

Golfbaan stortplaats DOP-NOAP Rotterdam

Bodembeschermende voorzieningen

13 november 2007

Definitief rapport

9S4455.01

Barbarossastraat 35
Postbus 151
6500 AD Nijmegen
+31 (0)24 328 42 84 Telefoon
+31 (0)24 323 61 46 Fax
info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail
www.royalhaskoning.com Internet
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel	Golfbaan stortplaats DOP-NOAP Rotterdam
	Bodembeschermende voorzieningen
Verkorte documenttitel	Golf DOP-NOAP
Status	Definitief rapport
Datum	13 november 2007
Projectnaam	Golfbaan Rotterdam
Projectnummer	9S4455.01
Opdrachtgever	ProGolf
Referentie	9S4455.01/R0005/Nijm

Auteur(s)	A.A.M. Boerboom
Collegiale toets	A. Wiggers
Datum/paraaf	
Vrijgegeven door	A.A.M. Boerboom
Datum/paraaf	

INHOUDSOPGAVE

	Blz.
1 INLEIDING EN DOELSTELLING	1
1.1 Inleiding	1
1.2 Doelstelling	1
2 AFWATERING BIJ OPHOGING	2
2.1 Gebiedsindeling	2
2.2 Invloed ophoging op afwatering	2
3 DRAINAGESYSTEEM	6
3.1 Hemelwaterdrainage	6
3.2 Belasting en afvoercapaciteit drainagemat	7
3.3 Belasting en levensduur	7
3.4 Conclusie en aanbevelingen	8
4 AFDICHTINGSLAGEN	9
4.1 Algemeen	9
4.2 Zetting en klink van depot	11
4.3 Conclusie en aanbevelingen	13
5 DROOGLEGGINGSEIS	15
5.1 Inleiding	15
5.2 Gebruikte informatie	15
5.3 Droogleggingscriterium en controle	16
5.4 Bepalen van toelaatbare ophoging in verband met drooglegging	17
6 STABILITEIT	19
7 MAATGEVENDE FACTOREN BIJ OPHOGING	21
8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	24
8.1 Conclusies	24
8.2 Aanbevelingen	24
9 BRONVERMELDING	25

Bijlagen:

- Bijlage 1: Berekende toelaatbare bruto ophoging per zakbaaklocatie;
 Bijlage 2: Voorbeeld: bepaling van toelaatbare bruto ophoging
 (zakbaak B8, C8 en D8);
 Bijlage 3: Toelaatbare ophogingen in relatie tot de drooglegging.

1 INLEIDING EN DOELSTELLING

1.1 Inleiding

Progolf ontwikkelt plannen om op de gesloten stortplaats DOP-NOAP een 18 holes golfbaan aan te leggen. Bij het ontwerp van de golfbaan wordt rekening gehouden met de bodembeschermde voorzieningen, die bestaan uit een onderafdichting (deels), drainagesystemen voor afvoer van verontreinigd water, en een bovenafdichting met afdichtingslagen en een hemelwaterdrainagesysteem.

Op 5 december 2006 is tijdens een overleg met de heer Foppen van de provincie Zuid-Holland de notitie 'Toelaatbare belastingen Golfpark Rotterdam op de stortplaats DOP-NOAP' (Haskoning, 17 maart 2005) behandeld. Eerder is deze notitie besproken op 2 juni 2005, waarvan tijdens het overleg een verslag is overhandigd.

Uit de bespreking is gebleken dat de uitgangspunten voor de aanleg van de golfbaan op de stortplaats nader uitgewerkt en geactualiseerd moeten worden. Dit betreft de toelaatbare belasting van ophogingen (ondulaties) in relatie tot:

- afwatering van het terrein;
- drainagesysteem;
- afdichtingslagen;
- droogleggingseis.

Ruimtelijke aspecten zoals de maximale toegestane eindhoogte en de geometrie van de locatie en het omliggende terrein worden in dit rapport niet behandeld. Deze onderwerpen worden in het mer-traject nader vastgelegd en gelden mede als uitgangspunt bij het ontwerp.

Verder wil Progolf een tekening met daarop aangegeven de maximaal toepasbare terreinophogingen en bezoekfrequenties van de nazorgvoorzieningen. Progolf heeft hiervoor opdracht verleend op 25 januari 2007.

1.2 Doelstelling

Dit rapport heeft tot doel inzicht te geven in de mogelijkheden voor het aanbrengen van ophogingen in relatie tot de aanwezigheid en het beheer van de nazorgvoorzieningen van de DOP-NOAP.

2 AFWATERING BIJ OPHOGING

2.1 Gebiedsindeling

Op basis van de hoogtemetingen die door Gemeentewerken Rotterdam zijn uitgevoerd nadat de leeflaag is aangebracht, kan een ruwe indeling worden gemaakt in terreindelen die een zelfde variatie in hellingen van het talud hebben:

1. De hellingen aan de randen van de locatie zijn in het algemeen rond 1:7. Deze randen hebben een breedte van circa 50 meter aan het noordzijde van het terrein, en circa 20 meter aan de zuidzijde van het terrein.
2. De hellingen van het bovenvlak aan de noordzijde variëren van 1:20 tot 1:40.
3. Aan de zuidwestzijde variëren de hellingen van het bovenvlak van 1:40 tot 1:70, plaatselijk tot 1:100.
4. Aan de zuidoostzijde variëren de hellingen van het bovenvlak van 1:30 tot 1:80, plaatselijk tot 1:120.

Omdat de hellingen in deze notitie ook in procenten worden weergegeven, is ter indicatie in tabel 2.1 een omrekeningstabel opgenomen.

Tabel 2.1: Talud en hellingpercentage

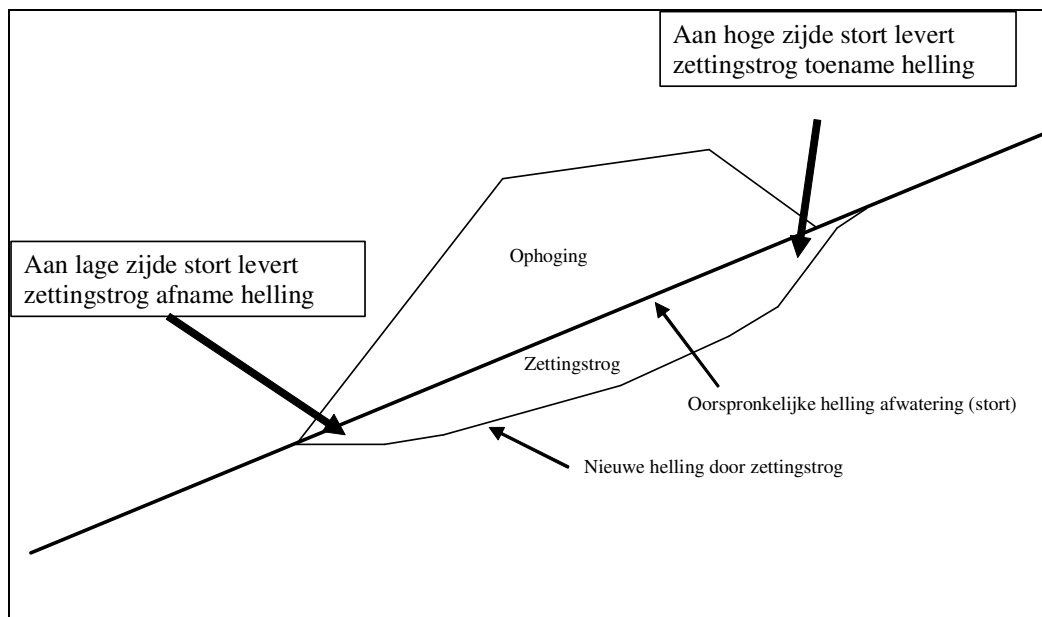
Talud	Helling
1: 100	1,0%
1: 80	1,3%
1: 70	1,4%
1: 50	2,0%
1: 40	2,5%
1: 30	3,3%
1: 25	4,0%
1: 20	5,0%
1: 7	14,3%

2.2 Invloed ophoging op afwatering

In de notitie van Royal Haskoning (Haskoning, maart 2005) is een berekening uitgevoerd naar de maximale zettingstrog bij verschillende ophogingen. De tabel en een principeschets uit deze notitie zijn onderstaand weergegeven en de toelichting is samengevat.

In figuur 2.1 is het principe van het zettingsverloop onder een ophoging en de hierbij veroorzaakte zettingstrog weergegeven. Onder het talud aan de hoge zijde van de stort zal een toename van de oorspronkelijke helling van de drainagelaag optreden, wat gunstig is voor de afwatering, zodat deze zijde van de ophoging geen beperkingen oplegt ten aanzien van de taludhelling. Aan de lage zijde van de stort zal een afname van de oorspronkelijke helling van de drainagelaag optreden, wat dus kan leiden tot stagnatie van de afwatering zodra de helling van de zettingstrog groter wordt dan de oorspronkelijke helling van de stort (ofwel een negatieve helling ontstaat).

Figuur 2.1: zettingstrog ter plaatse van ophoging (Haskoning, maart 2005)



Bij verschilbelastingen (verschillen in ophoging) loodrecht op de hoogtelijnen van de DOP-NOAP zal geen probleem voor de afwatering ontstaan. Onder de grootste belasting (in het midden van de ophoging) zal dan namelijk het diepste deel van de zettingstrog ontstaan, waardoor vanuit de directe omgeving drainagewater wordt “aangetrokken”. Maar doordat de zettingstrog meeloopt met de hellingsrichting blijft afwatering mogelijk.

Bij een verschilbelasting (verschillen in ophoging) evenwijdig aan de hoogtelijnen van de stort zal een zettingstrog evenwijdig aan de hoogtelijnen ontstaan. In tabel 2.2 is de maximaal te verwachten helling van de zettingstrog aangegeven bij verschillende berekende hoogten, taludhellingen en kruinbreedten.

Tabel 2.2: Berekende helling van de zettingstrog bij verschillende ophogingen (Haskoning, maart 2005)

	Taludhelling ophoging			
	1:2	1:4	1:8	1:15
Hoogte ophoging 0,5 m				
Kruinbreedte 2 m	1.2%	Niet berekend maar < 1.25%		
Kruinbreedte 5 m	1.4%			
Kruinbreedte 10 m	1.5%			
Hoogte ophoging 1 m				
Kruinbreedte 2 m	2.2%	1.9%	1.4%	0.8%
Kruinbreedte 5 m	2.5%	2.1%	1.4%	0.8%
Kruinbreedte 10 m	2.5%	2.1%	1.4%	0.8%
Hoogte ophoging 2 m				
Kruinbreedte 2 m	3.4%	2.5%	1.6%	0.9%
Kruinbreedte 5 m	3.6%	2.5%	1.6%	0.9%
Kruinbreedte 10 m	3.7%	2.5%	1.6%	0.9%
Hoogte ophoging 4 m				
Kruinbreedte 2 m	4.2%	2.7%	1.6%	0.9%
Kruinbreedte 5 m	4.3%	2.7%	1.6%	0.9%
Kruinbreedte 10 m	4.4%	2.7%	1.6%	0.9%
Hoogte ophoging 6 m				
Kruinbreedte 2 m	4.5%	2.7%	1.6%	0.9%
Kruinbreedte 5 m	4.5%	2.7%	1.6%	0.9%
Kruinbreedte 10 m	4.5%	2.7%	1.6%	0.9%

Om de afwatering bij ophogingen te kunnen waarborgen moet de helling van de leeflaag van de DOP-NOAP steiler zijn dan de in tabel 2.2 aangegeven percentages.

