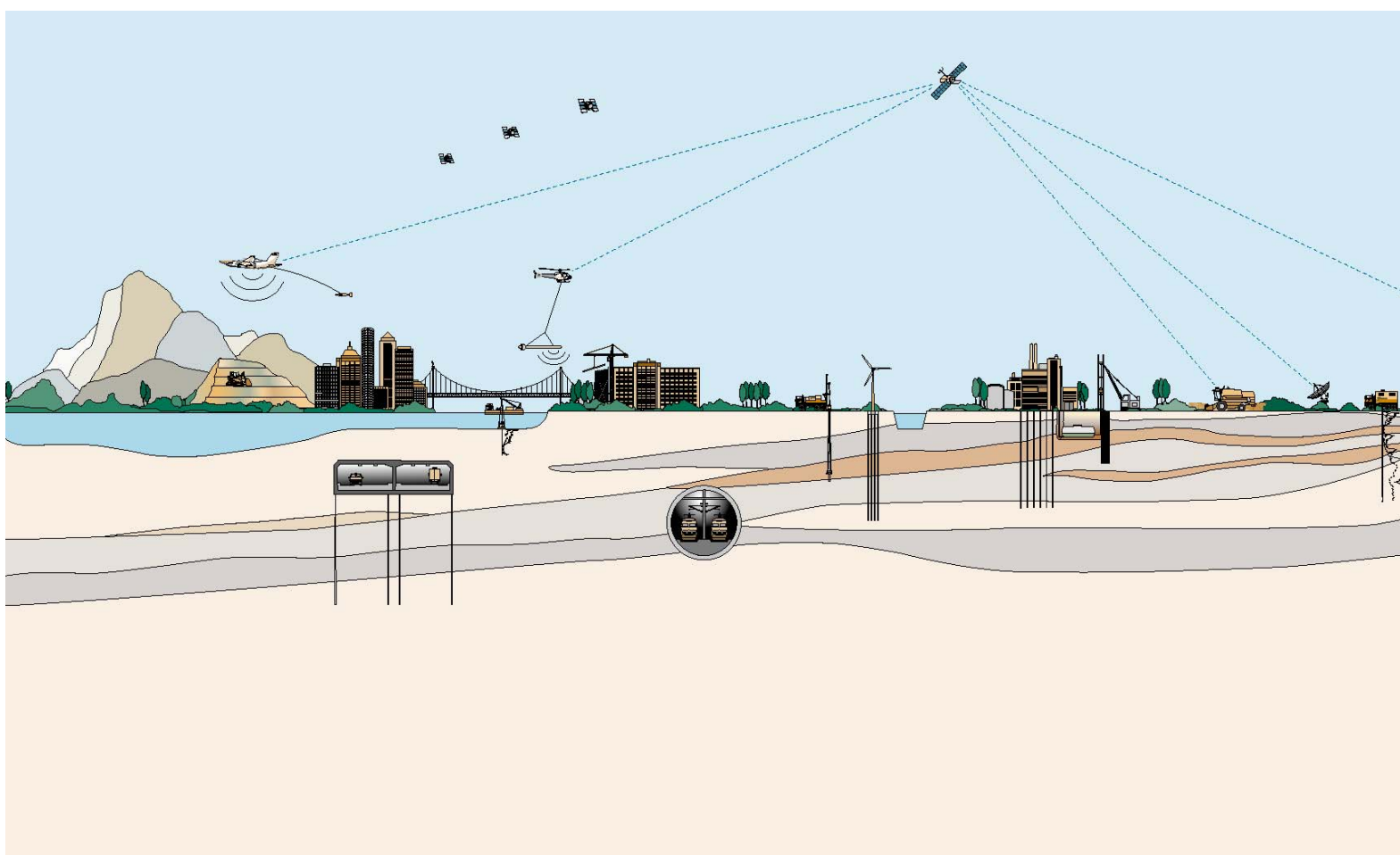


ZETTINGSANALYSE
betreffende

DAM IN PROJECT NOORDAKKER TE ROELOFAREND SVEEN

Opdrachtnummer: 4014-0016-020



ZETTINGSANALYSE
betreffende

**DAM IN PROJECT NOORDAKKER
TE ROELOFAREND SVEEN**

Opdrachtnummer: 4014-0016-020

Opdrachtgever : Braassemerland V.O.F.
Postbus 9034
3430 RA Nieuwegein

Projectleider : ir. F.C.M. Seignette
Senior Adviseur Geo-Consultancy

Opgesteld door : ing. A.O. Aparicio Sáez
Adviseur Geotechniek

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	10 april 2015	eerste versie	

FILE: 4014-0016-020_31.R01_v1

INHOUDSOPGAVE

Blz.

1. INLEIDING	1
2. PROJECTOMSCHRIJVING	2
3. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID	4
3.1 Globale bodemgesteldheid	4
3.2 Grondwaterstand	4
3.3 Grondparameters	5
4. GEOTECHNISCHE ANALYSES	6
4.1 Algemeen	6
4.2 Uitgangspunten	6
4.3 Zettingsberekeningen	6
4.4 Berekende zetting	8
5. UITVOERING	13
6. Literatuuroverzicht en lijst van begrippen en definities	14

BIJLAGEN

Nr.

Geotechnisch onderzoek

- Situatiekening	4011-0171-000-1
- Sonderingen	4011-0171-000-DKM4 en DKM5

Advies

- Geometrie en zettingsanalyse, zonder tijdelijke extra overhoogte	A1
- Geometrie en zettingsanalyse, ophoging met minimale restzettingen	A2
- Geometrie en zettingsanalyse, zettingsvrije ophoging	A3

1. INLEIDING

Op 1 april 2015 ontving Fugro GeoServices B.V. te Amsterdam van Braassemerland V.O.F. te Nieuwegein de opdracht voor het uitbrengen van een zettingsanalyse voor een dam in het project Noordakker te Roelofarendsveen.

Fugro GeoServices B.V. heeft in het verleden een grondonderzoek (met laboratoriumproeven), zettingsberekeningen en monitoringswerkzaamheden uitgevoerd voor het project Ontsluitingsweg Infra 1B (projectnummer 4011-0171-000), gelegen ten noorden van de huidige projectlocatie.

Tevens is onder een eerder projectnummer (4014-0016-010) een bouwrijpmaak advies uitgebracht ten behoeve van de toekomstig geplande aanleg van de woonwijk Noordakker fase 2 (4014-0016-010.R01).

Voor dit project is gebruik gemaakt van het grondonderzoek en laboratoriumonderzoek van bovengenoemde projecten.

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op de opdracht en de in het rapport beschreven uitgangspunten. Fugro neemt geen verantwoordelijkheid voor de juistheid van andere dan door ons gerapporteerde conclusies en interpretaties. De gerapporteerde resultaten van het geotechnisch onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Dit rapport bevat:

- een korte projectomschrijving (hoofdstuk 2);
- een beschrijving van de bodemgesteldheid (hoofdstuk 3);
- een geotechnische analyse van de zetting (hoofdstuk 4);
- aanbevelingen voor de uitvoering (hoofdstuk 5);
- een literatuuroverzicht en lijst met begrippen en definities (hoofdstuk 6).

2. PROJECTOMSCHRIJVING

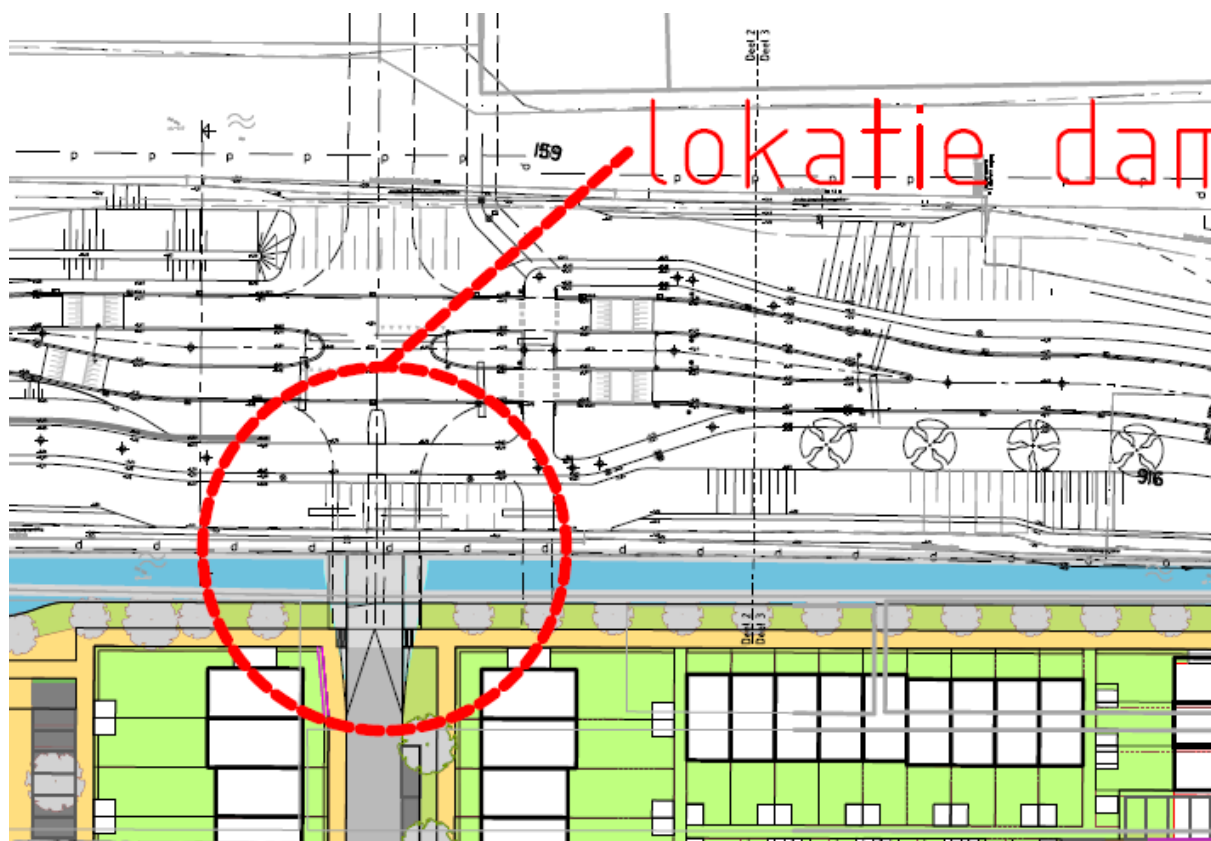
Het plan betreft de aanleg van een dam met duiker in een watergang, waarbij het terrein en de watergang deels met zand worden opgehoogd/gedempt.

De dam zal in de toekomstige situatie de verbinding vormen tussen de Braassemerdreef (Ontsluitingsweg Infra 1B) en het uitbreidingsplan Noordakker. Voor fase 2 van dit plan zijn door Fugro GeoServices B.V. in het verleden onder de projectnummer 4011-0171-000 (Ontsluitingsweg Infra 1B) en 4014-0016-010 (Noordakker fase 2) reeds adviezen uitgebracht.

Ter hoogte van de Braassemerdreef bedraagt het maaiveldniveau NAP +0,6 m. Dit gebied is reeds opgehoogd met zand (zie projectnummer 4011-0171-000).

Ter hoogte van de Noordakker fase 1 (rechts) bedraagt het huidige maaiveldniveau NAP -1,05 m. Dit terrein wordt in de toekomst opgehoogd naar NAP -0,34 m.

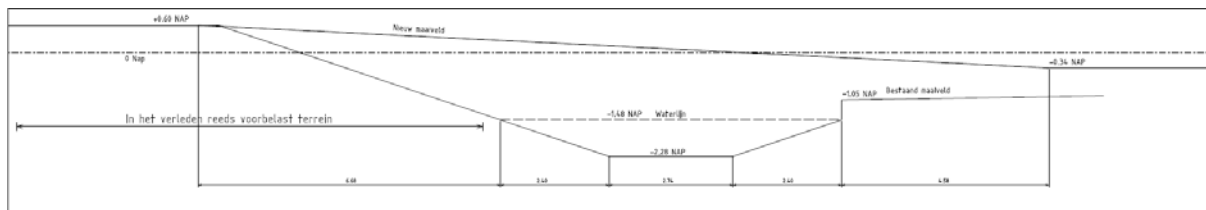
Aangezien de Braassemerdreef door middel van de dam wordt verbonden met de Noordakker fase 1 dient het terrein te worden opgehoogd. Hierbij wordt de watergang plaatselijk gedempt. In de dam wordt een duiker toegepast (zie figuur 2-1).



figuur 2-1: locatie van de dam (bron: Waterpas)

Het projectgebied betreft (een watergang in) een zettingsgevoelig braakliggend terrein / weiland bestaande uit voornamelijk veen- en kleihoudende ondergrond. Het terrein wordt opgehoogd en gedurende 1 jaar voorbelast met zand, om zodoende aan de gestelde restzettingseis te voldoen.

