

Opdracht : 1201100
Plaats : Alphen a/d Rijn
Project : Aanpassing van de N231a bij kruising Treinweg

Betreft : Aanpassing van de N231a bij kruising Treinweg
te
ALPHEN A/D RIJN

Opdrachtgever : Iv-Infra B.V.
[REDACTED]
Postbus 1155
3350 CD PAPENDRECHT
NL

Behandeld door : Ir. J.C.M. de Jong ([REDACTED])

Kenmerk : R1201100-RH_2

Datum : 2 oktober 2012

MOS GRONDMECHANICA B.V.

Kleidijk 35	Postbus	801	3160 AA Rhoon	tel. 010-5030200
Kanaaldijk N.O. 104a	Postbus	38	5700 AA Helmond	tel. 0492-535455
Kalanderstraat 10a	Postbus	153	7460 AD Rijssen	tel. 0548-512363
Gyroscoopweg 120			1042 AZ Amsterdam	tel. 020-7537984
Ds Martin Luther Kingweg 150			district Wanica Suriname	tel. +597-488188

Inhoudsopgave

	Pagina
1. INLEIDING	3
2. PROJECTBESCHRIJVING	3
3. GEOTECHNISCHE GEGEVENS.....	4
3.1 Uitgevoerd grondonderzoek.....	4
3.2 Geotechnisch profiel.....	4
4. ZETTINGSBEREKENINGEN	5
4.1 Algemeen.....	5
4.2 Uitgangspunten	5
4.3 Geschematiseerd grondprofiel	5
4.4 Berekeningsresultaten zettingen.....	6
5. STABILITEIT	12
6. DAMWANDBEREKENING.....	13
6.1 Algemeen.....	13
6.2 Uitgangspunten	13
6.3 Berekeningsresultaten.....	15
7. UITVOERING	16
8. SLOTOPMERKINGEN	17
 Bijlage A Tijd zakkings lijnen berekende varianten	
Bijlage B Overzicht kritische glijcirkel	
Bijlage C Uitvoer D-Sheetpiling berekening	
Bijlage D Uitvoeringsrichtlijn	

1. INLEIDING

In opdracht van IV-Infra b.v. is door Mos Grondmechanica b.v. een grondonderzoek uitgevoerd en is op basis daarvan een zettingsprognose opgesteld voor de aanpassing van de N231 bij de kruising met de Treinweg te Alphen aan de Rijn.

Dit rapport bevat de zettingsprognose voor het bovengenoemde project gebaseerd op het veldwerk dat eerder is gerapporteerd in Mos Grondmechanica b.v. rapport R1201100-RH_1.

2. PROJECTBESCHRIJVING

Het project betreft de aanpassing van de kruising van N231 en de Treinweg te Alphen aan de Rijn.

Ten behoeve van dit project zijn de volgende documenten beschikbaar gesteld:

Tekening: IV Infra b.v.; Projectnummer INPA 120382 Tekening 002; Wijz. 03; d.d. 04-09-2012;
"Extra dwarsprofielen t.b.v. mechanisch onderzoek".

Op deze tekeningen zijn een aantal doorsneden te onderscheiden met daarin de aanvullingen en ontgravingen t.o.v. de oorspronkelijke situatie.

Uit deze documenten en aanvullende informatie van de opdrachtgever zijn de volgende projectgegevens afgeleid:

- De kruising van de N231 ter plaatse van de Treinweg wordt aangepast.
- T.b.v. deze aanpassingen zijn aanbermingen noodzakelijk.
- Ter plaatse van de bocht aanpassing is de afstand tot de bestaande watergang dusdanig beperkt dat hier wordt gekozen om een damwandscherm te plaatsen.
- Voor een aantal locaties wordt de watergang aangepast en vergroot, terwijl aan de andere zijde de watergang gedeeltelijk wordt gedempt t.g.v. de aanberming.
- Struikgewas en bomen worden verwijderd i.v.m. het zicht op de wegen en t.b.v. de watercompensatie.

3. GEOTECHNISCHE GEGEVENS

3.1 Uitgevoerd grondonderzoek

Op 14 augustus 2012 zijn door Mos Grondmechanica b.v. sonderingen uitgevoerd tot een diepte van maaiveld -15 m. Naast de conusweerstand (q_c) is de plaatselijke wrijving (f_s) gemeten. Uit de plaatselijke wrijving en de conusweerstand is het wrijvingsgetal (R_f) berekend. Dit getal geeft nader inzicht in de aanwezige grondsoorten.

Tevens werden boringen uitgevoerd (16 en 17 augustus 2012) tot een diepte van maximaal maaiveld -11,0 m. De vrijgekomen grondslag is visueel geclassificeerd, conform NEN 5104, en tot boorprofiel verwerkt. Van de genomen monsters is het droog en verzadigd volume gewicht bepaald.

De sondeer- en boorlocaties zijn door onze landmeetkundige afdeling in het terrein uitgezet en gewaterpast ten opzichte van NAP. Voor de resultaten van het veldwerk wordt verwezen naar Mos Grondmechanica b.v. rapportage R1201100-RH_1.

3.2 Geotechnisch profiel

De maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerlocaties varieert sterk van NAP -1,27 m tot NAP -3,67 m.

Aan de hand van het uitgevoerde grondonderzoek is het volgende geotechnische profiel opgesteld:

- Vanaf maaiveld is, na een zandige toplaag, op alle sonderingen een veen pakket aanwezig tot NAP -10,2 m à NAP +10,7 m, waarin conusweerstand (q_c) zijn gemeten van 0,1 MPa tot 0,2 MPa.
- Hieronder tot aan de maximaal verkende diepte van NAP -18,7 m is een zandpakket aangetroffen, waarin conusweerstand zijn gemeten van 2 tot 30 MPa. Terugvallen in de conusweerstand tot 1 MPa à 2 MPa worden veroorzaakt door losgepakt zand.

Tijdens het boren is het grondwater aangetroffen op NAP -2,45 m à NAP -2,54 m bij boring 2 en 3 en NAP -4,87 m bij boring 1. Wij merken hierbij op dat dit momentopnamen zijn.

4. ZETTINGSBEREKENINGEN

4.1 Algemeen

Voor de zettingsprognose zijn zettingsberekeningen uitgevoerd met het programma DSettlement, versie 9.2 Build 1.2. Als berekeningsmethode is methode NEN-Koppejan, met natural strain aangehouden waarbij rekening wordt gehouden met consolidatie en seculaire effecten; ook wordt rekening gehouden met belastingspreiding in de ondergrond en het onder water zakken van de aanbermingen.

4.2 Uitgangspunten

Bij de berekeningen zijn verder de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het huidige maaiveldniveau ligt op NAP -1,25 m à NAP -3,96 m, deze variatie komt voornamelijk voort uit het feit dat de kruising ligt op een dijk tussen twee polders met aanzienlijke verschillen in polder beheersniveau.
- Het grondwaterregime ter plaatse is dan ook complex omdat er verschillende polder peilen aanwezig zijn. Er zijn twee "hoge"polders met grondwaterstanden van ca. NAP -2,45 m à NAP -2,6 m, en een diepe polder met een grondwaterstand van NAP -4,45 m à NAP -4,65 m.
- De aanpassing bestaat uit lokale ophogingen en ingravingen van een weg lichaam. De ingraving is eigenlijk een vervanging van de teelaarde voor een weg fundering. De lokale ophogingen betreffen voornamelijk lokale aanbermingen aan de bestaande dijk.
- Als restzettingseis van de verharding wordt een maaiveldzakking na ingebruikname van 0,1 m in 30 jaar aangehouden.
- De berekende zettingen zijn exclusief de eigen klink van het opgebrachte materiaal. De grootte van de eigen klink is afhankelijk van de aard van het materiaal en de mate van verdichting van het ophoogmateriaal en daardoor mede afhankelijk van de zorgvuldigheid van uitvoering.
- Tevens is rekening gehouden met eventuele lagere grondwaterstanden in het verleden of de aanwezigheid van de topveenlagen door met een POP te werken.

4.3 Geschematiseerd grondprofiel

De grondopbouw is geschematiseerd op basis van de sonderingen. De voor de zettingsprognose uitgevoerde zettingsberekeningen gebruikte grondparameters zijn afgeleid uit de sondeergrafieken en tabel 2.b van NEN 9997-1. Het zijn dus geschatte waarden, zodat de prognose slechts ter oriëntering kan worden gebruikt. Een nauwkeuriger zettingsprognose vereist boringen, aangevuld met laboratoriumonderzoek, waarmee de laagdikte en de eigenschappen van de samendrukbare lagen nauwkeuriger kunnen worden bepaald.

Het grondprofiel met de gehanteerde grondparameters is weergegeven in tabel 4-1.

Tabel 4-1: Geschematiseerde grondopbouw ten behoeve van zettingsberekening (sondering 1)

Laag nr.	Diepte van/ tot [NAP + m]	Grondslag	$\gamma/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	C_p/C_p' [-]	C_s/C_s' [-]	c_v [m ² /s]
1	M.V. tot -3,10	Klei/leeflaag	15/15	72/24	288/96	2 ^e -7
2	-3,10 tot -4,45	Slappe klei	11/11	30/10	120/40	1 ^e -7
2	-4,45 tot -10,0	Veen	11/11	18/8	96/32	1 ^e -7
4	-10,0 / verkende diepte	Zand	18/20	1500/500	∞/∞	Gedraineerd

Hierin is:

- $\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ = aardvochtig/verzadigd volumegewicht
 C_p/C_p' = primaire samendrukkingsconstanten voor/na grensspanning
 C_s/C_s' = secundaire samendrukkingsconstanten voor/na grensspanning
 c_v = consolidatiecoëfficiënt

Voor de zandophoging is een volumegewicht van $\gamma/\gamma_{\text{sat}} = 18/19 \text{ kN/m}^3$ aangehouden. Ten behoeve van de BIMS is uitgegaan van een volumegewicht van $\gamma/\gamma_{\text{sat}} = 8/12 \text{ kN/m}^3$

De aansluiting van de N231 met de treinweg ligt op de scheiding tussen een aantal polders, dien ten gevolge is ook voor de verschillende onderdelen van de kruising een verschillend polder peil maatgevend.

Gezien het aanzienlijke hoogte verschil tussen de diverse beheersgebieden (polders) zijn met name de ligging van de toplagen anders, echter de diepere lagen zijn in diepte ligging redelijk in overeenstemming.

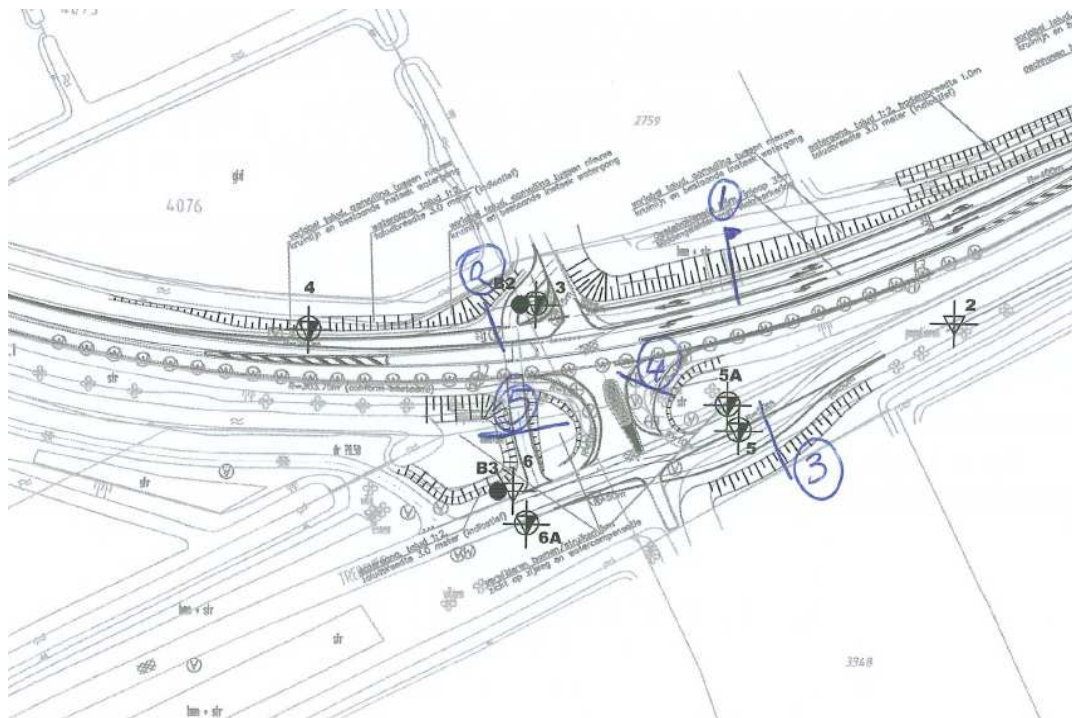
4.4 Berekeningsresultaten zettingen

Voor de zettingen worden in dit project een aantal lokaties onderscheiden. Hierbij is met name de hoogte van de aanberming of ophoging van invloed. Echter in verband met de aanwezigheid van obstakels en bossages is het niet mogelijk gebleken alle geometrieën in te meten. Een aantal ophogingen zijn dus qua geometrie ingeschat.

