



Geotechnische analyses Olympiakwartier Oost

Geotechnisch berekeningen | Almere

9021-193947-90-R01 1.0 | 16 June 2021

Definitief

Gemeente Almere

Gemeente Almere



Documentbeheer

Documentgegevens

| | |
|---------------------|---|
| Projectnaam | Geotechnische analyses Olympiakwartier Oost |
| Fugro-projectnr. | 9021-193947 |
| Fugro-documentnr. | 9021-193947-90-R01 |
| Versienummer | 1.0 |
| Versiestatus | Definitief |
| Fugro entiteit | Fugro NL Land B.V. |
| Adres Fugro-kantoor | Leidschendam |

Klantgegevens

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Klant | Gemeente Almere |
| Adres klant | Postbus 2001 - 300 AE ALMERE |
| Contactpersoon klant | ■■■■■■■■■■ |

Versiebeheer

| Versie | Datum | Status | Omschrijving | Opgesteld door | Gecontroleerd door | Goedgekeurd door |
|--------|--------------|------------|--------------|----------------|--------------------|------------------|
| 1.0 | 16 June 2021 | Definitief | Initieel | ■■■■■■■■■■ | ■■■■■■■■■■ | ■■■■■■■■■■ |

Projectteam

| Initialen | Naam | Rol |
|-----------|-----------------|-----------------------------|
| JSM | ing. ■■■■■■■■■■ | Senior Adviseur Geotechniek |
| JEV | ing. ■■■■■■■■■■ | Senior Adviseur Geotechniek |

Inhoudsopgave

| | |
|--|-----------|
| 1. Inleiding | 1 |
| 2. Projectomschrijving | 2 |
| 3. Geotechnisch onderzoek en bodemgesteldheid | 3 |
| 3.1 Algemeen | 3 |
| 3.2 Globale bodemopbouw o.b.v. MOS-onderzoek | 3 |
| 3.3 Globale bodemopbouw o.b.v. Flevo en Fugro-onderzoek | 4 |
| 4. Geotechnische analyse en advies | 5 |
| 4.1 Algemeen | 5 |
| 4.2 Bodemschematisering en parameters | 5 |
| 4.3 Relatie zetting en belasting | 5 |
| 4.4 Relatie zetting en tijd | 5 |
| 4.5 Berekenen van zettingen ter plaatse van riolering | 6 |
| 4.6 Analyses voor de terreinophoging en te dempen sloot | 7 |
| 4.6.1 Voorbelasten van het terrein | 7 |
| 4.6.2 Voorbelasten van de te dempen sloot | 8 |
| 4.6.3 Beheersing van de grondwaterstand tijdens het voorbelasten | 9 |
| 4.6.4 Uniforme voorbelastingen en ophogingen. | 10 |
| 5. Uitvoering | 11 |
| 5.1 Algemeen | 11 |
| 5.2 Toepassing van zeezand | 11 |
| 5.3 Ophoging en monitoring | 11 |
| 5.4 Dempensloten onder de ophoging | 11 |
| 5.5 Metingen | 12 |

1. Inleiding

In april 2021 ontving Fugro te Leidschendam van de Gemeente Almere de opdracht voor het uitvoeren van zettingsberekeningen, alsmede het uitbrengen van ophoogadviezen voor de wijk Olympiakwartier Oost.

De opdracht kent twee onderwerpen:

1. Het berekenen van zettingen in het gebied dat omstreeks 2005 met ca. 1,0 m zand is opgehoogd waarin omstreeks 2010 de riolering is aangelegd. De zettingen ter plaatse van de riolering dienen te worden berekend.
2. Zettingsberekeningen en ophoogadvies ter plaatse van een te dempen sloot en aangrenzend terrein.

Fugro staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

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

Dit rapport bevat:

- Een korte projectomschrijving;
- Een beschrijving van het uitgevoerde geotechnisch onderzoek en de bodemgesteldheid;
- Een geotechnische analyse van de zetting en ophoogadvies;
- Aanbevelingen voor de uitvoering.

2. Projectomschrijving

De bouwlocatie is gelegen in gemeente Almere



Figuur 1: Projectlocatie

De blauwe punten betreft het uitgevoerde onderzoek door MOS en liggen in het gebied waarin de riolering is aangelegd.