Door de opdrachtgever is een dwarsdoorsnede aangeleverd, met daarop de huidige terreinhoogte van het projectgebied en de toekomstige situatie (zie figuur 2-2).



figuur 2-2: dwarsdoorsnede van de huidige situatie en de toekomstige situatie

3. GEOTECHNISCH ONDERZOEK EN BODEMGESTELDHEID

3.1 Globale bodemgesteldheid

Voor dit project is uitgegaan van in het verleden uitgevoerd grondonderzoek in de directe omgeving van het projectgebied (4011-0171-000 en 4014-0016-000).

Op basis van het grondonderzoek kan de bodemgesteldheid globaal worden geschematiseerd zoals in tabel 3-1 is weergegeven. Sonderingen 4011-0171-000-DKM4 en DKM5 zijn representatief gesteld voor de bodemopbouw en zijn samen met de situatietekening in de bijlagen opgenomen.

tabel 3-1: Globale bodemgesteldheid (representatieve sondering 4011-0171-000-DKM5)

Diepte in m t.o.v. NAP	Bodembeschrijving
-1,05 tot -1,6	KLEI humeus (h1)
-1,6 tot -1,8	KLEI humeus (h2)
-1,8 tot -3,8	VEEN
-3,8 tot -4,1	KLEI
-4,1 tot -5,8	ZAND siltig
-5,8 tot -7,7	KLEI zandig
-7,7 tot -10,9	KLEI siltig
-10,9 tot -11,5	VEEN basis holocene afzetting
-11,5 tot -20,0	ZAND vast gepakt
-20,0	maximaal relevante diepte

3.2 Grondwaterstand

Het peil van de watergang waarin de dam wordt aangebracht bedraagt ca. NAP -1,5 m. Dit peil is als (grond-)waterstand in de berekeningen als uitgangspunten gehanteerd.

3.3 Grondparameters

Op basis van de resultaten van het grondonderzoek, tabel 2b uit de NEN 9997-1, een laboratoriumonderzoek en ervaring met vergelijkbare projecten zijn de stijfheidsparementers voor de verschillende grondlagen afgeleid. Daarnaast is in de berekeningen uitgegaan dat het terrein in het verleden enigszins is voorbelast. Zodoende is uitgegaan van een grensspanning t.o.v. korrelspanning (σ_v') van ca. 3 kN/m²

tabel 3-4: Karakteristieke waarden sterkteparameters o.b.v. sondering 4011-0171-000-DKM5

Grondlaag	Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	C_p' [-]	C_s' [-]	c_v [m ² /s]
KLEI, humeus (h1)	-1,05	14,0 / 14,0	24	160	$2,8 \cdot 10^{-7}$
KLEI, humeus (h2)	-1,6	14,0 / 14,0	16	110	$2,8 \cdot 10^{-7}$
VEEN	-1,8	10,5 / 10,5	6	35	$5,0 \cdot 10^{-7}$
KLEI	-3,8	13,5 / 13,5	9	70	$8,5 \cdot 10^{-8}$
ZAND, siltig	-4,1	19,0 / 20,0	25	∞	$1,0 \cdot 10^{-5}$
KLEI, zandig	-5,8	16,5 / 16,5	19	130	$2,1 \cdot 10^{-7}$
KLEI, siltig	-7,7	15,0 / 15,0	12	78	$8,0 \cdot 10^{-8}$
VEEN, basis holocene afzetting	-10,9	12,0 / 12,0	9	45	$5,0 \cdot 10^{-7}$
ZAND, vast gepakt	-11,5	18,0 / 20,0	250	∞	$1,0 \cdot 10^{-3}$

Opmerkingen:

- $\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ = volumiek gewicht ; sat = verzadigd.
- C_p' = primaire samendrukkingscoëfficiënt na de grensspanning (de spanning voor de grensspanning is ca. 4x zo hoog).
- C_s' = secundaire samendrukkingscoëfficiënt na de grensspanning (de spanning voor de grensspanning is ca. 4x zo hoog).
- c_v = consolidatiecoëfficiënt.

4. GEOTECHNISCHE ANALYSES

4.1 Algemeen

Het plan betreft de aanleg van een verbindingsdam tussen de Braassemerdreef en de Noordakker fase 1. Het terrein ter plaatse van de Braassemerdreef is reeds opgehoogd en voorbelast geweest en ligt momenteel op gewenst maaiveldniveau (NAP +0,6 m).

De Noordakker fase 1 dient nog te worden opgehoogd en voorbelast tot een gewenst toekomstig maaiveldniveau van NAP -0,34 m.

De verbinding dient het hoogteverschil te overbruggen en zal bestaan uit het ophogen en voorbelasten met zand van een bestaande watergang, waarbij een dam met een duiker wordt toegepast.

4.2 Uitgangspunten

In de berekeningen zijn de volgende, mede door de opdrachtgever verstrekte, uitgangspunten gehanteerd:

- Sondering 4011-0171-000-DKM5 is als representatief gesteld.
- De grondwaterstand is aangehouden op ca. NAP -1,5 m.
- Het huidige maaiveld bedraagt ter plaatse van de Braassemerdreef NAP +0,6 m, en loopt onder een talud van ca. 1:3 (verticaal:horizontaal) af naar de watergang, met een bodempeil op ca. NAP -2,3 m.
- Het huidige maaiveldniveau ter plaatse van de Noordakker fase 1 bedraagt NAP -1,05 m en dient te worden opgehoogd naar een toekomstig maaiveldniveau van NAP -0,34 m.
- De Braassemerdreef en de Noordakker fase 1 worden door middel van een dam onder talud met elkaar verbonden waarbij een bestaande watergang deels wordt gedempt.
- Het terrein dient netto variërend van ca. 0,7 m op de wal tot ca. 2,5 m in de watergang met zand met een volumiek gewicht van $18 / 20 \text{ kN/m}^3$ ($\gamma / \gamma_{\text{sat}}$) te worden opgehoogd.
- De restzettingseis bedraagt 0,15 m in 30 jaar.
- In de berekeningen is uitgegaan van een voorbelastperiode van 1 jaar.
- In de slappe lagen onder zandophoging wordt verticale drainage h.o.h. 1,5 m in een driehoekig stramien tot een diepte van ca. NAP -10,5 m geïnstalleerd om de consolidatietijd te verkorten.
- Om het zettingsproces verder te versnellen zal gedurende 1 jaar een tijdelijke extra overhoogte worden aangebracht.

In de toekomstige situatie zal binnen de doorsnede van de dam een duiker aanwezig zijn. De duiker heeft een lager gewicht dan het volume aan zand dan deze inneemt. In de berekeningen is de belastingreductie die hierdoor wordt teweeggebracht verwaarloosd. De berekening is uitgevoerd voor het lengteprofiel van de duiker. Het gunstige effect van spreiding van de belasting in de breedterichting van de dam is in de berekeningen verwaarloosd.

4.3 Zettingsberekeningen

4.3.1 Zetting

Door het aanbrengen van ophogingen zal een zettingsproces op gang worden gebracht. De zettingen worden veroorzaakt door verhogingen van de korrelspanningen. Deze korrelspanningen worden beïnvloed door het aanbrengen of weghalen van ophogingen en veranderingen in de grondwaterstanden. De zettingen treden tijdsafhankelijk op. Enerzijds is sprake van het uitdrijven van water (consolidatie gedurende de hydrodynamische periode),

anderzijds treedt kruip op (ook wel secundaire zakking genoemd). De berekende zettingen betreffen theoretische eindzettingen en zullen pas na geruime tijd worden bereikt. Hiervoor is een periode van 30 jaar in acht genomen. Het zettingsproces gedurende de consolidatiefase kan in het algemeen worden versneld door het aanbrengen van drains in de samendrukbare lagen en het eventueel aanbrengen van een tijdelijke overhoogte.

De zettingen zijn berekend met de formule van Koppejan (gecombineerde formule Terzaghi-Buisman), die in grote lijnen als volgt kan worden geschreven:

$$s = d \cdot \left(\frac{1}{C_p} + \frac{\log t}{C_s} \right) \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v;z} + \Delta\sigma'_{v;z}}{\sigma'_{v;z}} \right)$$

waarin:

- s = zetting, samendrukking in m
- d = laagdikte in m
- C_p = primaire samendrukkingscoëfficiënt
- C_s = secundaire samendrukkingscoëfficiënt
- t = tijd in dagen; voor 30 jaar, $\log t = \text{circa } 4$
- $\sigma'_{v;z}$ = oorspronkelijke verticale korrelspanning in kN/m²
- $\Delta\sigma'_{v;z}$ = verticale korrelspanningsverhoging in kN/m²

De berekeningen zijn onder andere uitgevoerd met het computerprogramma DSettlement. Dit programma voor de berekening van zettingen in een semi-driedimensionale ruimte houdt rekening met spreiding van de belasting(en) in de ondergrond, van zowel bestaande als nieuwe ophogingen.

De stijfheidseigenschappen van de bodem zijn bepaald aan de hand van een interpretatie van het uitgevoerde grond- en laboratoriumonderzoek alsmede op basis van ervaring. Bij de analyses is rekening gehouden met het onder water zakken van de grondlagen, waardoor het effectief gewicht van de ophoging vermindert. De berekeningen geven het verloop van de zetting in de tijd en de zogenaamde eindzettingen, dat wil zeggen de zettingen die over een periode van ca. 30 jaar optreden. De onnauwkeurigheid in de berekende zetting bedraagt circa + en - circa 30%.

4.3.2 Tijd-zettingsverloop

Het optreden van zettingen is een tijdsafhankelijk proces. In eerste instantie zal een ophoging een wateroverspanning veroorzaken in de samendrukbare lagen. Het hierdoor ontstane potentiaalverschil geeft een grondwaterstroming, waardoor de wateroverspanning geleidelijk afneemt en de korrelspanning toeneemt, hetgeen zetting veroorzaakt. De tijdsduur van dit proces wordt de hydrodynamische periode genoemd. De lengte van deze periode (t_e) is afhankelijk van de laagdikte, de doorlatendheid van de samendrukbare lagen en de afstromingsmogelijkheden van het uit te persen water. De hydrodynamische periode is met de volgende formule berekend:

$$t_e = \frac{T \cdot (a \cdot d)^2}{c_v}$$

waarin:

- t_e = hydrodynamische periode in seconden
- d = laagdikte samendrukbaar pakket in m

c_v = consolidatiecoëfficiënt in m^2/s

T = tijdfactor; praktisch einde van de consolidatie bij $T=2$

a = constante; bij tweezijdige afstroming $a = 0,5$; bij eenzijdige afstroming $a = 1$

Het verband tussen de consolidatiegraad U en de tijdfactor T is benaderd volgens:

$$U_v(\Delta t) = \left(\frac{T^3}{0,5 + T^3} \right)^{1/6}$$

waarin: $U_v(\Delta t)$ = consolidatiegraad na tijdsduur Δt bij alleen verticale afstroming (-)

De zetting die in de hydrodynamische periode optreedt bestaat deels uit primaire en deels uit secundaire zetting. Na het verstrijken van de hydrodynamische periode treden alleen nog secundaire zettingen op. In geval van een dik pakket slappe lagen bepaalt de lengte van de hydrodynamische periode in belangrijke mate de grootte van de restzettingen na ingebruikname.

Bij toepassing van verticale drainage is de consolidatietijd berekend met de formule van Barron/Kjellman.

Voor de gecombineerde werking van verticale en horizontale consolidatie is gebruik gemaakt van de formule van Carillo:

$$U_{vh}(\Delta t) = 1 - (1 - U_v(\Delta t)) \cdot (1 - U_h(\Delta t))$$

waarin: $U_{vh}(\Delta t)$ = consolidatiegraad na tijdsduur Δt door gecombineerd effect van verticale en horizontale afstroming (-)

$U_h(\Delta t)$ = consolidatiegraad na tijdsduur Δt bij alleen horizontale afstroming (-)

4.4 Berekende zetting

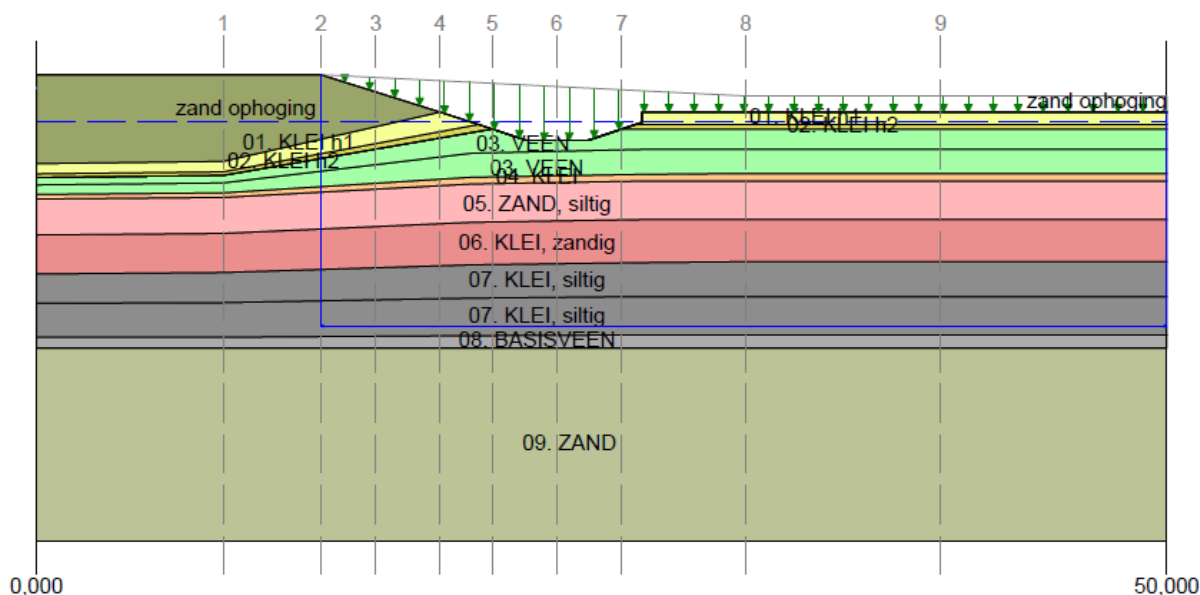
De zetting is berekend voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT) zodat alle partiële factoren de waarde 1,0 hebben.

