

## Notitie / Memo

**HaskoningDHV Nederland B.V.**  
**Maritime & Aviation**

Aan: A. Beens  
Van: Jeroen Büller  
Datum: 18-3-2021  
Kopie:  
Ons kenmerk: BH6257MANT2103181216WM  
Classificatie: Projectgerelateerd  
Goedgekeurd door: Evert de Lange, Gijs Kaptein

**Onderwerp: Swifterbant - Zuid**

---

## Inleiding

Project Swifterbant is een nieuwbouwproject ten zuiden van het dorp Swifterbant in de gemeente Dronten. In verband met de projectplannen (graven van watervoerende sloten, wadi's en het realiseren van ophogingen) heeft de gemeente Dronten gevraagd om een verkennende geotechnische analyse van het projectgebied ten aanzien van het risico op opbarsten en de zettingen.

Een verkennend booronderzoek is uitgevoerd in februari en augustus 2020 door Econsultancy bv, Zwolle (rapport verkennend archeologisch booronderzoek (10608.005) Bisonweg (ong.) te Swifterbant merge.pdf) in het kader van archeologisch onderzoek. Deze boorbeschrijvingen waren minder betrouwbaar voor wat betreft geotechnische toepassingen. Hierop is er voorgesteld om aanvullend sondeeronderzoek uit te voeren.

Deze memo betreft de resultaten van het aanvullende sondeeronderzoek en de uitwerking van de onderstaande adviezen:

- Analyse interpretatie sondeergegevens met relatie uitgevoerde boringen.
- Verticaal evenwicht beschouwing, wat is haalbaar bij 2 mogelijke waterstanden (NAP-6.2/-5.8m).
- Verticaal evenwicht beschouwing uitgaande van de gewenste diepte (mv-3m).
- Zettingsanalyse onder ophogen (met zand) mv+2m en mv+5m.
- Beoordeling haalbaarheid bemaling (expert judgement, geen berekening).
- Beoordeling haalbaarheid geothermie (expert judgement).

## Samenvatting

Uit het aanvullend grondonderzoek volgt dat de slappe grondlagen minder als veen maar meer typisch kleilagen zijn met een (hoog) organisch gehalte. Tevens volgt uit het onderzoek dat de hoogteligging van het pleistoceen waarschijnlijk toch minder sterk varieert dan uit het archeologisch booronderzoek volgt.

De geplande ontgraving van (brede) watergangen tot mv-3m is niet mogelijk zonder dat opbarsten optreedt. Opbarsten treedt al op bij een ontgraving tot mv-1,25m bij een peil van NAP-6,2m. Bij een peil van NAP-5,8m kan worden ontgraven tot mv-2m. Bij smalle watergangen (bodembreedte <1m) is iets meer diepte te behalen door het talud mee te rekenen (max. 0,5m). Dit is waarschijnlijk onvoldoende voor de waterkwaliteit.

Om toch een bodemdiepte van mv-3m te realiseren is het nodig om de afsluitende laag dieper te plaatsen. Dit kan door middel van een folie constructie met zand erop (met uitvoering in den natte) of door een kleilaag aan te brengen (in den droge met bemaling). Bij de uitvoering met een folie is dan een diepteligging van het folie nodig op NAP-9,0 of NAP-8,6m, afhankelijk van het aan te brengen peilniveau NAP-6,2m respectievelijk NAP-5,8m. Bij deze uitvoering komen de werkzaamheden dan in de toplaag van het pleistoceen en dreigt verstoring van archeologische vondstlocaties. Dit zal aanvullende eisen aan de uitvoering stellen. Die zijn in deze memo niet nader uitgewerkt.

Over de mogelijkheid van bemalen is geconcludeerd dat beperkte bemalingen mogelijk zijn met een peilverlaging tot 1m. Maar wel met een beperkt oppervlak en beperkte duur. Het risico is hier namelijk dat zoutwater wordt aangetrokken. Een situatie waarbij de natuurlijk afsluitende laag wordt doorbroken en een permanente kwelstroom zou ontstaan is daarom ook niet gewenst. Dit maakt dat verwacht moet worden dat een uitvoering in den droge van een diepere gelegen kleilaag niet haalbaar is.

Uit de zettingsanalyse volgt dat het maaiveld 0,6 tot 1m zal zetten onder de ophoging van 2m respectievelijk 5m. Door het toepassen van een voorbelasting van 1m gedurende 9 maand zal de restzetting beperkt kunnen blijven tot <0,1m. Dit is een gangbare waarde voor wegen. Voor ondergrondse infrastructuur en aansluitingen op woningen zal dit een aandachtspunt zijn. Hiervoor zijn geen harde eisen gesteld.

Voor wat betreft aardwarmte blijkt de regio geschikt voor geothermie. Dit is echter een toepassing voor warmtewinning op grote schaal. In Lelystad is er al een onderzoek gestart. Een andere veel voorkomende techniek is Warmte-koude opslag (WKO). Dit is mogelijk op kleinere schaal.

## Leeswijzer

In dit rapport wordt achtereenvolgens ingegaan op de volgende punten:

- Hoofdstuk 1: Uitgangspunten.
- Hoofdstuk 2: Analyse zettingen en verticaal evenwicht.
- Hoofdstuk 3: Informatie over bemaling en geothermie.