Bij flauwe ophoogtaluds (1:4 of flauwer) blijkt uit tabel 2.2 dat de maximale helling van de zettingstrog onafhankelijk wordt van de kruinbreedte en bij hoge ophogingen (4 m of hoger) ook onafhankelijk van de hoogte van de ophoging.

In tabel 2.3 zijn de mogelijke ophogingen weergegeven die zijn bepaald op basis van de afwatering aan de hand van een interpolatie van de in tabel 2.2 vermelde gegevens. Er is hierbij nog geen rekening gehouden met stabiliteit van de randen, de drainagemat, de zakkaken die onder de afdichtingslaag zijn achtergebleven en de droogleggingseis. Hier wordt verder in deze rapportage nader op ingegaan.

Tabel 2.3: Indicatie mogelijke ophogingen per terreindeel (op basis van afwatering)

Terreindeel (zie figuur 4.5)	(Variatie in taludhelling)		Mogelijke ophogingen	Opmerkingen
Randen	1:7	14,3%	Alle ophogingen zijn mogelijk vanuit het oogpunt van afwatering.	A, B
Bovenvlak noord	1:20 1:40	5% 2,5%	- Ophogingen tot 1 meter - Ophogingen tot 2 meter met een taludhelling van 1:4 of flauwer - Grotere ophogingen met taludhelling van circa 1:5 of flauwer (bij 6 meter ophoging en een kruinbreedte van 5 meter bedraagt de breedte dan tenminste 65 meter)	B
Bovenvlak zuidwest	1:40 1:70	2,5% 1,4%	- Ophogingen tot 0,5 meter met een taludhelling van 1:3 of flauwer - Ophogingen tot 1 meter met een taludhelling van 1:8 of flauwer - Grotere ophogingen met taludhelling van circa 1:10 of flauwer (bij 2 meter ophoging en een kruinbreedte van 5 meter bedraagt de breedte dan tenminste 45 meter)	B
Bovenvlak zuidoost	1:30 1:80	3,3% 1,3%	- Ophogingen tot 0,5 meter met een taludhelling van maximaal 1:2 (kruinbreedte van 4 meter) of flauwer (kruinbreedte onbeperkt) - Ophogingen tot 1 meter met een taludhelling van circa 1:10 of flauwer - Grotere ophogingen met taludhelling van circa 1:12 of flauwer (bij 2 meter ophoging en een kruinbreedte van 5 meter bedraagt de breedte dan tenminste 53 meter)	B

A: Bij ophogingen op de randen spelen andere dan alleen de afwatering een rol, zoals de geometrie en de stabiliteit van het talud en de ondergrond. Grote ophogingen zijn derhalve niet realistisch, en voor de stabiliteit dient een talud van 1:7 te worden gehandhaafd (zie hoofdstuk 6).

B: Bij ophogingen groter dan 1 meter zijn aanvullende drainagevoorzieningen nodig vanwege de beperkende afvoer van de drainagemat (zie hoofdstuk 3). Ter plaatse van de zakkaken die onder de afdichtingslaag zijn achtergebleven zijn ophogingen tot maximaal 2 meter toegestaan (zie hoofdstuk 4). De maximale ophoging in relatie tot de droogleggingseis (hoofdstuk 5) is hierin niet meegenomen.

3 DRAINAGESYSTEEM

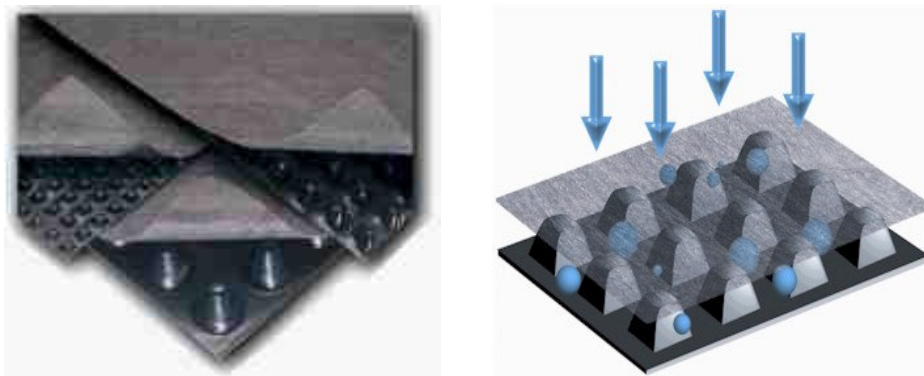
3.1 Hemelwaterdrainage

Tot de bodembeschermende voorzieningen van de DOP-NOAP behoort ook de bovenafdichting welke op het bovenzvlak van het stortlichaam is aangebracht. De bovenafdichting bestaat uit een steunlaag, een minerale afdichtingslaag (Trisoplast) en daarop een HDPE folie (2 mm). Op de HDPE folie is een drainagemat aangebracht, en daarop een 1 meter dikke leeflaag van grond.

Bij de DOP-NOAP zijn meerdere batches (diverse productiedata) van de noppendrainagemat ABG Finesse Pozidrain 6CAP 450 toegepast.

De drainagemat functioneert voor opvang en transport van hemelwater. Het overschot aan water dat in de leeflaag infiltreert wordt via een filterdoek in de drainagemat opgevangen (zie figuur 3.1). Het transport van water vindt plaats door de open ruimte tussen de noppen. Het verschil in afvoercapaciteit wordt bepaald door de hoogte van de noppen. De drainagemat kan niet meer water afvoeren dan dat via de open ruimtes tussen de noppen kan worden getransporteerd.

Figuur 3.1: ABG Finesse Pozidrain (bron: www.abg-geosynthetics.com)



De drainagematten die zijn toegepast op DOP-NOAP dienen conform de ontwerpdoelstellingen en bestekseisen te voldoen aan een afvoercapaciteit die geldt bij een belasting van 35 kPa (opgave GW Rotterdam). Omdat de afvoercapaciteit volgens Gemeentewerken niet overal aan de bestekseisen voldeed, zijn in 2006 extra afvoerdrains (die water uit de drainagemat afvoeren naar het oppervlaktewater) aangelegd om de afvoer van water te kunnen waarborgen.

In hoofdstuk 2 is ingegaan op de invloed van zettingen op de afwatering van de afvoerdrains en drainagematten. De invloed van ophogingen op de afvoercapaciteit van de afvoerdrains is niet relevant als er enkele meters ophoging plaatsvindt. Als in het ontwerp grote ophogingen (meer dan 2 meter) worden voorgesteld, dan kan de werking van de afvoerdrains ter plaatse van de ophogingen mogelijk worden beïnvloed. Zodra bekend is waar deze ophogingen zullen plaatsvinden moet worden getoetst of de afwatering door middel van afvoerdrains blijft werken, en zo nodig maatregelen worden genomen.

In de paragrafen 3.2 en 3.3 wordt nader ingegaan op de beïnvloeding van de drainagemat door ophogingen.

3.2 Belasting en afvoercapaciteit drainagemat

De belasting van 35 kPa komt overeen met een grondlaag van circa 2 meter dikte. Dit betekent dat de ontwerpcapaciteit van de drainagemat niet wordt verstoord indien ophogingen plaatsvinden van maximaal 1 meter op de al aanwezige leeflaag van 1 meter dikte.

Zodra de belasting verder toeneemt, neemt de afvoercapaciteit van de drainagemat af. De afvoercapaciteiten bij verschillende belastingen worden in productbladen weergegeven. Haskoning beschikt niet over het productblad van de toegepaste Pozidrain 6CAP 450.

Door productbladen van andere noppendrainagematten van dezelfde leverancier te vergelijken, blijkt dat de afvoercapaciteit met circa 20% (Pozidrain 6S 250) tot 35% (Pozidrain 6SDCAP/NW8) afneemt indien de belasting wordt verhoogd van 20 naar 100 kPa. De laagdikte die overeenkomt met 100 kPa is circa $100/18 \approx 5,5$ meter (inclusief de leeflaag). Deze inschatting zal aan het voor DOP-NOAP van toepassing zijnde productblad van de Pozidrain 6CAP 450 moeten worden getoetst.

3.3 Belasting en levensduur

Drainagematten kunnen in het algemeen een levensduur van 100 jaar en meer bereiken. Dit dient wel door middel van verouderingsproeven aangetoond te worden. Volgens een mededeling van Gemeentewerken Rotterdam is conform de bestekseisen (levensduur 100 jaar bij een druk van 35 kPa) verouderingsonderzoek op de drainagemat uitgevoerd. Op delen van de drainagemat die is aangelegd zijn door TNO verouderingsproeven uitgevoerd. De resultaten daarvan heeft Royal Haskoning niet beschikbaar gehad voor deze rapportage.

De methoden op het gebied van verouderingsonderzoeken van drainagematten zijn nog in ontwikkeling. In Duitsland is onderzoek gedaan naar het langeduur gedrag van drainagematten (Müller, februari 2006).

Door de druk die op een drainagemat optreedt, vindt vervorming plaats. Door (Müller, februari 2006) wordt opgemerkt dat bij stijve drainage-elementen, waartoe de noppendrainagemat ook behoort, op een bepaald moment de vervorming toeneemt waardoor stijve drainage-elementen kunnen bezwijken (inklappen). Volgens (Müller, februari 2006) is hierbij de belasting bepalend voor het tijdstip waarop een drainagemat bezwijkt: bij hogere druk zal een drainagemat eerder bezwijken. Dit is voor ieder type drainagemat verschillend en hieruit kan derhalve alleen een algemene conclusie worden getrokken die niet specifiek toepasbaar is voor de toegepaste Pozidrain 6CAP 450.

Er wordt vanuit gegaan dat het bezwijken op lange termijn optreedt, waarbij in de laboratoriumonderzoeken nog geen rekening is gehouden met het feit dat de situatie in het veld afwijkt van de laboratoriumopstelling; in de veldsituatie is veel minder zuurstof (die het verouderingsproces van HDPE veroorzaakt) aanwezig. In de praktijk zal de levensduur derhalve minder snel afnemen dan dat bij laboratoriumonderzoek wordt geconstateerd.

