

GEOTECHNISCH EN GEOHYDROLOGISCH  
ONDERZOEK EN ADVIES  
betreffende

**TOEKOMSTIG WOONGEBIED HOOG DALEM  
AAN DE SPIJKSESTEEG TE GORINCHEM**

Opdrachtnummer: 7004-0242-003

Opdrachtgever : Gemeente Gorinchem  
Afdeling Weg en Water  
Postbus 108  
4200 AC GORINCHEM

Projectleider : ir. O.P.M. Mooijman  
Adviseur Geotechniek

Mede opgesteld door : ing. F.M.R. Schrauwen en ing. G.J.P. Boers  
Adviseur Geohydrologie

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	27 februari 2006	concept	
2	19 april 2006	7004-0242-000.R01 definitief	

FILE: 7004-0242-003.R01 Op deze rapportage zijn de algemene leveringsvoorwaarden van de V.O.T.B. van toepassing die een aansprakelijkheidsbeperking bevatten.

## INHOUDSOPGAVE

1.	LUCHTFOTO ONDERZOEK	2
2.	GEOFYSISCH ONDERZOEK	3
3.	AANVULLEND GROND- EN LABORATORIUMONDERZOEK	4
	3.1. Grondonderzoek	4
	3.2. Laboratoriumonderzoek	4
4.	BODEM- EN GEOHYDROLOGISCHE GESTELDHEID	5
	4.1. Bodem- en geohydrologische gesteldheid	5
	4.2. Beschrijving Waalstanden	6
	4.3. Beschrijving stijghoogten en grondwaterstanden	7
	4.4. Samenvatting huidige geohydrologische situatie	9
5.	ZETTINGSANALYSE	11
	5.1. Uitgangspunten en werkwijze	11
	5.2. Analyse zakbaakgegevens	11
	5.3. Grondparameters	12
	5.4. Uitgangspunten aanvullende zettingsberekeningen	13
6.	KWEL EN VERTICALE STABILITEIT	17
	6.1. Algemeen	17
	6.2. Opbarstberekeningen	19
	6.2.1. Scenario 1 : aanleg watergangen zonder verdere maatregelen	20
	6.2.2. Scenario 2 : aanleg watergangen met verzwaarde slootbodem (grind)	21
	6.2.3. Scenario 3: aanleg ondiepe watergangen	22
	6.3. Indicatieve ontwerpberekeningen	23
	6.3.1. Ontwerpberekening 1: Aanleg open water zonder ballast	23
	6.3.2. Ontwerpberekening 2: Bepaling dikte ballastlaag (zand), uitgaande van plas-dras	24
7.	CONCLUSIES	27
	7.1. Kwel	27
	7.2. Verticaal evenwicht	27
	7.2.1. Appartementengebouw	27
	7.2.2. Centrale watergang	28
	7.2.3. NO Eilandengebied	28
	7.2.4. Oostelijke watergang, onderdeel Hollandse waterlinie	29
	7.2.5. Zuidelijk Wadigebied	29
8.	AANBEVELINGEN	30

## BIJLAGEN

Blz.

### **Algemeen**

- Situatietekening 7004-0242-003-1E
- Legenda "terreinproeven en grondsoorten" 7004-0242-003-2
- Situatie op luchtfoto en inrichtingstekening
- Sonderingen
- "Continu elektrisch sonderen"
- Boringen 7004-0242-000-B1 t/m B3, 7004-0242-003-B4 t/m B8
- Samendrukkingsproeven en bepaling afstromingcoëfficiënt 7004-0242-003-3

### **Zetting**

- Interpretatie zakbaakmetingen 7004-0242-003-ZB1 t/m ZB4

### **Waterstanden en stijghoogten**

- Locatieoverzicht en peilbuizenlocaties TNO/NITG 7004-0242-000-4
- Tijdstijghoogtegegevens peilbuizen TNO/NITG 7004-0242-000-5
- Waalstanden locatie Vuren 7004-0242-003-6
- Overschrijdingsfrequentie voor afvoertoppen Waal 7004-0242-003-7
- Overzicht meetgegevens peilbuizen op locatie 7004-0242-003-8
- Geïnterpoleerde stijghoogtekaart, 19 december 2005 7004-0242-000-9a
- Geïnterpoleerde stijghoogtekaart, 9 januari 2006 7004-0242-000-9b
- Geïnterpoleerde stijghoogtekaart, 5 april 2006, incl. zonering 7004-0242-000-10

### **Bodem**

- Geïnterpoleerde dikte deklaagkaart 7004-0242-003-11
- Geïnterpoleerde bovenzijde zandlaag kaart (opbarstniveau) 7004-0242-003-12
- Aanduiding verwachte ligging zandige geul 7004-0242-003-13

### **Evenwichtsberekeningen**

- Scenario 1: Berekende toegestane stijghoogte, veiligheidsfactor  $n=1,1$  7004-0242-003-14
- Scenario 1: Berekende toegestane stijghoogte, zonder veiligheidsfactor 7004-0242-003-15
- Scenario 2: Berekende toegestane stijghoogte, met grindbed en  $n=1,1$  7004-0242-003-16
- Scenario 3: Berekende toegestane stijghoogte, ondiepe bodem en  $n=1,1$  7004-0242-003-17

## 1. LUCHTFOTO ONDERZOEK

Op 21 september 2005 heeft in het luchtfotoarchief van de Topografische Dienst te Emmen een onderzoek plaatsgevonden naar mogelijke op luchtfoto's zichtbare aanwijzingen voor de aanwezigheid van stroomgeulen. Nadruk ligt hierbij op het identificeren van geulvormige verkleuringspatronen welke afhankelijk van het jaargetijde en de aard van de beplanting zichtbaar kunnen worden. Hierbij kan sprake zijn van verdroging (inzijging) of vernatting (kwel).

Uit de voor dit project uitgevoerde terreininmeting blijkt een uniform maaiveldniveau, waaruit kan worden afgeleid dat het terrein in een vrij recent verleden afgevlakt is. Ter hoogte van de zandige stroomgeulen is de dikte van de deklaag aanmerkelijk geringer, wat zou resulteren in minder natuurlijke klink. De stroomgeulen zouden derhalve na verloop van tijd in het landschap zichtbaar worden. Mocht een dergelijke situatie zich in het verleden hebben voorgedaan kan ook dit mogelijk zichtbaar zijn op luchtfoto's in de vorm van relatief droge gebieden.

De foto's zijn paarsgewijs met gebruikmaking van een stereoscoop onderzocht op mogelijke geulvormige vernatting. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de onderzochte jaargangen, alsmede een beoordeling van de bruikbaarheid van de onderzochte foto's.

Maand / jaar	Bruikbare aanwijzingen
(-) 1930	ja
Augustus 1944	ja
(-) 1955	ja
April 1966	ja
Mei 1977	ja
April 1981	ja
Februari 1983	ja
Mei 1985	nee
Mei 1986	nee
April 1989	nee
Maart 1992	ja
April 1993	ja
April 1995	nee
Februari 1998	nee
Maart 2002	ja

De resultaten van de luchtfoto-onderzoek zijn getoetst aan de in het basisonderzoek gegeven interpretatie van de geologie van het projectgebied. Geconcludeerd wordt, dat de op de luchtfoto's aanwezige aanwijzingen voornamelijk lijken te zijn ontstaan als gevolg van het ondiepe oost-west afwateringssysteem van de oude wetering.

## 2. GEOFYSISCH ONDERZOEK

Op 5 oktober 2005 heeft in de uiterste zuidwesthoek van het terrein een geo-electrisch veldonderzoek plaatsgevonden. Het veldwerk heeft bestaan uit 10 zogenaamde Wenner-Array metingen welke op een met behulp van GPS uitgezette lijn zijn uitgevoerd. Het onderzoek is uitgevoerd met een ABEM Terrameter. In totaal waren 4 geofysische lijnen voorzien.

Doelstelling van het onderzoek was om op relatief eenvoudige wijze de dikte van de deklaag vast te stellen, door de overgang tussen deze deklaag (klei/veen) en het onderliggende zand op basis van het verschil in elektrische weerstand in te meten. De resultaten zijn per meetlocatie met een inversie-programma in een 3-lagen model (droge toplaag, deklaag en onderliggend zandpakket) beoordeeld.

De resultaten van interpretatie van de Wenner-meting zijn weergegeven in de onderstaande tabel:

Meting	Afstand t.o.v. nulpunt [m]	Diepte zandlaag [m -MV]	Fout [m]
ER1-2	0	5,3	0,06
ER1-3	20	5,3	0,04
ER1-4	40	5,6	0,05
ER1-6	80	7,0	0,01
ER1-7	100	7,1	0,09
ER1-8	120	7,3	0,05
ER1-10	160	7,0	0,02
ER1-12	200	6,6	0,03
ER1-14	240	11,9	0,10
ER1-16	260	6,7	0,09

De resultaten van de geo-elektrische metingen zijn gecontroleerd aan de hand van bestaande en nieuwe op de lijn uitgevoerde sonderingen. Omdat uit deze controle bleek, dat de resultaten geen duidelijk verband lieten zien tussen sondering en geofysische interpretatie is besloten af te zien van het uitvoeren van verder geofysisch onderzoek. In plaats hiervan is het sondeeronderzoek verder uitgebreid.

### **3. AANVULLEND GROND- EN LABORATORIUMONDERZOEK**

#### **3.1. Grondonderzoek**

Het aanvullend grondonderzoek voor dit project heeft bestaan uit 48 diepsonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand (code DKM) en het plaatsen van 5 extra peilbuizen. In enkele maatgevende peilbuizen zijn dataloggers weggehangen, waarmee het verloop van de grondwaterstand continu wordt gemeten.

De sonderingen zijn vanaf een track-truck uitgevoerd met de elektrische Fugro- (kleefmantel)conus conform norm NEN 5140. Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

De onderzoekslocaties zijn door Fugro Ingenieursbureau uitgezet en gewaterpast (ten opzichte van NAP) en zijn aangegeven op de situatietekening in bijlage 7004-0242-003-1E. Hierbij heeft de door de opdrachtgever verstrekte tekening als basis gediend. De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties in het terrein zijn uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een NAP. De gerapporteerde hoogtes zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

De resultaten van de sonderingen zijn getekend op de grafieken in de bijlagen, waarop de diepte is uitgezet in meters ten opzichte van NAP.

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

#### **3.2. Laboratoriumonderzoek**

Bij het plaatsen van de 5 extra peilbuizen zijn ongeroerde monsters gestoken. Per ongeroerd monster is het volumegewicht en watergehalte bepaald. De resultaten van de boringen zijn weergegeven op bijlagen 7004-0242-003-B4 t/m -B8.

Op 4 geselecteerde monsters zijn samendrukkingsproeven uitgevoerd. De resultaten van de samendrukkingsproeven zijn weergegeven in de bijlagen.