# 1 Uitgangspunten

## 1.1 Referenties

- REF1 Rapport verkennend archeologisch booronderzoek (10608.005) Bisonweg (ong.) te Swifterbant, augustus 2020, Econsultancy bv, Zwolle.
- REF2 Grondonderzoek, project aan de Bisonweg te Swifterband, R2003539-01, MOS Grondmechanica 19 februari 2021.
- REF3 20102020\_stedenbouwkundig plan.
- REF4 NEN 9997-1+C2(nl) Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels; november 2017.
- REF5 CUR 221 Folieconstructies, 2009.
- REF6 E-mail RE\_ Waterpeil Bisontocht i\_r\_t\_ achtertuinen van woningen. K.Petie, d.d. 1-12-2020.

## 1.2 Software

De gebruikte software voor de zettingsberekeningen is “D-Settlement 19.1”.

De verticale evenwichten zijn berekend in Excel.

## 2 Geotechnische bodemgesteldheid

### 2.1 Archeologisch onderzoek

Het verkennend archeologisch booronderzoek (10608.005) Bisonweg (ong.) van Econsultancy bv bevat 176 boringen. De boringen zijn uitgevoerd met een Aqualockboor (diameter 7 cm) uitgevoerd tot maaiveld -8m. De boringen zijn lithologisch conform de Archeologische Standaard Boorbeschrijvingsmethode beschreven.

### 2.2 Aanvullend sondeeronderzoek

Uit de eerste analyse is gebleken dat het beschikbare bodemonderzoek (§2.1) is opgezet om een beeld te krijgen van de (verlopende) diepteligging van de pleistocene zandlaag. Bovenliggende lagen zijn beschreven vanuit het perspectief van afzettingsperiode. De beschrijving is minder betrouwbaar voor wat betreft de geotechnische toepassing. Met name het onderscheid tussen veen, humeuze klei en de mate van pakking kan niet goed worden gemaakt. Zettingsprognoses en verticaal evenwichtsbeschouwingen gemaakt op basis van de boorbeschrijvingen zijn aanzienlijk indicatief.

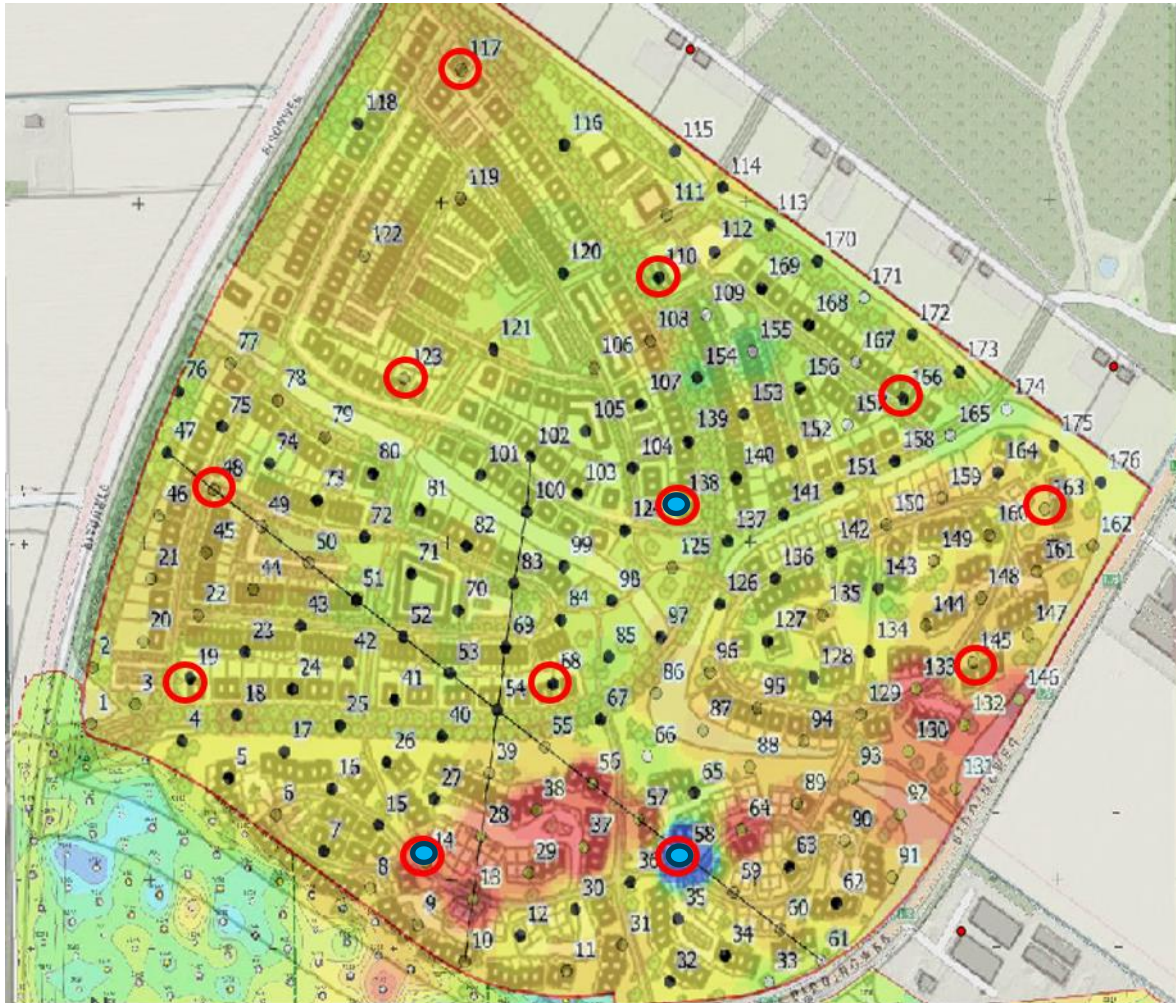
Hierom is aanvullend grondonderzoek uitgevoerd, bestaande uit 12 sonderingen met kleefmeting tot 20 m diepte. De sonderingen zijn uitgevoerd door Mos Grondmechanica B.V. (REF2).

