

Buitenlust te Diemen Geotechnisch advies





Buitenlust te Diemen
Geotechnisch advies

In opdracht van:
Gemeente Diemen

Opgesteld door:
Adriaan Veer

Projectnummer:
M18A0316

Documentnaam:
m18a0316.r02_20181003.doc

Datum:
11 oktober 2018

Versie	Vrijgegeven door	Paraaf	Datum
m18a0316.r02	Eline Heemskerk		11 oktober 2018

Postadres
Postbus 270
2600 AG DELFT
T 015 7511600

Bezoekadres
Poortweg 4
2612 PA DELFT
www.stantec.com

KVK Haaglanden 27 18 43 23
BNP Paribas 22 76 53 920
IBAN NL75BNPA0227653920 BIC BNPANL2A
Stantec B.V. is ISO9001:2015, 14001:2015 en VCA* gecertificeerd

Inhoudsopgave

1.0 Inleiding	3
2.0 Gegevens en uitgangspunten	4
2.1 Huidige situatie	4
2.2 Kabels en leidingen	6
2.3 Bodemopbouw	6
2.4 Water	11
2.5 Toekomstige situatie	12
2.6 Planning	12
2.7 Restzettingseis	12
2.8 Verticale drainage	12
3.0 Zettingsberekeningen	14
3.1 Algemeen	14
3.2 Een jaar voorbelasten	16
3.3 Twee jaar voorbelasten	18
3.4 Invloed op de omgeving	20
4.0 Monitoring	21
5.0 Detaillering	22

1.0 INLEIDING

Op de locatie Buitenlust is nieuwbouw voorzien. Een overzicht van het plangebied is weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 1: Overzicht plangebied (Bron: Google Earth).

Het huidige maaiveld ligt aanzienlijk lager dan de toekomstige hoogte. Stantec is gevraagd een voorbelast- en ophoogadvies uit te brengen. Het doel van de geadviseerde maatregelen is het beperken van de restzettingen van de toekomstige verhardingsconstructie.

Leeswijzer

De relevante gegevens en uitgangspunten van de beschouwingen zijn gepresenteerd in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 3 bevat een omschrijving van de zettingsberekeningen en de resultaten en conclusie van de berekeningen. In de hoofdstukken 4 en 5 wordt ingegaan op de benodigde monitoring van de zettingen en enkele uitvoeringsaanbevelingen.

2.0 GEGEVENS EN UITGANGSPUNTEN

Door de opdrachtgever zijn diverse tekeningen en documenten ter beschikking gesteld. De voor dit onderzoek relevante documenten zijn:

- Dienst Gemeentewerken Diemen: 'Grondwerk plan Spoorzicht II', tekening 219-907-002 van oktober 1972, revisie 10-12-1973.
- Gemeente Diemen: Uitsnede van de inmeting die t.b.v. de werkzaamheden in 1973 is uitgevoerd.
- Gemeente Diemen: Uitsnede van de aanlegtekening van de reconstructie in 1973.
- BK Ingenieurs: 'Ingemeten hoogtes 'Buitenlust'' tekening 181108.011 _LM_901 van 14-09-2018.

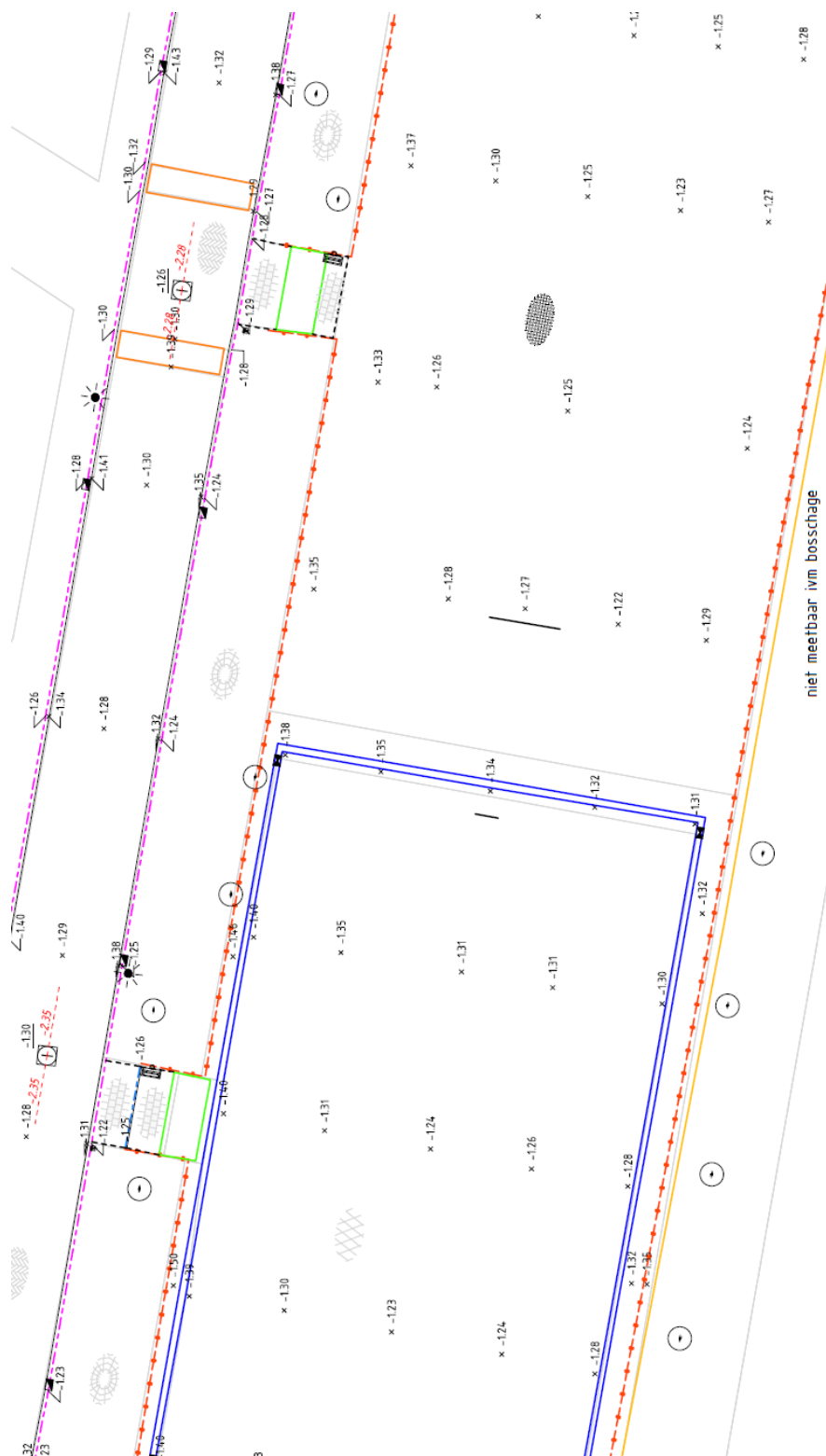
De in de berekeningen gehanteerde uitgangspunten zijn in de volgende paragrafen nader toegelicht. De uitgangspunten zijn bepaald op basis van de door de opdrachtgever ter beschikking gestelde documenten, het door Stantec uitgevoerde veldwerk en openbaar beschikbare gegevens.