4.4.1 Bruto-netto ophoging zonder tijdelijke extra overhoogte

In eerste instantie is de situatie beschouwd waarbij geen tijdelijke extra overhoogte is toegepast. Wel is een verticale drainage om de consolidatieperiode te versnellen toegepast en worden zettingen gecompenseerd door het aanbrengen van een overhoogte ("maintain profiel berekening"). Op deze manier worden de zettingen berekend die na 30 jaar zullen zijn opgetreden. Het gebied waarover de verticale drainage wordt aangebracht is aangegeven in de figuren 4-2 en 4-3.

De volgende maatgevende verticalen zijn gehanteerd:

- Verticaal 1 is gelegen op de kruin van de Braassemerdreef op ca. 4 m vanuit de rand van de kruin. Vanaf dit punt is een voorbelasting aangebracht.
- Verticaal 2 betreft de rand van de kruin van de Braassemerdreef.
- Verticalen 3 en 4 bevinden zich in het talud van de ophoging en het toekomstige profiel.
- Verticalen 5, 6 en 7 bevinden zich ter hoogte van de te dempen watergang.
- Verticalen 8 en 9 bevinden zich aan de zuidzijde van de toekomstige dam.



figuur 4-1: Netto ophoging (exclusief overhoogte ter compensatie zettingen)

In tabel 4-1 zijn de verwachte zettingen voor de maatgevende verticalen gepresenteerd.

tabel 4-1: verwachte (eind)zettingen bij een Netto ophoging zonder toepassing van een tijdelijke extra overhoogte, met verticale drainage

verticaal	Huidig maaiveld niveau [m t.o.v. NAP]	Toekomstig maaiveld niveau [m t.o.v. NAP]	Netto ophoging [m]	Bruto ophoging [m]	Eindzetting na 30 jaar [m]	Zetting na 1 jaar [m]	Restzetting na 1 jaar [m in 30 jaar]
1	+0,6	+0,6	0,0	---	ca. 0,02	ca. 0,01	ca. 0,01
2	+0,6	+0,6	0,0	0,2	0,1 à 0,2	0,1 à 0,2	≤ 0,05
3	ca. -0,2	ca. +0,5	0,6 à 0,7	1,1 à 1,2	ca. 0,4	0,3 à 0,4	≤ 0,10
4	-1,05	ca. +0,4	ca. 1,5	2,4 à 2,5	ca. 1,0	ca. 0,9	0,0 à 0,1
5	-1,8	ca. +0,2	ca 2,0	ca. 3,8	ca. 1,8	ca. 1,6	ca. 0,2
6	-2,3	ca. +0,1	ca 2,4	ca. 4,0	ca. 1,65	1,4 à 1,5	ca. 0,2
7	-1,8	ca. -0,1	1,7 à 1,8	ca. 3,6	ca. 1,85	ca. 1,65	ca. 0,2
8	-1,05	-0,34	ca. 0,7	ca. 1,9	ca. 1,2	ca. 1,0	ca. 0,2
9	-1,05	-0,34	ca. 0,7	ca. 1,9	ca. 1,1	0,9 à 1,0	0,1 à 0,2

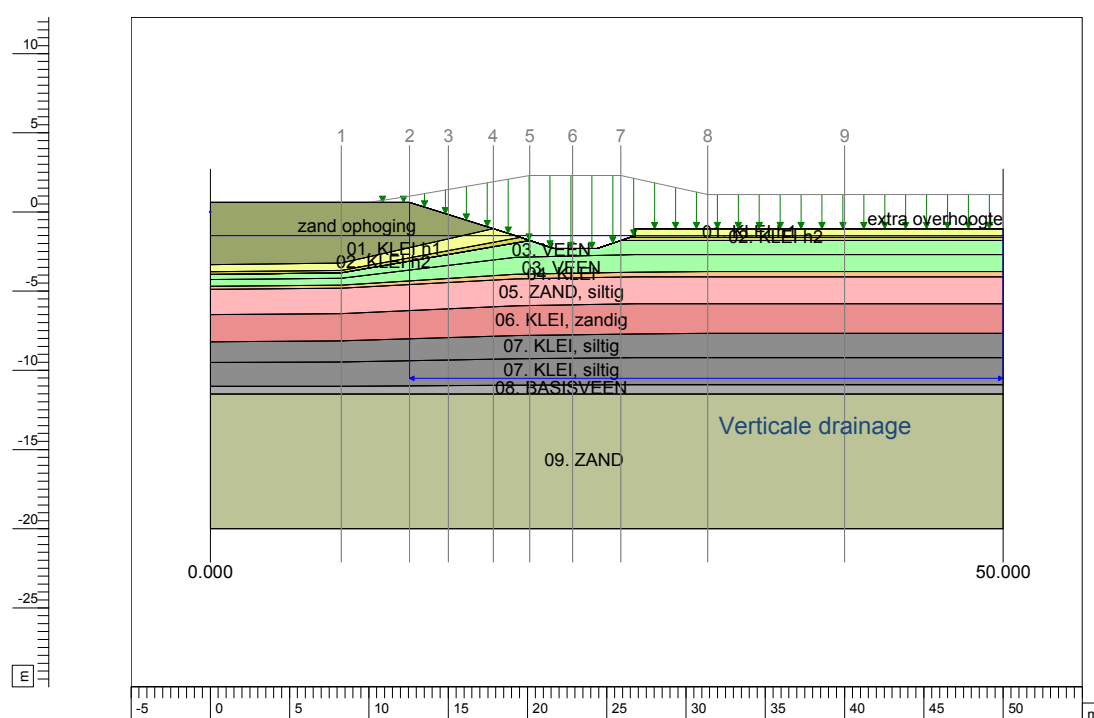
Door het toepassen van verticale drainage is na 1 jaar ca. 85% van de eindzetting opgetreden. Indien het terrein bruto wordt opgehoogd zonder toepassing van een tijdelijke extra overhoogte wordt na 1 jaar echter nog niet aan de restzettingseis van 0,15 m in 30 jaar voldaan.

4.4.2 Tijdelijke extra overhoogte gedurende 1 jaar

Om na 1 jaar te voldoen aan de restzettingseis is een tijdelijke extra overhoogte gedurende 1 jaar voorzien.

Er zijn twee situaties doorgerekend waarbij gebruik is gemaakt van een tijdelijke extra overhoogte. In de eerste situatie is een tijdelijke extra overhoogte toegepast van maximaal ca. 0,6 m, zie figuur 4-2 en tabel 4-2. De berekende restzettingen na de voorbelastperiode van 1 jaar vallen binnen de gestelde eis van 0,15 m in 30 jaar.

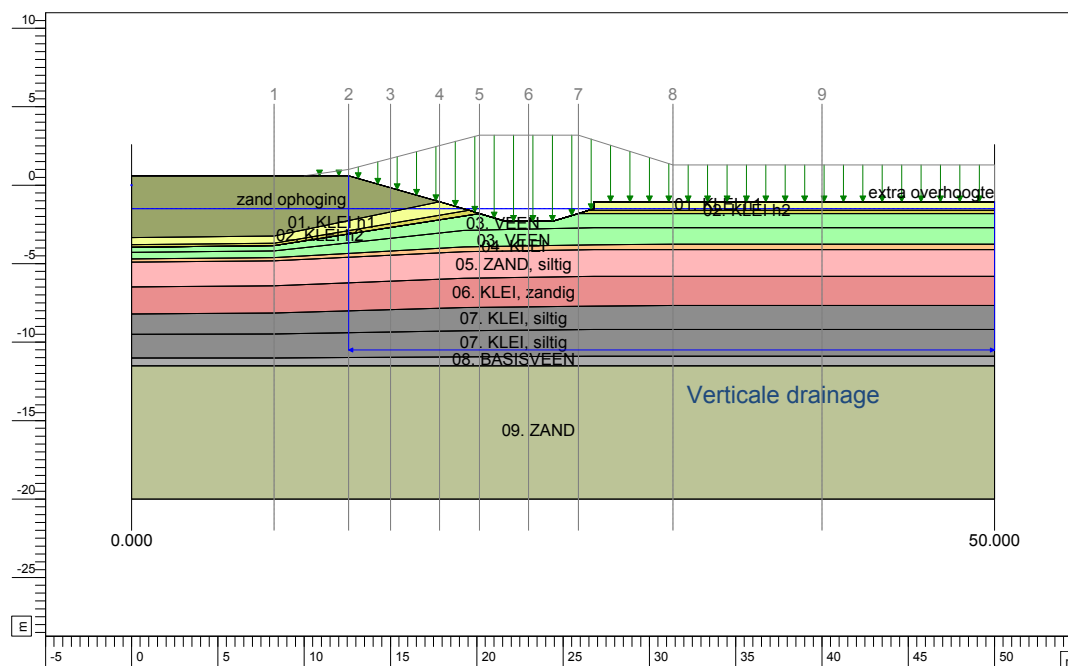
In de tweede situatie is een tijdelijke extra overhoogte toegepast van maximaal 1,5 m, zie figuur 4-3 en tabel 4-3. Na de voorbelastperiode van 1 jaar worden restzettingen van minder dan 0,1 m verwacht.



figuur 4-2: tijdelijke extra overhoogte van maximaal 0,6 m gedurende 1 jaar + verticale drainage

tabel 4-2: verwachte (eind)zettingen bij een tijdelijke extra overhoogte maximaal ca. 0,6 m

verticaal	Huidig maaiveld niveau [m t.o.v. NAP]	Netto ophoging [m]	Bruto ophoging [m]	Tijdelijke extra overhoogte [m]	Ophogen (ongezakt) tot [m t.o.v. NAP]	Benodigde zetting [m]	Zetting na 1 jaar [m]	Restzetting na 1 jaar [m in 30 jaar]
4	-1,05	ca. 1,5	2,4 à 2,5	ca. 0,5	ca. +1,9	ca. 1,0	ca. 0,95	0,05 à 0,1
5	-1,8	ca 2,0	ca. 3,8	ca. 0,3	+2,3	ca. 1,8	ca. 1,7	0,1 à 0,15
6	-2,3	ca 2,4	ca. 4,0	ca. 0,6	+2,3	ca. 1,65	ca. 1,55	0,1 à 0,15
7	-1,8	1,7 à 1,8	ca. 3,6	ca. 0,5	+2,3	ca. 1,85	ca. 1,75	0,1 à 0,15
8	-1,05	ca. 0,7	ca. 1,9	ca. 0,25	+1,1	ca. 1,2	ca. 1,1	0,1 à 0,15
9	-1,05	ca. 0,7	ca. 1,9	ca. 0,25	+1,1	ca. 1,1	ca. 1,0	0,1 à 0,15



figuur 4-3: tijdelijke extra overhoogte van maximaal 1,5 m gedurende 1 jaar + verticale drainage

tabel 4-3: verwachte (eind)zettingen bij een tijdelijke extra overhoogte van maximaal 1,5 m gedurende 1 jaar (vrijwel zettingsvrije ophoging)

verticaal	Huidig maaiveld niveau [m t.o.v. NAP]	Netto ophoging [m]	Bruto ophoging [m]	Tijdelijke extra overhoogte [m]	Ophogen (ongezakt) tot [m t.o.v. NAP]	Benodigde zetting [m]	Zetting na 1 jaar [m]	Restzetting na 1 jaar [m in 30 jaar]
4	-1,05	ca. 1,5	2,4 á 2,5	ca. 0,5	ca. +1,9	ca. 1,0	> 1,0	0,0 à 0,1
5	-1,8	ca 2,0	ca. 3,8	ca. 1,2	+3,2	ca. 1,8	ca. 1,8	0,0 à 0,1
6	-2,3	ca 2,4	ca. 4,0	ca. 1,5	+3,2	ca. 1,65	ca. 1,65	0,0 à 0,1
7	-1,8	1,7 á 1,8	ca. 3,6	ca. 1,4	+3,2	ca. 1,85	ca. 1,85	0,0 à 0,1
8	-1,05	ca. 0,7	ca. 1,9	ca. 0,45	+1,3	ca. 1,2	ca. 1,2	0,0 à 0,1
9	-1,05	ca. 0,7	ca. 1,9	ca. 0,45	+1,3	ca. 1,1	ca. 1,1	0,0 à 0,1

4.4.3 Conclusie

Om het toekomstige maaiveldprofiel aan te leggen (figuur 2-2) dient het terrein netto met ca. 0,7 m tot 2,4 m te worden opgehoogd. Doordat zettingen in de ondergrond optreden dient het terrein bruto met ca. 1,9 m tot ca. 4,0 m te worden opgehoogd. Indien uitsluitend wordt uitgegaan van de toepassing van een verticale drainage en geen tijdelijke extra overhoogte, zal na 1 jaar niet aan de restzettingseis worden voldaan (zie tabel 4-1).

