

BIJLAGE XIII Notitie Geohydrologische berekeningen



onderwerp	geohydrologische berekeningen
project	MER Over de Maas
opdrachtgever	Provincie Gelderland
projectcode	MAAS6-5
referentie	MAAS6-5/seew/004
opgemaakt door	drs. A. Biesheuvel en drs. F. Smits
goedgekeurd door	ing. J.M. Faber
status	
datum opmaak	12 april 2005

paraaf

1. INLEIDING

1.1. Wat aan deze notitie voorafging

Voor het MER Over de Maas wordt studie gedaan naar de geohydrologische effecten van de zandwinplassen in deze uiterwaarde van de Maas. Daartoe is reeds in 2002, in opdracht van Nederzand, een verkenning uitgevoerd [Witteveen+Bos, april 2002. Verkenning geohydrologische effecten]. Voor dit MER is het geohydrologisch model, dat voor die verkenning was gemaakt, verfijnd, uitgebreid en gekalibreerd. In dat kader zijn eerder reeds de volgende notities verschenen:

- notitie Vaststelling randen van het geohydrologische model Over de Maas [Witteveen+Bos, 24-12-2003];
- notitie Kalibratie grondwatermodel [Witteveen+Bos, 19 maart 2004], gevolgd door de notitie Niet stationaire berekeningen [Witteveen+Bos, 4 mei 2004].

vaststelling randen

In de eerstgenoemde notitie zijn de modelranden bepaald op basis van de isohypsenpatronen van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand in het eerste en tweede watervoerende pakket, de ligging van peilbuizen, de locaties van enkele grote grondwateronttrekkingen en de geschatte spreidingslengte in de aanliggende polder. Om de eventuele effecten in de gemeente Lith te kunnen bepalen, is het model uitgebreid met een goot gebied, gelegen aan de overzijde van de projectlocatie. De omvang van het modelgebied werd daarmee circa 140 km². Verwacht wordt, dat door de modelranden op deze wijze te kiezen, de invloed van de geohydrologische veranderingen nabij de zandwinplassen op de randvoorwaarden verwaarloosbaar klein zullen zijn.

modelbouw en kalibratie

In de vervolgens genoemde notities is eerst een stationair geohydrologisch model gebouwd, met behulp van het grondwaterprogramma MicroFem. Vervolgens is het model gekalibreerd. Tot aan de geohydrologische basis zijn daarbij zes modellagen onderscheiden, waarbij voor de bodemopbouw en de initiële parameters van de verschillende lagen is uitgegaan van de REGIS-gegevens en de zandbanenkaart. Daarnaast zijn de pompstations Macharen en Lith in het model ingevoerd, alsmede de gegevens over de waterhuishouding van de waterschappen Rivierenland en Aa en Maas. Ook zijn uiteraard de relevante gegevens van de grote rivieren Maas en Waal in het model opgenomen, alsmede neerslag-

en verdampingsgegevens en gegevens van de grondwatertrappenkaarten. Vervolgens is het model gekalibreerd op een gemiddelde hydrologische situatie. Hiertoe zijn de gegevens van 161 peilbuizen gebruikt. Na de kalibratie bedroeg de gemiddelde afwijking van deze buizen $-0,03$ m, de gemiddelde absolute afwijking $0,23$ m. Dit is een goed kalibratieresultaat voor een rivierengebied. Het model werd daarmee geschikt geacht voor de berekening van de geohydrologische effecten van de zandwinning. Na deze kalibratie heeft een fijnkalibratie plaatsgevonden op basis van metingen over de periode 2002-2004 bij vier peilbuizen in de uiterwaarden. De resultaten daarvan waren als volgt (tabel 1).

Tabel 1.1. Gemeten en berekende grondwaterstanden en stijghoogten

peilbuis	wat wordt gemeten	gemiddeld gemeten m NAP	berekend m NAP
pb100	grondwaterstand	3,97	3,70
	stijghoogte WVP1	3,84	3,37
pb101	grondwaterstand	1,38	1,67
	stijghoogte WVP1	1,41	1,67
pb102	grondwaterstand	1,49	1,50
	stijghoogte WVP1	1,54	1,50
pb103	grondwaterstand	1,99	2,10
	stijghoogte WVP1	2,03	2,10

Uit deze tabel blijkt dat er altijd verschillen blijven bestaan tussen de gemeten en de berekende grondwaterstanden en stijghoogten. Opgemerkt wordt dat de verschillen in de peilbuizen 100 en 101 groter zijn dan in de peilbuizen 102 en 103. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door (de afwezigheid van) oppervlaktewater nabij de peilbuizen 100 en 101. Gevoeligheidsanalyse heeft namelijk uitgewezen dat het model in de omgeving van de ingrepen tamelijk ongevoelig is voor veranderingen in doorlatendheden en weerstanden van de verschillende formaties in de ondergrond. Deze ongevoeligheid wordt grotendeels veroorzaakt door het opgelegde Maaspeil boven- en benedenstrooms van de stuw bij Lith, welk peilverschil zeer bepalend is voor de grondwaterstroming in het projectgebied. Het model is echter wel gevoelig voor de lokale waterhuishouding in de uiterwaarden. Deze is dan ook gedetailleerd ingebracht (met name de Alphen Uitvliet en enkele lokale sloten). Hierbij is gebruik gemaakt van een gedetailleerde maaiveldhoogtekaart (afbeelding 1). Nog verdere verbetering van het kalibratieresultaat is mogelijk, maar dat vereist aanvullend veldwerk (metingen), en is voor het doel van het MER niet noodzakelijk. Het gebouwde model is hiermee geschikt om met name de verschillen tussen de verschillende varianten en de referentiesituatie te berekenen.

niet-stationaire modellering

Op basis van het stationaire model is een niet-stationair gebouwd, teneinde de effecten te kunnen berekenen van een (niet stationaire) hoog- en een laagwatergolf. In hoofdstuk 2 wordt dieper ingegaan op de hoog- en laagwatergolven.

1.2. Alternatieven en varianten

Het grondwatermodel dient ter berekening van effecten van ingrepen, waartoe in het hoofdrapport van het MER twee alternatieven zijn ontwikkeld, beide gericht op zandwinning en natuurontwikkeling. Binnen die alternatieven worden vier uitvoeringsvarianten onderscheiden.

Alternatief 1. Alternatief Over de Maas + Moleneindsche Waard:

- uitvoeringsvariant 1A. Nevengeul. Deze uitvoeringsvariant wordt gekenmerkt door een nevengeulachtige structuur, en is, behalve op zandwinning en natuurontwikkeling, als eerste gericht op een goede waterkwaliteit, op minimale geohydrologische effecten binnendijs en op een maximale verlaging van het waterpeil (Ruimte voor de rivier);
- uitvoeringsvariant 1B. Eiland. Deze uitvoeringsvariant wordt gekenmerkt door een omvangrijk eiland in de Maas, en is, behalve op zandwinning en natuurontwikkeling, als eerste gericht op het maximaal benutten van de dynamiek in het riviersysteem;

- uitvoeringsvariant 1C. Lith. Deze uitvoeringsvariant wordt gekenmerkt door twee uit elkaar gelegen plassen, en is, behalve op zandwinning en natuurontwikkeling, als eerste gericht op minimale hinder voor Lith en op maximaal behoud van de tegenover Lith gelegen oeverwal.

Alternatief 2: Alternatief Over de Maas:

- dit alternatief kent één uitvoeringsvariant, dat, behalve op zandwinning en natuurontwikkeling, als eerste is gericht op maximaal behoud van de Moleneindsche Waard voor het agrarisch gebruik, onder behoud van een goede waterkwaliteit.

De belangrijkste overeenkomsten en verschillen tussen de uitvoeringsvarianten zijn opgenomen in de navolgende tabellen.

Tabel 1.2. Oppervlakteverdeling uitvoeringsvarianten (in ha)

	variant 1A	variant 1B	variant 1C	variant 2
oppervlakte plangebied	275	275	275	190
oppervlakte diep water	68	66	71	63
oppervlakte nieuwe natuur totaal	207	209	203	127

- inclusief circa 10 ha geul/moeras in de Moleneindsche Waard

Tabel 1.3. Belangrijke eigenschappen in de uitvoeringsvarianten

kenmerk	variant 1A	variant 1B	variant 1C	variant 2
aantal plassen	MW: een plas OdM: twee plassen	MW: een plas OdM: een plas	MW: een plas OdM: een plas	MW: n.v.t. OdM: twee plassen
plaspeildifferentiatie	in twee plassen	in één plas	n.v.t. ²⁾	in één plas
waterstanden	MW: +3.80 m OdM1: 1.45 m OdM2: Maaspeil	MW: + 2.5 m OdM: Maaspeil	MW: Maaspeil OdM: Maaspeil	MW: n.v.t. OdM1: +1.45 m OdM2: Maaspeil
aantakking aan Maas	tweezijdig	eenzijdig ¹⁾	tweezijdig	tweezijdig
debiet uit de rivier	3 %	eb en vloed	3 %	3 %
ontgravingdiepte	NAP-30 m (OdM) NAP -10 m (MW)	NAP-30 / -10m	NAP -30 / -10 m	NAP-30 m
afwerkhoogte	max. aangevuld	max. aangevuld	max. aangevuld	max. aangevuld
ondiepe randen	maximaal	maximaal	maximaal	maximaal
oeverzone	deels verlaagd	deels verlaagd	niet verlaagd	deels verlaagd
afwatering Alphen	in de Maas	in de plas	in de plas	in de Maas
Uitvliet				

Verklaring:

MW = Moleneindsche Waard; OdM = Over de Maas

- 1) De plas-drasverbinding met de Maas wordt niet als een volledige aantakking op de Maas gezien.
- 2) Variant 1C is, nadat de berekeningen waren uitgevoerd, alsnog gedacht te zijn voorzien van plaspeildifferentiatie. Deze wijziging is niet meer berekend, omdat de resultaten dan ongeveer overeen zouden komen met die van variant 1A.

1.3. Mogelijke effecten en beoordelingscriteria

mogelijke effecten

Wat betreft geohydrologische effecten worden er primaire en secundaire effecten onderscheiden.

Effecten op de grondwaterhuishouding zijn de primaire effecten. Dit betreft wijziging van de (freatische) grondwaterstanden, maar ook van de stijghoogten in de diepere watervoerend pakketten. Freatische grondwatersanden zullen met name wijzigen als gevolg van wijzigingen van de stijghoogten in het eerste watervoerend pakket. Door wijziging van stijghoogte in het eerste watervoerend pakket wijzigt namelijk de verticale stroming van grondwater door de deklaag (de kwel of de infiltratie), waarmee de grondwaterstand wordt beïnvloed. Naast deze verticale stroming vanuit het diepere pakket worden de grondwaterstanden beïnvloed door het neerslagoverschot, de oppervlaktewaterpeilen en detailontwatering, naast de bodemkarakteristieken.

De verandering van deze kwel én de verandering van grondwaterstanden zijn voor de verschillende varianten gepresenteerd in de bijlage. In de verdere rapportage wordt uitsluitend over (freatische) grondwaterstanden behandeld, omdat met name de verandering van de grondwaterstanden van invloed zijn op de *secundaire* effecten als nat- of droogteschade of het mogelijk optreden van zettingen.

Secundaire effecten zijn effecten die worden veroorzaakt door de primaire effecten, zoals de invloed van de ingrepen via de grondwaterstanden op de landbouw in de vorm van meer of minder droogte- of natschade en de (verhoogde) kans op zettingen van bebouwingen in de omgeving en mogelijke effecten of grondwaterwinningen in de omgeving (ten behoeve van drinkwaterbereiding).

beoordelingscriteria

De mogelijke effecten worden beoordeeld aan de hand van een aantal beoordelingscriteria. Beschouwd worden:

primaire effecten (op grondwaterstanden en kwel)

- de maximale veranderingen van de grondwaterstanden (cm). De grondwaterstanden kunnen, als gevolg van de aard van de ingrepen, hoger of lager worden dan in de huidige situatie;
- het oppervlak van het beïnvloede gebied (ha), gedefinieerd als het binnendijkse gebied waarin de afwijkingen van de huidige grondwaterstanden groter zijn dan 5 cm. Die afwijkingen kunnen stijgingen zijn, maar ook dalingen;
- veranderingen van de afvoer via Quarles van Ufford (aangeduid als 'bemalingsdebiet Quarles van Ufford'; echter onder gemiddelde omstandigheden en bij laag water wordt er onder vrij verval geloosd op de Maas).

Bij deze primaire effecten wordt nog geen oordeel gegeven in positief of negatief. Immers, in sommige gevallen zouden stijgingen van de grondwaterstanden positief kunnen worden beoordeeld (daar waar droogteschade optreedt), in andere situaties negatief (daar waar natschade optreedt). Er wordt daarom direct op secundaire effecten beoordeeld.

secundaire effecten (op landbouw, bebouwingen en grondwaterwinning)

- veranderingen in de droogte- of natschade voor de landbouw (meer/minder);
- verhoogde kans op zettingen van bebouwingen in de omgeving (wel/niet);
- beïnvloeding grondwaterwinningen (wel/niet).

De secundaire effecten worden wel gewaardeerd (positief of negatief). Die waardering hangt echter af van de huidige situatie voor de landbouw. In gebieden met droogteschade wordt een vermeerdering daarvan negatief gewaardeerd, een vermindering positief. In gebieden met natschade is de waardering vergelijkbaar. De waardering wordt kwalitatief uitgesproken aan de hand van de resultaten van een GGOR-studie [Witteveen+Bos, september 2004] in het kader van het peilbesluit voor het bemalingsgebied Quarles van Ufford, waarin onder meer is ingegaan op de schade in het binnendijkse landbouwgebied als gevolg van droogte of wateroverlast.

In zettingsgevoelige gebieden kan een verlaging van de grondwaterstand in beginsel tot zettingen van gebouwen leiden. Deze mogelijkheden worden in kwalitatieve zin nagegaan aan de hand van een kaart van zettingsgevoelige gebieden.

1.4. Leeswijzer

Hierna wordt in hoofdstuk 2 ingegaan op de primaire effecten, in hoofdstuk 3 op de secundaire effecten. In hoofdstuk 4 volgen nog enkele controles en in hoofdstuk 5 de conclusies. Tenslotte volgen de afbeeldingen.

2. BEREKENING PRIMAIRE EFFECTEN

2.1. Uitgangspunten

huidige geohydrologische situatie

Deze huidige geohydrologische situatie is neergelegd in het gekalibreerde geohydrologisch model, welk model de referentie vormt voor de berekeningen van de primaire effecten van de ingrepen. De belangrijkste 'motor' van de grondwaterstromingen in het gebied is de stuw bij Lith. Bovenstrooms van de stuw wordt een peil van NAP +4.90 m gehandhaafd, benedenstrooms bedraagt de gemiddelde waterstand NAP +1.05 m. De aangehouden maaiveldhoogten staan op afbeelding 1.

stijghoogtemetingen 2002-2004

Om meer inzicht te krijgen in de huidige stijghoogten en grondwaterstanden zijn in 2002 in de projectlocatie vier peilbuizen geplaatst (pb100, pb101, pb102, pb103), elk met meerdere filters (afbeelding 2). De meetgegevens op deze locaties zijn gebruikt zowel voor de alternatiefontwikkeling (bij de bepaling van de plaspeilen) en voor de fijnkalibratie van het grondwatermodel. In de afbeeldingen 3, 4, 5 en 6 zijn de waargenomen stijghoogten opgenomen, evenals het peil in de Maas.

Uit deze afbeeldingen blijkt:

- dat de grondwaterstanden (rode bolletjes) en de stijghoogten (groene bolletjes) in pb 100 (peilbuis in de Moleneindsche Waard) de Maaspeilen volgen, zij het sterk gedempt. De Maaspeilen zijn altijd hoger dan de grondwaterstanden en stijghoogten. Er is derhalve sprake van een infiltratiesituatie;
- dat in pb 101 (zuidelijk deel Over de Maas) de grondwaterstand doorgaans hoger ligt dan het Maaspeil. Er is dan sprake van een geringe wegzijgingssituatie. Alleen bij hoge Maaspeilen lijken die peilen hoger te liggen dan de grondwaterstanden. Er wordt echter slechts één maal in de veertien dagen gemeten, een hoge piek in het Maaspeil kan dus zijn gemist;
- dat het patroon in de metingen in pb 102 (noordelijk deel Over de Maas) overeen komt met dat van pb 101 (zuidelijk deel Over de Maas). Ook hier is sprake van een geringe wegzijging. Grondwaterstanden en stijghoogten zijn iets hoger dan in pb 101, mogelijk door een grotere invloed van de Waal op de grondwaterstanden;
- dat de stijghoogten en grondwaterstanden in pb 103 (nabij Voorne) nog hoger liggen dan in pb 101 (zuidelijk deel Over de Maas) en pb 102 (noordelijk deel Over de Maas), omdat de peilbuis zich dichterbij de Waal bevindt.

afvoer via gemaal Quarles van Ufford

Het poldergebied watert af via het gemaal Quarles van Ufford. In afbeelding 7 is het verloop van het debiet aangegeven voor het (natte) jaar 1998 [bron: Polderdistrict Groot Maas en Waal]. Uitgaande van het gemiddeld debiet over deze (extreem natte) periode van 3,05 m³/s wordt een totaal dagdebiet berekend van 263.000 m³/dag voor het gehele bemalingsgebied Quarles van Ufford. De mediaan van de afvoer is 1,87 m³/s (afbeelding 8), dat is een debiet van 162.000 m³/dag.

In hydrologisch gemiddelde jaren is de afvoer door het gemaal echter geringer. Daarnaast omvat het grondwatermodel, ter bepaling van de wijziging van het bemalingsdebiet van het gemaal Quarles van Ufford, niet het gehele afwateringsgebied (11.640 ha), maar alleen het westelijk deel ervan (5.867 ha). Het model is immers dusdanig opgebouwd dat er buiten het modelgebied geen effecten van de ingrepen meer optreden. Ongeveer de helft van het totale afwateringsgebied is dus in het huidig grondwatermodel meegenomen. Uitgaand van de mediaan van de afvoer en een evenredige verdeling van de afvoer over het gebied, zou in het westelijk deel dan 81.000 m³/dag moeten worden afgevoerd. Gezien de lagere ligging van het westelijk deel van het afwateringsgebied, zal de af te voeren hoeveelheid hierboven liggen.

Met behulp van het model is het referentiedebiet van het in het model opgenomen deel van het afwateringsgebied berekend op 92.000 m³/dag, waarmee de werkelijkheid goed wordt benaderd.

2.2. Ingevoerde Maaspeilen

In overleg met het Waterschap Rivierenland zijn als relevante te berekenen situaties vastgesteld:

- effecten bij gemiddeld Maaspeil;
- effecten bij laag water in de Maas;
- effecten bij hoog water in de Maas.

De Waalpeilen zijn bij alle berekeningen op een gemiddeld niveau gehouden.

gemiddeld Maaspeil

Onder gemiddelde omstandigheden is het peil benedenstrooms NAP +1,05 m (afbeelding 9). Het peil bovenstrooms is NAP 4,90 m. In de polders wordt een gemiddelde van zomer- en winterpeil aangehouden.

laag water in de Maas

In afbeelding 9 is het laagste peil uitgezet dat per jaar bij Lith dorp werd gemeten in de periode 1971 – 2003. Uit die afbeelding blijkt dat globaal in 2/3 van de jaren een waterstand optreedt beneden NAP 0,00 m; dit betreft echter een enkele meting per jaar.

Om de effecten bij laagwater te berekenen is, vanuit een gemiddelde, stationaire situatie, een daling van het Maaspeil benedenstrooms (instationair) gemodelleerd. Deze daling treedt geleidelijk op, gedurende 8 dagen, waarbij benedenstrooms van de stuw bij Lith een peil van NAP +0,05 m wordt bereikt (NAP 0,00 m nabij Voorne)(afbeelding 11). Verondersteld is dat dit peil 28 dagen op dit niveau blijft. Het voor de huidige berekening veronderstelde laagwaterpeil van NAP +0,05 m, met een duur van 28 dagen, is een tamelijk extreme situatie, zie ook de laagwaterlijn in afbeelding 9. De effectberekeningen zijn gemaakt aan het eind van deze periode.

Bij lage Maasafvoeren is de stuw bij Lith gesloten. Het Maaspeil bovenstrooms van de stuw is dan ook op een niveau van NAP +4,90 m vastgehouden bij het modelleren van de laagwatersituatie.

Het laagwaterpeil is gecombineerd met het zomerpeil in de polders, omdat lage waterstanden vooral in de zomer optreden.

hoog water in de Maas

Voor het modelleren van de effecten bij hoogwater is, in overleg met Waterschap Rivierenland, gekozen voor een afvoer met een herhalingstijd van 10 jaar. Dit betekent een maximaal debiet van 2.142 m³/sec bij Lith. De vorm van de hoogwatergolf is afgeleid uit de WAQUA-berekeningen voor hoge afvoeren [bron: Witteveen+Bos, december 2004. Notitie Rivierkundige berekeningen].