- 1) De aanberming aan de noordzijde van de N231;
- 2) De vervanging van de toplaag grondlaag aan de noordzijde voor de wegverharding;
- 3) De aanberming van de treinweg zuid zijde N231;
- 4) Aanberming in de binnenbocht aansluiting N231;
- 5) Ophoging fietspad.

De lokaties van de beschouwde geometrieën zijn weergegeven in figuur 4-1.

MOS GRONDMECHANICA



De resultaten van de beschouwingen zijn per lokatie beschreven.

Snede 1) Aanberming aan noordzijde

Indien de aanberming wordt uitgevoerd in aanvulzand, met een maximale ophoging van 1,32 m, waarbij het beoogde profiel wordt gehandhaafd, zal een eindzetting optreden van 1,25 m (na 30 jaar).

Gezien de locatie en de geometrie lijkt een overhoogte van 2,0 m de meest maximale, praktisch toepasbare, overhoogte.

Tabel 4-2: Resultaten zettingsversnellende maatregelen bij ophoging met zand

verticale drainage (driehoekstramien)	benodigde (tijdelijke) overhoogte [m]	periode voorbelasting [maanden]	opgetreden zetting na voorbelasting [m]	theoretische restzetting [m]
geen	2,00	24	1,15	0,10
h.o.h. 1,0 m*	2,00	6	1,19	0,06

*Maximale diepte drainage tot NAP -9,0 m i.v.m. lekweg uit diepe zandlagen.

Voor de ophoging is uitgegaan van een zand aanvulling tot 2,0 m hoogte onder 2 op 1 talud helling.

Omdat de huidige N231 juist naast de project locatie ligt, het project betreft ten slotte een uitbreiding van deze weg, is de toelaatbaarheid van de berekende zettingen erg onwaarschijnlijk. Met name de "trog werking" van de zettingen resulteert erin dat voor de N231 onacceptabele zettingen zullen ontstaan. Er is dus tevens gekeken naar zettingen waarbij wordt uitgegaan van lichte ophoog materialen.

De eindzetting met BIMS wordt gereduceerd tot 0,36 m (na 30 jaar), in tabel 4-3 is een overzicht gegeven wat de benodigde maatregelen kunnen zijn om tot beperkte doorlooptijd te komen.

Tabel 4-3: Resultaten zettingsversnellende maatregelen bij initiële ophoging met BIMS

verticale drainage (driehoekstramien)	benodigde (tijdelijke) overhoogte in zand. [m]	periode voorbelasting [maanden]	opgetreden zetting na voorbelasting [m]	theoretische restzetting [m]
Geen	1,00	6	0,39	0,02

De overhoogte wordt gecreëerd met ophoogzand, de BIMS dienen te worden afgedekt met een tijdelijk geotextiel om zo de opgebrachte hoeveelheid zand eenvoudig van de BIMS te kunnen verwijderen na de voorbelastingsperiode. Overigens is er voor de wegverharding vanuit gegaan dat het puin granulaat direct op de BIMS worden aangebracht en dat er dus geen tussenlaag van zand meer wordt toegepast (deze toevoeging van zand, zou leiden tot hogere zettingen).

Hierbij dient te worden opgemerkt dat een zetting van ca. 0,4 m juist naast een bestaande asfalt verharding leidt tot scheuren in de bestaande verharding. De bestaande verharding zal door "trogwerking" worden meegetrokken.

Snede 2) De vervanging van de toplaag "teel aarde" aan de noordzijde voor de wegverharding

Daar waar geen aanvulling nodig is wordt het cunet gegraven, in het cunet wordt het weglichaam inclusief fundatie opgebouwd conform opgave, 195 mm totale asfalt dikte, 300 mm puin granulaat, 500 mm zand met een gezamenlijk totaalgewicht van 20 kN/m². In beschreven grondopbouw resulteert dit in een eindzetting van 0,35 m na 30 jaar.

Tabel 4-4: Resultaten zettingsversnellende maatregelen bij ingraving in cunet

verticale drainage (driehoekstramien)	benodigde (tijdelijke) overhoogte [m]	periode voorbelasting [maanden]	opgetreden zetting na voorbelasting [m]	theoretische restzetting [m]
Geen	2,00	6	0,35	0,00

Snede 3) De aanberming van de treinweg zuidzijde N231;

Indien de aanberming wordt uitgevoerd in aanvulzand, met een maximale hoogte van 1,05 m, waarbij het beoogde profiel wordt gehandhaafd, zal een eindzetting optreden van 0,88 m (na 30 jaar).

Gezien de locatie en de geometrie lijkt een overhoogte van 2,0 m de meest maximale, praktisch toepasbare, overhoogte.

Tabel 4-5: Resultaten zettingsversnellende maatregelen bij ophoging met zand

verticale drainage (driehoekstramien)	benodigde (tijdelijke) overhoogte [m]	periode voorbelasting [maanden]	opgetreden zetting na voorbelasting [m]	theoretische restzetting [m]
geen	2,00	18	0,86	0,02
h.o.h. 1,0 m*	2,00	6	0,78	0,10

*Maximale diepte drainage tot NAP -9,0 m i.v.m. lekweg uit diepe zandlagen.

Voor de ophoging is uitgegaan van een zand aanvulling tot 2,0 m hoogte onder 2 op 1 talud helling.

Overigens is de vraag of een aanberming naast een bestaande weg met een eindzetting van 0,9 m acceptabel is voor de vervorming van deze bestaande weg t.g.v. de "trogwerking". Er is dus tevens gekeken naar zettingen waarbij wordt uitgegaan van lichte ophoog materialen.

De eindzetting met BIMS wordt gereduceerd tot 0,27 m (na 30 jaar), in tabel 4-6 is een overzicht gegeven wat de benodigde maatregelen kunnen zijn om tot beperkte doorlooptijd te komen.

Tabel 4-6: Resultaten zettingsversnellende maatregelen bij initiële ophoging met BIMS

verticale drainage (driehoekstramien)	benodigde (tijdelijke) overhoogte in zand. [m]	periode voorbelasting [maanden]	opgetreden zetting na voorbelasting [m]	theoretische restzetting [m]
Geen	1,00	6	0,18	0,09

De overhoogte wordt gecreëerd met ophoogzand, de BIMS dienen te worden afgedekt met een tijdelijk geotextiel om zo de opgebrachte hoeveelheid zand eenvoudig van de BIMS te kunnen verwijderen na de voorbelastingsperiode. Overigens is voor de wegverharding ervanuit gegaan dat het puin granulaat direct op de BIMS worden aangebracht en dat er dus geen tussenlaag van zand meer wordt toegepast (deze toevoeging van zand, zou leiden tot hoger zettingen).

Snede 4) Aanberming in de binnenbocht aansluiting N231;

Aangezien er geen exacte doorsnede bekend is hebben wij vooralsnog een 1-D berekening gemaakt. Hierin wordt de maximale zetting bepaald aan de hand van sondering 3, waarbij de ophoging van NAP -2,6 m tot NAP -0,8 m (effectieve maximale ophoging in de bocht van 1,80 m) wordt beschouwd.

Indien deze aanberming in aanvulzand wordt uitgevoerd, waarbij het beoogde profiel wordt gehandhaafd, zal een eindzetting optreden van 1,30 m (na 30 jaar).

Omdat de huidige N231 juist naast de project locatie ligt, het project betreft ten slotte een uitbreiding van deze weg, is de toelaatbaarheid van de berekende zettingen erg onwaarschijnlijk. Met name de "trog werking" van de zettingen resulteert erin dat voor de N231 onacceptabele zettingen zullen ontstaan. Er is dus tevens gekeken naar zettingen waarbij wordt uitgegaan van lichte ophoog materialen.

De eindzetting met BIMS wordt gereduceerd tot 0,58 m (na 30 jaar), in tabel 4-7 is een overzicht gegeven wat de benodigde maatregelen kunnen zijn om tot beperkte doorlooptijd te komen.

Tabel 4-7: Resultaten zettingsversnellende maatregelen bij initiële ophoging met BIMS

verticale drainage (driehoekstramien)	benodigde (tijdelijke) overhoogte in zand. [m]	periode voorbelasting [maanden]	opgetreden zetting na voorbelasting [m]	theoretische restzetting [m]
Geen	1,00	6	0,58	0,00

De overhoogte wordt gecreëerd met ophoogzand, de BIMS dienen te worden afgedekt met een tijdelijk geotextiel om zo de opgebrachte hoeveelheid zand eenvoudig van de BIMS te kunnen verwijderen na de voorbelastingsperiode. Overigens is er voor de wegverharding vanuit gegaan dat

het puin granulaat direct op de BIMS worden aangebracht en dat er dus geen tussenlaag van zand meer wordt toegepast (deze toevoeging van zand, zou leiden tot hoger zettingen).

Hierbij dient te worden opgemerkt dat een zetting van ca. 0,6 m juist naast een bestaande asfalt verharding leidt tot scheuren in de bestaande verharding. De bestaande verharding zal door "trogwerking" worden meegetrokken

Snede 5) Ophoging fietspad, Zettingen en ophoging

Aangezien er geen exacte doorsnede bekend is hebben wij vooralsnog een 1-D berekening gemaakt, Hierin wordt de maximale zetting bepaald aan de hand van sondering 3, waarbij de ophoging van NAP -2,0 m tot NAP -0,95 m (maximale effectieve ophoging 1,05 m) wordt beschouwd.

Indien deze ophoging wordt uitgevoerd, in aanvulzand waarbij het beoogde profiel wordt gehandhaafd, zal een eindzetting optreden van 0,80 m (na 30 jaar).

Omdat de huidige N231 juist naast de project locatie ligt, het project betreft ten slotte een uitbreiding van deze weg, is de toelaatbaarheid van de berekende zettingen erg onwaarschijnlijk. Met name de "trog werking" van de zettingen resulteert erin dat voor de N231 onacceptabele zettingen zullen ontstaan. Er is dus tevens gekeken naar zettingen waarbij wordt uitgegaan van lichte ophoog materialen.

De eindzetting met BIMS wordt gereduceerd tot 0,44 m (na 30 jaar), in tabel 4-8 is een overzicht gegeven wat de benodigde maatregelen kunnen zijn om tot beperkte doorlooptijd te komen.

Tabel 4-8: Resultaten zettingsversnellende maatregelen bij initiële ophoging met BIMS

verticale drainage (driehoekstramien)	benodigde (tijdelijke) overhoogte in zand. [m]	periode voorbelasting [maanden]	opgetreden zetting na voorbelasting [m]	theoretische restzetting [m]
Geen	1,00	3	0,47	0,00

De overhoogte wordt gecreëerd met ophoogzand, de BIMS dienen te worden afgedekt met een tijdelijk geotextiel om zo de opgebrachte hoeveelheid zand eenvoudig van de BIMS te kunnen verwijderen na de voorbelastingsperiode. Overigens is voor de wegverharding ervanuit gegaan dat het puin granulaat direct op de BIMS worden aangebracht en dat er dus geen tussenlaag van zand meer wordt toegepast (deze toevoeging van zand, zou leiden tot hoger zettingen).