De rode punten betreft de uitgevoerde onderzoeken door Flevo en Fugro en liggen in het gebied van de te dempen sloot en het naastgelegen terrein. Hier zijn verder de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het toekomst ontwerp peil bedraagt NAP-2,75 m (aanname).
- De (grond)waterstand bedraagt NAP-4,0 m (aanname).
- De slootbodem ligt op NAP-5,0 m (aanname).
- Toepassing van verticale drainage is onwenselijk.
- Beschikbare tijd bouwrijp maken 6 tot 12 maanden.
- Toelaatbare zetting na oplevering is minder dan 0,1 m in 30 jaar.

Bovenstaande uitgangspunten zijn mede door de opdrachtgever verstrekt.

Voor nadere gegevens omtrent het project wordt verwezen naar de opdrachtgever.

3. Geotechnisch onderzoek en bodemgesteldheid

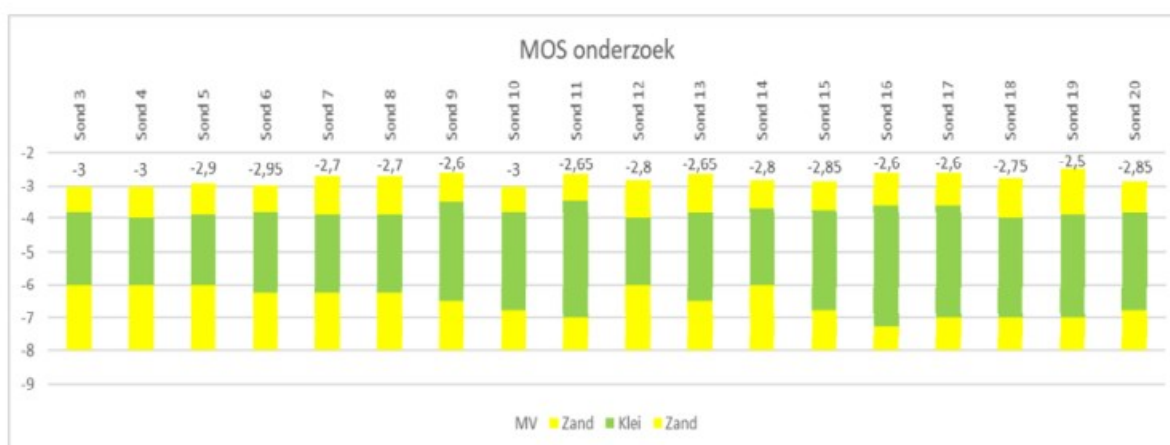
3.1 Algemeen

Het gebruikte geotechnisch onderzoek is gerapporteerd met:

- MOS - DSO-40-09-025-B01_overzicht sonderingen (uit 2011);
- Flevo - Sonderingen (uit 2008)
- Fugro - 1319-146406-21_KR01.v2 (uit 2019)

Voor de resultaten van deze onderzoeken wordt verwezen naar de betreffende rapporten.

3.2 Globale bodemopbouw o.b.v. MOS-onderzoek



Figuur 2: Globaal voorkomende grondlagen per sondering

Voor de te modelleren grondlagen zijn de volgende parameters aangehouden, zoals in het onderstaande is weergegeven.

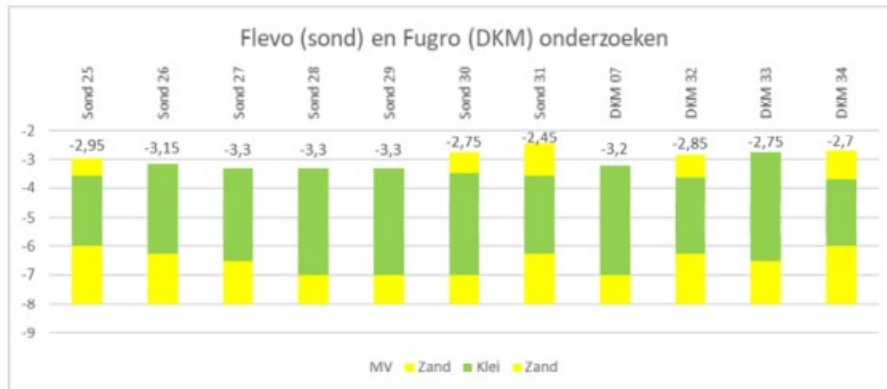
Tabel 3.1: Karakteristieke waarden parameters