## 4. BODEM- EN GEOHYDROLOGISCHE GESTELDHEID

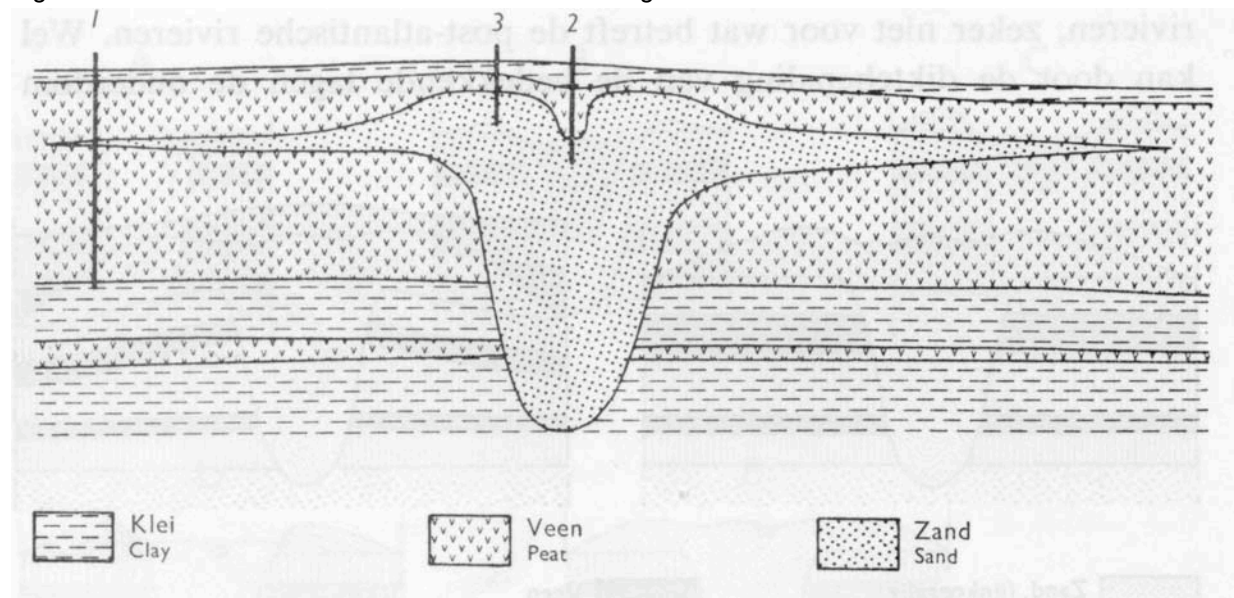
### 4.1. Bodem- en geohydrologische gesteldheid

Het maaiveldniveau voor het veenweidegebied bedraagt gemiddeld ca. NAP -0,1 m. Nabij wegen bedraagt het actuele maaiveldniveau ca. NAP +0,5 m. Op de diepste gedeelten zijn maaiveldhoogten tot NAP -0,5 m vastgesteld.

Binnen het onderzoeksgebied is sprake van 2 types bodemopbouw, te weten een grondprofiel met uitsluitend slappe lagen tot een diepte van maximaal NAP -10,0 m (bodemtype A). De deklaagdikte in het projectgebied bedraagt gemiddeld ca. 7 à 8 m en bestaat overwegend uit veen- en kleiafzettingen.

Binnen het projectgebied komen zandige geulafzettingen (zie figuur 3-1) voor waar de afstand tussen de zandlaag en het maaiveld aanzienlijk kleiner is dan buiten die geul (bodemtype B). In de regionale geologische beschrijving worden deze geulen het Arkel-Gorcum systeem genoemd. Daar waar geen geulen van het Arkel-Gorcum systeem aanwezig zijn komen ondiep tussenzandlagen van beperkte dikte voor. Deze afzettingen zijn van latere datum en kunnen ten dele worden toegekend aan het Spijk systeem. Daar waar geulafzetting voorkomen varieert de dikte van de deklaag tussen 3 en 5 m.

*Figuur 3-1: Schematische doorsnede van een stroomgeul*



*bron : Geologische kaart van Nederland, Gorinchem Oost (38 O)*

Een beschrijving van de bodemtypen is gegeven in de tabellen 4-1 en 4-2. Op bijlage 7004-0242-003-11 t/m -13 zijn respectievelijk de dikte van de deklaag, het niveau van de bovenzijde van het zandpakket en de verwachte ligging van de zandige geul aangegeven.

Tabel 4-1 : Globale bodembeschrijving type A, volledig pakket samendrukbare lagen

Diepte in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
-0,1	Maaiveld.
-0,1 tot -0,8	KLEI en VEEN, toplaag
-0,8 tot -4,0 à -5,0	VEEN
-4,0 à -5,0 tot -8,0 à -10,0	KLEI en VEEN
-8,0 à -10,0 tot -20,0	ZAND, matig vast tot vast gepakt <sup>2)</sup>
-25,0	Maximaal verkende diepte.

Tabel 4-2 : Bodembeschrijving type B, zandige stroomgeulen

Diepte in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
-0,1	Maaiveld.
-0,1 tot -0,8	KLEI en VEEN, toplaag
-0,8 tot -4,0 à -6,0	VEEN
-4,0 à -6,0 tot -15,0 à -20,0	ZAND, matig vast tot vast gepakt <sup>1)</sup>
-15,0 à -20,0	Maximaal verkende diepte.
<sup>(1)</sup> plaatselijk bovenin afwisselend klei en zand, plaatselijk doorsneden door humeuze lagen	

Onder de deklaag komt tot ca. NAP -40 m een zandlaag voor dit behoort tot het 1<sup>ste</sup> watervoerend pakket. Deze zandlaag van een verwachte dikte van ca. 30 m heeft een doorlaatvermogen dat is geraamd op ca. 1.750 m<sup>2</sup>/dag. Dit watervoerend pakket wordt aan de onderzijde begrensd door een pakket bestaande uit kleilagen. Dit kleipakket wordt voor dit onderzoek als geohydrologische basis beschouwd.

## 4.2. Beschrijving Waalstanden

Op ca. 550 à 900 m ten zuiden van de projectlocatie loopt de rivier de Waal. Ter hoogte van Vuren (circa 1 km stroomopwaarts van de projectlocatie) bevindt zich meetpunt Vuren van Rijkswaterstaat.

Op basis van de berekende "gemiddelde overschrijdingsfrequenties voor afvoertoppen" voor meetpunt Vuren zijn de maatgevende hoge en lage waterstanden afgeleid. Een overzicht hiervan is gegeven in tabel 4-1. Een uitgebreid overzicht van de historische waalstanden is weergegeven op bijlage 7004-0242-003-6. Een overzicht van de door Rijkswaterstaat gehanteerde gemiddelde overschrijdingsfrequenties voor afvoertoppen (hoogwatergolven) is weergegeven op bijlage 7004-0242-003-7.

Tabel : 4-1 Hoogwaterstanden meetpunt Vuren

Meetpunt	Gemiddeld	1x per jaar	1x per 5 jaar	1x per 10 jaar	1x per 50 jaar
Vuren km 951.780	NAP +1,3 m	NAP +2,76 m	NAP +3,80 m	NAP +4,14 m	NAP +4,77 m

Actuele waterstanden van meetpunt Vuren kunnen worden opgevraagd op <http://www.actuelewaterdata.nl/waterstand/>.



Voor de laagwaterstanden is geen onderschrijdingsfrequentie beschikbaar. De Waal loost op zeeniveau, waarbij ter hoogte van de projectlocatie sprake is van een nog meetbare getijdewerking. Op basis van de waterstandreeks wordt verwacht dat een laagste gemiddelde waterstand van NAP +0,0 m op kan treden. Deze waterstand kan ten gevolge van getijdewerking kortdurend worden onderschreden.

Omdat op de projectlocatie nog een duidelijke invloed van (mariene) getijdewerking aanwezig is wordt gesproken over berekende waterstanden die behoren bij een situatie waarbij kortdurende hogere en lagere waterstanden, afhankelijk van het getij voorkomen.

Het Waterschap Rivierenland rekent ten aanzien van de kwel met de hoog- en laagwatersituatie behorende bij T=10. Op basis van de gegevens van Rijkswaterstaat dient uit te worden gegaan van een Waalwaterstand van NAP +4,14 m bij een overschrijdingsfrequentie van 1x per 10 jaar (T=10). Als laagwaterstand bij T=10 wordt uitgegaan van NAP+0,0 m.

Uit langjarige gegevens van de Waalstanden ter hoogte van meetstation Vuren blijkt dat tijdens de hoogwatersituatie van 1994 een waterstand is gemeten van ca. NAP +4,7 m. Op basis van de tabel wordt geschat dat deze situatie een overschrijdingsfrequentie kent van iets minder dan ca. 1x per 50 jaar.

### 4.3. Beschrijving stijghoogten en grondwaterstanden

Op basis van peilbuisgegevens van de Gemeente Gorinchem, gegevens uit de database van TNO/NITG en de gegevens van de projectlocatie is een analyse van de maatgevende stijghoogte uitgevoerd.

#### **Gegevens van de Gemeente Gorinchem**

Door de Gemeente zijn peilbuisgegevens van het gebied Laag Dalem ter beschikking gesteld van de periode 4 juni 2004 t/m 1 november 2005. De afstelling van de filters en de locaties van deze peilbuizen zijn niet beschikbaar. Een overzicht van de uit de peilbuisgegevens afgeleide maatgevende grondwaterstanden is gegeven in tabel 4-2.

Tabel 4-2 : *peilbuisgegevens Laag-Dalem (bron: Gemeente Gorinchem)*

Opnamedatum	Typering data van peilbuis	Peilbuis hoogste	Peilbuis laagste	Waalstand (eb/vloed)
2-11-2004	Gedeelde hoogste	0,08 (pb12)	-0,74 (pb19)	0,62 à 1,02
15-2-2005	Gedeelde hoogste	0,04 (pb12)	-0,83 (pb19)	1,62 à 1,87
12-7-2005	Hoog	-0,18 (pb12)	-0,79 (pb19)	0,44 à 0,85
18-3-2005	Laag(ste)	-0,40 (pb12)	-1,07 (pb19)	0,79 à 1,18

Op basis van deze gegevens wordt verwacht dat de situatie van 15 februari 2005 uit de meetreeks als "redelijk hoog" kan worden aangemerkt. Deze situatie ligt echter nog ruim onder de Waalstand met een herhalingstijd van 1x per jaar (T=1) met een Waalstand van NAP +2,76 m. Deze situatie kan dus zeker niet als maatgevend worden beschouwd. Het lijkt meer waarschijnlijk dat deze peilbuizen staan afgesteld in de deklaag en dat de peilbuiswaarnemingen meer zijn gerelateerd aan de neerslagsituatie.

Op basis van de door de Gemeente Gorinchem verstrekte peilbuisgegevens kunnen geen sluitende uitspraken worden gedaan over de maatgevende stijghoogte behorende bij de situatie T=10.

### **Gegevens database TNO/NITG**

Ter verificatie van de grondwaterstanden en stijghoogten is gebruik gemaakt van de Grondwaterkaart van Nederland en zijn in het grondwaterarchief (DINO) van NITG-TNO langjarige peilbuisgegevens opgevraagd vanaf 1985 tot heden. In deze database zijn geen actuele meetgegevens beschikbaar.

In de directe nabijheid van de projectlocatie is meetpunt B38H0235 gesitueerd. Dit meetpunt heeft een peilfilter in de deklaag en in het watervoerend pakket. Tevens staat er een meetpunt op grotere afstand van de Waal (meetpunt B380123).

Een overzicht van de peilbuislocaties is weergegeven op bijlage 7004-0242-000-4. Bij dit project wordt uitgegaan van de verwachte "maatgevende" hoge, gemiddelde en lage stijghoogte over de meetperiode.

De in tabel 4-3 weergegeven waarden zijn afgeleid uit de tijd-stijghoogtegrafieken die zijn weergegeven in bijlage 7004-0243-000-5.