Hierbij dient te worden opgemerkt dat een zetting van ca. 0,5 m juist naast een bestaande asfalt verharding leidt tot scheuren in de bestaande verharding. De bestaande verharding zal door "trogwerking" worden meegetrokken

Voor algemene richtlijnen voor de uitvoering van ontgravingen en grondverbeteringen wordt verwezen naar bijlage D.

Het tijd-zettings-verloop tijdens het voorbelasten is opgenomen in bijlage A.

5. STABILITEIT

De stabiliteit van de taluds van de diverse ophooglichamen zijn tijdens de uitvoering (in diverse ophoogslagen) en in de eindsituatie berekend met het programma DGeoStability, versie 10.1. Het cirkelvormige kritische glijvlak is bepaald met de methode Bishop.

Vooralsnog is geen uitspraak gedaan over de stabiliteit van de taluds tijdens het aanbrengen van aanbermingen en/of de overhoogte. Er is in de bepaling van de belasting t.g.v. de overhoogte steeds uitgegaan van stabiele taluds, in de definitieve fase van uitvoering dienen de voor de gekozen oplossingen gekozen taluds individueel te worden getoetst.

Voor de eindsituatie is een veiligheid tegen afschuiven van 1,3 vereist. Tijdens de bouwphase kan worden volstaan met een veiligheid tegen afschuiven van 1,1 voor ophogingen < 4,0 m.

Ten behoeve van de watercompensatie wordt de bestaande watergang vergroot. Indien de talud afmetingen van het gedeelte met water compensatie gelijk worden genomen aan de steilheid van de bestaande taluds is er voor de definitieve situatie geen berekening noodzakelijk.

Voor een aantal gevallen wordt echter t.g.v. de ophoging het bestaande talud aangepast en korter op een bestaande watergang uitgevoerd. Om de stabiliteit te toetsen zijn hiervoor berekeningen gemaakt. Met name ter plaatse van snede 2.

Uit de berekening blijkt een overall stabiliteit op basis van de ingeschatte parameters van het oorspronkelijke talud van 1,03. Dit is aanzienlijk lager dan de beoogde veiligheid van 1,3. Hierbij wordt opgemerkt dat de parameterkeuze is gebaseerd op de gevonden volumegewichten en tabel 2b van NEN 9997-1. De sterkteparameters zijn dus waarschijnlijk aan de conservatieve kant. Ten gevolge van enige ophoging zullen de waterspanningen tijdelijk toenemen waardoor de stabiliteit tijdens de uitvoering mogelijk afneemt. Er dient dus omzichtig te worden opgehoogd indien dit aan de orde is.

De definitieve situatie leidt tot een hogere stabiliteit dan de uitgangssituatie: 1,09 ook dit is vooralsnog onvoldoende, echter gesteld wordt dat de nieuwe situatie niet slechter is dan de bestaande situatie.

Een aantal berekende kritische glijcirkels zijn grafisch weergegeven in bijlage B.

6. DAMWANDBEREKENING

6.1 Algemeen

De berekeningen zijn uitgevoerd met het computerprogramma DSheetPiling (versie 9.1; voorheen MSheet), dat uitgaat van de berekeningsmethode waarbij de damwand wordt geschematiseerd tot een door elasto-plastische veren ondersteunde ligger.

De berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN 9997-1. De damwandconstructie is ingedeeld in veiligheidsklasse RC2.

6.2 Uitgangspunten

Geometrie

Het bestaande maaiveldniveau is aangehouden op NAP -4,3 m. Ten behoeve van de wegverbreding zal worden opgehoogd tot NAP -2,2 m. Om zettingen te voorkomen, zal de ophoging worden uitgevoerd met een licht ophoogmateriaal. Hiervoor is uitgegaan van bims. De bovenkant van de damwand is aangenomen op NAP -2,0 m.

Waterstanden en stijghoogten

De freatische grondwaterstand is aangenomen op NAP -4,45 m (polderpeil). De stijghoogte in het diepere watervoerende pakket is aangenomen op NAP -3,50 m (hoge waarde).

Bovenbelasting

In de berekening is uitgegaan van een maximale bovenbelasting van 20 kN/m^2 in de eindsituatie.

Grondparameters

De representatieve waarden voor de grondeigenschappen zijn bepaald aan de hand van de resultaten van het beschikbaar gestelde en aanvullend uitgevoerde grondonderzoek en met behulp van tabel 1 uit NEN 6740: 2006. Voor de bepaling van de gronddrukfactoren ($K_{a;rep}$, $K_{n;rep}$ en $K_{p;rep}$) is uitgegaan van rechte glijvlakken.

De waarde van de wandwrijvingshoek (δ_{rep}) is bepaald uitgaande van een ruw damwandoppervlak.

De geschematiseerde bodemopbouw met de representatieve waarden van de grondparameters voor de verschillende lagen zijn weergegeven in tabel 6-2.

Tabel 6-2: representatieve damwandparameters

Laag [-]	BK laag [m tov NAP]	OK laag [m tov NAP]	$\gamma_{dr,rep}$ [kN/m ³]	$\gamma_{sat,rep}$ [kN/m ³]	ϕ'_{rep} [°]	δ_{rep} [°]	C'_{rep} [kN/m ²]	$k_{h,rep}$ [kN/m ³]
Bims	-2,2	-4,3	12,0	12,0	30,0	20,0	0	9.000
Veen, slap	-4,3	-10,7	11,0	11,0	15,0	0	1	800
Zand	-10,7	-12,0	18,0	20,0	30,0	20,0	0	3.900
Zand	-12,0	-18,0	18,0	20,0	30,0	20,0	0	11.700

Hierin is:

γ / γ_{sat} = aardvochtig / verzadigd volumegewicht

ϕ = hoek van inwendige wrijving

c = cohesie

δ = wandwrijvingshoek

k_{hor} = horizontale beddingconstante

Fasering

Voor de berekening is de volgende fasering aangehouden:

1. Aanbrengen damwand op NAP -2,0 m
2. Aanbrengen anker op NAP -4,0 m onder een hoek van 45°
3. Aanbrengen BIMS ophoging tot NAP -2,0 m

Verankering

Voor het damwand advies is uitgegaan van een verankering onder een hoek van 45°. Hierbij is uitgegaan van een voorspankracht van 120 kN/m.

Corrosie

De aan te brengen damwand betreft een permanente damwand. Derhalve is op grond van tabel 9.2 uit CUR 166 uitgegaan van een afname van de dikte van de damwand met 2 x 1,75 mm (ontwerplevensduur 50 jaar, damwand in beide zijden in het veen).

Uitgaande van een oorspronkelijke dikte van de damwand van 9 mm (profiel AZ18), is derhalve uitgegaan van een reductie van de sterkte tot 61%.

Dimensionering damwand

In tabel 6-3 is de volgende dimensionering van de damwand opgenomen:

Tabel 6-3: Dimensionering van de damwand

Omschrijving	Gegevens
Bovenkant damwand	NAP -2,0 m
Onderkant damwand	NAP -14,0 m
Minimale damwandlengte	14,2 m
Minimaal damwandprofiel	AZ18 (of gelijkwaardig)
Staalkwaliteit	S 240GP
Buigstijfheid EI	71.820 kNm ² /m
Weerstandsmoment W	1.800 cm ³ /m
$M_{R;d}$	263 kN.m/m ⁽¹⁾

(1) Om te compenseren voor corrosie is slechts 61% van $M_{R;d}$ = 432 kNm/m aangehouden

6.3 Berekeningsresultaten

Met de in § 6.2 genoemde uitgangspunten zijn diverse berekeningen uitgevoerd om het damwandprofiel, de damwandlengte en het ankerniveau en ankerkrachten te optimaliseren.

De berekeningen zijn uitgevoerd volgens NEN9997-1. Er is gekozen om de damwand te berekenen volgens methode B, uitgaande van de rekenwaarden in de te toetsen fase(n) en van representatieve waarden in voorgaande fasen.

In tabel 6-4 zijn de berekeningsresultaten voor de maatgevende bouwphase opgenomen.

Tabel 6-4: Berekeningsresultaten

Bouwphase nr.	Maximale uitbuiging u_{max} [mm]	Maximaal moment $M_{S;d}$ [kNm/m ¹]	Ankerkracht* $P_{max;d}$ [kN/ m ¹]
3	28	257	236

* ankerkracht in axiale richting (onder 45°)

In de berekende ankerkracht zijn de toeslagen voor de toetsing van de ankerstaaf (1,25) en de toetsing van de gording, en grond (1,1) nog niet meegenomen. Tevens dient er rekening te worden gehouden met een vergroting van de ankerkracht t.g.v. de zettende grond op de ankerstang. Deze vergrotingsfactor is afhankelijk van de daadwerkelijk te kiezen ankerafmeting, en dient aldus in de uitvoeringsfase met de ankerleverancier te worden uitgewerkt.

De berekeningsresultaten (momenten, krachten en verplaatsingen) zijn grafisch weergegeven in bijlage C.

7. UITVOERING

Verticale drainage

De verticale drainage, die voor sommige geadviseerde voorbelastingsvarianten is geadviseerd, moet in een (gelijkzijdig) driehoekig stramien worden aangebracht met, een h.o.h. afstand van 1,00 m.

Geadviseerde verticale drainage dient te worden aangebracht tot een diepte van NAP -9,0 m. De verticale drainage mag beslist **niet dieper** worden aangebracht om "kortsluiting" met de onderliggende zandlagen te voorkomen. De verticale drainage dient te worden aangebracht in de in bijlage A aangegeven zone(s). De verticale drainage mag blind eindigen in de ophoging. Hierbij wordt tevens opgemerkt dat de drainage enkel overspannen water mag afvoeren. Het is niet de bedoeling dat actief wordt bemalen om de zettingen te versnellen (een bemaling kan zettingen initiëren bij op staal gefundeerde constructies, voor zover deze in de directe omgeving aanwezig zijn). De drains die kunnen worden toegepast, zijn kunststof drains met een equivalente diameter van 0,065 m. Hierbij kan worden gedacht aan drains van het type Mebradrain (MD7007) of Colbondrain (CX1000).

Daar waar verticale drainage wordt toegepast om de zettingen te versnellen, dient de eerste ophoogslag van circa 1,0 m voor minimaal 0,5 m te bestaan uit drainagezand (conform RAW 2010). De verticale drains moeten na het aanbrengen van het drainagezand worden aangebracht. In het drainagezand moeten horizontale drains worden aangebracht ter verdere verbetering van de afvoer van het consolidatiewater uit de oppervlaktelaag. De afvoer van deze horizontale drains dient ten alle tijden gewaarborgd blijven, aangezien anders de effectiviteit van de verticale drains sterk terugloopt.

Zakbaken, waterspanningsmeters en monitoren

Wij adviseren om op regelmatige afstanden zakbaken en waterspanningsmeters aan te brengen. De waterspanningsmeters dienen om het consolidatieproces te kunnen monitoren. De zakbaken moeten bij voorkeur op maaiveldniveau of op de bodem van een eventueel te maken cunet worden geplaatst.

Voor het monitoren van de optredende zakkingen wordt geadviseerd om de zakbaken en de waterspanningsmeters met de volgende intervallen af te laten lezen:

- Direct voor en na het aanbrengen van een ophoogslag.
- In de eerste week na het aanbrengen van een nieuwe ophoogslag: dagelijks.
- In de tweede tot en met de vierde week: 3 maal per week (bijvoorbeeld ma, wo en vr).
- In de tweede en derde maand: 1 maal per week (steeds op dezelfde dag).
- Daarna: 1 maal per 2 weken.