De sonderingen zijn aan dit rapport bijgevoegd in Appendix A.

#### Positionering sonderingen

Bij de opzet van het onderzoek is er rekening mee gehouden dat enige variëteit in de lagen voor kan komen. Daarom is er voor een totaal van 12 sonderingen gekozen verdeeld over het gebied. Het onderzoek is uitgevoerd ten behoeve van verkennende onderzoek en voldoet daarmee nog niet als onderzoek ten behoeve van bouwrijp maken en/of het bepalen van paal draagvermogen (REF4).

De locatie van de sonderingen is gekoppeld aan het beschikbare booronderzoek zodat bij de beoordeling van de sondering ook de fysieke waarneming van de boormeester meegenomen kan worden (Figuur 1). De coördinaten van de sonderingen liggen hierdoor bij voorkeur binnen 2m van een boring. Er zijn echter enkele andere factoren die mee zijn genomen in het bepalen van de sondeerlocaties. Als eerste moet de sondeerlocatie ook relevant zijn voor de toekomstige bebouwing. Dit leidt ertoe dat sommige locaties 5m zijn verschoven en eenmaal (bij boring 58) met 10m (Tabel 1).



Figuur 1 Overzicht projectlocatie Swifterbant-zuid met diepteligging deklaag (op basis van verkennend archeologisch booronderzoek) en stedenbouwkundigplan. De omcirkelde boringen zijn de geselecteerde sondeerlocaties. Markering blauwe kern: hoogte pleistoceen wijkt meer dan 0.9m af.

Tabel 1 Coördinaten van de sonderingen en de bijbehorende boring

| Sondering | Voorgestelde locatie | Referentiepunt |                  | Opmerkingen |
|-----------|----------------------|----------------|------------------|-------------|
|           | [RD-coördinaten]     | Boornummer     | [RD-coördinaten] |             |
| 1         | [171768; 507849]     | 117            | [171768; 507847] |             |
| 2         | [171932; 507694]     | 110            | [171927; 507694] |             |
| 3         | [172132; 507605]     | 166            | [171127; 507605] |             |
| 4         | [172248; 507523]     | 163            | [172243; 507523] |             |
| 5         | [171717; 507623]     | 123            | [171717; 507621] |             |
| 6         | [171943; 507530]     | 138            | [171943; 507528] |             |
| 7         | [172184; 507411]     | 145            | [172182; 507411] |             |

| Sondering | Voorgestelde locatie | Referentiepunt |                  | Opmerkingen                                |
|-----------|----------------------|----------------|------------------|--|
|           | [RD-coördinaten]     | Boornummer     | [RD-coördinaten] |  |
| 8         | [171563; 507539]     | 48             | [171558; 507540] |  |
| 9         | [171835; 507397]     | 68             | [171836; 507396] |  |
| 10        | [171543; 507409]     | 19             | [171536; 507400] | #10: 4.7m verschoven i.v.m. bereikbaarheid |
| 11        | [171721; 507264]     | 14             | [171726; 507264] |  |
| 12        | [171954; 507267]     | 58             | [171944; 507267] |  |

### 2.3 Interpretatie sondeergegevens in combinatie met boringen

#### Classificering

De 12 sonderingen geven eenzelfde bodemopbouw weer met kleine onderlinge variaties in grondsoort. Deze gemiddelde bodemopbouw is weergegeven in Tabel 2 naast de gemiddelde bodemopbouw beschreven in de boringen (REF1). De classificering van de zwakke grondlagen verschilt tussen de sonderingen en boringen. In de boringen wordt veen aangegeven waar deze lagen in de sonderingen zijn geclassificeerd als klei, humeus, slap. Dit verschil in classificering is veroorzaakt doordat bij de sonderingen geclassificeerd wordt op basis mechanische eigenschappen van het geteste materiaal en niet de visuele. Vervolgens wordt gebruik gemaakt van tabel 2b in REF4 om de grondlagen in de sonderingen te classificeren.

Tabel 2 Algemene bodemopbouw Swifterbant aan de hand van de sonderingen (tabel 2b REF4) en de boringen (REF1)

| Sonderingen                | Opmerkingen   | Boringen                        | Opmerkingen                            |
|----------------------------|---|---------------------------------|--|
| Klei, zwak zandig, slap    |   | Klei, sterk siltig, zwak humeus |  |
| Zand, sterk siltig, kleiig |   | Zand, zeer fijn, matig siltig   |  |
|                            |   | Klei sterk siltig, sterk humeus |  |
| Klei, humeus, slap         |   | Veen, sterk kleiig              |  |
| Klei, humeus, slap         | Neigt soms meer naar Klei, humeus, matig of Veen, matig, voorbelast | Veen                            | Soms zwak/sterk kleiig of sterk zandig |
| Zand, schoon los           | Pleistoceen zand  | Zand, matig fijn, zwak siltig   |  |