Voor zover bekend is het moment waarop een drainagemat in theorie bij een bepaalde belasting bezwijkt bij de desbetreffende noppendrainagemat, evenals bij de meeste andere momenteel toegepaste drainagematten, niet onderzocht.

Aangezien onderzoeksmethoden nog in ontwikkeling zijn, en het beschreven proces op lange termijn optreedt (zie opmerking over veldomstandigheden in de vorige alinea), zijn er nu geen aanwijzingen dat eventuele negatieve effecten in de komende decennia zijn te verwachten. Het is derhalve ook nog niet noodzakelijk om daarop vooruit te lopen door bij voorbaat aanvullende afvoersystemen aan te leggen.

3.4 Conclusie en aanbevelingen

Geconcludeerd wordt dat bij een ophoging met meer dan 1 meter boven de reeds aanwezige leeflaag de afvoercapaciteit zal afnemen. Hoewel geen gegevens specifiek voor de toegepaste noppendrainagematten bekend zijn, kan worden aangenomen dat de afname mogelijk circa 20 tot 35% bedraagt (zie paragraaf 3.2). Een toename van de belasting kan de levensduur van de drainagemat in theorie verkorten, waarbij moet worden opgemerkt dat methoden voor het bepalen van de (verschillen in) levensduur nog in ontwikkeling zijn, en voor zover bekend niet zijn toegepast op de bij DOP-NOAP gebruikte drainagematten.

Om het verlies aan afvoercapaciteit te compenseren zal bij de aanleg van ophogingen van meer dan 1 meter boven de leeflaag het aantal afvoerdrains moeten worden uitgebreid. Bijvoorbeeld door aan de hoge zijde van een ophoging (zie figuur 2.1) afvoerdrains aan te brengen. De afvoer van deze drains zal separaat van het bestaande systeem van afvoerdrains (zie tekening 20000799-Asbuiltdrainage_0, Gemeentewerken / Molhoek aannemingsbedrijf, 22 juni 2006) plaatsvinden.

Zodra bekend is waar grote ophogingen (meer dan 2 meter) zullen plaatsvinden moet worden getoetst of de afwatering door middel van afvoerdrains blijft werken, en zo nodig maatregelen worden genomen om de afvoercapaciteit van de afvoerdrains te waarborgen.

4 AFDICHTINGSLAGEN

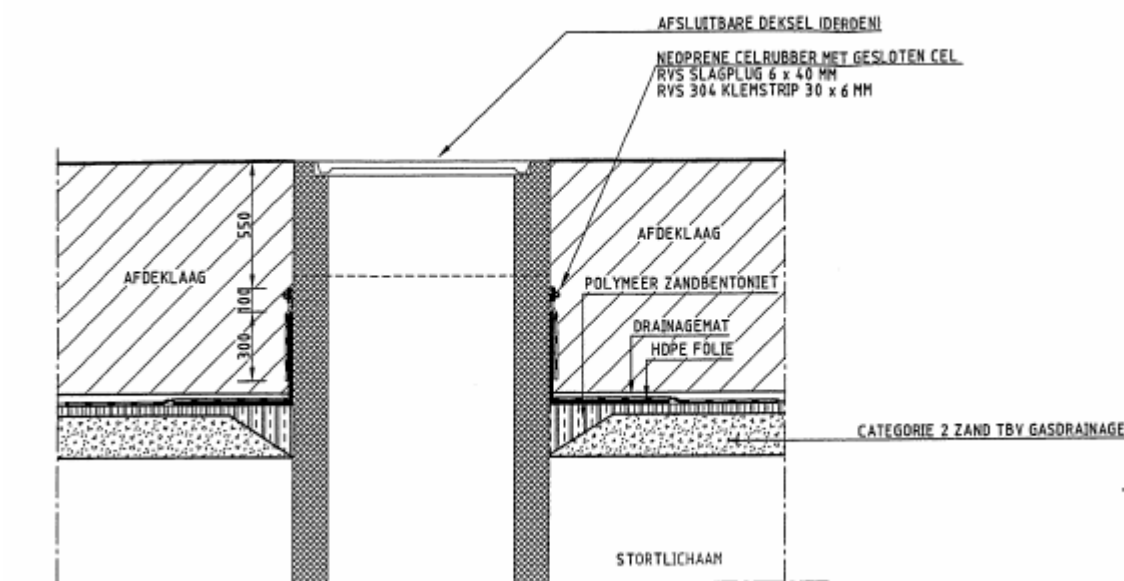
4.1 Algemeen

De afdichtingslagen van de bovenafdichting op de DOP-NOAP bestaan uit een HDPE folie en Trisoplast. Beide materialen kennen goede eigenschappen voor het opvangen van rek. Zolang geen zeer steile taludhellingen bij ophogingen worden toegepast zal de verschilzetting beperkt blijven.

Ter plaatse van de bestaande inspectieputten, pompputten en zakbaken (typen 1b en 2a) zijn doorvoeringen door de afdichtingslagen gerealiseerd (zie figuur 4.1, 4.2 en 4.3). Deze doorvoeringen zijn in staat beperkte zettingen op te vangen door middel van een telescopische verbinding (zie figuur 4.6). De overlap van de telescopische verbinding bedraagt circa 25 centimeter.

Volgens een besprekingsnotitie (email GW Rotterdam d.d. 10 mei 2005) zijn bij ophogingen groter dan twee meter (dus drie meter leeflaag) berekeningen nodig om aan te tonen of de zettingen niet tot problemen leiden.

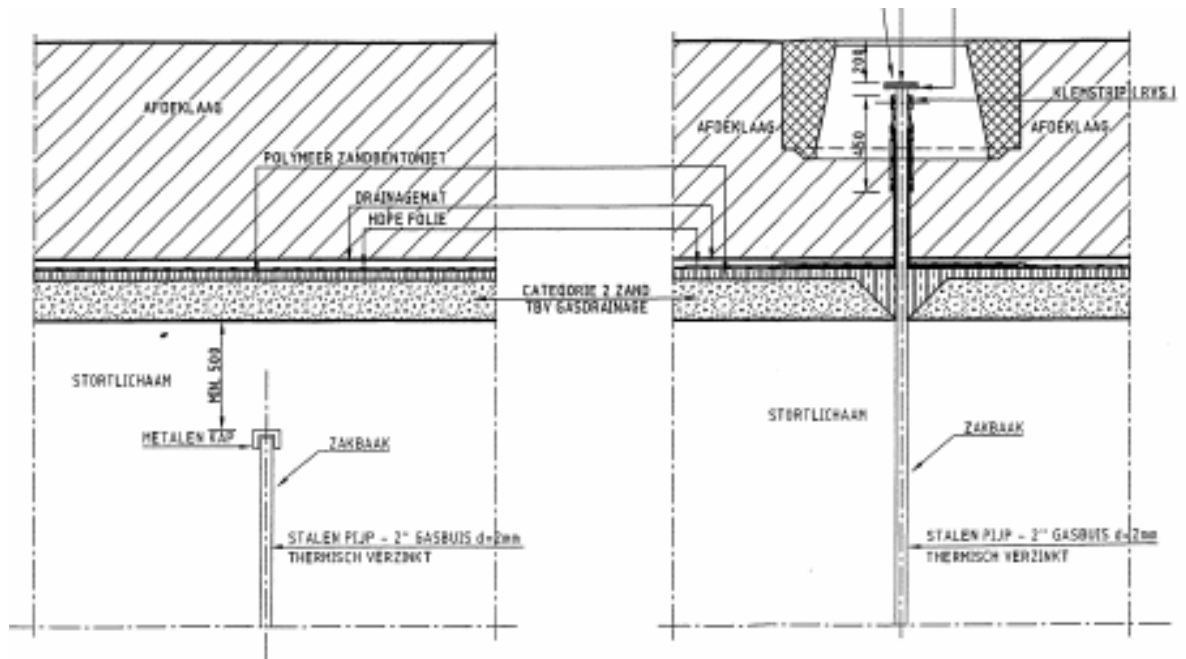
Figuur 4.1: Doorvoer van inspectieput (Gemeentewerken Rotterdam, februari 2002)



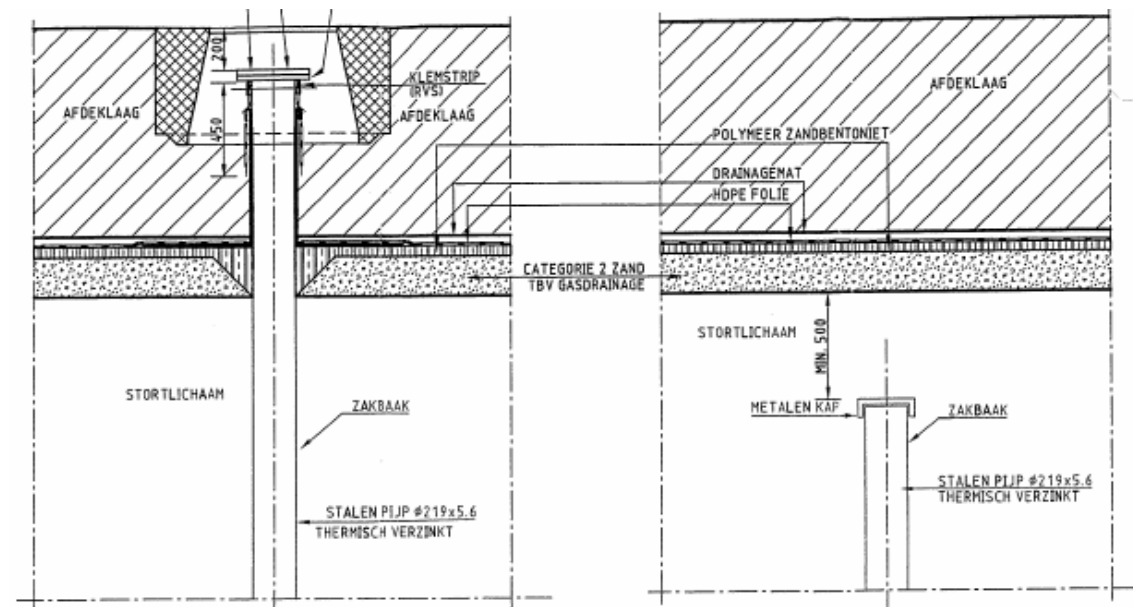
Veel zakbaken zijn voorafgaand aan de aanleg van de bovenafdichting afgebrand. De afstand waarop is afgebrand bedraagt volgens de besprekingsnotitie van 10 mei 2005 minimaal 0,7 meter onder de folie (dus circa 0,6 meter onder de Trisoplast). Dit komt overeen met de revisietekening (zie figuren 4.2 en 4.3).

