is dit niet optimaal. In het kader van de optimalisatie wordt getracht de nog "aanwezige niet vergunde delfstoffen" binnen de genoemde doelstelling te kunnen winnen.

In de eindsituatie is de verhouding land – water ongeveer hetzelfde als bij de vergunde hoogwatergeul. Deze verhouding bestaat uit 5/8 oppervlakte land ten opzichte van 3/8 oppervlakte water.

De uitvoering van de optimalisatie sluit aan bij de uitvoering van de in aanleg zijnde hoogwatergeul, aangezien het een “optimalisatie is van de al vergunde ontgroning” door al het aanwezige vermarktbare product binnen het gebied van de hoogwatergeul te winnen.

Op dit moment vindt de ontgroning van noord naar zuid plaats. De uitvoeringswijze van de ontgroning en inrichting blijft voor wat betreft de optimalisatie van de hoogwatergeul in principe gelijk.

1.1.2 **Aanleg van een bypass**

Het huidige ontwerp van de hoogwatergeul leidt tot een piek op de Maas ter plaatse van de uitstroomvoorziening. Deze piek past echter binnen de mitigerende maatregelen van Zandmaas/ Maasroute. Hierdoor is er geen sprake van een waterstandsverhoging bij hoogwater. De optimalisatie van de hoogwatergeul leidt echter tot meer instroom en dus ook tot een negatief benedenstrooms effect: een extra piek op de Maas ter plaatse van de uitstroomvoorziening. Deze extra piek dient vanuit rivierkundig oogpunt te worden geneutraliseerd door realisatie van de bypass. Hiervoor wordt de extra piek gespreid door “twee” uitstroomlocaties en blijft zodoende binnen de reeds vergunde piek. Een meer gestroomlijnde vormgeving van de huidige uitstroom zonder bypass om de extra piek te neutraliseren is niet mogelijk aangezien aan de noordzijde het archeologisch monument ligt dat dient te worden behouden.

Daarnaast is er tevens een recreatief-toeristisch en landschappelijk belang om de geul door middel van een bypass naar het noorden toe te vergroten waarbij aansluiting kan worden gevonden op de westzijde van Lomm. Hierdoor kan er meer samenhang worden bereikt tussen de hoogwatergeul en het dorp Lomm met zijn omgeving waardoor er geen sprake meer is van een sectoraal plan “de hoogwatergeul” maar van een meer integraal (gebieds)plan. Dit past binnen de wens van de Dorpsraad van Lomm zoals dit is vertaald in het DOP (dorpsontwikkelingsplan). In het DOP worden kansen voor recreatie en toerisme gezien doordat het gebied aantrekkelijker wordt door realisatie van de hoogwatergeul Lomm.

Het gebied waar de bypass wordt gerealiseerd is ca. 10.5 ha groot. In figuur 1.3 is een vogelvluchtimpressie van de bypass weergegeven. Het archeologisch monument (de watermolen) blijft gehandhaafd op de huidige locatie. De bypass krijgt een diepte van circa 4 meter in de eindsituatie (de bodem van de bypass is gelegen op circa 7,10 m + NAP). Deze diepte is bepaald op basis van de hoogte van de bovenkant van de Venlo klei ter plaatse.



Fig. 1.3. Vogelvluchtimpressie bypass Lomm (Groenplanning januari 2008)

De inrichting van de bypass is overeenkomstig de rest van de hoogwatergeul. De uitvoering van de bypass is indirect gekoppeld aan de uitvoering van de hoogwatergeul. Dit wil zeggen dat het

vrijkomende toutvenant (ruwe product) zal worden afgevoerd en gelost “voor” de zuiger die in de hoogwatergeul ligt. Op deze wijze wordt het toutvenant gelijktijdig met het toutvenant van de hoogwatergeul mee verwerkt.

De gemeente Venlo geeft in een Collegebesluit (d.d. 19 april 2011) aan dat zij niet verantwoordelijk is voor het toekomstige beheer in de eindsituatie. De gemeente geeft aan dat deze verantwoordelijkheid, in overleg met de gemeente Venlo, bij derden neergelegd dient te worden. Tussen de initiatiefnemer, de gemeente Venlo, de dorpsraad Lomm en Stichting het Limburgs Landschap vind overleg plaats over de inrichting en het beheer van de bypass in de eindsituatie.

In onderstaand overzicht zijn de kengetallen van de vergunde Hoogwatergeul Lomm en de Hoogwatergeul optimalisatie en bypass met elkaar vergeleken.

Tabel 1.1. Kengetallen van de vergunde Hoogwatergeul en de Hoogwatergeul optimalisatie en bypass

	HWG	HWG, HWG optimalisatie en bypass
Totale oppervlakte	80 ha	90 ha
- oppervlakte land	50 ha	57 ha
- oppervlakte water	30 ha	33 ha
Hoeveelheid rivierverruiming	3,2 Miljoen m ³	4,2 Miljoen m ³

1.1.3 Herontwikkeling van het kassengebied

Ten zuidoosten van het plangebied nabij de Ebberstraat (zie figuur 1.4) is een aantal kassen gelegen. Het voornemen bestaat om de 3 kassen ten westen van de Ebberstraat uit te plaatsen zodat de hoogwatergeul kan worden vergroot en in de resterende strook langs de Ebberstraat nog een aantal extra woningen gerealiseerd kan worden. Het noordelijke deel van het kassengebied dat in het gebiedsplan is onderzocht, is gedeeltelijk binnen het plangebied gelegen. De 3 kassen in dit gebied dienen gesaneerd te worden ten behoeve van de vergroting van de hoogwatergeul, natuurontwikkeling en delfstoffenwinning.

De herontwikkeling van het kassengebied levert ook mogelijkheden voor een extra waterstandsdeling op. De uitplaatsing van de kassen gaat gepaard met aanzienlijke kosten en in dit kader kan DCM een financiële bijdrage leveren voor wat betreft de aankoop van de gronden van de 3 kasseneigenaren die grenzen aan de hoogwatergeul. Hiermee wordt invulling gegeven aan een maatschappelijk gewenste opgave.

Het kassengebied dat herontwikkeld wordt heeft een oppervlakte van circa 7 hectare. In dit gebied kan ca. 400.000 m³ worden gewonnen. Om de ontgroning in dit gebied mogelijk te maken dient over een lengte van ongeveer 1 kilometer een kade te worden verlegd. De uitvoeringswijze van dit gebied is hetzelfde als voor de optimalisatie van de hoogwatergeul. De uitvoeringsperiode is ongeveer 1 à 2 jaar.

De ontgroning van de hoogwatergeul vindt strooksgewijs plaats van noord naar zuid. Hierbij wordt een strook over de volle breedte en met een oppervlakte van circa 10 hectare ontdaan van de bovengrond. De dekgrond wordt aan de noordzijde verwerkt in de aanvulling van het talud ten behoeve van de herinrichting. De dekgrond is het materiaal dat direct aansluit op de ongeroerde grond van het talud. Vervolgens wordt de voornoemde circa 10 hectare ontgrond. Daarna volgt de volgende strook van circa 10 hectare. Indien het kassengebied bij de ontgroning van de hoogwatergeul wordt betrokken dan wordt de ontgronde strook breder en blijft het hiervoor beschreven uitvoeringsprincipe gehandhaafd. Door de verbreding zal de strook met een oppervlakte van circa 10 hectare in noord-zuid richting smaller zijn en is de ontgroning efficiënter aangezien de hoogwatergeul minder spits toeloopt. Voorafgaande aan de ontgroning van het kassengebied dient er een nieuwe kade te worden

gerealiseerd. Deze nieuwe kade dient minimaal 1 jaar aanwezig te zijn voordat de oude, bestaande kade mag worden vergraven.

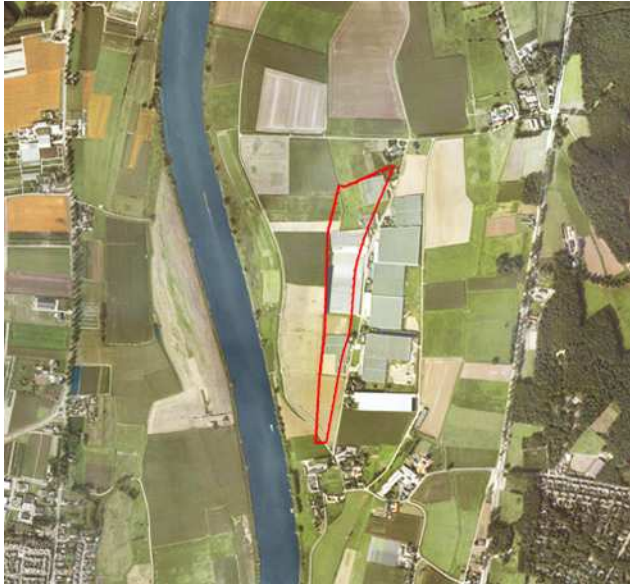


Fig. 1.4. Uitbreiding hoogwatergeul bij kassengebied

1.2 Beschouwde alternatieven

In het voorliggende MER worden de volgende alternatieven beschouwd:

- Nulalternatief: dit alternatief vormt de referentiesituatie voor de effectvergelijking. In het nulalternatief vindt de realisering van de voorgenomen activiteiten niet plaats. Het gebied zal zich autonoom ontwikkelen. Onderdeel van de autonome ontwikkeling is de realisatie van de Hoogwatergeul Lomm, conform de verleende vergunningen die gebaseerd zijn op het Tracébesluit;
- Alternatief 1: in dit alternatief vindt de optimalisatie van de hoogwatergeul plaats én wordt gelijktijdig de bypass gerealiseerd. De uitvoering van de bypass duurt circa 2 – 3 jaar en staat uitvoeringstechnisch in principe los van de uitvoering van de hoogwatergeul. Echter het vrijkomende zand uit de bypass wordt afgevoerd naar de zuiger in de hoogwatergeul waardoor de uitvoering van de hoogwatergeul zal temperen al naar gelang de hoeveelheid zand die afkomstig is van de bypass. Om de vervoersafstand van het toutvenant naar de zuiger in de hoogwatergeul zo veel mogelijk te beperken is het voor de hand liggend om zo vroeg mogelijk met de bypass te starten. Tevens wordt hierdoor eerder de hoogwaterdoelstelling bereikt. De ontwikkeling van het kassengebied maakt geen onderdeel uit van dit alternatief;
- Alternatief 2: in dit alternatief vinden de drie planonderdelen doorgang: de optimalisatie van de hoogwatergeul, de bypass en de ontwikkeling van het kassengebied. In de tijd gezien, kan de herontwikkeling van het kassengebied achterlopen op de ontwikkeling van de optimalisatie en bypass. In dit alternatief is de oppervlakte van de hoogwatergeul in de eindsituatie anders dan bij alternatief 1. De hoogwatergeul is aan de zuidelijke kant breder en de geul loopt verder door richting het zuiden (zie figuur 1.5). De uitvoeringsperiode duurt voor alternatief 2 ongeveer een jaar langer dan voor alternatief 1.

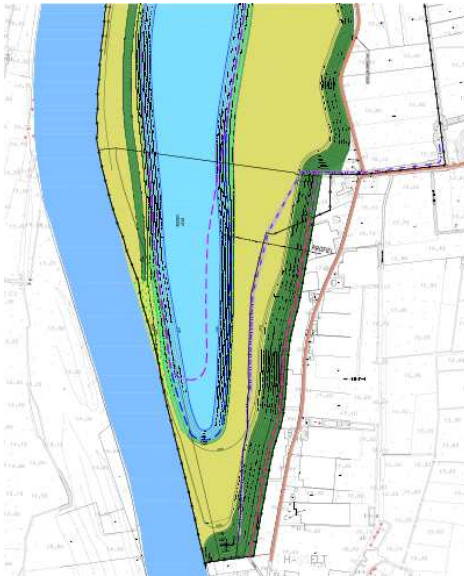


Fig. 1.5. De zuidkant van de hoogwatergeul in de eindsituatie bij alternatief 2. Met de paarse stippellijn is de ligging van de hoogwatergeul weergegeven voor alternatief 1.

Een alternatief waarbij de optimalisatie van de hoogwatergeul plaats vindt en het kassengebied wordt ontwikkeld, zonder realisatie van de bypass, is niet mogelijk. De realisatie van de bypass is immers noodzakelijk om de piek die op de Maas ontstaat ten gevolge van de optimalisatie van de hoogwatergeul, te compenseren. In voorliggend MER wordt dan ook niet op een dergelijk alternatief ingegaan.

1.3 Beschouwde varianten

Naast de in de vorige paragraaf benoemde alternatieven, worden in voorliggend MER een aantal varianten onderzocht. In tabel 1.2 is voor de in deze paragraaf beschreven varianten aangegeven aan welk alternatief of welke alternatieven de varianten gekoppeld zijn. Uit deze tabel blijkt dat enkel de variant waarbij twee kassen onderdeel uitmaken van het planvoornemen gekoppeld is aan één alternatief, namelijk alternatief 2. De andere varianten kunnen zowel gekoppeld worden aan alternatief 1 als aan alternatief 2.

Tabel 1.2. Beschouwde varianten en alternatieven

Variant		Gekoppeld aan alternatief 1	Gekoppeld aan alternatief 2
Wijze van uitvoering bypass	Voorspuiten	X	X
	Klappen	X	X
Inrichting eindsituatie		X	X
Behoud maaiveld lob monument		X	X
Kleiner deel kassengebied			X

Voor dit hydrologisch deelonderzoek zijn alleen de varianten 'Behoud maaiveld lob monument' en 'Kleiner deel kassengebied' relevant. Met betrekking tot 'Behoud maaiveld lob monument' zal bij een verlaging van het maaiveld de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld hoger komen te liggen. Op deze varianten wordt onderstaand dan ook nader ingegaan.

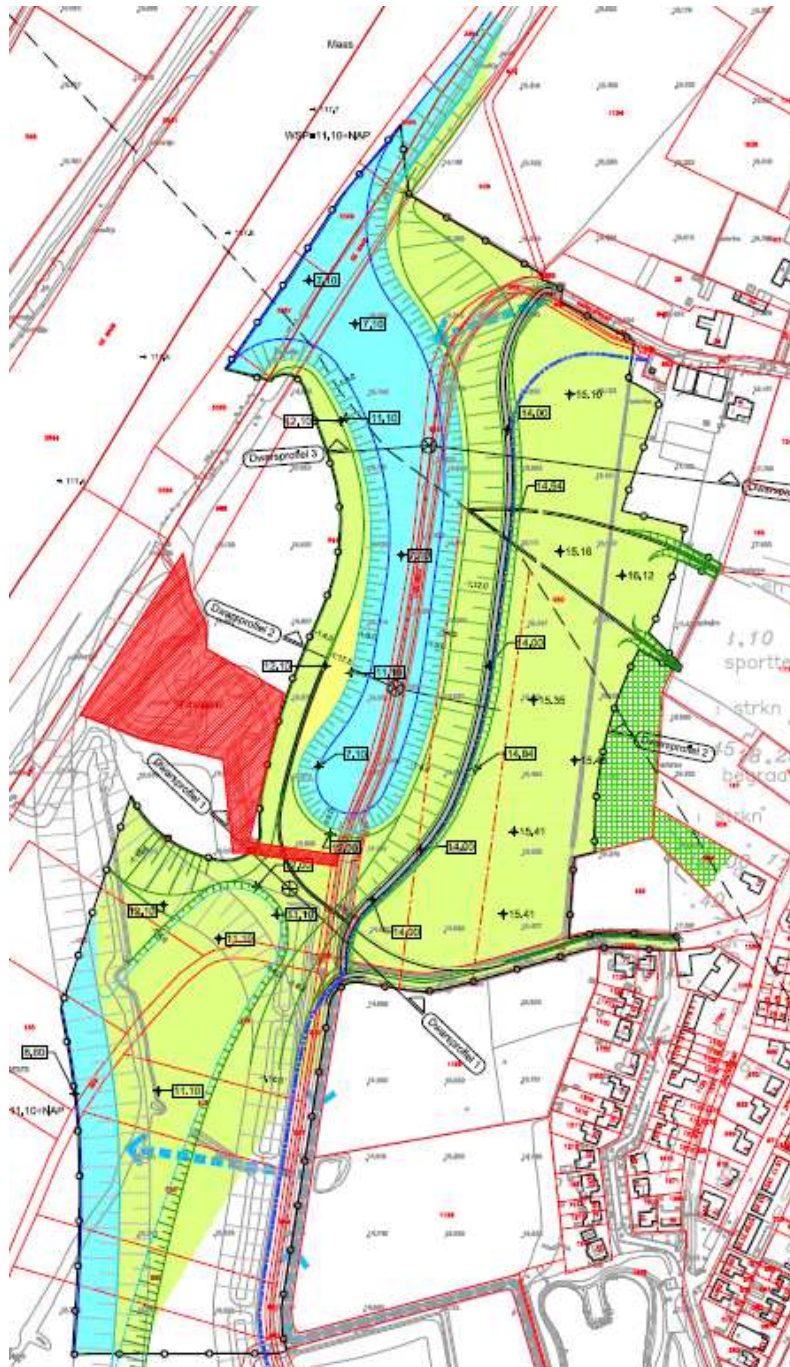
1.3.1 Behoud maaiveld oostelijke lob perceel archeologisch monument

Ter plaatse van de overgang tussen de hoogwatergeul en de bypass is een deel van het perceel van het archeologisch monument (voormalige watermolen) gelegen dat vanuit rivierkundig oogpunt in principe dient te worden verlaagd (rood vlak in figuur 1.6).

De nut en noodzaak van deze verlaging dient vanuit archeologisch oogpunt te worden aangetoond waarbij de relevante mogelijkheden en consequenties dienen te worden onderzocht. De bevoegdheid inzake het archeologisch monument ligt bij de RCE.

In deze variant wordt de oostelijke lob van het perceel waarop het archeologisch monument is gelegen niet verlaagd en blijft dit perceel volledig behouden.

Hydrologisch gezien verschillen de varianten alleen in de grondwaterstand ten opzichte van maaiveld. Voor een hydrologische effectbeoordeling is dit niet interessant en daarom wordt aan deze variant in het vervolg van het rapport geen aandacht besteed.



De oostelijke lob van het archeologisch monument ligt in het te vergraven deel van de bypass. Er zijn twee opties:

1. de lob verlagen (van 14,50 naar 11,50) waardoor deze optimaal kan worden ingepast in het ontwerp van de bypass waardoor het waterstandsverlagend effect ook optimaal is.
2. de lob niet verlagen (vergraven) en deze laten aansluiten bij de vormgeving van de bypass en bezien wat hiervan de consequenties is op het waterstandsverlagend effect.

Fig. 1.6. Bypass: het perceel dat de beschermingsstatus heeft van archeologisch monument is rood.

1.3.2 Kleiner deel kassengebied

In deze variant maken slechts twee kassen onderdeel uit van de planontwikkeling. De derde, meest zuidelijk gelegen kas, blijft behouden en valt hierdoor buiten het plangebied. Het zuidelijk deel van het kassengebied wordt in deze variant niet ontgrond. Doordat het gebied waar de toplaag wordt verwijderd kleiner is, is de realisatietijd bij deze variant ongeveer een jaar korter dan in de situatie waarbij drie kassen deel uitmaken van de planrealisatie. In figuur 1.7 zijn de verschillen tussen alternatief 2 en de variant waarbij slechts twee kassen onderdeel van de planontwikkeling uitmaken weergegeven. Met een paarse stippellijn is daarnaast de hoogwatergeul weergegeven in alternatief 1. Het verschil zit vooral in de weerdverlaging. Er is geen verschil wat betreft de geul.



Fig. 1.7. Eindsituatie met drie kassen (links) en de variant met twee kassen als onderdeel van de planontwikkeling.

1.4 Voorkeursalternatief

Op basis van de onderzochte alternatieven en varianten wordt uiteindelijk bezien op welke manier de bestaande plannen voor de wijziging van de hoogwatergeul Lomm nog verder kunnen worden geoptimaliseerd vanuit het oogpunt milieu. Op basis hiervan wordt vervolgens een voorkeursalternatief geformuleerd. In het voorkeursalternatief wordt optimaal rekening gehouden met de milieubeoordelingen uit het Project-MER, maar het plan moet wel economisch uitvoerbaar zijn. Het voorkeursalternatief wordt uiteindelijk opgenomen en vastgelegd in het bestemmingsplan. Op basis hiervan worden de benodigde vergunningen aangevraagd (c.q. gewijzigd).

1.5 Aansluiting op eerder verricht onderzoek

Het onderzoek sluit aan op eerder verricht hydrologisch onderzoek in het kader van de MER- en vergunningenprocedures voor de Hoogwatergeul Lomm. Er is toen ook een Passende Beoordeling uitgevoerd in verband met de mogelijke hydrologische effecten op het Natura2000 gebied de Maasduinen en in het bijzonder op het gebied Lommerbroek (hydrologisch zeer gevoelige vegetatie) en er is een monitoringplan opgesteld. Het Milieueffectrapport (MER) Inrichting Hoogwatergeul Lomm (Royal Haskoning, 18 november 2004) uit deze periode wordt ondermeer gebruikt als basis voor dit onderzoek. Hierin zijn de grondwaterstanddalingen tijdens de ontgroning van de hoogwatergeul modelmatig berekend. Latere rapporten zijn de Hoogwatergeul Lomm, Mitigatieplan grondwaterkwantiteit, uitvoeringsfase (Royal Haskoning 14 december 2005), de Nulsituatie Hoogwatergeul Lomm (Royal Haskoning, 15 augustus 2006) en Draaiboek voor de uitvoering van het Mitigatieplan Hoogwatergeul Lomm (DCM Exploitatie Lomm B.V., 8 mei 2007). Het laatste rapport heeft betrekking op de monitoring van de effecten van de ontgroning en het bijbehorende mitigatiedraaiboek.

Inmiddels is op basis van de monitoring van effecten van (en maatregelen tijdens) de ontgroning meer inzicht verkregen in het functioneren van het hydrologische systeem van het gebied rond de Hoogwatergeul Lomm alsmede de geplande bypass van Maasfront Lomm (Oranjewoud 2010) en de zuidelijke uitbreiding (Oranjewoud 2012). Daarbij zijn aanvullende gegevens in het gebied verzameld om het plan te onderbouwen. Met de monitoring van de effecten van de ontgroning is het mogelijk om de aannamen en resultaten van de modelberekeningen van 2004 te toetsen. Daarbij wordt in dit rapport gekomen tot een bijstelling van de eerdere bevindingen. Deze resultaten worden gebruikt om de effecten van de voorgestane planwijzigingen vast te stellen.