### Diepte laagovergangen

Een ander belangrijk verschil tussen de boringen en sonderingen is dat de laagovergangen vaak op significant andere dieptes liggen. Hierbij zijn met name de verschillen in de bovenkant Pleistoceen zand van belang voor de zettingsberekeningen en analyses van de verticaal evenwichten. De verschillende metingen van het top Pleistoceen zijn gegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Verschil in niveau top Pleistoceen tussen sonderingen en boringen

| Sonderingen | Top Pleistoceen [m NAP] | Boringen | Top Pleistoceen [m NAP] | Verschil [m] |
|-------------|-------------------------|----------|-------------------------|--------------|
| 1           | -7,8                    | 117      | -7,6                    | -0,2         |
| 2           | -8,7                    | 110      | -8,4                    | -0,3         |
| 3           | -8,5                    | 166      | -8,4                    | -0,1         |
| 4           | -8,2                    | 163      | -8,4                    | 0,2          |
| 5           | -8,3                    | 123      | -8,0                    | -0,3         |
| 6           | -8,4                    | 138      | -6,8                    | <b>-1,6</b>  |
| 7           | -7,8                    | 145      | -7,8                    | 0            |
| 8           | -8,3                    | 48       | -7,9                    | -0,4         |
| 9           | -8,3                    | 68       | -8,1                    | -0,2         |
| 10          | -8,5                    | 19       | -8,1                    | -0,4         |
| 11          | -7,9                    | 14       | -7,0                    | <b>-0,9</b>  |
| 12          | -9,2                    | 58       | -11,9                   | <b>2,7</b>   |
| Variantie   | 0.16m                   |          |                         | 1.6m         |

De top Pleistoceen niveaus van de boringen worden als minder betrouwbaar beschouwd dan de niveaus voortkomend uit de sonderingen. Dit is het geval vanwege de toegepaste boormethode, de aqualockboor, waarbij het gemonsterde materiaal samengedrukt en uitgerekt kan worden tijdens het vergaren van het monster. Een sondering is een in-situ meting waardoor de laagovergangen accurater worden gemeten.

Uit het sondeeronderzoek volgt aanzienlijk minder variatie in de ligging van de bovenkant van het pleistoceen. In de hierop volgende berekeningen zijn daarom de laagovergangen gebaseerd op de sonderingen.

### Zettingsparameters

De gebruikte grondopbouw en parameters zijn weergegeven in Tabel 4. Deze parameters zijn bepaald op basis aan de hand van correlaties met de sondering zoals vermeld in tabel 2b uit REF4. De parameters zijn vervolgens aangevuld met verhoudingsgetallen die gebaseerd zijn op een uitvoerige verzameling grondonderzoek.

Tabel 4 Grondopbouw en zettingsparameters sondering 9

| Laag nr. | Top laag [m NAP] | Grondlaag                  | $\gamma_{\text{droog}}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_{\text{nat}}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | RR [-] | CR [-] | Ca [-] | $c_v$ [m <sup>2</sup> /s] |
|----------|------------------|----------------------------|--|--|--------|--------|--------|---------------------------|
| 1        | -4,5             | Klei, zwak siltig, slap    | 15   | 15   | 0,0383 | 0,3067 | 0,0153 | 1 E-7                     |
| 2        | -5,3             | Zand, sterk siltig, kleiig | 18   | 20   | 0,0023 | 0,0115 | 0,0000 | -                         |
| 3        | -5,6             | Klei, humeus, slap         | 13   | 13   | 0,0383 | 0,3067 | 0,0153 | 1 E-7                     |
| 4        | -7,6             | Klei, humeus, slap         | 13   | 13   | 0,0383 | 0,3067 | 0,0153 | 1 E-7                     |
| 5        | -8,3             | Pleistoceen zand           | 17   | 19   | 0,0038 | 0,0115 | 0,0000 | -                         |

## 2.4 Maaiveldhoogte

De maaiveldhoogte varieert tussen NAP-4.5m en NAP-4.6m.

## 2.5 Waterstanden

Voor het project Swifterbant staat het nog niet vast welke freatische grondwaterstand er zal worden aangehouden. Momenteel zijn er twee opties waar rekening mee gehouden dient te worden: NAP -5,8 m en NAP -6,2 m.

De stijghoogte in het Pleistocene zand (watervoerend pakket) is aangehouden op NAP -5,5 m. Dit is gebaseerd op REF6. Hier is geen statistische analyse op los gelaten om de karakteristieke waarde te bepalen. Voor deze fase van het werk is dit acceptabel geacht.



### 3 Geotechnische analyses

In het ontwikkelingsplan is aangegeven dat de watergangen tot circa maaiveld-3m moeten worden uitgediept. Tevens zijn er plannen om (lokaal) het maaiveld te verhogen met maximaal 5m. Gezien de ondergrond zal dit leiden tot significante zettingen.

Naar aanleiding van deze plannen is aanvullend grondonderzoek gedaan, zodat de geotechnische analyses met meer betrouwbaarheid konden worden gedaan. In de hiernavolgende paragrafen is het onderzoek en grondprofiel nader beoordeeld en wordt een zettingprognose uitgevoerd (§3.1). Aansluitend is een analyse gedaan van het verticale evenwicht en een eventuele kunstmatige maatregel (§3.2).