*Tabel 4-3: Afgeleide stijghoogtegegevens volgens TNO/NITG*

Meetpunt, filter staat afgesteld in watervoerend pakket	Inschatting extreem hoog (1994)	Inschatting hoog	Inschatting gemiddeld	Inschatting laag
B38 H0235	NAP +0,4 m	NAP +0,2 m	NAP -0,1 m	NAP -0,3 m
B38 H0123	NAP +0,1 m	NAP -0,1 m	NAP -0,25 m	NAP -0,4 m

Ten aanzien van de TNO-NITG gegevens wordt het volgende opgemerkt:

- Vooral nog wordt voor ontwerp voor de noordzijde, ter hoogte van meetpunt B38H0235 rekening gehouden met een "hoge stijghoogte" die meer frequent voorkomt (inschatting =< T=10) van NAP +0,2 m.
- Er wordt voor diezelfde peilbuis rekening gehouden met een "lage stijghoogte" die meer frequent voorkomt van NAP -0,3 m. Gemiddeld wordt uitgegaan van NAP -0,1 m;
- Kortdurend komen hogere stijghoogten voor. In 1994 is een stijghoogte waargenomen van NAP +0,4 m. Dit was een incidentele waarneming (opname 1x per 2 weken) waardoor de werkelijke stijghoogte, afhankelijk van de duur en hoogte van een hoogwatergolf op de Waal nog hoger kan voorkomen.
- Langjarige stijghoogtegegevens op kortere afstand van de Waal zijn op dit moment niet beschikbaar. Stijghoogten nabij de Waal zullen significant hoger zijn, echter er kan op basis van deze gegevens geen uitspraak worden gedaan over de hoogte.

### **Gegevens op de projectlocatie**

Ten behoeve van het in 2004 uitgevoerde basisonderzoek zijn 3 peilbuizen geplaatst. Eind 2005 is het meetnet op de projectlocatie met 5 peilbuizen uitgebreid. Daarbij zijn gebiedsdekkend peilbuizen afgesteld in de diepere zandlaag (watervoerend pakket). Door Fugro zijn de peilbuizen enkele malen handmatig opgenomen. Een overzicht van de meetgegevens is weergegeven op bijlage 7004-0242-003-8.

Voor de verdere monitoring van de stijghoogte zijn dataloggers afgesteld in een aantal peilbuizen. Ten tijde van het schrijven van dit rapport waren de datalogger metingen nog in uitvoering. Na voltooiing zullen deze metingen separaat worden gerapporteerd. De handmatige gegevens zijn verwerkt tot geïnterpoleerde isohypsenpatronen. Een overzicht van deze isohypsenpatronen van de stijghoogten in het watervoerend pakket voor de situatie van 19 december 2005 en 9 januari 2006 is respectievelijk weergegeven op bijlage 7004-0243-003-9a en -9b.

Voor het projectgebied wordt een polderpeil nagestreefd van NAP -1,0 m. De freatische grondwaterstanden liggen daarom overwegend lager dan de stijghoogte in het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket. Deze waarde is sterk afhankelijk van de afstand tot drainage en watergangen en neerslag.

Uit de geïnterpoleerde stijghoogtemetingen van 9 januari 2006 volgt dat de stijghoogte nabij de zuidelijke grens (nabij de Waal) ca. NAP +0,2 m bedroeg. In het noordelijke deel werden stijghoogten gemeten van ca. NAP -0,2 à -0,3 m. De Waalstand ter plaatse van meetpunt 952 van 5 januari 2006 bedroeg gemiddeld ca. NAP +0,6 m. Door getijdewerking fluctueert deze waarde beperkt gedurende een etmaal. Deze rivierwaterstand wordt als lager dan gemiddeld aangemerkt.

De stijghoogte situatie van 19 december geeft een nauwkeuriger beeld van de gemiddelde situatie op de projectlocatie. De stijghoogte in peilfilter B3 bedroeg ca. NAP +0,4 m. Dit is ruim boven het maaiveld. De stijghoogte in het noordelijke deel van de projectlocatie bedroeg ca. NAP -0,2 m. In die tijd bedroeg de Waalstand ca. NAP +1,3 m, wat als meer dan gemiddeld wordt aangemerkt.

#### **4.4. Samenvatting huidige geohydrologische situatie**

Uit het isohypsenpatroon kan een duidelijke invloed van de rivier de Waal worden afgeleid. De stijghoogte bouwt zich af richting de polder.

Op basis van het isohypsenpatroon kan geen duidelijke kortsluiting met de watergangen (polderpeil NAP -1,0 m) worden herleid. De hoofdwetering heeft een geschatte waterdiepte van ca. 1,5 m. Deze watergang vormt onderdeel van het huidige watersysteem dat met de ruilverkaveling in de jaren '60 is ontstaan. Deze watergang ligt in een gebied waar in de deklaag ondiepe zandinsluitingen voorkomen. Dieper in de deklaag is een zandige stroomgeul van het Arkel-Gorcum systeem aanwezig (zie bijlage 7004-0242-003-13).

Van het op bijlage 7004-0272-003-9a getoonde isohypsenpatroon van de stijghoogte in het watervoerend pakket van 19 december 2005 wordt verondersteld dat dit overeenkomt

met een gemiddelde situatie. Hierbij worden op het zuidelijke deel stijghoogten waargenomen van NAP +0,4 m (boven het bestaande maaiveld). De Waalstand bedroeg ca. NAP +1,3 m. Deze stijghoogte bouwt zich af richting de polders tot ca. NAP -0,2 m, noordelijk van de centraal gelegen watergang. Het polderpeil bedraagt ca. NAP -1,0 m waardoor op de gehele projectlocatie sprake is van een kwelsituatie.

Er is nog geen inzicht in de verwachte stijghoogte bij T=10 hoogwaterstanden op de Waal. Omdat in 2005 geen hoogwatergolf met een bijzondere herhalingstijd is opgetreden zijn geen meetgegevens of ervaringsgegevens beschikbaar. Verwacht wordt dat noordelijk van de watergang rekening moet worden gehouden met een stijghoogte van tenminste NAP +0,2 m. Meer richting de Waal zullen stijghoogten optreden welke fors hoger dan maaiveld zijn. De Waalstand bij T=10 bedraagt ca. NAP +4,14 m.

Verwacht wordt dat de lage stijghoogte bij laagwaterstanden op de Waal in het noordelijke deel van de projectlocatie niet lager dan ca. NAP -0,3 m zal bedragen. In die situatie is nog steeds sprake van een kwelsituatie waardoor watergangen niet door wegzijging zullen droogvallen.

Onderstaand is een samenvatting gegeven van de inschatting van de maatgevende stijghoogte. Door gebrek aan informatie bij een hoogwaterafvoergolf op de Waal kunnen verschillende waarden niet worden ingeschat.

Tabel 4-4 : *Maatgevende stijghoogten*

Situatie	Waalstand	Nabij de Waal (B3)	Centraal op de projectlocatie	Noordelijk van de centrale watergang
Gemiddeld (19-12-'05)	NAP +1,3 m	NAP +0,4 m	NAP -0,1 m	NAP -0,2 m
T=10 Hoog	NAP +4,14 m	Onbekend	Onbekend	NAP +0,2 m <sup>1)</sup>
T=10 Laag	(<) NAP +0,0 m <sup>2)</sup>	Onbekend <sup>3)</sup>	Onbekend <sup>3)</sup>	NAP -0,3 m <sup>1)</sup>
1) Op basis van TNO gegevens 2) Inschatting op basis van reeks rivierstanden '80 - '04, laagtij heeft belangrijke invloed op een mogelijke onderschrijding van deze geschatte waterstand 3) Deze waarde zal naar verwachting liggen rond NAP, met onderschrijding door getijdewerking				

Voor zover bekend vinden in het projectgebied geen gegunde onttrekkingen plaats. Er blijkt door de provincie Zuid-Holland een vergunning te zijn afgegeven voor een onttrekking voor de Evenementenhal (mogelijk KWO systeem). Mogelijk is tevens een onttrekkingsvergunning afgegeven bedrijventerrein Oost I, ten westen van de Linge. Verwacht wordt dat deze systemen geen significant effect zullen hebben op het stijghoogteverloop ter plaatse van de projectlocatie.

## 5. ZETTINGSANALYSE

### 5.1. Uitgangspunten en werkwijze

De huidige situatie wordt als volgt samengevat :

- Het maaiveldniveau op de projectlocatie varieert overwegend tussen ca. NAP 0,0 en -0,3 m. Ter hoogte van ophogingen bedraagt het maaiveldniveau plaatselijk ca. NAP +0,6 m. De laagste in het plangebied gemeten terreinhoogtes bedragen ca. NAP -0,5 m.
- Onder de toplaag bevindt zich een klei- en veenpakket met variabele dikte.

In deze aanvullende analyse zijn globaal de volgende stappen doorlopen:

1. Evaluatie zakbaakmetingen.
2. Evaluatie extra uitgevoerd geotechnisch laboratoriumonderzoek en controle keuze grondparameters.
3. Uitvoeren zettingsberekeningen.

De berekeningen worden uitgevoerd met het programma Msettle versie 6.8 uit de M-serie van Delft GeoSystems (GeoDelft). Hierbij vindt de invoer van de geometrie grafisch plaats, evenals de grootte en positie van de belastingen, waarna het programma per verticaal de tijd-zettingslijn bepaalt.

### 5.2. Analyse zakbaakgegevens

Door de Gemeente Gorinchem zijn zakbaakgegevens beschikbaar gesteld van enkele ophogingen welke recentelijk in het gebied hebben plaatsgevonden.

Het betreft de strook tussen de Griendweg en de Wetering, waarbij ter hoogte van het voormalig Asielzoekerscentrum (AZC) alsmede de terreinen aan weerszijde van de Rioolwaterzuivering (RWZI) grond in depot is aangebracht. De dikte van de opgebrachte laag bedraagt ca. 1,0 m. Er is geen verticale- en of horizontale drainage toegepast.

De resultaten van de zakbaakmetingen zijn per groep als tijd-zettingslijnen weergegeven (zie bijlage 7004-0242-003-ZB1 t/m -ZB4).

Aan de hand van de oorspronkelijke voor dit project onder nummer 7004-0242-000 opgestelde rekenmodellen zijn nieuwe zettingsberekeningen gemaakt voor het opbrengen van 1,0 m grond met een soortelijk gewicht van  $15 \text{ kN/m}^3$ .

Uit de berekeningen blijkt, dat de maximaal gemeten zettingen redelijk overeenkomen met de maximaal aan hand van het bestaande rekenmodel voorspelde zettingen. Met name ter hoogte van het voormalige AZC is een grote spreiding in de resultaten van de zakbaakmetingen. Bij enkele zakbaken blijft de zetting aanmerkelijk achter bij de voorspelling. In het eerdere zettingsadvies is bij de zettingsberekening uitgegaan van lineaire rek, wat kan worden gezien als een conservatieve aanname. Besloten is voor de extra analyse uit te gaan van natuurlijke rek, waardoor geringere eindzettingen worden voorspeld.

Uit het voor dit project uitgevoerde grondonderzoek blijkt dat ter hoogte van de voormalig AZC sprake is van variabele grondopbouw. Deze variabiliteit zou echter, gezien de korte duur van de belasting geen grote verschillen in zettingen mogen opleveren.

Verondersteld wordt dat als gevolg van de aanleg van de infrastructuur op het terrein van het AZC belastingverhogingen hebben plaatsgevonden, waardoor de grond nu plaatselijk stijver gedrag vertoont. Ook moet er rekening mee gehouden worden dat vanwege de waarschijnlijk weinig doorlatende materiaal in het gronddepot ophoping van (grond)water heeft plaatsgevonden. De effectieve korrelspanning in de ondergrond is hierdoor mogelijk slechts ten dele toegenomen.

