




Rapportage ontwerpadvies DO-fase regionale waterkering

23-9-2015 - Versie 2.0

Autorisatieblad

RotterdamseBaan: Inrichting van de Vlietzone

Leggerwijziging

	Naam	Paraaf	Datum
Opgesteld door	B. Dijkstra MSc		23-09-2015
Controle door	drs. G. Colard ing. M.J. den Uil		23-09-2015
Vrijgave door	ing. L. van Geel		23-09-2015

Inhoudsopgave

Inleiding	4
1.1 Algemeen	4
1.2 Leeswijzer	5
2 Projectomschrijving	6
2.1 Algemeen	6
2.2 Disclaimer	6
2.3 Scope	6
3 Uitgangspunten en randvoorwaarden	8
3.1 Algemeen	8
3.2 Ontwerprichtlijnen	8
3.3 Overige documenten	8
3.4 Uitgangspunten ontwerp	8
3.4.1. <i>Algemeen</i>	8
3.4.2. <i>Ontwerp van nieuwe kades</i>	9
3.4.3. <i>Bestaande kades</i>	9
3.4.4. <i>Aanvullende eisen t.a.v. uitvoering</i>	10
3.5 Geohydrologische uitgangspunten	10
3.5.1. <i>Huidige situatie</i>	10
3.5.2. <i>Toekomstige situatie</i>	11
3.5.3. <i>Samenvatting geohydrologie</i>	12
3.5.4. <i>Uitgangspunten waterpeilen</i>	12
3.6 Hydraulische belastingsituaties	14
3.7 Waterdoorlatendheid van het tussen-zandpakket	14
3.8 Grondparameters	15
3.8.1. <i>Gebruikt grond-onderzoek</i>	17
3.9 Rekenmethodes	17
3.9.1. <i>Zettingen</i>	17
3.9.2. <i>Stabiliteit</i>	19
3.9.3. <i>Aandachtspunt situatie buiten</i>	21
3.10 Beoogde bouwplanning	21
3.11 Gehanteerde fasering grondwerk	21
3.12 Gehanteerde fasering stabiliteits-berekeningen	22
4 Werkwijze	23
4.1 Algemeen	23
4.2 STBI en STBU	23
4.2.1. <i>Geometrie</i>	23
4.2.2. <i>Grondwaterstanden</i>	23
4.2.3. <i>Grondopbouw</i>	24
4.2.4. <i>Consolidatiegraad</i>	24

5	Beoordeling veiligheid	27
5.1	Algemeen	27
5.2	Macrostabieliteit bestaande kade tijdens uitvoering	27
5.3	Ophoogfasering per profiel	30
5.4	Macrostabieliteit binnentalud	30
	5.4.1. <i>Resultaten uitvoering</i>	31
	5.4.2. <i>Resultaten eindsituatie</i>	32
	5.4.3. <i>Conclusie resultaten</i>	33
5.5	Macrostabieliteit buitentalud	33
	5.5.1. <i>Resultaten</i>	33
	5.5.2. <i>Conclusie resultaten</i>	35
6	Monitoring	36
6.1	Algemeen	36
6.2	Geotechnisch monitoringsysteem	36
	6.2.1. <i>Grondwaterstanden en wateroverspanning</i>	36
	6.2.2. <i>Horizontale vervormingen</i>	36
	6.2.3. <i>Verticale vervormingen</i>	37
	6.2.4. <i>Overige aspecten</i>	37
7	Conclusie en aanbevelingen	38
7.1	Algemeen	38
7.2	Macrostabieliteit binnentalud (STBI)	38
	7.2.1. <i>Uitvoeringstabieliteit</i>	38
	7.2.2. <i>Stabiliteit bij oplevering - Situatie direct na legen berging</i>	38
	7.2.3. <i>Eindstabieliteit</i>	39
7.3	Macrostabieliteit buitentalud (STBU)	39
	7.3.1. <i>Uitvoeringstabieliteit</i>	39
	7.3.2. <i>Eindstabieliteit</i>	39
7.4	Macrostabieliteit bestaande kering tijdens uitvoering	39
7.5	Aanbevelingen	39
	7.5.1. <i>Horizontaal gestuurde boring</i>	39
	Colofon	42

Bijlage I **Situatietekening projectgebied Vlietzone**

Bijlage II **Berekeningsresultaten D-Geo Stability**

Bijlage III **Berekeningsresultaten D-Settlement**

Inleiding

1.1 Algemeen

Het gebied de Vlietzone wordt ingepast nabij de geplande Rotterdamsebaan. Hiervoor dienen grondwerkzaamheden te worden uitgevoerd voor onder andere:

- Een nieuwe parkeergelegenheid (ophoging);
- Een waterberging met aanleg van een nieuwe regionale waterkering;
- Een landschaparchitectonische inpassing Drievliet;
- Het aanleggen van toeritten (ophogingen) ten behoeve van de traverse over de Rotterdamsebaan.

Naar verwachting wordt de Vlietzone in de periode 2016-2020 ingericht (bron: gemeente Den Haag – overleg 29-06-2015).

Ten gevolge van het realiseren van de nieuwe waterberging en de regionale waterkering wordt de bestaande regionale waterkering langs de Kansjesmolensloot (boezemkade) aangepast. Ten behoeve van de aanpassing van de waterkering dient een leggervergunningaanvraag te worden ingediend bij Hoogheemraadschap van Delfland. Als gevolg van de aanvraag zal door Delfland een leggerwijzigingsprocedure worden opgestart, omdat er wijzigingen aan waterstaatswerken (waterkering en watergangen) worden doorgevoerd.

Door Bosch-Slabbers is in opdracht van de projectorganisatie Rotterdamsebaan een architectonisch ontwerp gemaakt van de nieuwe waterkering en de landschaparchitectonische inpassing.

Voor de aanpassing van de waterkering heeft de gemeente Den Haag aan Movares Nederland B.V. gevraagd om enige producten ten behoeve van de vergunningaanvraag op te stellen (o.a. geotechnisch ontwerpadvies en ontwerptekeningen). Er worden als input voor de vergunningaanvraag zowel ontwerptekeningen als geotechnische berekeningen m.b.t. de verschillende faalmechanismen en inzicht in de optredende zettingen en restzettingen gevraagd.

In een eerste fase zijn er twee rapporten ten aanzien van het toetsen en ontwerp van de nieuwe kade opgesteld (de kenmerken van deze rapportages zijn in de uitgangspunten vermeld – zie hoofdstuk 3). In deze eerste rapporten is ingegaan op het toetsen en uitvoeringsaspecten van de nieuwe waterkering.

Na overleg met het hoogheemraadschap van Delfland zijn een aantal randvoorwaarden en uitgangspunten bijgesteld; dit heeft er toe geleid dat zowel het toets- als ontwerprapport dient te worden herzien. Onder andere is in dit rapport meer aandacht aan het verloop van de freatische lijn in de waterkering en aan de veiligheid van de bestaande Kansjesmolenslootkade besteed.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt het project en de scope van de opdracht beschreven. In hoofdstuk 3 worden uitgangspunten en randvoorwaarden uiteengezet. In hoofdstuk 4 wordt de werkwijze om te komen tot een veilig ontwerp behandeld. In hoofdstuk 5 worden achtereenvolgens de resultaten van de stabiliteitsberekeningen en de zettingen tijdens de aanleg van de kade en de invloed op de bestaande kade gegeven. In hoofdstuk 6 is het te implementeren monitoringsysteem globaal beschouwd. Op de conclusie en de aanbevelingen wordt in hoofdstuk 7 ingegaan.

2 Projectomschrijving

2.1 Algemeen

In het kader van het project Rotterdamsebaan wordt het zogenoemde gebied Vlietzone ingepast. Daarbij wordt een waterberging van minimaal 60.000 m³ gecreëerd. Deze waterberging wordt door een regionale waterkering (kade) omringd. Om dit project te kunnen realiseren dient een vergunningaanvraag bij het Hoogheemraadschap van Delfland te worden ingediend waarop een vergunning kan worden verleend. Het ontwerp van de waterberging/boezemkade en de landschaparchitectonische aanpassingen zijn door het bureau Bosch-Slabbers gemaakt.

De functie van de huidige boezemkade langs de Kansjesmolensloot zal in het nieuwe ontwerp deels komen te vervallen vanwege de watercompensatiemaatregelen (bestaande kade vak A; figuur 2.1). Een deel van de bestaande boezemkade behoudt haar functie (vak F en G; zie figuur 2.1).

Het doel van dit advies is voor vier representatieve dwarsprofielen een plausibel scenario voor het veilig aanleggen van de nieuwe kade rekentechnisch te onderbouwen. Daarbij worden o.a. zaken als de mogelijk te hanteren fasering en wachttijden uitgewerkt. De geadviseerde fasering is daarbij beschouwd op stabiliteit conform de in het PvE Bergingsgebied Vlietzone (zie paragraaf 3.2) gegeven veiligheidsfactoren. We gaan daarnaast ook in op de functionaliteit van de bestaande boezemkade langs de Kansjesmolensloot.