Om na een voorbelastperiode van 1 jaar te voldoen aan de restzettingseis van 0,15 m in 30 jaar dient het terrein tijdelijk te worden voorbelast met een extra overhoogte.

In tabel 4-2 is een variant gepresenteerd waarbij een tijdelijke extra overhoogte variërend van 0,25 tot 0,6 m is toegepast. Na de voorbelastperiode van 1 jaar bedragen de berekende restzettingen maximaal ca. 0,15 m in 30 jaar, waarmee aan de gestelde restzettingseis van 0,15 m in 30 jaar wordt voldaan.

In tabel 4-3 is een variant gepresenteerd waarbij is uitgegaan van een nagenoeg zettingsvrije ophoging, na een voorbelastperiode van 1 jaar. Indien een tijdelijke extra overhoogte van 0,5 m tot ca. 1,5 m wordt toegepast worden na 1 jaar restzettingen verwacht kleiner dan 0,1 m, waarmee het risico van overschrijding van de restzettingseis van 0,15 m in 30 jaar bij tegenvallende zettingen wordt verkleind.

Opgemerkt wordt dat door het zandlichaam voor de dam ook zettingsverschillen onder de aardebaan van de Braassemerdreef zullen optreden. Dit kan tot scheurvorming in al aanwezige verharding leiden.

Duiker

De constructie van de duiker en de funderingswijze zijn ons niet bekend. De duiker kan na het verwijderen van de extra overhoogte worden aangelegd. Indien een op staal gefundeerde duiker wordt toegepast dient deze voldoende flexibel te zijn om zettingsverschillen op te kunnen vangen. Indien een betonnen voorgespannen koker duiker of soortgelijke constructie wordt toegepast, wordt aangeraden deze op palen te funderen.

5. UITVOERING

De zandophoging dient bij voorkeur in lagen van 0,5 m te worden aangebracht. Het met zand dempen van de watergang dient sproeiend te worden uitgevoerd. Slib op de slootbodem wordt hierbij opgesloten, zodat het risico voor zijdelings wegpersen zoveel mogelijk wordt beperkt.

De taluds dienen niet steiler dan 1:3 (verticaal:horizontaal) te worden opgezet. In de richting evenwijdig aan de watergang (dus haaks op de dam) niet steiler dan 1:5 (v:h) ophogen.

De grondwaterstand in de zandophoging dient beheerst te worden zodat de afvoer van water uit de verticale drains ongehinderd kan plaatsvinden. Voor de afvoer van water kan bij de teen van de ophoging op het land een drainsleuf worden aangelegd bestaande uit een met matig grof of grof zand opgevulde sleuf, voorzien van een kunststof drainage buis. De onderzijde van de drainage sleuf dient circa 0,5 m beneden het grondwaterpeil te liggen. De drainage sleuf dient af te wateren op een bestaande watergang.

Afhankelijk van het oppervlak van de ophoging aan de zuidkant van de watergang kunnen hier enkele peilbuizen in de ophoging worden aangebracht ter verificatie van de grondwaterstand.

Geadviseerd wordt om enkele horizontale drains onder de ophoging aan te brengen. Deze drains staan haaks op de verzameldrain in de teen van de ophoging en wateren hierop af.

Verticale drainage

Aangeraden wordt kunststof drains met een breedte van 0,1 m categorie III te gebruiken, zie CROW-publicatie 77. Om kortsluiting tussen het freatische water en het diepe grondwater te voorkomen, dient de onderkant van de verticale drains niet dieper dan circa 1 m boven het Pleistocene zand te worden geplaatst tot maximaal NAP -10,5 m. De aangegeven h.o.h.-afstand van 1,5 m van de drains is gebaseerd op plaatsing in een driehoekstramien. De drains dienen zo snel mogelijk nadat de zandophoging boven de waterlijn is uitgekomen te worden aangebracht.

Metingen

Om het zakkingsproces te kunnen volgen wordt aangeraden in het hart van de dam enkele zakbaken te plaatsen. De hoogte van de zakbaken dient tijdens het ophogen wekelijks te worden gemeten. Na het bereiken van de eindhoogte is eenmaal per 2 weken en na 6 maanden 1 eens per maand voldoende.

Een verdere controle van de ophoogwerkzaamheden kan eventueel geschieden door in de cohesieve lagen waterspanningsmeters te plaatsen en periodiek de waterspanning te meten. De meters dienen nauwkeurig op de juiste hoogte en positie te worden aangebracht.

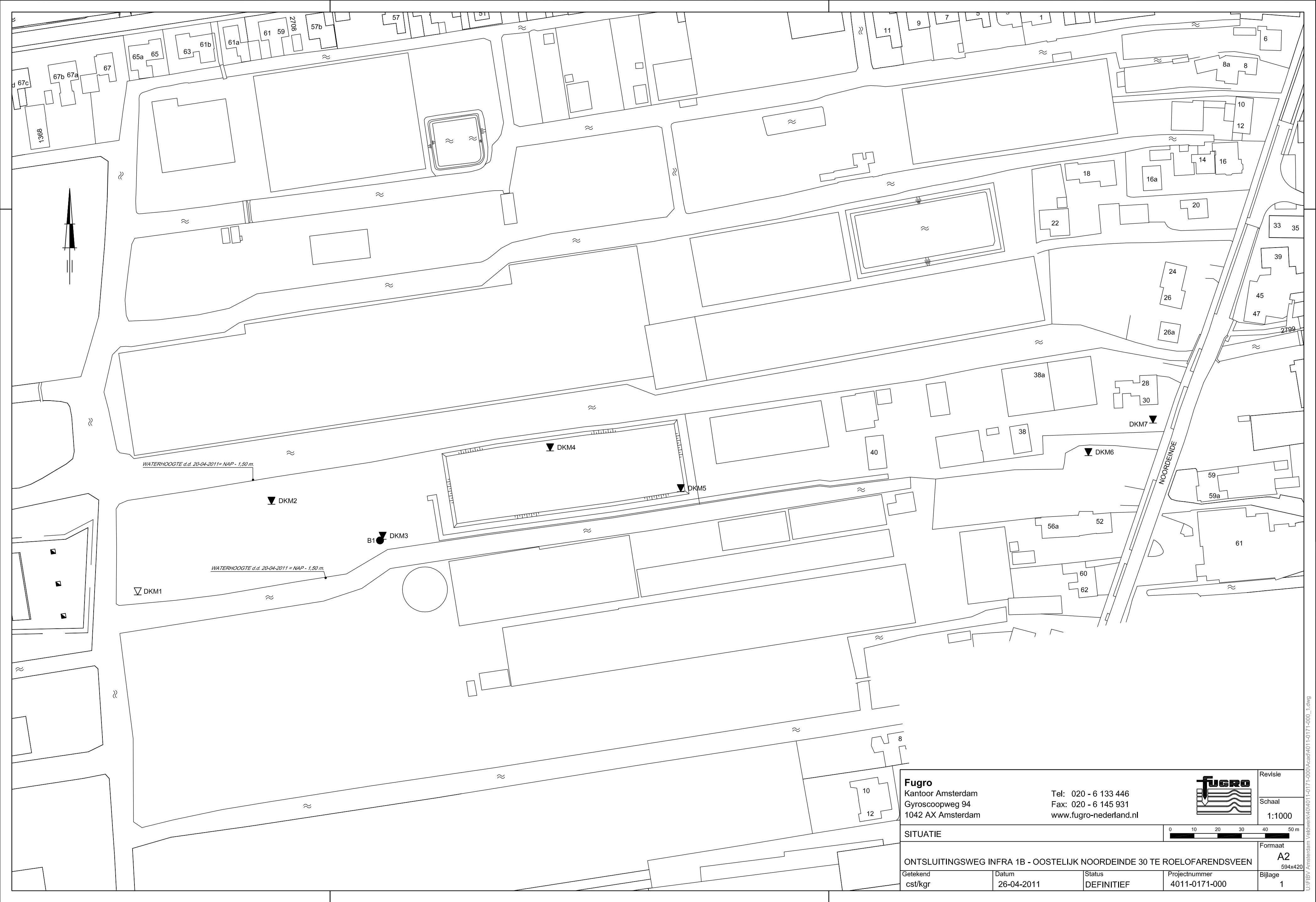
De metingen dienen door een geotechnisch adviseur te worden beoordeeld. Bij afwijkende resultaten kan het noodzakelijk zijn dat extra maatregelen dienen te worden getroffen. Deze maatregelen kunnen bijvoorbeeld uit het vergroten van de extra tijdelijke overhoogte bestaan of het hanteren van een langere voorbelastingstijd.

6. LITERATUUROVERZICHT EN LIJST VAN BEGRIPPEN EN DEFINITIES

Begrip	Omschrijving
ophoging	Gedeelte van de grondconstructie dat boven het oorspronkelijk maaiveld uitsteekt.
netto ophoging	Gedeelte van de grondconstructie dat na een arbitrair gekozen periode van 10000 dagen boven het oorspronkelijk maaiveld uitsteekt.
bruto ophoging	Totale hoogte van de aangebrachte grondconstructie. bruto ophoging = netto ophoging + overhoogte
overhoogte	Zandlaagdikte (hoeveelheid grond) die wordt aangebracht met het doel na zetting van de ondergrond de gewenste hoogte van de constructie te bereiken.
extra overhoogte	Extra zandlaagdikte (hoeveelheid grond) die tijdelijk wordt aangebracht om zetting van het grondlichaam te bespoedigen.
fictieve start ophoging	Tijdstip waarop een gefaseerde ophoging geacht wordt in zijn geheel aanwezig te zijn. Dit begrip wordt gebruikt indien in de berekening een gefaseerde ophoging wordt geschematiseerd tot een eenmalige ophoging van dezelfde grootte. Dit tijdstip wordt aangeduid met $t = 0$ en wordt, bij een gelijkmatige ophoogsnelheid, doorgaans halverwege de ophooftijd genomen; soms wordt $2/3$ aangehouden.
zetting	Geleidelijk en min of meer gelijkmatig afnemen van de hoogteligging van het maaiveld of de cunetbodem waarop de constructie is aangelegd.
eindzetting	Zetting na een arbitrair gekozen periode van 10000 dagen (= circa 30 jaar) vanaf start ophoging. Soms wordt aangehouden: 10, 50 of 100 jaar.
restzetting	Zetting die zich voordoet in een bepaalde periode vanaf de oplevering van de bovenbouw (verharding / spoorstaven).
zettingsverschil	Verschil in zetting van twee locaties.
achtergrondzetting of autonome zetting	Zetting ten gevolge van inklinking in polders door polderpeilverlaging, voortgaande zetting door vroegere ophogingen, gas- en zoutwinning en dergelijke.
bouwtijd (grondwerk)	Tijdsduur vanaf begin ophoging tot begin aanbrengen verharding of spoorstaven.
bouwtijd (bovenbouw)	Tijdsduur benodigd voor het aanbrengen van de verharding of de spoorstaven.
ophoogtijd	Tijdsduur vanaf begin ophoging tot tijdstip waarop bruto ophoging geheel aanwezig is.
Zettingstijd/ wachttijd	Tijdsduur die voor de slappe lagen beschikbaar is om te zetten (consolideren) onder het gewicht van de ophoging, voordat de verharding of bovenbouw wordt aangebracht (einde bouwtijd grondwerk).