De metingen dienen (met de ophooggegevens) ter beoordeling aan een geotechnisch adviseur te worden overlegd zodat kan worden nagegaan of de snelheid en de grootte van de zakkingen conform de verwachting verlopen. Indien dit niet het geval is, dan kan ingrijpen noodzakelijk zijn. Een dergelijk ingrijpen kan bijvoorbeeld bestaan uit het later (of eerder) aanbrengen van een volgende ophoogslag, het langer (of korter) laten liggen van de voorbelasting en / of het verhogen van de voorbelasting.

Opschonen maaiveld en taludhellingen

Wij adviseren om het huidige maaiveldniveau op te schonen (verwijderen graszoden) voordat de ophogingen worden aangebracht. Hierbij kan veelal worden volstaan met een ontgraving tot maaiveld -0,30 m. Daarnaast dienen bij ophogingen gelegen tegen bestaande taluds, de taludhellingen te worden opgeschoond (verwijderen taludbekleding of graszoden) dit om te voorkomen dat een ongewenst glijvlak ontstaat.

Algemene uitvoeringsrichtlijnen voor het aanbrengen van ophogingen

Voor de algemene uitvoeringsrichtlijnen voor het aanbrengen van ophogingen en het daarvoor te gebruiken materiaal wordt verwezen naar bijlage D.

8. SLOTOPMERKINGEN

Wij schatten de nauwkeurigheid van de resultaten van de zettingsberekeningen in de orde van 30 %.

De voor de zettingsprognose uitgevoerde zettingsberekeningen gebruikte grondparameters zijn afgeleid uit de sondeergrafieken en tabel 2.b van NEN 9997-1. Het zijn dus geschatte waarden, zodat de prognose slechts ter oriëntering kan worden gebruikt. Een nauwkeuriger zettingsprognose vereist boringen, aangevuld met laboratoriumonderzoek, waarmee de laagdikte en de eigenschappen van de samendrukbare lagen nauwkeuriger kunnen worden bepaald.

Bij het ophogen met zand / Bims dient rekening dient een ophoogschema te worden bepaald; dit ophoogschema volgt uit stabiliteitsberekeningen voor de gekozen variant. Dit geldt ook voor het aanbrengen van de tijdelijke overhoogte. Doordat de ophoging gefaseerd worden aangebracht, (in verband met de verdichting in lagen zie bijlage D) zal de totale voorbelastingsperiode langer zijn dan de berekende waarden die uit de zettingsberekeningen volgen.

Overigens is de vraag of de verwachte schade aan de doorgaande weg acceptabel is. Indien scheurvorming t.g.v. de verwachte zettingen juist naast de bestaande wegverharding niet acceptabel is dienen oplossingen te worden gezocht in bijvoorbeeld een paalmatras systeem.

Oplossingen met zeer lichte ophoog materialen (bijvoorbeeld EPS blokken) hebben weinig tot geen toegevoegde waarde in verband met het lage volumegewicht van de lagen die vervangen worden (voornamelijk veen) in relatie tot het extra gewicht van de funderingslaag en de asfalt verharding.

Ir. J.C.M. de Jong ([REDACTED])

Rhoon, 2 oktober 2012

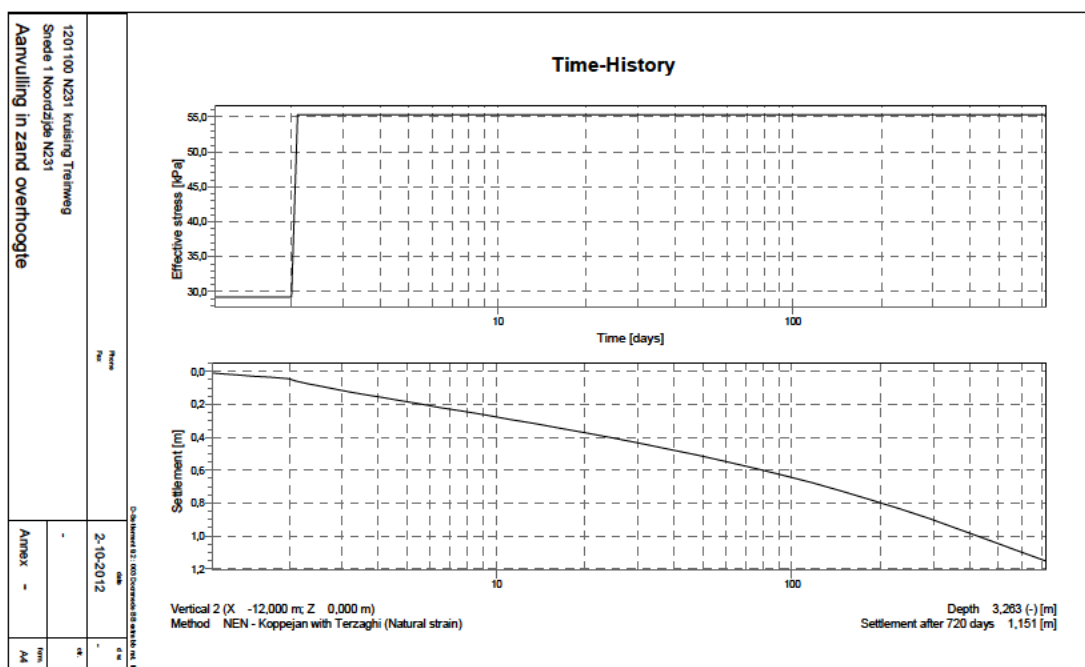
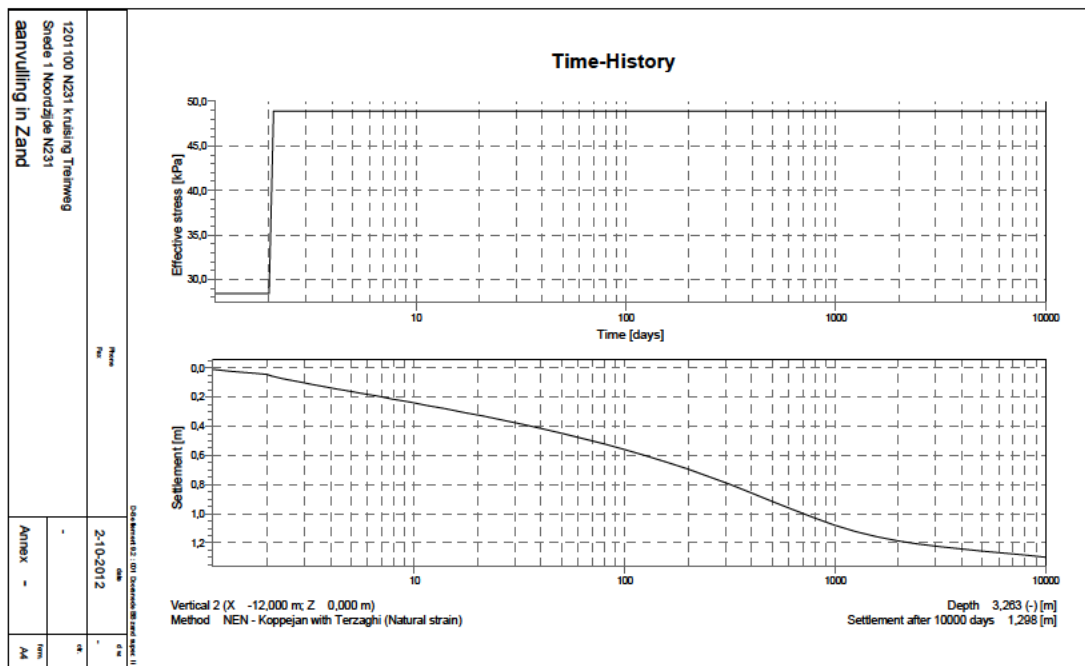
Mos Grondmechanica B.V.

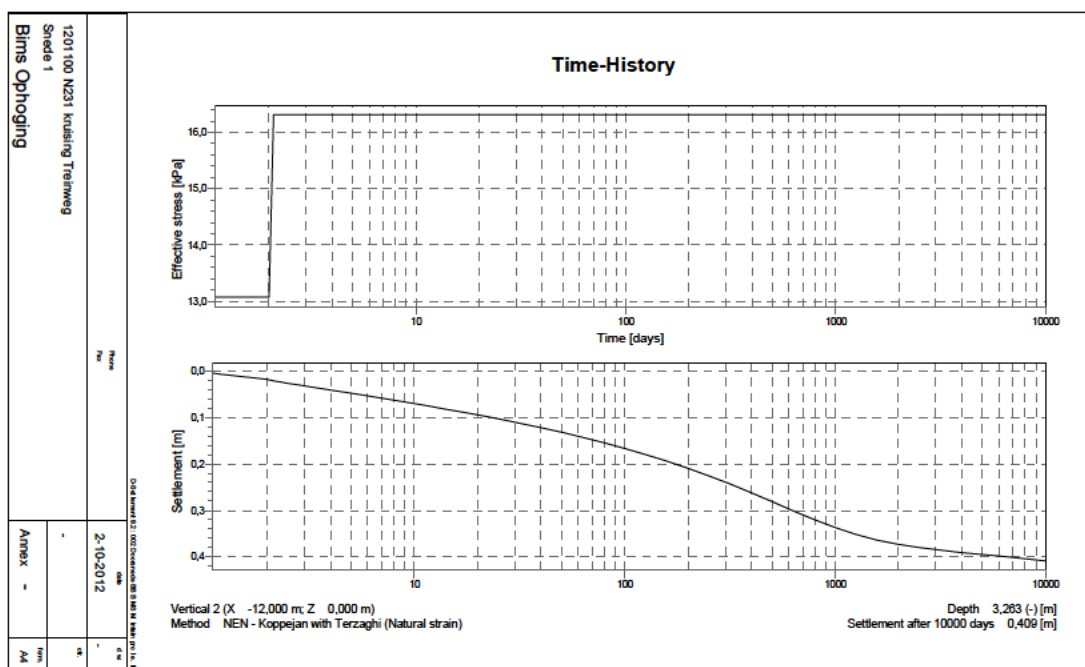
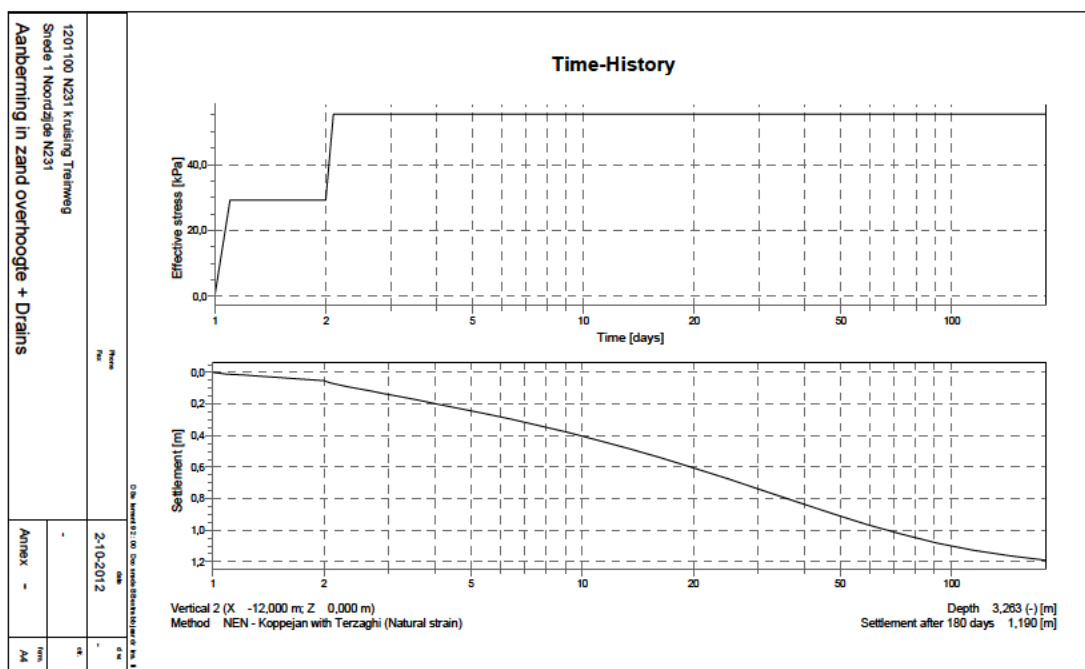
Contr. : r.s.