#### 3.1 Zettingsberekeningen

##### 3.1.1 Opzet

Er zijn verkennende zettingsberekeningen uitgevoerd voor de situaties waar het maaiveld met 2 meter en met 5 meter wordt opgehoogd. Het bodemprofiel is gebaseerd op sondering 9 en boring 68. Binnen het terrein is meer variatie aanwezig maar voor huidig niveau van de uitwerking geeft dit een indicatie van de te verwachten zettingen. Geadviseerd wordt om wanneer het ophoogplan vastligt en de eisen ten aanzien van (rest)zettingsverschillen zijn bepaald, aanvullende en meer locatie specifieke zettingsberekeningen op te stellen.

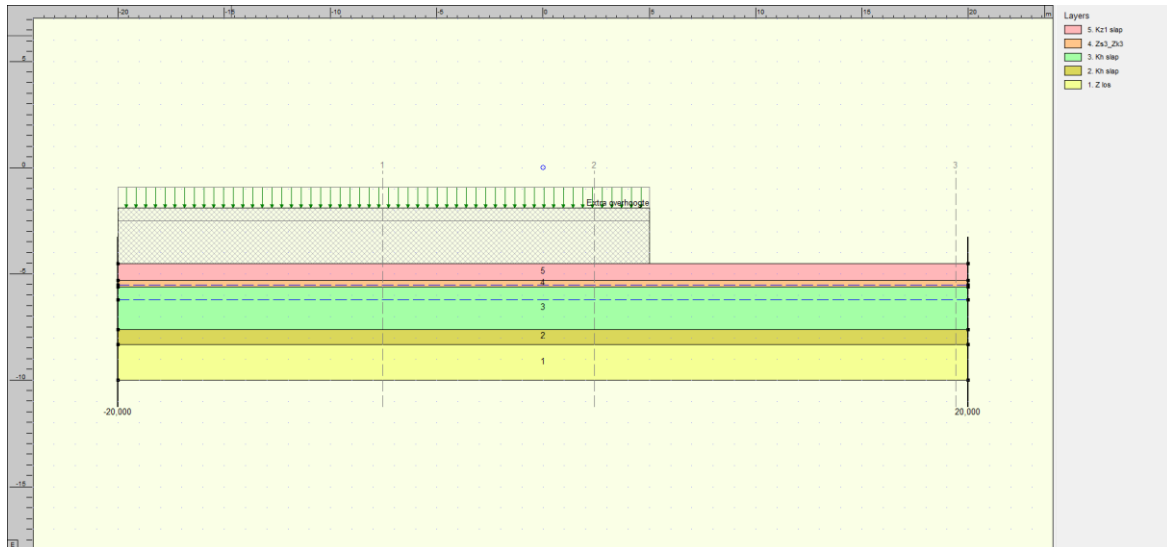
##### 3.1.2 Modellen

De twee modellen met de 2 meter en 5 meter maaiveld ophoging zijn gegeven in Figuur 2 en Figuur 3 respectievelijk.

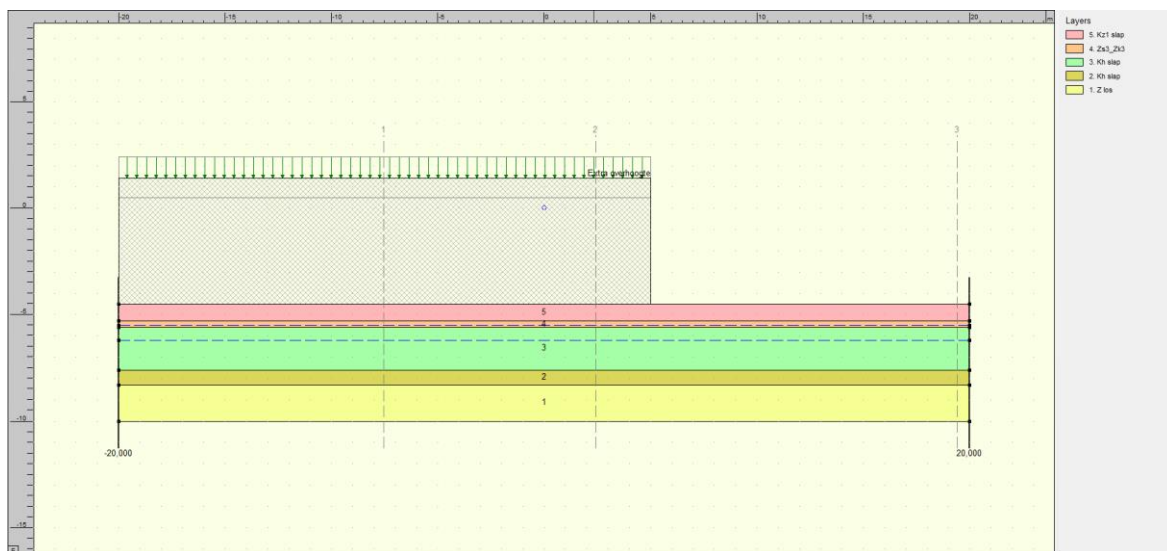
##### Belastingen

Alle ophogingen en voorbelastingen worden uitgevoerd in zand met een droog en nat volumegewicht van 18 en 20 kN/m<sup>3</sup> respectievelijk.

In de modellen zijn drie oppervlaktebelastingen ingevoerd. Dit zijn de 'Bruto hoogte', 'Overhoogte' en 'Extra overhoogte'. De eigenschappen van de drie belastingen zijn gegeven in Tabel 5. Er is ervoor gekozen om de extra overhoogte 270 dagen (9 maanden) te laten liggen, met als doel om minder dan 0,1 meter restzettingen te hebben. Het aantal dagen dat de extra overhoogte kan blijven liggen is niet definitief, maar de 270 dagen dient als een indicatie. Bij het verlengen van de periode dat de extra overhoogte blijft liggen kan de belasting lager worden gemaakt en vice versa. De acceptabele hoeveelheid restzetting is ook nog niet vastgesteld. Voor nu is uitgegaan van 0,1m restzettingen, welke acceptabel wordt geacht voor wegconstructies.