1.6 Opbouw van het rapport

In het vervolg van dit rapport wordt met 'Hoogwatergeul Lomm' geduid op het huidige vergunde ontwerp van de hoogwatergeul, dat momenteel in uitvoering is. Met de 'optimalisatie hoogwatergeul Lomm' wordt geduid op het eerste onderdeel van de voorgenomen activiteit. Met de 'bypass' wordt geduid op het tweede onderdeel, de aanleg van de bypass als onderdeel van het Maasfront Lomm. Met de 'zuidelijke uitbreiding' wordt geduid op het derde onderdeel, de verbreding van de hoogwatergeul in samenhang met de nieuwe inrichting van het kassengebied aan de zuidkant. De hydrologische ingrepen en effecten van deze onderdelen worden in afzonderlijke hoofdstukken behandeld. Daarna komen de cumulatieve effecten aan de orde in de vorm van alternatieven, zoals behandeld in paragraaf 1.2.

In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 de methodiek van onderzoek beschreven. In hoofdstuk 3 worden de uitgangspunten van eerder onderzoek besproken. Hoofdstuk 4 betreft een toets van de modelvoorspellingen van 2004 aan de monitoring resultaten. In hoofdstuk 5 wordt de geohydrologische opbouw nader vastgesteld. In de hoofdstukken 6, 7 en 8 worden respectievelijk de optimalisatie van de hoogwatergeul Lomm door weerdverlaging, de bypass Lomm en de zuidelijke uitbreiding besproken. In hoofdstuk 9 komt de afweging van de alternatieven aan de orde. Tot slot volgen in hoofdstuk 10 de conclusies.

2 Methodiek van onderzoek

De methodiek van onderzoek wordt onderstaand beschreven in de vorm van een aantal werkstappen. In grote lijnen zijn de werkzaamheden:

1. Vaststelling van de uitgangspunten uit eerder onderzoek rond 2004 in het kader van de MER- en vergunningenprocedures voor de Hoogwatergeul Lomm. Daarbij gaat het om aannamen ten aanzien van de geohydrologische opbouw en de optredende effecten.
2. Toets van de optredende effecten op basis van gegevens van de monitoring en ervaringen met mitigerende maatregelen tijdens de aanleg van de hoogwatergeul.
3. Bijstelling van aannamen ten aanzien de geohydrologische opbouw op basis van de ervaringen in het gebied, aanvullend onderzoek van het grondwaterstandverloop in raaien loodrecht op de Maas en nader onderzoek naar de diepteligging van de Venlo klei.
4. Vaststelling van de effecten van de huidige vergunde hoogwatergeul, de bypass aan de noordzijde en de zuidelijke uitbreiding.

Er zijn verschillende methoden om de optredende effecten in een waarnemingsreeks van een peilbuis te toetsen. Een ervan is de toepassing van tijdreeksanalyse. Bij tijdreeksanalyse wordt het model geijkt aan de neerslag en de verdamping vóór aanvang van de werkzaamheden. Vervolgens kan voor de periode van de ingreep de klimaatinvloed worden uitgefilterd om de verlaging te bepalen. Een aantal monitoring peilbuizen wordt vanaf 2006 en een aantal vanaf 2009 waargenomen. Voor de peilbuizen vanaf 2006 is een jaar beschikbaar om het statistische verband met de klimaatinvloed te bepalen. Dat is kort. Voor de peilbuizen van 2009 is deze periode niet beschikbaar. Daar de ijkperiode kort is en een aantal peilbuizen tijdens de ontgronding is geplaatst is een alternatieve methode gekozen.

Volgens de alternatieve methode worden de meetreeksen van peilbuizen in hoofdstuk 4 twee aan twee per jaar met elkaar vergeleken. De peilbuizen worden dagelijks waargenomen. Door per dag in een grafiek de waarneming van de ene peilbuis in mNAP uit te zetten tegen een andere peilbuis in mNAP worden 365 waarnemingen per jaar verkregen, per jaar wordt een lineaire regressielijn geconstrueerd. Een verlaging in de twee peilbuizen ten opzichte van elkaar volgt uit een verschuiving van de regressielijnen die per jaar worden geconstrueerd. Uit een vergelijking met een referentie peilbuis op grote afstand buiten het hydrologische invloedsgebied volgt de totale verlaging in een peilbuis door de ingreep. Op deze manier kan inzicht worden verkregen in de werkelijke verlagingen die door de werkzaamheden zijn opgetreden. De verlagingen zijn veel kleiner dan voorspeld in 2004, wat wordt veroorzaakt door lagere kD-waarden van het watervoerende pakket en discontinuïteiten in het watervoerende pakket (door afzettingen op de oevers van oude rivierarmen aan de oostzijde van het project), die de effecten in oostelijke richting beperken. De oorzaken worden in hoofdstuk 5 van dit rapport nader onderbouwd.

In het geval van de rivierkundige optimalisatie van de hoogwatergeul door extra weerdverlaging is door middel van een modelberekening in een dwarsprofiel nagegaan of de effecten op de grondwaterstanden toelaatbaar zijn. Met betrekking tot de bypass wordt zand gewonnen in een plas afgesloten van de Maas. Door wateraanvoer uit de Maas wordt de plas op peil gehouden en treden geen noemenswaardige grondwatereffecten op. Pas in de eindsituatie, als talud- en bodemafdekking zijn toegepast, wordt een verbinding met de Maas gemaakt. Voor de berekening van de hoeveelheid wateraanvoer in de tijdelijke situatie en de benodigde taludweerstand in de eindsituatie (hoofdstuk 7) is geen numeriek grondwatermodel nodig. Er zijn voldoende aanvullende gegevens verzameld en het stromingsprobleem is eenvoudig genoeg om een analytische aanpak mogelijk te maken, die bovendien inzichtelijker is.

De zuidelijke uitbreiding (hoofdstuk 8) vindt slechts over een zeer beperkte breedte van 50 m tot ruim 100 m plaats. In dit breedtetraject heeft de grondwaterstand vrijwel overal dezelfde hoogte. De uitbreiding geeft dus geen grotere insnijding in het isohypsenpatroon wat betreft de hoogte van de grondwaterstand. De extra insnijding in het horizontale vlak is ca. 50 m tot ruim 100 m. Dat betekent dat de hydrologische invloed bij goede benadering eenzelfde afstand verder reikt, wat gering is. In het geval van de zuidelijke uitbreiding voldoet de geplande taludafdekking in het kader van de huidige uitbreiding.

3 Uitgangspunten eerder onderzoek

Het hydrologisch onderzoek in het kader van de MER- en vergunningenprocedures voor de Hoogwatergeul Lomm staat beschreven in het milieueffectrapport (MER) Inrichting Hoogwatergeul Lomm (Royal Haskoning, 18 november 2004). Er is toen een Passende Beoordeling uitgevoerd in verband met de mogelijke hydrologische effecten op het gebied Lommerbroek en er is een grondwater monitoringplan opgesteld. Inmiddels is op basis van de monitoring van de effecten van (maatregelen tijdens) de ontgroning voortschrijdend inzicht verkregen in het functioneren van het hydrologische systeem van het gebied rond de Hoogwatergeul Lomm en de geplande wijzigingen. Daarnaast zijn aanvullende gegevens in het gebied verzameld, waarvan verslag wordt gedaan in hoofdstuk 4. Hier worden relevante punten van het onderzoek rond 2004 samengevat.

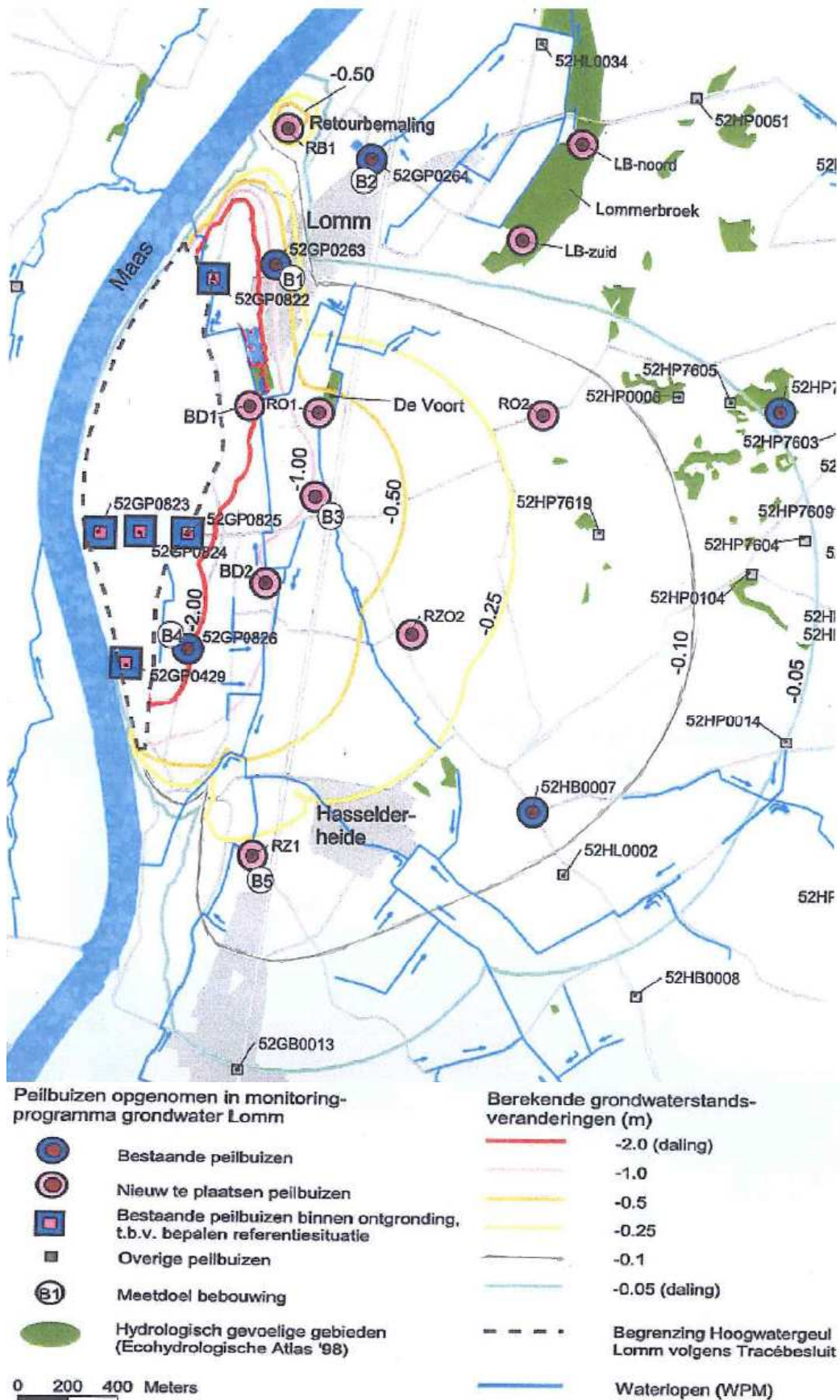
De in 2004 bepaalde hydrologische effecten zijn gebaseerd op een modelonderzoek. Er is een grondwatermodel opgesteld dat is geijkt aan de beschikbare peilbuis gegevens in het gebied. Daarbij zijn de kD-waarden van het eerste watervoerende pakket nabij de Maas (het pakket waar nu zand wordt gewonnen) zodanig aangepast dat het berekende stijghoogtenpatroon overeenkomt met het toen waargenomen stijghoogtenpatroon langs de Maas.

In het Maasdal langs de Maas vlakt het isohypsenpatroon sterk af, waarbij de stijghoogten enkele meters boven het stuwpeil van de Maas blijven. Pas direct langs de oever van de Maas is een sterk verhang naar het Maaspeil zichtbaar. Om het grondwatermodel kloppend te maken met dit stijghoogtenpatroon moest een hoge kD-waarde voor het grondpakket langs de Maas worden ingevoerd. Namelijk een kD-waarde tussen 3000 - 6000 m²/dag aan de noordkant van de Hoogwatergeul, verlopend naar een waarde van 2000 - 3000 m²/dag in het midden van de Hoogwatergeul en een kD-waarde van 1000 - 2000 m²/dag aan de zuidkant van de Hoogwatergeul. In het onderzoek van 2004 wordt dan ook van een grondpakket gesproken. Verder wordt aangegeven dat in het grind slecht doorlatende zones moeten voorkomen. Voor de oever langs de Maas is een kD-waarde van 25 m²/dag ingevoerd om het steile verhang van de grondwaterstijghoogten alhier te simuleren.

Bij stijghoogten in het watervoerende pakket ter plaatse van de hoogwatergeul van tenminste NAP +14 m en een Maaspeil van NAP +11.1 m is de insnijding van de plas in het isohypsenpatroon groot. Vanwege de hoge kD-waarden reiken de verlagingen als gevolg van de ontgroning ten behoeve van de hoogwatergeul volgens de berekeningen van 2004 ver. Derhalve is een mitigatieplan opgesteld om de verlagingen voldoende te beperken (Hoogwatergeul Lomm, Mitigatieplan grondwaterkwantiteit, uitvoeringsfase; Royal Haskoning 14 december 2005). De maatregelen volgens de planopzet van 2005 houden het volgende in:

- De ontgroning vindt gefaseerd plaats binnen een periode van 10 jaar (1 jaar voorbereiding, 8 jaar ontgroning en 1 jaar afwerking). Het gebied is daartoe ingedeeld in ca. 17 vakken, waarbij ca. twee vakken per jaar worden afgegraven.
- Elk vak dat is ontgrond wordt aan de oostkant zo snel mogelijk opgevuld met een talud van minder doorlatende grond (het 'kleischerm').
- Op een afstand van 50 m tot 100 m aan de oostkant van de plas wordt in langwerpige bassins geïnfilteerd om de verlagingen zoveel mogelijk te beperken. De infiltratie bedraagt ca. 2.5 miljoen m³ per jaar.
- Om de mogelijk overblijvende grondwaterstandverlaging in natuurgebied Lommerbroek te compenseren wordt gedurende 4 maanden per jaar 1500 m³ water per dag retour bemalen. Gedurende de overige maanden wordt 1000 m³ per dag retour bemalen. De duur van de infiltratie is maximaal 8 jaar.

Figuur 3.1 geeft voor elke locatie de maximale grondwaterstandverlagingen die tijdens de realisatie van de hoogwatergeul op elke locatie kunnen optreden, rekening houdend met de hiervoor vermelde mitigerende maatregelen. Te zien is dat met mitigerende maatregelen nog aanzienlijke verlagingen optreden, maar deze worden wel voldoende beperkt ter plaatse van het Lommerbroek.



Figuur 3.1 Maximale grondwaterstandverlagingen volgens het mitigatieplan, met mitigerende maatregelen, berekend in 2004.

4 Toets modelvoorspellingen aan metingen peilbuizen

4.1 Aanleiding voor de toets en ligging peilbuizen

Aanleiding voor de toets van de modelvoorspellingen van 2004, is de ervaring van DCM Exploitatie Lomm BV dat bij aanvang van de werkzaamheden nauwelijks mitigerende maatregelen nodig waren, in tegenstelling tot de verwachtingen. Zo is de geplande retourbemaling nooit gebruikt. Dit gegeven is aanleiding geweest om de modelvoorspellingen te toetsen aan peilbuizen die door DCM Exploitatie Lomm BV dagelijks worden waargenomen met divers. De peilbuizen zijn aangegeven in de onderstaande figuur 4.1. Daarbij is de door de opdrachtgever gehanteerde aanduiding van peilbuizen vermeld. Op een aantal locaties wijkt die af van figuur 3.1, zoals in de toelichting bij de figuur is vermeld.



Figuur 4.1. Dagelijks waargenomen peilbuizen van het monitoring systeem, aanduiding volgens DCM. De overeenkomst met figuur 3.1 is als volgt: Oppompput is Retourbemaling, Kapel is 52GP0264, RB1 is BD1, RZ01 is bij meetdoel B3, RB2 is BD2, Voort is 52GP0824, Ebberstraat is 52GP0826, Schandelo is 52HB0007, Schandeloose Heide is 52HP0104. RZ02 ligt meer westelijk dan op figuur 3.1 was gepland.

4.2 Analyseresultaat van peilbuizen

Overeenkomstig de in hoofdstuk 2 aangegeven methodiek zijn de waarnemingen van peilbuizen geanalyseerd, om de berekeningen van 2004/2005 te toetsen.

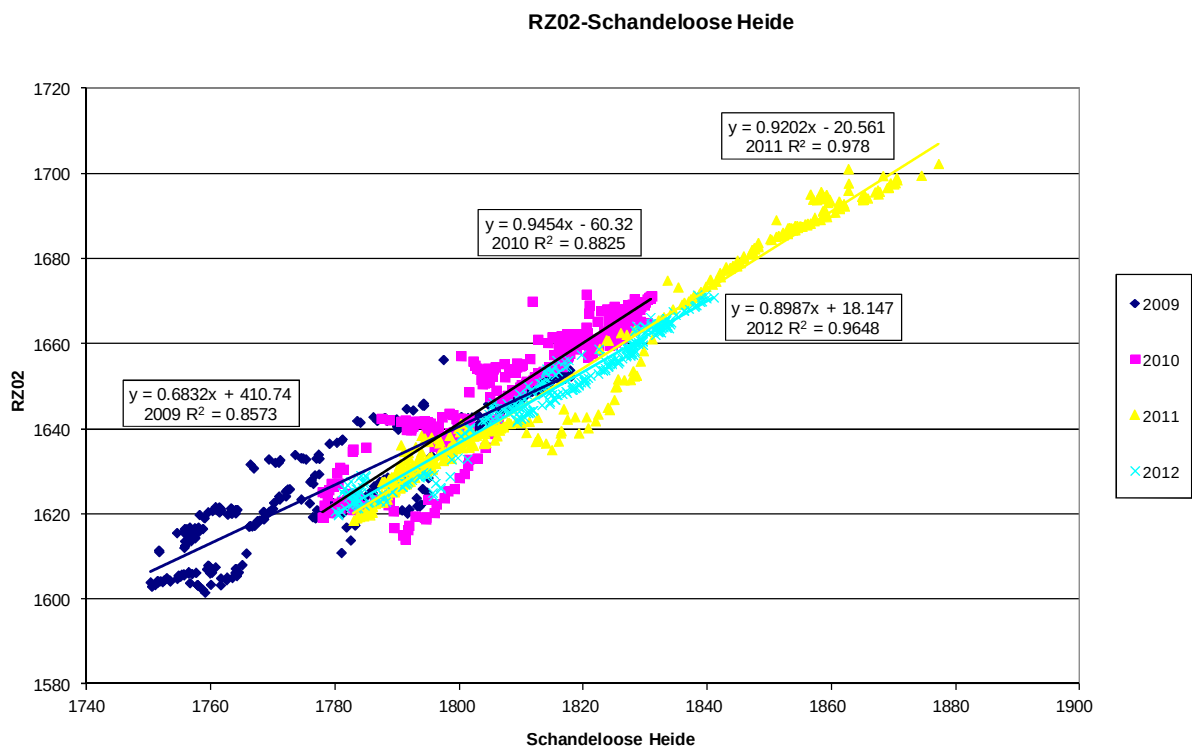
De peilbuis Schandeloose heide is het verst verwijderd en wordt gebruikt als referentie peilbuis, waarin geen effecten van de aanleg van de hoogwatergeul herkenbaar zijn. Volgens figuur 3.1 zou in deze

peilbuis nog een maximale verlaging van ongeveer 7 cm optreden, maar omdat straks zal blijken dat de verlagingen aanzienlijk kleiner zijn kan deze peilbuis als referentie worden gebruikt.

We beginnen met een vergelijking van de peilbuizen RZ02 en Schandeloose Heide. Daarna volgt een vergelijking van de peilbuizen RZ01 en RZ02. Peilbuis RZ01 ligt binnen het Maasdal, het dichtst bij de hoogwatergeul. RZ02 ligt buiten het Maasdal, niet ver van peilbuis RZ01 op het hoge Maasterras.

Peilbuizen RZ02 en Schandeloose heide

In de onderstaande figuur 4.2 zijn de dagelijks waargenomen grondwaterstanden in de peilbuizen RZ02 en Schandeloose heide weergegeven. Elk punt geeft de waargenomen grondwaterstand in cm NAP op dezelfde datum voor beide peilbuizen. Per jaar is een regressielijn door de waarnemingen geconstrueerd. Langs de regressielijn kan de invloed van de klimaatfluctuatie worden afgelezen. Zo komt in 2011 de natste periode voor. De grondwaterstand in RZ02 komt in dat jaar boven NAP +1700 cm en in Schandeloose Heide tot boven NAP +1870 cm. Het jaar 2009 was het droogst. De laagste grondwaterstand ligt bij RZ02 in de buurt van NAP +1600 cm en bij Schandeloose Heide rond NAP +1750 m. Uit het feit dat per jaar de grondwaterstanden heel redelijk op één lijn liggen (regressielijnen hebben hoge R^2) volgt dat de klimaatfluctuatie in de peilbuizen goed overeenkomt.



Figuur 4.2. De grondwaterstanden (cm NAP) in peilbuis RZ02 uitgezet tegen referentie peilbuis Schandeloose Heide (elk punt is een waarneming op dezelfde dag). De klimaatinvloed kan worden afgelezen aan de variatie van de waarnemingen langs de per jaar geconstrueerde regressielijnen. Een evenwijdige verschuiving van de regressielijn naar onderen geeft aan dat de invloed van de zandwinning op RZ02 groter is dan op Schandeloose heide. De hoge waarden van R^2 geven aan dat de grondwaterstandfluctuaties door de klimaatinvloed redelijk goed aan elkaar zijn gecorreleerd. Het jaar 2009 is niet goed bruikbaar door de afwijkende helling van de regressielijn, die optreedt door een zeer droge periode met lage grondwaterstanden.