2.1 HUIDIGE SITUATIE

Huidige hoogtes

Het oorspronkelijke aanlegniveau van de verharding van de Buitenlust (as weg) in 1973 was NAP-1,00 m. In 2003 is de verharding, die circa 0,25 m was gezakt, weer naar het oorspronkelijke niveau opgehaald. De huidige hoogte van de verharding ligt tussen NAP-1,30 m en NAP-1,25 m.

In 2003 is t.p.v. de middenstip van basketbalveld volgens tekening opgehoogd van NAP-1,24 m naar NAP-1,15 m. In 2018 lag de middenstip op NAP-1,24 m. Indien het asfalt in 2003 inderdaad op de ontwerphoogte is aangelegd, is sindsdien circa 0,09 m zetting opgetreden.



Figuur 2: Detail van de Inmeettekening (noord is aan de linkerzijde).

De hoogte van zowel het huidige basketbalveld als het trapveldje varieert van circa NAP-1,40 m tot NAP-1,20 m. Bij de berekeningen is uitgegaan van het voor de maatgevende maaiveldhoogte van NAP-1,40 m.

2.2 KABELS EN LEIDINGEN

Eventueel binnen het plangebied aanwezige kabels en leiding zijn niet in de beschouwingen betrokken omdat ervan wordt uitgegaan dat het gebied voor de aanvang van de werkzaamheden functievrij wordt gemaakt.

Voor kabels en leidingen die langs het plangebied lopen is een beschouwing opgesteld waarin de invloed van de voorgenomen werkzaamheden is beschreven.

2.3 BODEMOPBOUW

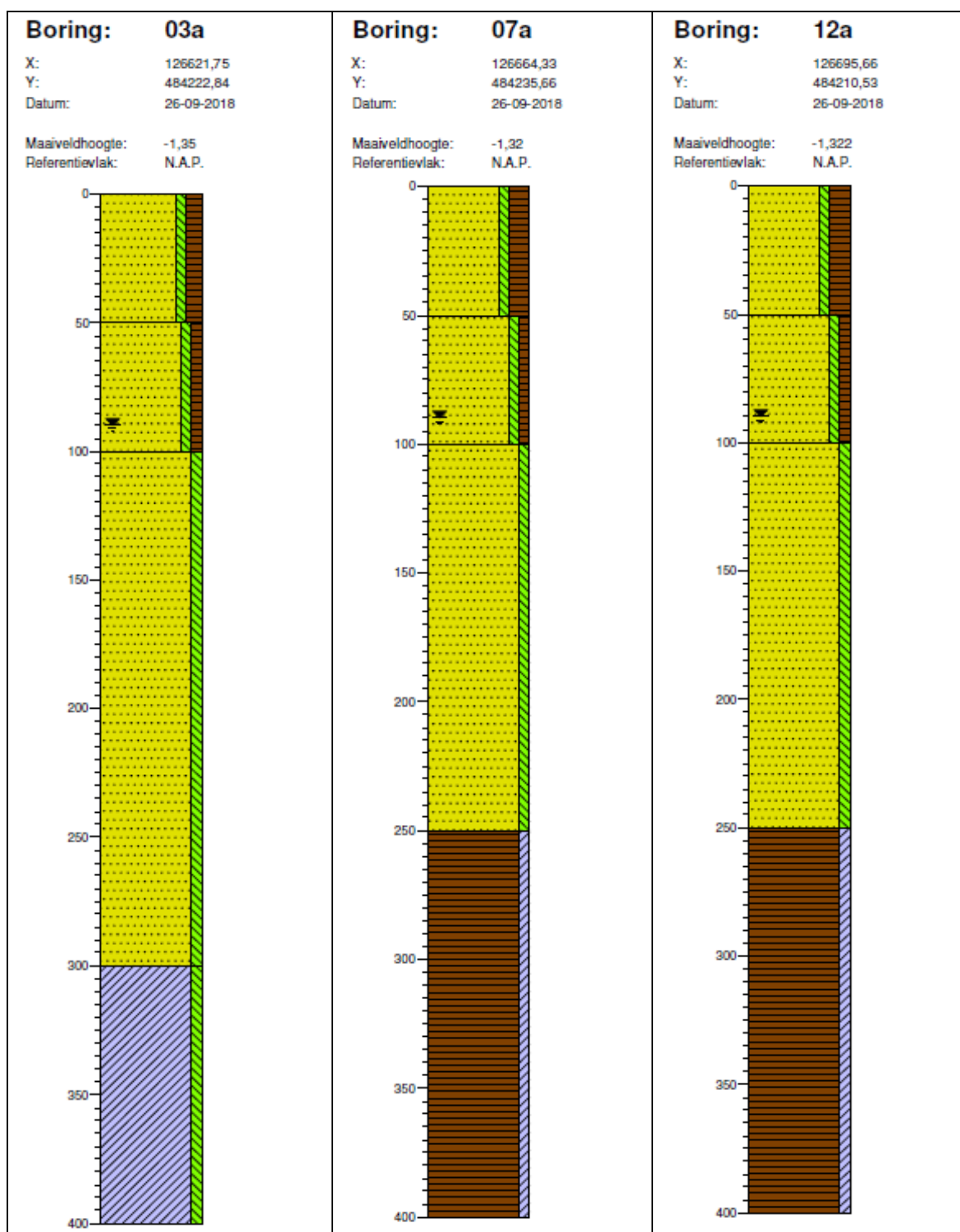
Handboringen

In september 2018 zijn twaalf handboringen uitgevoerd en is een peilbuis geplaatst. Drie boringen zijn doorgezet tot 4,0 m-mv. De situatietekening is opgenomen in de volgende figuur.



Figuur 3: Situatietekening diepe handboringen

De boorbeschrijvingen van de diepe boringen zijn weergegeven in de volgende figuur.