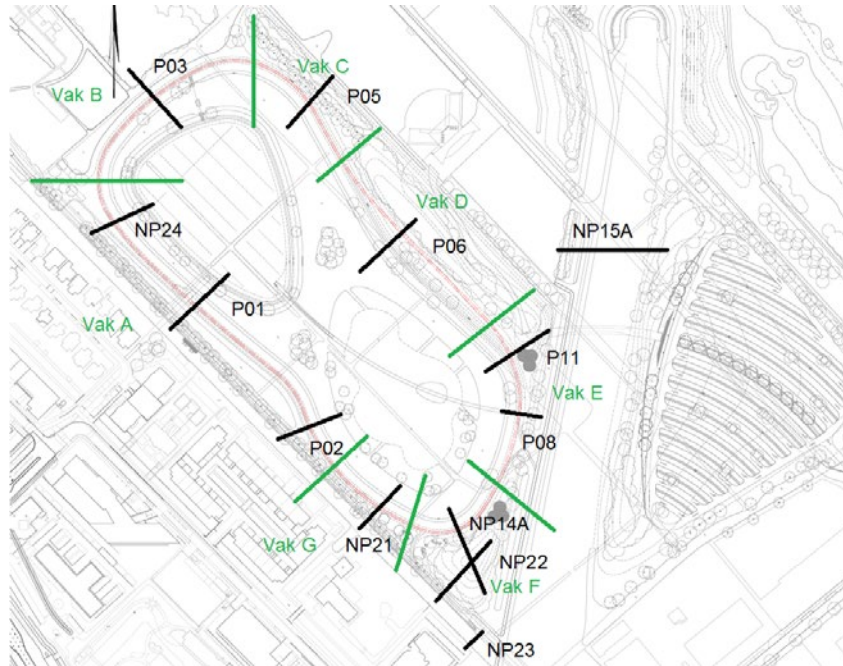
Er wordt in dit ontwerpadvies voornamelijk ingegaan op de uitvoering. Het ontwerp van de kade en de landschappelijke aanpassingen ligt in principe vast en in dit advies wordt uitsluitend een veilige aanlegmethode uitgewerkt.

2.2 Disclaimer

Het in dit rapport uitgewerkte scenario is maar één van de mogelijke oplossingen om de waterberging/boezemkades op een veilige wijze aan te leggen en de bestendigheid van de constructie tijdens zijn levensduur te waarborgen. Echter, omdat bij het opstellen van dit rapport veel factoren die invloed op de bouwwerkzaamheden kunnen hebben nog onbekend zijn en omdat het werk binnen een UAV-GC (D&C) contractvorm wordt gegund, is de weergegeven bouwfaserings slechts een voorstel en kan op geen enkele wijze als een voorgeschreven bouwmethode worden gezien. De uiteindelijk gekozen bouwmethode is de verantwoordelijkheid van de aannemer. Wel is op te merken dat wijzigingen in fasering en uitvoeringsmethode daarbij geen invloed mogen hebben op het ontwerp van de waterkering; het ontwerp ligt namelijk vast. Bij deze keuze dient de conformiteit en veiligheid van de constructie gedurende de bouwfase tot het einde van de levensduur te worden aangetoond en te allen tijde worden voldaan aan de vergunningvoorwaarden van Hoogheemraadschap van Delfland.

2.3 Scope

Het projectgebied is opgedeeld in een aantal vakken. De vakindeling is voornamelijk bepaald op basis van maatgevende veranderingen in de geometrie. Daarnaast is geselecteerd op basis van bodemopbouw en hydraulische belastingen. In figuur 2-1 zijn de vakindeling en beschouwde profielen weergegeven.



Figuur 2-1 : Situatie vakindeling projectgebied en dwarsprofielen

In het kader van deze aanvullende opdracht zijn er in overleg met de Hoogheemraadschap van Delfland en de gemeente Den Haag uit de 10 beschouwde dwarsprofielen vier representatieve dwarsprofielen verder uitgewerkt. Bij de selectie van de representatieve profielen is zo veel als mogelijk geprobeerd om alle kenmerkende variaties af te dekken, zoals nieuwe boezemkade (P01 en NP21), kade met grote aanheling (P06), kade direct naast de sloot (P03). Uitgangspunt hierbij is dat de minst gunstige situaties beschouwd worden. Door deze selectie mag er van worden uitgegaan dat de voorgestelde fasering en uitvoeringsmethode zonder beperkingen bij de overige profielen kan worden toegepast, indien deze voldoen bij de maatgevende profielen. In onderstaande tabel wordt per dwarsprofiel aangegeven tot welk onderdeel deze behoort en voor welk deel van de waterkering deze maatgevend is gesteld.

Tabel 2-1 : Overzicht vakindeling projectgebied

Vak	Lengte	Dwarsprofiel	Onderdeel	Omschrijving
A	280m	P01	Ontwerp	Nieuwe kering nabij watercompensatie
B	135m	P03	Ontwerp	Profiel waterberging westkant
D	175m	P06	Ontwerp	Nieuwe kering nabij hal Drievliet
G	70m	NP21	Ontwerp	Nieuwe kering en bestaande kering

3 Uitgangspunten en randvoorwaarden

3.1 Algemeen

Dit ontwerpadvies is een verder uitwerking van de volgende adviezen:

- “Rotterdamsebaan – Inrichting Vlietzone – Leggerwijziging – Rapportage toetsing DO-fase regionale waterkering” van Movares met kenmerk GMV-GC-150006237, d.d. 25 mei 2015, status vrijgegeven.
- “Rotterdamsebaan – Inrichting Vlietzone – Leggerwijziging – Rapportage ontwerpadvies DO-fase regionale waterkering” van Movares met kenmerk GMV-GC-150007716, d.d. 15 juli 2015, status vrijgegeven.

3.2 Ontwerprichtlijnen

Voor het ontwerpadvies van de waterkering is gebruik gemaakt van de volgende documenten en publicaties:

- Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, TAW, 2001.
- Addendum Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, ENW, juli 2007.
- Handreiking Constructief Ontwerpen, TAW, 1994.
- Technisch Rapport Waterspanning bij Dijken, TAW, september 2004.
- Technisch Rapport Klei voor Dijken, TAW, mei 1996.
- Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen, TAW, maart 1999
- NEN9997-1:2011 Eurocode 7.
- Bijlagen behorend bij het document Functioneel Ontwerpproces Boezemkaden, 7 nov. 2008 van Hoogheemraadschap van Delfland (bijlagen *Waterkeringen in grond* en *Zettingssnelheidskaart*).
- PvE Bergingsgebied Vlietzone (Molenvlietpark), Hoogheemraadschap van Delfland, 11-11-2014.
- Notitie “Den Haag, Vlietzone / Rotterdamsebaan, aanleg tunnel, ontwerpseisen kanteldijken”, HHDL, 28 november 2011.

3.3 Overige documenten

De overige documenten dienen als basis voor het ontwerpadvies:

- Proevenverzameling Delfland, Eindrapportage CO-374520/14, Grondmechanica Delft, november 1997.
- Ontwerptekening “Rotterdamsebaan - VO Molenvlietpark – profielen”, Bosch-Slabbers, kenmerk ROBA-CF-ECM-TEK-0033, 28 januari 2015.
- 71.223 Hoge Broekpolder langs Kansjesmolensloot (kade 2) Deelrapport A – Beoordeling veiligheid, Royal Haskoning, 1 november 2008.
- Rapportage nader onderzoek kaden t.b.v. stopzetting DSM-onttrekking fase 1 t/m 3, Arcadis, doc. Nummer 077312493:C status definitief, d.d. 29-04-2014;
- Grondonderzoek uitgevoerd in het kader van RoBa (zie toetsrapport).

3.4 Uitgangspunten ontwerp

In het PvE “Bergingsgebied Vlietzone (Molenvlietpark)”, Hoogheemraadschap van Delfland, d.d. 11-11-2014 zijn de navolgende ontwerp uitgangspunten weergegeven:

3.4.1. Algemeen

- locatie: kadevak 12 (leggerkaart);
- zowel de bestaande boezemkades als de nieuwe kades van het bergingsgebied dienen te voldoen aan de normering IPO klasse III.