Een redelijk evenwijdige verschuiving van de regressielijnen naar onderen voor de jaren 2010 tot 2012 geeft een goed beeld van de verlagingen in RZ02 ten opzichte van peilbuis Schandeloose heide door de voortschrijdende zandwinning. Voor 2009 wijkt de helling van de regressielijn teveel af. Uit tabel 4.1 komt naar voren dat in 2011 de grondwaterstand 6.1 cm is verlaagd en in 2012 0.4 cm ten opzichte van een jaar eerder. De cumulatieve verlaging in 2012 ten opzichte van 2010 is dus $(6.1 + 0.4) =$

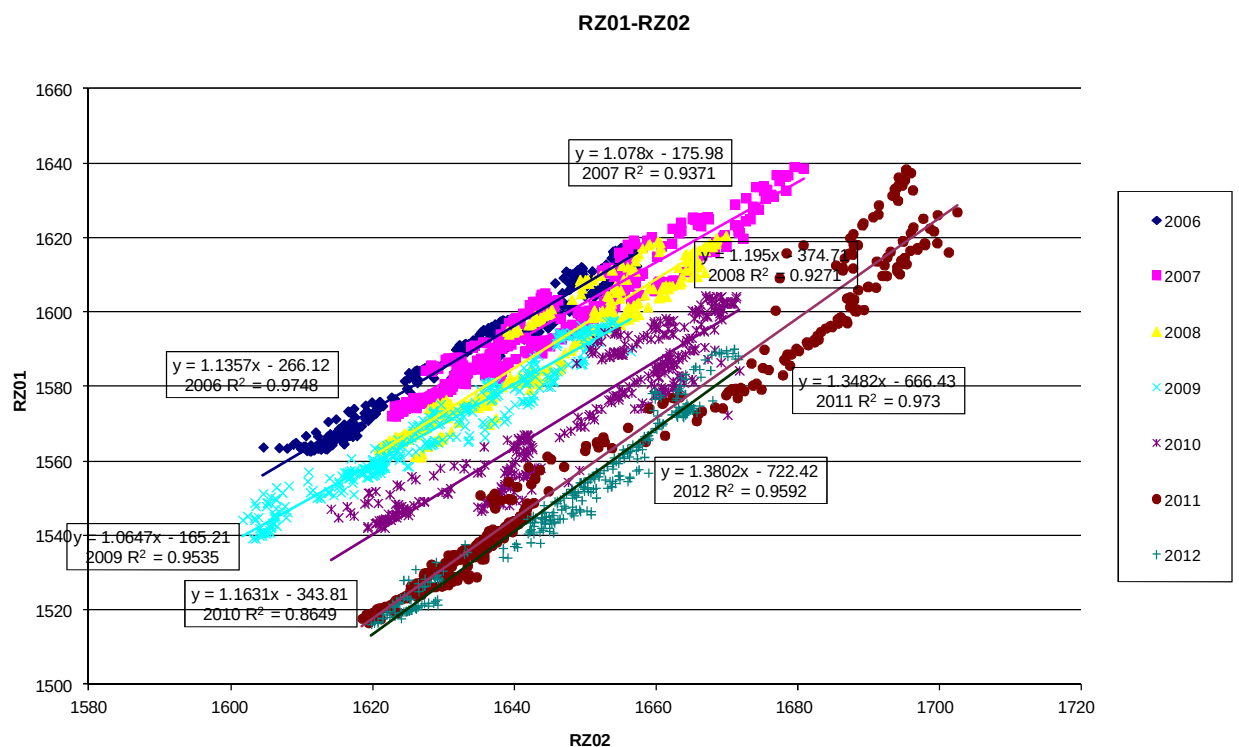
6.5 cm. Met behulp van de peilbuizen RZ01 en RZ02 kunnen we de cumulatieve verlagingen over drie jaren in tabel 4.1 extrapoleren naar een langere periode.

Tabel 4.1. Grondwaterstanden in peilbuis RZ02, berekend met de regressievergelijkingen voor een grondwaterstand van NAP +1820 cm in peilbuis Schandeloose Heide.

Jaar	2010	2011	2012
Pb Schand. H.	1820	1820	1820
Pb RZ02	1660.3	1654.2	1653.8
Verlaging t.o.v. voorgaande jaar		6.1	0.4
Verlaging t.o.v. 2010		6.1	6.5

Peilbuizen RZ01 en RZ02

In figuur 4.3 worden de waargenomen grondwaterstanden in RZ01 en RZ02 met elkaar vergeleken.



Figuur 4.3. Weergave van de dagelijks waargenomen grondwaterstanden (cm NAP) in peilbuis RZ01 ten opzichte van RZ02. De verschuiving van de per jaar geconstrueerde regressielijn is een maat voor de opgetreden verlagingen. De hoge waarden van R^2 geven aan dat de grondwaterstandfluctuaties in de twee peilbuizen die door klimaatinvloed ontstaan onderling sterk aan elkaar zijn gecorreleerd.

Een vergelijking van peilbuis RZ01 met peilbuis RZ02 bij een grondwaterstand van NAP 1650 cm in peilbuis RZ02 geeft een goed beeld van de verlagingen en kan worden berekend uit de regressie vergelijkingen in figuur 4.3. Het resultaat is vermeld in tabel 4.2.

Tabel 4.2. Grondwaterstanden peilbuis RZ01, berekend met de regressie vergelijkingen voor een grondwaterstand van NAP +1650 cm in peilbuis RZ02. De aangegeven verlaging is berekend ten opzichte van het voorgaande jaar. De onderste rij geeft de gesommeerde verlagingen t.o.v. 2006.

Jaar	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Pb RZ02	1650	1650	1650	1650	1650	1650	1650
Pb RZ01	1607.8	1602.7	1597.0	1591.5	1575.3	1558.1	1554.9
Verlaging t.o.v. voorgaande jaar		5.1	5.7	5.5	16.2	17.2	3.2
Verlaging t.o.v. 2006		5.1	10.8	16.3	32.5	49.7	52.9

Vaststelling totale opgetreden verlagingen ten opzichte van de referentie peilbuis

We kunnen nu de verlaging in peilbuis RZ02 ten opzichte van de referentie peilbuis Schandeloose Heide met behulp van tabel 4.2 extrapoleren naar een langere periode. De cumulatieve verlaging in tabel 4.1 is bepaald voor de periode 2010-2012 en bedraagt 6.5 cm. Deze verlaging mag worden verondersteld in een vrijwel vaste verhouding te staan met de cumulatieve verlaging van RZ01 ten opzichte van RZ02 (tabel 4.2) die in dezelfde periode ($52.9 - 32.5 =$) 20.4 cm bedraagt. De verhouding is ($6.5 / 20.4 =$) ca. 0.319. We kunnen deze verhouding andersom gebruiken om, als de cumulatieve verlaging van RZ01 ten opzichte van RZ02 over een langere periode bekend is, de cumulatieve verlaging van RZ02 ten opzichte van de referentie peilbuis te bepalen. Bovendien kan de totale verlaging in RZ01 worden bepaald door de verlagingen in de trajecten tussen RZ01 - RZ02 en RZ02 -referentie peilbuis bij elkaar op te tellen.

In 2012 is de grondwaterstand in RZ01 totaal 52.9 cm verlaagd ten opzichte van RZ02 in de periode 2006 – 2012 (tabel 4.2). De cumulatieve verlaging in het traject RZ02 - referentie peilbuis kan nu met het in de vorige alinea berekende verhoudingsgetal worden bepaald als ($0.319 \times 52.9 =$) ca. 16.9 cm over de totale periode van de werkzaamheden. De verlaging in RZ01 ten opzichte van de referentie peilbuis kan nu worden bepaald als de som van de verlagingen in deze twee trajecten en bedraagt ($52.9 + 16.9 =$) ca. 69.8 cm. Deze waarden kunnen we vergelijken met de maximale verlagingen volgens figuur 3.1.

Tabel 4.3. Totale opgetreden verlaging in de peilbuizen RZ01 en RZ02 in de periode 2006 t/m 2012 in cm ten opzichte van de referentiepeilbuis Schandeloose heide, zoals berekend met het model in 2004 (bepaald uit figuur 3.1) en bepaald op basis van monitoring (zie vorige pagina).

Verlagingen t.o.v. referentiepeilbuis	Peilbuis RZ01	Peilbuis RZ02
Verlaging volgens model	ca. 90	ca. 60
Verlaging volgens monitoring	69.8	16.9

De verlaging volgens het model is afgeleid uit figuur 3.1., waarbij de positie van peilbuis RZ02 iets meer westelijk is dan oorspronkelijk op deze tekening was gepland (figuur 3.2 geeft de juiste positie).

Omdat de werkzaamheden in 2012 tot de Voort (figuur 4.1) zijn gevorderd mag worden aangenomen dat in de huidige situatie de maximale verlagingen in deze peilbuizen wel ongeveer zijn bereikt. In figuur 4.3 is zichtbaar dat de verlagingen in 2012 afvlakken ten opzichte van 2011 waarin de grootste jaarlijkse verlaging is opgetreden.

In peilbuis RZ02 is de gemeten verlaging ca. $((16.9 / 60) \times 100 =)$ 28.2 % van de verlaging in het grondwater model. We kunnen dit extrapoleren naar de referentie peilbuis waarin met het grondwatermodel een verlaging van ca. 7 cm wordt berekend. De werkelijke verlaging zou dan nog ca. $(0.282 \times 7 =)$ 2 cm bedragen. Het is dus redelijk om te veronderstellen dat in de referentie peilbuis nauwelijks een verlaging optreedt.

De hier besproken peilbuizen zijn wat betreft ligging het meest relevant. Ze liggen namelijk centraal ten opzichte van de hoogwatergeul. Omdat de ontgronding tussen 2006 en 2012 langzaam richting de peilbuizen RZ01 en RZ02 voortschrijdt wordt bovendien de jaarlijkse ontwikkeling in het effect op de grondwaterstanden met deze peilbuizen het best weergegeven.

4.3 Consequenties voor de geohydrologische opbouw

De hiervoor vastgestelde verlagingen zijn aanzienlijk kleiner dan de maximale verlagingen berekend met het grondwatermodel in 2004:

- Op het hoogterras van de Maas oostelijk van het Maasdal, waar bijvoorbeeld peilbuis RZ02 staat, bedragen de verlagingen ca. 28.2 % van de maximale verlagingen berekend met het grondwatermodel (figuur 3.1).
- Binnen het Maasdal bedragen de verlagingen aan de oostkant (waar bijvoorbeeld peilbuis RZ01 staat) ca. 77.6 % van de maximale verlagingen die met het grondwatermodel zijn berekend.

De kleinere verlagingen kunnen worden toegeschreven aan een andere geohydrologische opbouw dan verondersteld. Uit de realisatie van de hoogwatergeul blijkt dat de ligging van de onderkant van het eerste watervoerende pakket (bovenkant Venlo klei) varieert tussen ca. NAP -2 m aan de zuidzijde en ca. NAP +6 m aan de noordzijde. Bij een maaiveldligging rond NAP +14 m en een laagdikte van een slecht doorlatende deklaag van ca. 2 m bedraagt de laagdikte van het eerste watervoerende pakket ca. 14 m aan de zuidzijde tot ca. 6 m aan de noordzijde van de Hoogwatergeul. Daarbij bestaat het watervoerende pakket niet zoals aangenomen uit grind maar uit grof zand. De k-waarde hiervan ligt in de orde van grootte van 50 m²/dag zodat de totale kD-waarde in dit deel van het Maasdal ligt tussen ca. 700 en 300 m²/dag. Dat is aanzienlijk lager dan de kD-waarden die in het grondwatermodel zijn gehanteerd. Daarnaast komen discontinuïteiten voor in het watervoerende pakket die kunnen worden toegeschreven aan afzettingen op oevers en in oude rivierarmen. Hierop wordt in het volgende hoofdstuk verder ingegaan.

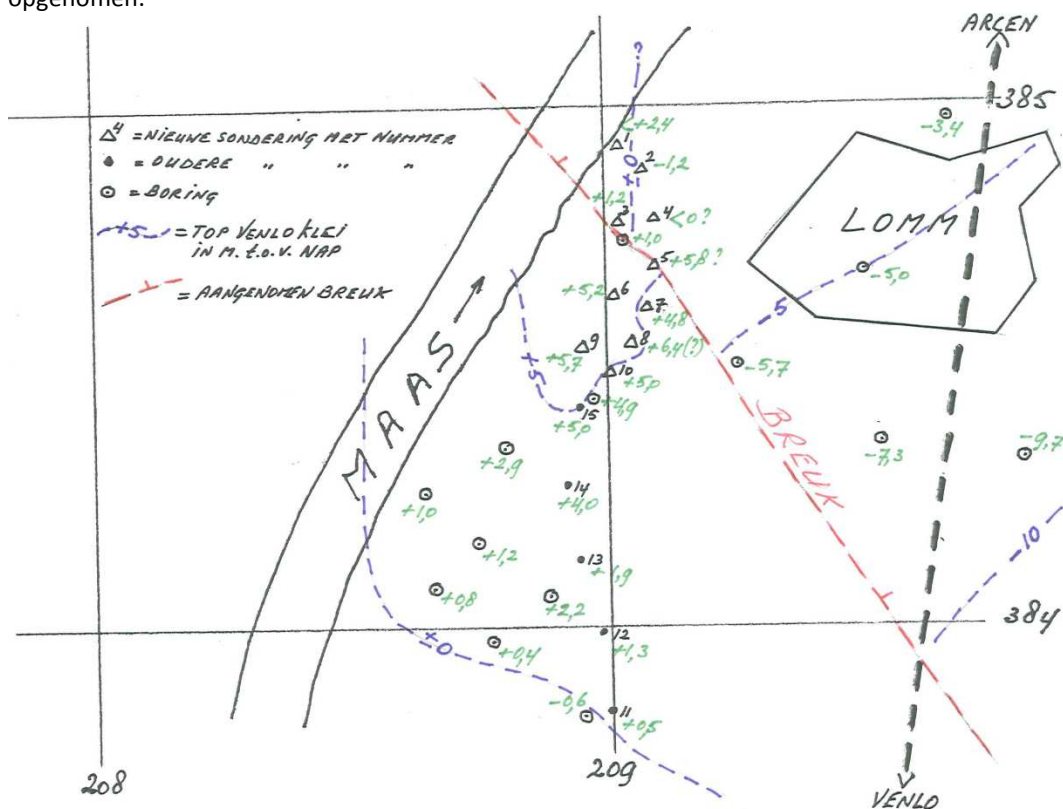
5 Nadere vaststelling van de geohydrologische opbouw

5.1 Algemene beschrijving en diepteligging Venlo klei

De geohydrologische opbouw van het gebied van de hoogwatergeul Lomm en de bypass kan in algemene zin als volgt worden omschreven:

- In het Maasdal bevindt zich aan maaiveld een deklaag met lemig of kleig matig fijn zand en/of veen. De laagdikte varieert en bedraagt gemiddeld genomen een paar meter.
- Onder de deklaag bevindt zich een watervoerend pakket met grof zand waarvan de laagdikte en dus het watervoerend vermogen varieert. Het watervoerend vermogen bedraagt per meter laagdikte maximaal ca. 50 m²/dag en is ter plaatse van fijnzandiger afzettingen lager.
- Het watervoerend pakket wordt aan de onderkant begrensd door de Venlo klei met een laagdikte van enkele meters. Deze Venlo klei kan bij goede benadering worden beschouwd als de onderkant van het hydrologische systeem dat hier wordt beschouwd. Door de variabele hoogteligging van de bovenkant van deze laag (tussen ca. NAP -2 m aan de zuidzijde en ca. NAP +6.0 m aan de noordzijde van de hoogwatergeul) wordt de laagdikte van het eerste watervoerende pakket beïnvloed.

Ten behoeve van de vaststelling van de hoogteligging van de bovenkant van de Venlo klei zijn ter plaatse van de bypass sonderingen gezet (Geotechnisch onderzoek betreffende Waterfront Lomm, opdracht nummer 6009-0111-000, Fugro Ingenieursbureau B.V. 30 maart 2009) en weergegeven op de tekening van bijlage 2 (ondergrond 2009). Deze zijn geïnterpreteerd door Van Rooijen Adviezen B.V. Onderstaand zijn in figuur 5.1 de resultaten weergegeven. In bijlage 1 is het rapport van P. van Rooijen opgenomen.



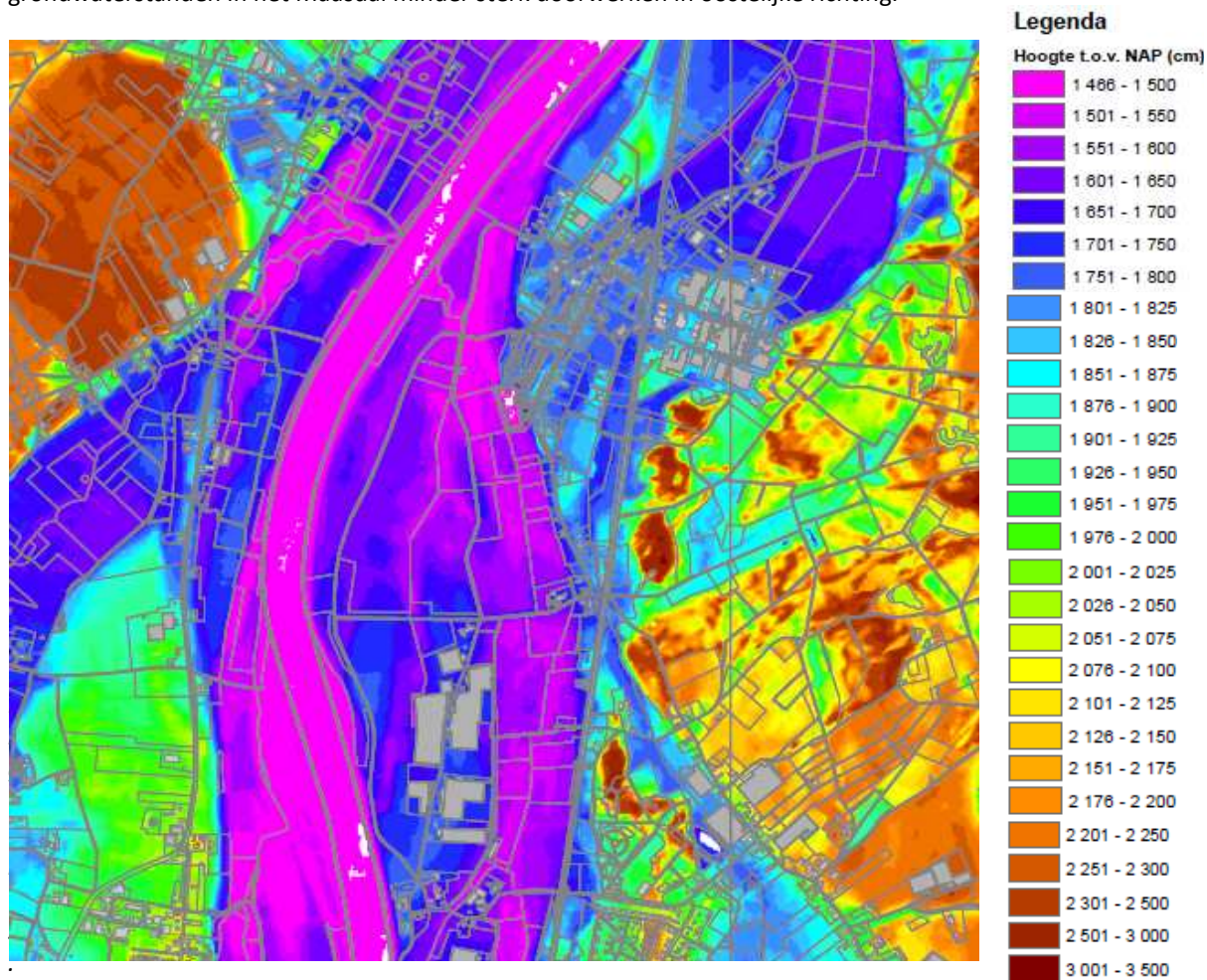
Figuur 5.1. Constructie van diepteligging top Venlo klei ter plaatse van de bypass en noordelijke hoofdwatergeul (Van Rooijen Adviezen BV, 17 april 2009. Herziening diepteligging Top Venlo Klei langs de Maas bij Lomm).

De belangrijkste conclusie is dat ter plaatse van de geplande bypass een breuk in de Venlo klei voorkomt. Zuidelijk van de breuk ligt de bovenkant van de Venlo klei tussen ca. NAP +5.0 m en NAP +6.0

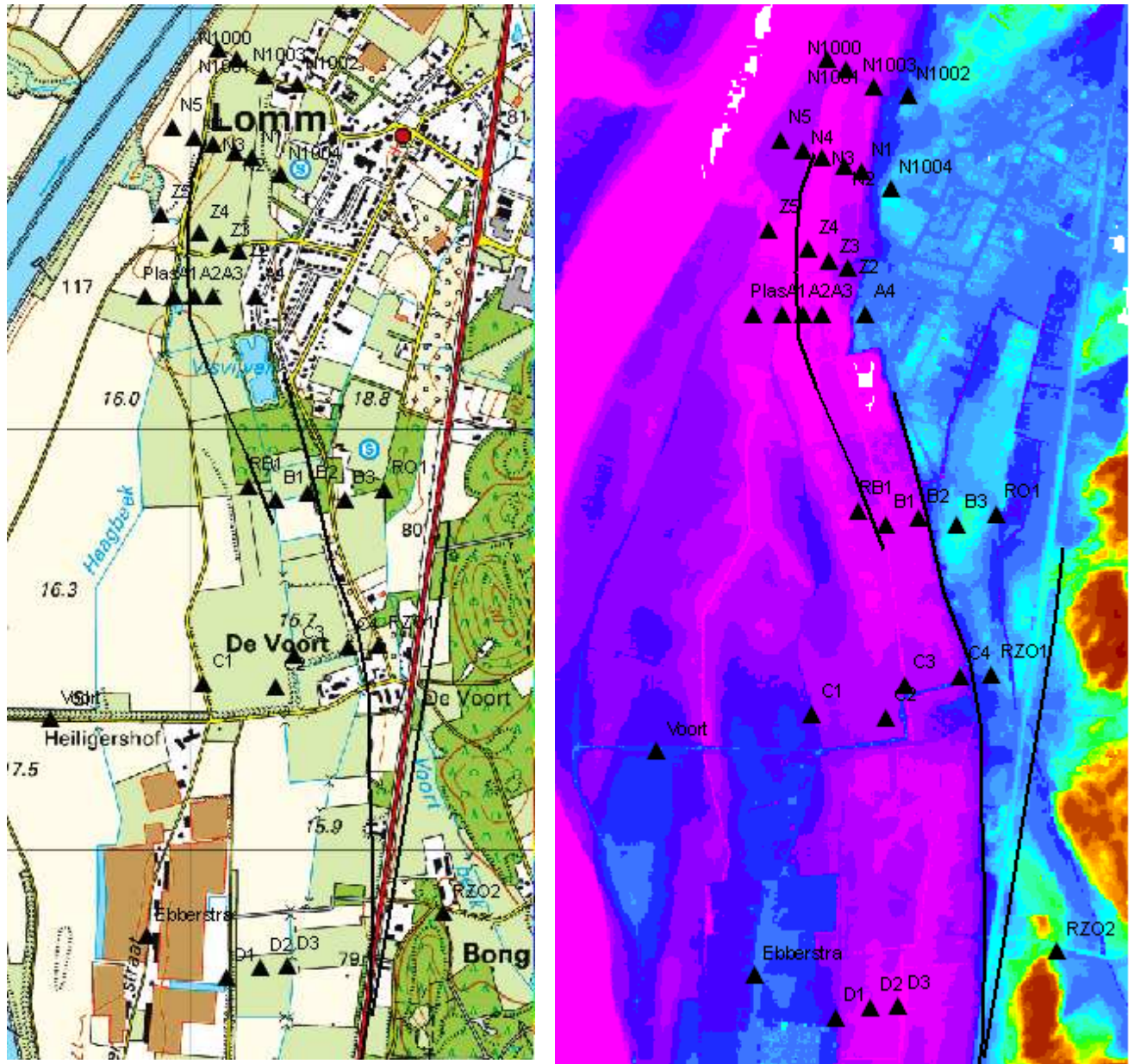
m. Noordelijk hiervan ligt de bovenkant lager, op omstreeks NAP +1.0 tot NAP -1.0 m. De diepte en afwerking van de bypass ter plaatse wordt bepaald door deze hoogteligging van de bovenkant van de Venlo klei.