Literatuuroverzicht

1. *Construeren met grond*, CUR rapport 162, CUR Gouda, 1992, ISBN 90-376-0024-7
2. *Verticale drainage*, CROW rapport 77, CROW Ede, 1993, ISBN 90-6628-163-4
3. *Betrouwbaarheid van zettingsprognoses*, CROW publicatie 204, CROW Ede, 2004, ISBN 90-6628-430-7



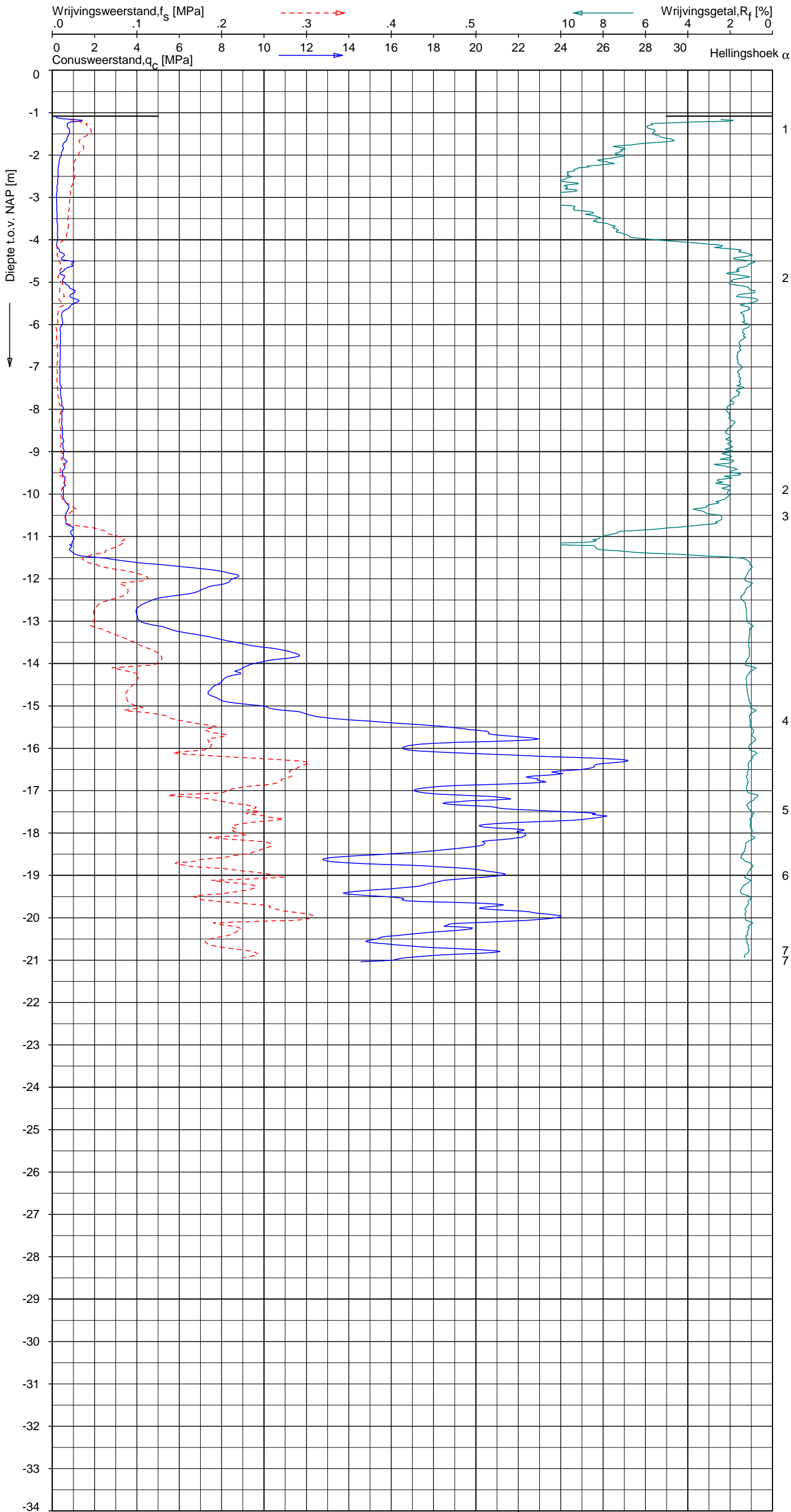
Fugro Kantoor Amsterdam Gyroscoopweg 94 1042 AX Amsterdam				Tel: 020 - 6 133 446 Fax: 020 - 6 145 931 www.fugro-nederland.nl				Revisie
SITUATIE						Schaal 1:1000		Formaat
ONTSLUITINGSWEG INFRA 1B - OOSTELIJK NOORDEINDE 30 TE ROELOFARENDVSVEEN				Getekend cst/kgr		Datum 26-04-2011		Status DEFINITIEF
				Projectnummer 4011-0171-000		Bijlage 1		Formaat A2 594x420

U:\FIEV Amsterdam Veldwerk\4011-0171-000\Acad\4011-0171-000_1.dwg

UNIPLOT 05.15.nl / QcfClass-N3.cmd / 2011-04-22 15:09:20

4011-0171-000

DKM4 - 1



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : SC/YDL d.d. 20-Apr-2011 conus : F7.5CKE2HA/B X = 103037.3 Y = 468300.5
Get. : BOSCHG d.d. 2011-04-22 MV = NAP -1.08 m

Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2.
Conustype cilindrisch elektrisch, 1500 mm.
Specificaties conform bijl. Elektrisch sonderen.



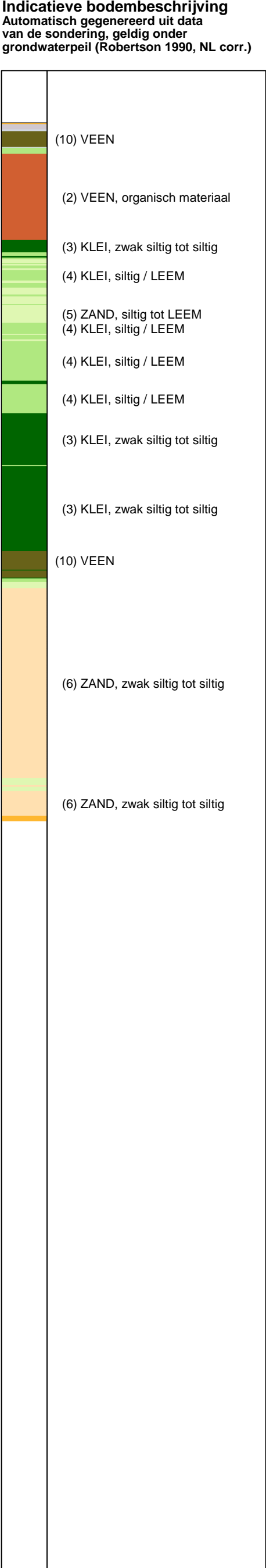
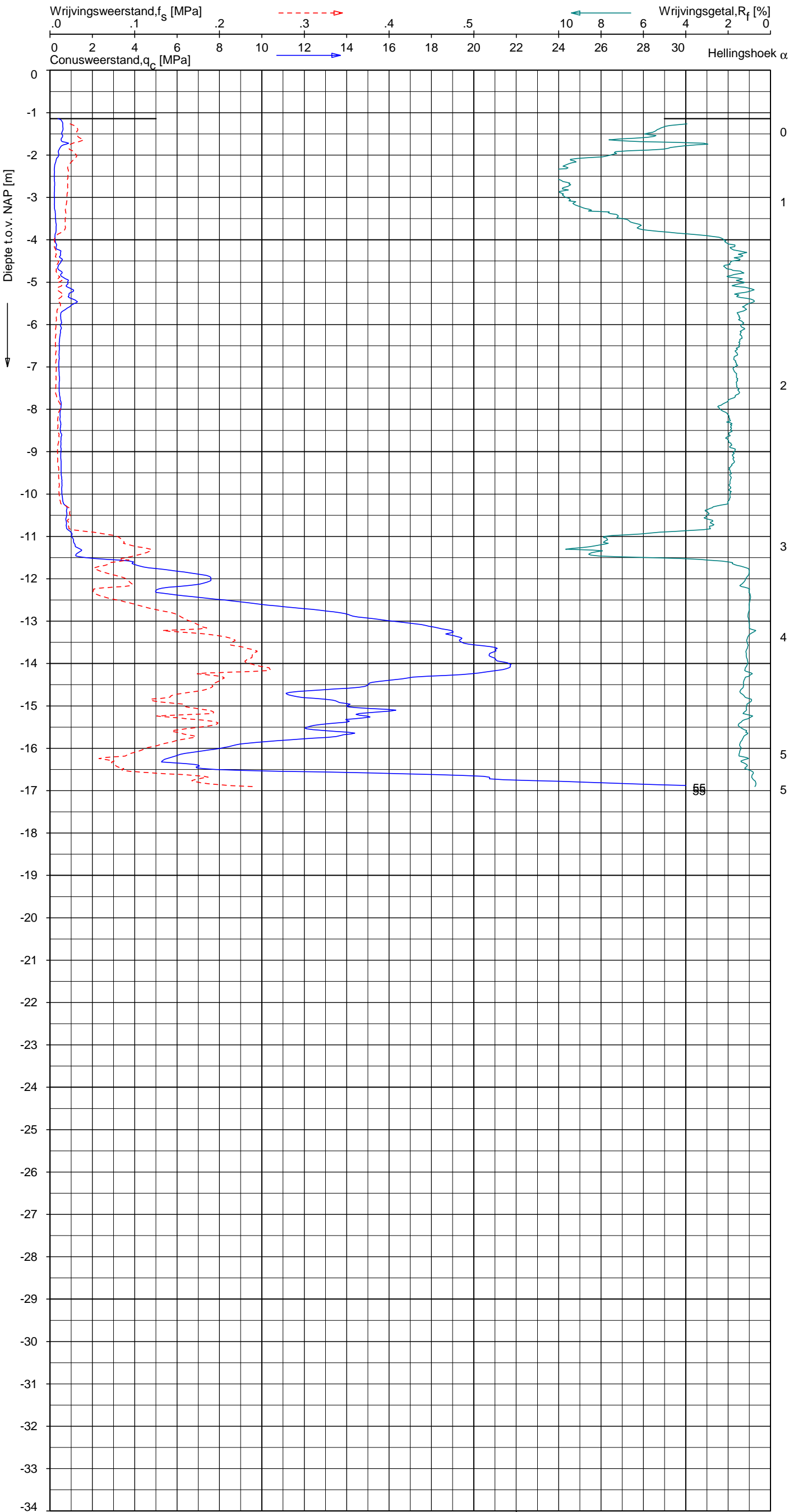
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING
ONTSLUITINGSWEG INFRA 1B - OOSTELIJK NOORDEINDE 30
TE ROELOFARENDVVEEN

Opdr. 4011-0171-000
Sond. DKM4

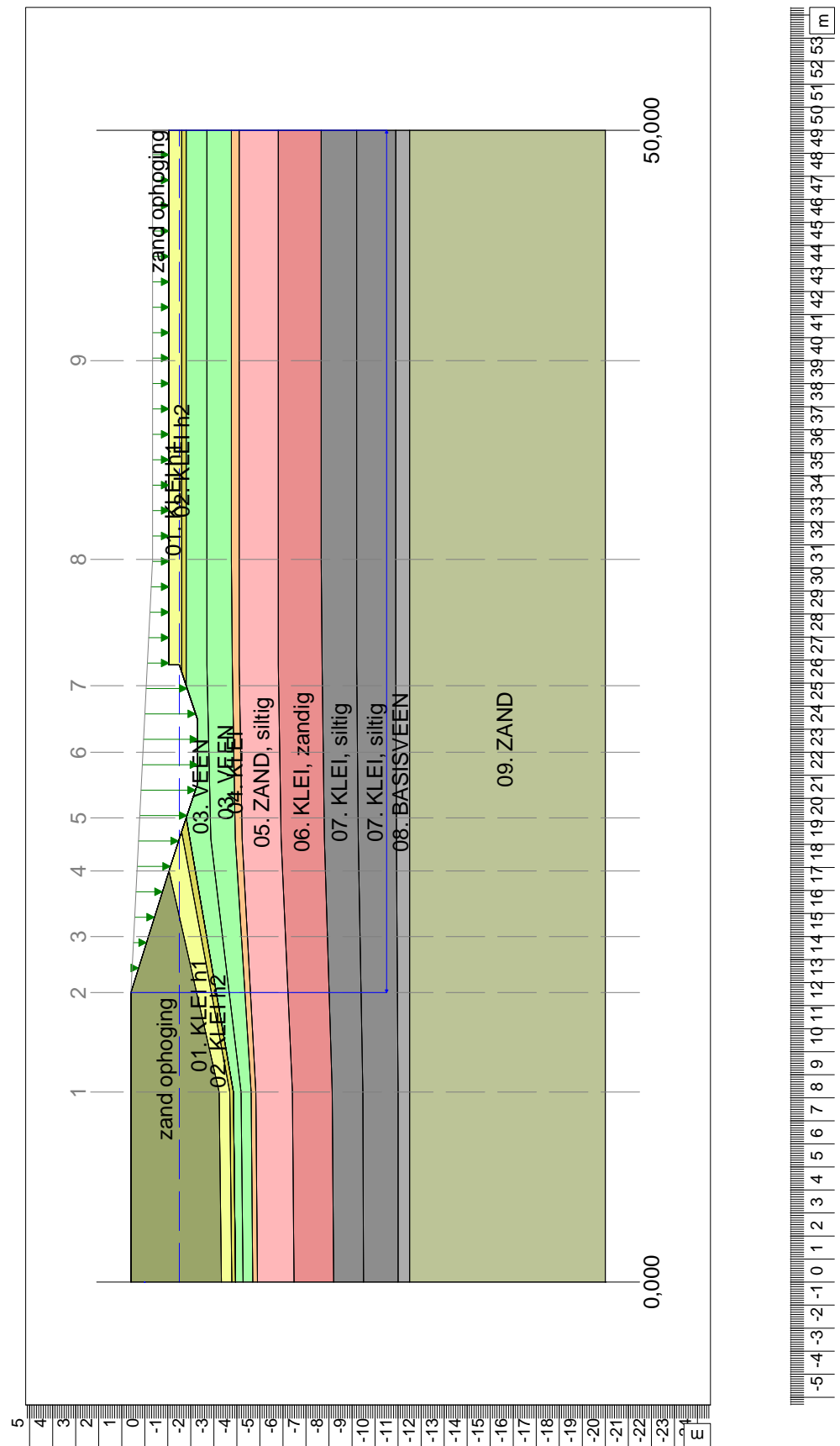
UNIPLOT 05.15.nl / QcfClass-N3.cmd / 2011-04-22 15:09:22