Om de effecten bij hoog water te berekenen is, vanuit een gemiddelde, stationaire situatie, een stijging van het Maaspeil (instationair) gemodelleerd. Deze stijging bereikt na circa 25 dagen zijn maximum (afbeelding 11). Vervolgens daalt de waterstand weer. Het moment dat de hoogste waterstand wordt bereikt, wordt als maatgevend voor de effecten beschouwd. De berekeningen zijn dan ook gepresenteerd op het moment dat de hoogwatergolf de hoogste waarde bereikt. In de praktijk zal het effect van de hoogwatergolf op de binnendijkse grondwaterstanden naïjlen: hoe verder een punt van de ontgravingslokatie af ligt, hoe later de hoogste grondwaterstand wordt bereikt. Er vindt echter ook een uitdemping plaats: hoe verder een punt van de ontgravingslokatie af ligt, hoe geringer het effect.

Bovenstrooms van de stuw is bij de hoogwatergolf eerst een daling zichtbaar in het Maaspeil (afbeelding 11). Dit wordt veroorzaakt doordat bij hogere afvoeren de stuw open gaat.

Tijdens het optreden van de hoogwatergolf in de Maas worden in de polders winterpeilen verondersteld. Hoogwater treedt vooral op in de winterperiode.

2.3. Modelleren van de plassen

diepten van de plassen

Tijdens de ontgraving wordt het gewonnen materiaal gescheiden. Industriezand wordt afgezeefd en afgevoerd, maar het fijnere ophoogzand (50 à 60% van het totaal) wordt teruggestort. In uitvoeringsvariant 1A gebeurt dat voornamelijk tegen de bandijk, in variant 1B voornamelijk tegen de Maasoevers, in variant 1C in het centrale deel van het gebied en in variant 2 vooral in het gebied nabij Voorne. Door de aanvullingen neemt de horizontale en verticale doorlatendheid van het teruggestorte deel af ten opzichte van het oorspronkelijke materiaal omdat de grovere fractie uit het materiaal is verwijderd.

Als ontgravingsdiepte wordt in het Over de Maasgedeelte NAP -30 m aangehouden en in de Moleneindsche Waard NAP -10 m.

De ontgraving wordt gesimuleerd door het aanpassen van doorlatendheden, weerstanden en peilen. Daar waar grond wordt weggehaald en er water voor in de plaats komt, is de kD aangepast naar 10.000 m²/d (algemeen gebruikelijk bij de schematisering van oppervlaktewater in een grondwatermodel). Daar waar het fijne zand wordt teruggestort, is een kD van 75 m²/d gehanteerd (dikte teruggestort materiaal circa 15 meter, k-waarde 5 m/d). Als c-waarde is 3 dagen aangehouden (15 m / 5 m/d).

Er zijn twee eindsituaties onderscheiden:

- een eindsituatie waarbij een deel van de bodem wordt bedekt met teruggestort materiaal;
- een eindsituatie waarbij de gehele bodem is bedekt met teruggestort materiaal.

Uitgaande van een onderwatertalud met een helling van 1:8 is geschat in welk (klein) deel van de plas de bodem niet zou worden bedekt met teruggestort materiaal.

Teneinde de beschikbaarheid van Maaswater voor peilbeheersing nader te onderzoeken, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de doorlatendheid van de resterende 'zanddijk' tussen de Maas en de Over de Maasplas. De tot nu toe aangehouden horizontale doorlaatfactor (k_h) bedraagt circa 30 m/d. In de gevoeligheidsanalyse is bij variant 1A een hogere waarde genomen. Hierbij wordt opgemerkt, dat geen dichtslibbing van het bovenste deel van de plas is gemodelleerd, hetgeen in de praktijk wel wordt verwacht. Dit betekent dat ook de huidige k-waarde al een 'worst-case' aangeeft.

plaspeilen

Na afronden van de ontgraving worden de plaspeilen ingesteld, afhankelijk van de uitvoeringsvariant. In de verschillende uitvoeringsvarianten zijn de volgende plaspeilen aangehouden:

Tabel 2.1. Kenmerken uitvoeringsvarianten

kenmerk	variant 1A	variant 1B	variant 1C ¹⁾	variant 2
plaspeilen	MW: +3.80 m OdM1: 1.45 m OdM2: Maaspeil	MW: + 2.5 m OdM1: Maaspeil OdM2: Maaspeil	MW: Maaspeil OdM: Maaspeil	MW: n.v.t. OdM1: +1.45 m OdM2: Maaspeil
aantakking aan Maas	tweezijdig	eenzijdig ²⁾	tweezijdig	tweezijdig

verklaring: MW: plas in Moleneindsche Waard. OdM1: grote plas in Over de Maas. OdM2: plas nabij Fort Voorne

1) Na uitvoering van de berekeningen is ook variant 1C gedacht te zijn voorzien van plaspeildifferentiatie.

2) De plas-drasverbinding met de Maas wordt niet als een volledige aantakking op de Maas gezien.

In uitvoeringsvariant 1A wordt de plas nabij Voorne uitgebreid, maar blijft in open verbinding met de Maas. Het peil is dus gelijk aan dat van de Maas. Het peil in de grote Over de Maasplas wordt NAP +1,45 m, conform de gemiddelde grondwaterstand in de huidige situatie, teneinde uitzakking van de grondwaterstanden in het binnendijks gebied in de zomerperiode te beperken. Het peil in de plas in de Moleneindsche Waard wordt op NAP +3,80 meter gehandhaafd, eveneens afgeleid van de huidige gemiddelde grondwaterstand in dit gebied.

In uitvoeringsvariant 1B is er een open verbinding tussen de Maas en de plas nabij Voorne en de Over de Maasplas. Het peil in deze plassen wordt derhalve gelijk aan het Maaspeil bij de opening. De plas in de Moleneindsche Waard krijgt een plaspeil van NAP +2,50 m, teneinde ten opzichte van het Maaspeil van NAP +4.90 m een flinke kwelstroom naar die plas te sturen. Het teveel aan water wordt afgevoerd naar de Over de Maasplas. Het aangehouden peil levert overigens een kwel op van het binnendijkse gebied naar de plas.

In uitvoeringsvariant 1C is er sprake van één plas in Over de Maas, nabij Voorne. De plas staat in open verbinding met de Maas, en krijgt derhalve het Maaspeil. De plas bij de Moleneindsche Waard staat eveneens in open verbinding met de Maas en krijgt derhalve het bovenstroomse Maaspeil.

In uitvoeringsvariant 2 wordt de plas nabij Voorne uitgebreid, maar blijft in open verbinding met de Maas, en krijgt dan ook het Maaspeil. De Over de Maasplas krijgt een peil van NAP + 1,45 m. In de Moleneindsche Waard is bij deze variant geen plas voorzien.

waterloop tussen de plassen

Bij verschillende varianten is er sprake van een waterloop tussen de plassen, of tussen de Maas en de plassen. Deze waterloop is eveneens in het model opgenomen, waarbij het peil stapsgewijs daalt tussen de peilen van de plassen waartussen de waterloop ligt. Aangenomen is dat de bodem van de waterloop uit klei bestaat, en dus enigszins waterdoorlatend is. Indien in de ondergrond geen klei aanwezig is op de plaats van deze waterloop, dient deze te worden aangebracht om waterverlies uit de waterloop te beperken.

2.4. Berekeningsresultaten primaire effecten

In de volgende tabellen zijn de primaire effecten op de grondwaterstanden en op de kwel opgenomen. De effecten zijn gespecificeerd per uitvoeringsvariant (1A, 1B, 1C en 2) en per aanvullingssituatie (bodem geheel bedekt en bodem gedeeltelijk bedekt). Aldus zijn acht tabellen samengesteld. Binnen de tabellen zijn per plas (in de Moleneindsche Waard, in Over de Maas en nabij Voorne) weergegeven:

- de veranderingen van de grondwaterstand in het binnendijks gebied; deze veranderingen zijn aangegeven ten opzichte van een referentiesituatie. Voor de gemiddelde situatie is daarvoor een gemiddeld peil gehanteerd, de laagwatersituatie is vergeleken met het zomerpeil, de hoogwatersituatie met het winterpeil;
- de omvang van het gebied binnendijks waar de grondwaterstanden met meer dan 0,05 m stijgen of dalen;
- de veranderingen in de waterbalans, bij een gemiddelde situatie en bij laag water, en alleen bij plassen die niet direct op de Maas zijn aangetakt. Bij direct aangetakte plassen is een waterbalans niet relevant. De verandering in de waterbalans geeft een indruk van de haalbaarheid van plaspeil-differentiatie en van het extra door het gemaal af te voeren debiet;
- de veranderingen in het bemalingsdebiet van het gemaal Quarles van Ufford (m^3/dag), bij gemiddelde omstandigheden en bij hoogwater. Bij laagwater is een mogelijke verandering niet relevant (dikwijls afvoer onder vrij verval).

In de zomer kan nog een extra verlies van water door verdamping optreden. Bij de berekening wordt hierbij uitgegaan van een worst-case: 2 mm/d verdamping. Uitgaande van een wateroppervlak van circa 65 ha voor de Over de Maasplas betekent dit een verlies van maximaal $1300 \text{ m}^3/\text{dag}$. Voor de plas in de moleneindsche Waard (15 ha) betekent dit een extra verlies van $300 \text{ m}^3/\text{dag}$. Het totale verdampingsverlies van deze twee plassen is dus maximaal $1600 \text{ m}^3/\text{dag}$ ($0,02 \text{ m}^3/\text{s}$).

presentatie van de resultaten

De verschillen tussen de grondwaterstanden bij een situatie met geheel bedekt bodem en een deels bedekte bodem verschillen *binnendijks* niet significant (doordat is aangenomen dat de taluds niet zijn dichtgeslibt). Er zijn daarom alleen de veranderingen bij een situatie met geheel bedekte bodem gepresenteerd.

2.4.1. Variant 1A

Tabel 2.2. Berekeningsresultaten uitvoeringsvariant 1A – bodem geheel bedekt

Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
gemiddelde situatie				
verandering gws binnendijks	cm		+45	- 40
beïnvloed binnendijks gebied	ha		84 (stijging)	92 (daling)
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag	-9.002 (kwel)	-18.741+9.002 = -9.739	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+458	
Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
laagwatersituatie				
verandering gws binnendijks	cm		+52	- 56
beïnvloed binnendijks gebied	ha		124 (stijging)	106 (daling)
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag	-7.286 (kwel)	72.347-7.286=- 65.061	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		niet relevant	
Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
hoogwatersituatie				
verandering gws binnendijks	cm		+50	-13
beïnvloed binnendijks gebied	ha		136 (stijging)	52 (daling)
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag		niet aan de orde (inundatie)	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+774	

Tabel 2.3. Berekeningsresultaten uitvoeringsvariant 1A – bodem gedeeltelijk bedekt

Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
gemiddelde situatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag	-9.039 (kwel)	-21.105+9.030=- 12.066	n.v.t.
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+456	
Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
laagwatersituatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag	-7.291 (kwel)	80.339 - 7.291= 73.048	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		niet relevant	
Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
hoogwatersituatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag		niet aan de orde (inundatie)	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+778	

Bij variant 1A is er in de Moleneindsche Waard sprake van een overschot aan water, aangeduid als kwel. Deze kwel moet worden afgevoerd om de plas op het aangegeven peil te kunnen houden. Het water wordt afgevoerd via de waterloop die de MW-plas met de OdM-plas verbindt. Dit water wordt dan ingezet ten behoeve van het instandhouden van de plaspeildifferentiatie. Er is echter meer water nodig, zoals in tabel 2.2 is aangegeven, omdat er water vanuit de OdM-plas infiltreert naar de ondergrond. Bij de berekening van het netto benodigd debiet (om de ODM-plas op peil te houden) is de beschikbare kwel uit de plas in de Moleneindsche Waard in mindering gebracht. De berekende hoeveelheid bij een laagwatersituatie, met een deels bedekte bodem is 73.048 m³/d, ofwel 0,85 m³/s. Deze hoeveelheid is circa 12% meer dan de situatie met een geheel bedekte bodem.

2.4.2. Variant 1B

Tabel 2.4. Berekeningsresultaten uitvoeringsvariant 1B – bodem geheel bedekt

Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
gemiddelde situatie				
verandering gws binnendijs	cm		-64	
beïnvloed binnendijs gebied	ha		379 (daling)	
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag	-3.022	n.v.t.	n.v.t.
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		-1.429	
Effect bij laagwatersituatie				
verandering gws binnendijs	cm		-91	
beïnvloed binnendijs gebied	ha		423 (daling)	
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag	-1.415	n.v.t.	n.v.t.
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		niet relevant	
Effect bij hoogwatersituatie				
verandering gws binnendijs	cm	+13		-13
beïnvloed binnendijs gebied	ha	30 (stijging)		217 (daling)
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag		niet aan de orde (inundatie)	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		-1.061	

Tabel 2.5. Berekeningsresultaten uitvoeringsvariant 1B – bodem gedeeltelijk bedekt

Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
gemiddelde situatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag	-3.034		
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		-1.363	
Effect bij laagwatersituatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag	-1.420		
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		niet relevant	
Effect bij hoogwatersituatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag		niet aan de orde (inundatie)	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		-1.018	

Er wordt een daling van de grondwaterstanden binnendijs berekend over een groter gebied dan bij variant 1A. De bemalingshoeveelheid bij hoogwater *neemt af*, ondanks dat de doorlatendheid is toegenomen op de lokatie van de plas. Deze afname wordt veroorzaakt door *naijling*. De grondwaterstanden zijn in de gemiddelde situatie bij deze variant lager dan in de huidige situatie. Als gevolg van het stijgen van het waterpeil in de Maas stijgen ook de grondwaterstanden binnendijs. Deze stijging verloopt sneller dan in de huidige situatie (zonder plas), maar op het tijdstip dat het hoogste punt van de hoogwatergolf wordt bereikt (het tijdstip waarop de resultaten zijn gepresenteerd) zijn de grondwaterstanden echter toch nog lager dan bij hoogwater in de huidige situatie. Dit betekent dan inderdaad dat de af te voeren hoeveelheden minder zijn.

2.4.3. Variant 1C

Tabel 2.6. Berekeningsresultaten uitvoeringsvariant 1C – bodem geheel bedekt

Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
gemiddelde situatie				
verandering gws binnendijs	cm	+170		-74
beïnvloed binnendijs gebied	ha	228		168
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag			
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+3.269	
Effect bij laagwatersituatie				
verandering gws binnendijs	cm	+192		-112
beïnvloed binnendijs gebied	ha	213		194
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag			
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		niet relevant	
Effect bij hoogwatersituatie				
verandering gws binnendijs	cm	+114		-21
beïnvloed binnendijs gebied	ha	245		114
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag		niet aan de orde (inundatie)	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+3.555	

Tabel 2.7. Berekeningsresultaten uitvoeringsvariant 1C – bodem gedeeltelijk bedekt

Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
gemiddelde situatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag			
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+3.393	
Effect bij laagwatersituatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag			
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		niet relevant	
Effect bij hoogwatersituatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag		niet aan de orde (inundatie)	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+3.657	

Bij variant 1C staan de plassen in open verbinding met de Maas; waterbalansberekeningen zijn derhalve niet aan de orde.

De toename van het af te voeren debiet is bij deze variant groter dan bij de andere varianten.

Opgemerkt wordt, dat indien variant 1C (net als variant 1A) zou worden voorzien van plaspeildifferentiatie, de effecten vergelijkbaar worden met die van variant 1A. Het is mogelijk dat de waterstandsdalingen nabij Voorne nog zelfs iets kleiner worden dan bij variant 1A omdat de gradiënt in de peilen tussen de Waal en de plas, door de plaspeildifferentiatie, geringer is.

2.4.4. Variant 2

Tabel 2.8. Berekeningsresultaten uitvoeringsvariant 2 – bodem geheel bedekt

Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
gemiddelde situatie				
verandering gws binnendijks	cm		+114	-31
beïnvloed binnendijks gebied	ha		182	65
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag		-3.416	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		945	
Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
laagwatersituatie				
verandering gws binnendijks	cm		+146	-49
beïnvloed binnendijks gebied	ha		197	83
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag		-45.278	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		niet relevant	
Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
hoogwatersituatie				
verandering gws binnendijks	cm		+84	-8
beïnvloed binnendijks gebied	ha		201	16
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag			
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+1.473	

Tabel 2.9. Berekeningsresultaten uitvoeringsvariant 2 – bodem gedeeltelijk bedekt

Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
gemiddelde situatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag		-5.886	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+967	
Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
laagwatersituatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag		-53.683	
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		niet relevant	
Effect bij	Eenheid	Plas in MW	Plas in OdM	Plas Voorne
hoogwatersituatie				
verandering waterbalans in plas	m ³ /dag			
verandering bemalingsdebiet QvU	m ³ /dag		+1.492	

Ook bij deze variant is er water nodig om de Over de Maas plas op peil te houden (53.683 m³/d of 0,62 m³/s, bij een laag water situatie met een deels bedekte bodem).

2.5. Berekeningsresultaten k-waardevariaties

Om inzicht te geven in de effecten van bijvoorbeeld banen met grotere doorlatendheden, waar dan preferente stromingen kunnen optreden, zijn aanvullende berekeningen met grotere doorlatendheden uitgevoerd voor het resterend landdeel tussen Maas en de Over de Maasplas. In het uitgangsmodel is de k-waarde gesteld op circa 30 m/d. De aanvullende berekeningen zijn uitgevoerd voor variant 1A bij een 1,5 x, 2 x en 2,5 x hogere waarde. Het blijkt dat de relatie tussen k-waarde en het benodigd debiet om de plas op peil te houden (vrijwel) lineair is.

Een 1,5 x hogere k-waarde ($k_h = 45$ m/d in plaats van $k_h = 30$ m/d) betekent dus een benodigd debiet van circa 100.000 m³/dag (1,15 m³/s) om het niveau van de Over de Maasplas op peil te houden bij een laagwatersituatie (Variant 1A, bodem geheel bedekt). In tabel 2.10 is een overzicht opgenomen. Nogmaals wordt opgemerkt dat er is gerekend zonder dichtgeslibt talud. Het beschouwde rekenscenario moet dan ook als 'very worst case' worden beschouwd.

Eerder is opgemerkt dat *grondwaterstanden* in deze regio nauwelijks gevoelig zijn voor de doorlatendheid van de ondergrond, vanwege de gehandhaafde peilen boven- en benedenstrooms van de stuw bij Lith. De *hoeveelheid water* die door de ondergrond stroomt is echter wel afhankelijk van doorlatendheid; volgens de wet van Darcy is dit een lineair verband, uitgaande van een gelijke stijghoogtegradient.

Tabel 2.10 Gevoeligheidsanalyse benodigd debiet voor plaspeildifferentiatie OdM-plas, variant 1A, laagwatersituatie

k-waarde	geheel bedekte bodem debiet (m3/d)	deels bedekte bodem debiet (m3/d)
zoals opgenomen in berekening	65.000	73.000
1.5 x	100.000	110.000
2 x	130.000	146.000
2.5 x	160.000	183.000

2.6. Conclusies uit de geohydrologische berekeningen

effecten bij gemiddelde waterstanden

Bij een gemiddeld Maaspeil stijgen in de varianten 1A, 1C en 2 de grondwaterstanden in het zuidelijk deel van het gebied. Ook binnendijs is een stijging van de grondwaterstanden berekend. Variant 1C laat de sterkste stijging van de grondwaterstanden zien bij de Moleneindsche Waard.

Nabij Voorne wordt bij alle varianten een daling van de grondwaterstanden berekend, door de ontgraving en de steile grondwatergradiënt ter plaatse (het Waalpeil is hoger dan het Maapeil).

Variant 1B laat (vrijwel) overal een daling van de grondwaterstanden zien, die in het binnendijs gebied oploopt tot circa 64 cm.

Bij variant 1C is een extra gemaalafvoer van ruim 3.000 m³/dag noodzakelijk, dit is aanzienlijk meer dan bij de andere varianten.

effecten bij laag water

Bij laag water treedt hetzelfde patroon op: variant 1A, 1C en 2 laten een stijging zien van de grondwaterstanden in het zuidelijk deel, en een daling in het noordelijk deel, terwijl variant 1B (vrijwel) rondom het gehele projectgebied een daling laat zien. De stijging van de grondwaterstanden in het binnendijs gebied is maximaal bij variant 1C, te weten rondom de Moleneindsche Waard. Bij de varianten 1A en 2 is de stijging van de grondwaterstanden minder groot. De beïnvloeding van het geohydrologisch systeem is bij de varianten 1A en 2 dan ook minder dan bij variant 1C.

effecten bij hoogwater

Voor een hoogwatersituatie is de benodigde extra afvoercapaciteit van belang. Bij variant 1C is de grootste wijziging berekend; een extra gemaalcapaciteit van ruim 3.500 m³/dag.

Bij een hoogwatersituatie worden de uiterwaarden geïnnundeerd; dit betekent dat de peilen in de plas-
sen ook omhoog gaan (gelijk aan de Maas). Mitigatie van effecten door plaspeildifferentiatie is dan ook
niet effectief voor een hoogwatersituatie. Om ongewenste effecten bij hoogwater te mitigeren moet naar
andere opties worden gekeken.

plaspeildifferentiatie

Het toepassen van plaspeildifferentiatie kan ongewenste effecten tegengaan bij gemiddelde omstandi-
gheden en bij een laagwater situatie. Plaspeildifferentiatie vereist wel aanvoer van water, om de plas
op peil te houden. Bij variant 1A is maximaal zo'n $0,85 \text{ m}^3/\text{s}$ nodig en bij variant 2 is dit $0,62 \text{ m}^3/\text{s}$.

In het volgende hoofdstuk wordt (onder meer) nagegaan of er voldoende water aanwezig is voor deze
plaspeildifferentiatie. Daarnaast wordt in het volgende hoofdstuk ingegaan op secundaire effecten die
kunnen optreden als gevolg van de verandering van het grondwatersysteem.