Zodra een ophoging wordt aangebracht zal zetting optreden. De zetting die optreedt door het inklinken van het afvalpakket is maatgevend voor de maximale ophoging die ter plaatse van de afgebrande zakbaken is toegestaan. Om te voorkomen dat zakbaken de afdichting van Trisoplast en folie doorponsen wordt een veiligheidsmarge van 0,2 meter (0,3 meter onder de folie) aangehouden: een zetting van $(0,6 - 0,2) = 0,4$ meter is dan acceptabel.

Figuur 4.2: Afgebrande zakbaak type 1a, en doorvoer van zakbaak type 1b (Gemeentewerken Rotterdam, februari 2002)



Figuur 4.3: Doorvoer zakbaak met peilbuis type 2a, en afgebrande zakbaak met peilbuis type 2b (Gemeentewerken Rotterdam, februari 2002)

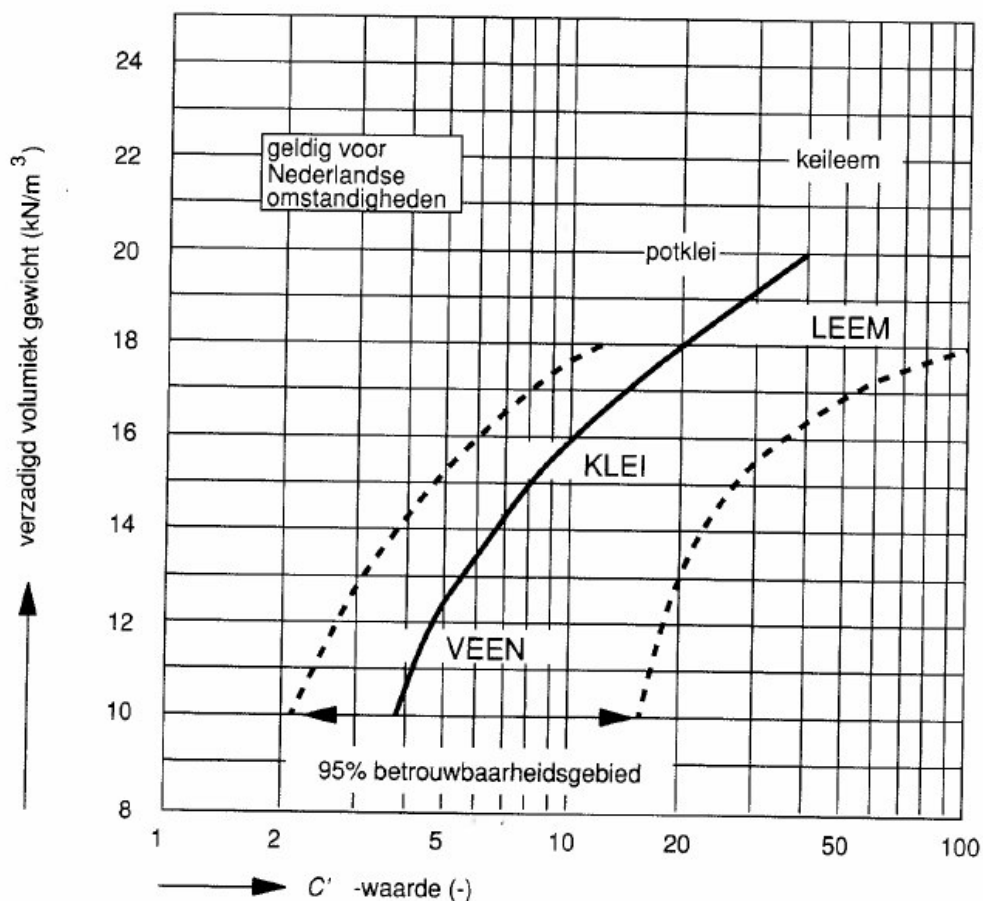


4.2 Zetting en klink van depot

De zetting en klink van het depotmateriaal als gevolg van ophoging is berekend met de volgende uitgangspunten/aannamen:

- Het bulk volumegewicht van het depot-materiaal is éénmalig gemeten en bleek globaal overeen te komen met 17 kN/m^3 (mondeling verstrekte informatie van Gemeentewerken Rotterdam). Het watergehalte in het depot is na het aanbrengen van de bovenafdichting door ontwatering verder afgenomen. Aangenomen wordt dat het bulk volumegewicht van onverzadigd stortmateriaal momenteel gelijk is aan 15 kN/m^3 (overeenkomend met oorspronkelijke ontwerpuitgangspunten GWR rapport 91-181/A) en het verzadigd volumegewicht gelijk is aan ca. 18 kN/m^3 .
- Voor klei-, leem- en veengrond bestaat er een redelijk correlatie tussen het verzadigd volumegewicht en de gemiddelde (overall) samendrukkingscoëfficiënt C'_{10000} voor een periode van 10000 dagen (ca. 30 jaar), zie figuur 4.2. Bij een verzadigd volumegewicht van 18 kN/m^3 wordt volgens deze figuur een samendrukkingscoëfficiënt geschat van $C'_{10000} = 11$ à 100. In dit geval wordt uitgegaan van $C'_{10000} = 11$.
- De onzekerheid van een zettingsberekening op basis de beschikbare informatie is groot. In de gepresenteerde zettingsvoorspellingen (tabel 4.1) is een onzekerheidsmarge van 30% verwerkt. Dat wil zeggen dat de berekende zettingen zijn vermenigvuldigd met een factor 1,3;
- Berekeningen zijn uitgevoerd met de zettingsformule van Terzaghi waarbij geen onderscheid wordt gemaakt tussen primaire en seculaire zetting;
- Er wordt uitgegaan van volledig anaëroob depot materiaal. Zetting of klink als gevolg van oxidatieprocessen wordt niet in beschouwing genomen.
- Depotdikte varieert van 5 tot 15 meter (top). Voor verschillende depotdiktes is de te verwachten zetting bepaald;
- De freatische grondwaterstand is gelijk aan de onderzijde van het depot;
- Gemiddeld soortelijk gewicht leeflaag en nieuwe ophogingen (aanleg golflandschap): 18 kN/m^3 .

Figuur 4.4: Gangbare relaties tussen verzadigd volumegewicht en (overall) samendrukkingsconstante C' ($t=10000$ dagen)



In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de berekende zettingen van het depotmateriaal zelf (dus exclusief de zetting van de zool van de ophoging) voor diverse ophogingen en diverse depot diktes, variërend van 5 tot 15 meter.

Tabel 4.1: Berekende zettingen van het depotmateriaal voor verschillende laagdikten (leeflaag en ophoging) en diverse depot diktes

Laagdikte (leeflaag en ophoging)		korrelspanning in depot voor ophoging op verschillende dieptes			totaal zetting 10000 dagen bij verschillende depotdiktes		
Hoogte (inclusief leeflaag)	Belasting	diepte =			depotdikte =		
		2.5 m	7.5 m	12.5 m	5 m	10 m	15 m
[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[m]	[m]	[m]
1 (leeflaag)	18	37.5	112.5	187.5	0.10	0.14	0.16
2	36	37.5	112.5	187.5	0.17	0.24	0.29
3	54	37.5	112.5	187.5	0.23	0.33	0.39
4	72	37.5	112.5	187.5	0.27	0.40	0.49
6	108	37.5	112.5	187.5	0.35	0.52	0.64

Uit tabel 4.1 blijkt dat voor een depotdikte van 15 meter en een laagdikte van 4 meter (inclusief leeflaag) een zetting is berekend van 0,49 meter. Dit is niet toelaatbaar omdat de verborgen afgebrande zakbakens in dat geval de zandlaag van de bovenafdichting van het depot zullen raken. In paragraaf 4.1 is aangegeven dat een berekende zetting van 0,40 meter acceptabel wordt geacht. In dat geval is een ophoging tot maximaal 3 meter (inclusief leeflaag) ter plaatse van de aanwezige zakbaken nog acceptabel.

De verdeling van de typen zakbaken is in figuur 4.5 weergegeven.

Figuur 4.5: Verdeling typen zakbaak (raster volgens nummering zakbaken van Gemeentewerken Rotterdam) en verdeling deelgebieden (zie tabel 2.3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
15				2a	2b	2a											
14			1a	1a	1a	1a	1a	1a									
13		2a	2b	2a	2b	2a	2b	2a	2b								
12	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a							
11	2b	2a	2b	2a	2b	2a	2b	2a	2b	2a	2b	2a	2b	2a	1b		
10	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1b	1b	1a	1a	1a	1a	2b	1a	1a
9	2b	2a	2b	2a	2b	2a	2b	2a	1b	2a	2a	2a	2b	2a	1a	2a	2b
8	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1b	1b	1a	1a	1a	1b	1a	1a	1a
7	2b	2a	2b	2a	2b	2a	2b	2a	2a	2a	2b	2a	2b	2a		2a	
6	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	--								
5	2b	2a	2a	2a	2b	2a	2b	2a	2b								
4	1a	1b	1b	1a	1b	1a	1a	1a	1a								
3	2b	2a	2b	2a	2b												
2	1a	1a	1a	1a	1a												
1		2a															

	Rand
	Noord
	Zuidwest
	Zuidoost

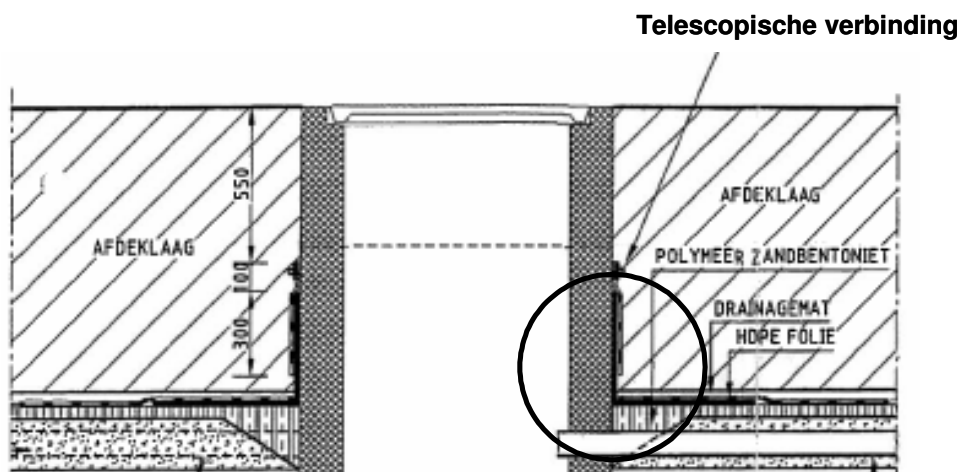
4.3 Conclusie en aanbevelingen

Door ophoging van het terrein treden zettingen op. Uit de berekeningen blijkt dat bij de afgebrande zakbaken, typen 1a en 2b, ophogingen kunnen plaatsvinden tot circa 2 meter (bij en soortelijk gewicht van gemiddeld 18 kN/m³) voordat een te grote zetting optreedt met schade aan de afdichtingslagen tot gevolg. Dit geldt naar schatting voor een zone rondom de zakbaken met een straal van circa 10 meter. Indien voor de aanleg van de golfbaan grotere ophoging niet te vermijden zijn, dan zullen specifieke maatregelen getroffen moeten worden. De voorkeur bestaat in dat geval om lichter materiaal toe te passen om zodoende de gewenste hoogte te bereiken zonder dat de belasting meer toeneemt.