4011-0171-000

DKM5 - 1



Input View



D-Settlement 14.1 : ongezaakt profiel (netto ophoging).sli

Fugro	Phone Fax	date 9-4-2015	drw. AAO
		4014-0016-020	ctr.
Project Noordakker te Roelofarendsveen fase 2 ophoogadvies t.b.v. dam met duiker Geometrie		Annex A1	form. A4

Report for D-Settlement 14.1

Settlement Calculations
Developed by Deltares

Company: Fugro

Date of report: 9-4-2015
Time of report: 13:21:24

Date of calculation: 9-4-2015
Time of calculation: 12:57:35

Filename: P:\.\20_Engineering\Dsettlement\ongezakt profiel (netto ophoging)

Project identification: Project Noordakker te Roelofarendsveen fase 2
ophoogadvies t.b.v. dam met duiker
Rapportage

1 Echo of the Input

1.1 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m ³]	Saturated [kN/m ³]
1	0	18,00	20,00

Load number	Co-ordinates [m]					
1 - X -	12,57	31,37	50,00	50,00		
1 - Y -	0,60	-0,34	-0,34	-1,05		

2 Settlements

2.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	8,25	0,00	0,60	0,022
2	12,57	0,00	0,60	0,146
3	15,00	0,00	-0,16	0,423
4	17,85	0,00	-1,05	1,014
5	20,15	0,00	-1,80	1,800
6	23,00	0,00	-2,30	1,636
7	25,89	0,00	-1,80	1,842
8	31,37	0,00	-1,05	1,187
9	40,00	0,00	-1,05	1,097

2.2 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	365	0,013	60,970	0,009
2	365	0,126	86,271	0,020
3	365	0,366	86,671	0,056
4	365	0,884	87,178	0,130
5	365	1,607	89,255	0,193
6	365	1,459	89,193	0,177
7	365	1,642	89,151	0,200
8	365	1,035	87,176	0,152
9	365	0,957	87,206	0,140

2.3 Maintain Profile Calculation Results

Load 1 consists of 39,103 m3 per Width

The extra amount of soil to be added is 44,843 m3 per Width

This equals the found settlements for non-uniform loads

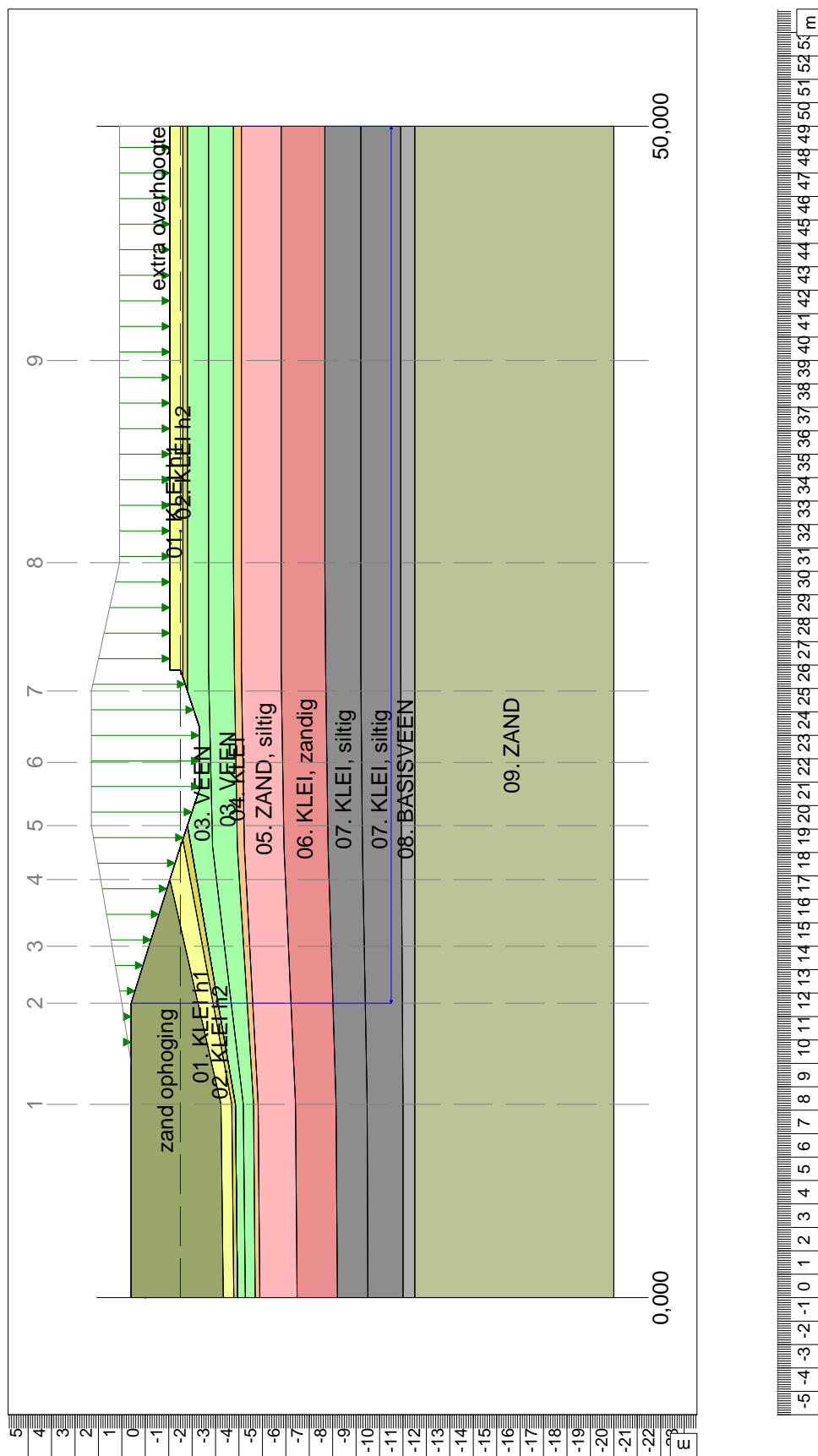
3 Warnings and errors

List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

- 1 Model Koppejan is not ideal for unloading (e.g. load removal, temporary dewatering, gradual submerging). If A_s is much larger than C_s' , unloading will yield almost no effect on creep. Switch to the NEN-Bjerrum or abc Isotache model for improved predictions.

End of Report

Input View



D-Settlement 14.1 : bruto ophoging profiel (extra overhoogte, kleine zettingen) versie 2.sli

Project Noordakker te Roelofarendsveen fase 2 ophoogadvies t.b.v. dam met duiker Geometrie	Fugro	Phone Fax	date 10-4-2015	drw. AAO
			4014-0016-020	ctr.
			Annex A2	form. A4

Report for D-Settlement 14.1

Settlement Calculations

Developed by Deltares

Company: Fugro

Date of report: 10-4-2015
Time of report: 8:52:21

Date of calculation: 10-4-2015
Time of calculation: 8:52:03

Filename: P:\..\bruto ophoging profiel (extra overhoogte, kleine zettingen) versie 2

Project identification: Project Noordakker te Roelofarendsveen fase 2
ophoogadvies t.b.v. dam met duiker
Rapportage

1 Echo of the Input

1.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
14 - X -	0,000	8,250	12,570	17,847	19,250
14 - Y -	0,600	0,600	0,600	-1,050	-1,500
14 - X -	19,550	20,150	21,650	24,390	25,890
14 - Y -	-1,600	-1,800	-2,300	-2,300	-1,800
14 - X -	26,490	26,790	26,790	31,370	50,000
14 - Y -	-1,600	-1,500	-1,050	-1,050	-1,050
13 - X -	0,000	8,250	17,847	19,250	19,550
13 - Y -	-3,330	-3,230	-1,050	-1,500	-1,600
13 - X -	20,150	21,650	24,390	25,890	26,490
13 - Y -	-1,800	-2,300	-2,300	-1,800	-1,600
13 - X -	26,790	26,790	31,370	50,000	
13 - Y -	-1,500	-1,050	-1,050	-1,050	
12 - X -	0,000	8,250	19,550	20,150	21,650
12 - Y -	-3,780	-3,690	-1,600	-1,800	-2,300
12 - X -	24,390	25,890	26,490	26,790	26,790
12 - Y -	-2,300	-1,800	-1,600	-1,500	-1,050
12 - X -	31,370	50,000			
12 - Y -	-1,050	-1,050			
11 - X -	0,000	8,250	20,150	21,650	24,390
11 - Y -	-3,940	-3,850	-1,800	-2,300	-2,300
11 - X -	25,890	26,490	26,790	26,790	31,370
11 - Y -	-1,800	-1,600	-1,500	-1,050	-1,050
11 - X -	50,000				
11 - Y -	-1,050				
10 - X -	0,000	8,250	20,150	21,650	24,390
10 - Y -	-3,940	-3,850	-1,800	-2,300	-2,300
10 - X -	25,890	26,490	50,000		
10 - Y -	-1,800	-1,600	-1,600		
9 - X -	0,000	8,250	20,150	21,650	24,390
9 - Y -	-3,940	-3,850	-1,800	-2,300	-2,300
9 - X -	25,890	50,000			
9 - Y -	-1,800	-1,800			
8 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
8 - Y -	-4,270	-4,180	-2,870	-2,700	-2,700
8 - X -	50,000				
8 - Y -	-2,700				
7 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
7 - Y -	-4,690	-4,620	-3,930	-3,800	-3,762
7 - X -	50,000				
7 - Y -	-3,762				
6 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
6 - Y -	-4,890	-4,820	-4,230	-4,100	-4,100
6 - X -	50,000				
6 - Y -	-4,100				
5 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
5 - Y -	-6,480	-6,410	-5,920	-5,800	-5,800
5 - X -	50,000				
5 - Y -	-5,800				
4 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
4 - Y -	-8,200	-8,140	-7,800	-7,700	-7,662
4 - X -	50,000				
4 - Y -	-7,662				
3 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
3 - Y -	-9,500	-9,470	-9,270	-9,200	-9,200
3 - X -	50,000				

Boundary number	Co-ordinates [m]				
3 - Y -	-9,200				
2 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
2 - Y -	-11,000	-11,000	-10,930	-10,900	-10,900
2 - X -	50,000				
2 - Y -	-10,900				
1 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
1 - Y -	-11,500	-11,500	-11,500	-11,500	-11,500
1 - X -	50,000				
1 - Y -	-11,500				
0 - X -	0,000	50,000			
0 - Y -	-20,000	-20,000			

1.2 PL Lines

PL line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	0,000	50,000			
1 - Y -	-1,500	-1,500			

1.3 General Data

Soil model:	Koppejan
Consolidation model:	Darcy
Strain model:	Natural
Groundwater level:	Initial determined by PL-line number 1
Unit weight of water:	10,00 [kN/m³]
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	Simulate
End of consolidation:	10000,00 [days]
No maintain profile	
Pc (initial):	Variable parallel to the initial effective stress
Pc (per step):	Automatic increased to the final effective stresses
Creep rate reference time:	1,000 [days]
With imaginary surface:	determined by layerboundary number 13
Load column width:	1,00 [m]
With submerging	
(only for non uniform loads)	
- Iteration stop criterium :	0,10 [m]
Load column width	
- Non-Uniform Loads :	1,00 [m]
- Trapezoidal Loads :	1,00 [m]