3. SECUNDAIRE EFFECTEN

3.1. Effecten op de landbouw

De schade die de landbouw ondervindt als gevolg van te droge of te natte omstandigheden is berekend voor het gehele bemalingsgebied van het gemaal Quarles van Ufford, in het kader van een herziening van de peilen (Witteveen+Bos, sept. 2004). De voor die studie berekende droogte- en natschade voor de landbouw onder de huidige omstandigheden zijn als bijlage bij de voorliggende notitie opgenomen.

droogteschade huidige situatie

Voor de huidige situatie is berekend dat in het binnendijs gebied nabij Over de Maas de droogteschade in de landbouw kan oplopen tot meer dan 30 % (zie bijlage, onder huidige situatie). Deze schade treedt met name op in de eerste kilometer vanaf de dijk. Op meer dan 0,5 kilometer afstand van de Maasdijk is de schade minder dan 20 %. Ten noorden van de Moleneindsche Waard is de schade door droogte minder: 0 tot 10 % in de huidige situatie.

natschade huidige situatie

In de huidige situatie is de natschade nabij Over de Maas berekend op 0 tot 10 %. Nabij de Moleneindsche Waard is de natschade lokaal hoger, tot meer dan 30 %.

droogte- versus natschade

In het gebied nabij de aan te leggen plassen is met name droogteschade een probleem. Zowel wat betreft omvang (aantal ha) als schadepercentage is droogteschade belangrijker dan natschade. Het belang van de droogteschade (en de mogelijke mitigatie daarvan) moet dus zwaarder wegen bij de beoordeling van de varianten.

variant 1A

Voor de droogteschade is de laagwatersituatie maatgevend (zomerpeil in de polders en laagwater op de Maas). Onder de huidige omstandigheden is nabij de plas Voorne (binnendijs) sprake van droogteschade. Bij alle varianten treedt een verlaging van de grondwaterstanden op nabij de plas van Voorne, de droogteschade zal hier dus lokaal toenemen.

Nabij de Over de Maas-plas zal bij een laagwatersituatie een stijging van de grondwaterstanden optreden. Dit betekent dus een afname van de droogteschade binnendijs van de OdM-plas.

Wat betreft de natschade is de situatie bij hoogwater maatgevend (winterpeilen in de polder en hoogwater op de Maas). In de huidige situatie is dit tussen de 0 en 10%. Bij Voorne treedt weer een daling van de grondwaterstand op, dit leidt tot afname van de natschade, bij de OdM-plas treedt een stijging van de grondwaterstanden op onder hoogwateromstandigheden, dit leidt tot een toename van de natschade.

variant 1B

Bij variant 1B treedt er bij een laagwatersituatie een verlaging van de grondwaterstanden op zowel bij de plas van Voorne, als bij de OdM-plas en bij de MW-plas. Dit leidt tot een toename van de droogteschade. Gezien het gebied waar deze toename plaatsvindt, zal de toename van de droogteschade groter zijn dan bij alle andere varianten.

Ook bij een hoogwater wordt een verlaging van de grondwaterstanden berekend; dit zal tot een afname van de eventuele natschade leiden.

variant 1C

Ook bij variant 1C wordt een daling van de grondwaterstanden nabij de plas van Voorne berekend bij een laagwatersituatie, hetgeen tot een toename van de droogteschade leidt. Daarnaast wordt echter ook een verlaging van de grondwaterstand nabij de OdM-plas berekend. Het gebied waar een toename van droogteschade als gevolg van daling van de grondwaterstanden wordt berekend is groter dan bij va-

riant 1A. Bij de Moleneindsche Waard wordt een stijging van de grondwaterstanden berekend, hetgeen een afname van de droogteschade betekent, de droogteschade net ten noorden van de MW-plas in de huidige situatie echter gering (0-10%).

Bij een hoogwatersituatie wordt eveneens nabij de MW-plas een stijging van de grondwaterstanden berekend, hetgeen betekent dat de natschade toeneemt. Bij variant 1C is de verwachte toename van natschade groter dan bij de andere varianten.

variant 2

Evenals bij de andere varianten treedt een daling van grondwaterstanden op nabij de plas van Voorne, wat lokaal een toename van de droogteschade betekent. Nabij de OdM-plas en de MW-plas wordt een stijging van de grondwaterstanden verwacht, wat tot een afname van de droogteschade zal leiden.

conclusies

De varianten 1A en 2 zijn het gunstigst voor het tegengaan van droogte- of natschade in de landbouw. De varianten 1B en 1C zijn ongunstiger wat betreft de landbouwschade.

3.2. Effecten op zettingen

Bij daling van grondwaterstanden kunnen zettingen optreden, en zetting kunnen mogelijk tot schade aan bebouwing leiden. Of een daling van grondwaterstanden tot zetting leidt is afhankelijk van de zettingsgevoeligheid van de bodem en de daadwerkelijke daling van de grondwaterstand.

In de 'Stroomgebiedsvisie Rivierenland' –Ontwerp– (2002) is een kaart opgenomen waarop de zettingsgevoeligheid van het riviereengebied is aangegeven. Er is een driedeling gemaakt, waarbij de volgende klassen zijn onderscheiden: gering zettingsgevoelig, matig zettingsgevoelig en ernstig zettingsgevoelig.

De omgeving van het plangebied is als 'matig zettingsgevoelig' aangeduid. Dit betekent dat er bij verlaging van grondwaterstanden mogelijk zettingen kunnen optreden. Het detailniveau van deze kaart is echter gering, er kunnen geen uitspraken worden gedaan op lokaal niveau.

De RGD heeft een globaal onderzoek uitgevoerd in de provincie Gelderland naar het optreden van zetting bij een verlaging van de grondwaterstand van 1 meter *beneden de gemiddeld laagste grondwaterstand* (RGD, 1990). (NB. de modelberekeningen geven de verlaging van de grondwaterstanden ten opzichte van de *gemiddelde* grondwaterstand) Met betrekking tot zettingsgevoeligheden kan onderscheid gemaakt worden in de tijd waarover de zetting plaatsvindt na een bepaalde ingreep (hydrodynamische periode) en de uiteindelijk daling van het maaiveld.

De hydrodynamische periodekaart geeft de tijd aan waarin 99 % van de eindzetting bereikt is bij een standaardingreep van 1 meter verlaging van het freatisch grondwatervlivo *beneden de gemiddeld laagste grondwaterstand*. De 99 %- eindzetting op de projectlocatie wordt bereikt in een periode van 100 tot 1000 dagen.

De zettingenkaart geeft de eindzetting (na circa 30 jaar) bij een standaardingreep van 1 meter verlaging van het freatisch grondwatervlivo *beneden de gemiddeld laagste grondwaterstand*. Bij de berekening is ervan uitgegaan dat de verlaging direct en permanent is. De eindzetting op de projectlocatie bedraagt, naar verwachting tussen 25 - 50 mm.

Een en ander betekent dat bij een 1 meter verlaging van de freatische grondwaterstand *beneden de GLG* er dus een zetting van 25 à 50 mm kan optreden, die nagenoeg gerealiseerd wordt in 100 à 1000 dagen na de ingreep.

Opgemerkt moet worden dat bij de kaarten vermeld staat dat deze niet geschikt zijn voor uitspraken over de zettingsgrootte op specifieke locaties. In het riviereengebied verschilt het zettingsgedrag van de zandige stroomruggen (zandbanen) duidelijk van dat in de uit klei en veen bestaande kommen. De stroomruggen vertonen kleine zettingen, terwijl in de kommen grotere zettingen kunnen optreden,

waarbij de hydrodymische periode relatief lang kunnen zijn. Of zetting tot (veel) schade aan bebouwing leidt, is afhankelijk van de daadwerkelijk optredende zetting, maar ook van de bebouwingsgraad en bijvoorbeeld de lokatie van de bebouwing (op zandbanen of juist niet).

In het gebied is er sprake van lintbebouwing en een lage bebouwingsgraad, waarbij in een groot deel van het beïnvloed gebied naar verwachting de zettingen al zijn opgetreden, als gevolg van lagere grondwaterstanden in het verleden; bijvoorbeeld bij de Moleneinsche Waard, waar voor de aanleg van de stuw de grondwaterstande lager zijn geweest, of elders in het gebied, waarbij de grondwaterstanden fluctueren als gevolg van fluctuatie van waterstanden op Maas en Waal. Er wordt dan ook niet verwacht dat hier aanvullende zettingen zullen optreden als gevolg van mogelijke verlaging van de grondwaterstanden.

conclusie

Op basis van de huidige bebouwing, de bodemopbouw, de historische grondwaterstanden en de verwachte wijzigingen van grondwaterstanden bij de verschillende varianten, wordt geen forse schade door zettingen verwacht. Om mogelijke schade te kunnen vaststellen, is nader onderzoek nodig, voortgaand aan en tijdens de uitvoeringsperiode.

3.3. Effecten op pompstations Macharen en Lith

Aan de overzijde van de Maas, op enkele kilometers afstand, wordt nabij Macharen en Lith grondwater onttrokken. Er worden geen effecten verwacht van de verschillende varianten op het grondwater in de omgeving van deze pompstations.

4. BESCHIKBAARHEID VAN MAASWATER

In een aantal uitvoeringsvarianten in sprake van (gehele of gedeeltelijke) plaspeildifferentiatie. Hierbij wordt het peil in de verschillende plassen op een bepaald peil gehandhaafd. In deze varianten moet Maaswater beschikbaar zijn voor:

- het op peil houden van de plassen (peilbeheersing);
- het doorspoelen van de plassen (waterkwaliteit).

Vooral in droge tijden is de beschikbaarheid van Maaswater een belangrijke kwaliteitsvoorwaarde. Ter bepaling van de beschikbaarheid van Maaswater is de afvoerfrequentie van lage afvoeren bij Lith geanalyseerd over de periode 1911-1990 (informatie RWS). De analyseresultaten staan in de afbeelding 10 en in de navolgende tabel.

Tabel 4.1. Onderschrijdingsfrequentie lage afvoeren bij Lith

debiet Lith (m ³ /s)	dagen per jaar dat debiet wordt onderschreden	debiet Lith (m ³ /s)	dagen per jaar dat debiet wordt onderschreden	debiet Lith (m ³ /s)	dagen per jaar dat debiet wordt onderschreden
0	0,37	20	1,83	30	3,65
6	0,73	23	2,56	40	7,31
14	1,1	25	2,92	45	10,96
17	1,46	27	3,29	50	14,61

Afgerond komt dit neer op:

- afvoer minder dan 10 m³/s circa 1 dag/jaar;
- afvoer minder dan 20 m³/s circa 1,8 dagen/jaar;
- afvoer minder dan 30 m³/s circa 3,7 dagen/jaar;
- afvoer minder dan 40 m³/s circa 7,3 dagen/jaar;
- afvoer minder dan 50 m³/s circa 14,6 dagen/jaar.

Volgens een notitie van RWS d.d. 8 december 2003 zijn de volgende afleidingen uit het zomerbed van de Maas naar de nevengeul toelaatbaar (tabel 4.2).

Tabel 4.2. Toelaatbare afleidingen uit het zomerbed van de Maas

Maasafvoer	Maximale afleiding
tussen 0 en 200 m ³ /s	maximaal 10 m ³ /s, maar op aanwijzing van RWS tijdelijk minder, of in het geheel geen afleiding. Dit wordt bepaald vanuit het stuwbeheer. Dit zal vermoedelijk slechts in uitzonderingssituaties voorkomen, bij Maasafvoeren beneden de 30 m ³ /s.
tussen 200 en 500 m ³ /s	maximaal 5% van de zomerbedafvoer
vanaf 500 m ³ /s tot zomerbedvullende afvoer (circa 1000 m ³ /s)	maximaal 3% van de zomerbedafvoer
tussen 1000 en 2000 m ³ /s	geleidelijk oplopend, van 3% tot maximaal 10% van de zomerbedafvoer
2000 m ³ /s en hoger	maximaal 10% van de zomerbedafvoer

Uit de berekeningen van de waterbalans bleek voor het op peil houden van de plassen met deels bedekte bodem de volgende waterhoeveelheden nodig te zijn:

- uitvoeringsvariant 1A: 0,85 m³/s;
- uitvoeringsvariant 2: 0,62 m³/s.

Rekening houdend met onzekerheden in de modellering lijkt een debiet van 1 m³/s ruim voldoende om de plassen op peil te houden.

Deze benodigde hoeveelheid is (veel) minder dan de hoeveelheid die bij lage afvoeren in beginsel nog beschikbaar is (10 m³/s). Slechts in uitzonderingsgevallen zal geen water beschikbaar kunnen worden gesteld.

Voor het behouden van een goede waterkwaliteit is het doorspoeldebiet berekend op 310.000 à 385.000 m³/dag, dat is 3,59 à 4,46 m³/s. Ook deze hoeveelheid is kleiner dan de bij lage afvoeren nog beschikbare hoeveelheid water (10 m³/s). Dit betekent:

- bij Maasafvoeren beneden de 30 m³/s bestaat de kans dat geen afleiding is toegestaan. Het aantal dagen dat een afvoer van 30 m³/s bij Lith wordt overschreden, is 3,65 dagen per jaar;
- bij Maasafvoeren tussen de 30 en 200 m³/s is altijd water beschikbaar voor doorspoeling;
- bij Maasafvoeren tussen de 200 en de 500 m³/s bedraagt de benodigde afleiding 2,2 à 0,9% van de Maasafvoer;
- bij Maasafvoeren tussen de 500 en de 1000 m³/s bedraagt de benodigde afleiding 0,9 à 0,45% van de Maasafvoer;
- bij Maasafvoeren tussen de 1000 en de 2000 m³/s bedraagt de benodigde afleiding 0,45 à 0,22% van de Maasafvoer.

Geconcludeerd wordt dat, behoudens uitzonderingsgevallen, voldoende water beschikbaar is voor het op peil houden van een plaspeildifferentiatie en doorspoeling voor de waterkwaliteit. Deze uitzonderingsgevallen treden op bij Maasafvoeren kleiner dan 30 m³/s (statistisch gezien minder vaak dan 3,65 dagen per jaar), in die gevallen dat RWS vanuit het stuwbeheer geen water ter beschikking kan stellen.

5. CONCLUSIES

5.1. Beoordeling van de uitvoeringsvarianten

Beoordeling vindt plaats aan de hand van de afgeleide effecten: landbouw, zetting en invloed op grondwaterwinningen.

Voor wat betreft de landbouw wordt er een afname van schade verwacht voor de varianten 1A en 2. De varianten 1B en 1C zullen naar verwachting een toename van schade laten zien. Variant 1A scoort het gunstigst wat betreft de afname van landbouwschade.

Bij alle varianten worden verlaging berekend nabij de plas van Voorne. Er wordt echter geen forse schade aan bebouwing als gevolg van zetting verwacht bij de verschillende varianten, daar de bebouwingsgraad laag is, er sprake is van lintbebouwing, en, gezien de historische grondwaterstanden, de zettingen in een groot deel van het gebied als zijn opgetreden.

Bij geen enkele variant wordt een effect op de grondwaterwinning Macharen en Lith verwacht. Geconcludeerd wordt dat variant 1A als beste scoort op basis van de hier gehanteerde criteria, en als bouwsteen bij het MMA moet worden meegenomen.

5.2. Mogelijkheden voor plaspeildifferentiatie

Bij de varianten 1A en 2 wordt plaspeildifferentiatie toegepast. Er is vrijwel altijd voldoende water beschikbaar om de plassen op peil te houden en voor doorspoeling, om een goede waterkwaliteit te handhaven. Plaspeildifferentiatie leidt tot mitigatie van negatieve effecten bij laagwater en bij gemiddelde omstandigheden. Bij een hoogwatersituatie wordt het buitendijks gebied geïnundeerd en is er geen sprake meer van plaspeildifferentiatie. Mogelijke mitigatie van ongewenste effecten moeten dan op een andere manier worden bereikt.

5.3. Leemten in kennis

In de ondergrond kunnen lokaal zand- en grindbanen voorkomen, waardoor er preferente stroming optreedt. Dit betekent dat het grondwater sneller door deze banen stroomt, en dat de hoeveelheid grondwater die langstroomt toeneemt. Indien er tussen de Over de Maas-plas en de Maas banen met een hogere doorlatendheid aanwezig zijn, is er meer water nodig om de plaspeildifferentiatie. Middels een gevoeligheidsanalyse is inzicht in de effecten van mogelijke zand- of grindbanen op het benodigd debiet bij plaspeildifferentiatie. Naar verwachting kan aan de vraag voldaan worden, ook indien de ondergrond doorlatender mocht zijn dan thans is aangenomen.

Uiteraard kan een (nog) beter inzicht in de opbouw van de ondergrond en de optredende grondwaterstanden leiden tot meer inzicht in de grondwaterhuishouding van het gebied. Verwacht wordt echter niet dat een beter inzicht in de opbouw van de ondergrond het grondwatersysteem zal leiden tot een andere beoordeling van de varianten.

Bij de berekeningen is een vast, gemiddeld Waalpeil gehanteerd, om de verschillen tussen de varianten zo duidelijk mogelijk tot uiting te laten komen in relatie tot de Maaspeilen. Ook het Waalpeil is natuurlijk van invloed op de grondwaterstanden in het gebied (en dan met name de strook langs de Waal uiteraard) en de af te voeren hoeveelheden uit het bemalingsgebied. Naar verwachting zullen aanvullende berekeningen met variërende Waalpeilen niet tot een andere beoordeling van de criteria leiden.

Effecten van aanvullende mitigerende maatregelen als bijvoorbeeld verhoging van het oppervlaktewaterpeil in het binnendijks gebied om droogteschade te verminderen, of het verder optimaliseren van plaspeilen zijn niet onderzocht. Mogelijk kan verder onderzoek leiden tot een verdere afname van ongewenste effecten, of tot een verdere toename van gewenste effecten.

5.4. Aanbeveling waterstanden bij peilbeheersing

De effecten op grondwaterstanden in de omgeving zijn in de uitvoeringsvarianten met peilbeheersing (de varianten 1A en 2) geringer dan bij de andere varianten. Droogteschade in het gebied wordt tegengegaan. Er is echter ook sprake van een daling van de waterstanden (en daardoor van een toename van natschade) nabij de plas in de Moleneindsche Waard. Dat kan worden tegengegaan door de plaspeilen nog te optimaliseren. In de plas in de Moleneindsche Waard kan het peil nog iets lager (bijvoorbeeld enkele decimeters lager) worden ingesteld dan in de berekeningen is aangehouden. Dit betekent echter ook een toename van kwel uit deze plas, hetgeen gunstig is voor de doorspoeling van de Over de Maasplas. Wat betreft het peil in de Over de Maasplas geeft het plaspeil waarmee is doorgerekend al een gunstig effect. Verwacht wordt dat het niet nodig is het peil op een (nog) hoger niveau te handhaven.

Voor alle varianten wordt in de nabijheid van de plas van Voorne een daling van de grondwaterstand berekend, hetgeen tot ongewenste effecten kan leiden. Deze effecten kunnen worden tegengegaan door ook bij deze plas plaspeildifferentiatie toe te passen (peil op een niveau tussen Waalpeil en Maaspeil), en door, na winning, fijn materiaal in de plas terug te storten.

REFERENTIES

Witteveen+Bos, april 2002. Verkenning geohydrologische effecten. Project Maas6-2, in opdracht van Nederzand.

Witteveen+Bos, dec 2002. Hydraulische berekeningen bemalingsgebied Quarles van Ufford. Project Dr23-1, in opdracht van Waterschap Rivierenland.

Witteveen+Bos, december 2003. Notitie Vaststelling randen van het geohydrologische model Over de Maas. In het kader van dit project.

Witteveen+Bos, maart 2004. Notitie Kalibratie grondwatermodel. In het kader van dit project.

Witteveen+Bos, mei 2004. Notitie Niet stationaire modelberekeningen. In het kader van dit project.

Witteveen+Bos, sept. 2004. Peilbesluit Quarles van Ufford. Project TL136-1, in opdracht van Waterschap Rivierenland.