| Grondlaag | γ kN/m ³ | γ_{sat} kN/m ³ | POP kPa | C_p' - | C_s' - | c_v m ² /s |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------------|------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Zand in top | 18 | 20 | | | | Drained |
| Klei | 15 | 5 | 0 | 10 | 40 | $7,5 \times 10^{-8}$ |
| Zand | Modeleinde | | | | | Drained |

C_p' en C_s' = samendrukkingsconstanten **na** de grensspanning (primair en seculair) zijn conservatief gekozen.

Het zand in de top is aangebracht omstreeks 2005 en moet in de berekeningen als een opgebrachte belasting (van waaruit nog enige zettingen kunnen optreden) worden opgevat. Verder dient de kleidikte gecorrigeerd te worden naar een kleidikte die in 2005 aanwezig zou kunnen zijn geweest.

3.3 Globale bodemopbouw o.b.v. Flevo en Fugro-onderzoek



Figuur 3: Globaal voorkomende grondlagen per sondering

Voor de te modelleren grondlagen zijn de volgende parameters aangehouden, zoals in het onderstaande is weergegeven.

Tabel 3.2: Karakteristieke waarden parameters

| Grondlaag | γ kN/m ³ | γ_{sat} kN/m ³ | POP kPa | C_p' - | C_s' - | c_v m ² /s |
|------------|-------------------------------|--|------------|-------------|-------------|----------------------------|
| Zand | 18 | 20 | - | 50 | - | Drained |
| Klei | 15 | 15 | Variabel | 12 | 60 | $7,5 \times 10^{-8}$ |
| Modeleinde | | | | | | Drained |

$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ = volumieke gewichten (boven / onder water)

C_p' en C_s' = samendrukkingsconstanten **na** de grensspanning (primair en seculair)
samendrukkingsconstanten **voor** de grensspanning zijn 4 tot 5 groter

POP = grensspanning minus effectieve spanning (minimaal 0)

c_v = consolidatiecoëfficiënt

Bij terreinophogingen is de POP op nul gesteld.

Ter plaatse van de te dempen sloot is met een POP gerekend, die afhankelijk is gesteld van spanningen uit het verleden en spanningen na het graven van de sloot. Een bepaald percentage van het verschil tussen beide is als POP aangehouden.

4. Geotechnische analyse en advies

4.1 Algemeen

De uitgangspunten staan vermeld in de voorgaande hoofdstukken.

4.2 Bodemschematisering en parameters

De aangehouden bodemopbouw en parameters zijn opgenomen in de voorgaande paragrafen 3.2 en 3.3.

4.3 Relatie zetting en belasting

Door het aanbrengen van ophogingen zal een zettingsproces op gang worden gebracht. De zettingen worden veroorzaakt door verhogingen van de korrelspanningen. Deze korrelspanningen worden beïnvloed door het aanbrengen of weghalen van ophogingen en veranderingen in de grondwaterstanden. De zettingen treden tijdsafhankelijk op. Enerzijds is sprake van het uitdrijven van water (consolidatie gedurende de hydrodynamische periode), anderzijds treedt kruip op (ook wel seculaire zakking genoemd). De berekende zettingen betreffen theoretische eindzettingen en zullen pas na geruime tijd worden bereikt. Hiervoor is een periode van 30 jaar in acht genomen. Het zettingsproces gedurende de consolidatiefase kan in het algemeen worden versneld door het aanbrengen van drains in de samendrukbare lagen en het eventueel aanbrengen van een tijdelijke overhoogte.

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

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

Waarin:

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

De berekeningen zijn analytisch uitgevoerd, waarbij rekening is gehouden met het onderwater zakken van de aangebrachte ophoging. De onnauwkeurigheid in de berekende zetting bedraagt circa 30 %.