5.2 Discontinuïteiten watervoerende pakket

In het watervoerende pakket komen discontinuïteiten voor die mede in relatie staan tot de maaiveldligging staat het Maasdal. In het Maasdal ligt de huidige rivier de Maas het laagst (vigerend stuwpeil in 2007 NAP +10.85 m, inmiddels als gevolg van peilopzet NAP +11.10 m). Direct grenzend aan de rivier liggen de maaiveldhoogten hoger (boven NAP +14.00 m). De maaiveldhoogten in het Maasdal ligt tussen ca. NAP +14.50 aan de noordkant bij de bypass tot boven NAP +17.50 m bij de kassen in het zuiden van de hoogwatergeul Lomm. In het zuiden, waar de uitbreiding van de hoofdwatervuul plaatsvindt, varieert de hoogteligging van het maaiveld tussen ca. NAP +15.70 m en ca. NAP +17.50 m. In figuur 5.2 is de maaiveldligging nader aangegeven. Aan het hoogtepatroon is duidelijk te zien dat de Maas vroeger aan de oostkant van het Maasdal heeft gelegen, tegen het hoger gelegen Maasterras aan. De Maas is dus in westelijke richting opgeschoven naar zijn huidige ligging. In het Maasdal liggen beken, zoals de Haagbeek, die grondwater in het Maasdal wegvangen en afvoeren in noordelijke richting. De kassen, waarlangs de zuidelijke uitbreiding is gepland zijn in figuur 5.1 duidelijk waarneembaar tussen de huidige Maas aan de westkant en een oude rivierarm, onder aan het hoge Maasterras, aan de oostkant. De eerder genoemde discontinuïteiten in de doorlatendheid van het watervoerende pakket vertonen samenhang met de ligging van de oude rivierarmen. Hierop wordt op de volgende pagina en in de volgende paragrafen verder ingegaan. Deze discontinuïteiten zorgen ervoor dat verlagingen van de grondwaterstanden in het Maasdal minder sterk doorwerken in oostelijke richting.



Figuur 5. 2. Hoogtekaart van het Maasdal en zijn omgeving. Het Maaspeil is lager dan hier aangegeven en bedraagt ca. NAP +11.1 m. De hoogten zijn ingedeeld in klassen van 0.5 meter. In de hoogteverschillen is de ligging van oude rivierarmen te onderscheiden.



Figuur 5.3. Ligging van de raaien met grondwaterstandwaarnemingen (driehoekjes) waarbij tevens geïnterpreteerde discontinuïteiten in het watervoerende pakket zijn aangegeven met zwarte lijnen. De aanduiding plas duidt op de in uitvoering zijnde zandwinning in 2007.

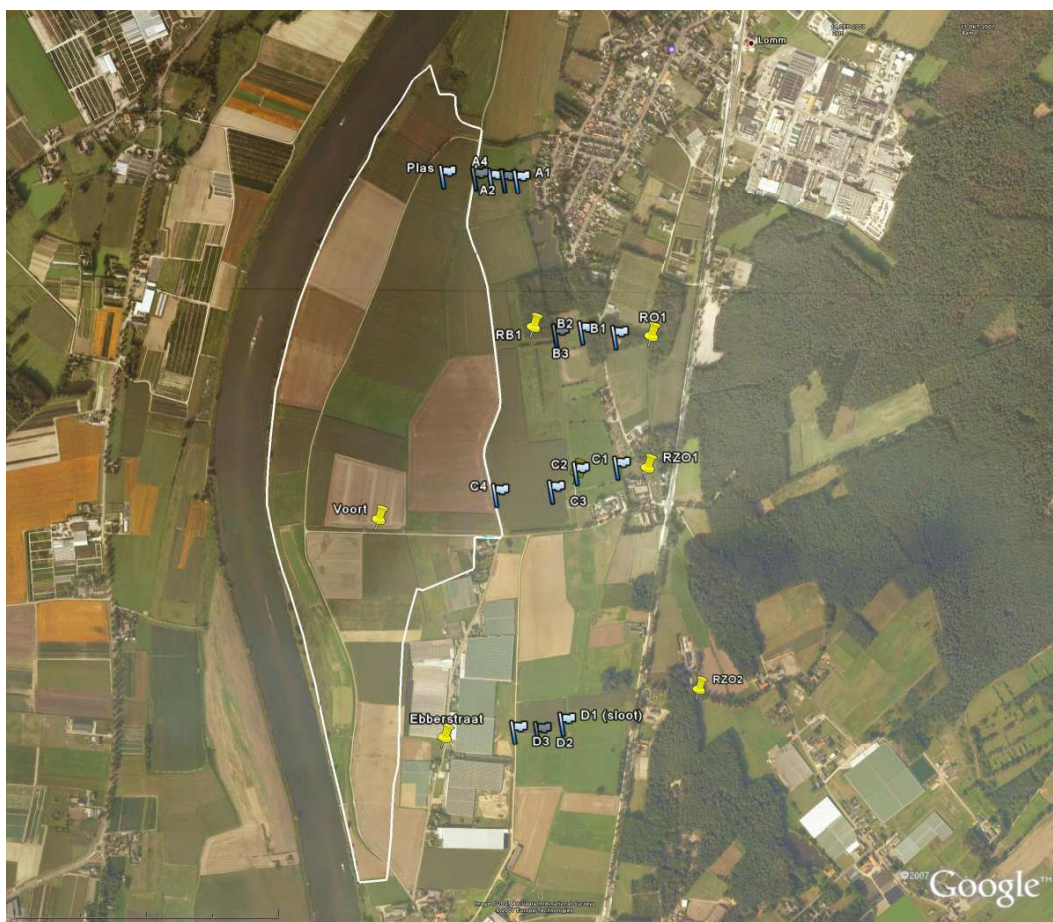
In figuur 5.3 zijn 7 raaien met grondwaterstandwaarnemingen aangegeven op basis waarvan discontinuïteiten zijn vastgesteld in volgende deelgebieden:

- de raaien met aanduiding plas - A4, RB1 - RO1 en Voort - RZO1 liggen bij de vergunde hoogwatergeul waar een weerdverlaging is gepland;
- de raai met aanduiding N1000 - N1002 ligt bij de bypass, noordelijk van de breuk in de Venlo klei (figuur 5.1);
- de raai N5 - N1004 ligt bij de bypass, waarbij N1004 mogelijk juist noordelijk van de breuk in de Venlo klei ligt en de overige boringen zuidelijk;
- de raai Z5 - Z2 ligt bij de bypass, zuidelijk van de breuk in de Venlo klei;
- de raai Ebberstraat - RZO2 is representatief voor de uitbreiding van de hoogwatergeul bij het kassengebied.

Navolgend wordt nader ingegaan op de hydrologie en de vaststelling van de discontinuïteiten aan de hand van deze raaien.

5.3 Discontinuïteiten en grondwaterstanden in raaien hoogwatergeul

De discontinuïteiten in het watervoerende pakket kunnen worden vastgesteld aan de hand van grondwaterstanden in de stromingsrichting van het grondwater. De grondwaterstroming in het gebied van de hoogwatergeul Lomm is van oost naar west, richting de Maas. In verschillende raaien loodrecht op de Maas zijn boringen verricht. Door de grondwaterstanden in deze boringen te koppelen aan de peilbuisgegevens is een goed beeld verkregen van het stromingspatroon. In figuur 5.4 zijn de locaties van de boringen en peilbuizen aangegeven.



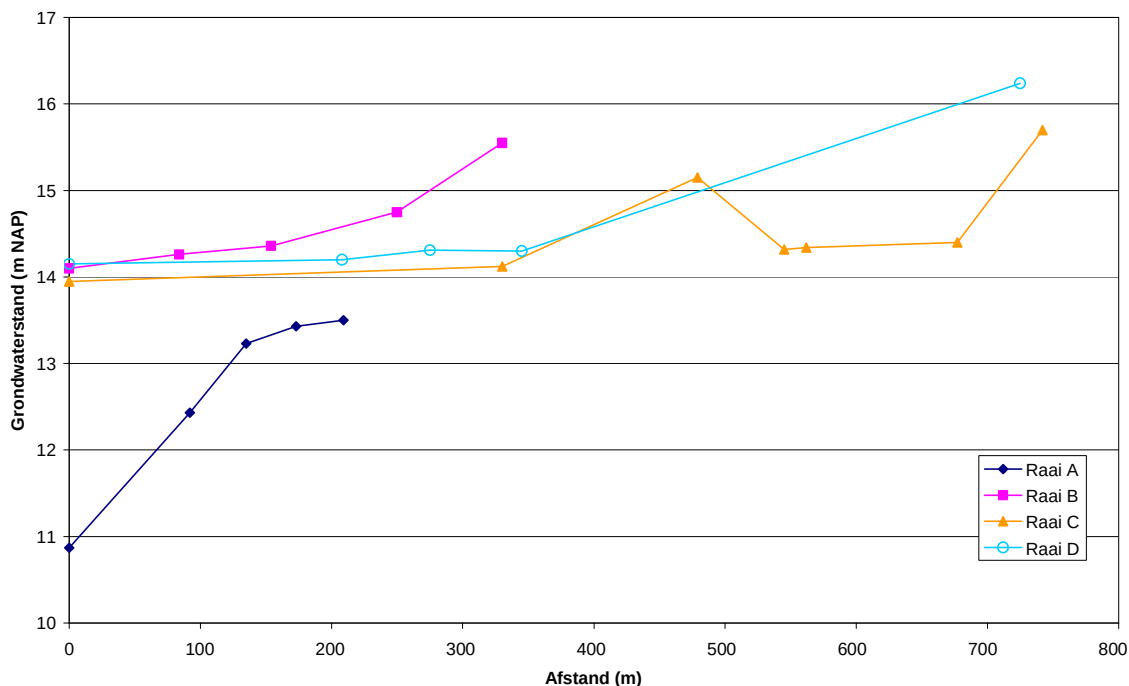
Figuur 5.4 Locaties van boringen en peilbuizen in raaien A tot en met D in het gebied (Notitie DCM, oktober 2007, de letters bij de waarnemingspunten zijn correct maar voor de cijfers dient te worden uitgegaan van figuur 5.3). Plas duidt op de in uitvoering zijnde zandwinning.

In figuur 5.5 is het grondwaterstandverloop van west naar oost vermeld. In alle raaien is een knik in het patroon van grondwaterstroming waarneembaar. Bij de meest noordelijke raai (raai A) is de invloed van de hoogwatergeul in oktober 2007 waarneembaar in het rivierpeil in de plas van NAP +10.85 m. De ontgraving van de hoogwatergeul was toen niet ver gevorderd. De grondwaterstand loopt snel op tot ca. NAP +13.2 m, waarna het grondwaterstandverloop veel minder steil oploopt. De knik bevindt zich aan de westkant van de oude rivierarm die hier vroeger was gelegen (figuur 5.3). De knik in de verhanglijn A wijst op een zone met slechte doorlatendheid in het watervoerende pakket. De grondwaterstandverlaging bovenstrooms van de knik ten opzichte van de overige raaien bedraagt ca. 0.5-1 meter. Deze verlaging zou groter zijn als de discontinuïteit niet aanwezig was.

In de raaien B en C ligt de knik in het grondwaterstandverloop rond de begrenzing met hoger gelegen Maasterras (middenin raai C ligt een oppervlaktewaterpeil hoger dan de grondwaterstanden). In raai D ligt een knik in het grondwaterstandverloop tussen één peilbuis op het hoge Maasterras (figuur 5.3) en

de overige meetpunten die in het oude rivierdal en in het kassengebied liggen. In het verloop van de grondwaterstanden in de oude rivierarm en het kassengebied zelf is geen knik (dus geen slecht doorlatende zone) te herkennen.

Grondwaterstanden raaien hoogwatergeul 10-10-2007



Figuur 5.5 Grondwaterstanden gemeten in de 4 raaien in het Maasdal (zie fig. 5.3). Op afstand 0 staat het meest westelijke waarnemingspunt. Met toenemende afstand tot dit punt staat het meetpunt verder van de Maas.

5.4 Grondwaterstroming en weerstand discontinuïteiten hoogwatergeul

Op basis van peilbuis gegevens en het verhang van de grondwaterstanden in figuur 5.5 kan een nader beeld worden verkregen van de grondwaterstroming in het Maasdal. Relevante peilbuizen in figuur 3.1 zijn B52GP0823, B52GP0824, B52GP 0825. De drie peilbuizen staan in een raai loodrecht op de Maas. Peilbuis B52GP0823 met een GLG van NAP +11.28 m (waarnemingsperiode 2000-2003) verschilt weinig van het stuwpeil.

B52GP0824 en B52GP 0825 die respectievelijk 177 m en 387 m verder landinwaarts liggen dan B52GP0823 hebben echter een veel hogere GLG van respectievelijk ca. NAP +14.09 m en 14.16 m. Westelijk hiervan ligt blijkbaar een sprong in stijghoogten die wordt veroorzaakt door de weerstand van een oude Maasarm.

Ongeveer in het verlengde van deze raai peilbuizen ligt raai C in figuur 5.3 en 5.5. waarin het stijghoogten verloop ook zeer flauw is. De waarneming van het slootpeil geeft een knik omhoog (de sloot infiltreert). De knik in de stijghoogte van het grondwater ten gevolge van een discontinuïteit ligt hier oostelijk van C4, een waarneming ca. 680 m oostelijk van peilbuis B52GP0824.

De grondwaterstroming richting de Maas kan als volgt worden berekend:

- Verhang grondwaterstanden i in m/m: tussen de peilbuizen B52GP0824 en B52GP0825 bedraagt het verhang (i in m/m) $0.066/210 = \text{ca. } 0.31 \times 10^{-6}$. Voor raai C is dat ca. $0.40/680 = \text{ca. } 0.59 \times 10^{-6}$.
- De kD -waarde of transmissiviteit is de k -waarde $\times$ de laagdikte D van de watervoerende laag. Deze wordt gesteld op ca. $(50 \times 16) = 800 \text{ m}^2/\text{dag}$.

- De hoeveelheid water die per m grenslengte van de hoogwatergeul wordt aangevoerd is $i \times kD$, dus ter plaatse van de peilbuizen ca. 0,25 m³/dag en ter plaatse van raai C ca. 0,47 m³/dag per meter grenslengte van de ontgraving. Dit is heel laag te noemen, wat kan worden toegeschreven aan een oostelijk liggende weerstandbiedende zone of discontinuïteit in het watervoerende pakket.

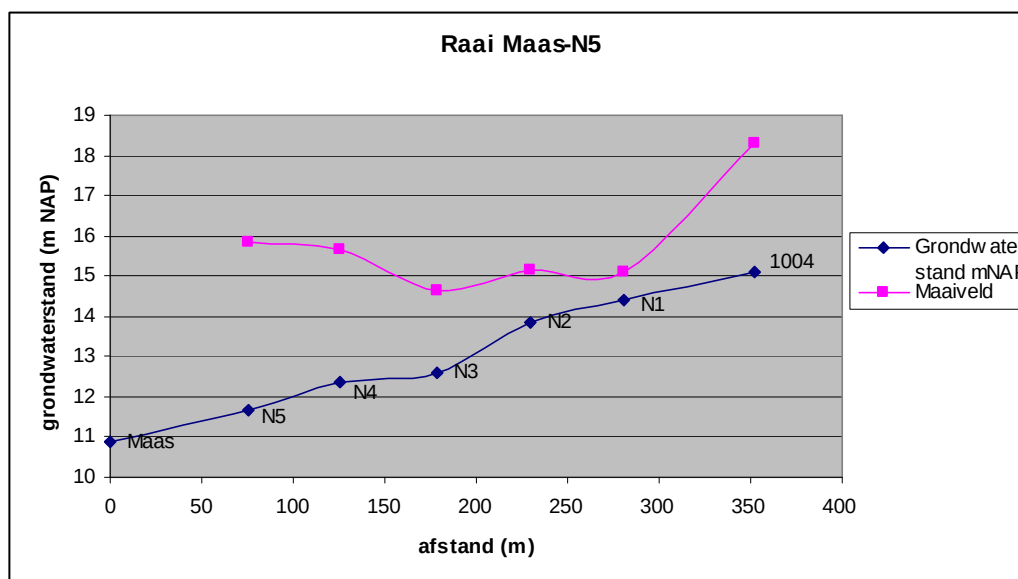
De grondwaterstroming is hier berekend bij de lage grondwaterstanden of GLG. Deze ligt beneden het beekpeil en de invloed van de beken op de grondwaterstroming is dus gering. De berekening van de grondwaterstroming bij de GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) of gemiddelde grondwaterstand is niet goed mogelijk omdat zich dan de invloed van hogere Maaspeilen doet gelden. Zo is de gemiddelde grondwaterstand in de westelijke peilbuis B52GP0824 iets hoger dan de gemiddelde grondwaterstand in B52GP0825 die meer landinwaarts ligt. Met andere woorden, het grondwater stroomt dan naar de beken in het Maasdal in plaats van naar de Maas.

5.5 Discontinuïteiten op basis van grondwaterstanden in raaien bypass

Ter plaatse van de bypass zijn de grondwaterstanden in drie raaien waargenomen. Twee raaien zuidelijk en één raai noordelijk van de breuk in de Venlo klei (figuur 5.3). De twee raaien zuidelijk (ligging op tekening bijlage 3) en de raai noordelijk van de breuk worden hierna afzonderlijk behandeld.

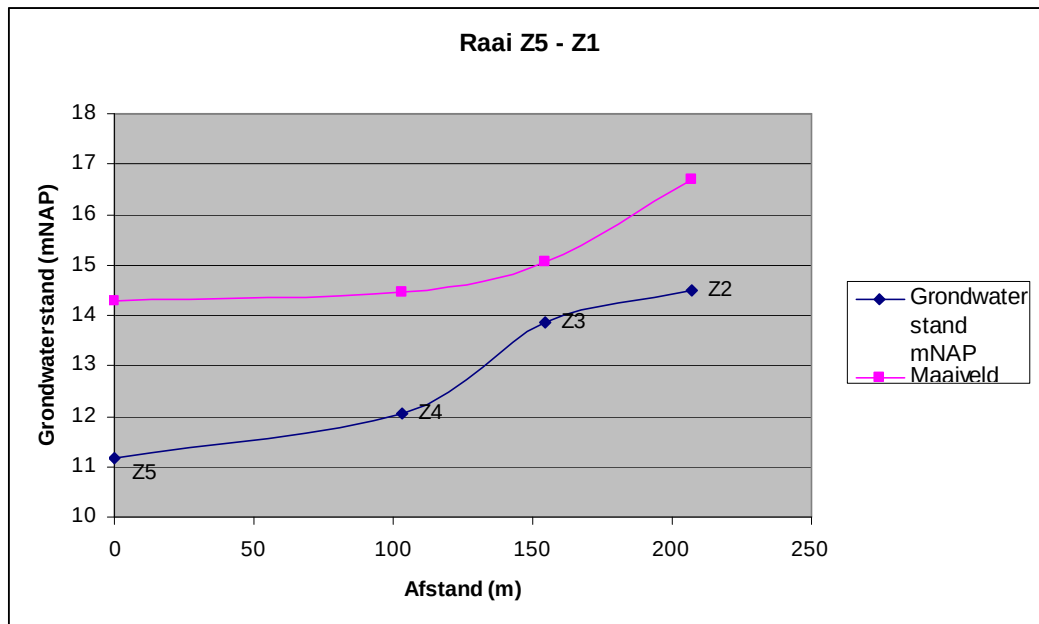
Raaien zuidelijk van de breuk

Zuidelijk van de breuk zijn de waargenomen grondwaterstanden in raai N als volgt:



Figuur 5.6 Grondwaterstandverloop en maaiveldhoogten in raai N, zuidelijk van de breuk.

In deze raai N is tussen de waarnemingspunten N2 en N3 een breuk in het grondwaterstandverloop herkenbaar. Hier is een slecht doorlatende zone in het watervoerende pakket waarneembaar die ook bij raai A in figuur 5.5 zichtbaar is. In raai Z is het grondwaterstandverloop als volgt:



Figuur 5.7 Grondwaterstandverloop en maaiveldhoogten in raai Z, zuidelijk van de breuk en zuidelijk van raai N.

