

Notitie

Referentienummer
GM-0019170

Datum
10 juni 2011

Kenmerk
264346

Betreft
resultaten opbarstberekeringen middengebied ten behoeve van ontwerp Nieuwe Driemanspolder

In deze notitie wordt de opbarstveiligheid beschouwd ter plaatse van de ontgravingen ten behoeve van de diep gelegen delen in het Middengebied van de Nieuwe Driemanspolder. Opbarsten ontstaat wanneer korrelspanningen in de slecht doorlaatbare lagen wegvallen ten gevolge van een te hoge waterdruk in het onderliggende zandpakket. Door het ontstaan van een dergelijke hydraulische grondbreuk kunnen grote hoeveelheden kwelwater de ontgraving binnestromen en de hydraulische situatie structureel veranderen.

Achtereenvolgens komen in deze notitie de volgende onderdelen aan de orde:

- Uitgangspunten voor de berekeningen.
- Berekeningsresultaten.
- Conclusie en advies.

1 **Uitgangspunten voor de berekeningen**

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het onderstaande documenten:

- [1] Rapport met referentienummer I&M-1019517, "Geotechnisch Basisrapport" van Grontmij Nederland B.V.
- [2] NEN 6740, Geotechniek – TGB 1990 – Basiseisen en belastingen d.d. 2006.

De maximale gewenste diepte van ontgravingen ter plaatse van het Middengebied zijn vastgelegd op NAP -6,5 m. Hiertoe wordt er ten opzichte van het huidige maaiveld gemiddeld 1,75 meter afgegraven. Uitgangspunt is bij het ontgraven de freatische waterstand op het te ontgraven niveau (NAP -6,5 m) wordt gehouden.

De veiligheid tegen opbarsten is berekend uit het quotiënt van de neerwaartse verticale grondspanning op de onderkant van de afsluitende grondlaag en de daar aanwezige opwaartse verticale waterdruk. Voor de toetsing van opdrijven en opbarsten geldt een partiële factor op het gewicht van grond voor de ongunstige situatie waarbij $\gamma_{f,g} = 1,10$ [2]. In de formule op de volgende pagina is dit quotiënt uitgeschreven, hierin is SF de te berekenen veiligheidsfactor. Deze veiligheidsfactor dient derhalve minimaal 1,10 te bedragen.

$$FS = \frac{\sigma_{v;nw}}{p_{w;opw}} = \frac{\sum_i^n h_i \cdot \gamma_i}{H_w \cdot \gamma_w}$$

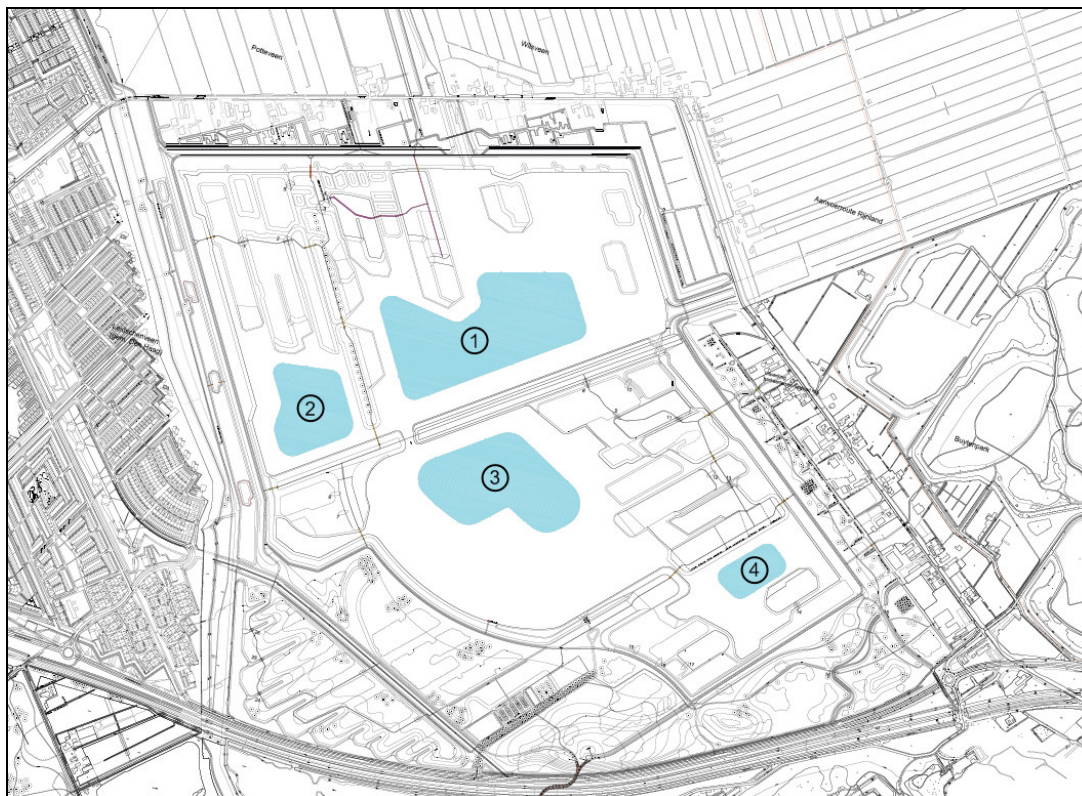
waarbij geldt:

- $\sigma_{v;nw}$ neerwaartse verticale grondspanning [kPa]
- $p_{w;opw}$ opwaartse druk grondwater [kPa]
- h_i dikte laag i [m]
- H_w maximale stijghoogte grondwater [m]
- γ_i volumegewicht laag i [kN/m³]
- γ_w volumegewicht water [kPa]

Ter bepaling van de opbarstveiligheid is een belangrijke parameter, de stijghoogte in het zandpakket onder de afsluitende grondlagen. De stijghoogten is overgenomen uit het Geotechnisch Basisrapport [1], deze zijn bepaald op basis van de TNO-kaart, hierin is een extra toeslag ter verdiscontering van de natuurlijke variatie toegepast. De in de berekening toegepaste stijghoogte varieert van circa NAP -3,6 m tot NAP -3,8 m.

De stijghoogten in eventuele lokale tussenzandlagen is door het ontbreken van peilbuisgegevens onbekend. Deze worden bij de bepaling van de opbarstveiligheid buiten beschouwing gelaten.

Er is onderscheidt gemaakt tussen vier onafhankelijke gebieden binnen het Middengebied, met een verdiepte ontgraving. Hiervan liggen er twee gebieden aan de noordzijde van de compartimeringsdam en twee aan de zuidzijde, in figuur 1 zijn deze gebieden aangegeven.



Figuur 1 Diep gelegen delen Middengebied N3MP

De grondopbouw wordt geschematiseerd op basis van de in tabel 1 aangegeven boringen. Omdat deze boringen niet tot de (Pleistocene zandlaag) zijn uitgevoerd, zijn deze aangevuld met de gegevens uit de nabij gelegen sonderingen. Een overzicht van de ligging van het toegepaste terreinonderzoek is opgenomen in bijlage 1. De boringen en sonderingen zijn in respectievelijk bijlage 2 en 3 gepresenteerd.

Tabel 1 *Maatgevende boringen/sonderingen*

	Boring [nr]	Sondering [nr]	Maaiveldhoogte [m tov NAP] ^{*2}	Opmerking
Gebied 1	KK081	SWK-18	-5,11	
	KK101	SWK-18	-4,53	
	KK107 ^{*1}	SWK-18	-4,55	Data boring KK099 is onbruikbaar
Gebied 2	KK033	SWK-28	-4,52	
	KK048	SWK-28	-4,85	
	KK059	SWK-28	-4,58	
Gebied 3	KK037	SWK-36	-5,12	
	KK040	SWK-36	-4,83	
	KK053 ^{*1}	SWK-36	-5,41	Boring KK053 is maatgevender tov KK052
Gebied 4	KK029	SWK-09	-4,52	
	KK045	SWK-09	-5,35	