### 5.3. Grondparameters

Ten behoeve van de aanvullende geotechnische analyse zijn een viertal extra samendrukkingsproeven uitgevoerd. Het totaal aantal binnen het projectgebied uitgevoerde samendrukkingsproeven komt hiermee op 13. Een overzicht van de resultaten van de individuele samendrukkingsproeven per grondsoort (hoofdcomponent) is gegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5-1 : overzicht resultaten laboratoriumonderzoek (samendrukking)

Monsterbeschrijving	Boring	$\gamma_n'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	w [%]	C <sub>p</sub> [-]	C' <sub>p</sub> [-]	C <sub>s</sub> [-]	C' <sub>s</sub> [-]	C <sub>v</sub> [m <sup>2</sup> /jr.]
VEEN, mineraalarm bruin	B2	10,4	322,8	55,5	7,4	429,3	26,0	2,9.10 <sup>-6</sup>
VEEN	<i>h-B2</i>	10,8	428,8	41,0	6,0	131,1	41,0	2,8.10 <sup>-7</sup>
VEEN, zwak kleilig, bruin	B6	10,0	484,5	15,9	5,7	88,3	19,9	2,3.10 <sup>-7</sup>
VEEN, mineraalarm bruin	B1	9,7	623,2	19,4	4,3	111,2	22,3	4,5.10 <sup>-7</sup>
VEEN, zwak kleilig bruin	B8	9,5	508,9	17,7	6,5	85,7	24,7	3,8.10 <sup>-7</sup>
VEEN, mineraalarm bruin	B3	10,3	420,7	17,0	6,5	86,1	24,2	2,1.10 <sup>-6</sup>
VEEN, bruin	<i>h-B2</i>	11,5	243,5	46,8	6,6	131,1	41,0	1,2.10 <sup>-7</sup>
VEEN, zwak kleilig, bruin	B1	10,8	221,3	18,9	5,9	117,9	27,2	2,4.10 <sup>-7</sup>
KLEI, uiterst siltig, matig humeus, bruin	B3	12,1	194,0	8,4	6,6	29,2	28,9	5,2.10 <sup>-8</sup>
KLEI, matig siltig, zwak humeus, grijs	B4	18,2	37,4	240,3	83,7	949,7	458,8	1,4.10 <sup>-8</sup>
KLEI, matig siltig, zwak humeus, grijs	B7	18,2	38,7	74,6	33,3	377,1	219,8	2,8.10 <sup>-7</sup>
KLEI, sterk siltig grijs	B2	15,3	64,4	32,9	13,1	157,7	66,9	3,5.10 <sup>-8</sup>
KLEI, veenhoudend grijs	<i>h-B2</i>	17,2	45,5	72,8	15,1	262,5	82,0	2,5.10 <sup>-7</sup>

De in tabel 5-1 schuin gedrukte waarden betreffen resultaten van door derden uitgevoerd laboratoriumonderzoek. Fugro staat niet in voor de juistheid van deze resultaten.

Op basis van de resultaten van het aanvullend laboratoriumonderzoek en de zakbaakanalyse zijn de in de eerdere zettingsberekeningen gehanteerde parameters gecontroleerd. Uit deze beoordeling volgt, dat de materiaalparameters niet hoeven te worden gewijzigd. Wel is gekozen voor het rekenen met natuurlijke rek in plaats van lineaire rek, wat leidt tot gunstiger uitkomsten. De voor de zettingsberekeningen gehanteerde parameters zijn weergegeven in tabel 5-2.

Tabel 5-2 : *Representatieve grondparameters samendrukbare lagen*

Grondsoort	$\gamma_d'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_n'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$C_v$ [m <sup>2</sup> /jr.]	$C_p$ [-]	$C_p'$ [-]	$C_s$ [-]	$C_s'$ [-]
Toplagen, bouwvoor	17	18	$1,0 \cdot 10^{-7}$	90	20	300	100
Veen	10,5	10,5	$5,0 \cdot 10^{-7}$	30	6	120	30
Klei	17	17	$5,0 \cdot 10^{-8}$	75	15	260	80
Klei, humeus	15	15	$7,0 \cdot 10^{-8}$	65	10	200	60

#### 5.4. Uitgangspunten aanvullende zettingsberekeningen

Op basis van het aanvullend uitgevoerde grondonderzoek kan een scherper onderscheid gemaakt worden in zones van gelijke voorbelasting. Het in het oorspronkelijke zettingsadvies aangehouden onderscheid tussen grondsoort "A" en "B" is ongewijzigd aangehouden. In de eerdere berekeningen is per grondtype een onderscheid gemaakt tussen 3 dieptes van het aanvangsniveau van het diepe zand. Omdat uit de zettingsberekeningen is gebleken, dat het verschil in bruto ophoging en voorbelastingstrategie niet erg groot wat, is er voor gekozen deze 3 categorieën samen te vatten tot 2.

Gezien de vrij geringe verschillen tussen deze 3 klassen is in dit aanvullend advies gekozen voor een onderscheid in 2 diktes deklaag per grondtype, te weten:

A1 : aanvangsdiepte zand            NAP -6,0 à -8,0 m

A2 : aanvangsdiepte zand            NAP -8,0 à NAP -10,0 m

B1 : aanvangsdiepte zand            tot NAP -4,0 m

B2 : aanvangsdiepte zand            NAP -4,0 à -6,0 m

In overleg met de opdrachtgever zijn ophoogniveau's berekend aan de hand van de volgende peilkeuze:

- Vloerpeil NAP        :        NAP +0,5 m
- Uitgiftepeil kavels        :        NAP +0,4 m (restzetting < 0,3 m / 30 jaar)
- Wegpeil                :        NAP +0,3 m (restzetting < 0,1 m / 30 jaar)

Tevens bestaat het voornemen om een deel van het plan in te richten als "Donk" met een niveau wat oploopt tot NAP +1,3 m.

De definitieve berekening is gebaseerd op de volgende netto ophoogniveau's bij oplevering:

- NAP +0,3 m
- NAP +0,8 m
- NAP +1,3 m

Voor de openbare terreinen is hierbij een restzettingseis van 0,1 m in 30 jaar aangehouden. Voor de kavels is gerekend met een restzetting van 0,2 m in 30 jaar, hetgeen grofweg overeenkomt met een restzetting van 0,3 m in 30 jaar bij een 0,1 m hoger ophoogniveau.

In de navolgende paragrafen wordt aangegeven welke bruto ophoging nodig is om de hierboven omschreven netto ophogingen te realiseren. De termen netto en bruto ophoging worden als volgt gedefinieerd:

Netto ophoging	:	Gedeelte van de grondconstructie dat na een arbitrair gekozen periode van 10.000 dagen boven het oorspronkelijke maaiveld uitsteekt.
Overhoogte		Zandlaagdikte (hoeveelheid grond) die wordt aangebracht met het doel na zetting van de ondergrond de gewenste hoogte van de constructie te bereiken.
Bruto ophoging	:	Totale hoogte van de aangebrachte grondconstructie. bruto ophoging = netto ophoging + overhoogte
Extra overhoogte	:	Extra tijdelijke (terugwinbare) ophoging welke tot doel heeft tijdens de voorbelastingsperiode extra zetting te forceren.

De feitelijk benodigde hoeveelheid aan te voeren grond is de bruto ophoging plus een eventuele tijdelijke terugwinbare overhoogte.



Tabel 5-3 : resultaten zettingsberekeningen voor bodemtype A1, A2 zonder verticale drainage

Netto ophoging [m t.o.v. NAP]	Bodem-opbouw	Overhoogte [m t.o.v. NAP]	Initiële zetting [m]	Extra tijdelijke overhoogte [m], restzetting < 0,1 m / 30 jaar		
				T <sub>voorbelasting</sub> = 270 dagen	T <sub>voorbelasting</sub> = 365 dagen	T <sub>voorbelasting</sub> = 550 dagen
+0,3	A1	1,5	1,2	x	1,5	0,75
	A2	1,7	1,4	x	x	1,50
+0,8	A1	2,4	1,6	x	x	x
	A2	2,6	1,8	x	x	x
+1,3	A1	3,2	1,9	x	x	x
	A2	3,4	2,1	x	x	x

x : niet haalbaar

Tabel 5-4 : resultaten zettingsberekeningen voor bodemtype A1, A2 inclusief verticale drains h-o-h 1,0 m

Netto ophoging [m t.o.v. NAP]	Bodem-opbouw	Overhoogte [m t.o.v. NAP]	Initiële zetting [m]	Extra tijdelijke overhoogte [m], restzetting < 0,1 m / 30 jaar		
				T <sub>voorbelasting</sub> = 270 dagen	T <sub>voorbelasting</sub> = 365 dagen	T <sub>voorbelasting</sub> = 550 dagen
+0,3	A1	1,5	1,2	0,5	0,5	0,25
	A2	1,7	1,4	0,5	0,5	0,25
+0,8	A1	2,4	1,6	1,0	0,75	0,75
	A2	2,6	1,8	1,0	0,75	0,75
+1,3	A1	3,2	1,9	1,25	1,25	1,0
	A2	3,4	2,1	1,25	1,25	1,0

Tabel 5-5: resultaten zettingsberekeningen voor bodemtype B1, B2 zonder verticale drainage

Netto ophoging [m t.o.v. NAP]	Bodem-opbouw	Overhoogte [m t.o.v. NAP]	Initiële zetting [m]	Extra tijdelijke overhoogte [m], restzetting < 0,1 m / 30 jaar		
				T <sub>voorbelasting</sub> = 270 dagen	T <sub>voorbelasting</sub> = 365 dagen	T <sub>voorbelasting</sub> = 550 dagen
+0,3	B1	1,0	0,7	0,25	0,25	0,25
	B2	1,2	0,9	0,75	0,5	0,25
+0,8	B1	1,9	1,1	0,75	0,5	0,5
	B2	2,2	1,4	2,0	1,5	1,0
+1,3	B1	2,6	1,3	1,0	1,0	1,0
	B2	2,9	1,6	x	x	1,5

Tabel 5-6 : resultaten zettingsberekeningen voor bodemtype A1, A2 **zonder** verticale drainage

Netto ophoging [m t.o.v. NAP]	Bodem-opbouw	Overhoogte [m t.o.v. NAP]	Initiële zetting [m]	Extra tijdelijke overhoogte [m], restzetting < 0,3 m / 30 jaar		
				T <sub>voorbelasting = 270 dagen</sub>	T <sub>voorbelasting = 365 dagen</sub>	T <sub>voorbelasting = 550 dagen</sub>
+0,4	A1	1,2	0,8	0,5	0,25	0,0
	A2	1,4	1,0	1,25	0,75	0,5
+0,9	A1	2,2	1,3	1,5	1,0	0,5
	A2	2,4	1,5	x	1,5	1,25
+1,4	A1	3,0	1,6	x	x	x
	A2	3,2	1,8	x	x	x

Tabel 5-7 : resultaten zettingsberekeningen voor bodemtype A1, A2 **inclusief** verticale drains h-o-h 1,0 m

Netto ophoging [m t.o.v. NAP]	Bodem-opbouw	Overhoogte [m t.o.v. NAP]	Initiële zetting [m]	Extra tijdelijke overhoogte [m], restzetting < 0,3 m / 30 jaar		
				T <sub>voorbelasting = 270 dagen</sub>	T <sub>voorbelasting = 365 dagen</sub>	T <sub>voorbelasting = 550 dagen</sub>
+0,4	A1	1,2	0,8	0,25	0	0
	A2	1,4	1,0	0,25	0	0
+0,9	A1	2,2	1,3	0,25	0,25	0
	A2	2,4	1,5	0,25	0,25	0
+1,4	A1	3,0	1,6	0,25	0,25	0
	A2	3,3	1,9	0,5	0,25	0,25

Tabel 5-8 : resultaten zettingsberekeningen voor bodemtype B1, B2 zonder verticale drainage

Netto ophoging [m t.o.v. NAP]	Bodem-opbouw	Overhoogte [m t.o.v. NAP]	Initiële zetting [m]	Extra tijdelijke overhoogte [m], restzetting < 0,3 m / 30 jaar		
				T <sub>voorbelasting = 270 dagen</sub>	T <sub>voorbelasting = 365 dagen</sub>	T <sub>voorbelasting = 550 dagen</sub>
+0,4	B1	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0
	B2	1,2	0,8	0,25	0,0	0,0
+0,9	B1	1,9	0,9	0,25	0,0	0,0
	B2	2,2	1,2	0,75	0,5	0,25
+1,4	B1	2,6	1,1	0,5	0,25	0,0
	B2	2,9	1,4	1,25	0,75	0,25

## 6. KWEL EN VERTICALE STABILITEIT

### 6.1. Algemeen

Binnen het projectgebied is sprake van een kwelsituatie. De stijghoogte in het watervoerend pakket is nagenoeg altijd hoger dan het gehanteerde oppervlaktewaterpeil. Door het waterschap is gevraagd na te gaan wat de verwachte kwel zal zijn in de volgende situaties:

- Bestaande situatie T=10 bij Hoogwater en Laagwater op de Waal;
- Nieuwe ontwerpsituatie T=10 bij Hoogwater en Laagwater op de Waal.