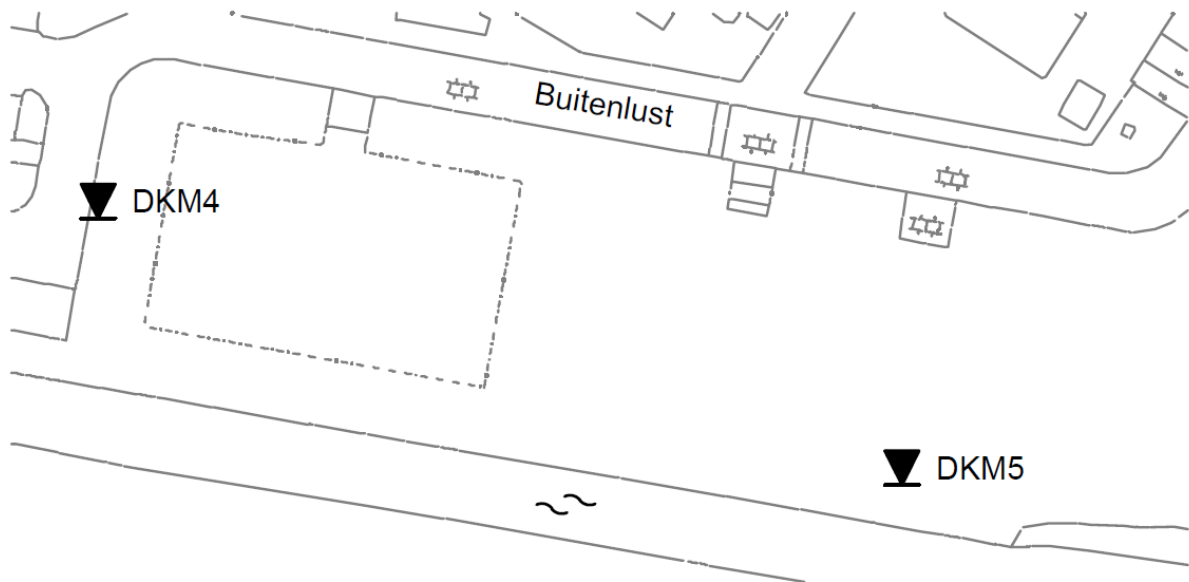


Figuur 4: Boorbeschrijvingen

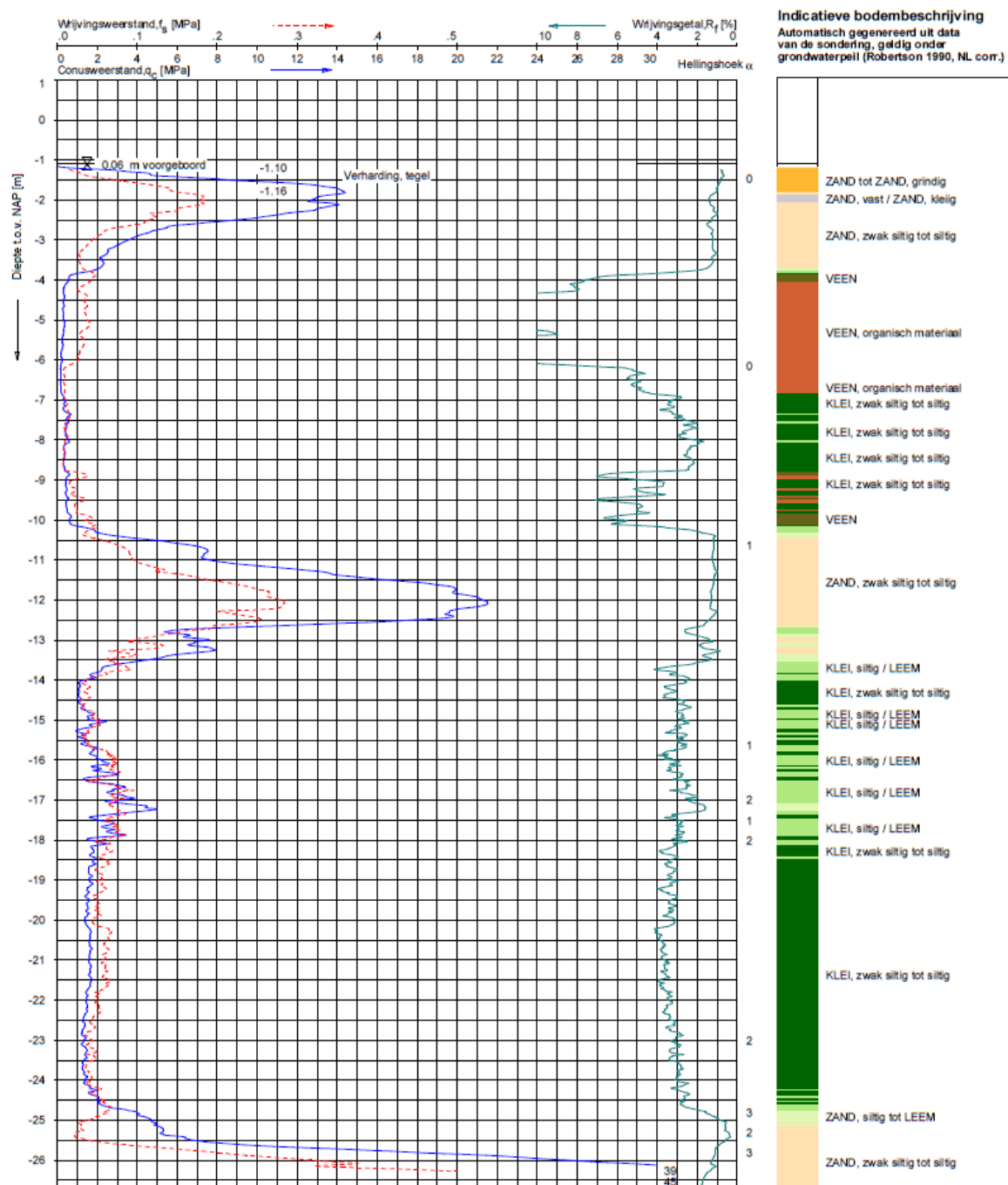
In de boringen 07a en 12a is tot circa 2,5 m-mv (circa NAP-3,8 m) zand aangetroffen. Onder deze zandlaag zijn veenlagen aangetroffen. Bij boring 03a is eerst 3,0 m zand aangetroffen en vervolgens 1,0 m klei.

Sonderingen

In augustus 2018 zijn door Fugro twee sonderingen uitgevoerd. De situatietekening is weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 5: Situatietekening sonderingen



Figuur 6: Het relevante deel van sondering DKM4.

Bij sondering DKM4 is de onderkant van de zandige toplaag aangetroffen op NAP-3,7 m. Dit komt overeen met de diepte van de laagscheiding in de boringen 07a en 12a. Bij DKM5 ligt deze laagscheiding op circa NAP-4,2 m. Mogelijk is hier in het verleden ontgraven voordat met zand is aangevuld.

Onder de zandige toplaag is een veenlaag aangetroffen waarvan de onderkant bij beide sonderingen op circa NAP-6,3 m ligt. Vervolgens zijn tot circa NAP-10,5 m voornamelijk kleilagen aangetroffen. De diepere bodemopbouw bestaat uit zandlagen van het eerste watervoerend pakket (WVP1) tot circa NAP-13,5 m, relatief stijve, plaatselijk sterk zandige kleilagen tot NAP-24,5 m en vervolgens de vastgepakte zandlagen van het tweede watervoerend pakket (WVP2). Vanwege de grotere dikte van de ondiepe veenlaag is DKM4 maatgevend voor het ontwerp van de voorbelasting.

De geschematiseerde bodemopbouw en de karakteristieke waarden van de zettingsparameters zijn gepresenteerd in de volgende tabel. Deze waarden zijn gebaseerd op het beschikbare grondonderzoek, tabel 2.b van NEN 9997-1+C1 (Eurocode 7 met nationale bijlage) en op basis van de evaluatie van de voorbelasting die bij Muiderstraatweg blok C1 heeft gelegen (MWH rapport m16a0324.r01 van 15 november 2016) en ervaring. Voor de belangrijkste parameters is uitgegaan van het gemiddelde van de als vrij conservatief beschouwde parameters uit de Eurocode en de parameters die met de modelfit zijn bepaald. Vanwege de grote invloed die de ondiepe veenlaag op de zettingen heeft, is voor deze laag uitgegaan van parameters conform de Eurocode.

Tabel 1: Geschematiseerde bodemopbouw

Niveau (m t.o.v. NAP)	Classificatie	Vol. gewicht (kN/m ³)	C' _p	C' _s	C _v (m ² /s)
-1,4 tot -3,7	Zand	17 / 19	200	>>	Gedraineerd
-3,7 tot -6,3	Veen, matig vast	12	7,5	30	3,2 • 10 ⁻⁷
-6,3 tot -10,5	Klei, schoon, slap	14	8,5	100	0,8 • 10 ⁻⁷
-10,5 tot -13,5	Zand, matig gepakt	20	600	>>	Gedraineerd
-13,5 tot -18,0	Klei, sterk zandig	20	25	320	0,8 • 10 ⁻⁷
-18,0 tot -24,5	Klei, schoon, matig vast	18	20	200	0,8 • 10 ⁻⁷
vanaf -24,5	Zand, vast gepakt	21	1.000	>>	Gedraineerd

Als gevolg van de eerdere ophogingen is het de verwachting dat de grensspanningen in de ondiepe klei- en veenlagen momenteel vergelijkbaar zijn met de actuele korrelspanning. Er is niet gerekend met een aanvullende POP (Pre Overburden Pressure) of een OCR (Over Consolidation Ratio). Dit is een veilige aanname.