3.4.2. Ontwerp van nieuwe kades

Volgens het PvE gelden de volgende eisen voor de nieuwe kade:

- bij het ontwerpen dient rekening te worden gehouden met een planperiode van 10 jaar;
- gedurende de planperiode dient de kade te voldoen aan een ontwerphoogte van minimaal NAP +0,20 m;
- kruinbreedte bij oplevering minimaal 2,5 m;
- talud kerende zijde bij oplevering minimaal 1:3;
- talud binnenzijde bij oplevering minimaal 1:3;
- Tijdens uitvoering mag de bestaande kade een lagere stabiliteit binnentalud (STBI) hebben, namelijk minimaal 0,85;
- De nieuwe kade dient bij oplevering minimaal te voldoen aan een stabiliteit binnentalud (STBI) van 0,90;
- binnen de planperiode dient de kade een stabiliteit binnentalud (STBI) 0,95 te bereiken;
- bij oplevering dient zowel met de belastingsituaties 'volle berging' als met de belastingsituatie 'direct na legen van de berging' de stabiliteit te zijn beschouwd;
- de kern van de kade bestaat uit zand. Hierop komt een deklaag van klei erosieklasse II van minimaal 1 meter aan de kerende zijde en minimaal 0,60 m op de kruin en het talud aan de binnenkant. Hiervoor is certificering / keuringsrapport vereist waaruit blijkt dat de toe te passen klei erosieklasse II heeft. Het chloride-gehalte van het te leveren zand mag de waarde van 200 mg per kilogram droge stof (droog zand) niet overschrijden;
- voor de aanleghoogte wordt rekening gehouden met een overhoogte o.b.v. een autonome zetting van 1,0 cm per jaar met daarbij opgeteld de restzetting gedurende planperiode;
- voor de zettingsberekening dient rekening te worden gehouden met maximaal 50 cm restzetting gedurende een consolidatieperiode van 30 jaar;
- voor de nieuwe kade direct langs de nieuw aan te leggen weg kan rekening worden gehouden met de voorbelastingen ten behoeve van de wegaanleg en eventuele kleinere restzettingen als gevolg van de mogelijk hogere voorbelastingen van de weg.

3.4.3. Bestaande kades

Volgens het PvE gelden de volgende eisen aan bestaande kades:

- de kade mag niet worden afgegraven als de bestaande situatie hoger is en het talud flauwer dan het minimaal vereiste;
- de stabiliteit van de kade tijdens uitvoering dient minimaal 0,85 te zijn, rekening houdend met bovenbelasting van maximaal 5 kN/m² over een strook van 2,5 m of voertuigenbelasting van maximaal 7 ton op de kruin, inclusief lading;
- indien de kade wordt aangepast of wordt verlegd buiten leggerprofiel gelden de eisen voor kadeverbetering. Dat houdt in dat de hoogte dan dient te voldoen aan NAP+0,20 m en de stabiliteit direct na oplevering minimaal 0,95 moet zijn;
- de invloed van de berging op de stabiliteit dient te worden uiterekend, inclusief voor de belastingsituatie direct na legen van de berging;
- de stabiliteit van de bestaande kade mag tijdens de bouwfase niet verslechteren als gevolg van de aanleg van de nieuwe waterkering.

3.4.4. Aanvullende eisen t.a.v. uitvoering

Tijdens de uitvoering gelden de volgende aanvullende eisen:

- binnen de invloedzone van de bestaande waterkering dient de ophoging voor de nieuw aan te leggen kades gefaseerd te worden uitgevoerd, waarbij geldt dat de stabiliteit van de bestaande waterkering voldoet aan de eis voor uitvoering (minimaal 0,85);
- varianten van drainagetoepassingen als zettingversnellende maatregelen zijn toegestaan mits het waterkerend vermogen van de kades is gewaarborgd.

Hierbij gelden de volgende eisen:

- drains dienen minimaal op 2 m afstand te blijven ten opzichte van een watervoerend pakket (zand) en/of wateroppervlakte. De 2 m afstand bestaat uit minimaal 1 m klei;
- voorkomen dient te worden dat de zandophoging van de voorbelasting, die voor een deel in de ondergrond verdwijnt, straks een watervoerend kanaal vormt onder de nieuw aan te leggen kades. Dit zou kunnen leiden tot wateroverlast, lekkages, piping en uiteindelijk tot het bezwijken van de kade.

3.5 Geohydrologische uitgangspunten

De bodem is opgebouwd uit een deklaag waaronder een zandpakket aanwezig is; het 1^e watervoerende pakket. De onderzijde van de deklaag ligt op NAP -17 m à NAP -18 m. De deklaag is tot circa NAP -3 m opgebouwd uit voornamelijk klei en veen (met soms een zandlaag), tussen NAP -3 m en NAP -10 m à NAP -13 m uit matig fijn zand. In deze zandlaag zijn klei- en veenlagen aanwezig. Onder deze zandlaag is tot NAP -17 m à NAP -18 m klei en veen aanwezig. Onder deze lagen bevindt zich een dik pakket dat is opgebouwd uit matig grof tot uiterst grof zand uit het Pleistoceen. Dit zandpakket heet het 1^e watervoerende pakket. De zandlaag in de deklaag wordt het ondiep watervoerende pakket of tussenzandlaag genoemd.

De waterstand bovenin de deklaag wordt aangeduid als de freatische grondwaterstand, de waterstand (of eigenlijk waterdruk) in het ondiepe en 1^e watervoerende pakket wordt stijghoogte genoemd. In de Vlietzone ligt het grondwaterpeil nabij het peil van het oppervlaktewater. Aangezien de stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket lager is dan de freatische grondwaterstand, is er in de deklaag (ondiep watervoerend pakket) sprake van een neerwaartse grondwaterstroming (infiltratie).

Nabij het boezemwater is sprake van een opwaartse grondwaterstroming (kwel); water stroomt vanuit de boezem via de tussenzandlaag naar de sloten in de lager gelegen polder.

3.5.1. Huidige situatie

Ter plaatse van de locatie van het toekomstige Molenvlietpark is circa 11.350 m² oppervlaktewater aanwezig. Het huidige polderpeil bedraagt NAP -1,45 m. Het niveau van de slootbodem is ingeschat op circa NAP -2,0 m. De weerstand van de kleilaag (dikte circa 1,2 m) onder de slootbodem is ingeschat op 120 dagen. Het stijghoogteverschil (waterpeil – stijghoogte ondiep watervoerend pakket) is afgeleid van metingen (Toetsing Hoge Broekpolder, Kansjesmolensloot, Hoogheemraadschap van Delfland, juni 2009): 0,25 m.

Met de formule in bijlage VIII leidt dit tot een infiltratie in de huidige situatie van: $11.350 * 0,25/120 = 24 \text{ m}^3/\text{dag}$.

3.5.2. Toekomstige situatie

In de toekomstige situatie wordt ter plaatse van het Molenvlietpark het maaiveld verlaagd. Het polderpeil wordt verlaagd van NAP -1,45 m naar NAP -1,77 m/ NAP -1,93 m. De minimale bodemdiepte is 1 m. Dit leidt tot een niveau slootbodem van NAP -2,93 m. Ook wordt er circa 33.300 m² nieuw water gegraven. Het bovenste waterremmende pakket wordt dientengevolge voor een groot deel afgegraven. Er blijft een klei- en veenlaag achter met een dikte van enkele decimeters. Dit heeft tot gevolg dat er opbarsten optreedt. Dit opbarsten brengt risico's met zich mee en leidt tot een toename van de waterstroming vanuit de boezem naar het park. Deze toename heeft mogelijk gevolgen voor de waterhuishouding van het park.

Opbarsten deklaag

Doordat na ontgraving tot NAP -2,93 m de waterdruk in de tussenzandlaag hoger is dan het gewicht van de bovenliggende bodemlagen (en water), zullen er scheuren ontstaan (voorkeursbanen) waardoor water zal stromen. De grootte van de waterstroming is afhankelijk van het verhang over de waterkering en kan tot gevolg hebben dat zand wordt meegevoerd. Dit mechanisme kan leiden tot bezwijken van de waterkering.

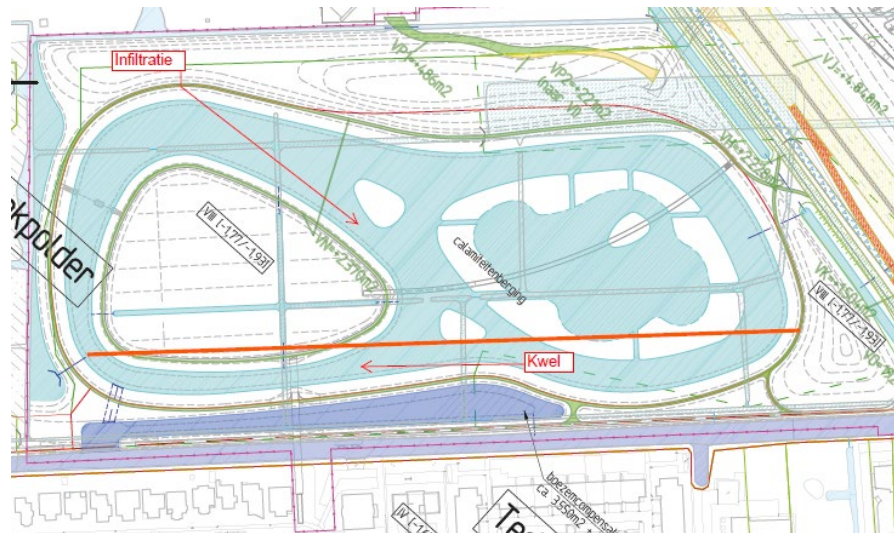
Waterhuishouding van het park

De aanleg van het park heeft twee belangrijke gevolgen:

- de waterstroming vanuit de boezem naar de polder neemt toe (kwel), dit beperkt zich tot een strook met een bepaalde breedte achter de waterkering;
- de neerwaartse stroming vanuit het oppervlaktewater in het park naar de ondergrond neemt toe (infiltratie/wegzijing).