4.4 Relatie zetting en tijd

Deze relatie wordt ook vaak het tijds-zettingsverloop genoemd. Het optreden van zettingen is een tijdsafhankelijk proces. In eerste instantie zal een ophoging een wateroverspanning veroorzaken in de samendrukbare lagen. Het hierdoor ontstane potentiaalverschil geeft een

grondwaterstroming, waardoor de wateroverspanning geleidelijk afneemt en de korrelspanning toeneemt, hetgeen zetting veroorzaakt. De tijdsduur van dit proces wordt de hydrodynamische periode genoemd. De lengte van deze periode (t_e) is afhankelijk van de laagdikte, de doorlatendheid van de samendrukbare lagen en de afstromingsmogelijkheden van het uit te persen water. De hydrodynamische periode is met de volgende formule berekend:

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

Waarin:

- t_e = hydrodynamische periode [s]
- d = laagdikte samendruikbaar pakket [m]
- c_v = consolidatiecoëfficiënt [m^2/s]
- T = tijdfactor; praktisch einde van de consolidatie bij $T=2$
- a = constante; bij tweezijdige afstroming $a = 0,5$; bij eenzijdige afstroming $a = 1$

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

$$U_v(\Delta t) = \sqrt[6]{\frac{T^3}{0,5 + T^3}}$$

Waarin:

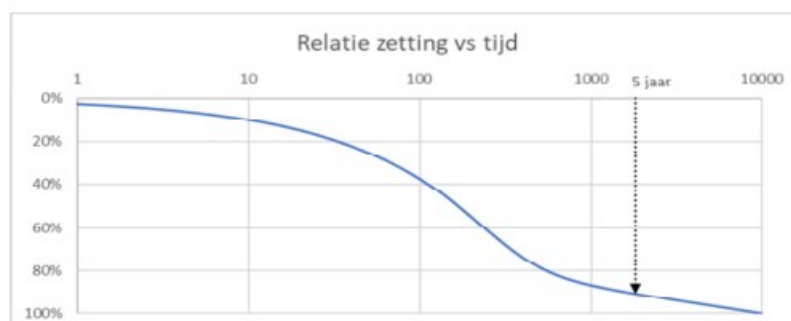
$U_v(\Delta t)$ = consolidatiegraad na tijdsduur Δt bij alleen verticale afstroming

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

4.5 Berekenen van zettingen ter plaatse van riolering

De dikte van de kleilaag die in 2011 met het MOS onderzoek is aangetroffen dient gecorrigeerd te worden naar de mogelijke dikte van deze kleilaag in 2005. Het verschil in deze dikten van de kleilaag is gelijk aan de opgetreden zetting in de periode 2005 tot 2011.

Naar verwachting was in 2011 ca. 90% van de eindzetting opgetreden, zoals in de onderstaande figuur is aangegeven.



Figuur 4: Theoretische zettingsverloop.

In 2010 is de riolering aangelegd. Voor de riolering gelden dan de zettingen die vanaf 2010 tot 2040 optreden (tussen 5 en 35 jaar), uitgaande dat er geen andere tussentijdse wijzigingen plaatsvinden.

Tabel 4.1: Berekende zettingen geschat opgetreden en zakking riool.