1.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PL-line top	PL-line bottom
14	zand ophoging	1	1
13	01. KLEI h1	1	1
12	02. KLEI h2	1	1
11	01. KLEI h1	1	1
10	02. KLEI h2	1	1
9	03. VEEN	1	1
8	03. VEEN	1	1
7	04. KLEI	1	1
6	05. ZAND, siltig	1	1
5	06. KLEI, zandig	1	1
4	07. KLEI, siltig	1	1
3	07. KLEI, siltig	1	1
2	08. BASISVEEN	1	1
1	09. ZAND	1	1

1.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
14	Yes	18,00	20,00
13	No	14,00	14,00
12	No	14,00	14,00
11	No	14,00	14,00
10	No	14,00	14,00
9	No	10,50	10,50
8	No	10,50	10,50
7	No	13,50	13,50
6	No	19,00	20,00
5	No	16,50	16,50
4	No	15,00	15,00
3	No	15,00	15,00
2	No	12,00	12,00
1	Yes	18,00	20,00

Layer number	Storage type	Vert. consolid. coefficient Cv [m²/s]	Ratio Ch/Cv [-]	Vertical permeability [m/s]	Ratio hor/vert permeability [-]	Permeability strain mod. [m/s]	Initial vertical permeability [m/s]
14	Vert. cons.	-	1,000	-	-	-	-
13	Vert. cons.	2,80E-07	1,000	-	-	-	-
12	Vert. cons.	2,80E-07	1,000	-	-	-	-
11	Vert. cons.	2,80E-07	1,000	-	-	-	-
10	Vert. cons.	2,80E-07	1,000	-	-	-	-
9	Vert. cons.	5,00E-07	1,000	-	-	-	-
8	Vert. cons.	5,00E-07	1,000	-	-	-	-
7	Vert. cons.	8,50E-08	1,000	-	-	-	-
6	Vert. cons.	1,00E-05	1,000	-	-	-	-
5	Vert. cons.	2,10E-07	1,000	-	-	-	-
4	Vert. cons.	8,00E-08	1,000	-	-	-	-
3	Vert. cons.	8,00E-08	1,000	-	-	-	-
2	Vert. cons.	5,00E-07	1,000	-	-	-	-
1	Vert. cons.	-	1,000	-	-	-	-

Layer number	Precons. pressure [kN/m²]	POP [kN/m²]	OCR [-]
14	-	3,00	-
13	-	3,00	-
12	-	3,00	-
11	-	3,00	-
10	-	3,00	-
9	-	3,00	-
8	-	3,00	-
7	-	3,00	-
6	-	3,00	-
5	-	3,00	-
4	-	3,00	-
3	-	3,00	-
2	-	3,00	-
1	-	3,00	-

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coef.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
14	1,00E+03	2,50E+02	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+03	1,00E+99
13	9,50E+01	2,40E+01	6,50E+02	1,60E+02	9,50E+01	1,60E+02
12	6,30E+01	1,60E+01	4,50E+02	1,10E+02	6,30E+01	1,10E+02

Fugro

D-Settlement 14.1

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coef.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
11	9,50E+01	2,40E+01	6,50E+02	1,60E+02	9,50E+01	1,60E+02
10	6,30E+01	1,60E+01	4,50E+02	1,10E+02	6,30E+01	1,10E+02
9	2,30E+01	6,00E+00	1,40E+02	3,50E+01	2,30E+01	3,50E+01
8	2,30E+01	6,00E+00	1,40E+02	3,50E+01	2,30E+01	3,50E+01
7	3,70E+01	9,00E+00	2,80E+02	7,00E+01	3,70E+01	7,00E+01
6	1,00E+02	2,50E+01	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+02	1,00E+99
5	7,70E+01	1,90E+01	5,10E+02	1,30E+02	7,70E+01	1,30E+02
4	4,90E+01	1,20E+01	3,20E+02	7,80E+01	4,90E+01	7,80E+01
3	4,90E+01	1,20E+01	3,20E+02	7,80E+01	4,90E+01	7,80E+01
2	3,50E+01	9,00E+00	1,80E+02	4,50E+01	3,50E+01	4,50E+01
1	1,00E+03	2,50E+02	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+03	1,00E+99

1.6 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
1	0	18,00	20,00

Load number	Co-ordinates [m]					
1 - X -	10,00	12,57	20,15	25,89	31,37	50,00
1 - Y -	0,60	1,00	2,30	2,30	1,10	1,10
1 - X -	50,00					
1 - Y -	-1,05					

1.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 5	8,250	12,570	15,000	17,847	20,150
6 - 9	22,846	25,890	31,370	40,000	

Discretisation = 100

1.8 Vertical Drain

Drain type	Strip
Horizontal range "From"	[m] 12,570
Horizontal range "To"	[m] 50,000
Bottom position	[m] -10,500
Center to center distance	[m] 1,500
Width	[m] 0,100
Thickness	[m] 0,003
Grid	Triangular
Enforced dewatering	Off
Start of drainage	[days] 0,000

2 Results per Vertical

2.1 Results for Vertical 5 (X = 20,15 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
-1,800	55,016	-1,500	55,006	1,899
-1,900	55,378	-1,500	55,313	1,831
-2,000	55,649	-1,500	55,526	1,766
-2,100	55,808	-1,500	55,625	1,702
-2,200	55,904	-1,500	55,659	1,638
-2,300	55,982	-1,500	55,671	1,576
-2,325	55,990	-1,500	55,661	1,561
-2,400	55,995	-1,500	55,615	1,515
-2,500	55,969	-1,500	55,515	1,454
-2,600	55,913	-1,500	55,382	1,394
-2,700	55,842	-1,500	55,229	1,334
-2,800	55,767	-1,500	55,068	1,275
-2,850	55,730	-1,500	54,987	1,246
-2,850	55,730	-1,500	54,987	1,246
-3,382	55,490	-1,500	54,196	0,948
-3,914	55,484	-1,500	53,515	0,663
-3,914	55,484	-1,500	53,515	0,663
-4,064	55,953	-1,500	53,324	0,611
-4,214	56,426	-1,500	53,130	0,561
-4,214	56,426	-1,500	53,130	0,561
-5,060	64,615	-1,500	51,946	0,502
-5,906	72,776	-1,500	50,619	0,461
-5,906	72,776	-1,500	50,619	0,461
-6,847	78,502	-1,500	49,038	0,386
-7,788	84,167	-1,500	47,420	0,323
-7,788	84,168	-1,500	47,420	0,323
-8,525	87,468	-1,500	46,163	0,254
-9,262	90,752	-1,500	44,936	0,191
-9,262	90,752	-1,500	44,936	0,191
-10,094	94,449	-1,500	43,601	0,126
-10,926	98,140	-1,500	42,329	0,066
-10,926	98,140	-1,500	42,329	0,066
-11,213	98,550	-1,500	41,906	0,038
-11,500	98,959	-1,500	41,492	0,010
-11,500	98,959	-1,500	41,492	0,010
-12,000	103,672	-1,500	40,788	0,009
-12,550	108,855	-1,500	40,042	0,008
-13,550	118,275	-1,500	38,760	0,007
-14,550	127,689	-1,500	37,568	0,005
-15,550	137,097	-1,500	36,458	0,004
-15,750	138,978	-1,500	36,246	0,004
-16,250	143,678	-1,500	35,727	0,003
-16,800	148,846	-1,500	35,177	0,003
-17,800	158,236	-1,500	34,227	0,002
-18,800	167,618	-1,500	33,338	0,001
-19,800	176,993	-1,500	32,501	0,000
-20,000	178,867	-1,500	32,340	0,000

3 Settlements

3.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	8,25	0,00	0,60	0,039
2	12,57	0,00	0,60	0,229
3	15,00	0,00	-0,16	0,543
4	17,85	0,00	-1,05	1,119
5	20,15	0,00	-1,80	1,899
6	22,85	0,00	-2,30	1,722
7	25,89	0,00	-1,80	1,941
8	31,37	0,00	-1,05	1,274
9	40,00	0,00	-1,05	1,196

3.2 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	365	0,023	59,537	0,016
2	365	0,198	86,527	0,031
3	365	0,471	86,765	0,072
4	365	0,976	87,207	0,143
5	365	1,695	89,249	0,204
6	365	1,534	89,127	0,187
7	365	1,731	89,159	0,210
8	365	1,111	87,186	0,163
9	365	1,044	87,254	0,152

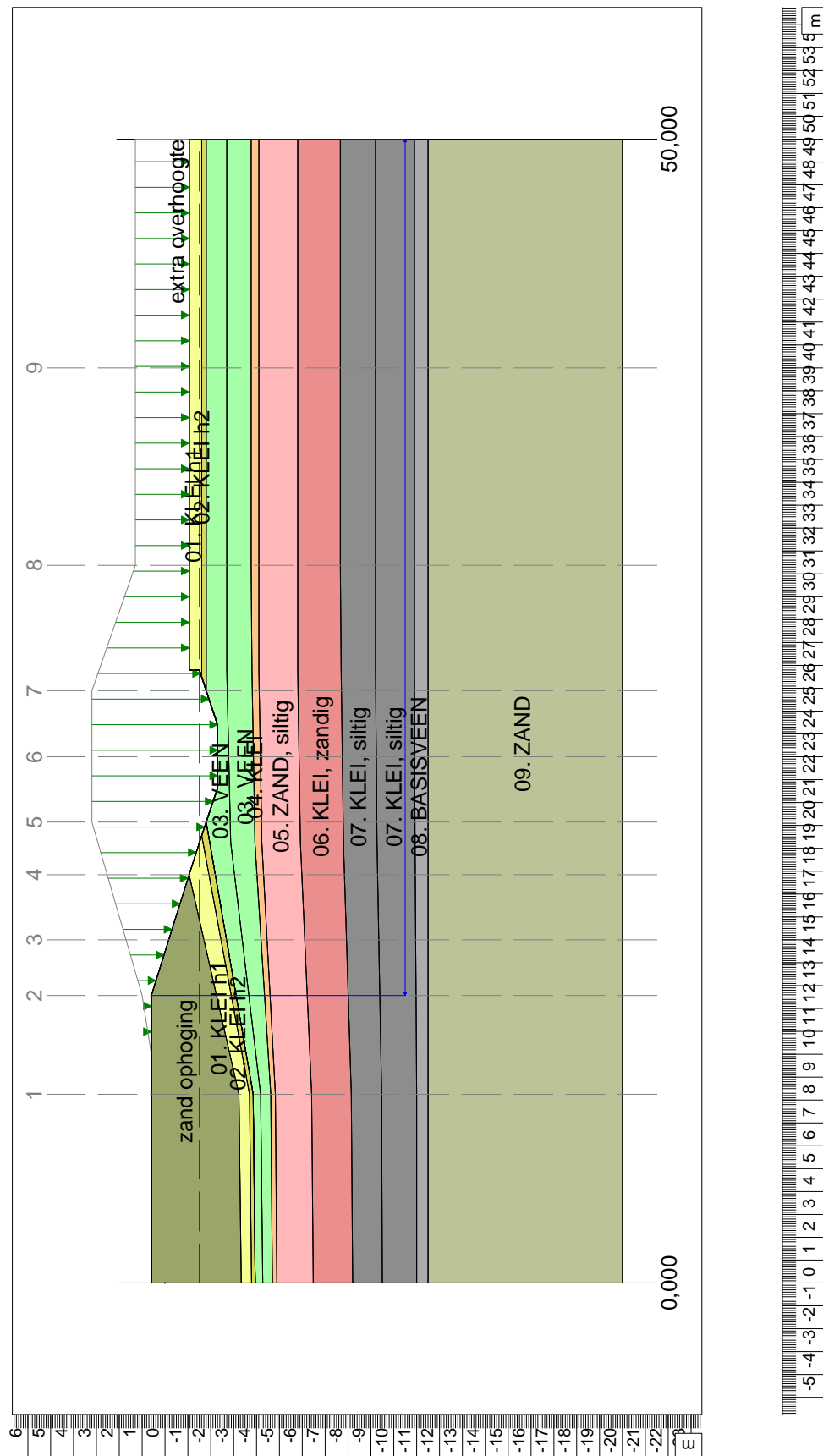
4 Warnings and errors

List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

- 1 Model Koppejan is not ideal for unloading (e.g. load removal, temporary dewatering, gradual submerging). If A_s is much larger than C_s' , unloading will yield almost no effect on creep. Switch to the NEN-Bjerrum or abc Isotache model for improved predictions.