De gekozen c_v waarden resulteren voor de samendrukbare lagen boven WVP1 in een effectieve hydrodynamische periode van vijf à zes jaar. Voor de kleilagen onder WVP1 is dit ruim twintig jaar. Deze perioden komen overeen met de waarden die met de empirische formules in CUR162 'Construeren met grond' worden berekend.

Voor zand als ophoogmateriaal is uitgegaan van een volumegewicht van 18 kN/m³ (droog) en 20 kN/m³ (verzadigd). Indien met grond wordt opgehoogd, kan worden uitgegaan van een volumegewicht van 15 à 16 kN/m³ en dient de ophoging dus 15 à 20% hoger te zijn.

2.4 WATER

Open water

Het streefpeil in de polder is NAP-1,90 m.

Freatisch grondwater

Bij de bemonstering van de peilbuis van B01 is het grondwater aangetroffen op circa 0,6 m-mv (circa NAP-1,9 m). Voor de zettingsberekeningen zijn de lage grondwaterstanden van belang en het is te verwachten dat deze vergelijkbaar zijn met het peil van het open water.

In het model is uitgegaan van een freatische grondwaterstand op NAP-1,90 m.

Eerste en tweede watervoerend pakket

De isohypsen van het eerste watervoerend pakket op 28 april 1995 zijn weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 7: Isohypsen van het eerste watervoerend pakket op 28 april 1995 nabij de projectlocatie.

De in Regis gepresenteerde stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is circa NAP-2,20 m. Deze hoogte is in het model opgenomen. Het niet hydrostatische verloop van de waterspanningen wordt vereffend in de veen- en kleilagen. Gezien de verwaarloosbare invloed die de stijghoogte in het tweede watervoerend pakket op de resultaten van de berekeningen heeft, is in het model ook voor het tweede watervoerend pakket uitgegaan van een stijghoogte van NAP-2,20 m.

2.5 TOEKOMSTIGE SITUATIE

Toekomstige hoogtes

De toekomstige inrichting moet aansluiten op de huidige situatie en toekomstige bebouwing.

Het vloerpeil van de bebouwing is door de gemeente vastgesteld op NAP-0,75 m. De verhardingen moeten bij de ingangen aansluiten op dit vloerpeil. De NAP-0,75 m is hiermee de maximale hoogte van de toekomstige verharding. Omdat er nog geen inrichtingsplan beschikbaar is, moet het volledige terrein op deze aanleghoogte worden voorbereid.

Ophoging

De benodigde ophoging bedraagt circa 0,65 m. Bij de berekeningen is rekening gehouden met het gewicht van de verhardingsconstructie.

Verhardingsconstructie

Het definitieve ontwerp van de opbouw van de verhardingsconstructie is nog niet bekend.

Vooralsnog is voor het ontwerp van de voorbelasting uitgegaan van een relatief zware constructie van 0,08 m elementenverharding en 0,30 m granulaat. De druk die deze constructie van 0,38 m op de ondergrond veroorzaakt bedraagt circa 8 kN/m². Gezien de grootte van de netto ophoging van circa 0,70 m, is de invloed van een ander gewicht van de verhardingsconstructie op de te nemen maatregelen relatief gering.

Onder deze constructie wordt een zandbed met een dikte van ten minste 0,80 m geadviseerd. Op basis van de boringen en sonderingen is het aannemelijk dat de dikte van het al aanwezige zand ruim voldoende is. De civieltechnische kwaliteit van dit zand is nog niet onderzocht, maar dat heeft geen of verwaarloosbare invloed op de gewichtsberekening.

2.6 PLANNING

De gemeente heeft gevraagd om de maatregelen te ontwerpen voor zowel een periode van voorbelasten van 12 als 24 maanden.

2.7 RESTZETTINGSEIS

De maximaal toelaatbare restzetting is door de gemeente vastgesteld op 0,20 m in 30 jaar.

2.8 VERTICALE DRAINAGE

Door toepassing van verticale drains nemen de wateroverspanningen sneller af en treden de zettingen versneld op zodat een kortere periode van voorbelasten mogelijk wordt.

Gezien de beperkte periode van voorbelasten wordt uitgegaan van de toepassing van verticale drains. Hierbij wordt uitgegaan van een puntniveau van NAP-9,0 m zodat enerzijds de meest samendrukbare lagen sneller ontwateren en anderzijds de kans op kortsluiting met het eerste watervoerend pakket wordt beperkt. Omdat de stijghoogte in het 1^e WVP lager is dan het polderpeil is er geen risico op het ontstaan van wellen.

De minimaal benodigde hart-op-hart (h.o.h.) afstand is afhankelijk van de voor het voorbelasten beschikbare periode en volgt uit ontwerpkeuzes en de berekeningen die in hoofdstuk 3 worden toegelicht.

3.0 ZETTINGSBEREKENINGEN

3.1 ALGEMEEN

Theorie zettingen

Het optreden van zettingen in cohesieve, slecht doorlatende lagen is een tijdsafhankelijk proces. Door het aanbrengen van een belasting op deze lagen ontstaan wateroverspanningen in de poriën. Deze wateroverspanningen nemen in de loop van de tijd af doordat water uit de lagen wordt geperst. Omdat het volume aan poriënwater in de grond afneemt, treden zettingen op. Dit proces wordt het primaire zettingsproces genoemd.

De snelheid van dit proces is afhankelijk van de doorlatendheid van de grond en de dikte van de samendrukbare lagen. De tijd die benodigd is voor het afstromen van ruim 99% van het overspannen water wordt de hydrodynamische periode genoemd.

Naast primaire zettingen treden ook secundaire zettingen op. Dit proces is te beschouwen als een langdurend kruipproces en verloopt evenredig met het logaritme van de tijd na het aanbrengen van de belasting.

Voor zettingsberekeningen wordt er in Nederland van uitgegaan dat zettingen na 10.000 dagen (circa 30 jaar) volledig zijn opgetreden. De totale zetting na 10.000 dagen wordt de eindzetting genoemd. De grootte van de eindzetting, de hydrodynamische periode in relatie tot de periode van voorbelasten en het aandeel van de secundaire zettingen bepalen de grootte van de restzettingen.

Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met het programma D-Settlement van Deltares, waarbij gebruik is gemaakt van de methode Koppejan en het consolidatiemodel van Darcy. Het tijd-zettingverloop is hierbij afhankelijk van de grootte van de oorspronkelijke korrelspanningen en de toename hiervan, de primaire en secundaire samendrukkingsconstanten, de doorlatendheid en diktes van de diverse lagen.

Vanwege de grootte van de zettingen is gebruik gemaakt van de optie 'natural strain'. De voorbelasting is ingevoerd als een belasting waarbij de spreiding van de spanningen in de ondergrond wordt gesimuleerd overeenkomstig de theorie van Boussinesq.