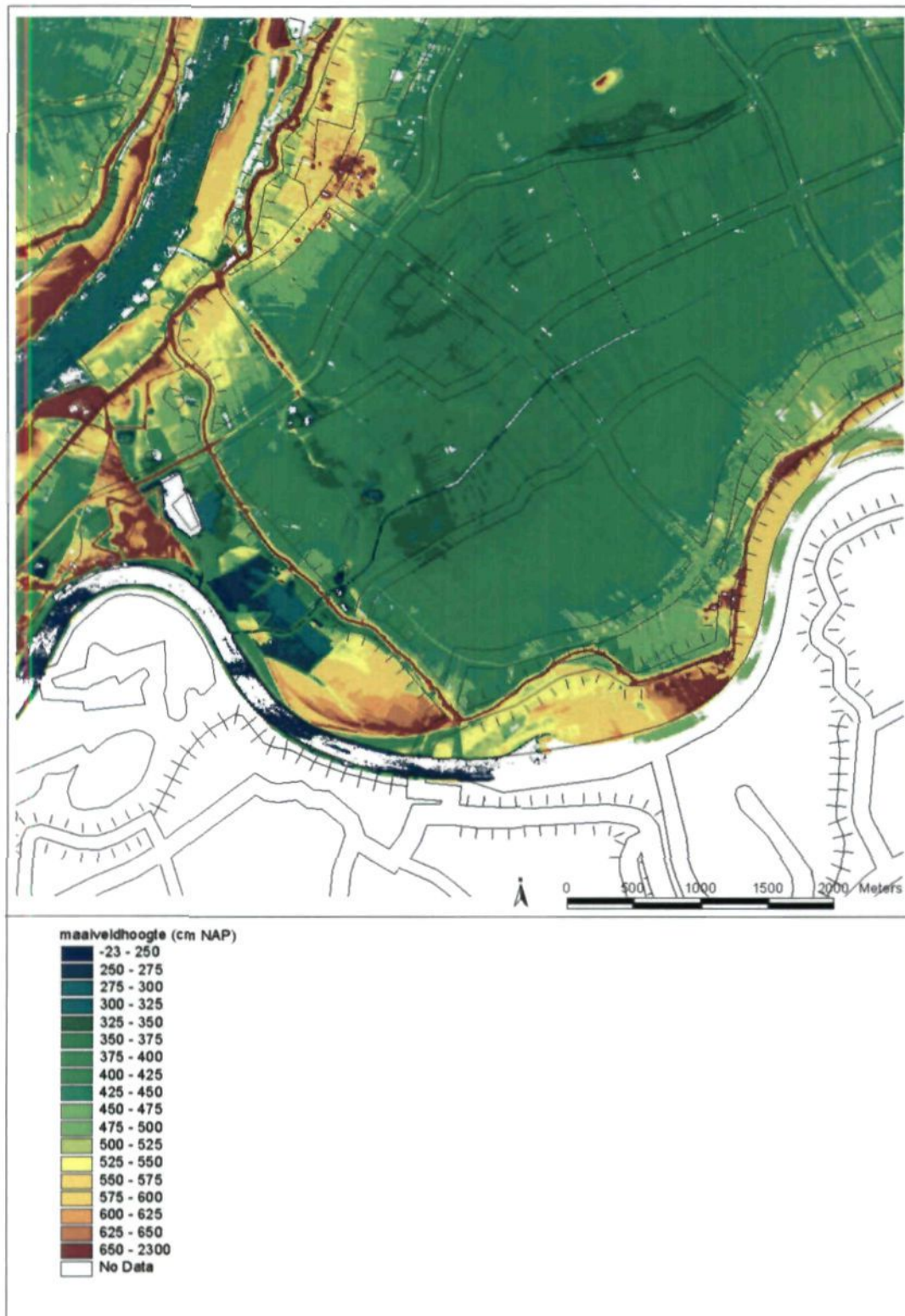
Witteveen+Bos, nov. 2004. MER Zandwin- en natuurontwikkelingsplan Over de Maas. Hoofdrapport. In het kader van dit project.

Witteveen+Bos, december 2004. Notitie Rivierkundige berekeningen. In het kader van dit project.
RGD, 1990

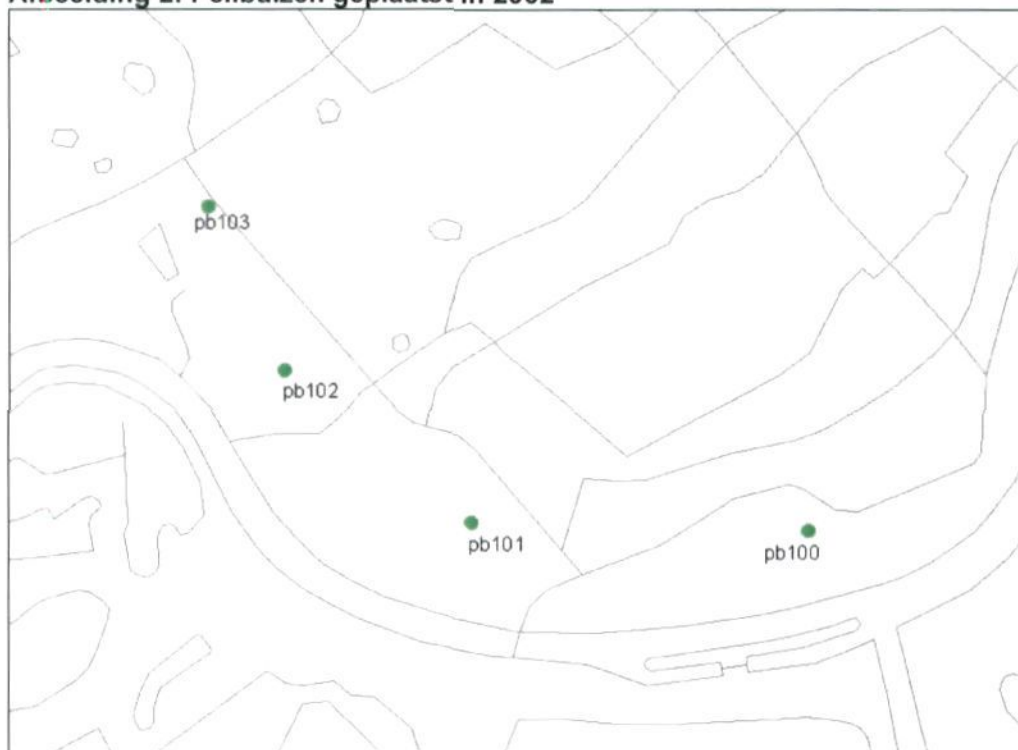
De zettingsgevoeligheid van de ondergrond van de Provincie Gelderland bij een standaard ingreep van 1 meter grondwaterstandsverlaging. BP 10698

AFBEELDINGEN

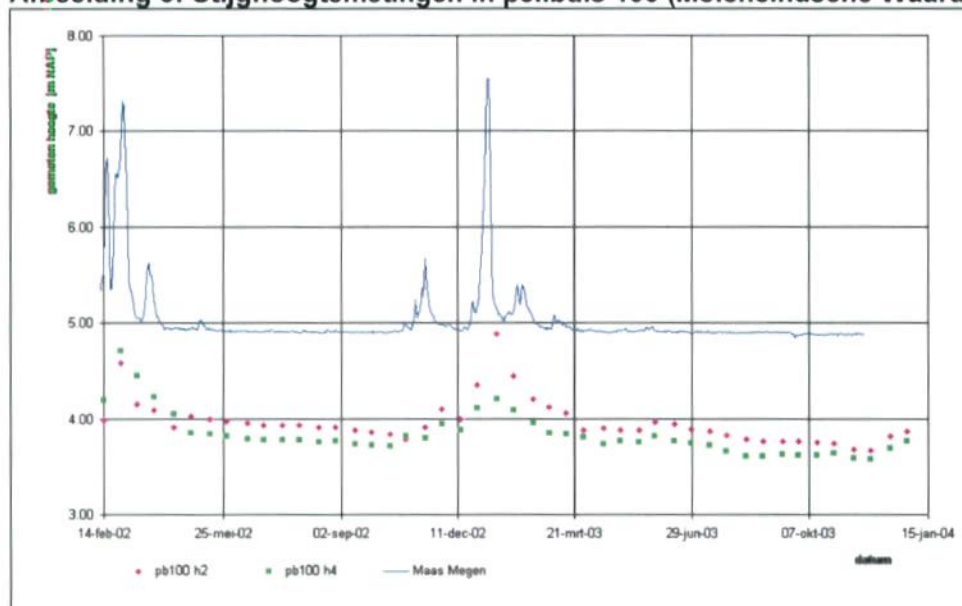
Afbeelding 1: Maaiveldhoogtekaart



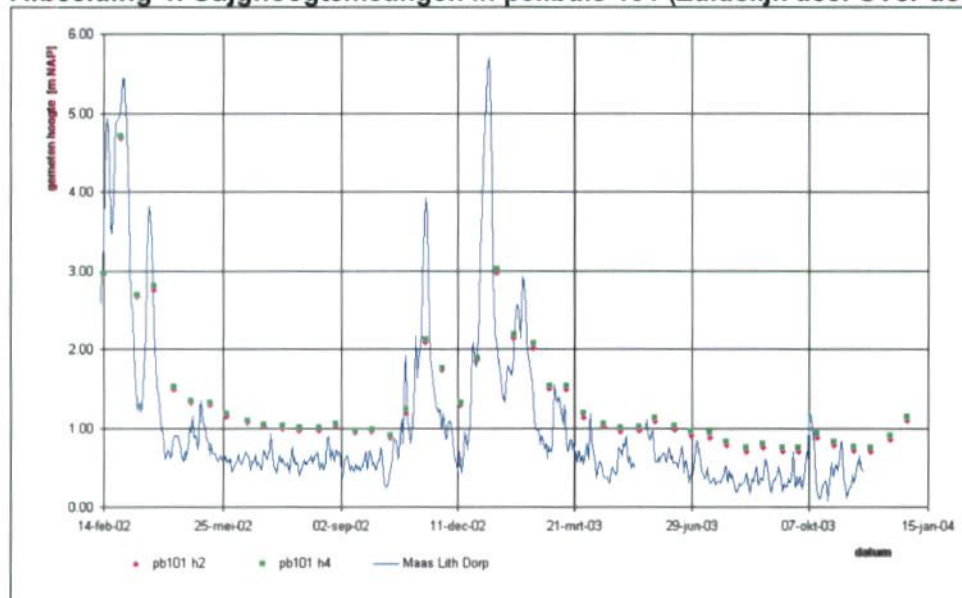
Afbeelding 2: Peilbuizen geplaatst in 2002



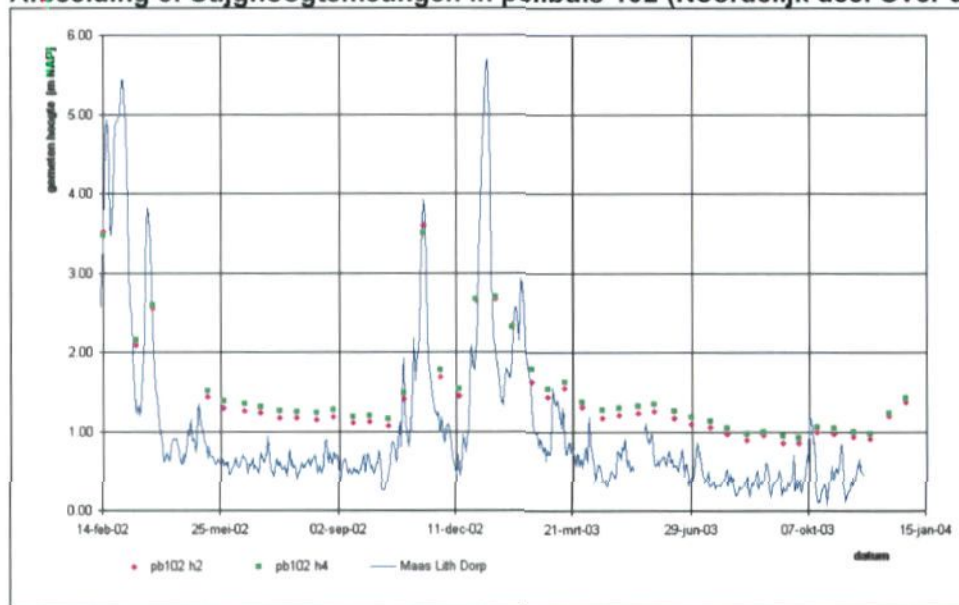
Afbeelding 3: Stijghoogtemetingen in peilbuis 100 (Moleneindsche Waard)



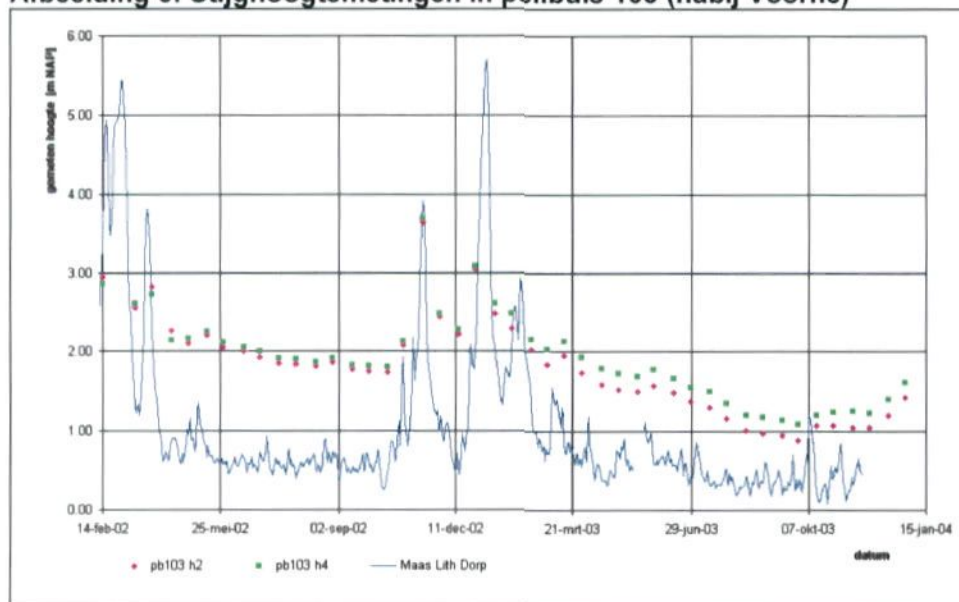
Afbeelding 4: Stijghoogtemetingen in peilbuis 101 (Zuidelijk deel Over de Maas)



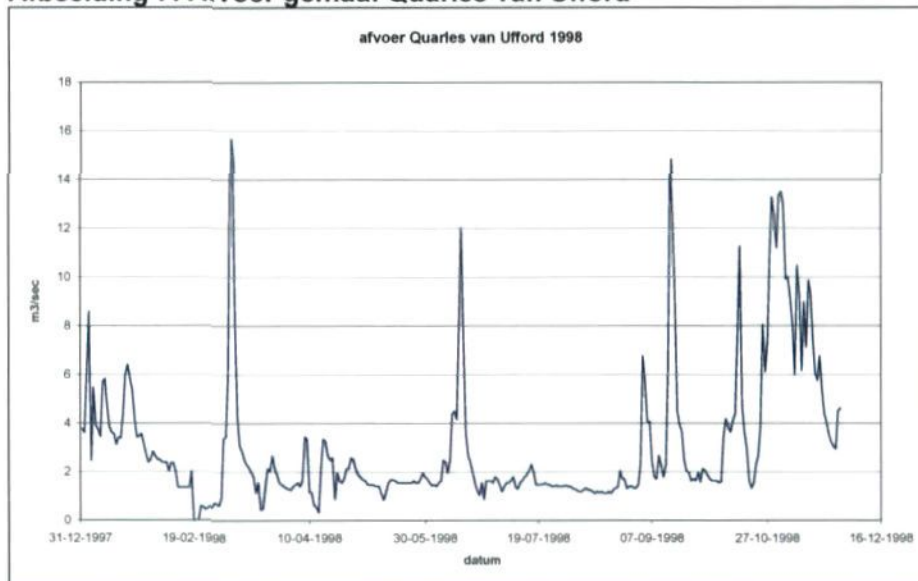
Afbeelding 5: Stijghoogtemetingen in peilbuis 102 (Noordelijk deel Over de Maas)



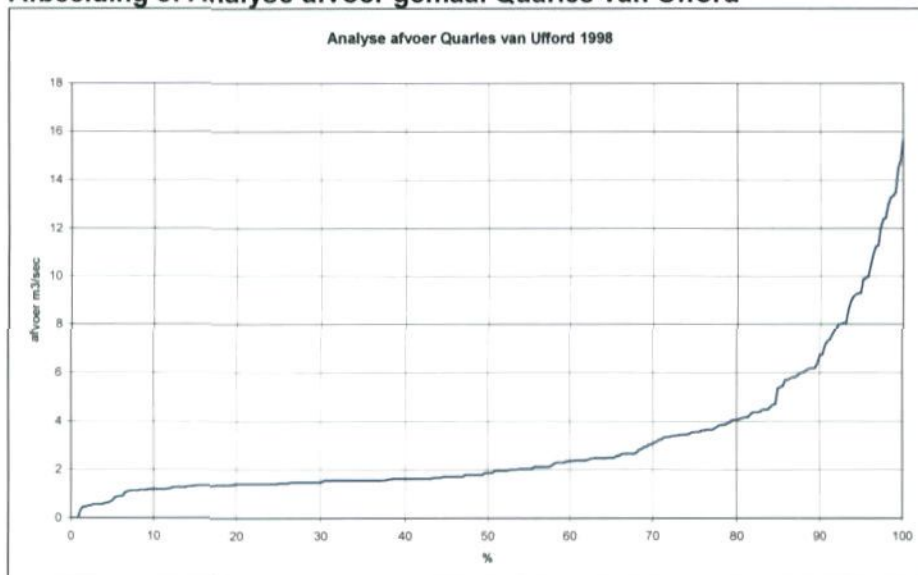
Afbeelding 6: Stijghoogtemetingen in peilbuis 103 (nabij Voorne)



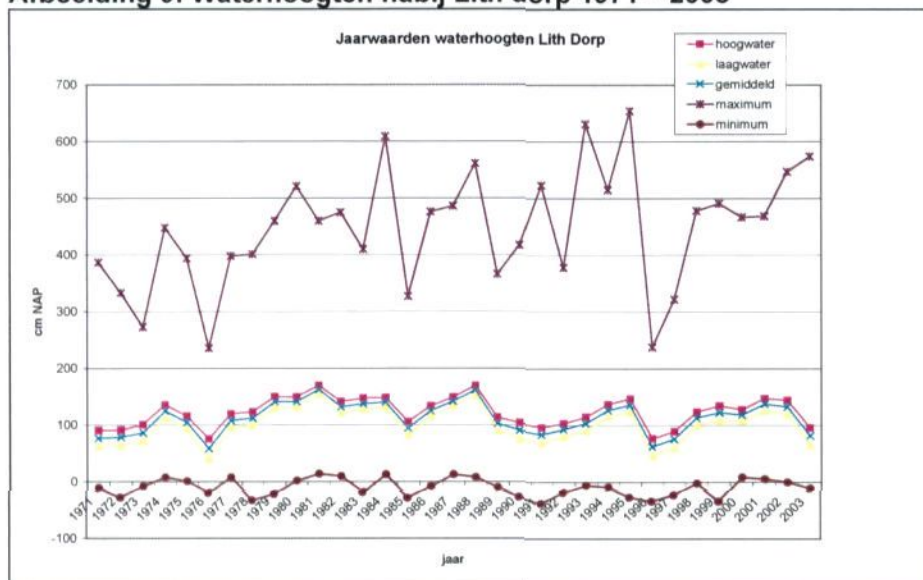
Afbeelding 7: Afvoeremaal Quarles van Ufford



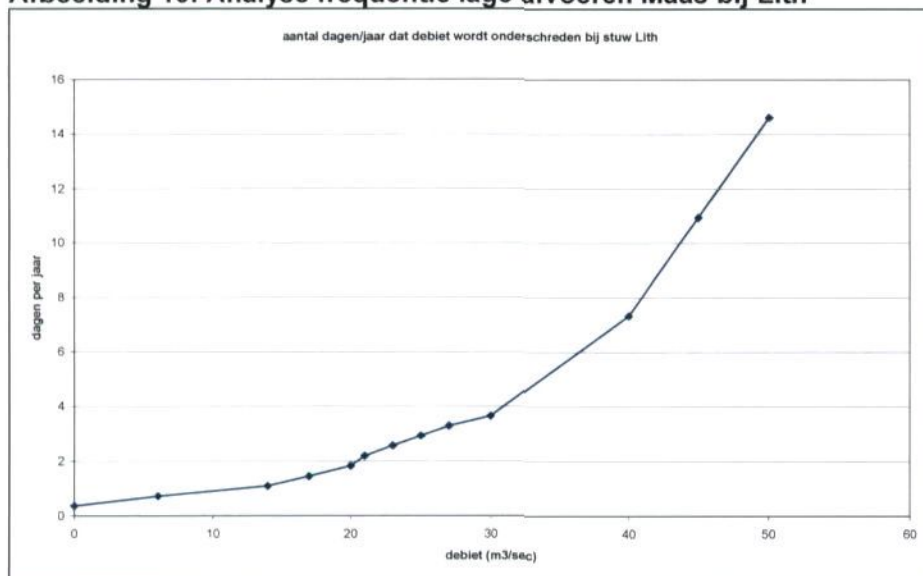
Afbeelding 8: Analyse afvoeremaal Quarles van Ufford



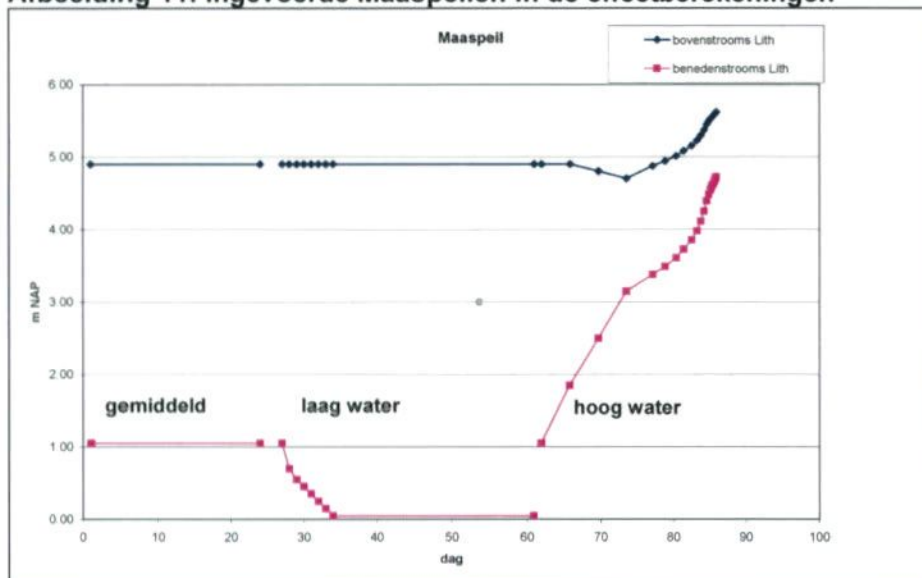
Afbeelding 9: Waterhoogten nabij Lith dorp 1971 – 2003