End of Report

Input View



D-Settlement 14.1 : bruto ophoging profiel (extra overhoogte, zettingsvrij) versie 2.sli

Fugro	Phone Fax	date 10-4-2015	drw. AAO
Project Noordakker te Roelofarendsveen fase 2 ophoogadvies t.b.v. dam met duiker Geometrie		4014-0016-020	ctr.
		Annex A3	form. A4

Report for D-Settlement 14.1

Settlement Calculations
Developed by Deltares

Company: Fugro

Date of report: 10-4-2015
Time of report: 8:54:05

Date of calculation: 10-4-2015
Time of calculation: 8:53:35

Filename: P:\..\bruto ophoging profiel (extra overhoogte, zettingsvrij) versie 2

Project identification: Project Noordakker te Roelofarendsveen fase 2
ophoogadvies t.b.v. dam met duiker
Rapportage

1 Echo of the Input

1.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
14 - X -	0,000	8,250	12,570	17,847	19,250
14 - Y -	0,600	0,600	0,600	-1,050	-1,500
14 - X -	19,550	20,150	21,650	24,390	25,890
14 - Y -	-1,600	-1,800	-2,300	-2,300	-1,800
14 - X -	26,490	26,790	26,790	31,370	50,000
14 - Y -	-1,600	-1,500	-1,050	-1,050	-1,050
13 - X -	0,000	8,250	17,847	19,250	19,550
13 - Y -	-3,330	-3,230	-1,050	-1,500	-1,600
13 - X -	20,150	21,650	24,390	25,890	26,490
13 - Y -	-1,800	-2,300	-2,300	-1,800	-1,600
13 - X -	26,790	26,790	31,370	50,000	
13 - Y -	-1,500	-1,050	-1,050	-1,050	
12 - X -	0,000	8,250	19,550	20,150	21,650
12 - Y -	-3,780	-3,690	-1,600	-1,800	-2,300
12 - X -	24,390	25,890	26,490	26,790	26,790
12 - Y -	-2,300	-1,800	-1,600	-1,500	-1,050
12 - X -	31,370	50,000			
12 - Y -	-1,050	-1,050			
11 - X -	0,000	8,250	20,150	21,650	24,390
11 - Y -	-3,940	-3,850	-1,800	-2,300	-2,300
11 - X -	25,890	26,490	26,790	26,790	31,370
11 - Y -	-1,800	-1,600	-1,500	-1,050	-1,050
11 - X -	50,000				
11 - Y -	-1,050				
10 - X -	0,000	8,250	20,150	21,650	24,390
10 - Y -	-3,940	-3,850	-1,800	-2,300	-2,300
10 - X -	25,890	26,490	50,000		
10 - Y -	-1,800	-1,600	-1,600		
9 - X -	0,000	8,250	20,150	21,650	24,390
9 - Y -	-3,940	-3,850	-1,800	-2,300	-2,300
9 - X -	25,890	50,000			
9 - Y -	-1,800	-1,800			
8 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
8 - Y -	-4,270	-4,180	-2,870	-2,700	-2,700
8 - X -	50,000				
8 - Y -	-2,700				
7 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
7 - Y -	-4,690	-4,620	-3,930	-3,800	-3,762
7 - X -	50,000				
7 - Y -	-3,762				
6 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
6 - Y -	-4,890	-4,820	-4,230	-4,100	-4,100
6 - X -	50,000				
6 - Y -	-4,100				
5 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
5 - Y -	-6,480	-6,410	-5,920	-5,800	-5,800
5 - X -	50,000				
5 - Y -	-5,800				
4 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
4 - Y -	-8,200	-8,140	-7,800	-7,700	-7,662
4 - X -	50,000				
4 - Y -	-7,662				
3 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
3 - Y -	-9,500	-9,470	-9,270	-9,200	-9,200
3 - X -	50,000				

Boundary number	Co-ordinates [m]				
3 - Y -	-9,200				
2 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
2 - Y -	-11,000	-11,000	-10,930	-10,900	-10,900
2 - X -	50,000				
2 - Y -	-10,900				
1 - X -	0,000	8,250	19,250	26,790	31,370
1 - Y -	-11,500	-11,500	-11,500	-11,500	-11,500
1 - X -	50,000				
1 - Y -	-11,500				
0 - X -	0,000	50,000			
0 - Y -	-20,000	-20,000			

1.2 PL Lines

PL line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	0,000	50,000			
1 - Y -	-1,500	-1,500			

1.3 General Data

Soil model:	Koppejan
Consolidation model:	Darcy
Strain model:	Natural
Groundwater level:	Initial determined by PL-line number 1
Unit weight of water:	10,00 [kN/m³]
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	Simulate
End of consolidation:	10000,00 [days]
No maintain profile	
Pc (initial):	Variable parallel to the initial effective stress
Pc (per step):	Automatic increased to the final effective stresses
Creep rate reference time:	1,000 [days]
With imaginary surface:	determined by layerboundary number 13
Load column width:	1,00 [m]
With submerging	
(only for non uniform loads)	
- Iteration stop criterium :	0,10 [m]
Load column width	
- Non-Uniform Loads :	1,00 [m]
- Trapezoidal Loads :	1,00 [m]

1.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PL-line top	PL-line bottom
14	zand ophoging	1	1
13	01. KLEI h1	1	1
12	02. KLEI h2	1	1
11	01. KLEI h1	1	1
10	02. KLEI h2	1	1
9	03. VEEN	1	1
8	03. VEEN	1	1
7	04. KLEI	1	1
6	05. ZAND, siltig	1	1
5	06. KLEI, zandig	1	1
4	07. KLEI, siltig	1	1
3	07. KLEI, siltig	1	1
2	08. BASISVEEN	1	1
1	09. ZAND	1	1

1.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
14	Yes	18,00	20,00
13	No	14,00	14,00
12	No	14,00	14,00
11	No	14,00	14,00
10	No	14,00	14,00
9	No	10,50	10,50
8	No	10,50	10,50
7	No	13,50	13,50
6	No	19,00	20,00
5	No	16,50	16,50
4	No	15,00	15,00
3	No	15,00	15,00
2	No	12,00	12,00
1	Yes	18,00	20,00

Layer number	Storage type	Vert. consolid. coefficient Cv [m²/s]	Ratio Ch/Cv [-]	Vertical permeability [m/s]	Ratio hor/vert permeability [-]	Permeability strain mod. [m/s]	Initial vertical permeability [m/s]
14	Vert. cons.	-	1,000	-	-	-	-
13	Vert. cons.	2,80E-07	1,000	-	-	-	-
12	Vert. cons.	2,80E-07	1,000	-	-	-	-
11	Vert. cons.	2,80E-07	1,000	-	-	-	-
10	Vert. cons.	2,80E-07	1,000	-	-	-	-
9	Vert. cons.	5,00E-07	1,000	-	-	-	-
8	Vert. cons.	5,00E-07	1,000	-	-	-	-
7	Vert. cons.	8,50E-08	1,000	-	-	-	-
6	Vert. cons.	1,00E-05	1,000	-	-	-	-
5	Vert. cons.	2,10E-07	1,000	-	-	-	-
4	Vert. cons.	8,00E-08	1,000	-	-	-	-
3	Vert. cons.	8,00E-08	1,000	-	-	-	-
2	Vert. cons.	5,00E-07	1,000	-	-	-	-
1	Vert. cons.	-	1,000	-	-	-	-

Layer number	Precons. pressure [kN/m²]	POP [kN/m²]	OCR [-]
14	-	3,00	-
13	-	3,00	-
12	-	3,00	-
11	-	3,00	-
10	-	3,00	-
9	-	3,00	-
8	-	3,00	-
7	-	3,00	-
6	-	3,00	-
5	-	3,00	-
4	-	3,00	-
3	-	3,00	-
2	-	3,00	-
1	-	3,00	-

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coef.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
14	1,00E+03	2,50E+02	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+03	1,00E+99
13	9,50E+01	2,40E+01	6,50E+02	1,60E+02	9,50E+01	1,60E+02
12	6,30E+01	1,60E+01	4,50E+02	1,10E+02	6,30E+01	1,10E+02

Fugro

D-Settlement 14.1

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coef.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
11	9,50E+01	2,40E+01	6,50E+02	1,60E+02	9,50E+01	1,60E+02
10	6,30E+01	1,60E+01	4,50E+02	1,10E+02	6,30E+01	1,10E+02
9	2,30E+01	6,00E+00	1,40E+02	3,50E+01	2,30E+01	3,50E+01
8	2,30E+01	6,00E+00	1,40E+02	3,50E+01	2,30E+01	3,50E+01
7	3,70E+01	9,00E+00	2,80E+02	7,00E+01	3,70E+01	7,00E+01
6	1,00E+02	2,50E+01	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+02	1,00E+99
5	7,70E+01	1,90E+01	5,10E+02	1,30E+02	7,70E+01	1,30E+02
4	4,90E+01	1,20E+01	3,20E+02	7,80E+01	4,90E+01	7,80E+01
3	4,90E+01	1,20E+01	3,20E+02	7,80E+01	4,90E+01	7,80E+01
2	3,50E+01	9,00E+00	1,80E+02	4,50E+01	3,50E+01	4,50E+01
1	1,00E+03	2,50E+02	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+03	1,00E+99

1.6 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
1	0	18,00	20,00

Load number	Co-ordinates [m]					
1 - X -	10,00	12,57	20,15	25,89	31,37	50,00
1 - Y -	0,60	1,00	3,20	3,20	1,30	1,30
1 - X -	50,00					
1 - Y -	-1,05					

1.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 5	8,250	12,570	15,000	17,847	20,150
6 - 9	23,000	25,890	31,370	40,000	

Discretisation = 100

1.8 Vertical Drain

Drain type	Strip
Horizontal range "From"	[m] 12,570
Horizontal range "To"	[m] 50,000
Bottom position	[m] -10,500
Center to center distance	[m] 1,500
Width	[m] 0,100
Thickness	[m] 0,003
Grid	Triangular
Enforced dewatering	Off
Start of drainage	[days] 0,000

2 Results per Vertical

2.1 Results for Vertical 5 (X = 20,15 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
-1,800	67,970	-1,500	67,960	2,030
-1,900	68,255	-1,500	68,189	1,960
-2,000	68,442	-1,500	68,318	1,893
-2,100	68,573	-1,500	68,390	1,827
-2,200	68,631	-1,500	68,385	1,762
-2,300	68,659	-1,500	68,347	1,697
-2,325	68,654	-1,500	68,326	1,681
-2,400	68,621	-1,500	68,240	1,634
-2,500	68,542	-1,500	68,088	1,571
-2,600	68,436	-1,500	67,904	1,508
-2,700	68,316	-1,500	67,703	1,446
-2,800	68,195	-1,500	67,496	1,385
-2,850	68,137	-1,500	67,394	1,355
-2,850	68,137	-1,500	67,394	1,355
-3,382	67,704	-1,500	66,410	1,045
-3,914	67,497	-1,500	65,528	0,747
-3,914	67,497	-1,500	65,528	0,747
-4,064	67,903	-1,500	65,274	0,692
-4,214	68,310	-1,500	65,014	0,638
-4,214	68,311	-1,500	65,014	0,638
-5,060	76,101	-1,500	63,432	0,574
-5,906	83,848	-1,500	61,691	0,528
-5,906	83,848	-1,500	61,691	0,528
-6,847	89,119	-1,500	59,656	0,444
-7,788	94,350	-1,500	57,602	0,372
-7,788	94,350	-1,500	57,602	0,372
-8,525	97,324	-1,500	56,019	0,293
-9,262	100,297	-1,500	54,481	0,221
-9,262	100,297	-1,500	54,481	0,221
-10,094	103,660	-1,500	52,812	0,146
-10,926	107,034	-1,500	51,223	0,077
-10,926	107,034	-1,500	51,223	0,077
-11,213	107,339	-1,500	50,696	0,044
-11,500	107,646	-1,500	50,178	0,012
-11,500	107,646	-1,500	50,178	0,012
-12,000	112,185	-1,500	49,301	0,011
-12,550	117,183	-1,500	48,370	0,010
-13,550	126,286	-1,500	46,770	0,008
-14,550	135,404	-1,500	45,282	0,006
-15,550	144,536	-1,500	43,897	0,005
-15,750	146,364	-1,500	43,632	0,005
-16,250	150,935	-1,500	42,984	0,004
-16,800	155,966	-1,500	42,297	0,003
-17,800	165,120	-1,500	41,112	0,002
-18,800	174,281	-1,500	40,001	0,001
-19,800	183,448	-1,500	38,957	0,000
-20,000	185,282	-1,500	38,756	0,000

3 Settlements

3.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	8,25	0,00	0,60	0,052
2	12,57	0,00	0,60	0,282
3	15,00	0,00	-0,16	0,635
4	17,85	0,00	-1,05	1,253
5	20,15	0,00	-1,80	2,030
6	23,00	0,00	-2,30	1,842
7	25,89	0,00	-1,80	2,074
8	31,37	0,00	-1,05	1,386
9	40,00	0,00	-1,05	1,265

3.2 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	365	0,032	61,143	0,020
2	365	0,244	86,518	0,038
3	365	0,551	86,771	0,084
4	365	1,093	87,247	0,160
5	365	1,812	89,247	0,218
6	365	1,640	89,034	0,202
7	365	1,849	89,131	0,225
8	365	1,208	87,182	0,178
9	365	1,104	87,264	0,161

4 Warnings and errors

List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

- 1 Model Koppejan is not ideal for unloading (e.g. load removal, temporary dewatering, gradual submerging). If A_s is much larger than C_s' , unloading will yield almost no effect on creep. Switch to the NEN-Bjerrum or abc Isotache model for improved predictions.

End of Report