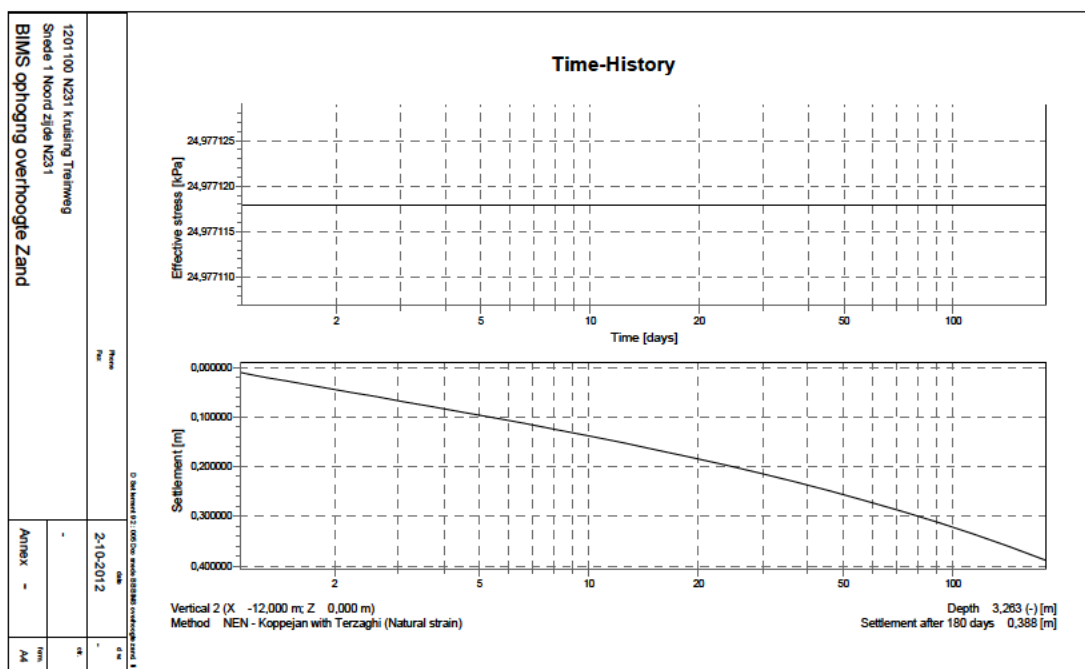


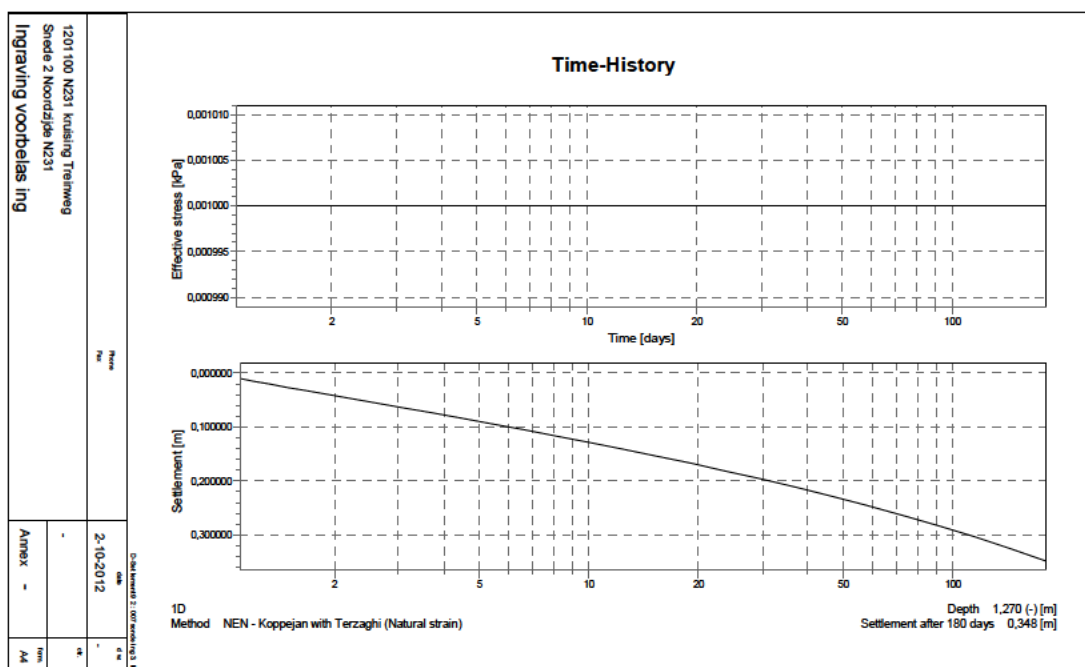
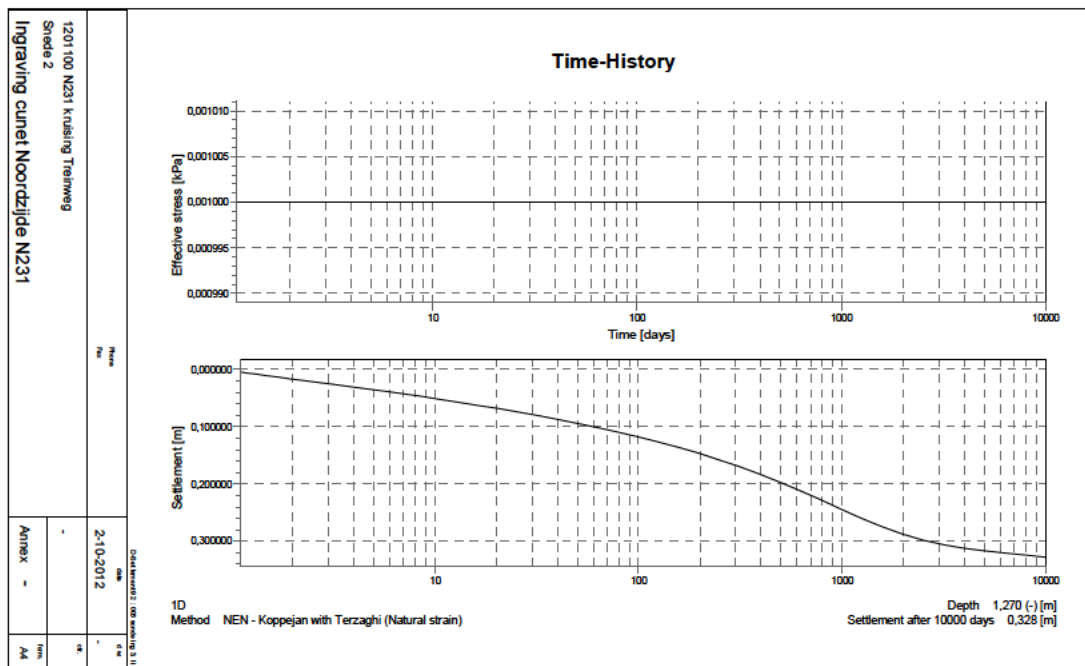
Bijlage A

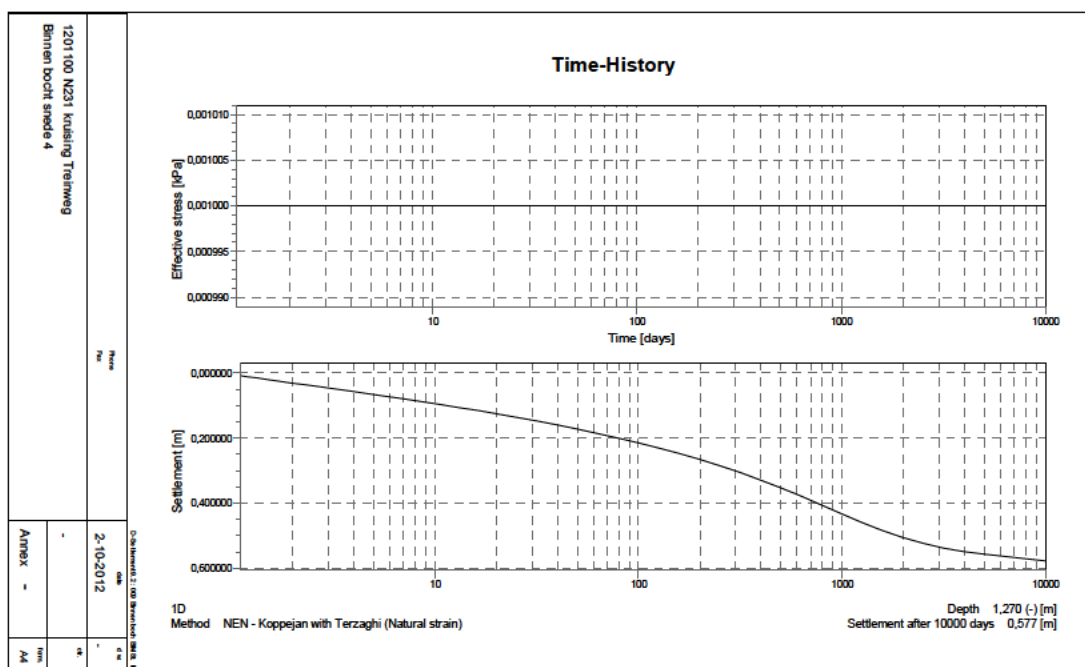
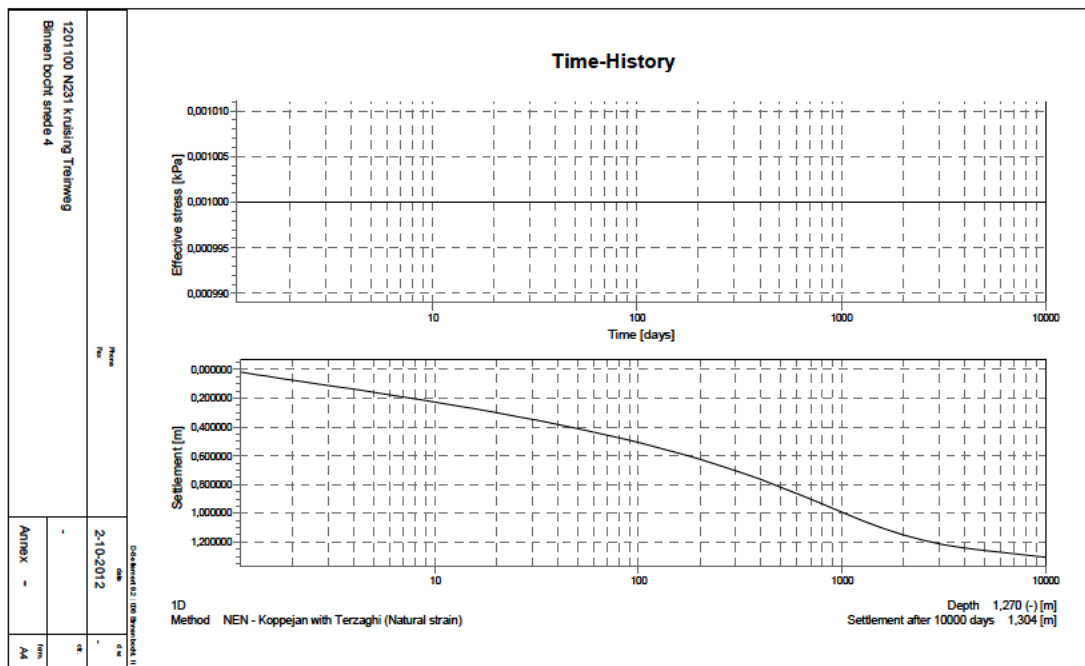
Tijd zakkings lijnen berekende varianten