Afbeelding 10: Analyse frequentie lage afvoeren Maas bij Lith



Afbeelding 11: Ingevoerde Maaspeilen in de effectberekeningen



DWARSPROFIELEN GRONDWATERSTANDEN EN KWEL

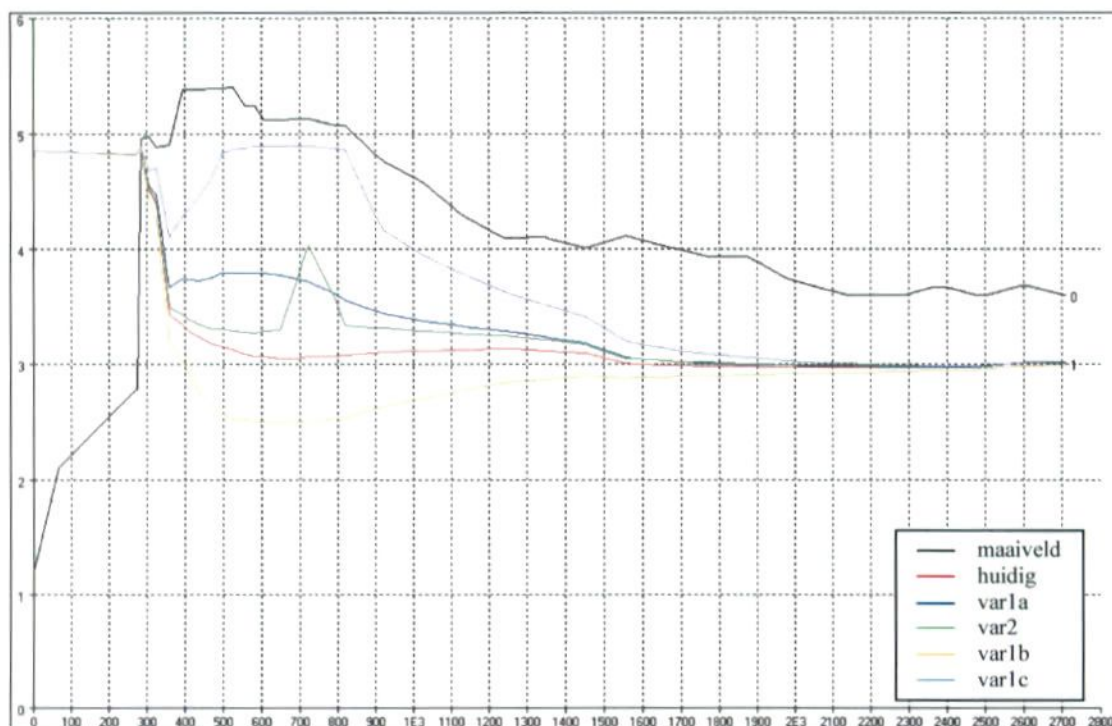
De berekende grondwaterstanden en kwelhoeveelheden zijn in twee profielen aangegeven, voor de verschillende varianten en situaties.

Ligging oostelijk profiel



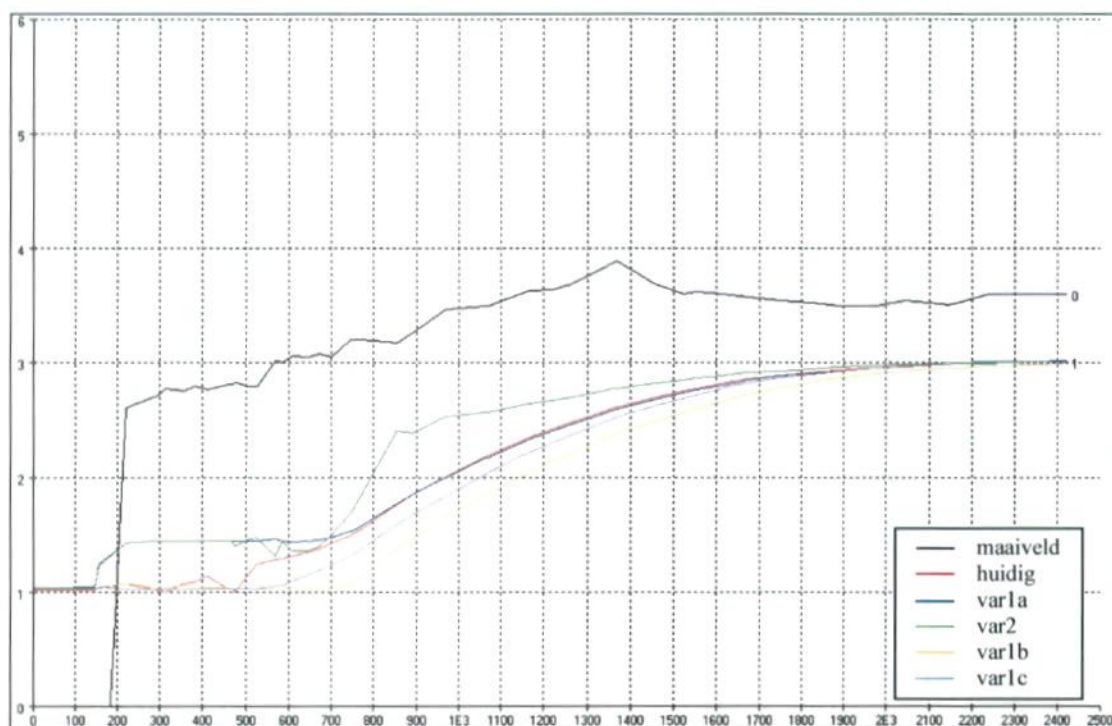
Ligging westelijk profiel





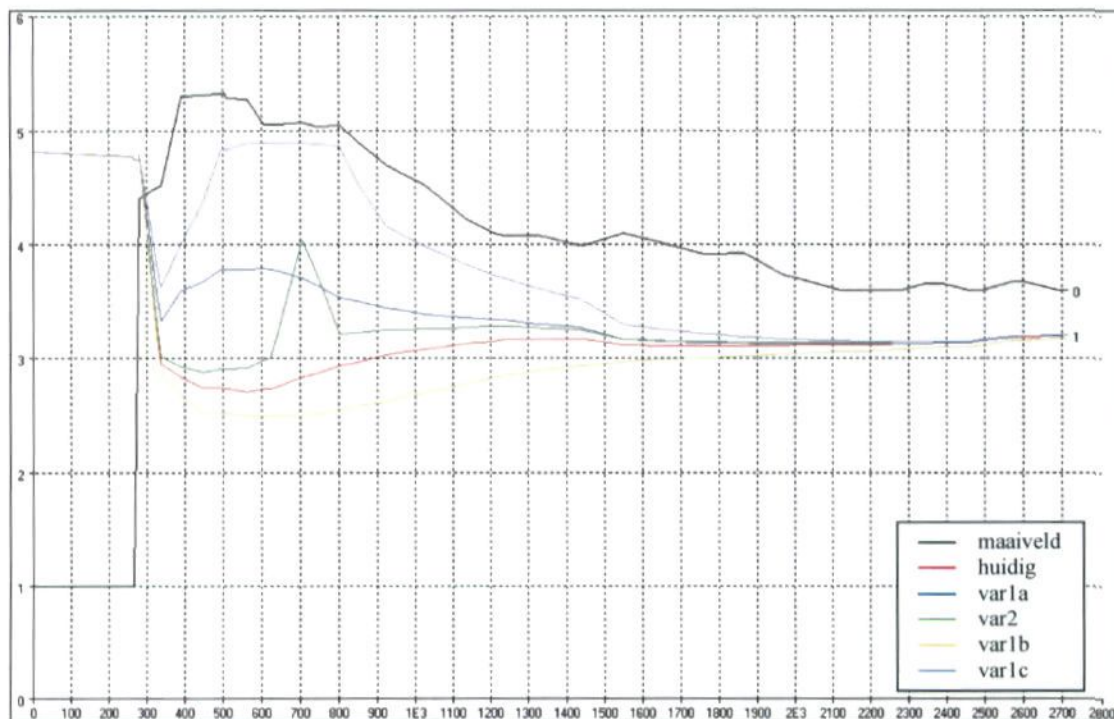
Grondwaterstanden oostelijk profiel, gemiddelde situatie met huidig maaiveld

Op de x-as is de afstand vanaf (het midden van) de Maas weergegeven (m). De dijk bevindt zich in het oostelijk profiel op 800 meter afstand.

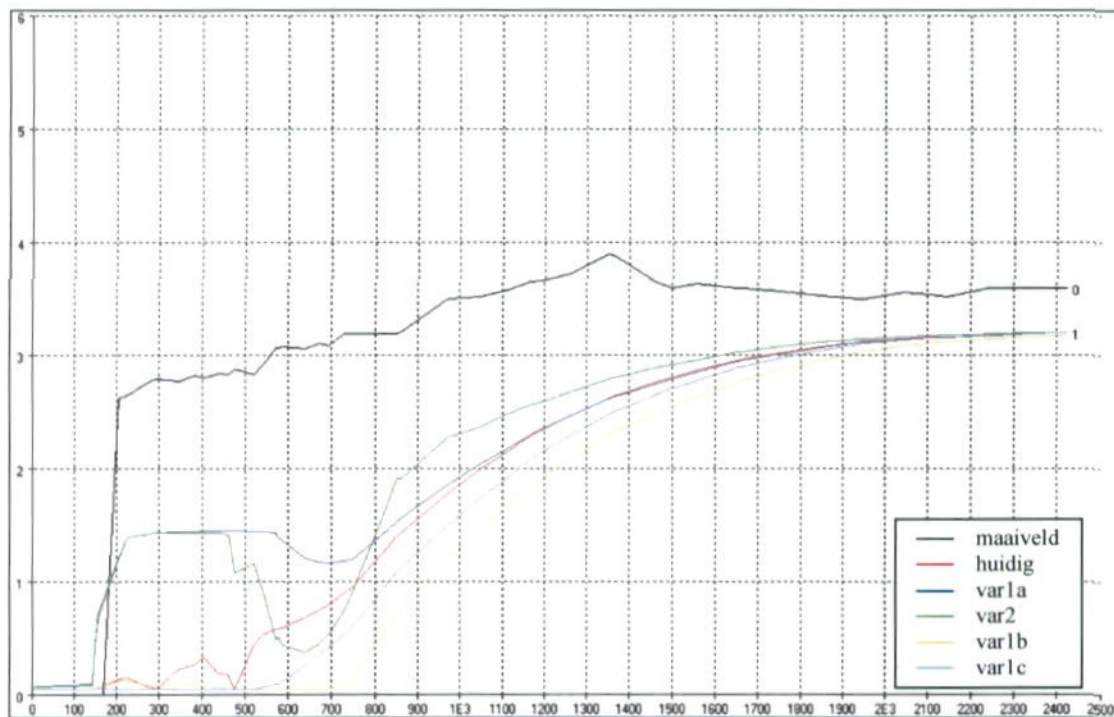


Grondwaterstanden westelijk profiel, gemiddelde situatie met huidig maaiveld

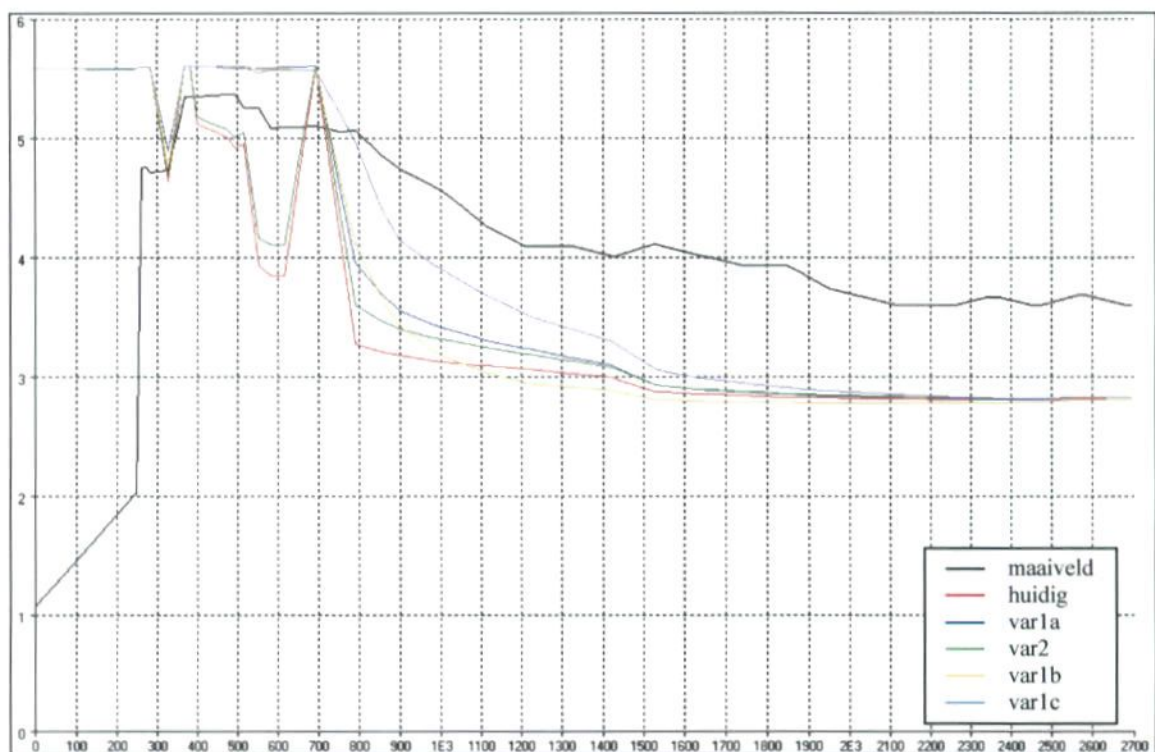
De dijk bevindt zich bij het westelijk profiel op 875 meter.



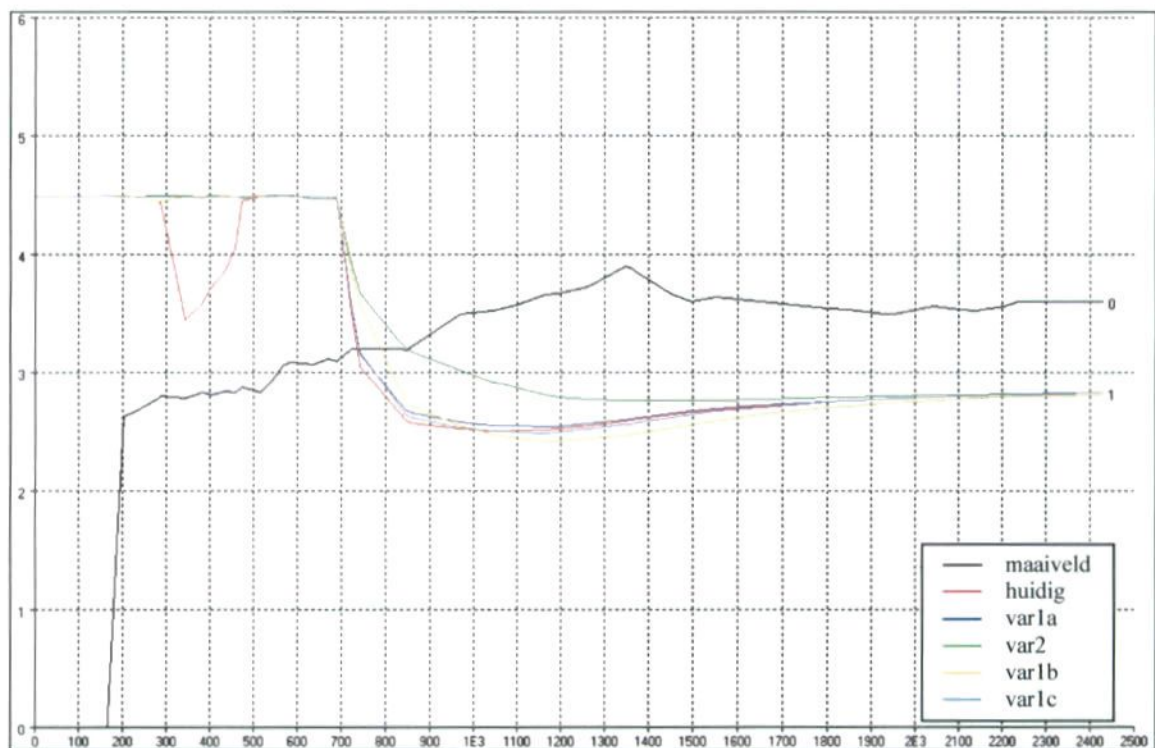
Grondwaterstanden oostelijk profiel, laagwater situatie



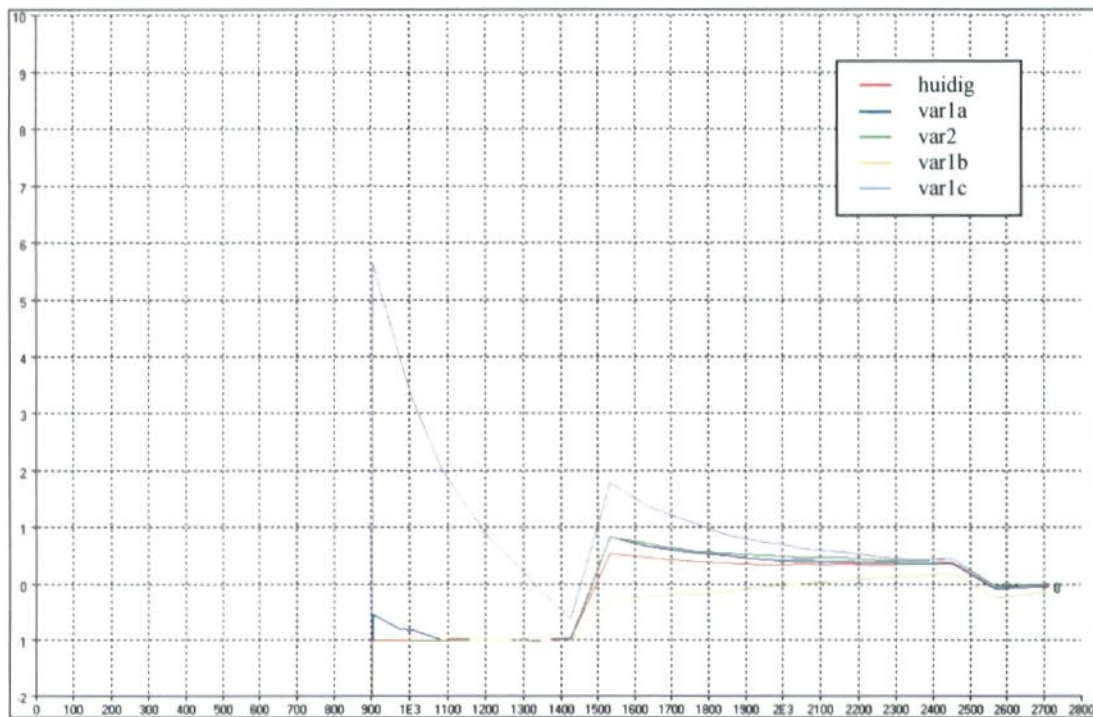
Grondwaterstanden westelijk profiel, laagwater situatie



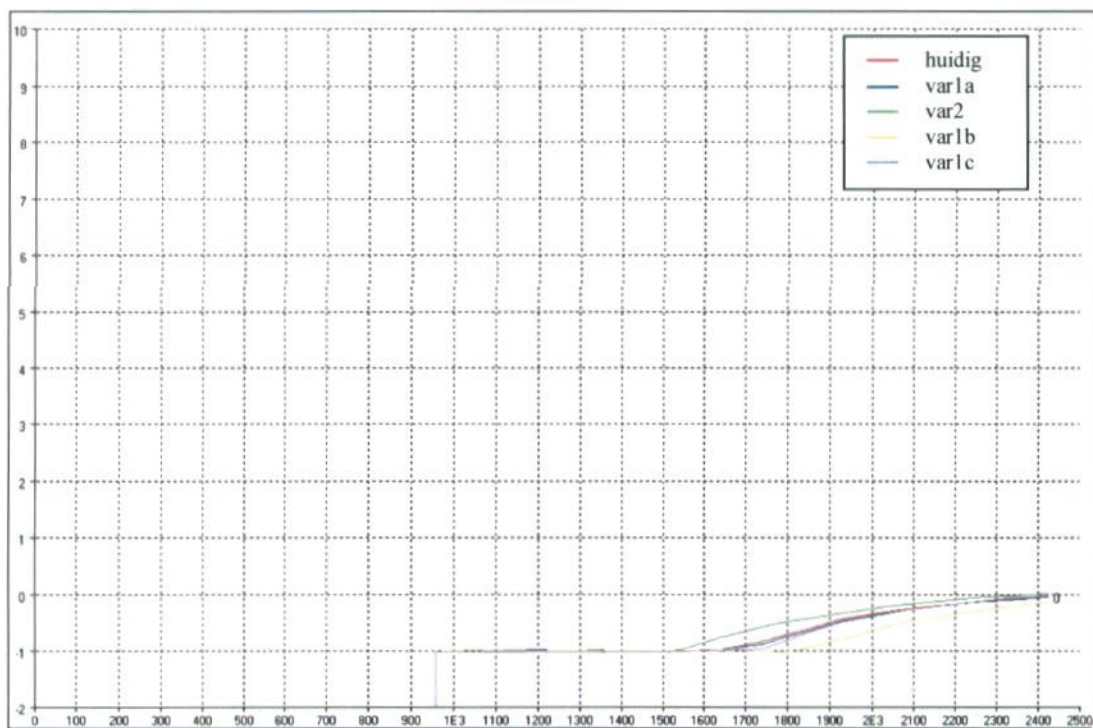
Grondwaterstanden oostelijk profiel, hoogwater situatie