Indicatieve berekeningen

In eerste instantie is nagegaan of zonder de toepassing van verticale drainage en/of tijdelijke overhoogte aan de eis van een maximale restzetting van 0,20 m in 30 jaar kan worden voldaan.

Gezien de netto ophoging, de beschikbare periode en de bodemopbouw is het toepassen van een combinatie van verticale drainage niet per se noodzakelijk om te kunnen voldoen aan de restzettingseis. Uiteraard is hierbij een grotere overhoogte noodzakelijk dan in de situatie dat wel verticale drains worden toegepast. Omdat de toepassing van verticale drainage ook voordelen heeft, zijn voorbelastingen met en zonder toepassing van verticale drainage gedimensioneerd.

Verticale drainage

Om het overspannen poriënwater effectiever te laten afstromen kan verticale drainage worden toegepast. Voor het puntniveau van de verticale drains is uitgegaan van NAP-9,0 m. De benodigde hart op hart afstand wordt door middel van de berekeningen bepaald. Uitgangspunt hierbij is dat aan het eind van de periode van voorbelasten de wateroverspanningen in de ondiepe veen- en kleilagen tot vrijwel nul zijn gereduceerd.

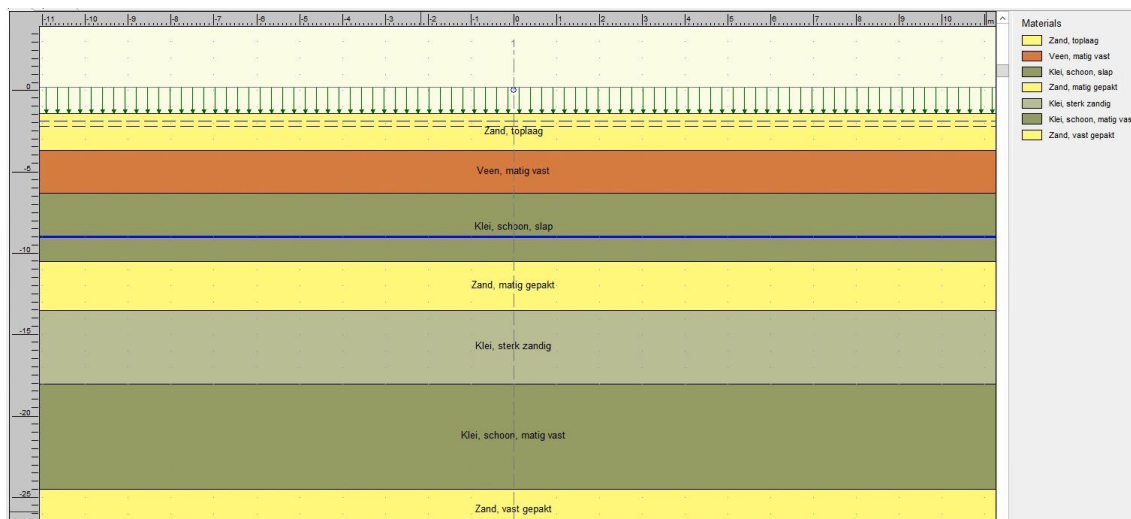
Extra overhoogte

De benodigde extra overhoogte en daarmee het niveau van de bovenkant van de voorbelasting volgt uit een iteratieve berekening. In de volgende paragrafen wordt het ontwerp van de voorbelasting met extra overhoogte voor de twee beschikbare perioden toegelicht.

Ontwerpkeuze

Gezien de zettingsgevoelige ondergrond is er bij het ontwerp van de voorbelasting van uitgegaan dat de spanningen bij het bouwrijp maken niet mogen toenemen. Hiermee wordt voorkomen dat een nieuw zettingsproces in gang wordt gezet.

Model

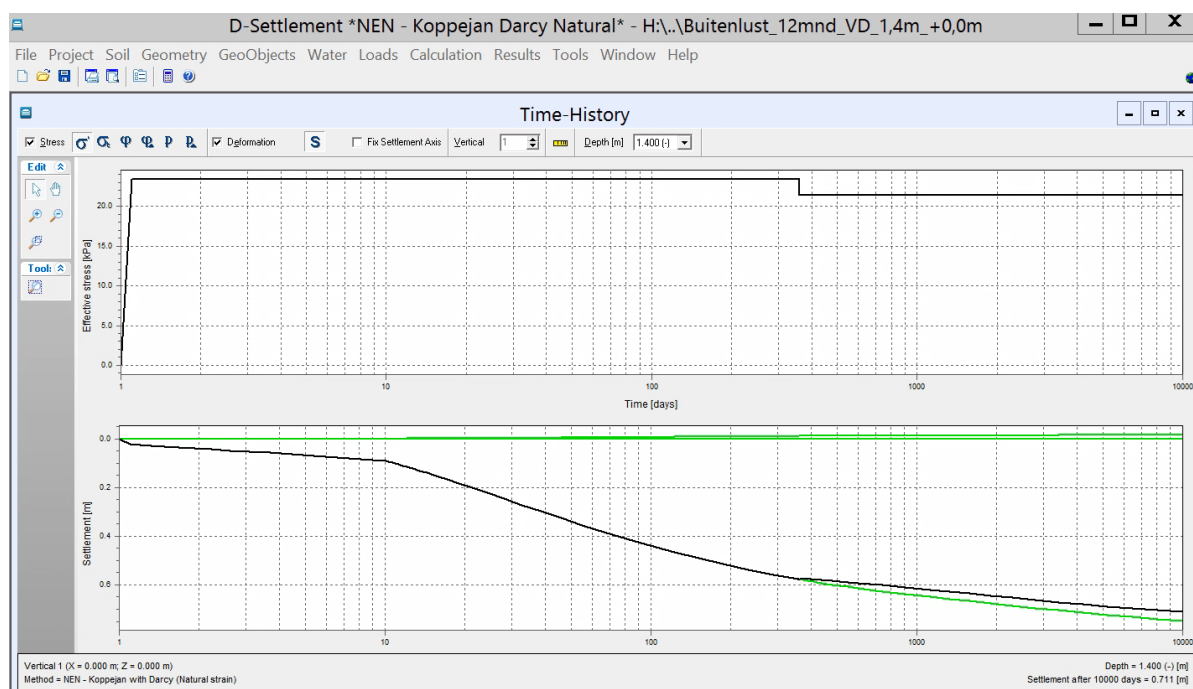


Figuur 8: Zettingsmodel.

3.2 EEN JAAR VOORBELASTEN

Met verticale drains

Hierbij is uitgegaan van een voorbelasting van zand waarvan de bovenkant op NAP 0,00 m wordt aangebracht in combinatie met verticale drains tot NAP-9,0 m h.o.h. 1,4 m. Het berekende tijd-zettingverloop is gepresenteerd in de volgende figuur.



Figuur 9: Tijd-zettingsgrafiek bij een hoogte van de voorbelasting op NAP 0,00 m met verticale drains.