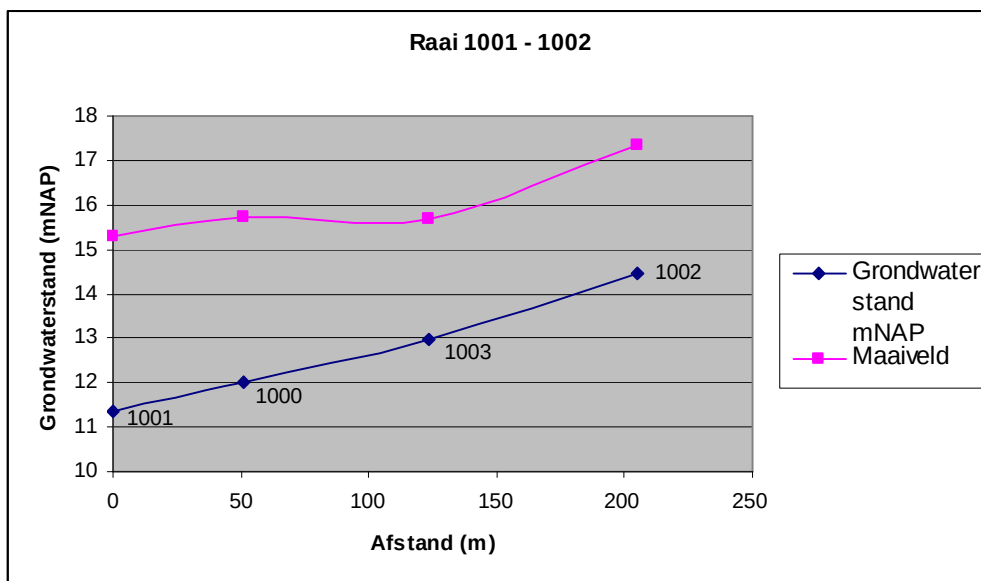
In deze raai Z is duidelijk een breuk herkenbaar tussen de waarnemingspunten Z3 en Z4. De slecht doorlatende zones in raai A van figuur 5.5, in raai N van figuur 5.6 en van deze raai liggen in elkaars verlengde.

Net oostelijk van de breuk, in de waarnemingspunten N2 en Z3, zijn de grondwaterstanden vrijwel gelijk. Namelijk NAP +13.87 m en NAP +13.85 m. Dit is een waarneming in de zomer. In de winter mag een hogere grondwaterstand worden verwacht die aan de bovenkant in absolute zin wordt beperkt door de maaiveldligging (ruim 1 meter hoger).

Raai noordelijk van de breuk

De geohydrologische opbouw noordelijk van de breuk onderscheidt zich van het gebied zuidelijk van de breuk in de diepteligging van de Venloklei, zoals aangegeven door Van Rooijen. De bovenkant van de Venloklei ligt hier rond NAP of dieper.

In deze raai (figuur 5.8) is niet duidelijk de invloed van een breuk herkenbaar. Het verhang van de grondwaterstand tussen 1002 en 1003 is wel wat steiler dan tussen de overige waarnemingspunten. In de raai noordelijk van de breuk zijn de grondwaterstanden als volgt:



Figuur 5.8 Meest noordelijke raai (noordelijk van de breuk). De maaiveldhoogten en grondwaterstanden zijn aangegeven

5.6 Grondwaterstroming en weerstand discontinuïteiten bypass

Bij het maken van de hoogwatergeul is gebleken dat door de discontinuïteiten in het watervoerende pakket de verlagingen kleiner uitvallen dan verwacht volgens het grondwatermodel van 2004. Ook de hoeveelheid grondwater die in het watervoerende pakket wordt afgevoerd richting de Maas is daardoor kleiner en dit verklaart het vlakke verhang van de grondwaterstanden in het Maasdal. De grondwaterstroming en weerstand van de discontinuïteiten ter hoogte van de bypass wordt afgeleid op basis van de verhanglijnen in de figuren 5.6 tot en met 5.8. Ter plaatse van de zuidelijke uitbreiding is het verhang van de grondwaterstand ter plaatse van raai D in figuur 5.5 relevant. Dit komt in hoofdstuk 7 aan de orde.

Grondwaterstroming en weerstand in raai N zuidelijk van de breuk in de Venlo klei

Voor raai N zuidelijk van de breuk (figuur 5.6) wordt de grondwaterstroming tussen N1 en N2 berekend. Deze punten liggen juist oostelijk van de toekomstige bypass:

- Verhang grondwaterstanden i in m/m: tussen N1 en N2 is het verschil in grondwaterstand 0.56 m. De afstand tussen deze twee waarnemingspunten is 51 m. Het verhang i is dus $(0.56/51) = 0.011$ m/m.
- De kD -waarde of transmissiviteit is de k -waarde $\times$ de laagdikte D van de watervoerende laag. Deze wordt gesteld op ca. $350 \text{ m}^2/\text{dag}$.
- De hoeveelheid water die per m lengte van de bypass wordt aangevoerd is ter plaatse van de raai dus $i \times kD = 0.011 \times 350 = 3.85 \text{ m}^3$ per dag.

De weerstand van de slecht doorlatende zone tussen N2 en N3 in figuur 5.6 kan worden berekend aan de hand van de grondwaterafvoeren en het peilverschil tussen N2 en N3. De grondwaterafvoer is berekend op 3.85 m^3 per dag en het peilverschil dH tussen N2 en N3 bedraagt 1.23 m. De grondwaterstroming vindt plaats in het pakket tussen de onderkant van de deklaag op ca. NAP +13.5 m en de bovenkant van de Venlo klei op ca. NAP +5.0 m. De laagdikte D van dit pakket bedraagt dus 8.5 m. De weerstand W wordt berekend per meter laagdikte van dit pakket, waarin $(3.85/8.5) = 0.453 \text{ m}^3$ water per dag ($= Q$) wordt getransporteerd. De weerstand wordt dan $W = dH/Q = 1.23/0.453 = 2.715$ dagen. Later in dit rapport wordt deze weerstand langs het talud van de ontgraving berekend. Dat talud wordt gesteld op 1:1 en de taludlengte bedraagt ca. 12 m. Per m taludlengte wordt het debiet dan $(3.85/12) = 0.321 \text{ m}^3/\text{dag}$ en de aanwezige weerstand C per m taludlengte wordt $1.23/0.321 = 3.83$ dagen. Deze weerstand vormt de basis voor het berekenen van de aan te brengen weerstand in de eindsituatie.

Grondwaterstroming en weerstand in raai Z zuidelijk van de breuk in de Venlo klei

Voor raai Z (figuur 5.7) wordt de grondwaterstroming tussen Z2 en Z3 berekend. Deze punten liggen juist oostelijk van de slechter doorlatende zone in het watervoerende pakket:

- Verhang grondwaterstanden i in m/m: tussen Z2 en Z3 is het verschil in grondwaterstand 0.62 m. De afstand tussen deze twee waarnemingspunten is 52.5 m. Het verhang i is dus $(0.62/52.5) = 0.0118$ m/m.
- De kD -waarde of transmissiviteit is de k -waarde $\times$ de laagdikte D van de watervoerende laag. Deze wordt gesteld op ca. $350 \text{ m}^2/\text{dag}$.
- De hoeveelheid water die per m lengte van de bypass wordt aangevoerd is ter plaatse van de raai dus $i \times kD = 0.0118 \times 350 = 4.13 \text{ m}^3$ per dag.

De weerstand van de slecht doorlatende zone tussen Z3 en Z4 in figuur 5.7 kan worden berekend aan de hand van de grondwaterafvoer en het peilverschil tussen Z3 en Z4. De grondwaterafvoer is berekend op 4.13 m^3 per dag en het peilverschil dH tussen Z3 en Z4 bedraagt 1.80 m. De grondwaterstroming vindt plaats in het pakket tussen de onderkant van de deklaag op ca. NAP +13.5 m en de bovenkant van de Venlo klei op ca. NAP +5.0 m. De laagdikte D van dit pakket bedraagt dus 8.5 m. De weerstand W wordt berekend per meter laagdikte van dit pakket, waarin $(4.13/8.5) = 0.486 \text{ m}^3$ water per dag ($= Q$) wordt getransporteerd. De weerstand wordt dan $W = dH/Q = 1.80/0.486 = 3.7$ dagen. Later in dit rapport wordt deze weerstand langs het talud van de ontgraving berekend. Dat talud wordt gesteld op 1:1 en de taludlengte bedraagt ca. 12 m. Per m taludlengte wordt het debiet dan $(4.13/12) = 0.344 \text{ m}^3/\text{dag}$ en de aanwezige weerstand C per m taludlengte wordt $1.80/0.344 = 5.23$ dagen. Deze weerstand vormt (met de weerstand berekend bij raai N) mede de basis voor het berekenen van de aan te brengen weerstand in de eindsituatie.

Grondwaterstroming en stijghoogten in raai noordelijk van de breuk in de Venlo klei

Voor de meest noordelijke raai (figuur 5.8) wordt de grondwaterstroming tussen de waarnemingspunten 1000 en 1003, oostelijk van de bypass, beschouwd:

- Verhang grondwaterstanden i in m/m: tussen 1000 en 1003 is het verschil in grondwaterstand 0.939 m. De afstand tussen deze twee waarnemingspunten is 72.5 m. Het verhang i is dus $(0.939/72.5) = 0.013$ m/m.
- De kD -waarde of transmissiviteit is de k -waarde $\times$ de laagdikte D van de watervoerende laag. Deze bedraagt $50 \times 13 = 650 \text{ m}^2/\text{dag}$.
- De hoeveelheid water die per m lengte van de bypass wordt aangevoerd is ter plaatse van de raai dus $i \times kD = 0.013 \times 650 = 8.45 \text{ m}^3$ per dag.

Noordelijk van de breuk in de Venlo klei is geen slecht doorlatende zone uit de grondwaterstand waarnemingen af te leiden (figuur 5.8). Hier is van belang dat de bypass afbuigt richting de Maas, in westelijke richting. Met afnemende afstand tot de Maas dalen de grondwaterstijghoogten in het watervoerende pakket. Daarmee wordt in de eindsituatie de benodigde opstuwing van grondwaterstijghoogten met het hydrologisch scherm (ten opzichte van het Maaspeil) kleiner. De stijghoogten van de hier besproken raai in figuur 5.8 geven bij goede benadering de gemiddelde situatie van het tracé noordelijk van de breuk in de Venlo klei weer. De hier berekende waarden van de grondwaterstroming dienen als uitgangspunt voor de vaststelling van maatregelen die nodig zijn om hydrologische effecten van de ontgraving in de omgeving te voorkomen.

5.7 Overzicht hiervoor vermelde en overige bevindingen

Voorgaand zijn we nagegaan waarom de effecten van de realisatie van de hoogwatergeul naar de omgeving toe veel kleiner uitvallen dan berekend. De reden hiervan is met name gelegen in de aanwezigheid van slecht doorlatende zones in het eerste watervoerende pakket waarvan ook in het modelonderzoek al sprake was maar die in grotere mate aanwezig zijn en veel meer de hydrologie blijken te bepalen dan eerder gedacht was. Diverse waarnemingen bevestigen elkaar in dit opzicht, namelijk:

1. Op de hoogtekaart (figuur 5.2) is zichtbaar dat de Maas vroeger oostelijker in het Maasdal lag. Zoals nu nabij de oever van de Maas een weerstand aanwezig is die de aangrenzende grondwaterstand enkele meters hoger houdt dan het Maaspeil is deze weerstand ook aanwezig ter plaatse van de oostelijker gelegen voormalige oevers van de Maas. In de hoogtekaart van figuur 5.3 is de ligging van de oude opgevlude Maasarmen met de vastgestelde slecht doorlatende zones opgenomen.
2. In raaien loodrecht op de Maas zijn boringen gezet en de grondwaterstanden zijn waargenomen in raaien (figuur 5.3). Dat is zowel gebeurd door de opdrachtgever zelf als door een boorbedrijf. Uit het verhang van de grondwaterstanden blijkt het voorkomen van slecht doorlatende zones, ondermeer ter plaatse van de voormalige Maasoevers.
3. Bij het voortschrijden van de ontgroning in zuidelijke richting is op een gegeven moment een slecht doorlatende zone of discontinuïteit gepasseerd, waarna wel noemenswaardige grondwaterstand verlagingen in oostelijk gelegen peilbuizen zijn waargenomen. Deze effecten breiden zich echter niet zover uit als voorspeld met het grondwatermodel van 2004 (zie onder punt 4).
4. De slecht doorlatende zones of discontinuïteiten in het watervoerende pakket zijn op meerdere plaatsen waarneembaar. Zo ligt peilbuis RZ01 oostelijk van een oude Maasarm maar binnen het Maasdal. Hierin is al een kleinere dan voorspelde verlaging van de grondwaterstanden te herkennen. Een tweede slecht doorlatende zone is herkenbaar in de overgang naar het hoge Maasterras bij de Provinciale weg N271. De weerstand bij de Provinciale weg N271 zet zich langs deze weg in zuidelijke richting voort en is herkenbaar in de gemeten verlagingen in peilbuis RZ02. Verhoudingsgewijs zijn deze verlagingen weer kleiner ten opzichte van de modelmatig voorspelde verlagingen dan bij peilbuis RZ01. De discontinuïteiten zijn alleen daar aangegeven waar deze met grondwaterstandwaarnemingen in de raaien bevestigd konden worden.

Tot slot zijn in het kader van de ontwikkeling van de bypass sonderingen gezet. Hiermee is de locatie van een slecht doorlatende zone nader bepaald. Een aantal boringen en sonderingen bevestigt de aanwezigheid van een slecht doorlatende zone. Er blijkt meer klei voor te komen ter plaatse van het gedachte watervoerende pakket dan gedacht.

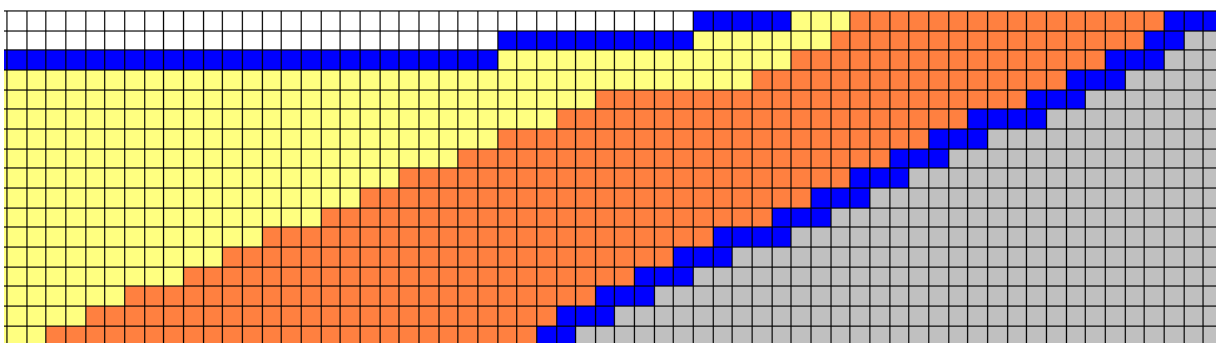
Overigens kan een weerstand ook voorkomen in een smallere zone die daarom niet eenvoudig terug te vinden is in boringen. Bekend is dat zich langs de Maasoever in het verleden op de overgang van anaerobe naar aerobe condities veel ijzerafzettingen hebben gevormd (zie bijvoorbeeld <http://www.geologievannederland.nl/zwurfstenen/beschrijvingen/ijzeroer>). Bij de Holocene transgressie waarbij de zeespiegel en de rivierpeilen stegen geeft dit aanleiding tot ijzerafzettingen op meerdere niveaus waardoor de intreeweerstand sterk toeneemt. Dit is bijvoorbeeld relevant voor de overgang van het hoge Maasterras naar lagere gebiedsdelen (zie hiervoor genoemde punt 4).

6 Optimalisatie hoogwatergeul Lomm door weerdverlaging

6.1 Maatregelen inrichting

De optimalisatie door weerdverlaging houdt in dat binnen de begrenzing van de kade om het plangebied het maaiveld wordt verlaagd, waardoor bij hoogwaterstanden meer ruimte is voor waterdoorvoer en de waterstanden bovenstrooms worden verlaagd. De maaiveldverlaging vindt plaats aan de voet van de kade, die het plangebied aan de oostkant omgrent. Het maaiveld helt onder een helling van 1: 10 af tot een niveau van NAP +12.1 m. Daarna ligt het maaiveld vrijwel horizontaal om pas dicht bij het water van de hoogwatergeul af te hellen naar het Maaspeil. Het verlaagde maaiveld ligt daarbij grotendeels in het hydrologische scherm dat aan de oostkant van de zandwinplas wordt aangebracht.

De tijdelijke situatie verandert bij de optimalisatie van de hoogwatergeul niet ten opzichte van de huidige vergunde situatie. De eindsituatie wijzigt wel in de zin dat het talud lager wordt afgewerkt. Deze lagere taludafwerking vindt hoofdzakelijk plaats binnen het hydrologisch scherm dat in de eindsituatie wordt aangebracht. Onderstaand is in figuur 6.1 de afwerking in de eindsituatie met weerdverlaging aangegeven.



Figuur 6.1. Weergave van een deel van het afgewerkte talud als dwarsprofiel in het grondwatermodel. De vakken zijn 1 m bij 1 m. De onderkant ligt op NAP -2.0 m. De bovenkant op NAP +15.0 m (het maaiveld ligt nog 1 à 2 m hoger maar is voor de grondwaterstroming niet van belang). De weerd is afgewerkt onder een talud 1:10 tot een hoogte van NAP +12.1 m en indicatief aangegeven met de blauwe cellen bovenaan. Grijs is de ongeroerde grond, aangegeven met een k-waarde van ca. 50 m/dag. Hierop is in blauw de bovengrens van deze laag aangegeven. Oranje is de opgebrachte laag grond met een k-waarde van 0.23 m/dag. Geel is de daarop opgebrachte laag grond met een k-waarde van tenminste 2.37 m/dag.

Naar links loopt het hier weergegeven talud door, tot aan het water van de hoogwatergeul, waarbij de bovenzijde van de weerd op ongeveer NAP +12.1 m blijft liggen.

Bij een grondwaterstand in de ongeroerde grond die hoger ligt dan het maaiveld van de verlaagde weerd stroomt grondwater naar de verlaagde weerd. Met het grondwatermodel is het effect van deze afwerking van de weerd op de grondwaterstanden nagegaan.

6.2 Effecten op de grondwaterstroming

De GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand in de zomer), die het meest bepalend is voor eventuele verdroging, ligt aan de oostelijke rand van de vergunde hoogwatergeul op ongeveer NAP +14.0 m vóór aanvang van de aanleg van de hoogwatergeul. In deze situatie bedraagt de grondwaterstroming naar de Maas bij een stuwwaarde van NAP +11.1 m ca. 0.5 m³/dag per m randlengte van de ontgraving. Voor de aangegeven taludafwerking berekenen we een debiet van ca. 0.43 m³ per dag per m randlengte door het talud. De afstroom is minder en dus blijft de grondwaterstand gelijk of wordt iets opgestuwd.

De GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) bedraagt ca. NAP +14.8 m, maar dan is ook van een verhoogd peil van de Maas sprake. Bij een verhoogd peil van de Maas neemt het verschil tussen de GHG aan de oostrand van de ontgroning en het Maaspeil af waardoor de grondwaterstroming van 0.5 m³ per dag niet wordt overschreden. Bij een minder hoge grondwater stijghoogte in de winter van NAP +14.4 m kan het stuwpeil van de Maas toch laag zijn en NAP +11.1 m bedragen. De grondwaterstroming door het talud wordt dan 0.62 m³ per dag per m randlengte van de ontgroning. Dit is iets hoger dan 0.5 m³ maar toelaatbaar omdat dit naar verwachting kortdurend is en in de meest langdurige situatie de grondwaterstroming juist iets afneemt en de grondwaterstijghoogte gelijk blijft of iets wordt opgestuwd. Bovendien, door het peil in de beek oostelijk van de ontgroning regelbaar te maken kunnen afwijkingen ten opzichte van de referentie situatie worden opgevangen.

In de eerdere MER voor de hoogwatergeul (Royal Haskoning, 18 november 2004) wordt voor de eindsituatie gesteld dat de taludafdekking leidt tot grondwateropstuwing en daardoor negatieve effecten voor de landbouw in het bijzonder. Met de weerdverlaging treedt geen noemenswaardige grondwateropstuwing op en zijn er geen negatieve effecten zoals hiervoor omschreven. De eindconclusie is dat er geen grondwatereffecten zijn. Als mitigerende maatregel worden de grondwaterstanden gemonitord zodat door middel van peilbeheer van de beken zo nodig een bijstelling plaats kan vinden.

6.3 Effecten op de beken

Omdat er geen effecten op de grondwaterstroming buiten het plangebied optreden is ook geen sprake van effecten op de beken, behoudens het peilbeheer dat wordt afgestemd op de monitoring.

6.4 Effecten op de landbouw, natuur en bebouwing

Omdat er geen effecten op de grondwaterstroming buiten het plangebied optreden is ook geen sprake van effecten op landbouw, natuur of bebouwing ten opzichte van de vergunde situatie.

7 Hydrologisch onderzoek inrichting bypass

7.1 Inrichting van de bypass

Een beeld van de inrichting van de bypass in de eindsituatie is in figuur 1.1 gegeven. De wateroppervlakte in de eindsituatie is veel kleiner dan de totale oppervlakte van het plangebied weergegeven in figuur 1.1. Binnen de begrenzing van het plangebied zijn in eerste instantie dan ook verschillende mogelijkheden van zandwinning nagegaan om tot het beeld van de eindsituatie te komen.

Een mogelijkheid is om binnen de begrenzing van het plangebied maximaal te ontgronden en vervolgens aan te vullen. Omdat aan de oostkant van het plangebied de grondwaterstijghoogten kunnen oplopen tot boven NAP +15 m betekent dit in de eindsituatie een verschil met het Maaspeil in de bypass (NAP +11,10 m) van meer dan 4 meter. Een hydrologische scherm moet daardoor een hoge weerstand hebben tegen grondwaterstroming en goed aansluiten op de Venlo klei.