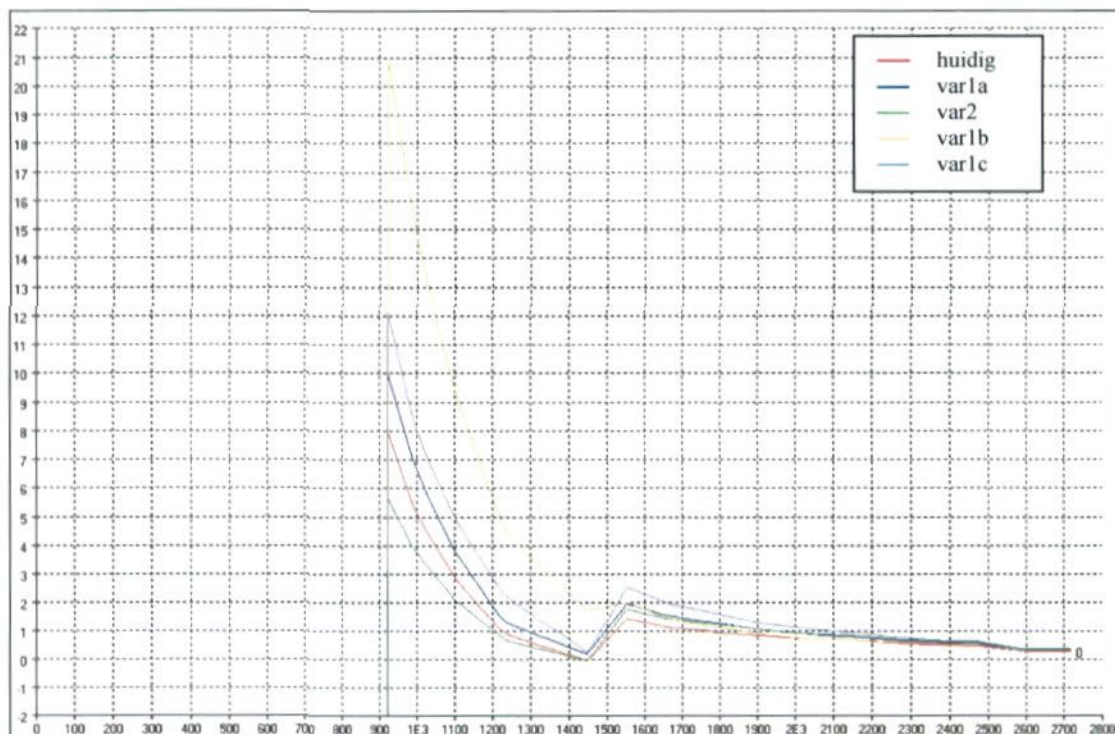
Grondwaterstanden westelijk profiel, hoogwater situatie



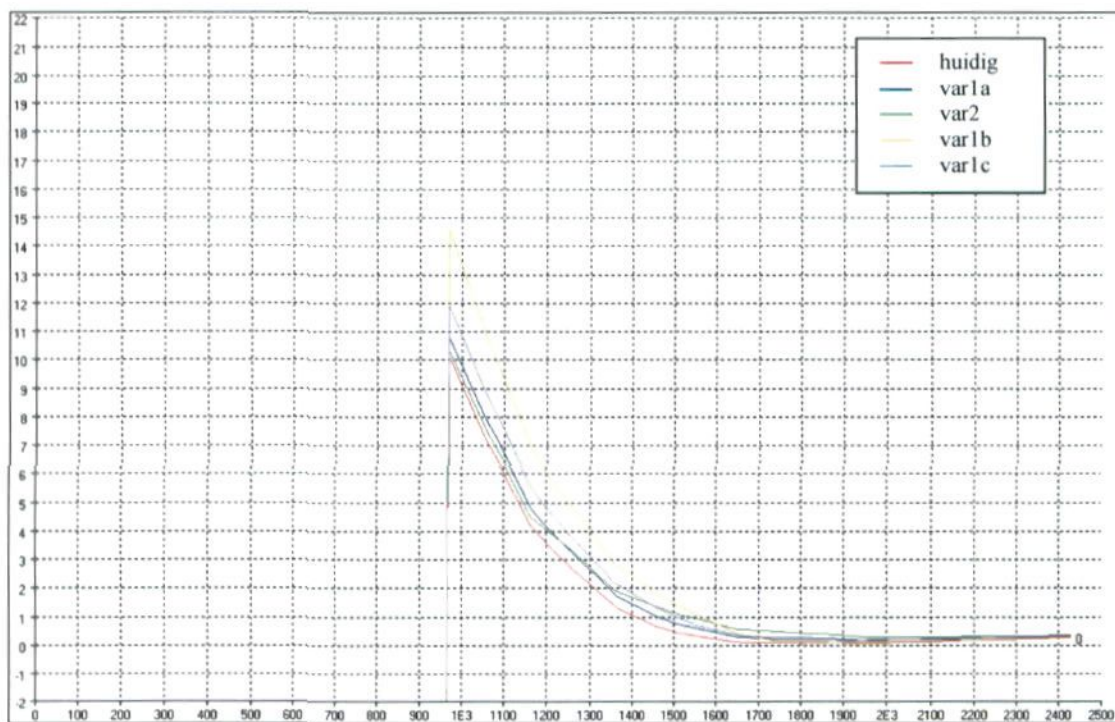
Kwel, oostelijk profiel, gemiddelde situatie



Kwel, westelijk profiel, gemiddelde situatie



Kwel, oostelijk profiel, hoogwater

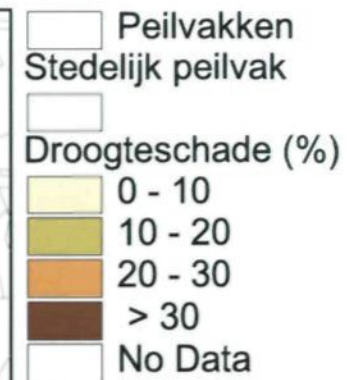
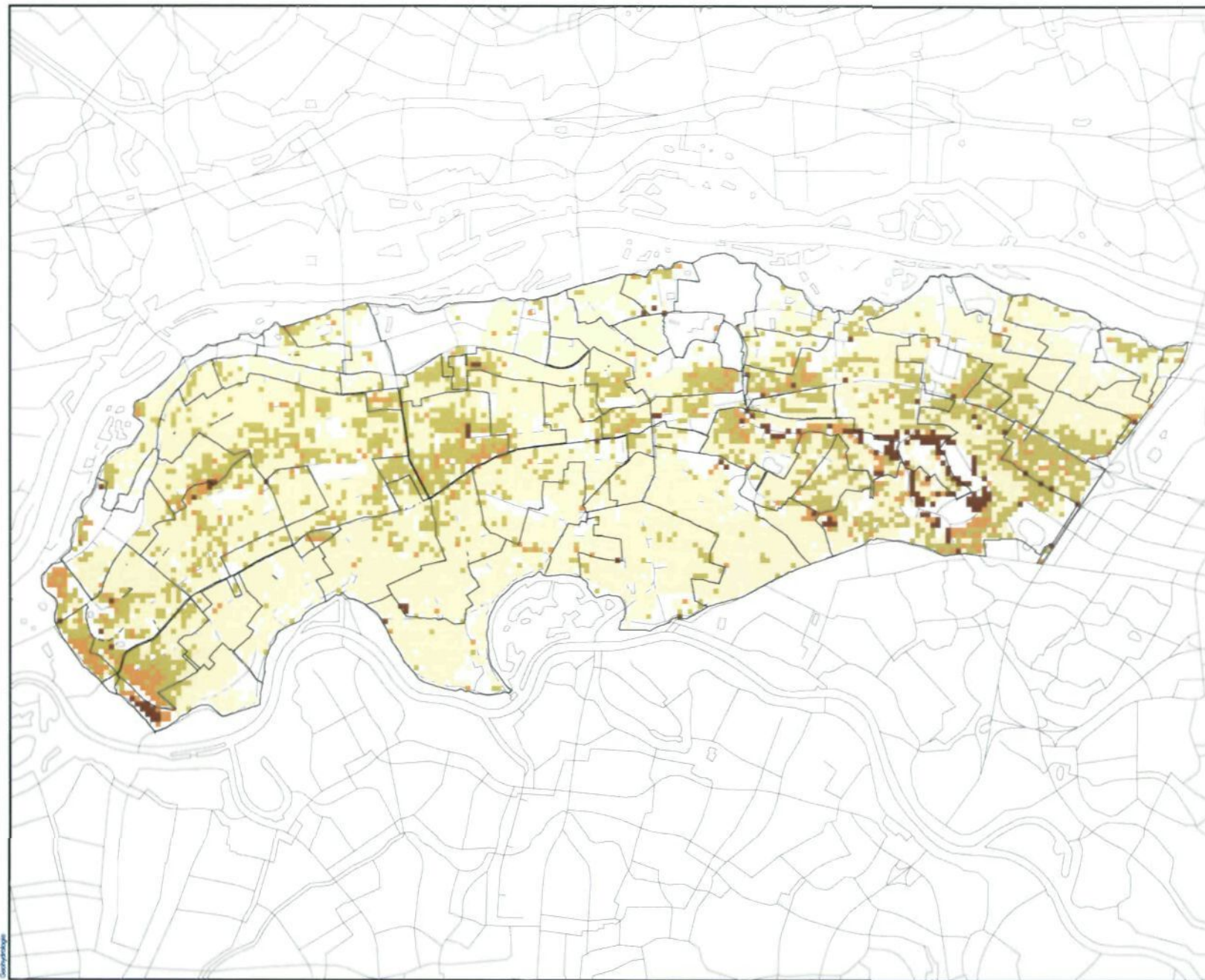


Kwel, westelijk profiel, hoogwater



KAARTEN GEMIDDELTE SITUATIE

Droogteschade landbouw



Peilbesluiten Quarles van Ufford

Waterschap Rivierenland

Droogteschade landbouw

0 1000 2000 3000 Meters

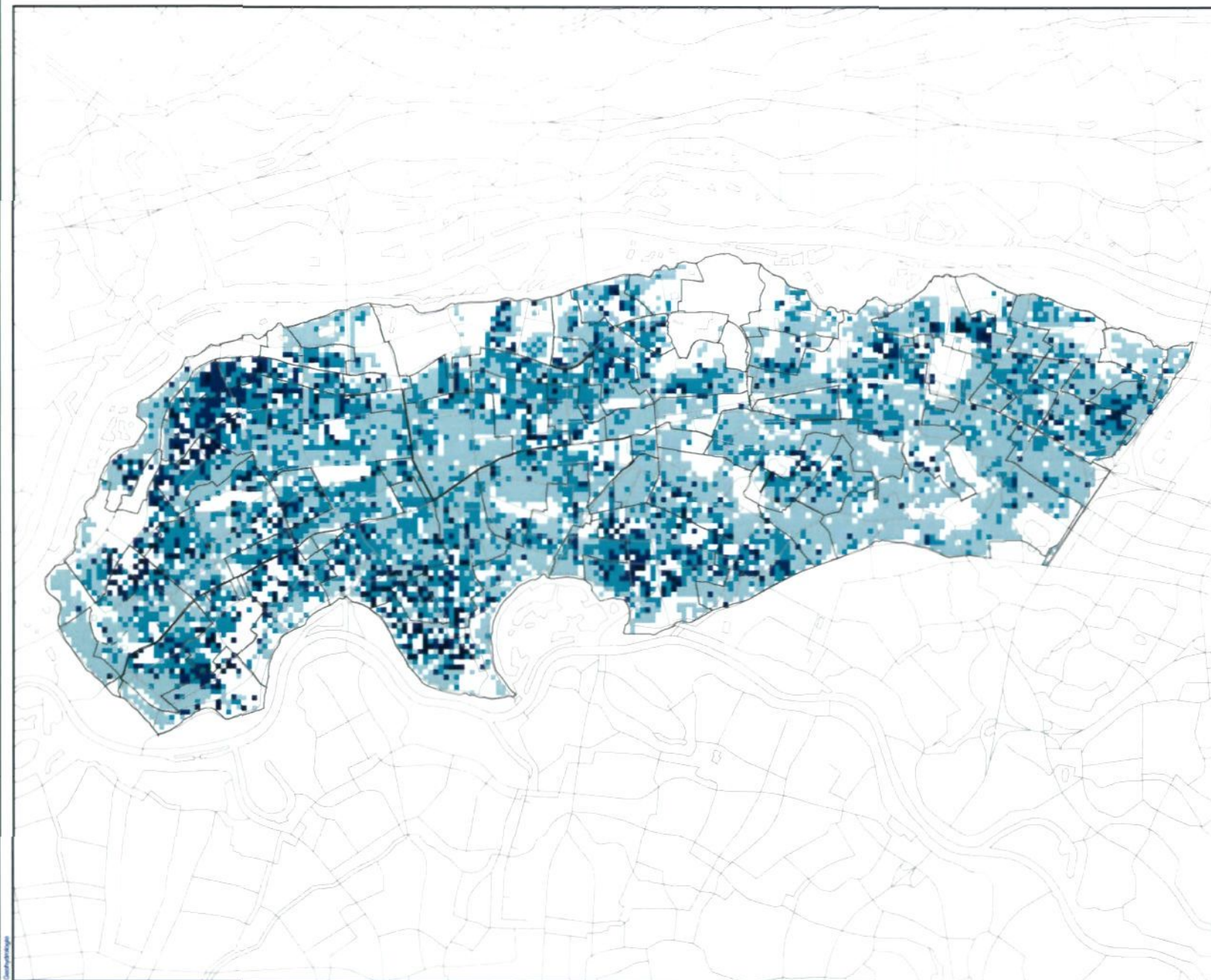
projectcode: TL136-1

getekend: S.A. van den I

versie: 1.0

datum: 26-11-2004

Witteveen
Bos



Peilvakken
Stedelijk peilvak

Natschade (%)

0 - 10
10 - 20
20 - 30
> 30

Peilbesluiten
Quarles van Ufford

Waterschap Rivierenland

Natschade landbouw

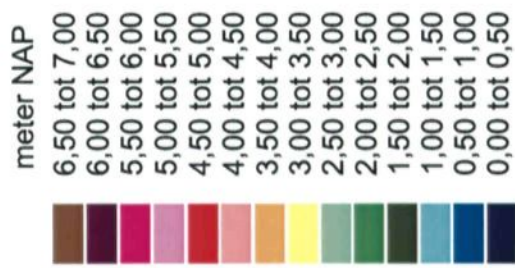
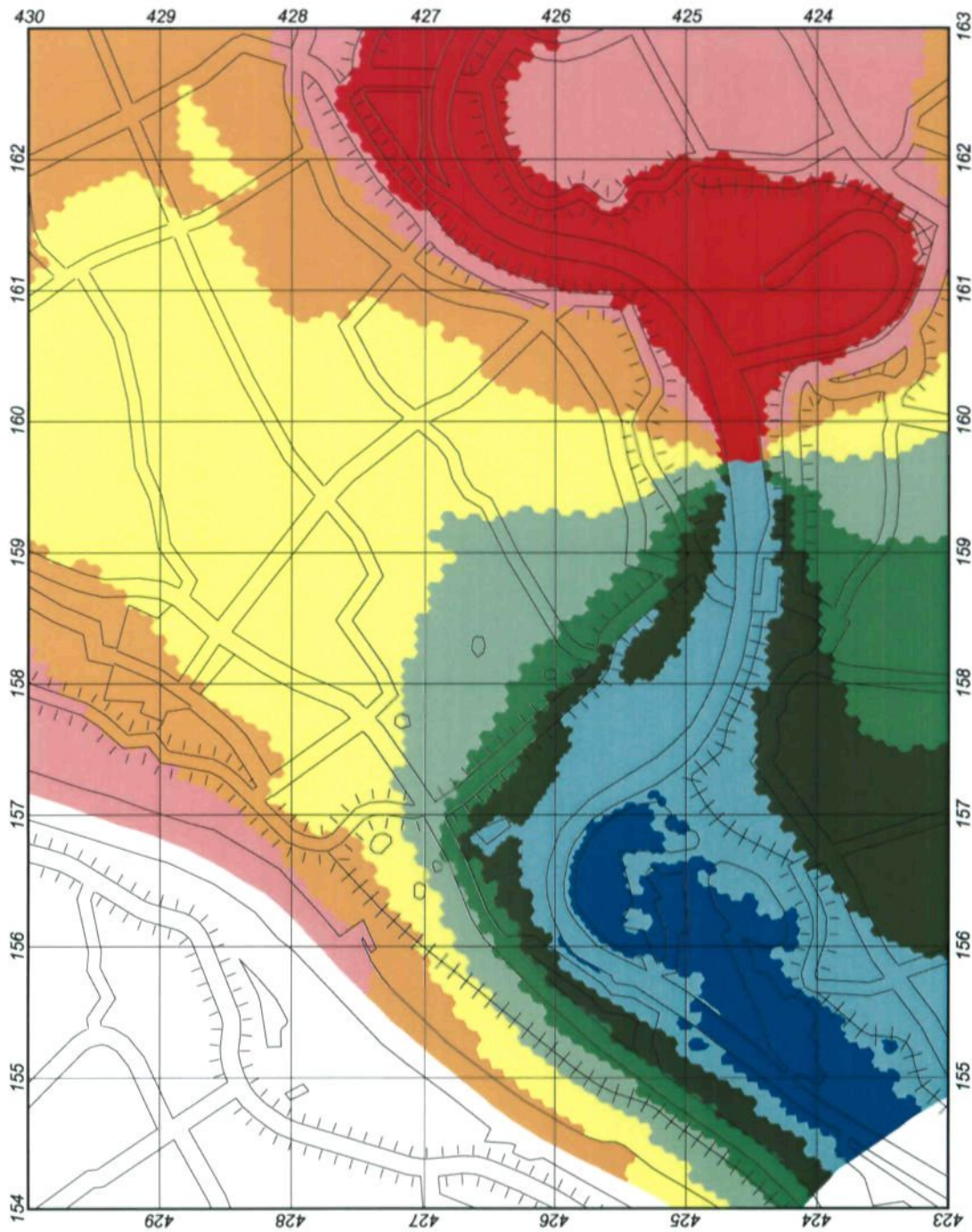
0 1000 2000 3000 Meters

projectcode: TL136-1
getekend: S.A. van den Bos
versie: 1.0
datum: 26-11-2004

Witteveen Bos

berekende grondwaterstand in de huidige situatie

gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas



Az

Over de Maas

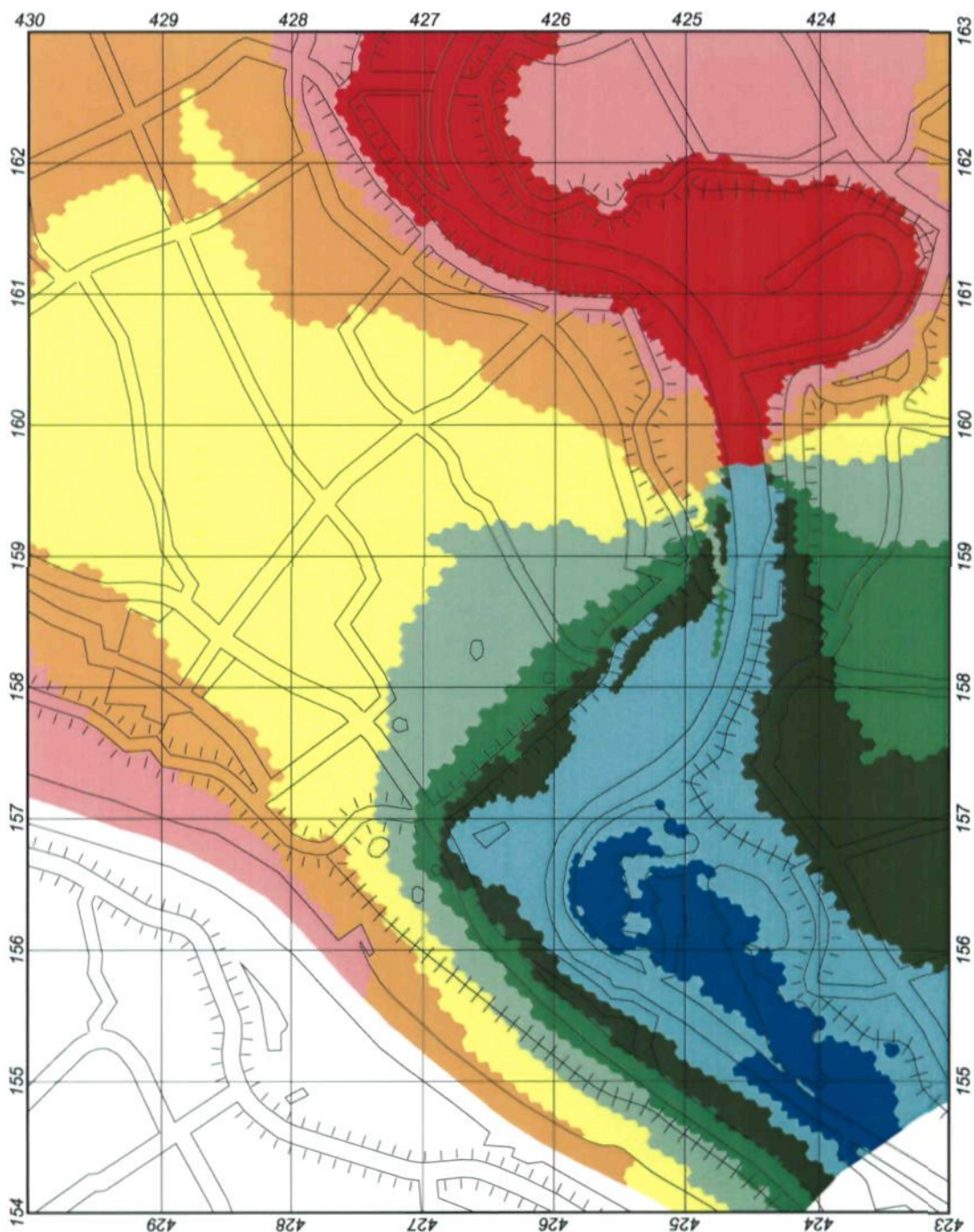
schaal 1:50.000 0 200 400 600 800 1000 Meters