Door het waterschap wordt gesteld dat géén toename van de kwel mag optreden door herinrichting van het gebied. Daarnaast worden voorwaarden gesteld aan de berging van regenwater en het peilbeheer waarvoor binnen dit onderzoek geen berekeningen zullen worden uitgevoerd.

Zoals reeds aangegeven in paragraaf 4.4. is er nog geen inzicht in de maatgevende stijghoogte bij T=10 zuidelijk van de centraal gelegen watergang beschikbaar. Om die reden kan nog geen uitspraak worden gedaan over de maatgevende kwelsituatie en kan het vergelijk van de huidige en de toekomstige situatie nog niet worden gemaakt. Om echter een indruk te krijgen van de kwelverandering zijn oriënterende berekeningen uitgevoerd voor de meetdatum 5 april 2006 waarbij een afvoergolf met een herhalingsfrequentie van ca. 1x per jaar is gemeten.

#### ***Berekening volgens de methode van Mazure***

Om inzicht te krijgen in de omvang van de kwel zijn de aanvullende meetgegevens van 5 april 2006 gebruikt. Deze situatie komt overeen met een berekende rivierstand van ca. 1 keer per jaar.

De oriënterende berekening is uitgevoerd volgens de methode van "Mazure". De grondwaterstroming tussen een rivier en een polder vormt een complex proces. Indien het rivierpeil hoger is dan het constante polderpeil dan zal er een kweldebiet per strekkende meter uit de rivier het eerste watervoerend pakket instromen. Als gevolg van kwel door de deklaag neemt het debiet per strekkende meter in het eerste watervoerend pakket af met de afstand tot de rivier. Omdat eveneens de stijghoogte daalt, zal de kwel ook met de afstand tot de rivier afnemen.

Bij de oriënterende berekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Waterstand van de Waal d.d. 5 april 2006 van ca. NAP +2,6 m;
- Polderpeil bedraagt ca. NAP -1,0 m;
- De hydraulische weerstand van de deklaag (c-waarde) en de transmissiviteit (KD-waarde) van het 1<sup>e</sup> watervoerend pakket zijn berekend.

Bij de uitgevoerde oriënterende berekeningen is gebruik gemaakt van de analytische rekenmethode van Mazure. Voor het profiel, zoals weergegeven op bijlage 7004-0242-003-10, is de weerstand en de doorlatendheid van het eerste watervoerend pakket zodanig gevarieerd dat de berekende stijghoogten de gemeten stijghoogten van 5 april 2006 benaderen. Om een marginaal verschil te verkrijgen tussen de berekende en

de gemeten stijghoogte van 5 april 2006 dient ter plaatse van de Waal rekening te worden gehouden met een intree-weerstand en dient een significante weerstand van de deklaag (van ca. 3.500 dagen) te worden aangehouden. De kD-waarde van het eerste watervoerend pakket is bepaald op ca. 600 m<sup>2</sup>/dag. Dit houdt in dat met name door het bovenste deel van het eerste watervoerend pakket de stroming optreedt. Tevens wordt een intreeweerstand bij de Waal verwacht waarbij de stijghoogte in watervoerend pakket ca. NAP +1,9 m bedraagt. De projectlocatie ligt tussen ca. 600 en 1710 m afstand van Waal.

Tabel 6-1 : *Berekende stijghoogte en kwel op afstand t.o.v. de Waal*

Afstand tot Waal in m	0	600	1320	1360	1710
Huidig stijghoogte (m tov NAP)	1,9	0,92	0,17	0,14	-0,11
Huidige kwel (mm/dag) <sup>1)</sup>	-	0,548	0,333	0,324	0,255
Toekomstig stijghoogte(m tov NAP)	1,9	0,85	0,45	0,25	-0,13
Vershil stijghoogte (m)	0	0,07	0,28	0,11	0,02
Toename kwel (mm/dag)	0	0,045	0,012	0,011	0,003

- 1) De berekende hydraulische weerstand van de deklaag lijkt echter erg hoog, echter bij lagere weerstanden kunnen niet dergelijke stijghoogten worden berekend.

Ten oosten van het profiel is op bijlage 7004-0242-003-10 duidelijk zichtbaar dat de stijghoogte op dit deel van de projectlocatie betrekkelijk laag is. Op deze locatie bleek het niet mogelijk de genoemde parameters zodanig te veranderen dat de berekende stijghoogten de gemeten stijghoogten van 5 april 2006 benaderen.

Op basis van de meetgegevens van de stijghoogte van de diepe peilbuizen en de oriënterende berekeningen kunnen de volgende mogelijke oorzaken worden gezien:

1. De weerstand van de deklaag op de projectlocatie ter plaatse van de zandrug is laag, waardoor de stijghoogte wordt ontlast (zie zonering op bijlage 7004-0242-003-10). De zandrug heeft een "radiaal" effect op de stijghoogte waardoor deze als een soort ontwateringsmiddel optreedt. Aangezien de stijghoogte echter geheel zuidelijk van de locatie ook als laag is, lijkt deze benadering minder voor de hand liggend;
2. Of de stijghoogte is reeds vóór de projectlocatie door sterke kwel ter plaatse "ontlast", waardoor het verloop de stijghoogte over de projectlocatie kleiner is dan het verloop tussen de Waal en de projectlocatie. Gezien de lagere stijghoogte op het zuidelijke deel, lijkt dit meer aannemelijk. Dit zou betekenen dat tussen de Waal en de projectlocatie meer kwelplekken of ontwateringen aanwezig zouden moeten zijn waardoor de stijghoogte wordt gedraineerd.

Aangezien geen stijghoogtegegevens tussen de Waal en de projectlocatie beschikbaar zijn kan geen duidelijke uitspraak worden gedaan. Verwacht wordt dat de berekende kwel laag zal kunnen zijn. Of door een hoge hydraulische weerstand noodzakelijk om een dergelijke beperkte "afbouw" van de stijghoogte te kunnen realiseren, waardoor een laag kweldebiet zal optreden (westelijk deel projectlocatie). Of mogelijk doordat de stijghoogte zuidelijk van de projectlocatie al sterk is afgebouwd door lokaal sterkere kwel (oostelijk deel projectlocatie). Door de lagere stijghoogte blijft eveneens het kweldebiet beperkt.

Voor de situatie waarbij we rekening houden met een beperkte reductie van de deklaag door het aanbrengen van watergangen wordt in het Mazure-model uitgegaan van een reductie van de gehele weerstand van de deklaag. De watergang is in dit model niet specifiek te modelleren. De berekende vervangingsweerstand van de gehele deklaag reduceert met ca. 11%. De berekende toename van kwel varieert van ca. 8,2 % op de zuidelijke rand van de projectlocatie (ca. 600 m afstand van de Waal) tot ca. 1,3% op de meest noordelijke rand de projectlocatie (ca. 1.710 m afstand van de Waal).

### **Beperking van de kweltoename**

Om toename van de kwel te kunnen beperken is voor dit rapport gesteld dat gezocht moet worden naar een stabiele ingerichte situatie. De voor dit project verzamelde peilbuisgegevens tonen aan dat in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket stijghoogten kunnen voorkomen welke hoger zijn als het huidige maaiveld. Bij het ontgraven van de deklaag ontstaat het risico dat bij dergelijke hoge stijghoogten in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket de druk onder de resterende deklaag dermate groot wordt dat de verticale stabiliteit van de grondkolom onvoldoende is. In deze situatie kan de grond opbarsten.

Bij een dergelijke opbarsting kan zand met water vanuit het diepere pakket zich gaan verplaatsen in de deklaag waardoor uiteindelijk kwelplekken ontstaan waar meer permanent een grotere kwelstroom kan optreden. Omdat de ondiepe zandige stroomgeulen in contact staan met het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket is vanwege de beperkte dikte van de deklaag sprake van een verhoogd opbarstrisico.

Bij het ontwerpen van een watersysteem alsmede de voorbereiding van de aanleg van diepere bouwdelen, kelders en leidingen dient rekening te worden gehouden met opbarstrisico. In de volgende paragrafen wordt het opbarstrisico binnen het kader van de gewenste realisatie van nieuw open water op de projectlocatie nader geanalyseerd. In deze paragrafen zal richting worden gegeven aan de keuze en inrichting van het nieuwe watersysteem.

Na het beschikbaar komen van de maatgevende stijghoogtegegevens en na vaststelling van het ontwerp watersysteem, kunnen de kwelberekeningen worden uitgevoerd. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat een stabiele ontwerpsituatie zal worden gekozen.

## **6.2. Opbarstberekeningen**

Ter inventarisatie van het opbarstrisico in het projectgebied zijn voor verschillende locaties indicatieve opbarstberekeningen uitgevoerd. Deze opbarstberekeningen bestaan uit het bepalen van de maatgevende stijghoogte bij het gewenste slootbodenniveau van NAP -2,0 m (waterdiepte 1 m) en een polderpeil van NAP -1,0 m.

De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van het door de opdrachtgever verstrekte inrichtingsplan (SAB, december 2005).

### Noodzaak veiligheid op materiaalfactor

Conform NEN 6740 is gerekend met een veiligheid van 10% op de in het laboratorium vastgestelde volumegewichten door toepassing van een materiaalfactor ( $n=1,1$ ). Deze materiaalfactor is gebaseerd op statistische analyses en brengt de onzekerheid van het, ten opzichte van de omvang van het terrein, relatief kleine aantal laboratoriumtests in rekening. Indien de berekende stijghoogte lager is dan de op basis van meetgegevens te verwachten stijghoogte is sprake van opbarstrisico. Tevens zijn berekeningen uitgevoerd zonder toepassing van de materiaalfactor ( $n=1,0$ ).

Voor een robuust ontwerp van het watersysteem, wat gedurende lange tijd en in veranderende omstandigheden goed moet functioneren wordt aanbevolen te ontwerpen met materiaalfactor  $n=1,1$ .

### Scenario's

De volgend scenario's zijn doorgerekend:

- 1) Aanleg watergangen zonder verdere maatregelen (uitgangssituatie).
- 2) Aanleg watergangen met verzwaarde slootbodem (grind).
- 3) Aanleg watergangen met een beperkte diepte.

Opgemerkt wordt dat een aantal berekeningen alleen van toepassing zijn op het meest noordelijke gebied (Eilanden gebied en noordelijke zone) aangezien uit wordt gegaan van een aangenomen maatgevende stijghoogte van NAP +0,2 m. Omdat gedurende de looptijd van het project (vanaf zomer 2004) nog geen uitzonderlijk hoge rivierwaterstanden zijn voorgekomen kan voor het zuidelijk deel van het gebied (richting de Waal) nog geen maatgevende stijghoogte bepaald worden. Derhalve kunnen hier nog geen betrouwbare opbarstberekeningen gemaakt worden.

#### 6.2.1. Scenario 1 : aanleg watergangen zonder verdere maatregelen

De resultaten van de referentieberekening (scenario 1) zijn (per deelgebied) weergegeven in tabel 6-1. Een overzicht van de berekende maximale stijghoogten met en zonder een veiligheidsfactor is gegeven op bijlage 7004-0242-003-14 en -15.