De kwel is ingeschat op 320 - 430 m³/dag. In bijlage VIII zijn de uitgangspunten en de berekening vermeld. Tevens is afgeleid dat de breedte van de strook waarin de kwel optreedt, 25 à 30 m bedraagt. In de rest van het park zal infiltratie (blijven) optreden. Dit is weergegeven in figuur 3-1.

Het wateroppervlak waar water opkwelt (kwelzone) bedraagt circa 6.600 m². Het oppervlaktewater waaruit water wegzijgt heeft een grootte van 33.300 - 6.600 = 26.700 m². De weerstand van het achtergebleven deel van de deklaag tussen NAP -2,93 m en NAP -3,1 m à NAP -3,5 m is ingeschat op 20 à 30 dagen en het stijghoogteverschil op minimaal 0,1 m. Dit leidt tot een inschatting van de infiltratie van $(26.700 * 0,1)/(20 \text{ à } 30) = 70 \text{ à } 140 \text{ m}^3/\text{dag}$.



Figuur 3-1: Ligging kwel- en infiltratiegebieden in Molenvlietpark

In het Molenvlietpark zal in de toekomst meer water toestromen dan wegzijgen. De netto toename bedraagt maximaal $430 - 70 = 360 \text{ m}^3/\text{dag}$ ($15 \text{ m}^3/\text{uur}$, $4,2 \text{ l/s}$). Bij een parkgrootte van circa 6 ha bedraagt deze toename $0,7 \text{ l/s/ha}$. Dit is minder dan de ‘normale’ afvoer die het Hoogheemraadschap voor poldergebieden hanteert van $1,7 \text{ l/s/ha}$.

In de huidige situatie wordt boezemwater via de landgoederen ingelaten in de polder. Een deel van dit water zijgt weg naar de ondergrond. De kwaliteit van het grondwater is daarmee gelijk aan de kwaliteit van het boezemwater. Dit zal in de toekomst niet veranderen.

3.5.3. Samenvatting geohydrologie

Na aanleg neemt in een groot deel van het park de infiltratie (wegzijging) van oppervlaktewater naar het ondiep watervoerende pakket toe.

Na aanleg van het park zal in een strook achter de boezem de opwaartse waterstroming (kwel) toenemen. Dit water is afkomstig uit de boezem en leidt niet tot een verandering van de kwaliteit van het water in het park of het grondwater onder het park.

In de toekomst dient er water uit het park te worden afgevoerd. Deze afvoer is (‘worst case’) ingeschat op $0,7 \text{ l/s/ha}$. Deze afvoer is kleiner dan de norm die het waterschap hanteert ($1,7 \text{ l/s/ha}$).

Er is geen risico op piping tussen de Kansjesmolensloot en de waterberging (zie toetsrapport voor verdere toelichting).

3.5.4. Uitgangspunten waterpeilen

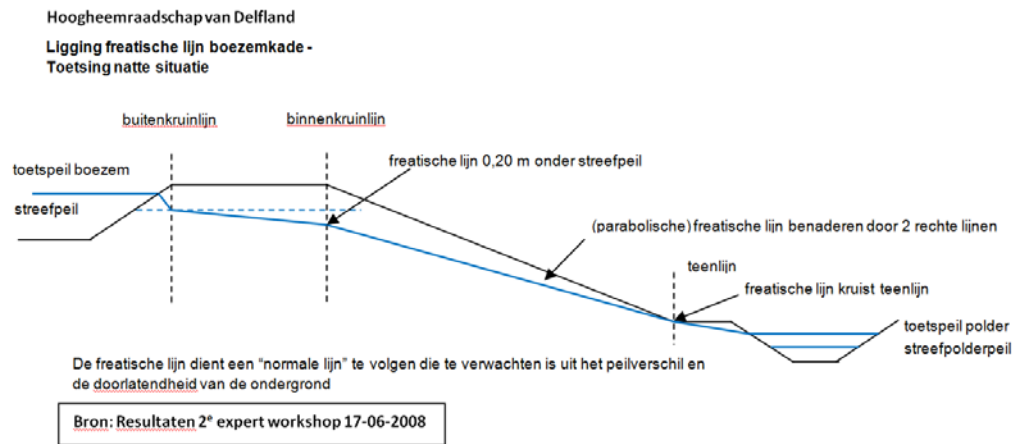
De freatische grondwaterstand in de nieuwe situatie voorafgaand aan start aanleg varieert tussen NAP -1,77 m à NAP -1,93 m. de stijghoogte in het Pleistoceen is NAP -3,2 m en de stijghoogte in het tussenzand is NAP -0,98 m tot NAP -2,2 m. Met betrekking tot de te hanteren boezempeilen zijn de volgende waterstanden aangehouden:

- Ontwerppeil boezem: NAP -0,13 m,
- Streefpeil boezem: NAP -0,43 m,

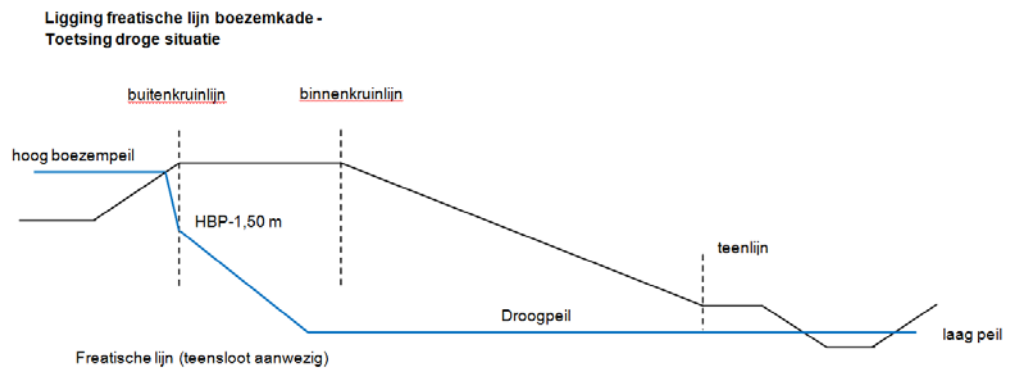
- Hoog boezempeil: NAP -0,37 m,
- Laag boezempeil: NAP -0,63 m.

In onderstaande figuren is weergegeven hoe de freatische lijn is geschematiseerd in de belastingsituaties “nat” en “droog” ten behoeve van de binnenwaartse stabiliteit.

Figuur 3-2 : Schematisatie verloop freatisch vlak “nat” voor boezemkade



Figuur 3-3 : Schematisatie verloop freatisch vlak “droog”



3.6 Hydraulische belastingsituaties

In onderstaande tabel zijn de hydraulische belastingsituaties gegeven waarmee dient te worden gerekend.

Tabel 3-1 : Hydraulische belastingsituaties (freatisch vlak)

Ontwerpspoor	Belasting situatie	Boezemwaterstand	[m t.o.v. NAP]	Polderwaterstand	[m. t.o.v. NAP]
STBI (stabiliteit binnenwaarts)	nat	ontwerppeil boezem	-0,13	hoog polderpeil	-1,77
	droog	hoog boezempeil	-0,37	laag polderpeil	-1,93
STBU (stabiliteit buitenwaarts)	val na hoogwater	laag boezempeil	-0,63	n.v.t.	-
STPI (stabiliteit piping)	nat	ontwerppeil boezem	-0,13	hoog polderpeil	-1,77
	droog	hoog boezempeil	-0,37	laag polderpeil	-1,93
Zetting	normale situatie	streefpeil	-0,43	streefpeil (= laag)	-1,93

3.7 Waterdoorlatendheid van het tussen-zandpakket

De waterdoorlatendheid van het tussen-zandpakket (in m/sec) is bepaald op basis van de korrelverdelingproeven uit de proefsamenstelling Delfland 1997, de mechanische boringen en de tabel 2.5 uit het grondwaterzakboekje (zie tabel 3-2).

Tabel 3-2 : Gemiddelde doorlatendheid van zand [m/dag]

korrelgrootte	zandmediaan micrometer	zonder slibfractie	zwak slibhoudend	sterk slibhoudend
uiterstfijn	63-105	3	2	0.5
zeerfijn	105-150	6	4	1
matigfijn	150-210	15	10	3
matiggrof	210-300	30	20	5
zeergrof	300-420	55	35	10
uiterstgrof	420-2000	250	150	50

Uit de korrelverdelingproeven is op 3 monsters een D_{50} van 0,17 mm bepaald waarbij het zand als matig fijn zand beschreven kan worden. Deze indeling van het zand is door de beschrijving van de boringen bevestigd.

Op basis van deze waarde van de D_{50} , kan uit de tabel 3-3 uit het grondwaterzakboekje een gemiddelde k -waarde van het zand van 15 m à 10 m per dag ($1,74 \times 10^{-4}$ m/sec tot $1,16 \times 10^{-4}$ m/sec) worden afgeleid.

Bij het toetsen van piping is er gebruik gemaakt van een k -waarde van $1,74 \times 10^{-4}$ m/sec (conservatieve waarde).