Figuur 2 Zettingsberekening model 2m maaiveld ophoging



Figuur 3 Zettingsberekening model 5m maaiveld ophoging

De resultaten van deze berekeningen zijn samengevat in Tabel 5.

Tabel 5 Belastingen zettingsberekeningen +2m en +5m MV

| Belasting +2m MV | Hoogte [m] | $\gamma_{\text{droog}}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_{\text{nat}}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Begin tijd [dagen] | Eind tijd [dagen] |
|------------------|------------|--|--|--------------------|-------------------|
| Bruto hoogte     | 2          | 18   | 20   | 0                  | -                 |
| Overhoogte       | 0,6        | 18   | 20   | 1                  | -                 |
| Extra overhoogte | 1,0        | 18   | 20   | 2                  | 270               |
| Belasting +5m MV | Hoogte [m] | $\gamma_{\text{droog}}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | $\gamma_{\text{nat}}$ [kN/m <sup>3</sup> ] | Begin tijd [dagen] | Eind tijd [dagen] |
| Bruto hoogte     | 5          | 18   | 20   | 0                  | -                 |
| Overhoogte       | 0,9        | 18   | 20   | 1                  | -                 |
| Extra overhoogte | 1,0        | 18   | 20   | 2                  | 270               |

### 3.1.3 Resultaten

De resultaten van de twee zettingsberekeningen zijn hieronder gegeven in Tabel 6. Deze resultaten betreffen verwachtingswaarden. Het is gebruikelijk om bij zettingsprognoses een onzekerheidsmarge van +/-30% te onderkennen. Die marge is hier niet in verwerkt. Deze prognose geeft een verwachting, maar geadviseerd wordt om de zettingen tijdens het voorbelasten te monitoren zodat het feitelijke gedrag in beeld is. Op basis van de monitoring kan vervolgens nog worden overwogen om aanvullende maatregelen te nemen.

Tabel 6 Resultaten zettingsberekeningen mv+2 m en mv+5 m

| Model   | Totaal zetting 30 jaar [m] | Zetting 270 dagen [m] | Restzetting [m]     | Autonome zetting [m] |
|---------|----------------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| +2 m MV | 0,65 ( $\pm 30\%$ )        | 0,62 ( $\pm 30\%$ )   | 0,03 ( $\pm 30\%$ ) | 0,06                 |
| +5 m MV | 0,92 ( $\pm 30\%$ )        | 0,83 ( $\pm 30\%$ )   | 0,09 ( $\pm 30\%$ ) | 0,06                 |

Hieruit volgt dat de ophoging van mv+5m maatgevend zal zijn en na 9 maanden de restzettingseis haalt indien men een voorbelasting (extra overhoogte) meeneemt. Voor de planvorming wordt geadviseerd rekening te houden met minimaal 9 maanden rusttijd.

## 3.2 Verticaal evenwicht berekeningen

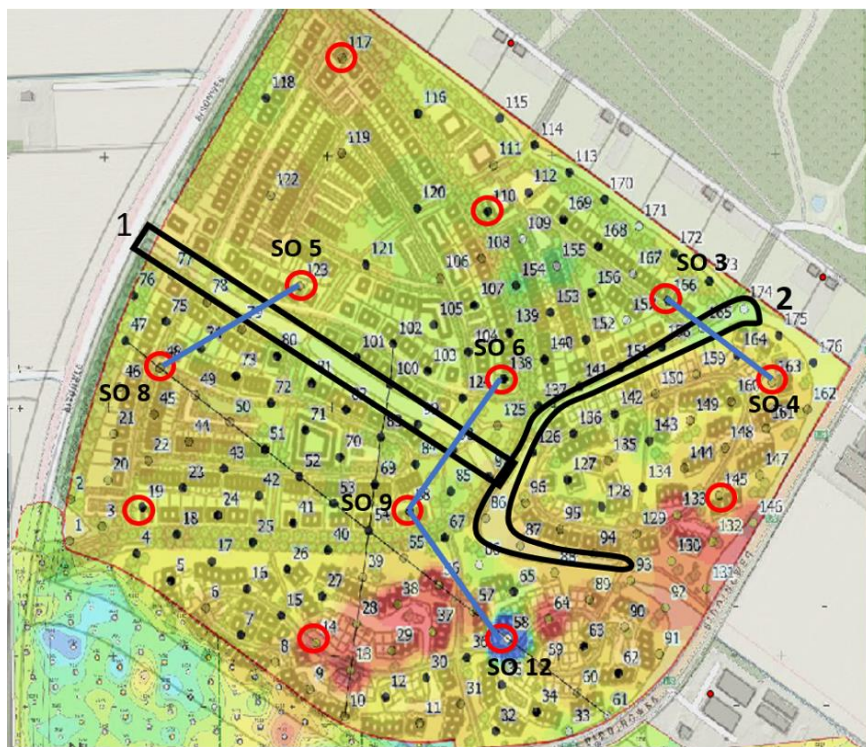
### 3.2.1 Berekeningen zonder kunstmatige maatregelen

De verticaal evenwicht berekeningen zijn uitgevoerd om te bepalen of de twee uit te graven waterlichamen, weergegeven in Figuur 4, zonder kunstmatige maatregelen uitgegraven kunnen worden. De geplande uitdieping voor deze waterlichamen is gepland op maaiveld -3m (circa NAP-7.5m). Voor de berekening bij waterlichaam 1 zal gebruik worden gemaakt van de gegevens van sonderingen 5, 6, 8 en 9 (Tabel 3). Voor de berekening bij waterlichaam 2 zal gebruik worden gemaakt van de gegevens van sonderingen 3, 4, 6, 9 en 12. (Tabel 3).