Tabel 6-1 : *Indicatie maximale toegestane stijghoogte per deelgebied;*

Deelgebied	Maximaal toelaatbare (berekende) stijghoogte in m t.o.v. NAP		Toetsingswaarde in m. t.o.v. NAP	Beoordeling	Opmerking
	n=1,1	n=1,0			
NW gebied rond appartementen	-0,3 à +0,5	+0,3 à +1,3	+0,2	Kritisch	Er ligt westelijk ook water in de wijk
Westelijk deel centrale watergang	-0,3 à +0,1	+0,3 à +0,9	+0,2	Kritisch	Er ligt al een watergang
Centrale watergang ter plaatse van geul	-0,8 à -0,7	-0,6 à -0,5	+0,2	Groot risico	<b>Anders inrichten</b> (Er ligt al een watergang)
Oostelijk deel centrale watergang	-0,3 à -0,2	+0,2 à +0,4	+0,2	Kritisch	Er ligt al een watergang
NO eilandengebied	-1,0 à -0,3	-0,8 à -0,0	+0,2	Groot risico	<b>Anders inrichten</b>
ZO wadigebied	-0,6 à +0,2	-0,1 à +1,1	Onbekend <sup>1)</sup>	Kritisch	Wadi is een goede keuze
ZO watergang Hollandse Waterlinie	-0,2 à -0,1	+0,4 à +0,7	Onbekend <sup>1)</sup>	Kritisch	<b>Anders inrichten</b>
Geul (DKM114 en DKM106)	-0,9 à -0,5	-0,6 à +0,2	Onbekend <sup>1)</sup>	Groot risico	<b>Anders inrichten</b>

<sup>1)</sup> Nog onbekend maar veel hoger dan NAP +0,4 m (bij gemiddelde situatie gemeten in B3)

Uit de in tabel 6-1 gepresenteerde resultaten kan worden opgemaakt dat het verschil tussen rekenen met en zonder de materiaalfactor groot is. Met name door de beperkte dikte van de deklaag en het geringe volumieke gewicht van veen (nagenoeg gelijk aan dat van water), wordt in veel gevallen de mogelijkheid voor de aanleg van water als “kritisch” beoordeeld.

De kritische situatie betekent dat open water alleen kan worden gecreëerd indien niet gerekend wordt met veiligheid. Uitgaande van de normale rekenmethode, waarbij een veiligheid van 10% op het gewicht van de grond wordt aangehouden, kan in vrijwel alle gevallen géén open water worden aangelegd. Een aanpassing in het ontwerp van dit watersysteem is hierbij noodzakelijk.

In verschillende gevallen is reeds water aanwezig en bestaan er volgens zeggen geen aanwijzingen van opbarstingen uit het verleden. Dit bevestigt dat mogelijk water kan worden aangelegd, maar dan echter zonder handhaving van de theoretische veiligheid. Dit wordt als risicovol beoordeeld. De huidige labiele situatie kan niet middels berekeningen worden onderbouwd.

In verschillende gevallen wordt een “groot risico” aangeduid. In die gevallen kan ook zonder theoretische veiligheid, géén stabiele situatie worden berekend. Voorgesteld wordt voor deze gebieden, NO eilandengebied en watergangen ter plaatse van de kruising met de geul, een ander watersysteem te kiezen. De verwachting is dat ter plaatse van de zandige geulen aanwezige watergangen bij een historische hoogwatergolf zeker een verhoogde kwel zal optreden. Deze conclusie kan door de beheerder echter niet worden bevestigd.

#### 6.2.2. Scenario 2 : aanleg watergangen met verzwaarde slootbodemp (grind)

Bij deze berekeningen is uitgaande van het aangegeven watersysteem voor de noordelijke zone nagegaan tot welk niveau de stijghoogte zou mogen stijgen, uitgaande van aanbrengen van een ballastlaag van 0,5 m grind (volumegewicht 20 kN/m<sup>3</sup>). De overige uitgangspunten zijn gelijk aan de berekening voor scenario 1 (slootbodemp NAP –2,0 m, polderpeil NAP –1,0 m).

De resultaten van deze berekening (scenario 2) zijn weergegeven in tabel 6-2. Een overzicht van de berekende maximale stijghoogten, uitgaande van een veiligheidsfactor van n=1,1 is gegeven op bijlage 7004-0242-003-16.

Tabel 6-2 : indicatie maximale toegestane stijghoogte per deelgebied, met grind ballastlaag

Deelgebied	Maximaal toelaatbare (berekende) stijghoogte in m t.o.v. NAP		Toetsingswaarde in m. t.o.v. NAP	Beoordeling	Opmerking
	n=1,1	n=1,0			
Centrale watergang ter plaatse van geul	<b>-0,3</b>	<b>-0,15</b>	+0,2	Risico	Er ligt al een watergang
Oostelijk deel centrale watergang	+0,15 à +0,25	+0,6 à +0,9	+0,2	Mogelijk	Er ligt al een watergang
ZO watergang	<b>+0,3 à +0,5</b>	+0,9 à +1,2	Onbekend <sup>1)</sup>	Zuidelijk	Richting Waal

Hollandse Waterlinie				beperkt risico	meer hogere stijghoogten
<sup>1)</sup> Nog onbekend maar veel hoger dan NAP +0,4 m (bij gemiddelde situatie gemeten in B3)					

Indien wordt uitgegaan van aanbrengen van een dikte van 0,5 cm grindbed en uitgaande van een integrale ontgraving ter plaatse van de watergangen, wordt de situatie ter plaatse van de centrale watergang bij de geul nog steeds als risicovol beoordeeld. De berekende toegestane stijghoogte bedraagt ca. NAP -0,3 m, terwijl de een maximaal optredende stijghoogte van NAP +0,2 m wordt verwacht. De bodem zal dus nog steeds opbarsten. Een dikker ballastbed is noodzakelijk, of een ander ontwerp dient te worden gekozen (smallere, ondiepere watergangen).

In het oostelijke deel van de centrale watergang, buiten de geul, kan met toepassing van een ballastbed wel open water gerealiseerd worden.

Ook in het zuidelijk deel van het projectgebied nemen de mogelijkheden toe. De maatgevende stijghoogte bij T=10 is voor dit gebied nog niet bekend, maar zal naar verwachting hoger liggen dan NAP +0,4 m (is als gemeten bij gemiddelde situatie). Om die reden wordt hier nog steeds gesproken over “beperkt risico”.

### 6.2.3. Scenario 3: aanleg ondiepe watergangen

In de berekening voor scenario 3 is op basis van het voor het “Eilandengebied” aangegeven watersysteem nagegaan tot welk niveau de stijghoogte zou mogen stijgen, uitgaande van een ondiepere watergang met een slootbodem op NAP -1,5 m. Bij een aangehouden polderpeil van NAP -1,0 m bedraagt de waterdiepte dan 0,5 m.

De resultaten van deze berekening (scenario 3) zijn weergegeven in tabel 6-3. Een overzicht van de berekende maximale stijghoogten, uitgaande van een veiligheidsfactor van n=1,1 is gegeven op bijlage 7004-0242-003-17.

Tabel 6-3 : Indicatie maximale toegestane stijghoogte per deelgebied, met grind ballastlaag

Deelgebied	Maximaal toelaatbare (berekende) stijghoogte in m t.o.v. NAP		Toetsingswaarde in m. t.o.v. NAP	Beoordeling	Opmerking
	n=1,1	n=1,0			
NO eilandengebied	<b>-0,9 à -0,3</b>	<b>-0,6 à +0,0</b>	+0,2	Groot risico	<b>Anders inrichten</b>
ZO wadigebied	-0,4 à +0,2	<b>+0,3 à +1,0</b>	Onbekend <sup>1)</sup>	Kritisch	Richting Waal hogere stijghoogten verwacht
<sup>1)</sup> Nog onbekend maar veel hoger dan NAP +0,4 m (bij gemiddelde situatie gemeten in B3)					

Als alternatief voor het NO eilandengebied waar behoorlijk veel nieuw water gepland staat, is nagegaan of ter plaatse voor een ondieper watersysteem kan worden gekozen. Voor het NO eilandengebied wordt echter ook voor dit scenario, géén mogelijkheid gezien voor de aanleg van oppervlaktewater.



Voor het ZO wadgebied zijn de mogelijkheden in relatie tot de hogere stijghoogten eveneens beperkt waardoor verschuiving van dit watersysteem (omruilen wadi en eilandengebied) niet tot de mogelijkheden behoort.

### 6.3. Indicatieve ontwerpberekeningen

Gezien de ongunstige uitkomsten van de controleberekeningen voor het NO eilandengebied, is door de opdrachtgever verzocht enige indicatieve ontwerpberekeningen te maken ter vaststelling van qua opbarstrisico veilige slootprofielen.

Bij deze aanvullende berekeningen is de nadruk gelegd op het NO Eilandengebied waar oppervlaktewater noodzakelijk wordt geacht. De variabele bij deze berekeningen is het ontgravingsniveau van de slootbodems. Afhankelijk van dit ontgravingsniveau kan voor water, plas-dras zones, of voor grienden worden gekozen.

Gezien de onzekerheid in de werkelijk optredende maatgevende stijghoogte is op het gewicht van de grondlagen een materiaalfactor van 1,1 in rekening gebracht. De uitgangsstijghoogte is gelijk aan die in de controleberekeningen voor het noordelijke gebied (NAP +0,2 m).

De volgende berekeningen zijn uitgevoerd:

- Ontwerpberekening 1 : bepaling maximale ontgravingdiepte zonder toepassing ballast.
- Ontwerpberekening 2 : bepaling dikte ballastlaag (zand) uitgaande van keuze voor een plas-dras zone.

#### 6.3.1. Ontwerpberekening 1: Aanleg open water zonder ballast

In ontwerpberekening 1 is nagegaan tot welke diepte watergangen kan worden gegraven zonder toepassing van ballast op of in de slootbodem. Op basis van de per deelgebied verkregen resultaten is globaal nagegaan welke (cultuurtechnische) oplossingen de stabiliteit van de situatie kunnen vergroten.

Tabel 6-4 : *Berekend ontgravingsniveau, uitgaande van stijghoogte NAP +0,2 m*

Gebied	Sondering	Berekend max. ontgravingsniveau in m t.o.v. NAP	Mogelijkheden aanleg oppervlaktewater (uitgaande van polderpeil NAP -1,0 m)	Mogelijkheden aanleg grienden en greppels
NW gebied rond appartementen en Watergang westelijk van geul	DKM20 DKM112	-0,65 -0,7	Veiligheidsfactor is zeer bepalend. Bestaand open water ligt nabij. Uitvoeren in gunstige periode en zo mogelijk beperkt ballastlaag aanbrengen	Mogelijk deels alternatief. Voor watergang geen alternatief
Watergang ter plaatse van geul	DKM 208	-0,55	Met ballastlaag 0,5 m grind nog steeds opbarstrisico	Geen alternatief i.v.m. watergang
Deel watergang oostelijk van de geul	DKM118	-0,9	Aanbrengen ballastlaag van grind.	Geen alternatief i.v.m. watergang
Noordelijk gelegen	DKM219 DKM124	-1,0 -0,4	Aanbrengen ballastlaag van grind, ter plaatse van geul nog	Overwegend goed alternatief

watergang	DKM125	-0,6	steeds risico, lokaal kunnen plasbermen worden overwogen.	
Noordoostelijk deel watergang	DKM125	-0,6	Aanbrengen ballastlaag van grind, ter plaatse van geul nog steeds risico, lokaal kunnen plasbermen worden overwogen.	Goed alternatief
Hollandse waterlinie	DKM28	-0,6		
	DKM220	-0,6		
	DKM126	-1,0		
NO eilandengebied	DKM210	-0,4	Ter plaatse van DKM119 en DKM26 is geen water gepland. Bij overige locaties kan geen water worden aangelegd.	Mogelijkheden als greppels smal blijven en grienden boven water.
	DKM119	-1,3		
	DKM24	-0,3		
	DKM222	-0,3		
	DKM27	-0,45		
	DKM221	-0,2		
	DKM26	-1,0		

Ter plaatse van de watergang wordt, gezien de afvoerfunctie, géén mogelijkheid voor grienden voorzien. Met name ter plaatse van de geul is nog geen passende oplossing gevonden.