3.8 Grondparameters

De grondparameters ten behoeve van de zettings- en stabiliteitsberekeningen zijn bepaald op basis van:

- Proevenverzameling Delfland, Eindrapportage CO-374520/14, Grondmechanica Delft, november 1997 (t.b.v. stabiliteitsberekeningen).
- 71.223 Hoge Broekpolder langs Kansjesmolensloot (kade 2) Deelrapport A – Beoordeling veiligheid, Royal Haskoning, 1 november 2008 (volumegewichten)
 - Resultaten samendrukkingproef Delfland, kade 71223, Gemeentewerken Rotterdam, 2007 (t.b.v. zettingsparameters).
- Aanvullend grondonderzoek RoBa Vlietzone, Fugro, 2015.
- NEN9997-1, tabel 2b – Karakteristieke waarden van grondeigenschappen.

Voor de sterkteparameters wordt er gebruik gemaakt van de proevenverzameling van Delfland. In de proevenverzameling zijn geen sterkteparameters opgenomen voor O1.1 humeuze klei en voor A5.1A kleihoudend zand. Voor antropogeen materiaal A4.1 Dijkklei, A4.2 Ophoogzand en A4.3 grondaanvulling zijn ook geen sterkteparameters beschikbaar. Voor de klei antropogeen (onder en naast) zijn de spanningsafhankelijke parameters afkomstig van het rapport van Arcadis gebruikt.

Indien er sprake is van humeuze klei zijn waarden bepaald op basis van gemiddelden:

- A5.1A Zand, kleiig, hierbij is het gemiddelde van A2.1 Afzetting van Calais, kleiig en A5.1 Zand ligt.
- O1.1 Humeuze klei, hierbij is een waarde afgeleid die tussen A1.1 Holland Veen en A2.1 afzetting van Calais, kleiig ligt.

Voor antropogeen materiaal zijn de volgende waarden gehanteerd:

- A4.1 Dijkklei = A4.1 Antropogeen klei;
- A4.3 Grondaanvulling = c' en ϕ' ; 0 kN/m² en 30°;
- A4.4 Ophoogzand = c' en ϕ' ; 0 kN/m² en 32,5°;
- Zand Pleistoceen = A5.1 Zand Algemeen.

(met c' : effectieve cohesie en ϕ' : effectieve hoek van inwendige wrijving)

In onderstaande tabel is de gehanteerde parameterset weergegeven.

Tabel 3-3 : Grondparameters Vlietzone (toetsituatie nat¹)

Code	Grondsoort	$\gamma_{dr,rep}$ [kN/m ³]	$\gamma_{sat,rep}$ [kN/m ³]	C_p [-]	C'_p [-]	C_s [-]	C'_s [-]	c_v m ² /s
O1.1	Humeuse klei	14,2	14,2	4,4E+01	1,5E+01	2,9E+02	9,7E+01	1,46E-06
A1.1	Hollandveen O	10,2	10,2	4,4E+01	1,5E+01	2,9E+02	9,7E+01	3,67E-07
A1.1	Hollandveen N	10	10	4,4E+01	1,5E+01	2,9E+02	9,7E+01	3,67E-07
A2.1	Klei CA O	16,4	16,4	4,7E+01	1,6E+01	3,8E+02	1,3E+02	1,46E-06
A2.1	Klei CA N	16,2	16,2	4,7E+01	1,6E+01	3,8E+02	1,3E+02	1,46E-06
A2.2	Klei zandig CA O	17,2	17,2	4,7E+01	1,6E+01	3,8E+02	1,3E+02	1,46E-06
A2.2	Klei zandig CA N	17	17	4,7E+01	1,6E+01	3,8E+02	1,3E+02	1,46E-06
A2.2	Klei zandig CA N (diep)	17	17	4,7E+01	1,6E+01	3,8E+02	1,3E+02	3,0 E-07
A3.1	Klei, DK O	16,4	16,4	4,7E+01	1,6E+01	3,8E+02	1,3E+02	3,0 E-07
A3.1	Klei, DK N	16,2	16,2	4,7E+01	1,6E+01	3,8E+02	1,3E+02	3,0 E-07
A3.2	Klei zandig, DK O	17,2	17,2	4,7E+01	1,6E+01	3,8E+02	1,3E+02	3,0 E-07
A3.2	Klei zandig DK N	17	17	4,7E+01	1,6E+01	3,8E+02	1,3E+02	3,0 E-07
A4.1	Dijkklei	18	18	3,0E+02	9,0E+01	5,3E+02	3,6E+02	7,18E-08
A4.2	Antropogeen, zandig	17	19	1,35E+03	4,5E+02	1,0E+99	1,0E+99	-
A4.3	Grondaanvulling	16	17	6,0E+01	2,0E+01	4,5E+02	1,5E+02	3,0E-05
A4.4	Ophoogzand	17	19	1,35E+03	4,5E+02	1,0E+99	1,0E+99	-
A5.1A	Zand, kleilig	18	20	1,2E+03	4,0E+02	1,0E+99	1,0E+99	-
A5.1	Zand algemeen	18	20	2,0E+03	6,0E+02	1,0E+99	1,0E+99	-
	Zand, Pleistoceen	18	20	2,0E+03	6,0E+02	1,0E+99	1,0E+99	-

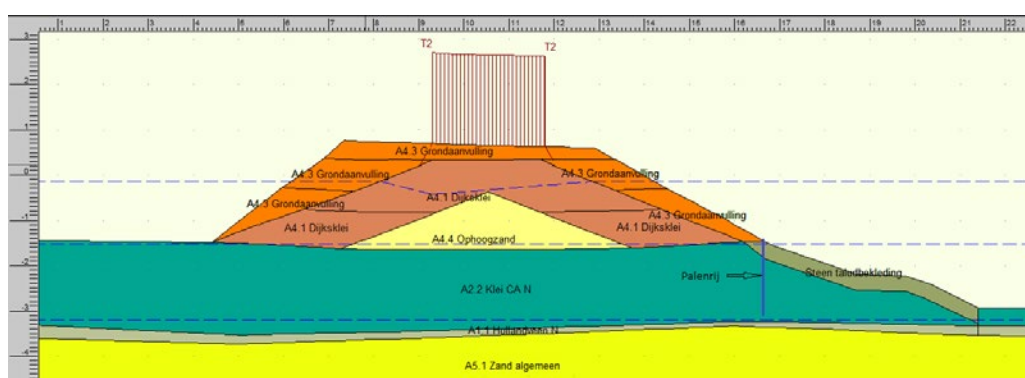
Waarin:

- $\gamma_{dr,rep}$: Representatieve waarde van volumegewicht van droge grond (kN/m³);
- $\gamma_{sat,rep}$: Representatieve waarde van volumegewicht van met water verzadigde grond (kN/m³);
- C'_p : Primaire consolidatiecoëfficiënt na de grensspanning (korrelspanning);
- C_p : Primaire consolidatiecoëfficiënt voor de grensspanning (korrelspanning);
- C'_s : Seculaire consolidatiecoëfficiënt na de grensspanning (korrelspanning);
- C_s : Seculaire consolidatiecoëfficiënt voor de grensspanning (korrelspanning);
- c_v : Verticale consolidatiecoëfficiënt (m²/s).

¹ Voor de toetsituatie *Droog* gelden voor een aantal grondsoorten afwijkende volumegewichten. Voor een totaaloverzicht wordt verwezen naar in het rapport “Rotterdamsebaan – Inrichting Vlietzone – Leggerwijziging – Rapportage toetsing DO-fase regionale waterkering” van Movares met kenmerk GMV-GC-150006237, d.d. 25 mei 2015.

Om de stabiliteit van de binnentalud van de nieuwe kade die langs de huidige Kansjemolensloot wordt aangelegd te borgen dient vanaf de laste fases van het aanleg van de kade mitigerende maatregelen te worden toegepast (zie berekeningsresultaten van dwarsprofielen P01 en NP21 in hoofdstuk 5). In dit rapport is uitgegaan van een stabilisatie van het talud door een combinatie van taludbekleding en korte houten palen. De taludbekleding wordt aan de onderkant van het talud aangebracht en bestaat uit stortsteen. Om de hoogst mogelijke hoek van wrijving te krijgen, dient deze stortsteen breuksteen te zijn. De korrelverdeling van de stortsteen dient nog te worden bepaald maar er worden uitgegaan van een korrelverdeling van 63/180 mm. In de berekening is een effectieve hoek van inwendige wrijving van 48 graden en een effectieve cohesie van 0 kPa voor de taludbekleding gehanteerd.

Boven de stortsteenlijn worden palen aangebracht. De palen worden op een rij in de grond gedrukt. Er is uitgegaan van houten palen met een lengte tussen 1,70 m en 2,15 m. De afstand tussen de palen en de sterkte van palen zijn niet in dit rapport gedefinieerd of getoetst. Dit dient door de aannemer in het kader van het uitvoeringsontwerp te worden bepaald en getoetst. De palen zijn als een zogenoemde “forbidden line” in de berekeningen gemodeliseerd.



Figuur 3-4: input stabiliteitberekening DWP P01 met taludbekleding en palenrij

3.8.1. Gebruikt grondonderzoek

In onderstaande tabel is per profiel aangegeven welk grondonderzoek gebruikt is voor de schematisering van de grondopbouw.