Een andere mogelijkheid is de weerstandbiedende zone te handhaven die in de huidige situatie oostelijk van het wateroppervlak in de eindsituatie van de bypass aanwezig is. Dat kan op twee manieren. De eerste methode is om aan de westkant en de oostkant van de slecht doorlatende zone zand te winnen. Aan de westkant komt de bypass in de eindsituatie te liggen. Aan de oostkant van de slecht doorlatende zone wordt een geul gegraven en geheel aangevuld met matig tot slecht doorlatend materiaal. Een derde mogelijkheid is om de zandwinning te beperken tot het traject westelijk van de slecht doorlatende zone. Hierbij wordt een hydrologisch scherm op het oostelijke talud van de bypass, tegen de slecht doorlatende zone, aangebracht. De oostelijke begrenzing van de ontgraving wordt zodanig gekozen dat de slecht doorlatende zone niet wordt aangetast (zie bijlage 3 waarin de ligging van deze zone is vermeld).

Gezien de wens om in de tijdelijke en de eindsituatie risico's van verlagingen zoveel mogelijk te voorkomen is gekozen om deze laatste methode, waarbij de zandwinning westelijk van de slecht doorlatende zone blijft, uit te werken. De weerstand van de aangrenzende slecht doorlatende zone wordt dus intact gelaten. Voor zover een aanvullende weerstand nodig is wordt een hydrologisch scherm aan de oostkant van de bypass op het talud aangebracht. De dimensionering vindt plaats op basis van een 'worst-case' benadering.

7.2 Maatregelen tijdelijke situatie

Problematiek

De ontgroning vindt afgesloten van de Maas plaats. Dat betekent dat in de tijdelijke situatie tijdens de zandwinning het waterpeil van de dan nog afgesloten bypass met name wordt bepaald door de aanvoer en afvoer van grondwater en het transport van zand en water dat bij de zandwinning plaatsvindt. Om de zandwinning uitvoeringstechnisch mogelijk te maken is voldoende water in de bypass nodig, derhalve is wateraanvoer noodzakelijk.

Het waterpeil van de bypass is overal gelijk terwijl voorheen ter plaatse een verhang in de grondwaterstanden aanwezig was. De plas vult dit stijghoogten patroon af. Aan de oostkant waar de grondwaterstand het hoogst is wordt deze verlaagd, aan de westkant waar de grondwaterstand het laagst is wordt deze verhoogd. Dat betekent dat aan de oostkant, waar de grondwaterstand wordt verlaagd, meer water naar de plas stroomt. Aan de westkant, waar de grondwaterstand wordt verhoogd, stroomt juist meer water uit de plas.

Om iedere grondwaterstandverlaging aan de oostkant te voorkomen wordt in de bypass een hoger peil gerealiseerd, gelijk aan de grondwaterstand aan de oostzijde van de plas. Dit hoger peil wordt gerealiseerd middels de wateraanvoer die ook uit uitvoeringstechnisch oogpunt noodzakelijk is. De hoeveelheid water wordt berekend waarbij ervan uit wordt uitgegaan dat het een 'worst-case' situatie betreft. Aan de oostkant liggen immers de eerder besproken breuken die de invloed van een verlaging

beperken. De wateraanvoer wordt afgestemd op de waarneming van monitoring peilbuizen aan de oostkant, met in het bijzonder aandacht voor signalen van omwonenden in de directe omgeving van het gebied (zoals een zienswijze die door Linssen cs Advocaten op 30 juli 2012 namens een omwonende is ingediend).

De taludlengte aan de oostkant en zuidelijke ronding van de bypass bedraagt ca. 450 m. Daarbij ligt ongeveer 200 m noordelijk van de breuk in de Venlo klei en 250 m zuidelijk. Tijdens de winning kan ervan worden uitgegaan dat het talud over een lengte van 200 m onbeschermd is, waar grondwater vrijelijk toe kan stromen. Waar de zandwinning klaar is wordt het talud zo snel mogelijk aangevuld zodat de toestroom van grondwater (en de grondwaterstandverlaging) wordt beperkt. De berekening van de benodigde wateraanvoer vindt navolgend plaats voor 1 traject van 150 m en 3 trajecten van 100 m, van zuid naar noord.

Benodigde wateraanvoer zuidkant breuk Venlo klei.

Aan de zuidkant van de breuk in de Venlo klei liggen de raaien Z en N. De grondwaterstand aan de oostkant van de bypass ter plaatse van raai Z is ongeveer gelijk aan de grondwaterstand in punt Z4 en bedraagt ca. NAP +12.07 m. De grondwaterstand aan de oostkant van de bypass ter plaatse van raai N is ongeveer gelijk aan de grondwaterstand in punt N3 en bedraagt ca. 12.62 m. Dit wijst erop dat in het meest zuidelijke traject van 150 m een oppervlaktewaterpeil rond NAP +12.07 m wordt gehandhaafd en in het noordelijker traject van 100 m een oppervlaktewaterpeil van rond NAP +12.62 m.

De berekening van de benodigde wateraanvoer vindt plaats in twee fasen. Eerst berekenen we wat zonder wateraanvoer de extra grondwateraanvoer vanaf de oostkant naar de bypass is. In deze situatie stelt het plaspeil zich in op het midden van het verhang van de grondwaterstand ter plaatse. De verlaging van de grondwaterstand die daarbij optreedt aan de oostzijde is gelijk aan de verhoging aan de westzijde. Willen we een grondwaterstandverhoging voorkomen dan dient het plaspeil verhoogd tot de grondwaterstand aan de oostzijde, zodat de verhoging aan de westzijde 2x zo groot wordt dan in de situatie zonder wateraanvoer. De hoeveelheid aan te voeren water is daarom 2x zo groot als de extra wateraanvoer die optreedt naar de plas in situatie zonder wateraanvoer.

We volgen de navolgende redenering:

- het verhang van de grondwaterstand is ca. 0.012 m/m of over een gemiddelde breedte ter plaatse van de geplande bypass van 60 m is het verschil in grondwaterstand ter plaatse tussen oost en west 0.72 m.
- Aan de oostzijde wordt zonder grondwateraanvoer de grondwaterstand dus 0.36 m verlaagd en aan de westzijde 0.36 m verhoogd.
- Aan de oostzijde van de bypass bevindt zich een slecht doorlatende zone. Bij een grondwaterstandverschil van 0.56 m aan weerszijden van de zone (raai N) wordt 3.85 m³ per dag aan grondwater getransporteerd.
- Door de plas zou het grondwaterstandverschil aan weerszijden van de zone toenemen tot $(0.56+0.36)=0.92$ m, als we de grondwaterstand aan de oostkant van deze zone willen handhaven. De toestroom van grondwater naar de plas neemt dan toe tot $((0.92/0.56)\times 3.85=)$ ca. 6.33 m³/dag. Dat is een toename van $(6.33-3.85=)$ 2.48 m³/dag per m lengte van het traject.
- Als we het peil willen verhogen tot de oorspronkelijke grondwaterstand aan de oostkant van de plas (= westzijde slecht doorlatende zone), dan is $(2\times 2.48=)$ ca. 4.96 m³ wateraanvoer per dag nodig per m lengte van het traject (zie de alinea hierboven). Over een lengte van 100 m met een onbeschermd talud wordt dit 496 m³/dag of 20.67 m³/uur.

We hebben hier de berekening gedaan voor raai N. Voor raai Z is het verhang van de grondwaterstand over de slecht doorlatende zone 0.62 m waarbij 4.13 m³/dag water wordt getransporteerd. Op dezelfde wijze als hiervoor voor raai N kunnen we berekenen dat over een lengte van 150 m onbeschermd talud ca. 719 m³/dag of 30 m³/uur wateraanvoer nodig is.

Benodigde wateraanvoer noordkant breuk Venlo klei

Aan de noordkant van de breuk in de Venlo klei ligt de raai 1001-1002 aanongeveer op de helft van dit deeltraject. Waarnemingspunt 1000 ligt aan de oostkant van de geplande bypass. De grondwaterstijghoogte bedraagt ca. NAP +12.02 m. Richting het zuiden neemt de stijghoogte toe tot ongeveer NAP +12.62 m (waargenomen in raai N aan de oostkant van de bypass), in noordelijke richting neemt de grondwater stijghoogte geleidelijk af tot ongeveer het stuwpeil van de Maas. In dit traject dient onderscheid te worden gemaakt in een zuidelijk deel dat niet onmiddellijk aan de Maas grenst en een noordelijk deel waarbij de plas wel aan de Maas grenst. Als de plas dicht aan de Maas grenst stroomt veel water snel naar de Maas en dient relatief veel water te worden aangevoerd.

We behandelen eerst de noordelijke plas dicht langs de Maas. Uit de ligging van de waarnemingspunten van raai 1001-1002 en de stijghoogten waarnemingen kunnen we afleiden dat op 50 m van de Maas de grondwater stijghoogten ongeveer op ongeveer 0.50 m boven het stuwpeil van de Maas liggen, waarbij een hoeveelheid water van ca. 8.45 m³ per dag wordt afgevoerd naar de Maas. Aan de oostkant van de plas reiken de grondwater stijghoogten dan maximaal ongeveer 0.70 m hoger. Willen we dit peil aan de oostkant in de plas bereiken dan komt aan de westrand op 50 m afstand van de Maas het plaspeil (0.50+0.70=) 1.20 m hoger te liggen dan het Maaspeil. Dan wordt evenredig meer water naar de Maas afgevoerd, namelijk $((1.20/0.50) \times 8.45 =)$ ca. 20.28 m³/dag per m grenslengte langs de Maas. De toename van de afvoer is 11.83 m³/dag per m grenslengte. Bij een grenslengte van 100 m wordt dit een wateraanvoer van ca. $(100 \times 11.83 =)$ 1183 m³ per dag over een grenslengte van 100 m langs de Maas. Dat is ca. 49 m³/uur.

Het deel van de bypass noordelijk van de breuk in de Venlo klei maar zuidelijk van het deel van de bypass dat tot een afstand van 50 m aan de Maas grenst wordt begrensd door de sonderingen 2 en 5 aan de oostkant en de sondering 3 aan de westkant. Aan de kant van de sonderingen 2 en 5 reikt dit traject ca 100 m in noordelijke richting langs de oostrand van de bypass (de sonderingen 3 en 5 liggen op ongeveer op de grens met de Venlo klei). De hoeveelheid aan te voeren water ligt hier in tussen de waarde van ca. 20 à 30 m³/uur berekent voor de zuidelijker trajecten en de 49 m³/uur van het meest noordelijke traject.

7.3 Maatregelen eindsituatie

7.3.1 Overzicht van de maatregelen

Naast de eerder genoemde ruimtelijke maatregel, namelijk het intact laten van de slecht doorlatende zone door de oppervlakte van het te ontgronden gebied te minimaliseren, worden in dit hoofdstuk aanvullende maatregelen ontworpen. Namelijk het aanbrengen van een hydrologisch scherm op het oostelijke talud van de bypass en het regelbaar maken van het systeem.

Het regelbaar maken van het systeem heeft betrekking op de behoefte om de grondwaterstanden oostelijk van de bypass te corrigeren in de gewenste richting, mits dat op basis van monitoring van de grondwaterstanden wenselijk mocht blijken. Op voorhand mag worden verwacht dat met de aanleg van het hydrologisch scherm de grondwaterstanden worden gehandhaafd of zelfs worden opgestuwd ten opzichte van het huidige niveau. Middels het aanleggen van een beek aan de oostkant, waarbij het peil regelbaar wordt gemaakt, kunnen grondwaterstanden waar en wanneer nodig in de gewenste richting worden gecorrigeerd.

7.3.2 Hydrologisch scherm zuidelijk van de breuk in de Venlo klei

De aanleg van een hydrologisch scherm zuidelijk van de breuk in de Venlo klei wordt afgestemd op het handhaven van de slecht doorlatende zone oostelijk van de bypass. Allereerst wordt de totale weerstand berekend die nodig is om de huidige grondwaterstanden oostelijk van de bypass te handhaven. Dat is de weerstand van de slecht doorlatende zone plus het aan te brengen hydrologische scherm. Op basis van de weerstand van de slecht doorlatende zone wordt vervolgens de benodigde weerstand van het aan te brengen hydrologische scherm gedimensioneerd.

Berekening totale benodigde weerstand

De berekening van de totale benodigde weerstand vindt plaats op basis van de berekeningen van de grondwaterstroming in de raaien N en Z (zie paragraaf 5.6).

Zuidelijk van de breuk in de Venlo klei worden in de waarnemingspunten N2 van raai N en Z3 van raai Z vrijwel dezelfde grondwaterstanden gemeten, namelijk NAP +13.87 m en NAP +13.85 m. Daarbij bedraagt de grondwaterstroming respectievelijk 3.85 en 4.13 m³ per dag per meter randlengte van de bypass.

Bij een Maaspeil van NAP +11.10 m in de bypass dienen deze grondwaterstanden gehandhaafd te worden. De aan te brengen weerstand C (dagen) op het talud kan dan worden berekend als $C = dH/Q$, waarbij dH het peilverschil tussen de Maas en de grondwaterstand is. Q is de grondwaterstroom in m³ die bij dit peilverschil per m² taludoppervlak de bypass instroomt (m³ per m² per dag of m/dag). Het maximaal gemeten peilverschil dH is (13.87-11.10=) 2.77 m.

De aan te brengen weerstand wordt berekend per m² taludoppervlak. Daarom is ook Q in paragraaf 5.5 bepaald per m² van dit oppervlak op 0.321 m³ per m² taludoppervlak per dag. De totale benodigde weerstand wordt dan berekend als $dH/Q = 2.77/0.321 = 8.63$ dagen.

Deze berekening vindt plaats op basis van lage gemeten grondwaterstanden in de zomer. In het winterhalfjaar zijn de grondwaterstanden hoger en ook die moeten gehandhaafd worden. Daarbij wordt ook meer water naar de Maas afgevoerd. Als dH en Q evenredig toenemen dan blijft ook de benodigde weerstand op het talud gelijk. Het is mogelijk dat dH meer toeneemt dan Q ter plaatse. Dan is een hogere weerstand nodig. De volgende 'worst-case' benadering geeft meer inzicht.

Stel dat de grondwaterstand in het winterhalfjaar maximaal op NAP +14.8 m ligt en gehandhaafd moet blijven (dit is dicht bij maaiveld, hierboven wordt water oppervlakkig over maaiveld afgevoerd). Dan wordt het peilverschil met de Maas (14.8-11.10=) 3.70 m ten opzichte van 2.77 m bij de eerdere berekening. Als het debiet naar de bypass niet mag toenemen wordt de totale benodigde weerstand (3.70/2.77=) 1.34 keer groter of (8.63x1.34=) ca. 11.56 dagen. Dit is een 'worst-case' benadering omdat in de huidige situatie bij een hogere grondwaterstand ook een groter debiet naar de Maas zal stromen. Volgens de eerdere rekenmethode valt de weerstand dan lager uit dan 11.56 dagen.

Berekening weerstand slecht doorlatende zone en hydrologisch scherm

In paragraaf 5.6 is de weerstand van de slecht doorlatende zone berekend op 3.83 dagen.

Dat betekent dat het hydrologische scherm op het talud een weerstand moet hebben van (8.63-3.83=) ca. 4.8 dagen voor de gemeten grondwatersituatie en (11.56-3.83=) ca. 7.73 dagen voor de 'worst-case' situatie.

Dimensionering van het hydrologisch scherm

De aan te brengen laagdikte matig tot slecht doorlatende grond op het talud wordt berekend op basis van de vergelijking $C = d/k$, waarin C de aan te brengen weerstand is (dagen), d de laagdikte in m en k de doorlatendheid van het materiaal in m/dag.

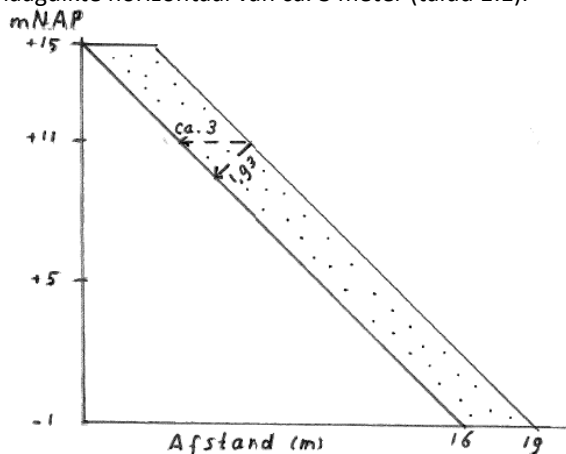
Stel de k-waarde van het lemige zand op het talud bedraagt 0.25 m/dag. Dan bedraagt de laagdikte van de aan te brengen laag $C \times k = (4.8 \times 0.25 =)$ ca. 1.2 meter voor de gemeten grondwatersituatie. Voor de 'worst-case' situatie is de aan te brengen laagdikte $C \times k = (7.73 \times 0.25 =)$ ca. 1.93 meter.

Gaan we uit van de 'worst-case' situatie voor de dimensionering van het hydrologisch scherm dan voldoet dus een laagdikte van ca. 1.93 meter sterk lemig zand, gemeten loodrecht op het talud van de bypass 1:1 (figuur 7.1).

De afwerking van het talud kan bijvoorbeeld als volgt plaatsvinden:

- Het talud wordt afgegraven onder een helling 1:1 en aangevuld onder 1:1
- Op een hoogte van NAP +15 m bedraagt de laagdikte op het talud horizontaal gemeten ca. 3 meter.
Dan bedraagt de laagdikte loodrecht op het talud ca. 2 meter
- Onderaan het talud is de laagdikte horizontaal dan eveneens ca. 3 meter.

Dit is dus de benodigde laagdikte uitgaande van de 'worst-case' benadering en een k-waarde van het scherm van 0.25 m/dag. Uit hydrologisch oogpunt voldoet dan een aanvulling van het talud met een laagdikte horizontaal van ca. 3 meter (talud 1:1).



Figuur 7.1. Schetsje van de taludafdekking (gestippeld vlak) bij een talud 1:1.

7.3.3 Hydrologisch scherm noordelijk van de breuk in de Venlo klei

Noordelijk van de breuk in de Venlo klei is geen slecht doorlatende zone uit de grondwaterstandwaarnemingen af te leiden (paragraaf 5.6). Eventuele effecten in oostelijk richting worden voorkomen door een hydrologisch scherm op het talud aan te brengen. Daarbij is van belang dat de bypass hier afbuigt richting de Maas, in westelijke richting. Met afnemende afstand tot de Maas dalen de grondwaterstijghoogten in het watervoerende pakket. Daarmee wordt de gewenste opstuwing van grondwaterstijghoogten met het hydrologisch scherm (ten opzichte van het Maaspeil) kleiner.

Berekening benodigde weerstand

Noordelijk van de breuk in de Venlo klei wordt in waarnemingspunt 1000 een grondwaterstand van NAP +12.02 gemeten. Daarbij bedraagt de grondwaterstroming 8.45 m^3 per dag per meter randlengte van de bypass.

Bij een Maaspeil van NAP +11.10 m in de bypass dient deze grondwaterstand minimaal gehandhaafd te worden. De aan te brengen weerstand C (dagen) op het talud kan dan worden berekend als dH/Q , waarbij dH het peilverschil tussen de Maas en de grondwaterstand is in m en Q de grondwaterstroom in m^3 die bij dit peilverschil per m^2 taludoppervlak de bypass instroomt (m^3 per m^2 per dag of m/dag). Het gemeten peilverschil dH is $(12.02 - 11.10) = 0.92 \text{ m}$.

De aan te brengen weerstand wordt berekend per m^2 taludoppervlak. Daarom dient Q ook bepaald te worden per m^2 van dit oppervlak. Het debiet dat totaal per meter oeverlengte de bypass instroomt is 8.45 m^3 per dag. Uitgaande van een taludlengte van ca. 20 m (talud 1:1) waarover het water de bypass instroomt is $Q (8.45 : 20) = 0.423 \text{ m}^3$ per m^2 taludoppervlak per dag. De aan te brengen weerstand wordt dan berekend als $dH/Q = 0.92 / 0.423 = 2.18$ dagen.

Deze berekening vindt plaats op basis van lage gemeten grondwaterstanden in de zomer. In het winterhalfjaar zijn de grondwaterstanden hoger en ook die moeten gehandhaafd worden. Daarbij wordt ook meer water naar de Maas afgevoerd. Als dH en Q evenredig toenemen dan blijft ook de benodigde

weerstand op het talud gelijk. Het is mogelijk dat dH meer toeneemt dan Q ter plaatse. Dan is een hogere weerstand nodig. De volgende 'worst-case' benadering geeft meer inzicht.

Stel dat de grondwaterstand in het winterhalfjaar op NAP +14.8 m ligt en gehandhaafd moet blijven. Dan wordt het peilverschil met de Maas ($14.8 - 11.10 =$) 3.70 m ten opzichte van 0.92 m bij de eerdere berekening. Als het debiet naar de bypass gelijk blijft bij hoge grondwaterstanden ('worst-case' benadering) wordt de benodigde weerstand ($3.70 / 0.92 =$) 4.02 keer groter of 8.28 dagen.

Dimensionering van het hydrologisch scherm

Het hydrologisch scherm wordt een aan te brengen laag matig tot slecht doorlatende grond op het talud. De laagdikte wordt berekend met de vergelijking $C = d/k$, waarin C de aan te brengen weerstand is (dagen), d de laagdikte in m en k de doorlatendheid van het materiaal in m/dag.

De dimensionering van het hydrologisch scherm wordt bepaald op basis van de doorlatendheid van de aan te brengen grond. Stel de k-waarde van het lemige zand op het talud bedraagt 0.25 m/dag. Dan bedraagt de laagdikte van de aan te brengen laag $C \times k = 2.06 \times 0.25 = 0.52$ meter. Dus een laagdikte van 0.52 meter sterk lemig zand gemeten loodrecht op het talud van de bypass 1:1 voldoet bij de gemeten grondwaterstanden in paragraaf 5.6. Horizontaal gemeten is dat een laagdikte van ca. 1.6 meter die tegen het talud wordt aangebracht.

Uitgaande van de 'worst-case' situatie met hoge grondwaterstanden wordt de benodigde weerstand op het talud en dus de laagdikte grond loodrecht op het talud $4.02 \times$ zo groot of ($0.52 \times 4.02 =$) 2.09 m. De laagdikte op het talud in horizontale richting wordt ca. 3.2 meter bij een talud 1:1.

7.3.4 Benodigde laagdikte op talud ontgraving in verband met opbarsten

De hiervoor aangegeven laagdikten van matig tot slecht doorlatende grond op het talud zijn voldoende om hydrologische effecten in de eindsituatie te voorkomen. De totale benodigde laagdikte grond is echter groter om opbarsten te voorkomen.