Voor het NO eilandengebied zijn de mogelijkheden voor oppervlaktewater voor een groot deel zeer beperkt. De deklaag is dermate dun dat bij een stijghoogte van NAP +0,2 m tot maximaal ca. NAP -0,4 m kan worden gegraven. Voorgesteld wordt hier een combinatie van grienden (ruim boven het polderpeil) in combinatie met ondiepe greppels van beperkte breedte te voorzien. Door "taludwerking" wordt de veiligheid dan beperkt vergroot.

Voor de zuidelijk gelegen deelgebieden zijn geen berekeningen uitgevoerd. Daar wordt een hogere stijghoogte verwacht, welke op basis van de beschikbare gegevens nog niet kan worden vastgesteld. Afgeraden wordt om in het zuidelijk deel van het projectgebied grote oppervlakten water te realiseren. Voor de watergang in noord-zuid richting dient rekening te worden gehouden met een ballastlaag. In het meest zuidelijke deel nabij de Waal wordt open water, in welke vorm dan ook, afgeraden.

### 6.3.2. Ontwerpberekening 2: Bepaling dikte ballastlaag (zand), uitgaande van plas-dras

Voor het NO Eilandgebied dient een oplossing te worden gevonden waarbij kan worden gekozen voor de aanleg van oppervlaktewater. Aanvullend zijn daarom berekeningen voor een aantal maatgevende sonderingen uitgevoerd waarbij de benodigde dikte van de ballastlaag is berekend, uitgaande van aanleg van een plas-dras zone. In overleg met de Gemeente Gorinchem is voor plas-dras zone uitgegaan van een waterdiepte van 0,3 m. In theorie kan een plas-dras zone worden aangelegd met variërende waterdiepten en droge zones. Op die wijze ontstaat een gevarieerde situatie met een (gemiddeld) hoger ontgravingniveau. Voorts zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Het oppervlaktewaterpeil wordt verhoogd van NAP -1,0 m (polderpeil) naar NAP -0,7 m.
- Als ballastbed voor de plas-dras zone wordt uitgegaan van integraal aanbrengen van een zandlaag (Volumegewicht 18 kN/m<sup>2</sup>).
- Er wordt geen rekening gehouden met zetting. Er wordt dus uitgegaan van een volledig theoretisch profiel. In de praktijk zal door zetting mogelijk extra zand noodzakelijk zijn, of zal een deel van de veenlaag vooraf moeten worden ontgraven.

- Nadat de zandlaag voor het ballastbed van de plas-dras zone is aangebracht, kan de watergang worden gegraven. Deze zal lokaal dieper moeten worden uitgegraven waarbij zand zonodig wordt vervangen door grind (Volumegewicht 20 kN/m<sup>2</sup>);
- Maximaal optredende stijghoogte NAP +0,2 m.
- Veiligheid op volumegewicht grondlagen n=1,1.

Opgemerkt wordt dat de toepassing van zand als ballast naar verwachting de meest eenvoudige uitvoeringsoptie is. Het op de juiste diepte aanleggen van de onderzijde van het ballastlichaam zal desondanks zeer nauwkeurige uitvoering vereisen.

In het huidige indicatieve ontwerpstadium is er voor gekozen de ontwerpberekening voor slechts 5 sondeerlocaties uit te voeren. Bij het uitwerken van het definitief ontwerp zijn uitgebreide stabiliteitsberekeningen en zakkingsberekeningen noodzakelijk.

Tabel 6-5 : Berekende dikte zandbed onder plas-dras zone bij integrale verlaging

Sondering nr.	Variant 1, bestaand polderpeil NAP –1,0 m		Variant 2, <b>verhoogd polderpeil</b> NAP –0,7 m	
	Niveau plasberm in m. t.o.v. NAP	Berekende zanddikte in m	Niveau plasberm in m. t.o.v. NAP	Berekende zanddikte in m
DKM112	-1,3	0,85	-1,0	0,35
DKM210	-1,3	1,35	-1,0	0,90
DKM222	-1,3	1,50 <sup>1)</sup>	-1,0	1,00
DKM221	-1,3	1,75 <sup>1)</sup>	-1,0	1,30
DKM125	-1,3	1,95	-1,0	1,50

1) Resterende dikte tussen onderzijde ballastbed van de plas-dras en het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket bedraagt ca. 1 m. Er ontstaat een risico voor directe kortsluiting.

Uit tabel 6-5 volgt dat de variatie in de benodigde dikte van het zand ballastbed groot is. Er zal in de gehele plas-dras zone een laagdikte van zand moeten worden aangebracht van ca. 0,9 à 1,5 m, uitgaande van een verhoogd polderpeil en een ondiepe plas-dras zone. Indien van het huidige polderpeil wordt uitgegaan dient nog meer zand te worden aangebracht.

Op verzoek van de opdrachtgever is voorts nagegaan welke aanvullende maatregelen getroffen moeten worden voor het creëren van een open watergang in de plas-dras zone. Deze zijn noodzakelijk om in afvoer van water te voorzien en tevens voor beheer en onderhoud. Deze watergang zou dan in de vorm van een sleuf door de plas-draszone aangebracht moeten worden. De gewenste slootbodembreedte bedraagt 2 m en er is een talud gewenst van 1:3. In de berekeningen is uitgegaan van het aanbrengen van extra ballast bestaande uit grind. De berekeningsresultaten zijn weergegeven in tabel 6-6.

Tabel 6-6 : Berekende dikte grindbed onder bodem watergang

Sondering nr.	Variant 1, bestaand polderpeil NAP –1,0 m		Variant 2, <b>verhoogd polderpeil</b> NAP –0,7 m	
	Niveau slootbodem in m. t.o.v. NAP	Berekende grinddikte	Niveau slootbodem in m. tov NAP	Berekende grinddikte

DKM112	-2,0	Niet nodig	-1,7	Niet nodig
DKM210	-2,0	0,4	-1,7	0,1
DKM222	-2,0	1,0 <sup>1)</sup>	-1,7	0,6
DKM221	-2,0	1,2 <sup>1)</sup>	-1,7	0,8
DKM125	-2,0	Niet nodig	-1,7	Niet nodig
1) Resterende dikte tussen onderzijde ballastbed van de watergang en het 1 <sup>e</sup> watervoerend pakket bedraagt lokaal minder dan ca. 1 m. Er ontstaat een risico voor directe kortsluiting.				

Uit de in tabel 6-6 gepresenteerde resultaten blijkt dat, vanwege de verzwaring onder de plas-dras zone de mogelijkheden voor het graven van smallere watergangen (bodembreedte ca. 2 m) toenemen. In enkele gevallen kan zelfs zonder aanvullende maatregelen worden gegraven.

Uitgaande van het verhoogde polderpeil is het in verschillende gevallen theoretisch nog noodzakelijk een beperkt deel van de zandlaag te vervangen door iets zwaarder grind. Hierdoor neemt lokaal de dikte van de resterende deklaag onder de ballastlaag af tot minder dan 1 m dikte. Het risico van directe kortsluiting met het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket wordt in enkele gevallen aanzienlijk geacht.

## 7. CONCLUSIES

### 7.1. Kwel

Binnen het projectgebied is sprake van een kwelsituatie. De stijghoogte in het watervoerend pakket is nagenoeg altijd hoger dan het gehanteerde oppervlaktewaterpeil. Door het waterschap wordt gesteld dat géén toename van de kwel mag optreden door herinrichting van het gebied. Daarbij wordt de ontwerpsituatie met een herhalingsfrequentie van 1x per 10 jaar ( $T=10$ ) maatgevend geacht.

Om toename van de kwel te kunnen beperken moet worden gezocht naar een stabiele ingerichte situatie. De voor dit project verzamelde peilbuisgegevens tonen aan dat in het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket stijghoogten kunnen voorkomen welke significant hoger zijn als het huidige maaiveld. Bij ontgraving van de deklaag kan daarbij de druk dermate groot worden dat de grond kan opbarsten. Omdat de ondiepe zandige stroomgeulen in contact staan met het 1<sup>e</sup> watervoerende pakket is vanwege de beperkte dikte van de deklaag sprake van een verhoogd opbarst risico. Indien de waterbodems opbarsten zal dit een forse toename van de kwel veroorzaken. Ter voorkoming van een extra kwel is de nadruk gelegd op het zoeken naar een robuust en duurzaam watersysteem waarbij voldoende weerstand is tegen opbarsten.

Op dit moment worden de stijghoogten gemonitord. Na het beschikbaar komen van de maatgevende stijghoogtegegevens en na vaststelling van het ontwerp watersysteem, kunnen de kwelberekeningen worden uitgevoerd. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat een stabiele ontwerpsituatie zal worden gekozen.

### 7.2. Verticaal evenwicht

De projectlocatie is op basis van terreingebruik globaal opgedeeld in deelgebieden, waarvoor in dit rapport voor de afzonderlijke berekeningen zijn gedaan. Gezien de variabiliteit in bodemopbouw en stijghoogte kunnen slechts in zeer algemene bewoordingen uitspraken gedaan worden welke betrekking hebben op het gehele projectgebied.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor theoretische profielen, waarbij geen rekening gehouden met horizontale stabiliteit en zakking. Eventueel optredende "randverschijnselen" dan wel "overgangsgebieden" zijn niet nader onderzocht.

De genoemde resultaten zijn oriënterend en richtinggevend voor het voorontwerp van een watersysteem. Bij vaststelling van het definitief ontwerp van het watersysteem dient rekening te worden gehouden met het uitvoeren van gedetailleerde opbarst-, zettings- en stabiliteitsberekeningen. Voor het zuidelijk terreindeel zijn dergelijke berekeningen pas verantwoord te maken na voltooiing van de nog in uitvoering zijnde grondwatermonitoring.

#### 7.2.1. Appartementengebouw

Oppervlaktewater in het noordwestelijke (NW) deel van het projectgebied bij de appartementen lijkt mogelijk. De afstand tot de rivier de Waal is maximaal. In de directe nabijheid ligt bestaand open water.

Indien wordt gerekend met veiligheden conform NEN 6740 word het maximale ontgravingsniveau beperkt tot NAP -0,7 m. Als alternatief kan ook worden gekozen voor een verhoogd polderpeil tot NAP -0,7 m, een plasberm tot NAP -1,0 m en een ballastlaag van 0,35 m zand. Watergangen met beperkte bodembreedte (2 m) kunnen zonder extra ballastlaag worden gegraven. Indien een grindbed van ca. 0,5 m wordt toegepast kan zonder specifieke beperkingen aan de breedte water worden gegraven.

Opgemerkt wordt dat westelijk van dit gebied inmiddels waterpartijen tot NAP -2,0 m zijn aangelegd. Indien géén veiligheid wordt gehanteerd, wordt net geen opbarsten berekend en zijn aanvullende maatregelen niet noodzakelijk, echter blijft een beperkt risico voor opbarsten aanwezig.

#### 7.2.2. Centrale watergang

De centrale watergang wordt onderscheiden in een westelijk deel, een deel ter plaatse van de kruising met de geul en een oostelijk deel.

Voor het westelijk deel wordt gerefereerd aan de situatie bij het appartementgebouw, wat betekend dat plasbermen, in combinatie met een beperkt ballastbed en in combinatie met een polderpeilverhoging kunnen worden overwogen. Indien een ballastbed van 0,5 m grind wordt toegepast, kan zonder specifieke beperkingen aan de breedte water worden gegraven.