Tabel 3-4 : Grondonderzoek

Profiel	Royal Haskoning	AHN2 profiel Arcadis	Fugro 2015
P01	Sk5, st6, Hbt4, MbK3	Profiel 2-7a	DKM184
P03		n.v.t.	DKM234, DKM235, HB215
P06		n.v.t.	HB202, DKM231, DKM232, HB213,
NP21	H7, St10, Hbt6, St9	Profiel 2-7a	(DKM239), DKM187

3.9 Rekenmethodes

In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de gehanteerde rekenmethodes.

3.9.1. Zettingen

De te verwachten zettingen ten gevolge van de voorgenomen ophogingen zijn berekend met D-Settlement (versie 14.1) van Deltares (Deltares Systems) volgens de methode Terzaghi – Buisman – Koppejan (met natural strain). Deze methode maakt

gebruik van de representatieve samendrukkingsparameters van de verschillende bodemlagen.

Toelichting methode Koppejan-Terzaghi-Buisman

Door het aanbrengen van een aanvulling of ophoging op samendrukbare grondlagen zullen zettingen optreden. De zettingen worden veroorzaakt door verandering van de korrelspanning door het aanbrengen van grond en/of aanpassingen in de grondwaterstanden. Het optreden van zettingen is tijdsafhankelijk. Ten eerste wordt het water uitgeperst (primaire en seculaire zettingen gedurende de hydrodynamische periode), ten tweede treedt kruip op (alleen seculaire zettingen).

De berekende zettingen betreffen theoretische eindzettingen na een periode van 3, 10 en 30 jaar. De zettingen zijn berekend met de vereenvoudigde formule van Koppejan (gecombineerde formule Terzaghi-Buisman), die in grote lijnen als volgt kan worden geschreven:

$$s = d \cdot \left(\frac{\log t}{C'} \right) \cdot \ln \left(\frac{\sigma'_{v,z} + \Delta\sigma'_{v,z}}{\sigma'_{v,z}} \right)$$

Met :

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

Met de methode Koppejan-Terzaghi-Buisman zijn de zettingen voor een consolidatieperiode van 10.000 dagen (ca. 30 jaar) berekend. Er wordt van uitgegaan dat na deze periode de consolidatiegraad van de samendrukbare grondlagen 100% bedraagt. Dit houdt in dat de wateroverspanning t.g.v. de aanvulling gereduceerd is tot 0%. In het PvE is aangegeven dat de waterkering 10 jaar na aanleg op ontwerphoogte dient te liggen (NAP+0,20 m). Daarom zijn de optredende zettingen ook na een periode van 10 jaar weergegeven. De oplevering vindt plaats ca. 2 jaar na start grondverzet.

Er wordt een overhoogte toegepast t.b.v. de compensatie van de zettingen. Daarnaast wordt ten behoeve van het bepalen van de aanleghoogte rekening gehouden met een compensatie van autonome bodemdaling van 1,0 cm per jaar. Dit houdt bij een planperiode van 10 jaar in dat er een extra 10 cm aan autonome bodemdaling wordt meegenomen in de overhoogte.

De onnauwkeurigheid in de berekende zettingen bedraagt circa 30%. Dit relatief hoge onnauwkeurigheidpercentage is te verklaren door de wijze waarop de grondparameters zijn bepaald:

- Er is een beperkt aantal grondmonsters beproefd.
- De proefresultaten zijn vervolgens op een groot gebied van toepassing verklaard.
- Er komen relatief veel variaties voor in de ondergrond.
- Deze variaties zijn op basis van beperkt laboratoriumonderzoek niet op alle

locaties meegenomen.

- Verder zijn de grondparameters ook op basis van ervaring en tabel 2b van de NEN9997-1 bijgesteld.

Al deze factoren hebben een invloed op de uiteindelijk behaalde nauwkeurigheid van de berekeningen.

Bij profielen P01, P03 en NP21 wordt op de kruin van de kade een wandelpad aangelegd. Standaard wordt in de berekeningen aangenomen dat de bovenkant van het pad zich 0,25 m boven de hoogte van de kruin van de waterkering bevindt (NAP+0,45 m).

Er wordt bij de zettingberekeningen niet met een verkeersbelasting gerekend i.v.m. het “groene” karakter van de kade.

Aan de noordoost- en zuidoostkant van de vlietzone worden in het kader van de landschaparchitectonische aanpassingen omvangrijke terpen aangebracht. Bij profiel P06 wordt de waterkering onder/naast een relatief grote aanvulling met een dikte tussen 1 à 5 m begraven. De maximale hoogte van de ophoging bedraagt circa 6 m (NAP+5,25 m). Hoewel de aard van de aanvulling nog dient te worden bepaald (zand afkomstig van de tunnel van RoBa, teelaarde of vrijkomende grond uit de berging, etc.), zullen ten gevolge van het aanbrengen van deze ophoging forse zettingen ter plaatse van de waterkering en wellicht horizontale vervormingen optreden.

Uit de berekeningsresultaten (zie bijlage III) blijkt dat zettingen tussen 550 mm tot 600 mm vanaf de kruin tot aan de buitenzijde van de waterkering zullen optreden. Deze zettingen zijn relatief groot en hebben gevolgen op de aan te houden geometrie van de waterkering bij de aanleg. Om de waterkering bij het einde van de planperiode op ontwerphoogte te hebben, dienen deze zettingen te worden gecompenseerd door de waterkering hoger aan te leggen.

Echter, om de zettingen (en horizontale vervormingen) te beperken, kunnen mitigerende maatregelen worden getroffen; daarmee valt te denken aan het voorbelasten van de grond voorafgaand aan het aanleggen van de waterkering of het gebruik van licht ophoogmateriaal. Het toepassen van deze maatregelen dienen met de verschillende stakeholders te worden afgestemd vóór het definitief ontwerp van de waterkering en de landschaparchitectonische inpassingen worden vastgesteld. De omvangrijke ophogingen hebben overigens ook gevolgen op de stabiliteit van de waterkering (zie hoofdstuk stabiliteit). De resultaten van de zettingsberekeningen zijn in bijlage III samengevat. De uitgebreide berekeningsresultaten zijn digitaal bijgevoegd.

3.9.2. Stabiliteit

De invloed van de voorgenomen ophogingen op de stabiliteit is berekend met D-Geo Stability (versie 15.1) van Deltares (Deltares Systems) volgens de methode Bishop. Deze methode maakt gebruik van de representatieve sterkteparameters van de verschillende bodemlagen. Indien er sprake is van opdrijven of opbarsten (opbarstveiligheid <1,2) is er ook met de drukstaafmethode Uplift Van gerekend. Dit is alleen het geval wanneer er sprake is van ontgraving van de waterberging en er als gevolg daarvan opdrijven / opbarsten optreedt. Dat houdt in dat er in de volgende gevallen met Uplift Van is gerekend:

- Laatste fase uitvoering (hierin is de ontgraving van de berging voorzien)
- Oplevering (zie toetsrapport voor resultaten)
- Eindsituatie na 10 jaar (zie toetsrapport voor resultaten).

Voor de stabiliteitsberekeningen is gebruik gemaakt van sigma – tau curves uit proevenverzameling Delfland uit 1997 uitgevoerd door Grondmechanica Delft. Voor deze curves wordt verwezen naar het rapport “Rotterdamsebaan – Inrichting Vlietzone – Leggerwijziging – Rapportage toetsing DO-fase regionale waterkering” van Movares met kenmerk GMV-GC-150006237, d.d. 25 mei 2015.

Bij het ontwerp is conform het PvE uitgegaan van de volgende partiële factoren en veiligheidsnorm:

- schadefactor: $\gamma_n = 0,95$ (definitieve situatie);
- schematiseringsfactor $\gamma_b = 1,0$ (conform HHD Functioneel ontwerpproces boezemkaden, bijlage 1 paragraaf 1.1.5);
- veiligheidsfactor stabiliteit binnenwaarts / buitenwaarts: $\gamma_n = 0,95$ (definitieve situatie), $\gamma_n = 0,90$ (oplevering); $\gamma_n = 0,85$ (uitvoering);
- modelfactoren: $\gamma_d = 1,0$ (Bishop) en 1,05 (Uplift Van).

Voor de mobiele belasting is bij de waterberging conform PvE uitgegaan van 5kN/m^2 over een breedte van 2,5 m.

De waterberging grenst op sommige plaatsen aan poldergebied. Aan de zuidwestelijke zijde neemt de berging deels de functie van de oude boezemkade over. Dit houdt voor de binnenwaartse en buitenwaartse stabiliteitsberekeningen in dat er verschillende combinaties van peilen maatgevend zijn.

In tabel 3-5 zijn per profiel en situatie de maatgevende hydraulische belastingcombinaties weergegeven waarmee gerekend is. In de alinea's daarna wordt per typering ingegaan op de keuze voor de maatgevende belastingcombinaties.