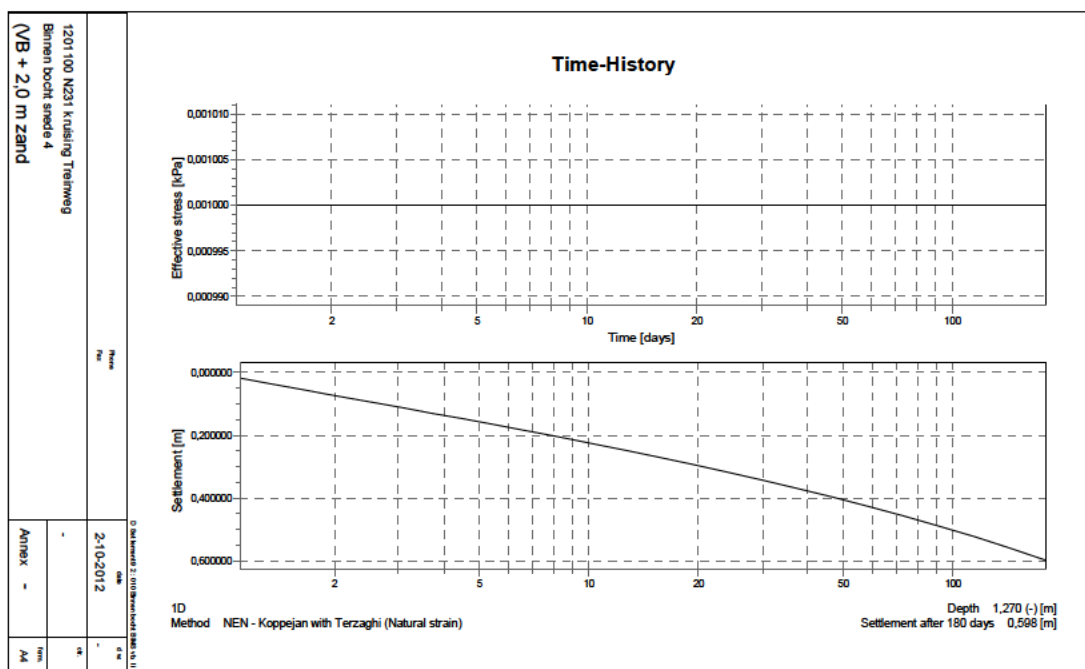


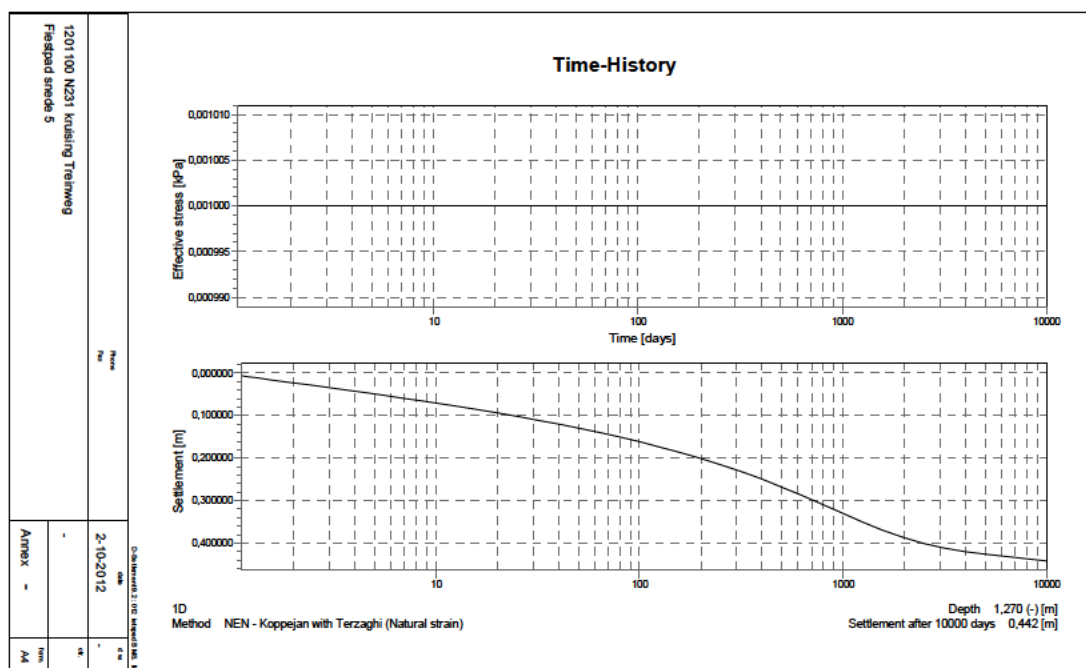
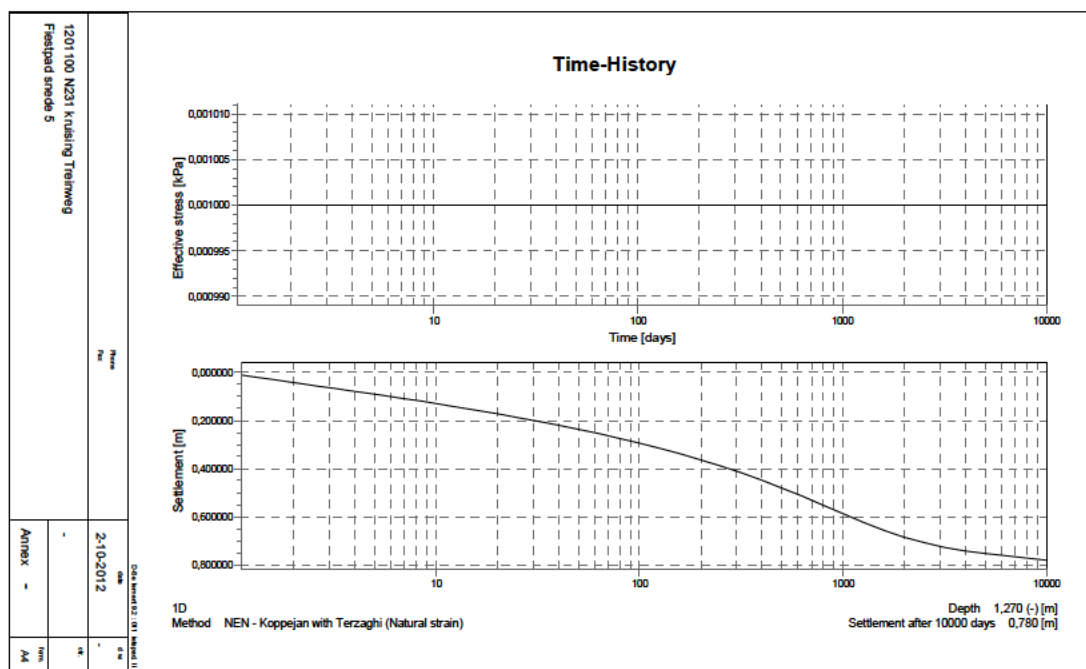


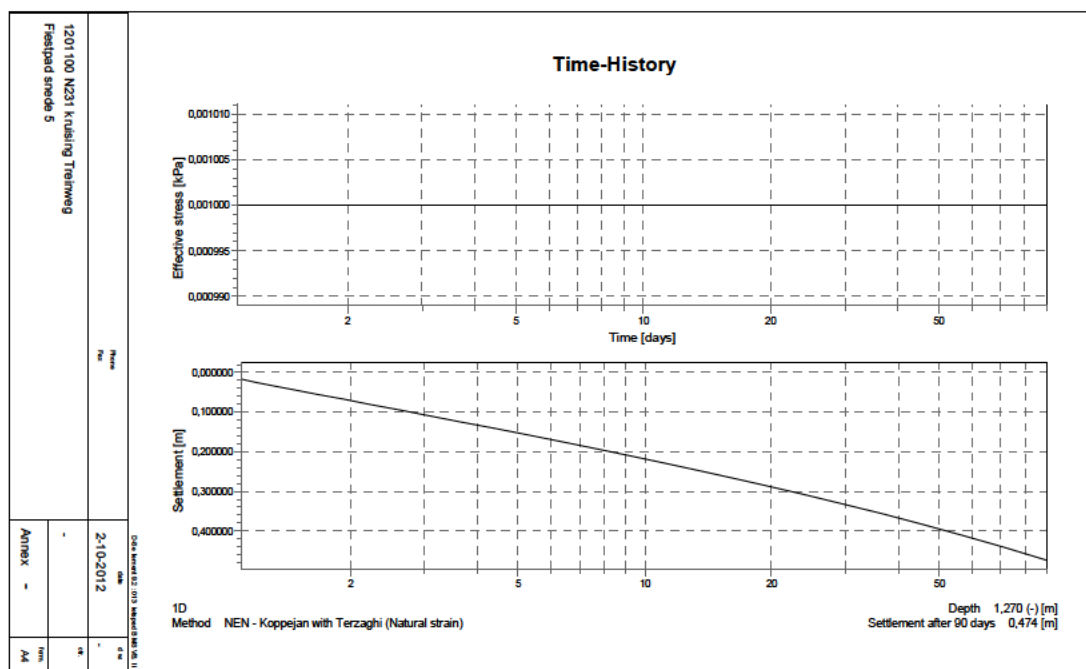






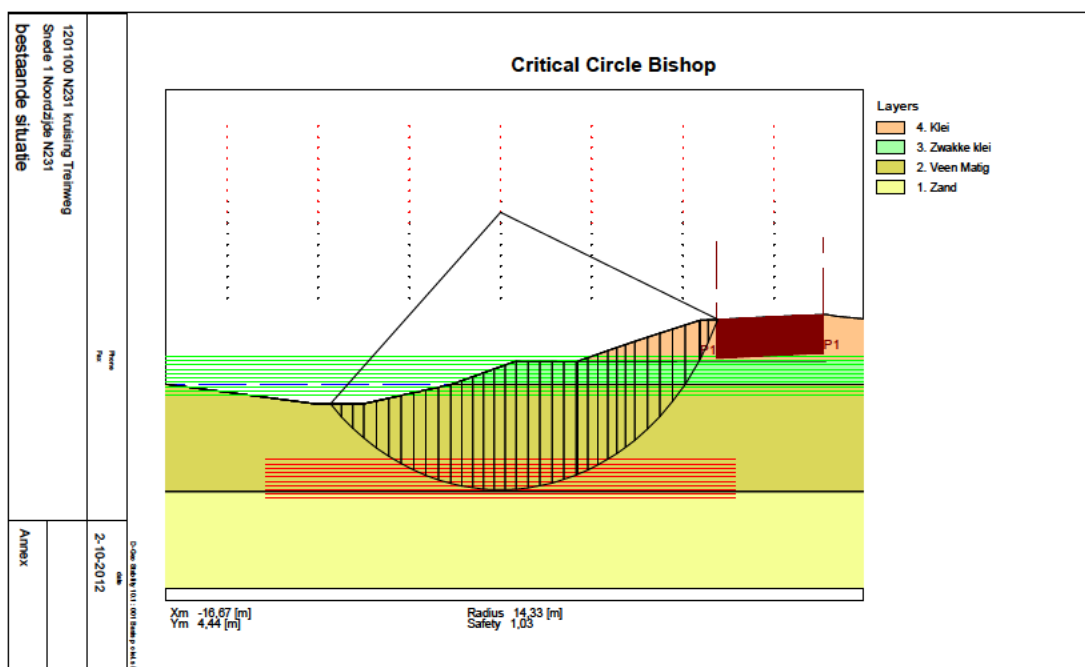
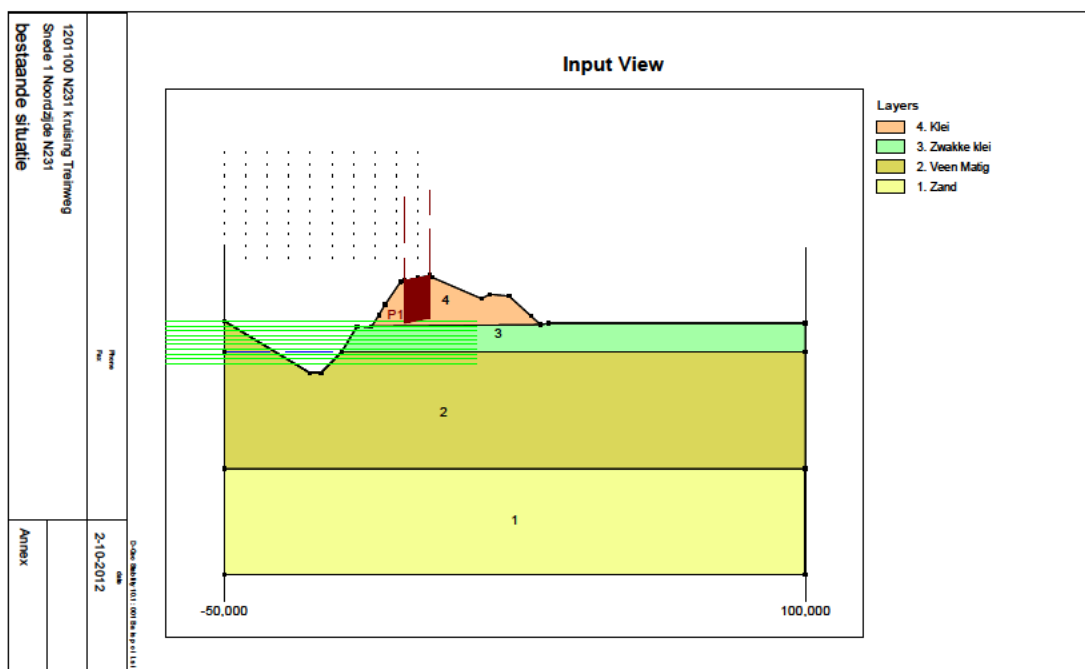