MAAS 6-6
1:10.000
16-02-2005
grontwater
Boschveld

Witteveen
Bos

berekende grondwaterstand voor variant 1a

gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas
bodem deels bedekt



meter NAP
6,50 tot 7,00
6,00 tot 6,50
5,50 tot 6,00
5,00 tot 5,50
4,50 tot 5,00
4,00 tot 4,50
3,50 tot 4,00
3,00 tot 3,50
2,50 tot 3,00
2,00 tot 2,50
1,50 tot 2,00
1,00 tot 1,50
0,50 tot 1,00
0,00 tot 0,50



Over de Maas
eind situatie

schaal 1:5000 0 200 400 600 800 1000 Meter

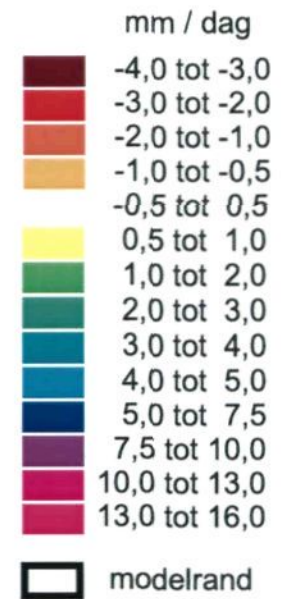
projectnaam: MAAS 5-5
opdrachtgever: Rijkswaterstaat
datum: 16-03-2005
getekend: Smit
gecontroleerd: Buisson

Bos
Witteveen

verschil in kwel ten opzichte van de huidige situatie voor variant 1a



gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas
bodem gedeeltelijk bedekt



Over de Maas eind situatie

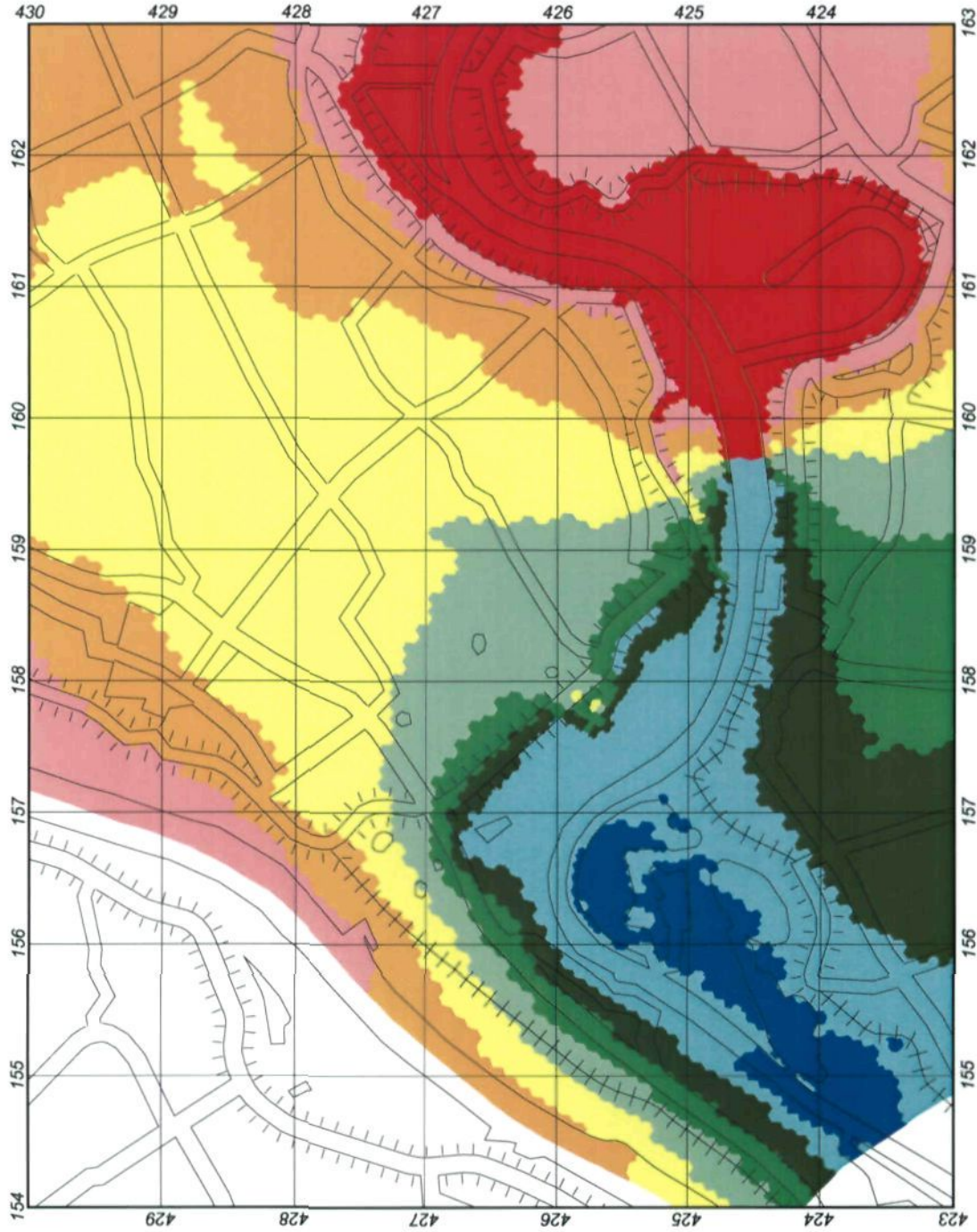
schaal: 1:50.000 0 300 600 900 1200 1500 Meters

projectcode: Maas 0-1
versie: 1.0 concept
datum: 11-04-2005
gepland: Sma
gecontroleerd: Elzekevel

Witteveen Bos

berekende grondwaterstand voor variant 2

gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas
bodem deels bedekt



meter NAP

6,50 tot 7,00
6,00 tot 6,50
5,50 tot 6,00
5,00 tot 5,50
4,50 tot 5,00
4,00 tot 4,50
3,50 tot 4,00
3,00 tot 3,50
2,50 tot 3,00
2,00 tot 2,50
1,50 tot 2,00
1,00 tot 1,50
0,50 tot 1,00
0,00 tot 0,50



Over de Maas
eind situatie

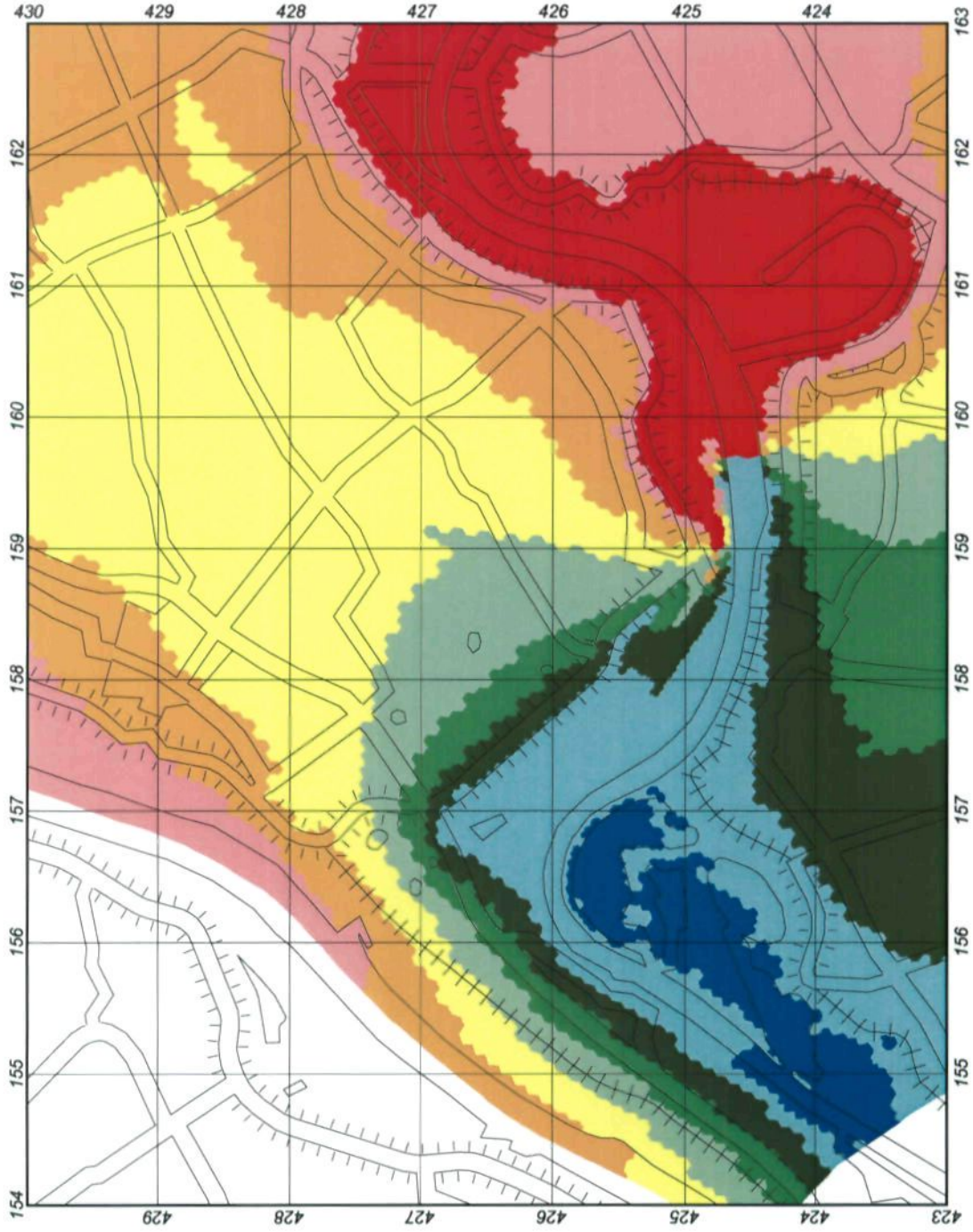
schaal 1:5000 0 200 400 600 800 1000 Meter

MAAS-6
projectcode 10
datum 16-3-2005
gepland DAM2
geordineerd BEA

Witteveen
Bos

berekende grondwaterstand voor variant 1c

gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas
bodembodem bedekt



A

Over de Maas
eind situatie

schaal 1:5000 0 200 400 600 800 1000 Meters

projectcode: MAAS 6-5
opdrachtgever: Rijkswaterstaat
datum: 16-02-2005
getekend: [signature]
gecontroleerd: [signature]

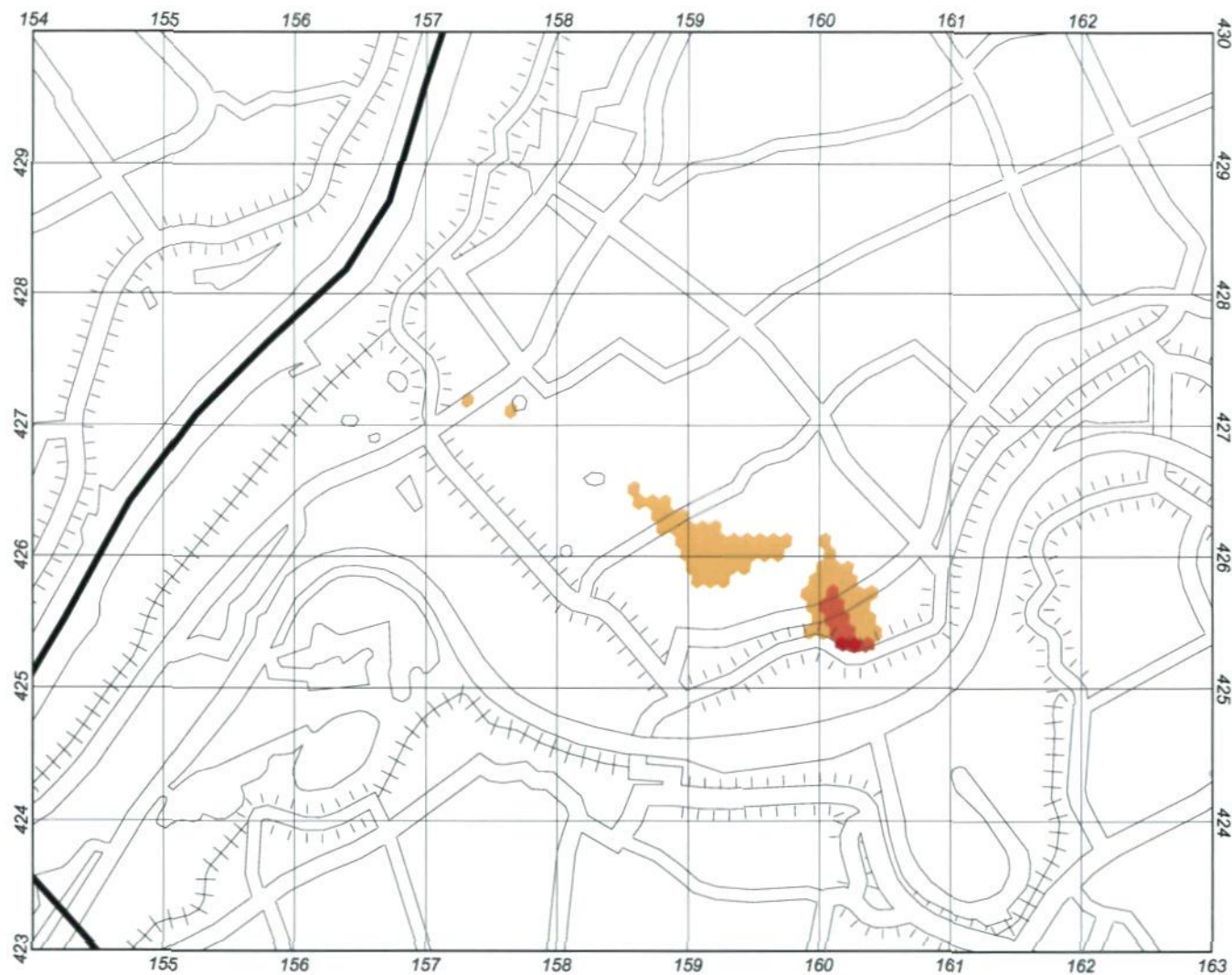
Bos
Witteveen



4

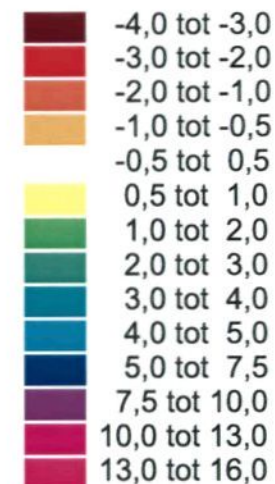
Bos

verschil in kwel ten opzichte van de huidige situatie voor variant 1b



gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas
bodem gedeeltelijk bedekt

mm / dag



modelrand

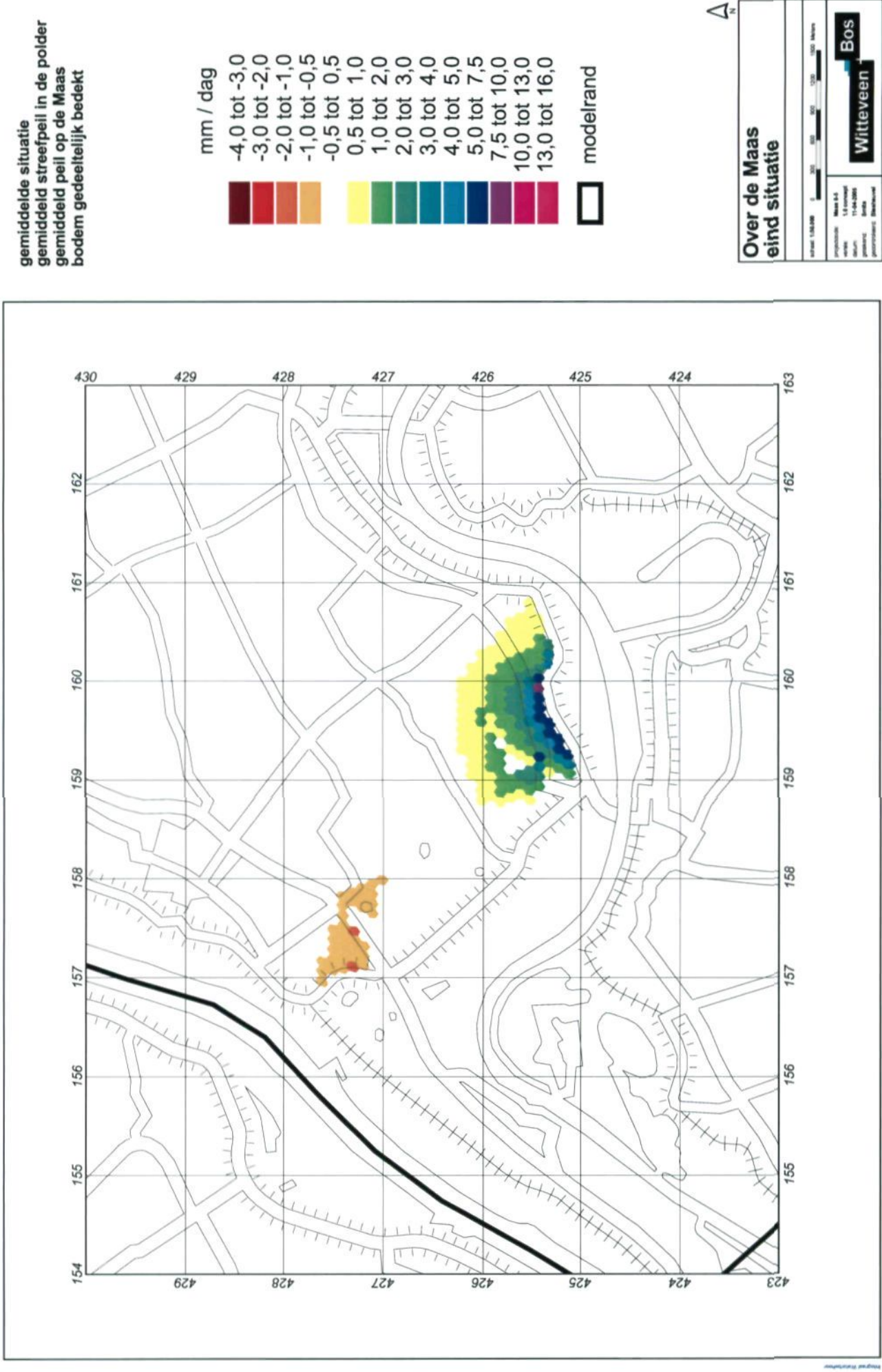
Over de Maas
eind situatie

schaal 1:50.000 0 300 600 900 1200 1500 Meters

projectcode: Maas 0-4
versie: 1.0 concept
datum: 11-04-2005
gepland: Snel
gecontroleerd: Blauwveld