| Bodem | Maaiveld [2005] | Kleidikte [2005] | Maaiveld [2011] | Zanddikte [2011] | kleidikte [2011] | Zetting na 5 jaar | Zetting na 35 jaar | Zetting riool |
|---------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|---------------|
| o.b.v. | NAP-m | m | NAP-m | m | m | m | m | m |
| Sond 3 | -3,38 | 2,62 | -3,00 | 0,80 | 2,20 | 0,42 | 0,46 | 0,04 |
| Sond 4 | -3,51 | 2,49 | -3,00 | 1,00 | 2,00 | 0,49 | 0,55 | 0,06 |
| Sond 5 | -3,42 | 2,58 | -2,90 | 1,00 | 2,10 | 0,48 | 0,54 | 0,06 |
| Sond 6 | -3,35 | 2,90 | -2,95 | 0,85 | 2,45 | 0,45 | 0,51 | 0,06 |
| Sond 7 | -3,34 | 2,91 | -2,70 | 1,20 | 2,35 | 0,56 | 0,63 | 0,07 |
| Sond 8 | -3,34 | 2,91 | -2,70 | 1,20 | 2,35 | 0,56 | 0,63 | 0,07 |
| Sond 9 | -3,03 | 3,47 | -2,60 | 0,90 | 3,00 | 0,47 | 0,53 | 0,06 |
| Sond 10 | -3,33 | 3,43 | -3,00 | 0,80 | 2,95 | 0,47 | 0,53 | 0,06 |
| Sond 11 | -2,98 | 4,02 | -2,65 | 0,80 | 3,55 | 0,47 | 0,52 | 0,05 |
| Sond 12 | -3,46 | 2,54 | -2,80 | 1,20 | 2,00 | 0,54 | 0,6 | 0,06 |
| Sond 13 | -3,26 | 3,23 | -2,65 | 1,20 | 2,65 | 0,59 | 0,65 | 0,06 |
| Sond 14 | -3,26 | 2,74 | -2,80 | 0,90 | 2,30 | 0,44 | 0,49 | 0,05 |
| Sond 15 | -3,24 | 3,51 | -2,85 | 0,90 | 3,00 | 0,51 | 0,57 | 0,06 |
| Sond 16 | -3,03 | 4,22 | -2,60 | 1,00 | 3,65 | 0,57 | 0,63 | 0,06 |
| Sond 17 | -3,05 | 3,95 | -2,60 | 1,00 | 3,40 | 0,55 | 0,61 | 0,06 |
| Sond 18 | -3,34 | 3,66 | -2,75 | 1,25 | 3,00 | 0,66 | 0,74 | 0,08 |
| Sond 19 | -3,21 | 3,79 | -2,50 | 1,4 | 3,10 | 0,69 | 0,78 | 0,09 |
| Sond 20 | -3,30 | 3,45 | -2,85 | 1,00 | 2,90 | 0,55 | 0,61 | 0,06 |

De verwachting is dat de zettingen ter plaatse van de riolering kleiner zijn dan 10 cm in 30 jaar.

4.6 Analyses voor de terreinophoging en te dempen sloot

Het aanleggen van een weg is vooralsnog uitgesloten.

Een ontwerppeil van NAP-2,75 m is in de analyses aangehouden.

4.6.1 Voorbelasten van het terrein

In de onderstaande tabel zijn de benodigde voorbelastingen weergegeven per sondeerlocatie met 6 en 12 maanden.

Tabel 4.2: Berekende zettingen en ophoogadvies voor ophogen van het terrein.

| Bodem | Maai- veld | Voorbelasting in zand | | | | | Oplevering | | |
|---------|------------|-----------------------|---------------------|--------|-------|---------|------------|---------------|---------------|
| | | Bouw- tijd | Vert. drain | Hoogte | Dikte | Zetting | Overtollig | Constr. dikte | Rest- zetting |
| o.b.v. | NAP-m | mnd | dr / m ² | NAP-m | m | m | m | m | cm / jaar |
| Sond 25 | -2,95 | geen | geen | -2,75 | 0,20 | 0 | 0 | 0,20 | < 10 |
| Sond 26 | -3,15 | 6 | geen | -2,35 | 0,80 | 0,24 | 0,16 | 0,64 | < 10 |
| Sond 26 | -3,15 | 12 | geen | -2,55 | 0,60 | 0,25 | -0,05 | 0,65 | < 10 |
| Sond 27 | -3,30 | 6 | geen | -1,85 | 1,45 | 0,37 | 0,53 | 0,92 | < 10 |
| Sond 27 | -3,30 | 12 | geen | -2,35 | 0,95 | 0,36 | 0,04 | 0,91 | < 10 |
| Sond 28 | -3,30 | 6 | geen | -1,05 | 2,25 | 0,45 | 1,25 | 1,00 | < 10 |
| Sond 28 | -3,30 | 12 | geen | -2,15 | 1,15 | 0,42 | 0,18 | 0,97 | < 10 |
| Sond 29 | -3,30 | 6 | geen | -1,05 | 2,25 | 0,45 | 1,25 | 1,00 | < 10 |
| Sond 29 | -3,30 | 12 | geen | -2,15 | 1,15 | 0,42 | 0,18 | 0,97 | < 10 |