Zodra ophogingen plaatsvinden bij voorzieningen die nog in gebruik zijn (Haskoning, november 2005) moeten de putten worden aangepast aan de ophoging. Dit betreft inspectieputten, pompputten en zakbaken typen 1b en 2a. Bij aanpassing van de putten dient rekening te worden gehouden met de zettingen die nog te verwachten zijn bij de desbetreffende ophoging. De telescopische verbinding (zie figuur 4.6) zal daarbij voorafgaand aan de ophoging aangepast moeten worden om de extra zetting te kunnen opvangen. Dit kan worden gerealiseerd door de opstaande folierand en de overlap te verlengen met een lengte die groter is dan de maximaal te verwachten zetting.

Het verdient overigens de voorkeur om het aantal ophogingen bij de deze voorzieningen tot een minimum te beperken.

Figuur 4.6: Telescopische verbinding inspectieput



5 DROOGLEGGINGSEIS

5.1 Inleiding

De stortplaats DOP-NOAP is aangelegd op een baggerspeciedepot. In de voorbereidingsfase en de exploitatiefase is rekening gehouden met zetting van de baggerspecie en de ondergrond. Deze zetting is in relatie tot de droogleggingseis maatgevend geweest voor de eindhoogtes van de DOP-NOAP. In paragraaf 5.2 is aangegeven welke rapporten aan de berekening van de zetting ten grondslag hebben gelegen.

Als gevolg van de zetting vindt uittreding van consolidatiewater vanuit het baggerspeciedepot plaats. Dit water wordt afgepompt en geloosd. De hoeveelheid vrijkomend consolidatiewater en infiltrerend hemelwater neemt af, waardoor op langere termijn de grondwaterstand onder het stort daalt tot een niveau dat gelijk is aan de grondwaterstand van het Pleistoceen (eindsituatie).

Zodra ophogingen voor de golfbaan worden aangebracht, zal dit invloed kunnen hebben op de drooglegging zowel in de eindsituatie als de periode daarvoor. Om te voorkomen dat de drooglegging in de eindsituatie geen probleem vormt is in dit hoofdstuk berekend welke ophogingen in relatie tot de drooglegging nog toelaatbaar zijn. Ophogingen zullen vooral mogelijk zijn op plaatsen waar tijdens de exploitatie nog voldoende overhoogte beschikbaar was die niet is gebruikt vanwege de bolvormige afwerking van de stortplaats.

Voordat de eindsituatie is bereikt wordt het afvalpakket droog gehouden door het afpompen van consolidatiewater. Door het aanbrengen van extra ophogingen bestaat de mogelijkheid dat er meer en langer gepompt moet worden om de drooglegging te kunnen waarborgen. Nadat er een ophoogplan beschikbaar is dient te worden nagegaan welke gevolgen de ophoging heeft voor de grondwaterstand en wat de consequenties zijn voor de beheersing van het grondwaterpeil. In overleg met de provincie Zuid-Holland heeft het Golfcentrum aangegeven dat men bereid is om afspraken te maken over vergoeding van het afpompen van extra consolidatiewater.

5.2 Gebruikte informatie

Voor het bepalen van de zetting van het Holocene pakket en het aangebrachte slib onder de zool van het depot is gebruik gemaakt van ontwerpberekeningen en zettingsmetingen zoals uitgevoerd door Gemeentewerken Rotterdam. De volgende rapporten zijn gebruikt:

- Rapportage Eindhoogtes DOP, rapport 91-181/BA (31 maart 2003, Gemeentewerken Rotterdam)
- Extra capaciteit DOP-NOAP, rapport 91-181/U (26 maart 1999, Gemeentewerken Rotterdam)
- DOP Noordpunt Oost-Abtspolder - Zettingsverwachting, 91-181/A (Gemeentewerken Rotterdam)
- DOP Noordpunt Oost-Abtspolder - Restzetting door opgebrachte slib, 91-181/B (Gemeentewerken Rotterdam)
- Geotechnische aspecten inrichting Noordpunt Oost-Abtspolder als DOP, 89/063/A (Gemeentewerken Rotterdam)

De last-zakkings curves behorende bij het ontwerp (bruto ophoging stort versus berekende eindzetting) zijn digitaal aangeleverd door de Gemeentewerken Rotterdam (file: tabel DCMR.xls).

5.3 Droogleggingscriterium en controle

Door Gemeentewerken Rotterdam is uitgegaan van het volgende criterium ten aanzien van de drooglegging van de onderkant van het depot:

“Voor het bepalen van de extra capaciteit is ervan uitgegaan dat de veiligheidsmarge van 0,7 m tussen de (ontwerp) onderkant vervuilde grond en Pleistocene stijghoogte met 95% zekerheid in stand blijft.” (91-181/U)

Hierbij wordt opgemerkt dat alleen naar de eindsituatie is gekeken. Dus de situatie waarbij het theoretisch zettingsproces voor 99% is beëindigd en waarbij de grondwaterstand onder het stort zich volledig heeft aangepast aan de stijghoogte in het Pleistocene pakket.

Hieronder is een beknopte samenvatting gegeven van de werkwijze voor de controle van de droogleggingsseis zoals toegepast door Gemeentewerken Rotterdam. Voor meer uitgebreide achtergronden wordt verwezen naar de rapportages 91-181/U en 91-181/BA.

Voorafgaand aan de ingebruikname van het depot is een zettingsvoorspelling gemaakt op basis van de gecombineerde zettingsformule Terzaghi-Keverling Buisman volgens Koppejan. De samendrukkingsparameters en consolidatiecoëfficiënten zijn bepaald op basis van grondonderzoek dat voor de ingebruikname op het terrein is uitgevoerd.

Daarnaast zijn de volgende uitgangspunten in deze zettingsberekening gehanteerd:

- aandeel primaire zetting 60%, aandeel seculaire zetting 40% (rapport 89/063/A)
- initiële grondwaterstand: NAP+1,00m (rapport 89/063/A)
- tweezijdige drainage (rapporten 89/063/A, 91-181/A en 91-181/BA)
- volumegewicht depot 15 kN/m³ (rapport 91-181/A)
- eindafdichting 1,3 m bovenop eindophoging depot (rapport 91-181/BA)
- onnauwkeurigheidsmarge zettingsberekening +/- 30 % (rapporten 89/063/A en 91-181/A)
- bodemopbouw op basis van sonderingen. De zetting is per sondering bepaald.
- de restzetting van het Holocene pakket als gevolg van het aanbrengen van het slib voorafgaand aan de ingebruikname van het DOP is apart bepaald. Deze restzetting is opgeteld bij de zetting a.g.v. het depotmateriaal. (rapport 91-181/B).
- het effect van een grondwaterstandsverlaging (van de initiële grondwaterstand naar een waterstand die overeenkomt met de stijghoogte in het Pleistoceen) is verdisconteerd in de zettingsberekeningen (rapport 89/063/A).

Na ingebruikname van het stort zijn de zettingen gevolgd door middel van zakkbaken verspreid over het terrein. De gemeten zettingen zijn vergeleken met de berekende zettingen, hierbij is globaal als volgt te werk gegaan (rapporten 91-181/U en 91-181/BA):

1. voor een vijftal locaties is het tijd-zettinggedrag nagerekend bij het werkelijke stortschema. Op deze wijze is de ontwerp-consolidatiecoëfficiënt geëvalueerd. Uit de evaluatie bleek dat de ontwerp-consolidatiecoëfficiënt een goede benadering gaf van het werkelijke tijd-zettingverloop.

2. Het werkelijke ophoog/stortschema is vereenvoudigd tot één ophoging en vergeleken met de gedetailleerde berekeningen en metingen op deze 5 locaties. De berekende zettingen bleken het best overeen te komen met het werkelijke gedrag wanneer wordt uitgegaan van een ophoging in één keer over een duur gelijk aan 2/3 maal de tijd die is verstreken tussen begin van ophogen en de laatste ophoogslag.
3. Op basis van de consolidatiecoëfficiënt (stap 1) en de effectieve belastingsduur (stap 2) is per zakbaak een vergelijk gemaakt tussen gemeten zetting en berekende zetting uitgaande van het vereenvoudigde ophoogschema. Voor alle zakbaken is een zettingsquotiënt (= gemeten zetting gedeeld door berekende zetting) bepaald.
4. Met behulp van Kriging is nagegaan wat de ruimtelijke variatie is tussen de meetpunten. Er is een verwachtingswaarde en een hoog karakteristieke waarde van de zettingsquotiënt bepaald.
5. De ontwerp eindzetting voor een periode van 30 jaar is op basis van de metingen bijgesteld door de oorspronkelijke berekende eindzettingen te vermenigvuldigen met de hoog karakteristieke waarde van de zettingsquotiënt.
6. Op basis van de bijgestelde eindzettingen en de verwachte toekomstige grondwaterstand onder het stort (gelijk gesteld aan de stijghoogte in het Pleistocene pakket) wordt de verwachte drooglegging bepaald.

In rapport 91-181/BA is geconcludeerd dat er op een aantal plaatsen extra stortcapaciteit beschikbaar was.

5.4 Bepalen van toelaatbare ophoging in verband met drooglegging

Voor het bepalen van de nog toelaatbare ophoging op het huidige stort is een gelijke aanpak gevolgd zoals beschreven in paragraaf 5.2. Overige uitgangspunten:

- er is rekening gehouden met het effect van het verlagen van de grondwaterstand onder het stort van het niveau NAP +0,5 m (ongeveer gelijk aan huidige grondwaterstand) tot aan het niveau van de huidige stijghoogte in het Pleistocene pakket (gemiddeld NAP -3,1 m);
- volumegewicht van de ophogingen boven op het depot 18 kN/m³ (droog zand);
- volumegewicht van de stortmateriaal 15 kN/m³.

In figuur 5.1 is de nog toelaatbare ophoging (in meters) weergegeven. Door het grillige resultaat van de toelaatbare ophogingen is er voor gekozen dit in figuur 5.1 per zakbaak weer te geven.