^{*1} *Afwijkend van opgegeven boring*

^{*2} *Maaiveldhoogten zijn overgenomen uit AHN2*

In het Geotechnisch Basisrapport [1] is op basis van uitgevoerd laboratoriumonderzoek een dataset opgesteld voor de aanwezige grondsoorten in de N3MP. De volumieke gewichten van de onderscheiden grondsoorten zijn voor deze berekeningen overgenomen en zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 *Volumegewicht per grondsoort*

Grondsoort	Volumegewicht
	γ_d / γ_n [kN/m ³]
Veen >300	10,2 / 10,2
Veen <300 (kleiig)	11,3 / 11,3
Klei, humeus	13,5 / 13,5
Klei, siltig	15,5 / 15,5
Klei, zandig	17,4 / 17,4
Zand (tussenlaag)	18,0 / 20,0
Basisveen	12,0 / 12,0
Pleistoceen zand	18,0 / 20,0

Hierin is:

γ_d *aardvochtig volumiek gewicht*

γ_n *verzadigd volumiek gewicht*

2 Berekeningsresultaten

Op basis van de bovenstaande vermelde uitgangpunten is zowel de neerwaartse gronddruk als de opwaartse waterdruk berekend. De resultaten van deze berekeningen zijn weergegeven in bijlage 4. De opbarstveiligheid die optreedt bij het ontgraven van de diepe delen is eveneens weergegeven in bijlage 4 en is samengevat in tabel 3.

Tabel 3 **Berekende opbarstveiligheid per deelgebied**

	Boring [nr]	Opbarstveiligheid	Vereiste tbv opbarsten	Voldoet aan eis (ja / nee)
Gebied 1	KK081	1,09	1,10	Nee
	KK101	1,07	1,10	Nee
	KK107	1,10	1,10	Ja
Gebied 2	KK033	1,17	1,10	Ja
	KK048	1,12	1,10	Ja
	KK059	1,17	1,10	Ja
Gebied 3	KK037	1,12	1,10	Ja
	KK040	1,07	1,10	Nee
	KK053	1,12	1,10	Ja
Gebied 4	KK029	1,04	1,10	Nee
	KK045	1,01	1,10	Nee

Uit de berekeningen blijkt dat voor deelgebied 2 voor alle beschikbare boringen voldaan wordt aan de gestelde eis van 1,10. Voor de overige deelgebieden is niet voor alle beschouwde situaties aan deze eis voldaan. Wel wordt er voor alle onderzochte boorprofielen een opbarstveiligheid gevonden die groter is dan 1,0.

3 Conclusies en advies

3.1 Conclusie

Uit de berekende opbarstveiligheid blijkt dat alleen voor deelgebied 2 voldaan wordt aan de gestelde veiligheidseisen met betrekking tot opbarsten. Voor de overige deelgebieden wordt voor een of meerdere beschouwde situaties (boringen) niet aan de eisen voldaan, waardoor opbarsten theoretisch niet is uit te sluiten. Echter de veiligheid is overall groter dan 1,00.

Opgemerkt wordt dat de berekende situatie alleen tijdens uitvoering geldig is. Als er in de uiteindelijke situatie een streefpeil (circa NAP -4,85 m) wordt ingesteld in de piekberging, zal geen opbarsten meer kunnen optreden.

Uit de berekeningen blijkt tevens dat de resultaten heel erg gevoelig zijn voor de gekozen uitgangspunten. Een lichte aanscherping van deze uitgangspunten zal mogelijk een groot positief effect hebben op de berekende opbarstveiligheid.

Voor de delen waar de opbarstveiligheid in geding komt is het raadzaam om niet in den droge (grondwaterpeilverlaging tot NAP -6,5 m) te ontgraven maar dit in den natte te doen. Het minimale wateropzet dat gehandhaafd moet worden hebben we per deelgebied in tabel 4 aangegeven.