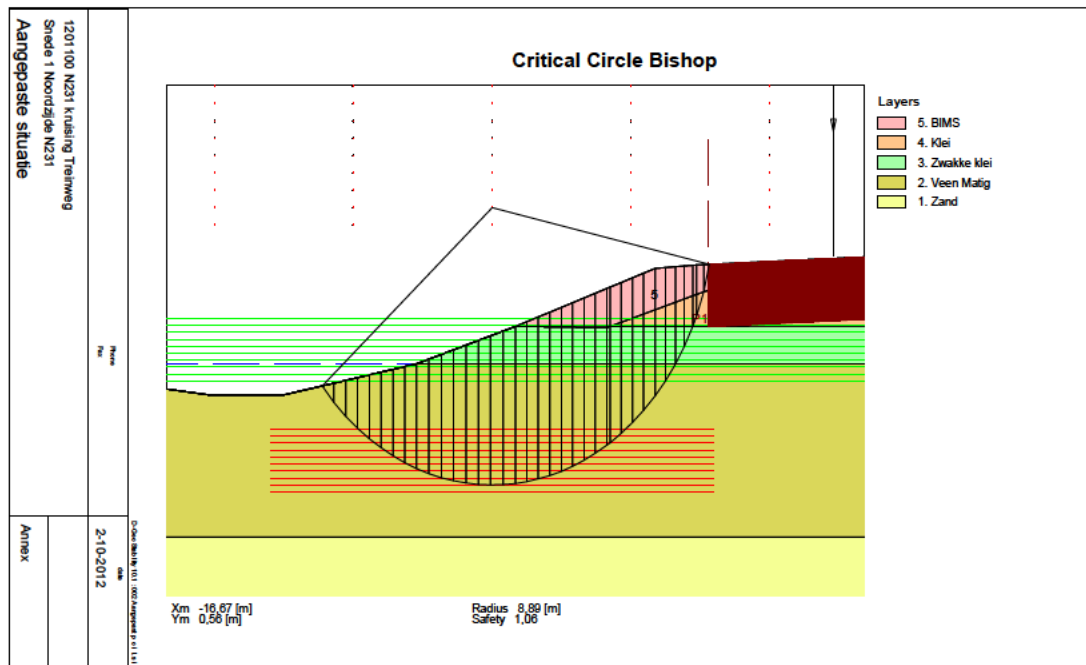




Bijlage B

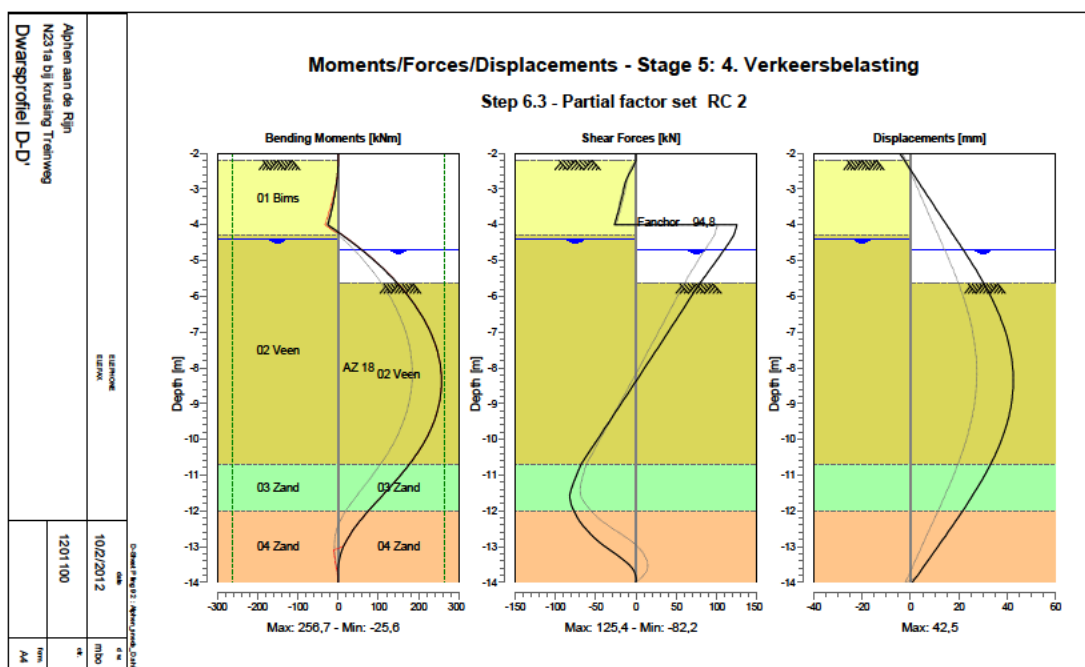
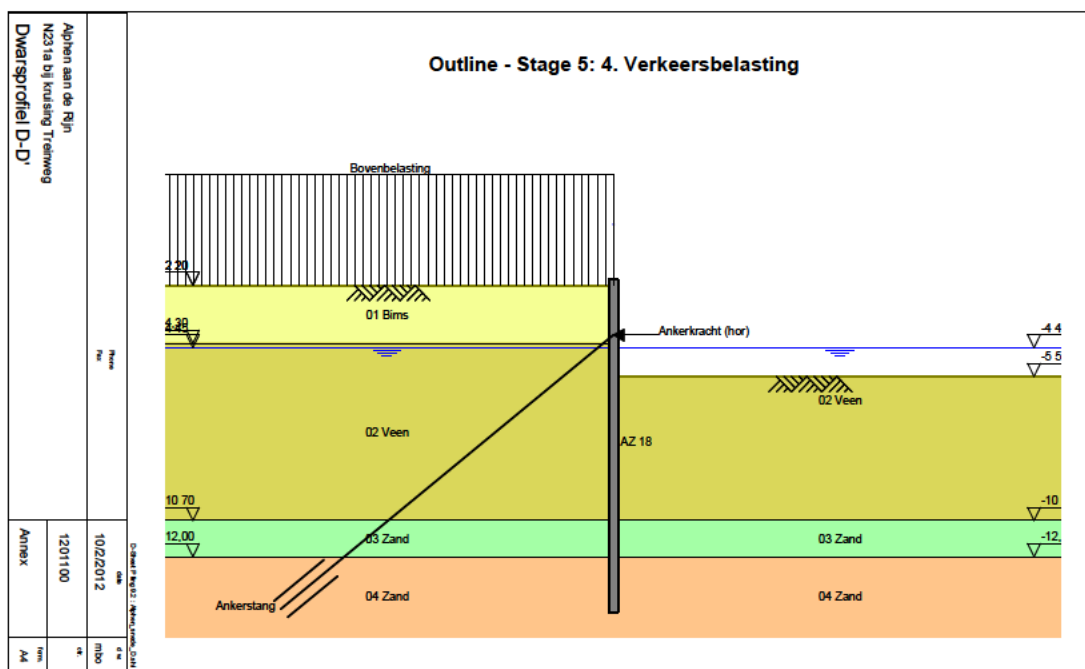
Overzicht kritische glijcirkel