De toelaatbare ophoging is de hoogte die mogelijk is ter plaatse van de zakbaken. Bij de zakbaken typen 1a en 2d is het niet toegestaan meer dan 2 meter op te hogen (zie hoofdstuk 4 en figuur 4.5). Hiervoor is figuur 5.1 niet gecorrigeerd. In bijlage 1 is de nog toelaatbare ophoging (in meters) weergegeven, met daarbij de locaties van de zakbaken waar niet meer dan 2 meter ophoging is toegestaan.

In figuur 5.1 is de minimum hoogte op 0 meter gesteld (negatieve waarden niet toegepast) en de maximale ophoging op 6 meter.

Figuur 5.1: Toelaatbare ophoging in meters (t.o.v. aangebrachte leeflaag in 2002) (raster volgens nummering zakbaken van Gemeentewerken Rotterdam)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
15				6,0	6,0	6,0											
14			6,0	6,0	6,0	2,3	6,0	6,0									
13		6,0	6,0	0,8	3,2	0,0	0,0	0,1	4,5								
12	2,8	0,0	1,1	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	2,7	5,4							
11	3,4	0,0	0,3	6,0	4,0	3,3	0,9	2,9	0,1	0,0	0,0	0,8	0,0	3,1	6,0		
10	6,0	6,0	6,0	0,2	0,4	3,3	6,0	0,7	0,0	0,0	0,0	1,3	2,2	2,5	6,0	6,0	6,0
9	2,7	3,2	6,0	6,0	4,1	3,2	6,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	5,9	6,0
8	3,9	1,2	4,3	0,6	0,0	0,0	6,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	5,5
7	3,3	0,8	5,3	5,3	1,1	2,0	6,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		2,6	
6	3,5	2,6	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0									
5	2,4	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,2								
4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4								
3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0												
2	2,6	0,0	2,4	6,0													
1		5,4															

0,50 =	tussen 0,2 en 1 meter ophoging
1,50 =	tussen 1 en 2 meter ophoging
3,00 =	> 2,0 meter ophoging

In bijlage 1 is een overzicht gegeven van de berekende bruto ophoging per zakbaak en in bijlage 2 is voor drie zakbaken aangegeven hoe de toelaatbare bruto ophoging is bepaald.

6 STABILITEIT

Voorafgaand en tijdens het vullen van de DOP is gekeken naar de stabiliteit van de randen van het depot, met name daar waar de randen grenzen aan Delftse Schie en de Poldervaart. Dit is gedaan door middel van stabiliteitsberekeningen en deformatiemetingen. De stabiliteitsberekeningen zijn gerapporteerd in:

- Rapportage Eindhoogtes DOP, rapport 91-181/BA (31 maart 2003, Gemeentewerken Rotterdam)
- Extra capaciteit DOP-NOAP, rapport 91-181/U (26 maart 1999, Gemeentewerken Rotterdam)
- DOP Noordpunt Oost-Abtspolder - Zettingsverwachting, 91-181/A (Gemeentewerken Rotterdam)
- DOP Noordpunt Oost-Abtspolder - Restzetting door opgebrachte slib, 91-181/B (Gemeentewerken Rotterdam)
- Geotechnische aspecten inrichting Noordpunt Oost-Abtspolder als DOP, 89/063/A (Gemeentewerken Rotterdam)

Uitgangspunten bij de stabiliteitsberekeningen:

- bodemopbouw bepaald op basis van grondonderzoek
- schuifsterkte eigenschappen bepaald op basis van triaxiaalproeven (schuifsterkte bij 2 % rek)
- stabiliteitsfactor is bepaald met Bishop
- horizontale deformaties zijn in de ontwerpfase indicatief bepaald met het eindige elementen model PLAXIS
- tijdens de uitvoering is de gemiddelde consolidatiegraad 80%
- in de eindfase zijn de wateroverspanningen volledig gedissipeerd.

Op basis van deze rapportages wordt geconcludeerd dat:

- een taludhelling van maximaal 1:7 tijdens de uitvoering voldoende stabiel is (SF=1,2)
- een taludhelling van maximaal 1:5 in de eindsituatie voldoende is (SF=1,8)
- langs de randen horizontale deformaties in de orde van 200 à 300 mm zijn te verwachten.
- In 91-181/U is de mogelijkheid aangegeven om langs de randen van het depot extra opslagcapaciteit te benutten door een steilere helling toe te passen. Hierbij is het volgende opgemerkt: "Daar een steilere helling [red. steiler dan 1:7] een lagere stabiliteit met zich meebrengt, zal voor de hogere taluds aanvullende informatie over wateroverspanning in het talud nodig zijn voordat kan worden besloten de taluds te versteilen."

Met het voortschrijden van de vullingsgraad van de DOP-NOAP bleven de horizontale vervormingen in de noordwesthoek aanmerkelijk groter dan langs de rest van de rand van de inrichting. Om dit inzichtelijk te maken is de stabiliteit van de noordwestrand geanalyseerd en gerapporteerd in "Stabiliteit noord-west rand: analyse vervormingen m.b.v. Plaxis" (Gemeentewerken Rotterdam, rapport 91-181/BG (15 september 2005)). Onderstaand is een samenvatting van het genoemde rapport gegeven.

In het rapport 91-181/BG is aangegeven dat voorafgaand aan het aanbrengen van de eindafdichtingsconstructie een steunberm buiten de perskade van de DOP-NOAP is aangebracht om de stabiliteit van de rand van de inrichting te verbeteren.

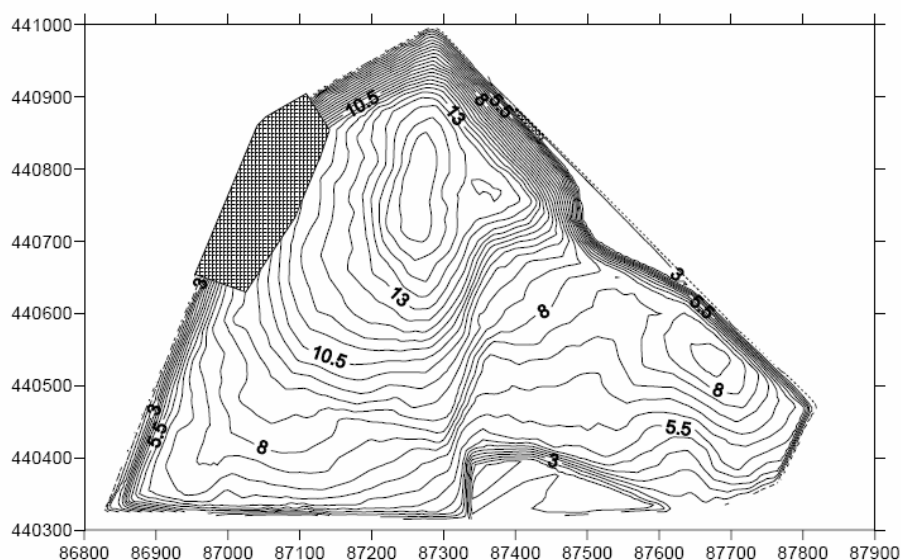
Deze steunberm in de zogenaamde 'randstrook' heeft een 1:7 talud, zodat de steunberm aansluit op de taludhelling van de rand van de inrichting zelf (slechts onderbroken door de ringweg rondom de DOP-NOAP). Omwille van de stabiliteit van de steunberm is verticale drainage aangebracht in de bovenste helft van het slappe lagen pakket. Bij het aanbrengen van de eindafdichtingsconstructie is er, vanwege de grote vervormingssnelheden, voor gekozen om de leeflaag voor dit gebied in eerste instantie een dikte van 0,5 m te geven. De resterende leeflaagdikte is pas een half jaar later aangebracht. Na voltooiing van de eindafdichtingsconstructie bleven de horizontale vervormingssnelheden aanzienlijk (>3 mm/mnd). Op basis van de analyse is door Gemeentewerken gesteld dat het aannemelijk is dat de huidige (2005) horizontale vervormingen nog ongeveer 100 mm doorgaan. Dit proces van vervormen zal 5 tot 10 jaar (na 2005) voortgaan en geleidelijk in snelheid afnemen.

De stabiliteit van de rand van de DOP-NOAP is voldoende in de huidige situatie. De grote vervormingen zijn het gevolg van de ter plaatse van de noord-west hoek slappere veenlagen in de ondergrond. De horizontale verplaatsingen kunnen worden verklaard door het grote verschil in ophoging tussen de DOP en de naastgelegen randstrook.

De stabiliteit van de rand van de inrichting wordt sterk beïnvloed door (tijdelijke) terreinbelastingen. Integraal ophogen van de rand wordt door Gemeentewerken Rotterdam voor de komende 10 jaar afgeraden en moet (indien ophogen noodzakelijk is) worden beperkt tot 5 kPa. Zwaar equipment is maar zeer beperkt toelaatbaar (1 object van maximaal 30 ton in een cirkel met een straal van 25 m). De stabiliteitsfactor zal in beide gevallen afnemen tot ongeveer 1,15 waarbij grote vervormingssnelheden zullen optreden. De beperkingen ten aanzien van ophogingen en terreinbelastingen gelden voor het in figuur 6.1 aangegeven gebied. Dit betreft het terreindeel ter plaatse van de zakkaken A7 tot en met A12 en B7 tot en met B12.

Voorlopig wordt ervan uitgegaan dat de maximale taludhelling van 1:7 aan de randen van de stortplaats gehandhaafd blijft.

Figuur 6.1: Overzicht kwetsbaar gebied (Gemeentewerken Rotterdam, rapport 91-181/BG)



7 MAATGEVENDE FACTOREN BIJ OPHOGING

In tabel 6.1 is een samenvatting van de maatgevende factoren weergegeven. Deze tabel kan als leidraad worden gehanteerd bij het ontwerp van ondulaties voor de golfbaan.

Tabel 6.1: Samenvatting maatgevende factoren

Ophoging (op leeflaag)	Invloed op afwatering (1)				Invloed op drainage (2)	Invloed op afdichting zakbaken typen 1a en 2b (3)	Invloed op stabiliteit	Invloed op drooglegging
	Randen	Bovenvlak Noord	Bovenvlak Zuid-West	Bovenvlak Zuid-Oost				
0-0,5 meter	Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee	Geen ophoging in noordwesthoek	Toetsing per zakbaak (figuur 5.1)
0,5-1 meter	Nee	Nee	Ja	Ja	Nee	Nee		
1-2 meter	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee		
2-3 meter	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
3-4 meter	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
4-5 meter	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		
5-6 meter	Nee	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja		

1 Zie tabel 2.2 en 2.3 voor voorwaarden waarop aanleg mogelijk is. Zie figuur 4.5 voor verdeling terreindelen

2 Indien ja, aanvulling op drainagesysteem nodig

3 Indien ja, ophoging ter plaatse van zakbaken typen 1a en 2b tot maximaal 2 meter mogelijk (zie figuur 4.5).

4 zie figuur 5.1 voor toelaatbare ophogingen per zakbaak.