Tabel 3-5 : Overzicht belastingcombinaties

Profiel	Typering	Situatie	Waterstand buitenwaarts [Boezem , Polder]	Waterstand binnenwaarts [berging vol / leeg, polder]
P01 en NP21	Boezemkade	Uitvoeringstabiliteit	Boezem	Leeg
		Stabiliteit oplevering	Boezem	Leeg
		Eindstabiliteit	Boezem	Leeg
P03 en P06	Waterberging	Uitvoeringstabiliteit	Polder	Leeg
		Stabiliteit oplevering	Polder	Vol
		Eindstabiliteit	Polder	Vol

Boezemkade

Bij deze profielen zal de functie van de boezemkade worden overgenomen.

Buitenwaarts zal het boezempeil gelden en binnenwaarts is rekening gehouden met een lege berging, waarin een vast laag peil (NAP -1,77 m tot NAP-1,93 m) heerst. Tijdens de uitvoering heeft de nieuwe kering nog geen waterkerende functie tijdens de verschillende ophoogslagen en er is daarom alleen in de laatste ophoogfase met boezempeilen gerekend.

Waterberging

Bij deze profielen is de situatie met volle berging binnenwaarts maatgevend. Buitenwaarts heerst een polderpeil van NAP -1,45 m. Tijdens de uitvoering zal de waterberging echter nog niet in gebruik zijn en geldt er in die situatie daarom een vast laag peil (NAP -1,77 m tot -1,93 m) binnenwaarts.

3.9.3. Aandachtspunt situatie buiten

Bij het berekenen van de optredende zettingen (en de stabiliteit van de waterkering) is er van uitgegaan dat er geen werkzaamheden binnen de projectgrens zullen worden uitgevoerd die een mogelijke invloed op de aangenomen geotechnische randvoorwaarden kunnen hebben. Echter, tijdens een terreinbezoek op 29-06-2015 bleek dat er een gronddepot aan de noordoostzijde van het terrein was aangebracht (zie figuur 3-5). Hoe groot is de gronddepot, wanneer het materiaal is aangebracht en voor hoe lang dit gronddepot er nog ligt is niet bekend. Ook niet bekend zijn de diverse werkzaamheden die op het terrein tussen 2015-2016 nog worden uitgevoerd (er is sprake van een ontgraving voor een tijdelijke waterberging en een tijdelijk gronddepot van 20.000 m³ uitgevoerd door Ooms Civiel). Deze werkzaamheden kunnen een grote invloed op de mechanische eigenschappen van de grond hebben, dus ook op de grootte en verloop van de geprognoseerde zettingen en restzettingen.



Figuur 3-5 : Vlietzone – tijdelijke gronddepot – zicht richting noord -29-06-2015

3.10 Beoogde bouwplanning

Naar verwachting wordt de Vlietzone in de periode 2016-2020 ingericht (bron: gemeente Den Haag – overleg d.d. 29-06-2015). Het werkterrein wordt vanaf ca. maart 2016 beschikbaar gesteld. Wij gaan er vanuit dat vrijkomende grond tussen medio 2017 en medio 2018 beschikbaar wordt gesteld. Het grondverzet zal naar verwachting vanaf eerste kwartaal tot medio 2018 plaatsvinden. Bij de berekeningen is er daarom van uitgegaan dat de oplevering van het park ca. 2 jaar na start werkzaamheden zal plaatsvinden (oplevering $t_0 + 2$ jaar).

3.11 Gehanteerde fasering grondwerk

Bij de rekentechnische onderbouwing van de opbouw van de waterkering (en landschaparchitectonische inpassingen) is de onderstaande bouwfaserings gehanteerd:

- Om de voorziene werkzaamheden in den droge te kunnen uitvoeren, wordt indien nodig de aangrenzende sloot/watergang deels afgedamd, de bestaande teensloot aan de bergingzijde wordt gedempt en de freatische grondwaterstand wordt tot een niveau van NAP-1,93 m verlaagd;
- Er wordt een cunet onder de breedte van de waterkering ontgraven. Daarbij wordt de slappe humeuze klei (O1.1) tot aan de bovenkant van de stijvere siltig klei (A2.1/A2.2) verwijderd. Dit cunet is noodzakelijk om de waterkering conform het ontwerpprofiel te kunnen realiseren en zorgt voor de goede aansluiting van de waterkering op de ondergrond, die de stabiliteit van de waterkering bevordert;
- De zandkern van de waterkering wordt gefaseerd aangebracht en verdicht;
- De bekledingsklei wordt gelaagd aangebracht en verdicht;
- De landschaparchitectonische inpassingen worden gerealiseerd en gelijktijdig wordt de waterberging tot ontwerpdiepte ontgraven;
- Om voldoende stabiliteit van de nieuwe waterkering te behalen, wordt de watercompensatie achter de bestaande kade van de Kansjesmolensloot pas na 5 maanden wachttijd gevuld;
- De mitigerende maatregelen t.b.v. de borging van de stabiliteit van de waterberging langs de Molenslootpad worden toegepast (deze maatregelen zijn noodzakelijk om de stabiliteit van het talud van de berging langs de Kansjesmolensloot tijdens de situatie val na hoog water te garanderen - Zie resultaten dwarsprofielen P01 en NP21, hoofdstuk 5);
- De waterstand in de berging wordt op ontwerphoogte (NAP-1,77 m) op gebracht;
- De sloten/watergangen en de slootpeilen worden hersteld.

De aanvullingsmaterialen (zand, klei en aanvulgrond) dienen in lagen met een maximale dikte van 0,45 m tot 0,5 m te worden aangebracht en verdicht. Om de stabiliteit van de constructie te borgen, worden de lagen symmetrisch aangebracht. Na elke ophoogslag wordt een wachttijd (of rusttijd) aangehouden. De rusttijd varieert tussen 1 week à 2 weken. De gedetailleerde bouwfasering per dwarsprofiel is in bijlage III in weergegeven.

3.12 Gehanteerde fasering stabiliteitsberekeningen

De stabiliteitsberekeningen zijn uitgevoerd voor elke beschouwde ophoogslag op de zogenoemde “gezette geometrie” voor een bepaald tijdstip t . Echter, gezien de in het algemeen beperkte grootte van de ophoging, is er gekozen om niet voor elke uitzonderlijke aangebrachte laag een stabiliteitsberekening uit te voeren. In de meeste gevallen zijn er 2 ophoogslagen samengevoegd en een berekening met een totale ophoogslag dikte van ca. 1,0 m gemaakt. Daarbij is met het gemiddeld tijdstip en consolidatiegraad van beide grondlagen ten gevolge van het aanbrengen van de ophoging gerekend. In paragraaf 4.2 wordt nader ingegaan op de ophoogslagen en consolidatiegraden.

Er is van uitgegaan dat er ca. 2 jaar beschikbaar is om de waterberging en de landschaparchitectonische inpassingen te verwezenlijken. Omdat de hydrodynamische periode van het samendrukbare grondpakket nagenoeg 2 jaar bedraagt, wordt voor dit ontwerpadvies aangenomen dat geen zettingversnellende maatregelen voor dit werk zullen worden toegepast. Echter, op basis van de werkelijke gehanteerde bouwplanning en de resultaten van eventueel aanvullend bodemonderzoek, zal de aannemer andere ontwerpkeuzen kunnen maken.

4 Werkwijze

4.1 Algemeen

Om aan te tonen dat het ontwerp van de regionale waterkering op geotechnische aspecten tijdens de bouwfase tot aan de oplevering aan de vigerende regelgeving voldoet, is het ontwerp op de volgende aspecten getoetst:

- Macrostabieliteit binnentalud - situatie hoogwater en situatie droogte (STBI);
- Macrostabieliteit buitentalud (STBU).

Voor de resultaten die betrekking hebben op oplevering en eindstabieliteit verwijzen wij naar het toetsrapport.

In vak F is een deel van de bestaande boezemkade, die haar functie behoudt, getoetst. Hierbij worden dezelfde geotechnische aspecten beschouwd, maar wordt onderscheid gemaakt voor wat betreft de eisen die gesteld worden aan veiligheid. Zie hoofdstuk 3 voor de gehanteerde uitgangspunten.

Voor de resultaten die betrekking hebben op de hoogtetoets, risico op hydraulische kortsluiting en piping / opbarsten wordt verwezen naar het toetsrapport.

4.2 STBI en STBU

De macrostabieliteit van de waterkering wordt bepaald door sterkte en belasting. De binnenwaartse en buitenwaartse stabieliteit is afhankelijk van de volgende aspecten:

- Geometrie;
- Grondwaterstanden;
- Grondopbouw;
- Consolidatiegraad;
- Eventuele belastingen.

In de volgende paragrafen leggen we uit hoe is omgegaan met deze aspecten. Voor de gehanteerde belastingen verwijzen we naar de uitgangspunten in hoofdstuk 3.

4.2.1. Geometrie

De gehanteerde geometrie is per ophoogslag bepaald op basis van de geprognosticeerde zettingen. Hierin is de benodigde overhoogte verwerkt en is vervolgens op basis van deze geometrie een stabieliteitsberekening uitgevoerd per ophoogslag.