In Tabel 7 staan de resultaten van deze berekening waarbij de resultaten de grens aangeven tot waar zonder kunstmatige maatregelen ontgraven kan worden. Hieruit blijkt dat uitdiepen tot maaiveld -3m, zonder kunstmatige oplossingen, geen optie is met betrekking tot het verticale evenwicht voor beide grondwaterniveaus. Hierom is er hieronder ook een berekening uitgevoerd met behulp van een folie als scheidingslaag tussen het pleistocene zand en het oppervlaktewater.

Tabel 7 Resultaten verticaal evenwicht zonder kunstmatige maatregelen (in meter ontgraving t.o.v. maaiveld)

|                               | SO 3  | SO 4  | SO 5  | SO 6 | SO 8  | SO 9  | SO 12 |
|-------------------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| MV [m NAP]                    | -4,6  | -4,6  | -4,5  | -4,5 | -4,6  | -4,6  | -4,5  |
| Grondwaterniveau = -5,8 m NAP |       |       |       |      |       |       |       |
| Ontgraving [m]                | 2     | 1,75  | 2,25  | 2    | 1,75  | 1,75  | 3,25  |
| Ontgraving [m NAP]            | -6,6  | -6,35 | -6,75 | -6,5 | -6,35 | -6,35 | -7,75 |
| Grondwaterniveau = -6,2 m NAP |       |       |       |      |       |       |       |
| Ontgraving [m]                | 1,25  | 1,25  | 1,25  | 1,5  | 1,25  | 1,25  | 2,5   |
| Ontgraving [m NAP]            | -5,85 | -5,85 | -5,75 | -6,0 | -5,85 | -5,85 | -7,0  |



Figuur 4 Waterlichamen Swifterbant en gebruikte sonderingen voor verticale evenwichtberekeningen

### 3.2.2 Folie berekening

Een folie kan gebruikt worden als scheidingslaag tussen het pleistocene zand en het oppervlaktewater om opbarsten te voorkomen bij het uitdiepen van de grond tot maaiveld -3 m (NAP-7,6m). Bij berekening is uitgevoerd conform REF5 met een stijghoogte van NAP-5,5m.

De resultaten van de berekening met folie zijn weergegeven in Tabel 8. Hierbij zijn de installatiediepte van de folie en de benodigde dikte van het afdekzand gegeven voor de twee verschillende mogelijke grondwaterstanden.

Tabel 8 Resultaten verticaal evenwicht berekening met folie

| Grondwaterstanden [NAP -m] | Oorspronkelijk maaiveld [NAP -m] | Niveau bodem waterlichaam [MV -3m] | Installatiediepte folie [NAP -m] | Dikte Zandlaag [m] |
|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| -5,8                       | -4,6                             | -7,6                               | -8,6                             | 1,0                |
| -6,2                       | -4,6                             | -7,6                               | -9,0                             | 1,4                |

### 3.2.3 Klei/Keileem berekening

In plaats van een afsluitende folielaag kan ook natuurlijk materiaal worden gebruikt zoals klei of keileem. De dikte van de afdeklaag verandert dan afhankelijk van het volumegewicht van het gebruikte materiaal.

Hieronder is weergegeven hoeveel de laag in dikte toe moet nemen uitgaande van de stijghoogte zoals gehanteerd in tabel 8. In deze uitwerking is de onderzijde van de laag constant gehouden. De bovenzijde, bodemniveau waterlichaam, zal dus variëren tot van wat is aangegeven bij de folie. Het is daarmee een indicatieve berekening.

|               | Volume gewicht       | Equivalenten dikte zandlaag bij gws |          |
|---------------|----------------------|-------------------------------------|----------|
|               | [kN/m <sup>3</sup> ] | NAP-5.8m                            | NAP-6.2m |
| Klei z1 matig | 16                   | 1,5m                                | 2,1m     |
| Keileem       | 20                   | 0,9m                                | 1,3m     |

In §4.2 wordt ingegaan op de uitvoeringsaspecten die kleven aan deze materialen en volgt een advies.

## 4 Geotechnisch advies

### 4.1 Advies bemaling

Dit bemalingsadvies is op basis van expert judgement gegeven. Er liggen geen rekenmodellen aan ten grondslag.

Onder de deklaag begint direct een dik watervoerend pakket. De zandlagen reiken tot een diepte >200 m. Hieruit volgt dat een bemaling altijd mogelijk is, maar een omvangrijke bemaling is niet wenselijk in verband met zettingseffecten in de omgeving en het optrekken van zout water. Kortdurende bemalingen waarbij een kleine verlaging (max 0,5 tot evt. 1,0 m) over een niet al te groot oppervlak behaald worden, zijn ingeschat als wel haalbaar. Voor een spanningsbemaling gelden dezelfde aandachtspunten. Ook een spanningsbemaling is haalbaar als de benodigde verlaging en het oppervlak klein is.