Het maximale peilverschil tussen de Maas en de grondwaterstanden bedraagt ca. 3.65 meter. De overdruk van het grondwater op het hydrologische scherm op het talud bedraagt dus ca. 36.5 kN/m^2 . Uitgaande van een nat volumegegewicht van de grond van ca. 17.5 kN/m^3 (een extra gewicht van de grond van ca. 7.5 kN/m^3 boven het volumegegewicht van water) bedraagt de totale laagdikte aan te brengen grond ($36.5 / 7.5 =$) 4.87 m loodrecht op het talud. Bij een talud 1:1 is dit een laagdikte in horizontale richting van ca. 7.2 meter.

De aan te brengen extra laagdikte grond om opbarsten te voorkomen hoeft niet uit slecht doorlatend materiaal te bestaan, mits het hiervoor gedimensioneerde hydrologische scherm (dat direct aansluit op het ontgraven talud) al de gewenste weerstand heeft.

7.3.5 Regelbaar maken systeem middels een beek aan de oostkant

Aan de oostkant van de hoogwatergeul ligt nu geen beek. In de toekomst wordt wel een beek aan de oostkant van de bypass gelegd. De richting van de afwatering wordt bepaald door de grondwaterstanden in het gebied. Daarbij kan weer onderscheid worden gemaakt in het gebied zuidelijk van de breuk in de Venlo klei en noordelijk van de breuk in de Venlo klei.

Zuidelijk van de breuk in de Venlo klei verschillen de grondwaterstanden slechts weinig in noord-zuid richting. Dit blijkt uit de waarnemingen van de grondwaterstanden ter plaatse van Z3 en N2 (paragraaf 5.6 en bijlage 3). Noordelijk van de breuk zijn de grondwaterstanden wat lager, ook omdat de waarnemingspunten dicht bij de Maas liggen (zie waarnemingspunt 1003 in figuur 5.8).

Uit het verloop van de grondwaterstanden (zuidelijk hoger dan noordelijk) volgt dat een afwatering van de beek in noordelijke richting is gewenst. Ter hoogte van de breuk in de Venlo klei lijken de

grondwaterstanden een sprong omlaag te maken. Hier is dan ook de plaatsing van een stuw gewenst om de waterstanden zuidelijk op een hoger peil te handhaven.

Ter plaatse van de Venlo breuk kunnen de mogelijkheden tot infiltratie en drainage worden vergroot door de beek als een waterpartij uit te voeren. Eventuele onduidelijkheden in de aansluiting van het hydrologisch scherm op de Venlo klei kunnen hiermee worden gecompenseerd (bijvoorbeeld extra infiltratie als dat op basis van monitoring van grondwaterstanden wenselijk mocht blijken).

De beek komt in het verlengde van de Haagbeek te liggen maar staat hiermee niet in verbinding.

7.4 Effecten op de grondwaterstroming

Uit de bespreking van de maatregelen hiervoor volgt dat zowel in de tijdelijke als in de eindsituatie er geen effecten op de grondwaterstroming buiten het plangebied optreden ten opzichte van de huidige situatie. Een eventuele stijging van de grondwaterstand aan de oostkant wordt voorkomen door de aan te leggen beek waarvan het peil op basis van monitoring van de optredende grondwaterstanden in de eindsituatie wordt vastgesteld.

7.5 Effecten op de beken

Omdat er geen effecten op de grondwaterstroming buiten het plangebied optreden is ook geen sprake van effecten op de bestaande beken. Wel is sprake van de aanleg van een nieuwe beek aan de oostkant.

7.6 Effecten op de landbouw, natuur en bebouwing

Omdat er geen effecten op de grondwaterstroming buiten het plangebied optreden is ook geen sprake van effecten op landbouw, natuur of bebouwing ten opzichte van de vergunde situatie.

8 Hydrologisch onderzoek zuidelijke uitbreiding

8.1 Maatregelen

De zuidelijke uitbreiding vindt slechts over een zeer beperkte breedte van 50 m tot ruim 100 m plaats. In raai D (figuur 5.3 en 5.5) is zichtbaar dat de grondwater stijghoogte in dit breedtetraject nauwelijks een verhang heeft (tussen waarden x-as ca. 0 m en ruim 200 m). Het verhang is 5 cm over 200 m, wat betekent dat bij een uitbreiding van 100 m in oostelijke richting de insnede van het water van de hoogwatergeul in het grondwaterpatroon vrijwel hetzelfde blijft. De grondwaterstand is 100 m verder van de Maas slechts 2.5 cm hoger en bedraagt volgens de peilbuis aan de Ebberstraat NAP +14.2 m (het meetpunt het meest links op figuur 5.5).

De totale insnijding van het nu vergunde water van de hoogwatergeul in dit grondwaterpatroon bedraagt (14.2-11.0=) ca. 3.2 m. De uitbreiding geeft dus geen grotere insnijding in het isohypsenpatroon wat betreft de hoogte van de grondwater stijghoogten. De extra insnijding in het horizontale vlak van ca. 50 m tot ruim 100 m betekent in dat geval dat de verlaginglijnen ook ca. 50 m tot ruim 100 m opschuiven. De hydrologische invloed is dus gering.

De verlagingen in oostelijke richting worden gereduceerd ten opzichte van de met het grondwatermodel in 2004 berekende maximale verlagingen (figuur 3.1) vanwege de aanwezigheid van discontinuïteiten in het watervoerende pakket. Volgens paragraaf 4.3 worden op het hoogterras van de Maas, oostelijk van het Maasdal en de N271, de maximale verlagingen in figuur 3.1 tot ca. 28.2 % van deze verlagingen gereduceerd. Ook bij de geringe opschuiving van de verlaginglijnen door de uitbreiding blijft deze reductie voor het grootste deel gehandhaafd.

In de eindsituatie wordt eenzelfde taludafwerking gerealiseerd als in hoofdstuk 6 onder optimalisatie van de hoogwatergeul is beschreven. Ook hier bedraagt het transport van grondwater ca. 0.5 m³/dag in de huidige situatie en zijn de effecten van de taludafwerking vergelijkbaar klein.

8.2 Effecten op de grondwaterstroming en grondwaterpeil

Uit de bespreking van de maatregelen hiervoor volgt dat alleen in de tijdelijke situatie er enig effect op de grondwaterstroming buiten het plangebied kan optreden ten opzichte van de huidige vergunde situatie. De verlaginglijnen schuiven ca. 50 m tot 100 m op.

In figuur 3.1 zijn de met het grondwatermodel in 2004 berekende maximale tijdelijke verlagingen weergegeven. Deze maximale verlaginglijnen reiken vrij ver. Zo reikt de 50 cm verlaginglijn ter hoogte van het zuidelijke deel van de plas tot ca. 875 m van de grens van de zandwinplas (tabel 8.1). Volgens de monitoring (hoofdstuk 3) is op deze afstand de verlaging slechts 0.14 m (tabel 8.1). Een opschuiving van de verlaginglijnen bij de zuidelijke uitbreiding met 50 m tot 100 m ten opzichte van de monitoring is beperkt te noemen (tabel 8.2).

Tabel 8.1. Verlagingen vanaf de rand van het zuidelijke deel van de vergunde hoogwatergeul in oostelijke richting. Voorspeld in 2004 en op basis van monitoring (hoofdstuk 4 in dit rapport).

Afstand (m)	159	477	875	1352	2319	2783
Verlaging '04 (m)	2	1	0.5	0.25	0.10	0.05
Verlaging monitoring (m)	1.55	0.78	0.14	0.07	0.03	0.01

Tabel 8.2. Maximale verschuiving van de verlagingen door de zuidelijke uitbreiding ten opzichte van de vergunde hoogwatergeul (afstand in m). De bovenste twee rijen staan ook in tabel 8.1.

Verlaging (m)	1.55	0.78	0.14	0.07	0.03	0.01
Afstand bij vergund	159	477	875	1352	2319	2783
Afstand bij uitbreiding zuid	259	577	975	1452	2419	2883

Op het hoge Maasterras, gelegen op zo'n 600 m afstand van het zuidelijk deel van de vergunde hoogwatergeul, is de verlaging sterk gereduceerd. De grondwaterstandverlaging door de verschuiving in het patroon van de verlaging ligt hier theoretisch in de orde van grootte van enkele centimeters. De vraag is of, vanwege de aanwezige weerstand, hier sowieso een verlaging zal optreden. In ieder geval zal geen meetbare verlaging optreden.

8.3 Effecten op de beken

Omdat het meereffect op de grondwaterstanden ten opzichte van de huidige vergunde hoogwatergeul zo klein is kan worden gesteld dat het effect op de watervoerendheid van de beken ook heel klein is.

8.4 Effecten op de landbouw, natuur en bebouwing

De effecten op de grondwaterstroming buiten het plangebied in de tijdelijke situatie zijn klein. Derhalve zijn ook de mogelijke effecten op de landbouw, natuur en bebouwing klein, zeker ten opzichte van de effecten die voor de huidige vergunde situatie in 2004 zijn berekend.

Zo is hiervoor vastgesteld dat de 50 cm verlagingsslijn in figuur 3.1 een verlagingsslijn van 14.1 cm wordt. Door de zuidelijke uitbreiding kan hier een paar cm bijkomen maar dan valt de verlaging nog steeds veel kleiner uit dan de berekende verlagingen en de effecten van 2004, op basis waarvan de huidige hoogwatergeul is vergund.

Een aandachtspunt zijn de kassen. In het rapport van 2004 is aangegeven dat de grondwaterdaling effect kan hebben op de grondwateronttrekkingen en de kwaliteit ervan. In dit onderzoek blijkt (op basis van de monitoring) dat de effecten veel kleiner uitvallen. In het kader van de monitoring blijft dit een aandachtspunt. Een grondwateronttrekking ten behoeve van de watervoorziening van gewassen moet mogelijk blijven. In geval van twijfel kan worden overwogen om een diepere put met passende pomp te laten installeren.

8.5 Variant met twee in plaats van drie kassen in de planontwikkeling

In de variant met twee in plaats van drie kassen in de planontwikkeling valt het tijdelijke effect van de zuidelijke uitbreiding weer kleiner uit en zal ongeveer 2/3 van het hiervoor besproken kleine effect van drie kassen omvatten. Omdat het effect al zo klein is kan worden gesteld dat het verschil tussen de twee varianten niet noemenswaardig is.

9 Afweging van de alternatieven

9.1 Effecten ten opzichte van de Ausgangssituatie

De referentiesituatie voor de effectvergelijking van de alternatieven in het MER is, zoals vermeld in de inleiding van hoofdstuk 1, het nulalternatief. Het gebied zal zich in de nulsituatie autonoom ontwikkelen. Onderdeel van de autonome ontwikkeling is de realisatie van de Hoogwatergeul Lomm, conform de verleende vergunningen die gebaseerd zijn op het Tracébesluit. In het nulalternatief vindt de realisering van de voorgenomen activiteiten niet plaats.

De effecten van de vergunde hoogwatergeul zijn echter, zoals aangegeven in hoofdstuk 4, veel kleiner dan op voorhand in 2004 op basis van modelberekeningen was ingeschat. Daarom wordt als tussenstap in paragraaf 9.2 eerst inzicht gegeven in de effecten ten opzichte van de Ausgangssituatie, waarbij onderscheid wordt gemaakt in de tijdelijke situatie en de eindsituatie. Daarna volgt dan in paragraaf 9.3 de effectbepaling voor het MER ten opzichte van de referentiesituatie (nulsituatie).

9.2 Effecten ten opzichte van de Ausgangssituatie

In deze paragraaf worden de effecten ten opzichte van de Ausgangssituatie, namelijk de situatie vóór aanleg van de vergunde hoogwatergeul, aangegeven. Dit wijkt af van de vergelijking ten opzichte van de referentiesituatie in de volgende paragrafen. Onderscheid wordt gemaakt in de effectbeoordeling van de drie planonderdelen en de twee alternatieven van het MER. Voor de drie planonderdelen worden de tijdelijke en de eindsituatie afzonderlijk besproken.

In de tabellen van deze paragraaf zijn voor de vergunde hoogwatergeul de in 2004 voorspelde effecten aangegeven ten opzichte van de Ausgangssituatie. De voorspelde effecten zijn, op basis van het 'Milieueffectrapport (MER) Inrichting Hoogwatergeul Lomm' (Royal Haskoning, 18 november 2004), via een expert-interpretatie omgezet naar een weergave in een plus/min-schaal (kolom HW geul voorspeld '04). De feitelijk opgetreden effecten zijn op basis van de monitoring (zie hoofdstuk 4) in de kolom ernaast weergegeven (kolom HW geul monitoring).

Bij de interpretatie van de effecten voor de verschillende planonderdelen dient te worden opgemerkt dat de effecten ten opzichte van de Ausgangssituatie worden beoordeeld voor het betreffende deel van het plangebied en de omgeving. De effectbeoordeling van de vergunde hoogwatergeul ten opzichte van de Ausgangssituatie vindt voor de hoogwatergeul als geheel plaats, zonder verder onderscheid in deelgebieden. Toch zijn de effecten van de planonderdelen en de vergunde hoogwatergeul als geheel voldoende vergelijkbaar omdat de effectbeoordeling voor de vergunde hoogwatergeul als geheel ook redelijk representatief is voor de deelgebieden.

Effectbeoordeling voor de drie planonderdelen

Effecten tijdelijke situatie

	Uitgangssituatie (zonder vergunde HWG)	HW geul voorspeld '04	HW geul monitoring	Bypass	Kassengebied
Grondwater	0	--	-	-	-/--
Oppervlaktewater	0	--	-	-	-
Landbouw	0	--	-	-	-
Natuur	0	-	-/0	-/0	-/0
Bebouwing	0	-/0	-/0	-/0	-/0

Tabel 9.1. Effectbepalingen voor de tijdelijke situatie van de aanleg van de vergunde hoogwatergeul en de drie planonderdelen ten opzichte van de Ausgangssituatie (zonder hoogwatergeul): 0 geen effect, -/0 voor zover er een effect optreedt is dat licht negatief, - negatief effect, -- behoorlijk negatief effect, -/-- tussen negatief effect en behoorlijk negatief effect in.

In de effectbeoordeling voor de tijdelijke situatie is de optimalisatie van de hoogwatergeul door weerdverlaging niet meegenomen. De effecten van deze optimalisatie doen zich immers alleen in de eindsituatie voor. De effectbeoordeling voor de tijdelijke situatie wordt navolgend besproken voor de onderdelen grondwater, landbouw, natuur, bebouwing en oppervlaktewater.

Bespreking tijdelijke effecten grondwater

Uit hoofdstuk 4 en tabel 9.1 volgt dat de gemonitoorde grondwatereffecten tijdens de uitvoering aanzienlijk minder negatief uitvallen dan de modelvoorspellingen van 2004. Dit effect geldt mutatis mutandis ook voor de te verwachten grondwatereffecten van de verschillende planonderdelen. Voor het kassengebied is de vermindering van het negatieve effect minder groot omdat de verbreding van de hoogwatergeul in dit gebiedsdeel leidt tot een iets grotere grondwaterstanddaling in de tijdelijke situatie. Omdat de effecten op het grondwater al klein zijn verschilt de beoordeling niet wezenlijk tussen de variant met twee of drie kassen en deze varianten zijn daarom niet afzonderlijk aangegeven.

Bespreking tijdelijke effecten landbouw, natuur en bebouwing

Uit de monitoring blijkt dat er minder grote grondwatereffecten zijn dan in 2004 voorspeld. Daardoor zijn buiten het Maasdal de effecten voor de landbouw dan ook minder negatief dan voorspeld in 2004. Voor de natuur was op basis van de voorspelde grondwaterstandverlagingen een uitgebreid programma van mitigerende maatregelen gepland. Deze maatregelen bleken in belangrijke mate niet nodig te zijn (bijvoorbeeld geen retourbemaling nodig). Hierdoor zijn de effecten op natuur ook minder negatief dan in de eerdere voorspellingen en resteert een licht negatieve score. Vanwege de bodemopbouw (zandige bodem) is de bebouwing weinig gevoelig voor een grondwaterdaling tijdens de uitvoeringsfase en hiervoor wijzigt de effectbeoordeling dan ook niet. Daar de grondwaterstandverlaging door de uitbreiding bij het kassengebied slechts in geringe mate toeneemt ten opzichte van de reeds bestaande verlaging blijft de beoordeling van de effecten op de landbouw, natuur en bebouwing hetzelfde.

Bespreking tijdelijke effecten oppervlaktewater

De monding van de Haagbeek viel voor aanvang van de zandwinning (in de uitgangssituatie) al droog. Het is onduidelijk of en in welke mate elders in de beek toen droogval optrad. Als we er vanuit gaan dat de voorspelde grondwaterstandverlaging in 2004 tot een aanzienlijk grotere droogval van beken zou leiden, dan is de mogelijke droogval bij de gemonitoorde grondwaterstandverlaging in ieder geval aanzienlijk kleiner. De droogval zou dan alleen in het Maasdal optreden, omdat op het hoge Maasterras slechts een kleine grondwaterstandverlaging resteert (hoofdstuk 4). De effecten tijdens de aanlegfase, voor zover deze optreden, zijn ten opzichte van de voorspellingen in 2004 dus als minder negatief te beoordelen. Dit blijkt ook uit de situatie van de visvijver, waar minder wateraanvoer nodig is dan aanvankelijk verwacht.

Effecten eindsituatie

	Uitgangssituatie (zonder vergunde HWG)	HW geul voorspeld '04	HW geul monitoring	Optimalisatie HW geul	Bypass	Kassengebied
Grondwater	0	-/0	-/0	0	0	0
Oppervlaktewater	0	0	0	0	0	0
Landbouw	0	-/0	-/0	0	0	0
Natuur	0	0	0	0	0	0
Bebouwing	0	-/0	-/0	0	0	0

Tabel 9.2. Effectbepalingen voor de eindsituatie van de aanleg van de vergunde hoogwatergeul en de drie planonderdelen ten opzichte van de uitgangssituatie (zonder hoogwatergeul): 0 geen effect, -/0 voor zover er een effect optreedt is dat licht negatief, - negatief effect.

Deze effectbeoordeling voor de eindsituatie wordt navolgend gezamenlijk besproken voor de onderdelen grondwater, landbouw, natuur, bebouwing en oppervlaktewater.

Bespreking effecten eindsituatie

Wat betreft de vergunde hoogwatergeul zijn de in 2004 voorspelde effecten in de eindsituatie minder negatief dan in de tijdelijke situatie. Vooral nog is de score voor de kolom monitoring gelijk gehouden aan de kolom voorspelde effecten. Dit lijkt op basis van de scoreverschillen in tabel 9.1 een veilige en redelijke aanname. De eindsituatie voor de vergunde hoogwatergeul is immers nog niet bereikt en er zijn dus geen bruikbare resultaten van monitoring beschikbaar.

In 2004 is voorspeld dat in de eindsituatie na het aanbrengen van de taludafdekking in de hoogwatergeul de grondwaterstanden oostelijk van de hoogwatergeul worden opgestuwd, wat middels peilbeheer van de beken wordt gemitigeerd. Dit voorspelde effect wordt als licht negatief beoordeeld. Vanwege een risico voor landbouw en bebouwing (voor zover aanwezig) is de beoordeling hiervoor ook licht negatief.

Na de optimalisatie van de hoogwatergeul is de beoordeling dat er geen effect op het grondwater optreedt. Een effect op de landbouw en bebouwing wordt daarom in deze situatie niet verwacht. Omdat de afwerking van de bypass en de zuidelijke uitbreiding op overeenkomstige wijze plaatsvindt is ook hier het effect verwaarloosbaar klein.

Effectbeoordeling voor de twee alternatieven

Effectbeoordeling voor de tijdelijke situatie

De effectbeoordeling voor de tijdelijke situatie is onderstaand weergegeven.

	Uitgangssituatie (zonder vergunde HWG)	HW geul voorspeld '04	HW geul monitoring	Alternatief 1 (Optimalisatie HW geul + Bypass)	Alternatief 2 (Optimalisatie HW geul + Bypass + Kassengebied)
Grondwater	0	--	-	-	-/--
Oppervlaktewater	0	--	-	-	-
Landbouw	0	--	-	-	-
Natuur	0	-	-/0	-/0	-/0
Bebouwing	0	-/0	-/0	-/0	-/0

Tabel 9.3. Tijdelijke effecten van de vergunde hoogwatergeul en de twee alternatieven ten opzichte van de uitgangssituatie (zonder hoogwatergeul): 0 geen effect, -/0 voor zover er een effect optreedt is dat licht negatief, - negatief effect, -- behoorlijk negatief effect, -/-- tussen negatief effect en behoorlijk negatief effect in.

Bespreking tijdelijke effecten alternatief 1

De effecten van de optimalisatie van de hoogwatergeul zijn alleen relevant voor de eindsituatie en daarom niet meegenomen in deze effectbeoordeling voor de tijdelijke situatie. De effectbeoordeling voor de tijdelijke situatie van de bypass verschilt niet van HW geul monitoring. Daarom verschilt alternatief 1 ook niet van HW geul monitoring. Ten opzichte van de HW geul voorspeld '04 is de beoordeling minder negatief op de verschillende onderdelen, met uitzondering van de bebouwing.

Bespreking tijdelijke effecten alternatief 2

Vanwege een verschuiving van de oppervlakte met grondwaterstandverlaging in oostelijke richting door de verbreding van de hoogwatergeul bij het kassengebied is aan alternatief 2 in de tijdelijke situatie aan het aspect grondwater een iets groter negatief effect toegekend. Daar het een klein negatief effect betreft heeft dit geen gevolgen voor de beoordeling van de aspecten landbouw en de natuur.

Effectbeoordeling eindsituatie alternatieven 1 en 2

De effectbeoordeling voor de eindsituatie van de alternatieven 1 en 2 is onderstaand aangegeven.