Tabel 4 Advies wateropzet per deelgebied

	Boring [nr]	Opbarstveiligheid "In den droge"	Vereiste tbv opbar- sten	Voldoet aan eis bij ontgraven in den droge (ja / nee)	Benodigd wateropzet voor veilig ontgraven (veiligheid 1,1) [m]	Benodigd grondwater- peil (afgerond) [m+NAP]
Gebied	KK081	1,09	1,10	Nee	0,14	-6,35
1	KK101	1,07	1,10	Nee	0,27	-6,20
	KK107	1,10	1,10	Ja	0	-6,50
Gebied	KK033	1,17	1,10	Ja	0	-6,50
2	KK048	1,12	1,10	Ja	0	-6,50
	KK059	1,17	1,10	Ja	0	-6,50
Gebied	KK037	1,12	1,10	Ja	0	-6,50
3	KK040	1,07	1,10	Nee	0,30	-6,20
	KK053	1,12	1,10	Ja	0	-6,50
Gebied	KK029	1,04	1,10	Nee	0,61	-5,85
4	KK045	1,01	1,10	Nee	0,99	-5,50

3.2 Advies

We adviseren om bij de ontgravingen in gebied 1 en 3 het waterpeil van NAP -6,20 m te hanteren bij het ontgraven in den natte en waterpeil van NAP -5,50 m in het gebied 4.

3.3 Aanbevelingen

Uit de berekeningen blijkt dat er twee belangrijke parameters zijn in de berekeningen die mogelijk aangescherpt kunnen worden, teneinde een nauwkeuriger (en mogelijk gunstiger) resultaat van de berekeningen te bereiken, deze zijn:

- A. stijghoogte in de (Pleistocene) zandlaag;
- B. grondopbouw en eigenschappen diepere grondlagen.

Ad A) Stijghoogte in Pleistocene zandlaag

De stijghoogte is bepaald op basis van de TNO-kaarten. Hierboven op is een marge ten behoeve van de natuurlijke spreiding gehanteerd. Mogelijk zou door middel van aanvullende peilbuizen een meer nauwkeuriger beeld van de stijghoogte verkregen worden, wat mogelijk een gunstiger resultaat oplevert.

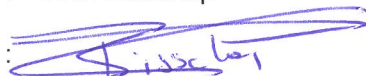
Ad B) Grondopbouw en eigenschappen diepere grondlagen

Het grondonderzoek in het middengebied heeft zich op dit moment uitsluitend gericht op de bovenste meters tot circa NAP -8,5 m à NAP -9,5 m. Uit een enkele uitgevoerde sondering (ten behoeve van de bruggetjes in het middengebied) is globaal de grondopbouw van de grondlagen daaronder tot de Pleistocene zandlaag ingeschat. Ook de eigenschappen (volumieke gewicht) zijn ingeschat op basis van het onderzoek dat heeft plaats gevonden in de bovenste grondlagen. Omdat dit enigszins onnauwkeurig is, zijn in de berekeningen voor de grondopbouw en eigenschappen conservatieve waarden ingeschat, wat mogelijk leidt tot overschatting van de berekende opbarstveiligheid.

Daarnaast wordt opgemerkt dat in de berekeningen een (freatische waterstand) is gehanteerd dat gelijk ligt met het toekomstige ontgravingsniveau. Vanuit de werkbaarheid (bereikbaarheid) van grond) is echter een drooglegging van circa 0,30 m wenselijk.

Als laatste wordt opgemerkt, zoals ook is opgenomen in het Geotechnisch Basisrapport dat uit de geomorfologische kaarten blijkt dat er mogelijk in het middengebied ook tussenzandlagen aanwezig zijn. Uit ervaring, met name ter plaatse van de Limietsloot, blijkt dat de zandlagen (vanaf circa NAP -8,0 m) mogelijk contact hebben met het Pleistocene zand. Deze zandtussenlagen zijn

niet aangetroffen in het uitgevoerde grondonderzoek van het middengebied. Het verdient aanbeveling om met de ligging van deze tussenzandlagen in het ontwerp rekening te houden.

Verantwoording**Projectnummer** : 264346**Referentienummer** : GM-0019170**Revisie** : D01**Datum** : 10 juni 2011**Auteur(s)** : ing. M.R. Schaap**E-mail adres** : waterbouw@grontmij.nl**Gecontroleerd door** : ir. C. Bisschop**Paraaf gecontroleerd** :**Goedgekeurd door** : ir. J. Steenbergen-Kajabová**Paraaf goedgekeurd** :