Het doorbreken (of periodiek opbarsten) van de klei/veenlaag voor watergangen en vervolgens een peil van NAP -6,2 m aanhouden, terwijl de stijghoogte tussen de NAP -5 m en -7 m schommelt (TNO-peilbuis), wordt afgeraden. Op termijn zal die situatie ertoe leiden dat zout water optrekt en in het oppervlaktewater komt. In de huidige situatie wordt al zout water aangetroffen op ca NAP-20m nabij de Elandweg en op NAP-10m nabij de N309. De verwachting is dat met droge zomers en ten gevolge van sproeien uit bronnen deze laag verder naar boven kan komen.

Het risico op zoute kwel lijkt overigens in de huidige situatie vergroot door het archeologische onderzoek. Bij de 176 boringen (diameter 7cm) tot in het eerste watervoerend pakket is niet vermeld dat na afloop de boorgaten gedicht zijn. Mogelijk is er wel enige dichting van het gat opgetreden in de loop der tijd. De boringen die in de toekomstige watergang liggen zullen daarom mogelijk zwakke plekken zijn waar een verhoogde kans geldt van op een kwelstroom. De omvang hiervan zal niet groot zijn vanwege het geringe aantal.

### 4.2 Advies kunstmatige afsluitende laag

De toepassing van de kunstmatig afsluitende laag leidt tot een ontgraving in het pleistoceen (NAP-8,6m/-9,0m). Dit is een potentiële archeologische vondstlaag. Een keuze voor deze techniek vraagt dan nader onderzoek om vondsten uit te sluiten. Mochten die er zijn dan moet nader onderzoek in deze laag worden uitgevoerd.

In de verticale evenwichtsbeschouwing is in eerste instantie een folieconstructie uitgewerkt. Het voordeel van deze techniek is dat uitvoering in den natte mogelijk is. Dit vergt dus geen bemaling. Een uitvoering in den natte is echter alleen van meerwaarde als er geen archeologische vondsten worden verwacht na het nader onderzoek.

Als alternatief op het folie zijn de opties klei en keileem beoordeeld. Het nadeel van deze materialen is dat uitvoering in den droge vereist is. Het in den natte verwerken van klei en keileem tot een sluitende waterremmende laag is niet goed mogelijk. Het in den droge aanbrengen van klei vergt een bemaling tot circa NAP-9,0m. In §4.1 is aangegeven dat tot 1m bemalen op een beperkt oppervlak haalbaar is. Voor het aanbrengen van deze laag is dus een grotere diepere bemaling nodig dan wordt ingeschat als zijnde haalbaar. Daarmee wordt deze optie beoordeeld als niet haalbaar.

### 4.3 Advies geothermie

Bodemenergie is gebruikmaken van de bodem om warmte en koude aan te onttrekken en in op te slaan. Bodemenergiesystemen hebben een boordiepte van maximaal 500 meter beneden maaiveld. Dieper dan 500 meter spreken we van geothermie.

Potentie voor bodemenergiesystemen is er (bijna) overal in Nederland, ook in Swifterband. Nader onderzoek dient uit te wijzen om hoeveel potentie het gaat, dit geldt met name voor open systemen. Ook de potentie voor geothermie dient nader onderzocht te worden, deze is meer onzeker. Bekend is dat nabij Lelystad ontwikkelingen rond geothermie gaande zijn.

Ter toelichting zijn in appendix B infographics toegevoegd. Hieronder volgt nog een korte uiteenzetting van wat de techniek inhoudt.

De warmte uit de bodem wordt als bron gebruikt voor een warmtepomp. De warmtepomp verwarmt het gebouw. In de zomer wordt de koude uit de bodem gebruikt voor koeling. Bij goed beheer is de koude voldoende om het gebouw te koelen en dat is bijna gratis. Met bodemenergie wordt energie uit gebouwen gerecycled. Die energie kun je aanvullen met andere natuurlijke bronnen, zoals omgevingswarmte, zonnewarmte, aquathermie, etc. Zomerwarmte en winterkoude worden bij bodemenergie voor een seizoen opgeslagen in de bodem. De meest voorkomende toepassingen van bodemenergie zijn een gesloten bodemwarmtewisselaar (bodemplus) en een open systeem van warmte-koude opslag (WKO). Gesloten systemen kunnen per (nieuwbouw)woning geïnstalleerd worden. Voor open systemen geldt dat er een cluster van tientallen tot honderd(en) woningen benodigd is.

Geothermie, ook wel aardwarmte genoemd, is het gebruik van warmte uit de diepe ondergrond vanaf 500 meter en dieper voor het verwarmen van huizen, gebouwen, kassen en lichte industrie. Of geothermie mogelijk is hangt af van de bodemgesteldheid en -samenstelling. Tussen de geothermiebron en de gebouwen is een warmtenet nodig met voldoende geschikte warmtevragers. Een vuistregel hierbij is dat er ongeveer 4000 woningen nodig zijn. Afhankelijk van de diepte kan geothermie een warmtenet direct voorzien van warmte met een temperatuur van circa 70-90 °C. Momenteel wordt geothermie vooral toegepast in de glastuinbouwsector. Er zijn projecten in ontwikkeling voor de gebouwde omgeving.



## Appendix A Aanvullend bodemonderzoek



R2003539-01  
bodemonderzoek MO

## Appendix B Info aardwarmte en geothermie



infographic-bodeme  
nergie\_warmtenettermie\_warmtenettrendr