	Uitgangssituatie (zonder vergunde HWG)	HW geul voorspeld '04	HW geul monitoring	Alternatief 1 (Optimalisatie HW geul + Bypass)	Alternatief 2 (Optimalisatie HW geul + Bypass + Kassengebied)
Grondwater	0	-/0	-/0	0	0
Oppervlaktewater	0	0	0	0	0
Landbouw	0	-/0	-/0	0	0
Natuur	0	0	0	0	0
Bebouwing	0	-/0	-/0	0	0

Tabel 9.4. Effecten in de eindsituatie van de vergunde hoogwatergeul en de twee alternatieven ten opzichte van de uitgangssituatie (zonder hoogwatergeul): 0 geen effect, -/0 voor zover er een effect optreedt is dat licht negatief, - negatief effect, -- behoorlijk negatief effect, -/-- tussen negatief effect en behoorlijk negatief effect in.

Bespreking effecten eindsituatie alternatieven 1 en 2

Vanwege de opstuwing van de grondwaterstanden aan de oostkant van de vergunde hoogwatergeul en de hiervoor benodigde mitigatie is in de voorspelling 2004 en veiligheidshalve ook aan de monitoring aan de eindsituatie een licht negatief effect toegekend en, hieruit voortvloeiend, ook aan de landbouw en de bebouwing.

Bij de alternatieven 1 en 2 is in beide gevallen sprake van het wegvallen van deze opstuwing en de hieruit voortvloeiende effecten voor de landbouw en de bebouwing. Ten opzichte van de uitgangssituatie treden bij de alternatieven 1 en 2 dus geen effecten op.

9.3 Effecten ten opzichte van de referentiesituatie

Op basis van de tabellen 9.3 en 9.4 zijn de effecten van de alternatieven 1 en 2 ten opzichte van de referentiesituatie (nulsituatie) in tabel 9.5 aangegeven. Voor de referentiesituatie gaan we daarbij uit van de kolom 'HW geul monitoring' in de tabellen 9.3 en 9.4.

De totaal beoordeling voor de eindsituatie is dat, voor zover er een effect optreedt, dit een licht positief effect ten aanzien van grondwater en daarmee ook ten aanzien van de landbouw en de bebouwing is. In de tijdelijke situatie is er in alternatief 2 een licht negatief effect wegens de iets grotere grondwaterbeïnvloeding door het kassengebied in het zuiden van het plangebied.

	HW geul monitoring	Tijdelijke situatie		Eindsituatie	
		Alternatief 1 (Optimalisatie HW geul + Bypass)	Alternatief 2 (Optimalisatie HW geul + Bypass + Kassengebied)	Alternatief 1 (Optimalisatie HW geul + Bypass)	Alternatief 2 (Optimalisatie HW geul + Bypass + Kassengebied)
Grondwater	0	0	-/0	0/+	0/+
Oppervlaktewater	0	0	0	0	0
Landbouw	0	0	0	0/+	0/+
Natuur	0	0	0	0	0
Bebouwing	0	0	0	0/+	0/+

Tabel 9.5. Effecten van de twee alternatieven ten opzichte van de referentie situatie, met onderscheid in de tijdelijke en de eindsituatie: 0 geen effect, -/0 voor zover er een effect optreedt is dat licht negatief, 0/+ voor zover er een effect optreedt is dat licht positief.

10 Conclusies

10.1 Optimalisatie hoogwatergeul door weerdverlaging

- Met betrekking tot de oorspronkelijk beoogde taludafwerking wordt verwezen naar de MER voor de hoogwatergeul (Royal Haskoning, 18 november 2004) waarin wordt gesteld dat de eindinrichting leidt tot grondwateropstuwing en negatieve effecten. Met de weerdverlaging wordt de opstuwing opgeheven waardoor er geen negatieve effecten meer optreden.
- Als extra waarborg worden de grondwaterstanden gemonitord zodat, evenals bij de oorspronkelijk beoogde taludafwerking, het peilbeheer oostelijk van de hoogwatergeul kan worden bijgesteld indien nodig.

10.2 Maatregelen bypass Lomm

Eindsituatie

- Wat betreft de eindsituatie is onderscheid te maken in het gebiedsdeel zuidelijk van de breuk in de Venlo klei en noordelijk van de breuk in de Venlo klei. Zuidelijk van de breuk wordt de bypass afgegraven tot de Venlo klei. Dat is tot NAP +5.0 m à +6.0 m. Plaatselijk eventueel ondieper voor zover klei ondieper voorkomt. Het oostelijk talud wordt afgedekt met slechter doorlatende grond om grondwaterstandverlagingen te voorkomen. Bij een talud van 1:1 en een k-waarde van 0.25 m/dag bedraagt de gewenste laagdikte van het hydrologisch scherm ca. 1.93 m loodrecht op het talud. In horizontale richting betekent dat een aanvulling van 3 meter (aanvulling 1:1).
- Noordelijk van de breuk in de Venlo klei bevindt de bovenkant van deze klei zich rond NAP 0.00 m. Gerekend is met een afgraving tot de Venloklei onder een talud 1:1 en een aanvulling eveneens met een talud 1:1. De laagdikte van het hydrologisch scherm bedraagt ca. 2.1 m slechter doorlatende grond, gerekend loodrecht op het talud, of 3.2 m in horizontale richting gerekend.
- Om opbarsten van de grondlaag op het talud te voorkomen is in totaal een grotere aan te brengen laagdikte grond nodig. Deze bedraagt bij een talud 1:1 ca. 7.2 m, in horizontale richting gerekend. Voor de extra aanvulling bovenop het hydrologisch scherm mag beter doorlatend materiaal worden gebruikt.
- De bodem van de bypass wordt opgevuld tot NAP +7.10 m in combinatie met de voorgestelde taludafdekking.
- Omdat de afwerking van talud van de bypass op overeenkomstige wijze plaatsvindt als de weerd bij de hoogwatergeul zijn ook hier geen negatieve effecten te verwachten. Als extra waarborg worden evenals bij de optimalisatie van de hoogwatergeul de grondwaterstanden gemonitord, zodat het peilbeheer oostelijk van de bypass kan worden bijgesteld indien nodig.
- Oostelijk van de bypass is een natuurvriendelijk ingerichte beek of watergang gepland. Een afwatering in noordelijke richting sluit aan op de grondwaterstanden in het gebied. Door het peilbeheer regelbaar te maken kan de extra waarborg worden geboden die onder het vorige aandachtspunt is genoemd.

Tijdelijke situatie

- In de tijdelijke situatie wordt zand gewonnen in een plas afgesloten van de Maas. Aanvoer van water is noodzakelijk om de zandwinning mogelijk te maken, waarbij het peil zodanig wordt ingesteld dat de grondwaterstanden noordelijk en oostelijk van de plas niet worden beïnvloed. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt in het gebiedsdeel zuidelijk van de breuk in de Venlo klei en noordelijk hiervan. Aan de zuidkant kan peil van de bypass voldoende hoog worden gehouden door een wateraanvoer van ca. 50 m³/uur. In het traject aan de noordkant tot tegen de Maas aan wordt met een wateraanvoer van ca. 90 m³/uur het peil van de bypass voldoende hoog gehouden om een verlaging van de grondwaterstand in de tijdelijke situatie tegen te gaan. Daarnaast zal nog enige wateraanvoer in verband met de afvoer van zand gewenst zijn.
- Met de wateraanvoer is het peil in de plas regelbaar zodat effecten op de grondwaterstanden worden voorkomen en daarmee ook geen effecten optreden ten aanzien van het oppervlaktewater, de natuur, de landbouw en de bebouwing.

Voorgaande resultaten zijn gebaseerd op analytische modelberekeningen. De praktijk kan echter afwijken van de theorie (zoals bij de planvorming voor de hoogwatergeul Lomm in 2004). Derhalve wordt voorgesteld om (evenals bij de vergunde hoogwatergeul Lomm) te mitigeren aan de hand van de resultaten van de monitoring. De berekeningsresultaten dienen als leidraad voor de wateraanvoer en de eventuele benodigde vergunningen, zodat de benodigde mitigatie direct zonder problemen in gang kan worden gezet.

10.3 Zuidelijke uitbreiding

- In het gebied waarin de uitbreiding van de hoogwatergeul wordt voorgesteld is in de nulsituatie nauwelijks een verhang van de grondwaterstanden aanwezig (verhang is 2.5 cm over 100 m extra breedte van de geul). De uitbreiding van de hoogwatergeul zorgt dus niet voor een grotere verlaging van de grondwaterstanden ter plaatse van de uitbreiding ten opzichte van het reeds vergunde deel van de hoogwatergeul.
- De uitbreiding van de hoogwatergeul zorgt in de tijdelijke situatie wel voor een verschuiving in de effecten op de grondwaterstanden omdat de grens van de hoogwatergeul opschuift. Vanwege de geohydrologie en de geometrie van het stromingsbeeld is de verschuiving in het effect bij goede benadering gelijk aan de verschuiving in de begrenzing van de ontgronding. Dus daar de grens van de hoogwatergeul ca. 50 m tot ruim 100 m opschuift schuift de lijn met een verlaging van bijvoorbeeld 0.05 m ook zoveel op.
- Uit de monitoring blijkt dat de hydrologische invloed van de vergunde hoogwatergeul veel minder ver reikt dan aanvankelijk op basis van modelberekeningen in 2004 was verwacht. Dit blijkt te komen door discontinuïteiten in het watervoerende pakket die de invloed in oostelijke richting beperken.
- De zuidelijke uitbreiding resulteert derhalve in een verlaging die qua grootte en omvang ligt tussen de voorspelling van 2004 en de verlaging die op basis van de monitoring voor de vergunde hoogwatergeul wordt verwacht. Vanwege het beperkte opschuiven van de hydrologische invloed van de ontgronding door de zuidelijke uitbreiding ligt de verlaging het dichtst bij de verlaging die op basis van de monitoring voor de vergunden hoogwatergeul wordt verwacht. Deze verlaging is dermate klein dat geen effecten ten aanzien van het oppervlaktewaterpeil, natuur, landbouw en bebouwing wordt verwacht.

10.4 Effecten grondwaterstroming, oppervlaktewater, landbouw, natuur en bebouwing

De referentiesituatie voor de effectvergelijking van de alternatieven in het MER is het nulalternatief. Het gebied zal zich in de nulsituatie autonoom ontwikkelen. Onderdeel van de autonome ontwikkeling is de realisatie van de Hoogwatergeul Lomm, conform de verleende vergunningen die gebaseerd zijn op het Tracébesluit. In het nulalternatief vindt de realisering van de voorgenomen activiteiten niet plaats.

De referentiesituatie in dit rapport is gebaseerd op de monitoring van grondwaterstanden en mitigerende maatregelen die na aanvang van de zandwinning zijn getroffen. Uit deze monitoring volgt dat de effecten van de vergunde hoogwatergeul veel kleiner uitvallen dan aanvankelijk op basis van modelvoorspellingen in 2004 was verwacht. Hierop is in hoofdstuk 4 van dit rapport nader ingegaan.

In de vergelijking van de planonderdelen met de referentiesituatie kan onderscheid worden gemaakt in de tijdelijke en de eindsituatie. In de tijdelijke situatie wordt alleen bij de zuidelijke uitbreiding een verlaging van de grondwaterstanden verwacht ten opzichte van de referentiesituatie. Deze verlaging is overigens klein. Omdat de verlaging zo klein is treden geen merkbare effecten op ten aanzien van het oppervlaktewater, de natuur, de landbouw en de bebouwing.

In de eindsituatie heft de optimalisatie van de hoogwatergeul door weerdverlaging de opstuwing van grondwaterstanden aan de oostkant van de hoogwatergeul op die in 2004 voor de vergunde hoogwatergeul (en voor de referentiesituatie) was voorspeld. Daardoor zijn er geen risico's van wateroverlast voor landbouw en bebouwing.

Samenvattend kan worden gesteld dat de effecten van de planwijzigingen ten opzichte van de referentiesituatie (feitelijke gemonitorde situatie) klein zijn. In de tijdelijke situatie is er een licht negatief effect dat kan worden toegeschreven aan een kleine daling van de grondwaterstand bij het kassengebied. In de eindsituatie zijn er licht positieve effecten ten aanzien van de grondwaterstand door de weerdverlaging, waardoor tevens van een licht positief effect bij de landbouw en bebouwing sprake is. De effecten zijn sterk positief als we ze vergelijken met de effecten zoals deze in 2004 voor de vergunde hoogwatergeul zijn voorspeld.

Bijlage 1: Onderzoek Van Rooijen Adviezen BV hoogteligging Venlo klei (17 april 2009)

Van Rooijen Adviezen BV
Grubbenweg 20 A
6343 CC Klimmen

Herziening diepteligging Top Venlo Klei langs de Maas bij Lomm

Inleiding

Het bureau Groen-planning Maastricht begeleidt de plannen voor de aanleg van een hoogwatergeul langs de Maas bij Lomm. Eerder werd door Van Rooijen Adviezen al gerapporteerd over de geologische en hydrologische situatie in dit gebied. Ook werd een globaal beeld geconstrueerd van de diepteligging van de top van de Venlo Klei. Omdat de diepte van deze Venlo Klei van belang is voor de aanleg van een grondwaterremmend kleischild, werden recent aanvullende sonderingen gemaakt tussen Lomm en de Maas. Daarop vroeg Groen-planning Maastricht aan Van Rooijen Adviezen om met deze nieuwe informatie een aanpassing van de eerdere constructie van Top Venlo Klei samen te stellen.

De aangepaste interpretatie

Door Fugro werden recent 10 aanvullende sonderingen gemaakt rond het traject van het geplande kleischild. Deze bevestigen de aanwezigheid van een ca 3 à 5 meter dikke deklaag van fijn zand met leem en soms wat veen. Daaronder loopt de conusweerstand snel op naar een niveau dat kenmerkend is voor grove, grindige zanden en zandige grinden. Soms komen in deze grindige lagen niveaus voor met duidelijk lagere conusweerstand. Hier moeten dan lemige inschakelingen worden geïnterpreteerd. Afwijkend is de situatie in sondering DKM 8, waar tot ca +7½ m NAP wel erg veel kleiige of lemige indicaties zijn.

De top van de Venlo Klei wordt in de sonderingen gekenmerkt door een abrupt terugvallen van de conusweerstand. De klei, die verder naar het oosten en zuidoosten nog een aanzienlijke dikte heeft, lijkt hier nog slechts enkele meters dik te zijn en gaat naar beneden geleidelijk over in fijn, siltig zand en dieper in grover zand waarin weer een hoge weerstand wordt gemeten.

In oktober 2005 werd door Van Rooijen Adviezen een interpretatie van de Top Venlo Klei geconstrueerd mede op grond van de eerder uitgevoerde sonderingen. Globaal werd toen voor het gebied ten zuidwesten van Lomm een culminatie in de kleitop aangegeven. Ten noorden daarvan, direct ten westen van Lomm, waar nu de recente sonderingen werden gemaakt, waren echter te weinig gegevens beschikbaar om tot een goed beeld te komen. Wel komen in het toen gepresenteerde beeld op enkele plaatsen hoogteverschillen in de kleitop voor die nu, in het licht van de recente sonderingen, een andere interpretatie nodig maken. Fig. 1 geeft de diepteligging van de Top Venlo Klei zoals die

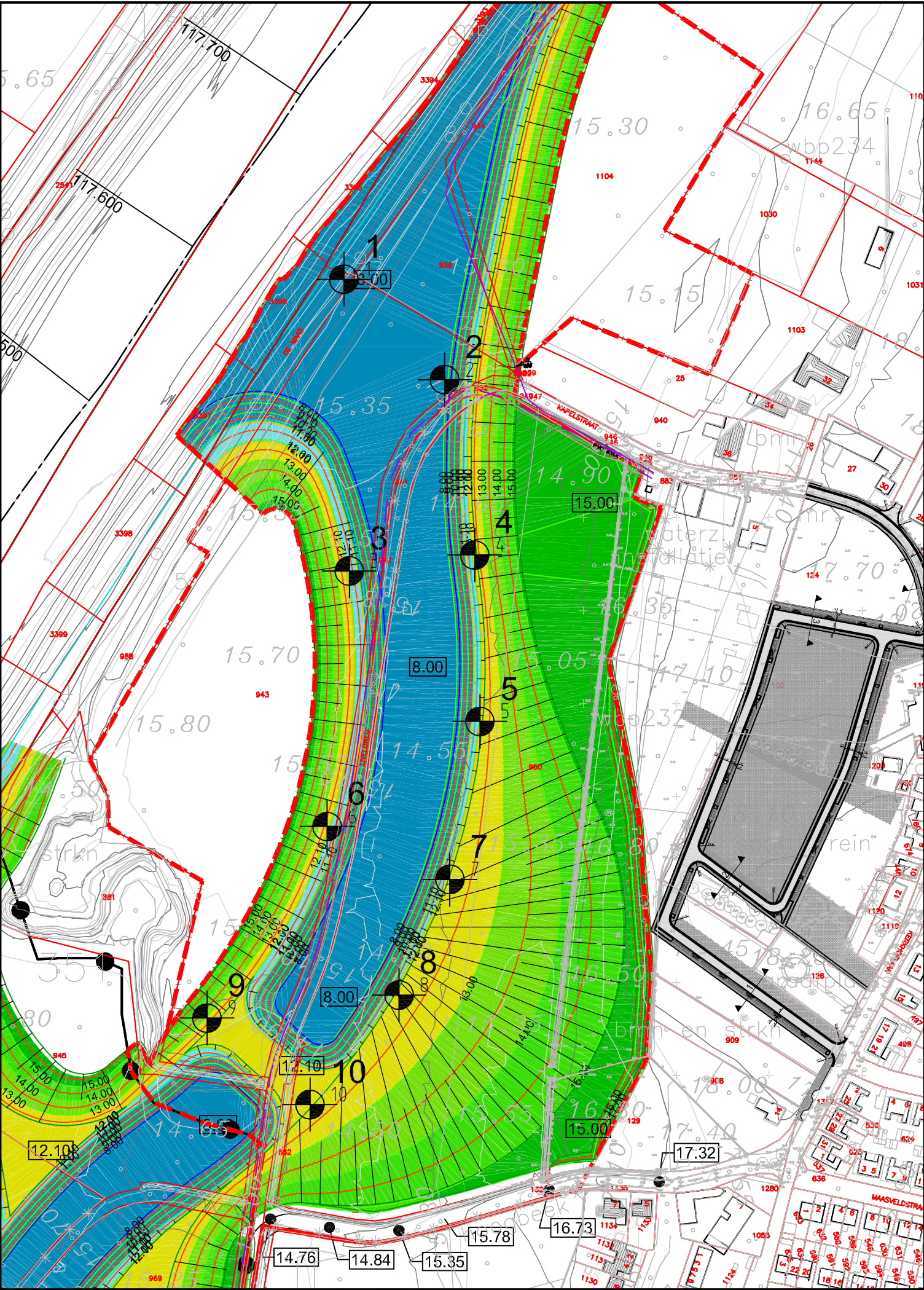
nu, op grond van de gecombineerde gegevens, het meest waarschijnlijk lijkt. De noordwest-zuidoost lopende breuk ten zuidwesten van Lomm laat de kleitop daarbij in de orde van ca 5 meter verspringen en lost de in vorige interpretatie nog aanwezige sterke gradiënten en slingers in de dieptelijnen op. Bovendien is het beeld hiermee aangepast aan het breukenschema van de REGIS interpretatie die door TNO, tezamen met Van Rooijen Adviezen, recent werd samengesteld in opdracht van Provincie Limburg.

Onzekerheden in het nu geschetste beeld van de Top Venlo Klei komen niet alleen voort uit de kennelijk aanwezige breuk(en) (is het één breukvlak of zijn er meerdere kleinere breuken?) maar ook uit correlatieproblemen van de gemeten kleiniveaus. Zo is uit de bovengenoemde sondering DKM 8 nog wel met redelijke zekerheid een top klei te lezen op ca +6,4 m NAP, maar de interpretatie van DKM 5 is moeilijker. Meest waarschijnlijk is hier een Top Venlo Klei op ca +5,8 m NAP, waarmee deze sondering ten zuidwesten van de aangenomen breuk komt te liggen. Ook het feit dat we hier in de overgangszone zitten van een dikke, vaak uit twee belangrijke niveaus bestaande Venlo Klei in het zuidoosten naar een veel dunner klei meer noordwestelijk, draagt bij aan de onzekerheid in de gegeven interpretatie. Maar het beeld van een sprong in de top van de scheidende Venlo Klei van rond +5 m NAP naar rond NAP in het kleischema traject pal ten westen van Lomm lijkt onontkoombaar.

Klimmen, 17 april 2009

Drs. P. van Rooijen.

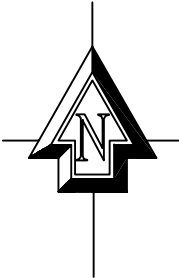
Bijlage 2: Locatie sonderingen (ondergrond concept inrichting Lomm 2009)



Coördinatentabel		
Nr	X	Y
1	209021.07	384928.21
2	209075.28	384874.20
3	209024.03	384771.29
4	209091.53	384779.91
5	209094.26	384690.33
6	209012.06	384633.84
7	209078.16	384605.38
8	209050.80	384543.15
9	208947.41	384530.79
10	209002.87	384484.25



Persleiding riolering met beschermingszone



datum van aanmaak (1e versie)		
Wijziging	Datum	Omschrijving

Project

Opdrachtgever

Onderdeel

Hoogwatergeul Lomm - Gemeente Arcen en Velden

D.C.M. Exploitatie Lomm bv

Sonderingspunten Maasfront

CONCEPT

Projectnr 2740	Tekeningnr. VO-2740s1-01	Datum 06-03-2009	Schaal 1:2500	Gefekend EV	Projectleider RvA
----------------	--------------------------	------------------	---------------	-------------	-------------------

GROEN-PLANNING MAASTRICHT BV
MARKT 10
6231 LS MEERSSEN

T (043) 325 40 38
F (043) 321 18 34
E info@groenplanning.nl

groen-planning
Werk-unit voor vormgeving,
ordering en projectbegeleiding van
stad, landschap en infrastructuur

Bijlage 3: Raaien N en Z ter hoogte van bypass en ligging slecht doorlatende zone (schuin gearceerd)

	MV	Onder MV	Grondwater
	t.o.v. NAP		t.o.v. NAP
N1	15.11	-0.70	14.41
N2	15.15	-1.30	13.85
N3	14.62	-2.00	12.62
N4	15.67	-3.30	12.37
N5	15.85	-4.20	11.65
Z5	14.27	-3.10	11.17
Z4	14.47	-2.40	12.07
Z3	15.07	-1.20	13.87
Z2	16.69	-2.20	14.49