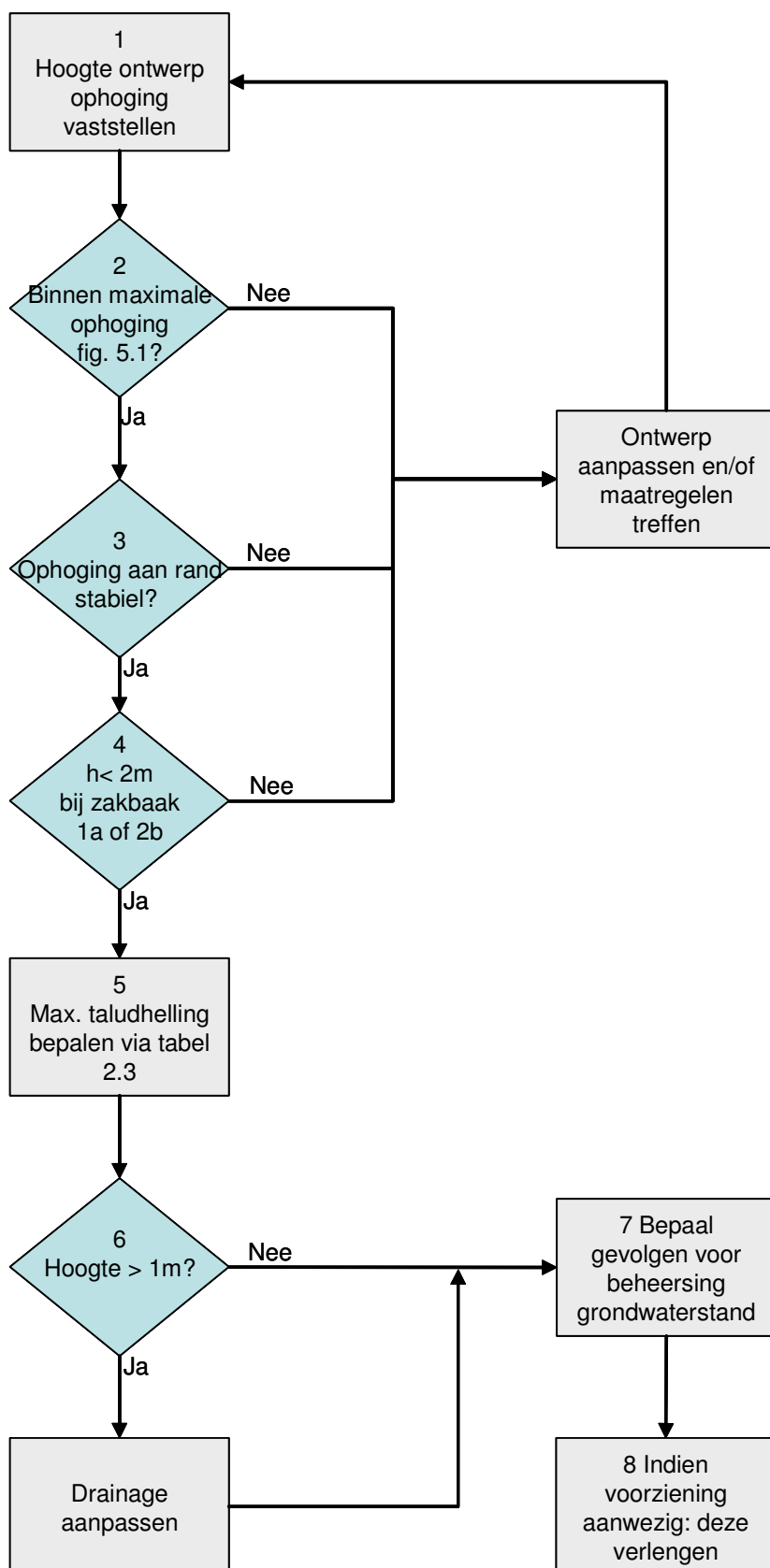
Bij het vaststellen van de maximaal toelaatbare ophoging kan bij het ontwerp van ondulaties kan het in tabel 6.2 volgende stappenplan worden gevolgd. Het stappenplan is schematisch weergegeven in figuur 7.1.

Ruimtelijke aspecten zoals de maximale toegestane eindhoogte en de geometrie van de locatie en het omliggende terrein zijn in dit rapport niet behandeld maar gelden mede als uitgangspunt bij het ontwerp.

Tabel 6.2: Stappenplan

Stap	Actie	referentie
1	Stel de hoogte van de ophoging vast ten opzichte van de huidige deklaag.	Ontwerp golfbaan
2	Controleer of de ophoging past binnen de maximaal toelaatbare ophoging conform figuur 5.1 (door het grillige verloop zal interpolatie tussen de zakbaken moeten plaatsvinden). Wordt de maximaal toelaatbare ophoging niet overschreden, dan naar stap 3. Wordt de maximaal toelaatbare ophoging wel overschreden, dan dient het ontwerp aangepast te worden.	Hoofdstuk 5 Figuur 5.1
3	Vindt de ophoging aan de randen plaats, dan dient gecontroleerd te worden of de stabiliteit geen gevaar loopt (zie hoofdstuk 6).	Hoofdstuk 6 Figuur 6.1
4	Wordt de ophoging aangebracht ter plaatse van afgebrande zakbaken type 1a of type 2b, dan kan de ophoging maximaal 2 meter binnen een zone met een straal van circa 10 meter rondom deze typen zakbaak zijn. Tussen deze zones moet de ophoging voldoen aan de eisen in stap 2. Alternatief ophoogmateriaal (licht) kan als maatregel worden toegepast.	Paragraaf 4.2 Figuur 4.5
5	Bepaal aan de hand van de ligging van de ophoging op welk terreindeel deze is geprojecteerd. Door middel van de hoogte en tabel 2.3 kan de minimale taludhelling worden bepaald.	Tabel 2.3
6	Indien ophoging meer dan één meter, dan het drainagesysteem aanpassen door aanbrengen extra drains en werking van afvoerdrains waarborgen.	Hoofdstuk 3 en par. 8.2
7	Bepaal de gevolgen van de ophoging voor de beheersing van de grondwaterstand.	Par. 5.1
8	Indien bij ophoging een voorziening aanwezig: door middel van verlengen aanpassen aan de ophoging.	Paragraaf 4.3

Figuur 7.1: Schematische weergave stappenplan (zie vorige pagina voor nadere omschrijving)



8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 Conclusies

Het aanbrengen van ondulaties in de golfbaan draagt in sterke mate bij aan de aantrekkingskracht van de golfbaan, en is mogelijk als wordt voldaan aan een de in het rapport beschreven randvoorwaarden.

Beperkende randvoorwaarden voor het aanbrengen van ophogingen zijn de stabiliteit aan de noordwestzijde van DOP-NOAP en de droogleggingseis. In geringere mate beperkend zijn de invloed van ophogingen op de afdichting (ter plaatse van onder de afdichting aanwezige zakbaken), de afwatering en de drainage. Voor de laatste twee zijn technische aanpassingen mogelijk; respectievelijk het toepassen van flauwe taluds en uitbreiding van het drainagesysteem.

Naast de beperkende randvoorwaarden zal ook rekening gehouden moeten worden met het aanpassingen van voorzieningen die in gebruik moeten blijven, zoals (pomp)putten en doorspuitvoorzieningen.

8.2 Aanbevelingen

Geadviseerd wordt om bij het ontwerp van ondulaties in de golfbaan het stappenplan van hoofdstuk 7 toe te passen om te toetsen of de gewenste ophogingen toelaatbaar zijn.

Aan de hand van het ontwerp van de golfbaan moeten de extra maatregelen voor drainage, afwatering en drooglegging worden gedefinieerd en worden vastgelegd in overleg met de provincie Zuid-Holland.

Zodra ophogingen worden aangebracht kunnen zettingen worden gemeten door middel van zakbaken die voorafgaand aan de ophoging worden aangebracht op de leeflaag. Direct na plaatsing van de zakbaken kan dan gestart worden met het inmeten en het monitoren van de zettingen. Met deze informatie kan worden getoetst of aan de uitgangspunten wordt voldaan.

9 BRONVERMELDING

(Haskoning, november 2005) Nazorgvoorzieningen en inrichting DOP-NOAP, Royal Haskoning 9R5501.01/R0001/AAB/FBO/Nijm, concept, 18 november 2005

(Haskoning, maart 2005) Toelaatbare belastingen Golfpark Rotterdam op de stortplaats DOP-NOAP, Royal Haskoning, 17 maart 2005, 9R0117/N00001/RvdS/Rott2a

(Müller, februari 2007) Funktionsdauer von Kunststoff-Dränelementen für Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten, Dr. Werner Müller, Renate Tatzky-Gerth, Ines Jakob, (BAM); Chunshan Li (IPE), SKZ Fachtagung Die Sichere Deponie, 1-2 Februari 2007

(Gemeentewerken Rotterdam, rapport 91-181/BG) Stabiliteit noord-west rand: analyse vervormingen m.b.v. Plaxis, 15 september 2005, rapport 91-181/BG

(Gemeentewerken Rotterdam, februari 2002) Details – Doorvoering zakbaken en inspectieput, GW Rotterdam, tekening MG183-T-008, 15 februari 2002

(Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/BA) Rapportage Eindhoogtes DOP, rapport 91-181/BA, 31 maart 2003

(Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/U) Extra capaciteit DOP-NOAP, rapport 91-181/U, 26 maart 1999

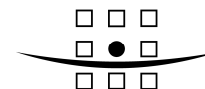
(Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/A) DOP Noordpunt Oost-Abtspolder - Zettingsverwachting, rapport 91-181/A

(Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/B) DOP Noordpunt Oost-Abtspolder - Restzetting door opgebrachte slib, rapport 91-181/B

(Gemeentewerken Rotterdam, 89/063/A) Geotechnische aspecten inrichting Noordpunt Oost-Abtspolder als DOP, rapport 89/063/A