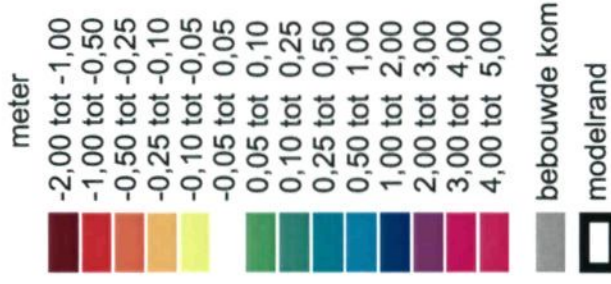
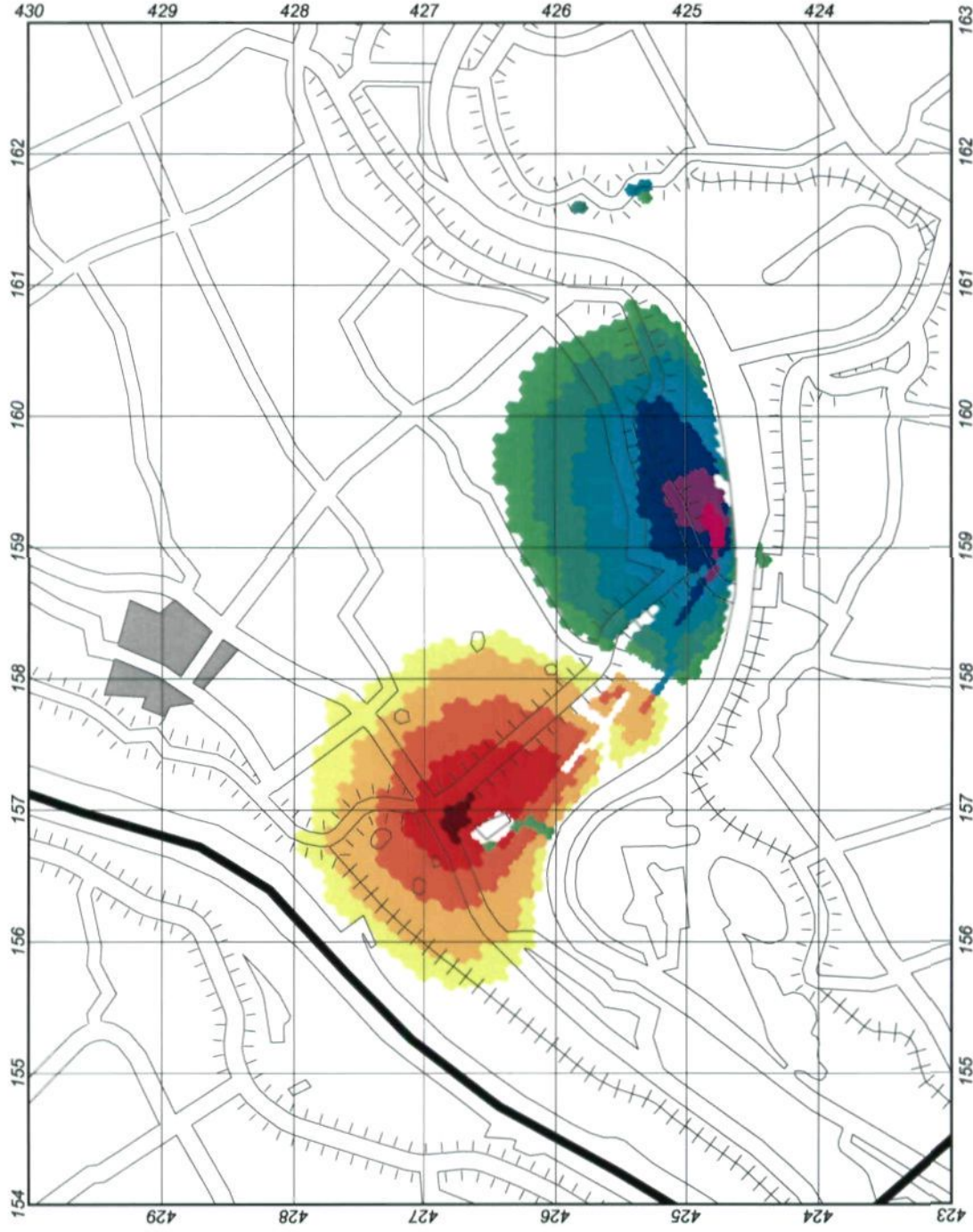
Witteveen Bos

verschil in kwel ten opzichte van de huidige situatie voor variant 1c



verschil in grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie voor variant 1c

gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas
bodem deels bedekt



A

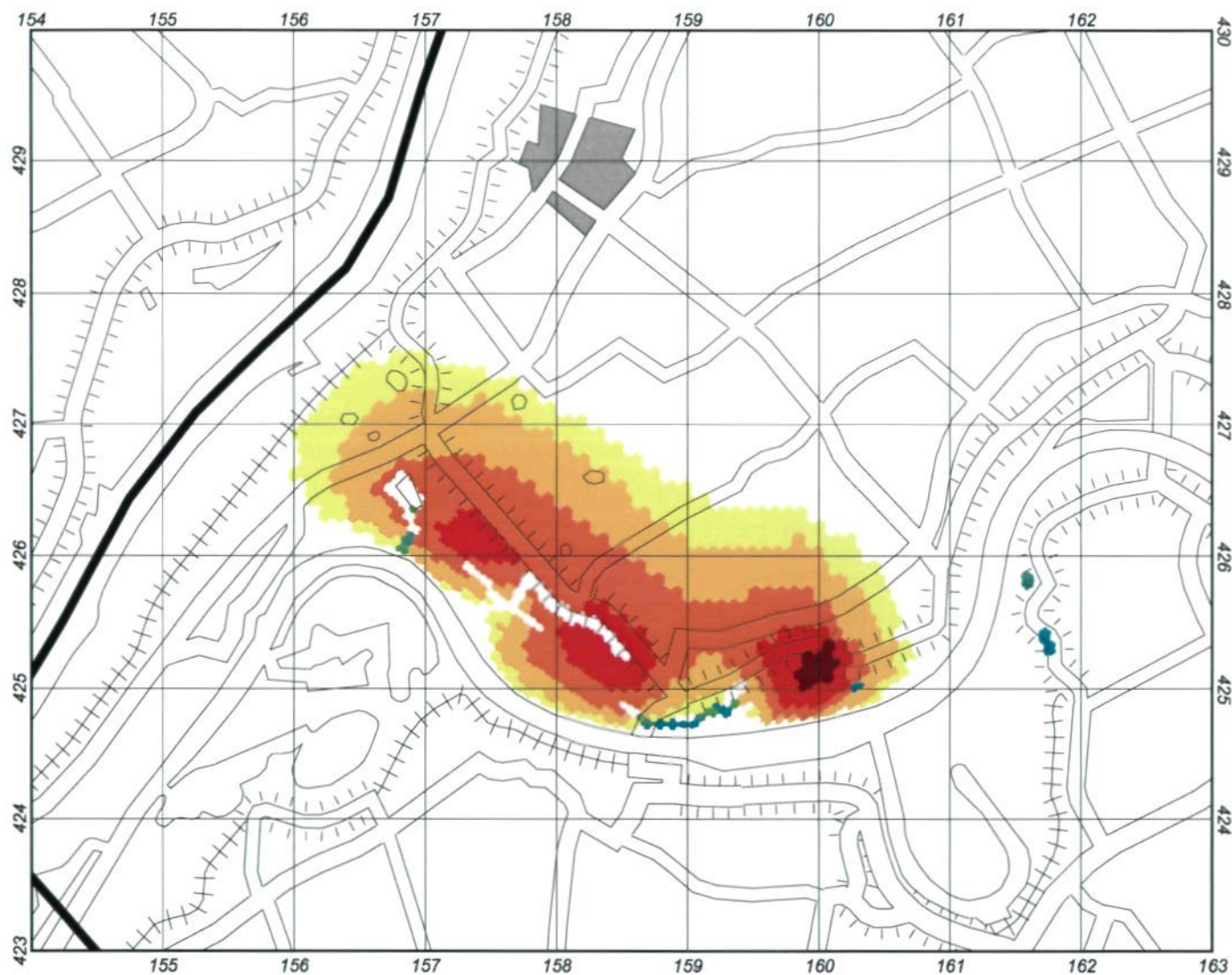
Over de Maas
eind situatie

schaal 1:5000 0 200 400 600 800 1000 Meters

projectnaam
overstrooming
datum
15-02-2008
gepland
Bos
Witteveen

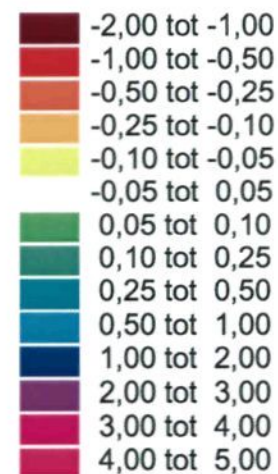
Bos
Witteveen

verschil in grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie voor variant 1b



gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas
bodems deels bedekt

meter



■ bebouwde kom
□ modelrand

Over de Maas
eind situatie

schaal 1:50.000 0 200 400 600 800 1000 Meters

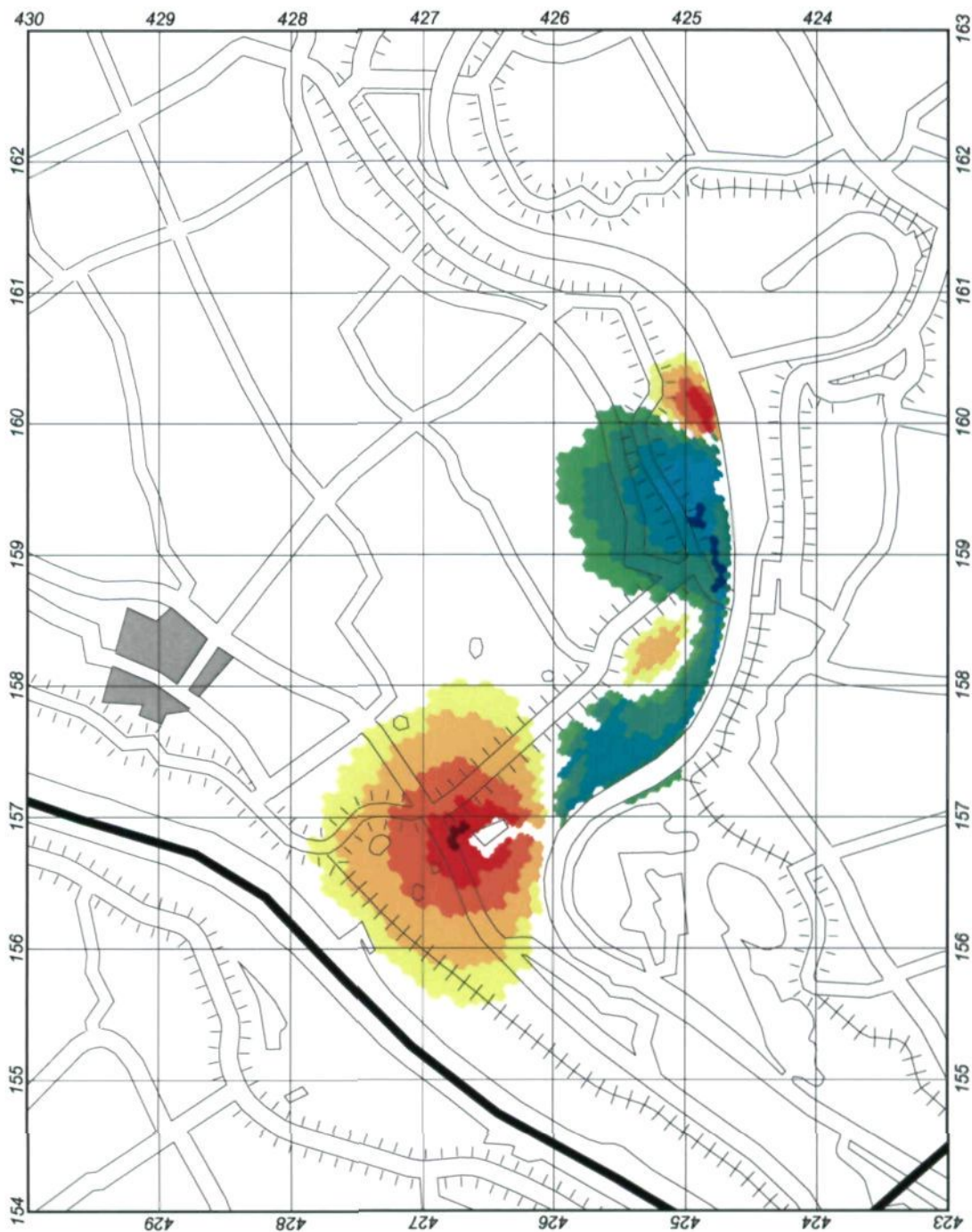
projectcode: MAAS 5-5
versie: 1.0 concept
datum: 15-02-2005
getekend: Smit
gecontroleerd: Elstheveel

Witteveen Bos



verschil in grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie voor variant 1a

gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas
bodembodems bedekt



A₁

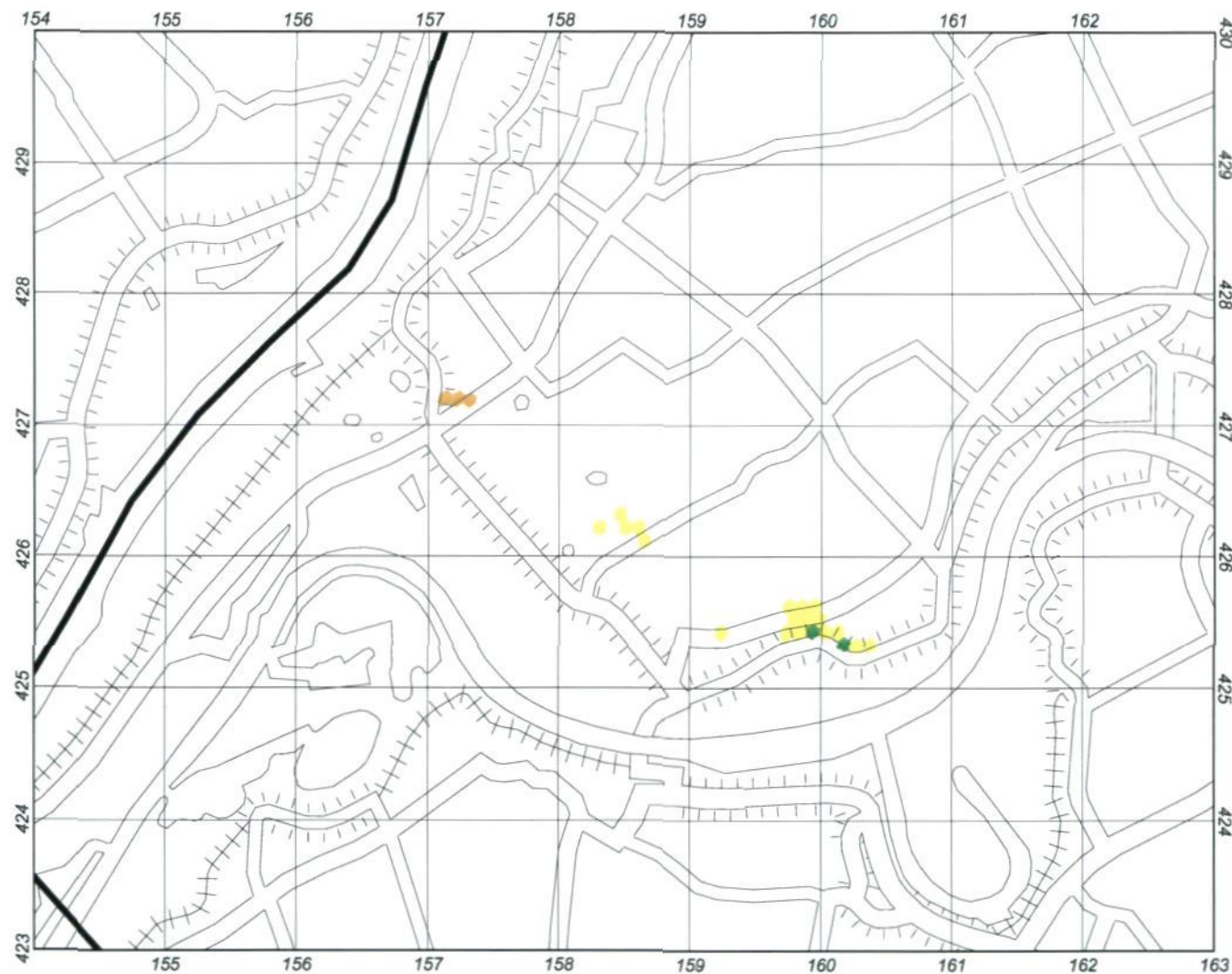
Over de Maas
eind situatie

schaal 1:50.000 0 200 400 600 800 1000 Meter

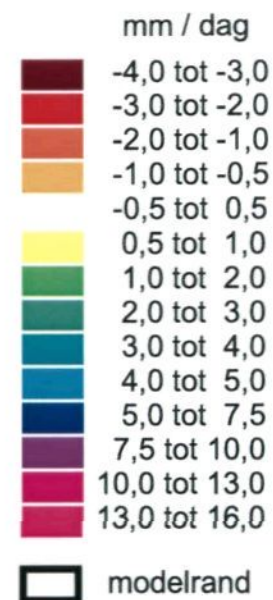
BOUW 6-5
PROJECTIE: 1:50.000
datum: 15-02-2005
getekend: Smit
gecontroleerd: Beethuis

Witteveen
Bos

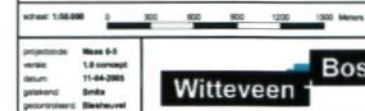
verschil in kwel ten opzichte van de huidige situatie voor variant 2



gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas
bodem gedeeltelijk bedekt

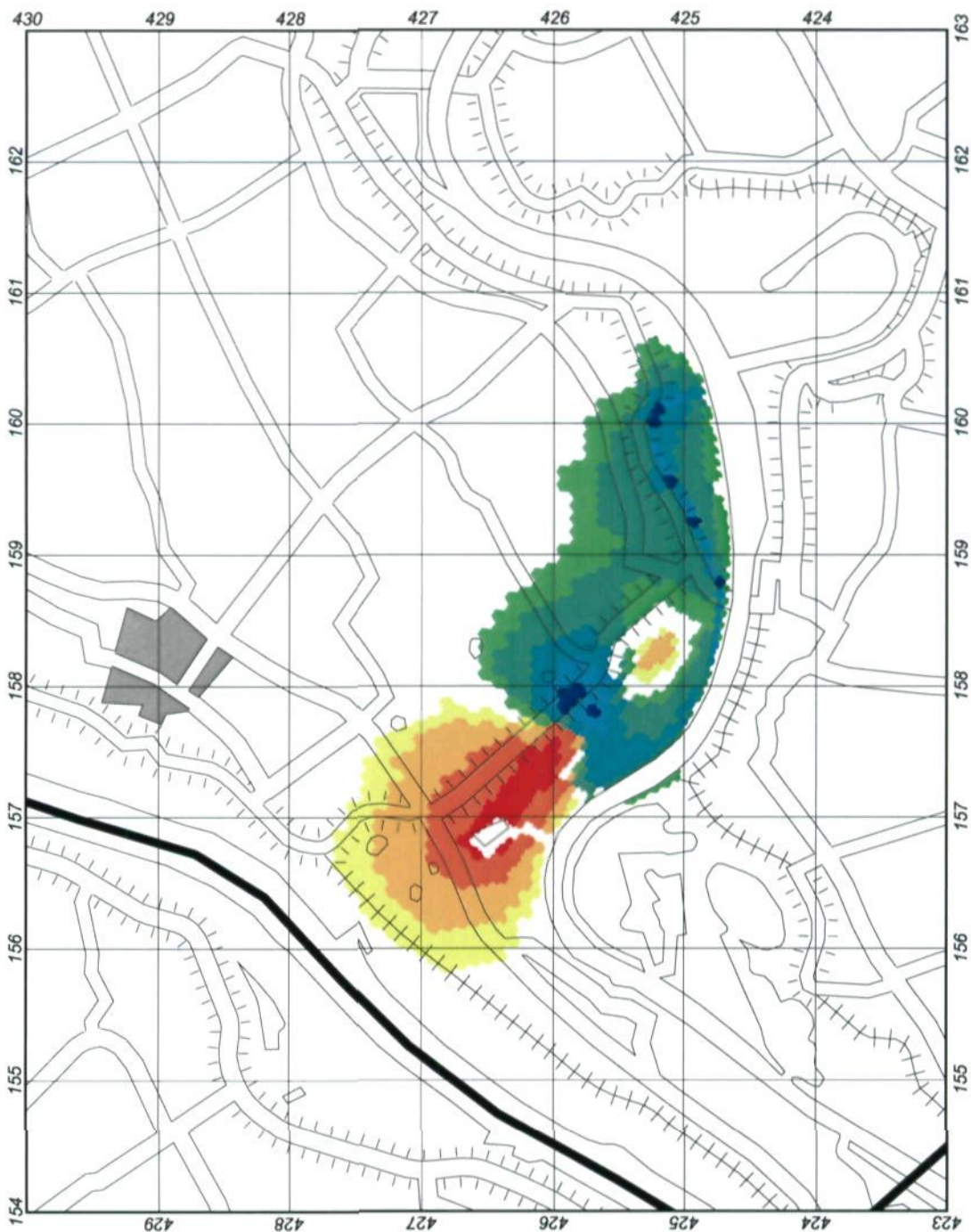


Over de Maas eind situatie



verschil in grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie voor variant 2

gemiddelde situatie
gemiddeld streefpeil in de polder
gemiddeld peil op de Maas
bodem deels bedekt



Over de Maas
eind situatie

schaal 1:50.000 0 200 400 600 800 1000 Meters

projectnaam: MAAS-5
versie: 1.0 concept
datum: 17-3-2005
gebruiker: J. van der
projectleider: B. van

Bos
Witteveen