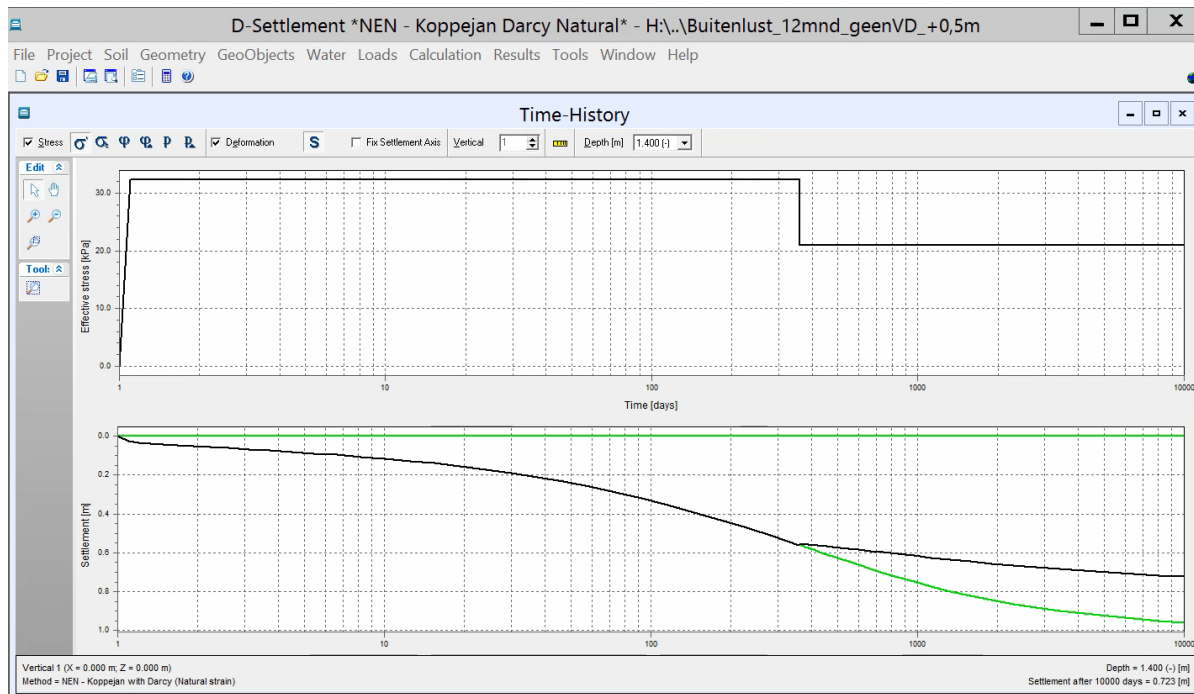
Aan het eind van de periode van voorbelasten van twaalf maanden is een zetting van circa 0,58 m berekend. De bovenkant van de voorbelasting is dan gezakt naar circa NAP-0,58 m. Door het verwijderen van 0,55 m zand tot NAP-1,13 m (onderkant toekomstig granulaat) nemen de korrelspanningen in de ondergrond af met $9,9 \text{ kN/m}^2$ ($0,55 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3$). Door het aanbrengen van de 0,38 m verhardingsconstructie, waarvan de bovenkant op NAP-0,75 m ligt, nemen de spanningen in de ondergrond weer toe met $7,9 \text{ kN/m}^2$ ($0,30 \text{ m} \cdot 20 \text{ kN/m}^3 + 0,08 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN/m}^3$). De netto afname bedraagt hiermee circa $2,0 \text{ kN/m}^2$.

De berekende eindzetting is circa 0,71 m. De restzetting komt hiermee op circa 0,13 m. Hiermee wordt aan de eis van een maximale restzetting van 0,20 m in 30 jaar voldaan.

Gezien de marge ten opzichte van de maximaal toelaatbare restzetting kan eventueel een lagere voorbelasting, bijvoorbeeld tot NAP-0,2 m, worden toegepast. Indien de berekende zettingen optreden is sprake van een toename van de spanningen bij het bouwrijp maken waardoor een nieuw zettingsproces wordt geïnitieerd. Ondanks dat de berekende restzetting ook in deze situatie voldoet, wordt dit scenario niet geadviseerd omdat de kans op significante verschilzettingen aanzienlijk groter is dan in de situatie waarin de spanningen bij het bouwrijp maken afnemen.

Zonder verticale drains

Hierbij is uitgegaan van een voorbelasting van zand waarvan de bovenkant op NAP+0,50 m wordt aangebracht. Het berekende tijd-zettingverloop is gepresenteerd in de volgende figuur.



Figuur 10: Tijd-zettingsgrafiek bij een hoogte van de voorbelasting op NAP+0,50 m zonder verticale drains.

Aan het eind van de periode van voorbelasten van twaalf maanden is een zetting van circa 0,56 m berekend. De bovenkant van de voorbelasting is dan gezakt naar circa NAP-0,06 m. Door het verwijderen van 1,07 m zand tot NAP-1,13 m (onderkant toekomstig granulaat) nemen de korrelspanningen in de ondergrond af met $19,3 \text{ kN/m}^2$ ($1,07 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3$). Door het aanbrengen van de 0,38 m verhardingsconstructie, waarvan de bovenkant op NAP-0,75 m ligt, nemen de spanningen in de ondergrond weer toe met $7,9 \text{ kN/m}^2$ ($0,30 \text{ m} \cdot 20 \text{ kN/m}^3 + 0,08 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN/m}^3$). De netto afname bedraagt hiermee $11,4 \text{ kN/m}^2$.

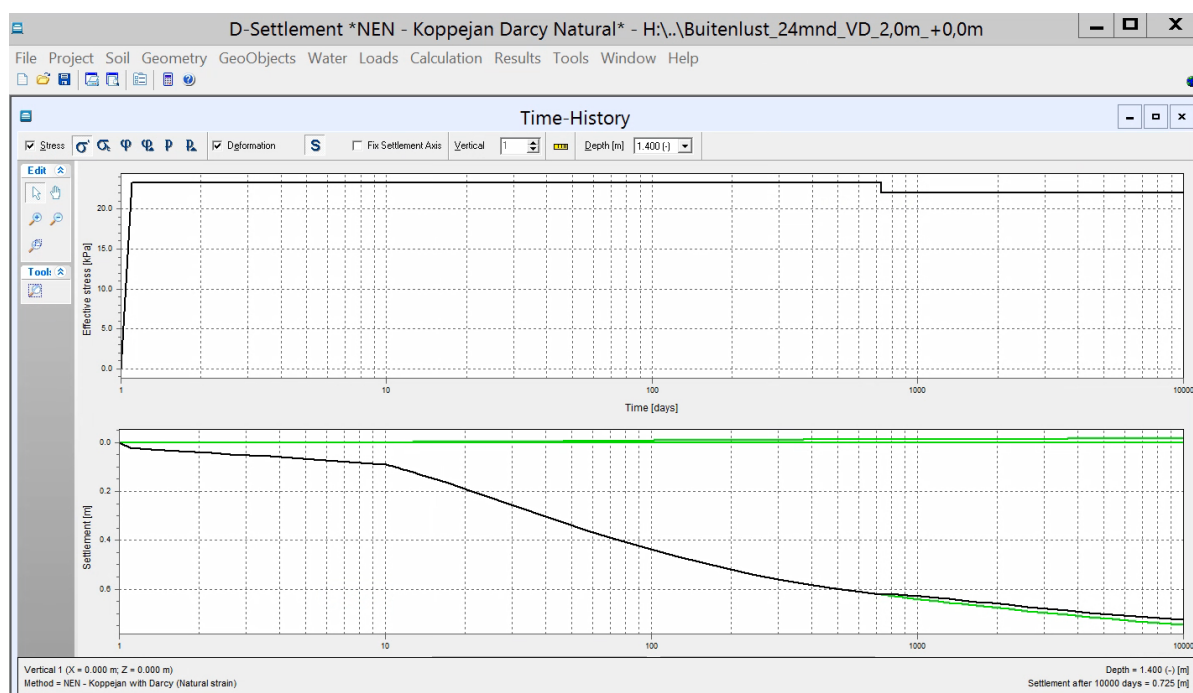
De berekende eindzetting is 0,72 m. De restzetting komt hiermee op circa 0,16 m. Hiermee wordt aan de eis van een maximale restzetting van 0,20 m in 30 jaar voldaan.