| Bodem | Maai- veld | Voorbelasting in zand | | | | | Oplevering | | |
|---------|---------------|-----------------------|---------------------|--------|-------|---------|------------|------------------|------------------|
| | | Bouw- tijd | Vert. drain | Hoogte | Dikte | Zetting | Overtollig | Constr. dikte | Rest- zetting |
| o.b.v. | NAP-m | mnd | dr / m ² | NAP-m | m | m | m | m | cm / jaar |
| Sond 30 | -2,75 | geen | geen | -2,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | nihil |
| Sond 31 | -2,45 | geen | geen | -2,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | nihil |
| DKM 07 | -3,20 | 6 | geen | -1,45 | 1,75 | 0,38 | 0,92 | 0,83 | < 10 |
| DKM 07 | -3,20 | 12 | geen | -2,25 | 0,95 | 0,36 | 0,14 | 0,81 | < 10 |
| DKM 32 | -2,85 | geen | geen | -2,75 | 0,10 | 0 | 0 | 0,10 | < 5 |
| DKM 33 | -2,75 | geen | geen | -2,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | nihil |
| DKM 34 | -2,70 | geen | geen | -2,75 | 0 | 0 | 0 | 0 | nihil |

De kolom "overtollig" betreft de te verwijderen overhoogte (positieve waarde) of aanvulling (negatieve waarde)

De benodigde zandhoogte tijdens de voorbelasting is mede afhankelijk van bouwtijd en netto ophoging.

4.6.2 Voorbelasten van de te dempen sloot

Hierbij is er rekening mee gehouden dat de spanningen in de ondergrond voor het graven hoger zijn geweest. In de aangehouden bodemopbouw is het eventuele aanwezige zand vervangen met klei met een gehalveerde hoogte, dit voor het schatten van een mogelijke POP.

De slootbodem ligt op NAP-5,0 m. Bij de berekeningen is rekening gehouden met de aanwezigheid van een talud tussen maaiveld en slootbodem. Hierdoor varieert de aan te brengen zand in dikten.

Tijdens de analyses is vastgesteld dat de locaties Sond 28, 29 en DKM 07 maatgevend zijn en gelijkwaardig zijn met elkaar.

Voor sond 28 zijn de voorbelastingen met de perioden 6 en 12 maanden uitgewerkt.

Tabel 4.3: Berekende zettingen en ophoogadvies voor slootdemping

| Bodem | Maai- veld) ¹ | Voorbelasting in zand | | | | Oplevering weg | |
|---------|------------------------------|-----------------------|---------------------|--------|---------------|----------------|-------------|
| | | Bouwtijd | Vert. drain | Hoogte | Zetting [max] | Constr. hoogte | Restzetting |
| o.b.v. | NAP-m | mnd | dr / m ² | NAP-m | m | NAP-m | cm / jaar |
| Sond 28 | -3,30 | 6 | geen | -0,85 | < 0,60 | -2,75 | < 10 |
| Sond 28 | -3,30 | 12 | geen | -2,05 | < 0,55 | -2,75 | < 10 |

Het effect van de verschillende perioden in de voorbelastingen is hieronder inzichtelijk gemaakt.

Vergelijken voorbelasten met 6 en 12 maanden

| Bodem | Maaiveld | Vergelijken voorbelasting | | | | Overtollig |
|---------|---------------|---------------------------|--------|---------------|---------------|---------------|
| | | Bouwtijd | Hoogte | Dikte | Zetting | |
| o.b.v. | NAP-m | mnd | NAP-m | m | m | m |
| Sond 28 | -3,3 tot -5,0 | 6 | -0,85 | 2,45 tot 4,15 | 0,45 tot 0,60 | 1,3 tot 1,45 |
| Sond 28 | -3,3 tot -5,0 | 12 | -2,05 | 1,25 tot 2,95 | 0,45 tot 0,55 | 0,15 tot 0,25 |
| | Vershil | 6 | 1,20 | 1,20 | 0 tot 0,05 | 1,15 tot 1,2 |

Indien voor een periode van 6 maanden voorbelasten zou gekozen worden, zal ca. 1,2 m meer zand afgevoerd gaan worden. Om de hoeveelheid af te voeren te beperken, is uitgegaan van een periode van 12 maanden voor het voorbelasten.