Voor het oostelijk deel kan worden volstaan met het aanbrengen van een ballastbed (grind) onder de bodem van de watergang met een dikte van 0,5 m. Hierbij is gerekend met veiligheidsfactor  $n=1,1$ . Er zijn in dit geval geen specifieke beperkingen aan de breedte.

Voor het deel ter plaatse van de zandige stroomgeul zijn de mogelijkheden voor het creëren van open water zeer beperkt. De watergang met grotere diepte ligt al lange tijd op deze locatie en er zijn volgens de beheerder geen aanduidingen die wijzen op opbarsten. In theorie zal deze watergang (zeker bij hoogwatergolven) de omgeving zelfs draineren. Voor dit gebied wordt een grindlaag van 0,5 m onvoldoende dik geacht. Er is nog geen passende oplossing voor deze situatie.

#### 7.2.3. NO Eilandengebied

Tijdens de voortgang van het project is duidelijk geworden dat voor dit gebied de noodzaak voor het creëren van open water erg groot is. Voorgesteld is af te zien van oppervlaktewater en te kiezen voor een zelfde situatie als het zuidelijke wadgebied. In het algemeen kan, indien de ontgraving beperkt blijft tot NAP -0,3 à -0,4 m, veilig worden ontgraven. Lokaal kan dieper worden gegraven.

Binnen dit gebied komt in de deklaag de zandige stroomgeul voor. Dit betekent dat de resterende klei/veenlagen erg dun zijn en dus het gewicht tegen opbarsten zeer beperkt is. Indien voor dit gebied in permanent water moet worden voorzien wordt het volgende voorgesteld:

- Verhoging polderpeil tot ten minste NAP -0,7 m. Hierbij dient nog wel de ontwatering van het terrein in het oog te worden gehouden.
- Integraal aanbrengen van een zandlaag van een dikte van 0,9 tot 1,5 m, ónder de plasberm. De plasberm heeft een bodemniveau van NAP -1,0 m (0,3 m

waterdiepte). Dit is een theoretisch profiel dat moet blijven liggen. Rekening houdend met zetting zal waarschijnlijk een deel van de deklaag moeten worden ontgraven alvorens de ballastlaag kan worden aangebracht.

- In deze ballastlaag worden vervolgens watergangen van beperkte omvang (bodembreedte 2 m) gegraven. In een aantal gevallen dient hiervoor het zand ter plaatse van de watergang tot grotere diepte te worden ontgraven en te worden vervangen door grind (zwaarder materiaal). Door taludwerking is het in elke gevallen niet noodzakelijk nog een ballastbed aan te brengen en kan een watergang van beperkte afmeting zonder aanvullende maatregelen worden aangebracht.

#### *7.2.4. Oostelijke watergang, onderdeel Hollandse waterlinie*

Het terrein ten zuiden van de centrale watergang wordt aangelegd in een dikkere deklaag. Er zijn op dit moment nog géén maatgevende stijghoogtegegevens van dit zuidelijke deel naar de Waal beschikbaar. Wel is in de gemiddelde situatie al een stijghoogtedruk van NAP +0,4 m (fors boven maaiveld) aanwezig. Metingen door middel van dataloggers vinden plaats echter er zijn nog geen metingen bij een hoogwatergolf beschikbaar.

Voorgesteld wordt voor dit deel uit te gaan van een beperking van de waterdiepte en beperking van de afmetingen van de watergangen, bij voorkeur in combinatie met een polderpeilverhoging.

Aangezien geen meetgegevens beschikbaar zijn waaruit de maatgevende stijghoogte kan worden afgeleid, kan nog geen uitspraak worden gedaan over de omvang van een eventueel ballastbed.

#### *7.2.5. Zuidelijk Wadigebied*

Controleberekeningen tonen aan dat binnen dit gebied eveneens géén mogelijkheden zijn voor grote waterpartijen. De keuze voor een wadigebied is in dit geval een goede oplossing. De stijghoogte neemt in zuidelijke richting fors toe. Voor noodzakelijke afvoerende watergangen wordt eveneens voorgesteld uit te gaan van een verhoogd polderpeil in combinatie met ondiepe en smalle watergangen. Er kan nog geen uitspraak worden gedaan over de omvang van een eventueel ballastbed.

Kruisingen van nieuw te realiseren open water met de zandige stroomgeul worden richting de rivier de Waal zéér risicovol. De maatgevende stijghoogte zal fors hoger zijn dan de kruising van de centrale watergang met de zandige geul, waarvoor reeds nog geen passende oplossing is gevonden. Voorgesteld wordt zo mogelijk met duikerelementen verbindingen te werken om het risico verder te kunnen beperken.

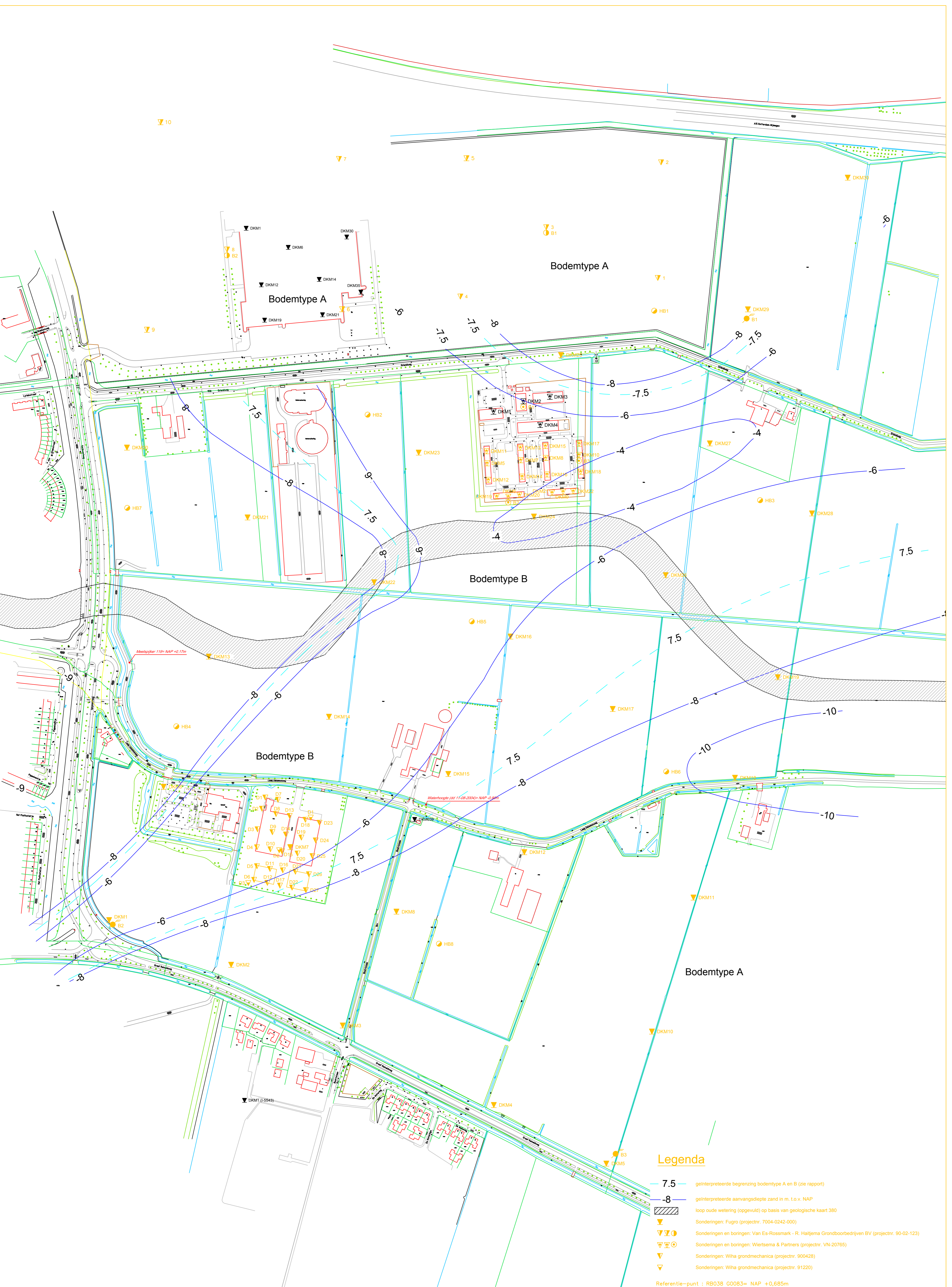
## 8. AANBEVELINGEN

Voorgesteld wordt het waterhuishoudingsplan uit te werken op basis van deze oriënterende gegevens. Na vaststelling van ontwerpvarianten kunnen uitgebreide controle berekeningen voor opbarsten in relatie tot zakking en stabiliteit worden uitgevoerd. De aangenomen maatgevende stijghoogte voor het noordelijke terreindeel (NAP +0,2 m) zal bij meer extreme hoogwaterafvoergolven worden overschreden. Om die reden dient bij het ontwerp uit te worden gegaan van een robuust en duurzaam ontwerp. Zo mogelijk dient op verschillende locaties oppervlaktewater te worden vermeden.

Bij ontgravingen van rioolsleuven en aanbrengen van putten en (DWA) pompgemalen en de watergangen dient eveneens rekening te worden gehouden met risico van opbarsten. Voor de aanleg van deze voorzieningen lijkt het aanbrengen van een spanningsbemaling noodzakelijk, afhankelijk van de actuele stijghoogte.

Voorgesteld wordt graafwerkzaamheden alleen uit te voeren bij lage en gemiddelde waterstanden op de Waal. Dit zal consequenties hebben voor het moment van aanleg en de duur en werksnelheid van deze werkzaamheden. Ook in deze situatie kunnen bij ontgravingen risico's optreden ten aanzien van opbarsten (zie eerdere berekeningen). Indien mogelijk kunnen ontgravingen in den natte worden overwogen of dient een spanningsbemaling te worden aangebracht. Voor grotere bouwprojecten, zoals bijvoorbeeld ondergrondse parkeerkelders, dient rekening te worden gehouden met de toepassing van onderwaterbeton.





- Legenda**
- 7.5 geïnterpreteerde begrenzing bodentype A en B (zie rapport)
  - -8 geïnterpreteerde aanvangsdiepte zand in m. t.o.v. NAP
  - loop oude wetering (opgevuld) op basis van geologische kaart 380
  - ▼ Sondringen: Fugro (projectnr. 7004-0242-000)
  - ▼ ○ Sondringen en boringen: Van Es-Rossmark - R. Hailjema Grondboorbedrijven BV (projectnr. 90-02-123)
  - ▼ ○ Sondringen en boringen: Wiertsema & Partners (projectnr. VN-20765)
  - ▼ ○ Sondringen: Wiha grondmechanica (projectnr. 900428)
  - ▼ ○ Sondringen: Wiha grondmechanica (projectnr. 91220)

Referentie-punt : RB038 G0083= NAP +0,685m  
 Locatie : BDR 'BERTHA'S HOEVE' LAAG-DALEMSEWG 20

Wijziging	A	25-11-2004	DKM4, DKM5, DKM10, DKM11, DKM26 t/m DKM28, B1 t/m B3 en HB1 t/m HB7	FDV
Fugro Ingenieursbureau B.V.		Kantoor Hardinxveld-Giessendam		
0184 - 620 700		Nijverheidsstraat 11 3371 XE Hardinxveld-Giessendam		
Get.:	FDV	Datum :	04-05-2004	Formaat : A1
SITUATIE MET SONDEERPUNTEN			Schaal :	1 : 2500
Gebiedsonderzoek Hoog Dalem te Gorinchem				Opdr. : 7004-0242-000
				Bijl. : 1A

Versie :      Revisie Datum :