Omdat de zettingen zich langzamer ontwikkelen dan bij toepassing van verticale drainage en het verschil in spanningen tussen de periode van voorbelasten en die in de definitieve situatie groter is, zijn de zettingsmetingen met een grotere spreiding in parameters te interpreteren. Het is hierdoor minder eenduidig aan te tonen dat aan het eind van de periode van voorbelasten aan de eis wordt voldaan. Daarnaast is het minder goed mogelijk om tijdens het voorbelasten nog effectieve maatregelen te treffen indien uit een tussentijdse evaluatie blijkt dat niet aan de eis gaat worden voldaan.

3.3 TWEE JAAR VOORBELASTEN

Met verticale drains

Hierbij is uitgegaan van een voorbelasting van zand waarvan de bovenkant op NAP 0,00 m wordt aangebracht in combinatie met verticale drains tot NAP-9,0 m h.o.h. 2,0 m. Het berekende tijd-zettingverloop is gepresenteerd in de volgende figuur.



Figuur 11: Tijd-zettingsgrafiek bij een hoogte van de voorbelasting op NAP 0,00 m met verticale drains.

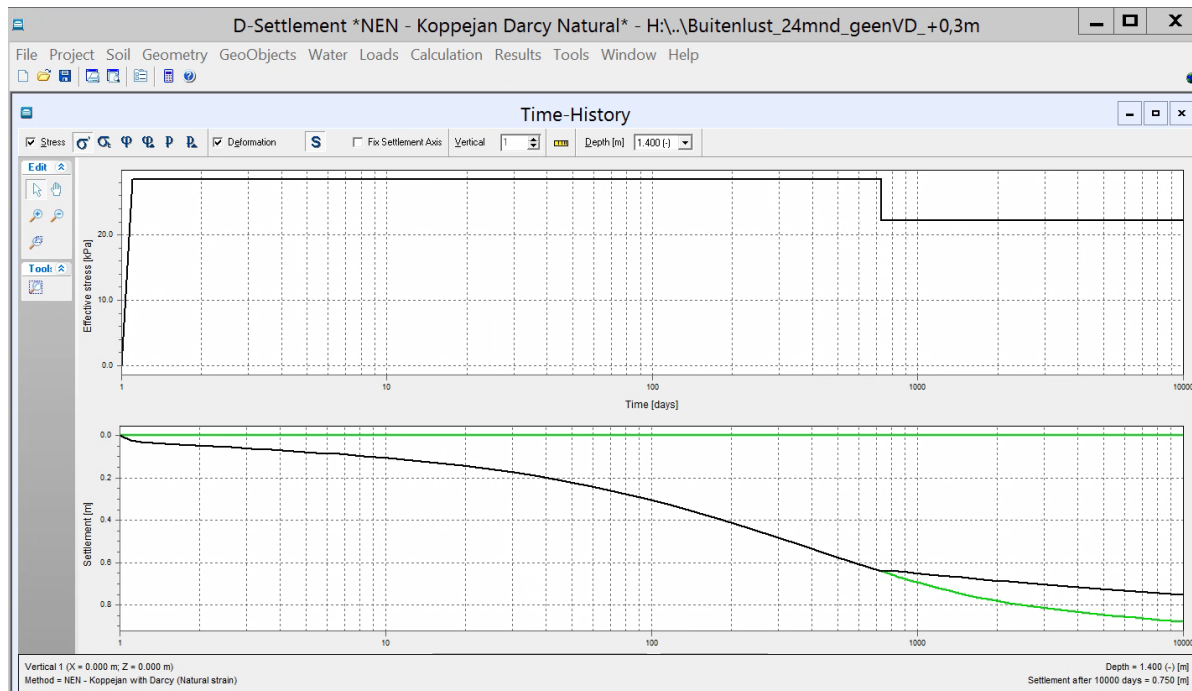
Aan het eind van de periode van voorbelasten van twee jaar is een zetting van circa 0,62 m berekend. De bovenkant van de voorbelasting is dan gezakt naar circa NAP-0,62 m. Door het verwijderen van 0,51 m zand tot NAP-1,13 m (onderkant toekomstig granulaat) nemen de korrelspanningen in de ondergrond af met $9,2 \text{ kN/m}^2$ ($0,51 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3$). Door het aanbrengen van de 0,38 m verhardingsconstructie, waarvan de bovenkant op NAP-0,75 m ligt, nemen de spanningen in de ondergrond weer toe met $7,9 \text{ kN/m}^2$ ($0,30 \text{ m} \cdot 20 \text{ kN/m}^3 + 0,08 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN/m}^3$). De netto afname bedraagt hiermee $1,3 \text{ kN/m}^2$.

De berekende eindzetting is circa 0,73 m. De restzetting komt hiermee op circa 0,11 m. Hiermee wordt aan de eis van een maximale restzetting van 0,20 m in 30 jaar voldaan.

Gezien de marge ten opzichte van de maximaal toelaatbare restzetting kan eventueel een lagere voorbelasting, bijvoorbeeld tot NAP-0,20 m, worden toegepast. Indien de berekende zettingen optreden is bij het bouwrijp maken sprake van een toename van de spanningen waardoor een nieuw zettingsproces wordt geïnitieerd. Ondanks dat de berekende restzetting ook in deze situatie voldoet, wordt dit scenario niet geadviseerd omdat de kans op significante verschilzettingen aanzienlijk groter is dan in de situatie waarin de spanningen bij het bouwrijp maken afnemen.

Zonder verticale drains

Hierbij is uitgegaan van een voorbelasting van zand waarvan de bovenkant op NAP+0,30 m wordt aangebracht. Het berekende tijd-zettingverloop is gepresenteerd in de volgende figuur.



Figuur 12: Tijd-zettingsgrafiek bij een hoogte van de voorbelasting op NAP+0,30 m zonder verticale drains.

Aan het eind van de periode van voorbelasten van twee jaar is een zetting van circa 0,64 m berekend. De bovenkant van de voorbelasting is dan gezakt naar circa NAP-0,34 m. Door het verwijderen van 0,79 m zand tot NAP-1,13 m (onderkant toekomstig granulaat) nemen de korrelspanningen in de ondergrond af met $14,2 \text{ kN/m}^2$ ($0,79 \text{ m} \cdot 18 \text{ kN/m}^3$). Door het aanbrengen van de 0,38 m verhardingsconstructie, waarvan de bovenkant op NAP-0,75 m ligt, nemen de spanningen in de ondergrond weer toe met $7,9 \text{ kN/m}^2$ ($0,30 \text{ m} \cdot 20 \text{ kN/m}^3 + 0,08 \text{ m} \cdot 24 \text{ kN/m}^3$). De netto afname bedraagt hiermee $6,3 \text{ kN/m}^2$.

De berekende eindzetting is circa 0,75 m. De restzetting komt hiermee op circa 0,11 m. Hiermee wordt aan de eis van een maximale restzetting van 0,20 m in 30 jaar voldaan.