Tabel 4.4: Berekende zettingen en ophoogadvies voor slootdemping

| Bodem | Maai- veld) ¹ | Voorbelasting in zand | | | | Oplevering weg | |
|----------------|------------------------------|-----------------------|---------------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
| | | Bouwtijd | Vert. drain | Hoogte | Zetting [max] | Constr. hoogte | Restzetting |
| o.b.v. | NAP-m | mond | dr / m ² | NAP-m | m | NAP-m | cm / jaar |
| Sond 25 | -3,28 | 12 | geen | -2,55 | < 0,40 | -2,75 | < 10 |
| Sond 26 | -3,15 | 12 | geen | -2,45 | < 0,45 | -2,75 | < 10 |
| Sond 27 | -3,30 | 12 | geen | -2,35 | < 0,45 | -2,75 | < 10 |
| Sond 28 | -3,30 | 12 | geen | -2,05 | < 0,55 | -2,75 | < 10 |
| Sond 29 | -3,30 | 12 | geen | -2,05 | < 0,55 | -2,75 | < 10 |
| Sond 30 | -3,13 | 12 | geen | -2,15 | < 0,50 | -2,75 | < 10 |
| Sond 31 | -3,03 | 12 | geen | -2,45 | < 0,45 | -2,75 | < 10 |
| DKM 07 | -3,20 | 12 | geen | -2,05 | < 0,55 | -2,75 | < 10 |
| DKM 32 | -3,25 | 12 | geen | -2,45 | < 0,50 | -2,75 | < 10 |
| DKM 33 | -2,75 | 12 | geen | -2,45 | < 0,40 | -2,75 | < 10 |
| DKM 34 | -3,20 | 12 | geen | -2,55 | < 0,40 | -2,75 | < 10 |

)¹ Het maaiveld kan fictief zijn doordat zand is vervangen met klei.

)¹ Het maaiveld (taludzone) heeft eveneens een verloop van de opgegeven waarde naar NAP-5,0 m.

Een langdurende voorbelasting heeft de voorkeur, omdat deze beter te monitoren en zo nodig "bij te sturen" is. Tevens zijn de resterende zettingen door een langdurende voorbelasting bij oplevering beter voorspelbaar.

4.6.3 Beheersing van de grondwaterstand tijdens het voorbelasten

Gedurende het bouwrijp maken is een goede ontwatering vereist teneinde het effect van een (voor)belasting optimaal te doen zijn. Een goede ontwatering kan worden verkregen met behulp van een horizontaal drainagestelsel en afwatering op open water.

Voor een beheersing van de grondwaterstand in de klei-/veenlagen dient het horizontale drainagestelsel te bestaan uit bijvoorbeeld met polypropyleenweefsel omwikkelde ribbedrains Ø 80 mm hart-op-hart 25 m, welke afwateren op het open water.

Indien de zettingen zodanig zijn dat "oude" maaiveld in het begin van het zettingsproces onder de grondwaterstand zakt, dan kan de drainage op maaiveldniveau in zand worden aangebracht. Zijn de zettingen hiervoor onvoldoende, dan dient de horizontale drainage in een zandsleuf op grondwaterniveau te worden aangelegd. Indien bij het graven van deze sleuven grond (geen zand) wordt afgegraven dan dient de kleinere onderlinge afstand van enkele meters tussen de drains te worden gehanteerd. In alle gevallen dient de drainage met zand omgeven te zijn aangebracht, anders kan de drainage te snel "dichtslibben".

Bij ophogingen met grond dient eerst een draineerde zandlaag te worden aangebracht, voor de afvoer van het water via de horizontale drainage. Bij voorkeur dient de dikte van de zandlaag (0,75 m à) 1,0 m te bedragen, bij een gecontroleerde uitvoering is 0,6 m mogelijk.

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

Teneinde het ontstaan van een "ondoorlatend vlies" door verslijming van de huidige grasmat te voorkomen wordt geadviseerd de grasmat (oppervlakbegroeiing) te frezen, indien geen verticale drainage wordt toegepast.