Bijlage 1

Berekende toelaatbare bruto ophoging per zakbaaklocatie



Bijlage 1: Berekenende toelaatbare bruto ophoging per zakbaaklocatie

Beschikbare hoogte t.o.v. juli 2002; inclusief grondwaterstandsverlaging (in m)																									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q								
15				6,0	6,0	6,0												15							
14			6,0	6,0	6,0	2,3	6,0	6,0										14							
13		6,0	6,0	0,8	3,2	0,0	0,0	0,1	4,5									13							
12	2,8	0,0	1,1	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	2,7	5,4								12							
11	3,4	0,0	0,3	6,0	4,0	3,3	0,9	2,9	0,1	0,0	0,0	0,8	0,0	3,1	6,0			11							
10	6,0	6,0	6,0	0,2	0,4	3,3	6,0	0,7	0,0	0,0	0,0	1,3	2,2	2,5	6,0	6,0	6,0	10							
9	2,7	3,2	6,0	6,0	4,1	3,2	6,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	5,9	6,0	9							
8	3,9	1,2	4,3	0,6	0,0	0,0	6,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	5,5	8							
7	3,3	0,8	5,3	5,3	1,1	2,0	6,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		2,6		7							
6	3,5	2,6	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0										6							
5	2,4	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,2									5							
4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4									4							
3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0													3							
2	2,6	0,0	2,4	6,0														2							
1		5,4																1							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q								
	0,50	=	tussen 0,2 en 1 meter ophoging																						
	1,50	=	tussen 1 en 2 meter ophoging																						
	3,00	=	> 2,0 meter ophoging																						
Theoretisch beschikbare hoogte t.o.v. juli 2002; inclusief grondwaterstandsverlaging (in m)																									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q								
15				10,47	7,61	11,18												15							
14			16,50	6,01	10,47	2,29	8,13	19,11										14							
13		8,32	6,18	0,77	3,25	-1,01	-0,69	0,08	4,48									13							
12	2,82	-3,07	1,15	-2,29	1,45	-2,84	-1,21	-0,06	2,66	5,41								12							
11	3,36	-4,24	0,27	6,11	3,96	3,29	0,94	2,86	0,13	-1,59	-1,26	0,76	-1,40	3,09	17,99			11							
10	9,58	11,55	27,66	0,24	0,41	3,27	14,74	0,74	-4,40	-3,09	-0,85	1,29	2,18	2,54	14,29	20,69	12,96	10							
9	2,72	3,25	18,36	6,29	4,06	3,24	23,37	2,09	-3,85	-2,26	-2,41	-0,19	-0,98	-1,83	4,16	5,93	9,26	9							
8	3,88	1,21	4,29	0,58	-1,37	-1,22	18,62	13,80	-4,54	-3,37	-1,56	-0,21	-2,11	-2,26	-0,08	2,12	5,51	8							
7	3,33	0,75	5,34	5,25	1,13	1,96	10,40	7,57	-3,52	-2,72	-2,23	-1,69	-1,55	-1,54		2,64		7							
6	3,46	2,62	7,39	12,65	11,59	11,88	10,95	9,48										6							
5	2,37	-2,27	-3,02	-1,48	1,55	-0,36	-1,99	-0,31	0,16									5							
4	0,34	-3,40	-6,52	-2,48	-2,26	-2,05	-1,20	-1,27	1,43									4							
3	0,64	-1,39	-4,50	-0,76	-1,59													3							
2	2,59	-0,31	2,42	5,97														2							
1		5,41																1							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q								

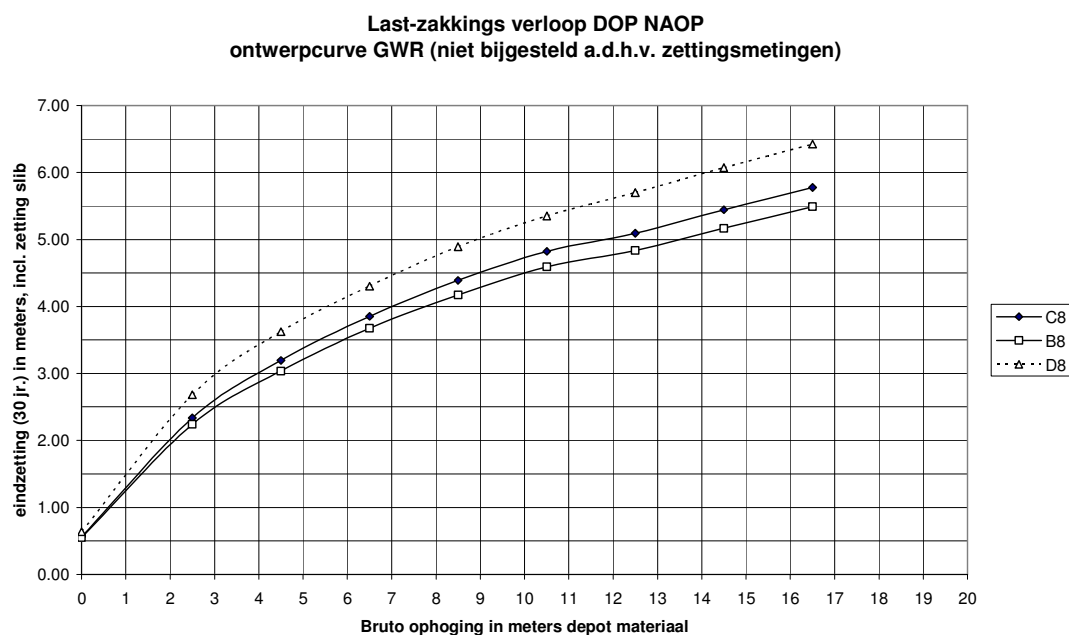
Bijlage 2

Voorbeeld: bepaling van toelaatbare bruto ophoging (zakbaak B8, C8 en D8)

Bijlage 2: Voorbeeld bepaling toelaatbare bruto ophoging zakbaken B8, C8 en D8

Hieronder is een getallenvoorbeeld uitgewerkt van het bepalen van de maximaal toelaatbare bruto ophoging ter plaatse van de zakbaken B8, C8 en D8.

In Figuur B-1 is het last-zakkingverloop (zettingsvoorspelling) voor de te beschouwen zakbaken weergegeven. Deze curves komen overeen met de ontwerpberekeningen en dienen dus gecorrigeerd te worden aan de hand van de metingen.



Figuur B-1: last-zakkingverloop (ontwerpberekeningen) voor zakbaak B8, C8 en D8

Stap 1: Bepalen toelaatbare eindzetting

Tabel B-1: toelaatbare eindzetting

zakbaak	initiële maaielveldhoogte zool van depot (onderkant verontreinigde grond)	verwachte stijghoogte Pleistocene Pakket	onderkant zool aan eind van consolidatie- periode bij 0,7 m drooglegging	maximaal toelaatbare zetting (0,7 m drooglegging)
a	b	C	d	e
	[m t.o.v. NAP]	[m t.o.v. NAP]	[m t.o.v. NAP]	[m]
B8	2,92	-3,11	-2,41	5,33
C8	3,13	-3,12	-2,42	5,55
D8	3,61	-3,11	-2,41	6,02

Toelichting tabel B-1:

- kolom b: overgenomen uit rapport (Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/U)

- kolom c: overgenomen uit rapport (Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/U)
- kolom d: $d = c + 0,7$ m. Drooglegging ten opzichte van een grondwaterstand die zich heeft ingesteld op de stijghoogte in het Pleistoceen
- kolom e: $e = b - d$

Stap 2: Bepalen zettingsquotiënt

De zettingsquotiënt is een correctiefactor op het zettingsverloop zoals is bepaald op basis van de ontwerpberekeningen. Deze waarde wordt afgeleid door zettingsmetingen en zettingsvoorspellingen te vergelijken.

Tabel B-2: zettingsquotiënt

zakbaak	gemeten zetting 9-7-2002	berekende zetting 9-7-2002	berekende zettings- quotiënt	bewerkingen zettingsquotiënt met Kriging	
				gemiddelde	standaard- deviatie
a	f	g	h	i	j
	[m]	[m]	[-]	[-]	[-]
B8	2,20	2,41	0,91	0,89	0,11
C8	1,76	2,65	0,67	0,72	0,12
D8	2,19	2,64	0,83	0,77	0,12

Toelichting tabel B-2:

- kolom f: overgenomen uit rapport (Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/U)
- kolom g: overgenomen uit rapport (Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/U).
Onderliggende uitgangspunten: zie hoofdtekst van dit rapport
- kolom h: $h = f / g$, overgenomen uit rapport (Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/U). Deze zettingsquotiënt is op verschillende data bepaald en blijkt tussen 1998 en 2002 min of meer constant te zijn.
- kolom i: bepaald op basis van berekende zettingsquotiënten van omliggende waarnemingen, overgenomen uit rapport (Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/U)
- kolom j: overgenomen uit rapport (Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/U)

Stap 3: Bepalen maximaal toelaatbare ophoging

Tabel B-3: maximaal toelaatbare ophoging

zakbaak	variatie-coëfficiënt zetting (Kriging)	toelaatbare eind-zetting incl. onzekerheid	omgerekend naar de eindzetting in de ontwerp-curve	toelaatb. bruto ophoging op basis van ontwerp lastzakings curve	extra belasting a.g.v. grondwaterstandsverlaging	gws verlaging omgerekend naar meters stortgewicht	toelaatbare bruto ophoging
a	k	l	m	n	o	p	q
	[-]	[m]	[m]	[m]	[kPa]	[m]	[m]
B8	0,13	4,41	4,97	13,32	36,12	2,41	10,91
C8	0,16	4,38	6,05	18,12	36,19	2,41	15,72
D8	0,15	4,82	6,22	15,36	36,11	2,41	12,97

Toelichting tabel B-3:

- kolom k: $k = j / i$, Variatiecoëfficiënt zetting a.g.v. ruimtelijke variabiliteit bepaald met Kriging
- kolom l: $l = e / (1 + 1,645 * k)$, uitgaande van 95% betrouwbaarheid voor ruimtelijke variaties op basis van variatiecoëfficiënt zetting bepaald met Kriging methode
- kolom m: $m = l / i$, toelaatbare eindzetting incl. onzekerheid
- kolom o: extra belasting a.g.v. grondwaterstandsverlaging van NAP+0,5 m (gemiddeld huidige gws onder stort) naar een gws gelijk aan de stijghoogte in het Pleistocene pakket $o = (c-0,5) * 10 \text{ kPa}$
- kolom p: $p = (o / 1500) * 100$. Grondwaterstandsverlaging omgerekend naar meters stort met bulk volume massa van 1500 kg/m^3
- kolom q: $q = n - p$

Stap 4: Bepalen extra marge voor aanleg golfbaanlandschap

Tabel B-4: toelaatbare eindzetting

zakbaak	toelaatbare bruto ophoging	aanwezige bruto ophoging 7-2002	marge in meters
a	q	r	s
	[m]	[m]	[m]
B8	10,91	9,46	1,21
C8	15,72	10,58	4,29
D8	12,97	12,27	0,58

Toelichting tabel B-4:

- kolom r: overgenomen uit rapport (Gemeentewerken Rotterdam, 91-181/U)
- kolom s: $s = (q - r) * (1500/1800)$ uitgaande van bulk volume massa van ophoging golfbaanlandschap gelijk aan 1800 kg/m^3

Bijlage 3

Toelaatbare ophogingen in relatie tot de drooglegging