Omdat de zettingen zich langzamer ontwikkelen dan bij toepassing van verticale drainage en het verschil in spanningen tussen de periode van voorbelasten en die in de definitieve situatie groter is, zijn de zettingsmetingen met een grotere spreiding in parameters te interpreteren. Het is hierdoor minder eenduidig aan te tonen dat aan het eind van de periode van voorbelasten aan de eis wordt voldaan. Daarnaast is het minder goed mogelijk om tijdens het voorbelasten nog effectieve maatregelen te treffen indien uit een tussentijdse evaluatie blijkt dat niet aan de eis gaat worden voldaan.

3.4 INVLOED OP DE OMGEVING

Vanwege de spreiding van spanningen in de ondergrond worden in een strook met een breedte van meerdere meters naast de voorbelasting zettingen verwacht. Voor de voorbelastingen waarbij tot NAP 0,0 m wordt opgehoogd zijn op verschillende afstanden van de voorbelasting de eindzettingen bepaald.

Uit deze berekeningen blijkt dat bij de teen van de voorbelasting een zetting van circa 0,40 m wordt verwacht. Op afstanden van 2,0 m, 4,0 m, 6,0 m en 8,0 m van de teen van de voorbelasting zijn de berekende zettingen circa 0,21 m, 0,12 m, 0,08 m en 0,05 m.

4.0 MONITORING

Geadviseerd wordt voor het aanbrengen van de voorbelastingen zakbaken te plaatsen en door het regelmatig inmeten hiervan het verloop van de zettingen gedurende de periode van voorbelasten te volgen. Voor het monitoren van de zettingen kan als volgt te werk worden gegaan.

Meetpunten

De zakbaken moeten zo worden verdeeld dat deze staan ter plaatse van zowel de gemiddelde als de lage maaiveldniveaus en verspreid over het voor te belasten gebied. Geadviseerd wordt om de zakbaken met hart-op-hart afstanden van maximaal 15 m en op ten minste 5,0 m van de kruinlijn van de voorbelasting te plaatsen. De voetplaat van de zakbaak mag op het originele maaiveld worden geplaatst of maximaal 0,50 m worden ingegraven.

In het trottoir of de rijbaan direct naast het voor te belasten gebied kunnen meetpunten worden aangebracht om de zetting van ondergrondse infrastructuur te volgen en de gegevens te gebruiken voor een betere voorspelling van de rest- en verschilzettingen in de definitieve situatie.

Metingen en frequentie

Geadviseerd wordt om de initiële hoogte van de zakbaken en het maaiveld na plaatsing door middel van een dubbele nulmeting vast te stellen.

Direct na het aanbrengen van elke slag van de voorbelasting en na het aanbrengen van de verticale drainage dienen de hoogtes te worden bepaald. Bij elke meetronde dient zowel de maaiveldhoogte als de zakbaakhoogte te worden gemeten. Nadat de voorbelasting en overhoogte volledig zijn aangebracht kan de meetfrequentie worden afgebouwd. Hierbij kan worden gedacht aan metingen na één week, drie, vijf, acht en twaalf weken na de laatste slag. Het verdere verloop van de metingen dient te zijner tijd te worden bepaald op basis van het tijd-zettingsgedrag en de actuele projectplanning, maar kunnen bijvoorbeeld ook maandelijks of, bij een periode van twee jaar, een keer per twee maanden worden uitgevoerd.

De metingen dienen met een maximale onnauwkeurigheid van 1 mm te worden uitgevoerd en in millimeters te worden gerapporteerd. Verder dienen de metingen per meetronde gecontroleerd te worden op uitbijters en missende of verloren zakbaken.

Resultaten monitoring

De resultaten van de zettingsmonitoring dienen tijdig te worden geanalyseerd. Afhankelijk van de meetresultaten kan de meetfrequentie worden aangepast of kunnen, indien mitigerende maatregelen te worden getroffen.

In het geval dat de zettingsmetingen een 'te grote' restzetting aangeven is het bij een periode van voorbelasten van een jaar wellicht niet mogelijk om de overhoogte nog zodanig aan te passen dat hiermee veel kan worden bijgestuurd. Dit betekent dat of de overige werkzaamheden moeten worden uitgesteld of dat moet worden nagegaan of toepassing van lichte materialen soelaas biedt. Bij een periode van voorbelasten van twee jaar en zeker indien verticale drains zijn toegepast, kunnen na bijvoorbeeld negen of twaalf maanden nog effectieve maatregelen worden genomen.

5.0 DETAILLERING

Detaillering voorbelasting

Aan de kant van de Buitenlust is de detaillering mede afhankelijk van de maximaal toelaatbare invloed op de groenstrook en de boven- en ondergrondse infrastructuur. In paragraaf 3.4 zijn de berekende zettingen op verschillende afstanden van de teen van de voorbelasting gepresenteerd.

Indien de voorbelasting tot vlak bij de verharding of groenstrook wordt aangebracht, kan de voorbelasting worden begonnen met big-bags of barriers om uitspoeling te voorkomen.

Aan de kant van de watergang wordt geadviseerd om de teen van de voorbelasting op ten minste 2,0 m van de insteek te houden en vervolgens een talud van 1:3 of 1:4 toe te passen. Bij ophogingen van meer dan 1,0 m wordt geadviseerd de voorbelasting in slagen van ieder maximaal 0,50 m aan te brengen. In combinatie met de geadviseerde taluds worden dan geen problemen met de stabiliteit verwacht. Geadviseerd wordt om tijdens de uitvoering de taluds en omgeving doorlopend visueel te beoordelen op onregelmatige vervormingen. Dergelijke vervormingen kunnen een voorbode van instabiliteit zijn.

Ophoogmateriaal

Er is uitgegaan van zand als ophoogmateriaal. Om verstuiven of uitspoelen van zand van bijvoorbeeld de taluds te voorkomen, kan het zand worden afgedekt met 0,20 meter grond.

Het zand van de voorbelasting kan deel uitmaken van de toekomstige verhardingsconstructie en dient dus laagsgewijs te worden verdicht. Indien dit niet gebeurt, dient het verdichten in het bestek van het bouwrijp maken te worden opgenomen.

Kabels en leidingen

Schade aan leidingen wordt met name veroorzaakt door het optreden van verschilzettingen over relatief korte afstanden. Voor de kabels en leidingen in de nabijheid van de voorbelasting moet worden nagegaan of de te verwachten zettingen en verschilzettingen acceptabel zijn.

Gezien de grootte van de zetting ter plaatse van de voorbelasting wordt geadviseerd de voetafdruk van de voorbelasting voorafgaand aan de werkzaamheden functievrij te maken.

Installatie verticale drains

Het creëren van een verbinding tussen het freatisch pakket en het watervoerend pakket is niet wenselijk. Tijdens het installeren van de verticale drains moet erop worden toegezien dat de zandlaag niet wordt bereikt.

Indien tijdens de uitvoering blijkt dat de zandlaag wel wordt bereikt, moet de installatiediepte bij volgende drains worden beperkt tot circa 1,0 meter boven dat niveau. In dat geval wordt ook geadviseerd om bijvoorbeeld op elke 10 à 15 meter een proefdrain te plaatsen om de diepte van de zandlaag vast te stellen. Als alternatief kunnen voorafgaand aan de werkzaamheden extra sonderingen worden uitgevoerd.