4.6.4 Uniforme voorbelastingen en ophogingen.

Voor terreinophoging en slootdemping is vastgesteld dat de locaties Sond 28, 29 en DKM 07 maatgevend zijn en gelijkwaardig zijn met elkaar en gelden bij een uniforme aanpak. Een langdurende voorbelasting heeft de voorkeur, omdat deze beter te monitoren en zo nodig "bij te sturen" is. Tevens zijn de resterende zettingen door een langdurende voorbelasting bij oplevering beter voorspelbaar.

5. Uitvoering

5.1 Algemeen

Gezien de complexiteit van het werk is een zorgvuldige en deskundige begeleiding noodzakelijk.

5.2 Toepassing van zeezand

Voor het bouwrijp maken van terreinen wordt veelvuldig zeezand gebruikt. Uit dit zeezand moet eerst zout worden gespoeld, omdat zout een negatieve invloed heeft op de waterkwaliteit. Nadat deze spoeling heeft plaatsgevonden wordt er een behandelingscertificaat afgegeven.

Zeezand, dat tot 200 mg/kg droge stof is ontzilt, wordt in het kader van het BSB aangemerkt als schone grond. Het opbrengen van ontzilt zeezand kan evenwel Wvo-vergunningsplichtig zijn. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid en de eventuele verontreiniging van het oppervlaktewater door lozing van drainagewater of af- en uitspoeling. Zand dat maximaal 35 mg/kg droge stof aan zout bevat, wordt in de praktijk als zoutvrij zand aangemerkt.

5.3 Ophoging en monitoring

Gezien de resultaten uit de berekeningen kan uitgegaan worden dat sprake is van het uniform ophogen/ voorbelasten van de projectlocatie.

De taluds dienen in het algemeen niet steiler dan 1:3 (verticaal op horizontaal) te worden opgezet

5.4 Dempen sloten onder de ophoging

Sloten die zich onder de ophoging bevinden dienen bij voorkeur zodanig te worden gedempt dat de homogene situatie van vóór het graven van de sloot zoveel mogelijk wordt hersteld. Afhankelijk van de bodemgesteldheid ter plaatse kan het dempen worden uitgevoerd met zand of droge grond. Door de sloot met droge grond te dempen wordt bereikt dat de bodemgesteldheid ter plaatse van de sloot zo min mogelijk afwijkt van de rest van het terrein.

Wordt de sloot gedempt met zand dan dient dit sproeiend te worden aangebracht. Slib op de slootbodem wordt hierbij opgesloten, zodat het risico voor zijdelings wegpersen zoveel mogelijk wordt beperkt.

Als alternatief kan de sloot worden drooggezet, het slib worden verwijderd en droog zand of droge grond in lagen van 0,5 m worden aangebracht. Het droogzetten van de sloot kan op de volgende wijzen worden uitgevoerd:

- Het slootpeil verlagen en door middel van dammetjes of schotten verdelen in vakken van circa 15 m;

- De sloot vervolgens per vak droogzetten en aanvullen met 'droge' (niet-verkneede) grond, die wordt verdicht door aandrukken met de bak van een graafwerktuig;
- Ter beperking van het zettingsverschil wordt aangeraden ter plaatse van de gedempte sloot een overhoogte van ca. 0,5 m zand aan te brengen tot ca. 2 m buiten deze sloot.

5.5 Metingen

Om het zakkingsproces te kunnen volgen wordt aangeraden om zakbaken verspreid te plaatsen met een onderlinge afstand van 25 à 50 m. Op basis van de metingen van de zakbaken moeten de relaties "zettingen en belasting" (ophogingen) en "zettingen in tijd" bepaald kunnen worden. Totdat de eindhoogte van de voorbelasting is bereikt dient wekelijks te worden gemeten. Ligt de voorbelasting op eindhoogte dan dient minstens 10x te worden gemeten in gelijke intervallen tot het einde van de periode van het voorbelasten.

Ter aanvulling kan de stabiliteit van de ophoging worden beoordeeld door op circa 1 m uit de teen in een rechte lijn perkoenpalen te plaatsen op een onderlinge afstand van 10 m en 2 à 3 m diep, en dagelijks te controleren of de palen nog verticaal en in een rechte lijn staan. Een dergelijke controle kan goed door het dagelijks toezicht worden uitgevoerd en kan doorgaans worden beëindigd een maand na het bereiken van de eindhoogte.