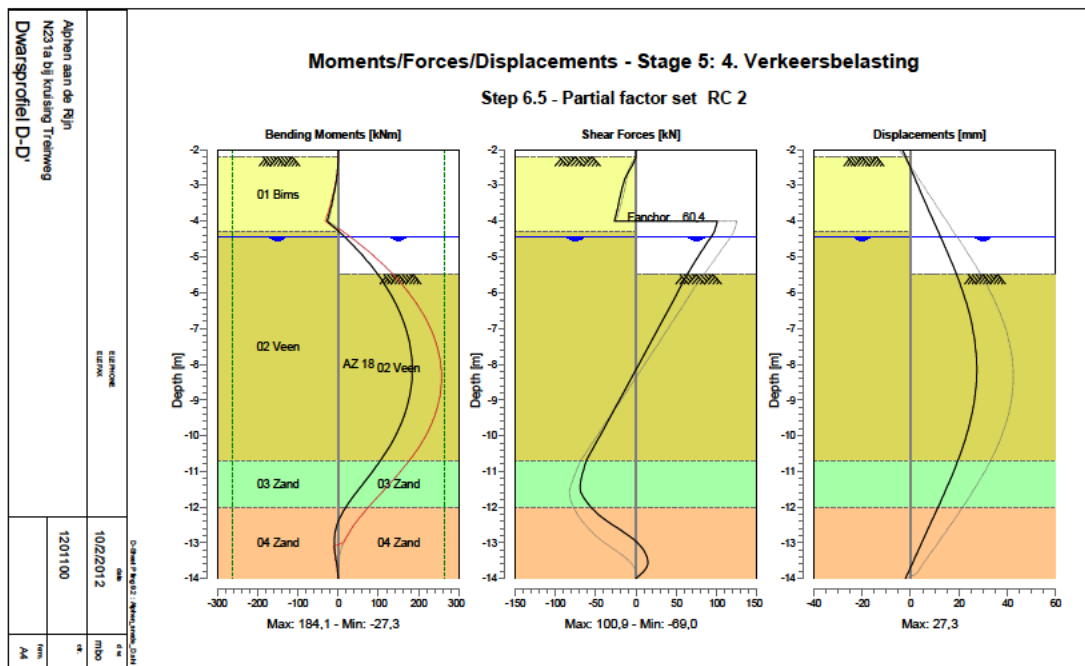




Bijlage C

Uitvoer D-Sheetpiling berekening



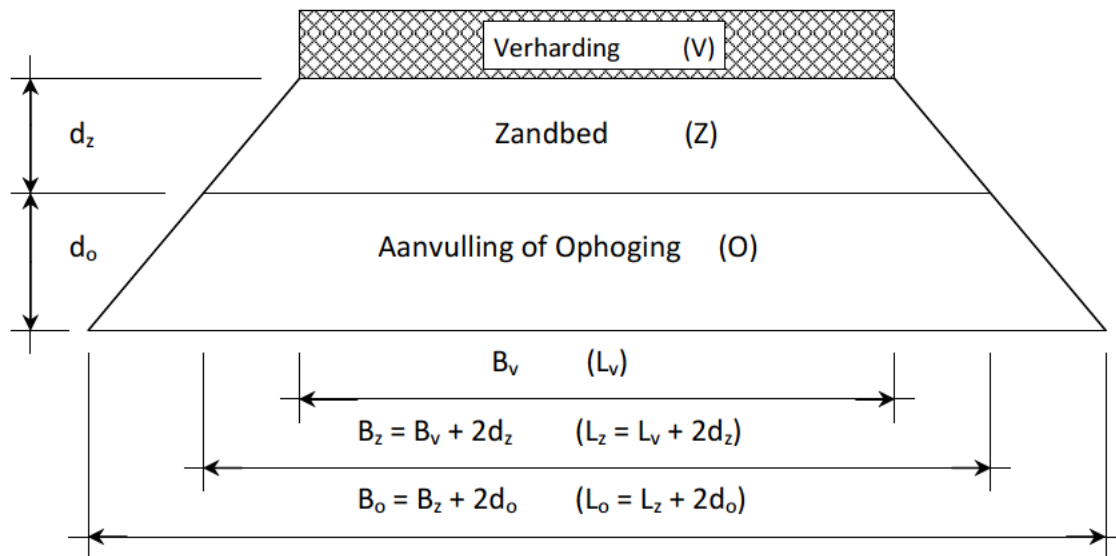


Bijlage D

Uitvoeringsrichtlijn

ALGEMENE RICHTLIJNEN VOOR DE UITVOERING VAN GRONDWERKEN VOOR WEGEN

De breedte B en lengte L van de aanvulling of ophoging moet op de onderkant (het aanlegniveau) ten minste $B + 2d$ respectievelijk $L + 2d$ bedragen. Hierbij zijn B en L respectievelijk de breedte en de lengte van de bovenkant van de aanvulling of ophoging (c.q. van de onderkant van het zandbed) en is d de dikte van de aanvulling of ophoging. Voor het zandbed geldt hetzelfde, alleen zijn B en L dan de breedte en de lengte van de bovenkant van het zandbed (c.q. van de onderkant van de verhardingsconstructie) en is d de dikte van het zandbed.



De voor eventueel benodigde grondverbeteringen benodigde ontgravingen kunnen in het algemeen onder een talud van circa 1:1 worden uitgevoerd. Extra aandacht moet worden besteed aan ontgravingen naast, dan wel nabij een bestaande, op staal gefundeerde belending. Dit geldt in het bijzonder voor ontgravingen dieper dan het aanlegniveau van de bestaande fundering. Dergelijke ontgravingen verminderen de draagkracht van de bestaande fundering en dienen daarom zo veel mogelijk te worden vermeden. Indien dergelijke ontgravingen noodzakelijk zijn dan moet worden nagegaan of speciale maatregelen moeten worden genomen.

Tijdens het verdichten van grondlagen moet de grondwaterstand zich minimaal 0,5 m beneden het ontgravingsniveau bevinden. Is dit niet het geval dan moet een bemaling worden geïnstalleerd, die in staat moet zijn de grondwaterstand tot ten minste dit niveau te verlagen. Deze verlaging moet zijn gerealiseerd voordat met ontgraven het vereiste niveau is bereikt.

Ter controle van de stijghoogte van het grondwater in watervoerende lagen kan worden overwogen vooraf een of meer peilbuizen te plaatsen.

Voor de controle op de mate van aanpassing van de ondergrond aan de reeds aangebrachte ophoogbelastingen kunnen in de cohesieve lagen waterspanningsmeters worden geplaatst. Dit verdient met name overweging als de stabiliteit van de ophoging en de voortgang van het werk kritisch zijn.

Aanbevolen wordt de optredende zettingen met behulp van een aantal zakbaken te meten. Dit maakt het mogelijk de grootte van de ophoging en / of het tijdschema eventueel aan te passen aan het werkelijke zettingsgedrag. De zakbaken moeten in zowel de lengte- als de dwarsrichting van de

ophoging worden geplaatst, bijvoorbeeld drie baken in de dwarsrichting van de weg (twee in de randen en één in het midden van de kruin van de ophoging) en in de lengterichting van het wegtracé hart op hart maximaal circa 35 à 100 m (een en ander in belangrijke mate afhankelijk van de grootte van de verwachte maximale zettingen en de variatie in het geotechnisch lengteprofiel).

De zakbaken moeten op het bestaande maaiveld, dan wel op de bodem van de ontgraving (cunet) worden geplaatst. Voor de start van het ophogen moet ten minste één hoogtemeting van de zakbaken plaatsvinden (nulmeting). Tijdens het ophogen moeten de zakbaken regelmatig worden gewaterpast. Het verdient aanbeveling om in overleg met de geotechnisch adviseur een op het werk toegespitst meetprogramma vast te stellen (locaties en frequenties, met ten minste 1 meting direct na het aanbrengen van elke ophoogslag).

Tijdens elke meting moet de bovenkant van de zakbaken én de zandophoging worden gewaterpast. Hieruit en uit de lengte van de zakbaken kan de dikte van het opgebrachte zandpakket in de tijd worden afgeleid. In verband hiermee is het noodzakelijk de lengte van de zakbaken tijdens de installatie te noteren, terwijl bij tussentijds oplengen van de zakbaken de datum en de lengte van elke oplenging moet worden gemeten en genoteerd.

De eventueel te dempen sloten dienen vóór het aanvullen te worden opgeschoond en dienen hierna tot aan het niveau van het omliggende maaiveld zorgvuldig te worden opgevuld met materiaal uit de omgeving, dat soortgelijk is aan het naast de sloten tot slootdiepte aanwezige materiaal. Hierbij kan mogelijk grond worden hergebruikt die bij het graven van nieuwe sloten vrijkomt.

Na het plaatsen en waterpassen (nulmeting) van de zakbaken kan de eerste ophoogslag worden aangebracht. Deze kan een dikte hebben van circa 0,5 à 1,0 m en moet als draineerlaag fungeren. Het zand van de draineerlaag moet voldoen aan de eisen voor "draineerzand" zoals omschreven in art. 22.06.02 van de *Standaard RAW Bepalingen 2010*. Vanaf de draineerlaag kunnen vervolgens de verticale drains worden geïnstalleerd. Geadviseerd wordt in de draineerlaag horizontale drains aan te brengen. Deze moeten afwateren op de te handhaven sloten of de nieuw te graven watergangen. De drooglegging van de drainagelaag is afhankelijk van de diepteligging van de horizontale drains.

Na het installeren van het drainagesysteem kan de ophoging worden voltooid, door het in een aantal ophoogslagen aanbrengen van deze ophoging. Tussen twee ophoogslagen moet voldoende tijd worden aangehouden, zodat de ondergrond tussen de verschillende ophoogslagen al gedeeltelijk kan consolideren (ter voorkoming van mogelijk afschuiving en squeezing).

Afschuiving en squeezing (het horizontaal uitpersen van slappe grondlagen ten gevolge van een bovenbelasting) kan met name optreden wanneer bij een cohesieve ondergrond direct naast sloten wordt opgehoogd. Dit gevaar is met name aanwezig tijdens en direct na het ophogen. In deze periode zal in de cohesieve (veen- en klei-) lagen een hoge wateroverspanning aanwezig zijn, terwijl de schuifweerstand in deze lagen tijdelijk nog niet is toegenomen. Door het consolidatieproces (afstromen van overspannen water) zal deze situatie na enige tijd geleidelijk verbeteren.

Geadviseerd wordt tijdens de uitvoering het eventueel optreden van afschuiving en / of squeezing nauwlettend te controleren (monitoren) en indien nodig direct maatregelen te nemen.

Geadviseerd wordt het zandlichaam over de volledige hoogte ten minste tot aan de zijkant van de rijbaan en indien van toepassing ook tot aan de zijkant van de fietspaden door te trekken. De taluds van de ophoging dienen veelal niet steiler te worden uitgevoerd dan 1:1,5.

Voor het verkrijgen van een voldoende draagkrachtige onderbouw voor de wegverharding is het noodzakelijk dat de zandophoging voldoende wordt verdicht. Tot 1,0 m onder het toekomstige peil van de verharding (Peil) dient de aanvulling of ophoging te worden aangebracht in lagen met een maximale dikte van 0,50 m. Het zand dat boven de draineerlaag, op een diepte van meer dan 1,0 m beneden Peil wordt verwerkt moet voldoen aan de eisen voor "zand in aanvulling of ophoging" zoals omschreven in art. 22.06.01 van de *Standaard RAW Bepalingen 2010*.

Elke laag moet tot de vereiste dichtheid worden verdicht met een voldoende zware trilwals (6 à 8 ton) met minimaal 4 walsgangen, die elkaar overlappen.

De verdichting van het zand in aanvulling of ophoging moet worden gecontroleerd met de steekringmethode (proef 6 van de *Standaard RAW Bepalingen 2010*) of met de nucleaire methode.

De mate van verdichting moet worden gerelateerd aan de uit Proctor proeven verkregen maximum proctordichtheid (de normale Proctor proef; zie proef 9 van de *Standaard RAW Bepalingen 2010*). Hierbij moet de dichtheid van het zand in aanvulling of ophoging ten minste 93 % bedragen en de gemiddelde dichtheid ten minste 98 %.

De mate van verdichting kan ook met een sondeerapparaat worden gecontroleerd. Als criterium geldt dat de conusweerstand met de diepte moet toenemen tot minimaal circa 5 MPa op circa 0,5 m diepte, waarna de conusweerstand in het ophoogzand met de diepte moet blijven toenemen.

In de bovenste meter van de ophoging (van Peil - 1 m tot Peil) dient het zandbed te worden aangebracht in lagen met een maximale dikte van 0,50 m. Het zand voor het zandbed (zand dat wordt verwerkt boven Peil - 1,0 m) moet voldoen aan de eisen voor "zand in zandbed" zoals omschreven in art. 22.06.03 van de *Standaard RAW Bepalingen 2010*. Elke laag moet tot de vereiste dichtheid worden verdicht met een voldoende zware trilwals (6 à 8 ton) met minimaal 4 walsgangen, die elkaar overlappen. De bovenste laag van het zandbed moet statisch worden verdicht.

De verdichting van het zand in zandbed moet worden gecontroleerd met de steekringmethode (proef 6 van de *Standaard RAW Bepalingen 2010*) of met de nucleaire methode.

De mate van verdichting moet worden gerelateerd aan de uit Proctor proeven verkregen maximum proctordichtheid (de normale Proctor proef; zie proef 9 van de *Standaard RAW Bepalingen 2010*). Hierbij moet de dichtheid van het zand in zandbed ten minste 95 % bedragen en de gemiddelde dichtheid ten minste 100 %.

De mate van verdichting kan ook met een sondeerapparaat worden gecontroleerd. Als criterium geldt dat de conusweerstand met de diepte moet toenemen tot minimaal 2,5 MPa op circa 0,1 m diepte en minimaal 5 MPa op circa 0,3 m diepte, waarna de conusweerstand in het ophoogzand moet blijven toenemen.

Voor de aanleg van een elementenverharding, een verhardingslaag van steenmengsels of een gebonden funderingslaag dient het aanlegniveau met een wals statisch te worden verdicht.

Na verwijdering van de eventueel aangebrachte extra overhoogte dient het aanlegniveau van de verharding, vanwege een mogelijke verstoring van de verdichting ten gevolge van het afgraven van de overhoogte, voor het aanbrengen van de verharding te worden afgetrild (het gebruik van een lichte trilplaat is hiervoor vermoedelijk voldoende).

In twijfelgevallen ten aanzien van de uitvoering of andere omstandigheden is het raadzaam de geotechnische adviseur te raadplegen.

Tot slot maken wij u erop attent dat Mos Grondmechanica beschikt over:

- Deskundige opzichters voor de begeleiding van alle grond- en funderingswerken.
- Goede apparatuur en medewerkers voor het controleren van de gerealiseerde verdichting(en).
- Laboratoriumfaciliteiten voor het keuren van de geschiktheid van het materiaal voor de grondverbetering.

(2 januari 2012)