4.2.2. Grondwaterstanden

De freatische grondwaterstand tijdens de uitvoering wordt in principe bepaald door de voorgeschreven polderpeilen voor de situatie “nat” en “droog”. Er dient afhankelijk van de situatie gerekend te worden met de omstandigheden “nat” en “droog”. Zie paragraaf 3.6 voor de belastingsituaties. Tijdens de aanleg van de waterkering zal deze nog geen waterkerende functie hebben. Daarom is situatie horend bij de waterkerende functie alleen na de laatste ophoogslag van de aanleg beschouwd. Voor de overige fasen is het polderpeil gehanteerd. In sommige gevallen is het noodzakelijk om het grondwaterpeil ter plaatse van de waterkering verder te verlagen om ontgraving en aanleg in den droge mogelijk te maken. In dat geval zullen er maatregelen moeten worden genomen zoals vermeld in paragraaf 3.11.

Wanneer de barstveiligheid $< 1,0$ is, is er met cohesie (c') en interne wrijvingshoek (φ') = 0 gerekend in de waterremmende lagen waar opbarsten optreedt. Ook is in dat gebied de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket in dat geval verlaagd naar de

grenspotential. Wanneer dit mechanisme optreedt, zal de opwaartse druk lokaal namelijk lager worden. Zie tabel 4-1 voor een overzicht van de grondwaterstanden.

Tabel 4-1 : Overzicht grondwaterstanden tijdens uitvoering

Vak	Dwarsprofiel	Grondwaterstand binnenwaarts	Grondwaterstand buitenwaarts	Stijghoogte	Grenspotential
A	P01	Polderpeil (NAP -1,77 m / NAP -1,93 m)	Polderpeil (NAP -1,77 m / NAP -1,93 m) + Boezempeil bij laatste ophoogslag	NAP -1,52 m	NAP -1,75 m
B	P03	Bouwkuip NAP -2,0 m + Polderpeil (NAP -1,77 m / NAP -1,93 m) bij laatste ophoogslag	Bouwkuip NAP -2,0 m + Polderpeil NAP-1,45 m bij laatste ophoogslag	NAP -1,52 m	NAP -1,70 m
D	P06	Bouwkuip NAP-2,0m + Polderpeil (NAP -1,77 m / NAP -1,93 m) vanaf grondaanvulling slag 1	Bouwkuip NAP -2,0 m + Boezempeil bij laatste ophoogslag	NAP -1,52 m	n.v.t. ² (NAP-1,52 m)
G	NP21	Polderpeil (NAP -1,77 m / NAP -1,93 m)	Polderpeil (NAP -1,77 m / NAP -1,93 m) + Boezempeil bij laatste ophoogslag	NAP -1,52 m	n.v.t. ² (NAP-1,52 m)

In bovenstaande tabel zijn per profiel de gehanteerde waterstanden en de stijghoogte gegeven. Daarnaast is de grenspotential gegeven in de gevallen dat deze lager ligt dan de stijghoogte. Wanneer dit het geval is, is de stijghoogte aangepast naar de grenspotential in het gebied waar opbarsten optreedt.

4.2.3. Grondopbouw

De grondopbouw wordt getypeerd door waterremmende lagen vanaf maaiveld en een tussenzandlaag. Deze tussenzandlaag wordt van het Pleistocene zand gescheiden door een dieper gelegen veenlaag. Voor de gedetailleerde grondopbouw verwijzen wij naar de rekenbestanden die digitaal zijn bijgevoegd in bijlage II en III.

4.2.4. Consolidatiegraad

Om er voor te zorgen dat de stabiliteit tijdens de uitvoering is geborgd, moet het werk gefaseerd worden uitgevoerd. De consolidatiegraad in de waterremmende lagen moet hierbij een bepaalde waarde hebben. De grond wordt in lagen van 0,45 m - 0,5 m

² Bij P06 en NP21 is er wel sprake van opdrijven / opbarsten, maar is de grenspotential nagenoeg gelijk aan of hoger dan de stijghoogte. In die gevallen is de grenspotential niet verwerkt in de berekening.

aangebracht en verdicht. Tussen het aanbrengen van de grondlagen wordt een rusttijd van enkele weken gehanteerd. Daarbij zal in de loop van de tijd de consolidatiegraad van het samendrukbare pakket geleidelijk stijgen en de wateroverspanning in de grond verminderen, met als gevolg een verbetering van de stabiliteit.

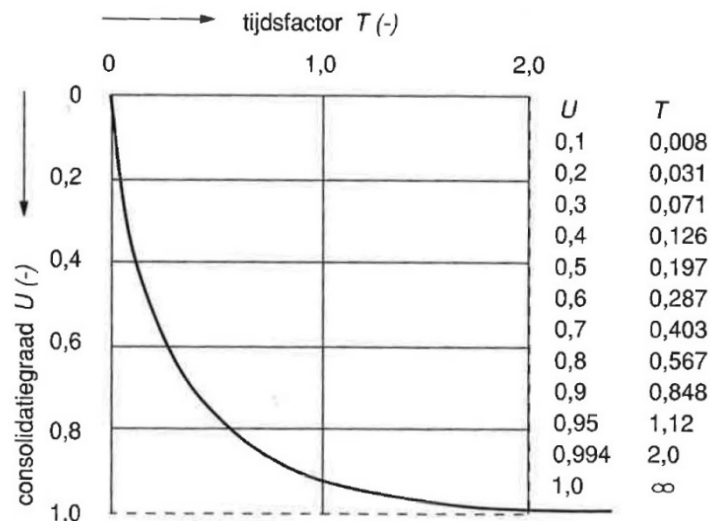
Om de minimale benodigde bouwtijd van de waterkering te kunnen bepalen en de stabiliteit van de constructie tijdens het bouw te kunnen waarborgen is de uitvoeringsstabiliteit van elk dwarsprofiel berekend bij verschillende consolidatiegraden van het samendrukbare pakket. Daarbij zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- De c_v equivalent van het slappe pakket is op basis van de vergelijking (5.28) van de CUR162 lokaal bepaald en bedraagt:

Dwarsprofiel	Dikte slappe pakket in m	$c_{v, \text{equ.}}$ in m^2/s
P01	6,2	$4,58 \cdot 10^{-7}$
P03	5,75	$3,89 \cdot 10^{-7}$
P06	6,1	$4,42 \cdot 10^{-7}$
NP21	4,8	$5,11 \cdot 10^{-7}$

- De tijdfactor T is op basis van de vergelijking $T = c_v \Delta t / (a \cdot h)^2$ bepaald, met:
 - Δt : tijdsduur (s);
 - a: afstromingsconstante. Hierbij is er vanwege infiltratie uitgegaan van tweezijdige afstroming ($a=0,5$);
 - h: dikte van het samendrukbare pakket.

Van onderstaande figuur (CUR162, figuur 5.10) is de consolidatiegraad van de grond behorend bij een tijdsduur afgeleid.



Figuur 4-1: Verhouding Tijdfactor / consolidatiegraad (CUR162)

De consolidatiegraad van de grond per tijdsduur is in de tabel 4-2 weergegeven.

Tabel 4-2: Consolidatiegraad / tijdsduur

	Δt: Tijdsduur							
	7 dagen	15 dagen	1 maand	2 maand	3 maand	6 maand	9 maand	1 jaar
DWP	U: Consolidatiegraad in %							
P01	19	27,7	39	56	68	88,4	95	96,9
P03	18,9	27,5	39	55,7	67,2	86,3	95	96,8
P06	19	29,8	40	56	67,4	86,6	95	96,7
NP21	23,5	34,7	53,7	73,9	84,6	96,4	100	100

De consolidatiegraad bij de oplevering (ca. 2 jaar na start van de werkzaamheden) bedraagt nagenoeg 100%. De stabiliteit van de waterkering wordt o.a. bepaald door de consolidatiegraad. Aangezien de consolidatiegraad bij oplevering nagenoeg gelijk is aan de consolidatiegraad in de eindsituatie, wordt de stabiliteit bij de oplevering niet getoetst.

Voorbeeldberekening consolidatiegraad bij oplevering:

Op basis van maatgevende locatie P01 waarbij de dikte van de slappe lagen 6,2 m bedraagt met een c_v waarde van $4,58 \text{ E}^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ is na 2 jaar een Tijdfactor T van 3,00 bekerend welke een consolidatiegraad van $> 0,995\%$ geeft (hiermee nagenoeg gelijk aan 100% die in de eindsituatie geldt).

Voor een gedetailleerd overzicht van de gehanteerde consolidatiegraden per laag voor de verschillende ophoogslagen verwijzen we naar de bijlagen in bijlage II.

5 Beoordeling veiligheid

5.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de resultaten gegeven van de stabiliteitsberekeningen voor de verschillende ophoogslagen tijdens de aanleg van de nieuwe waterkering. Voor de resultaten van de stabiliteitsberekeningen voor de situaties direct na legen waterberging en oplever- /eindstabiliteit wordt verwezen naar het toetsrapport.

De volgende onderdelen worden behandeld:

- Macrostabieliteit binnentalud;
- Macrostabieliteit buitentalud;
- Macrostabieliteit bestaande kade.

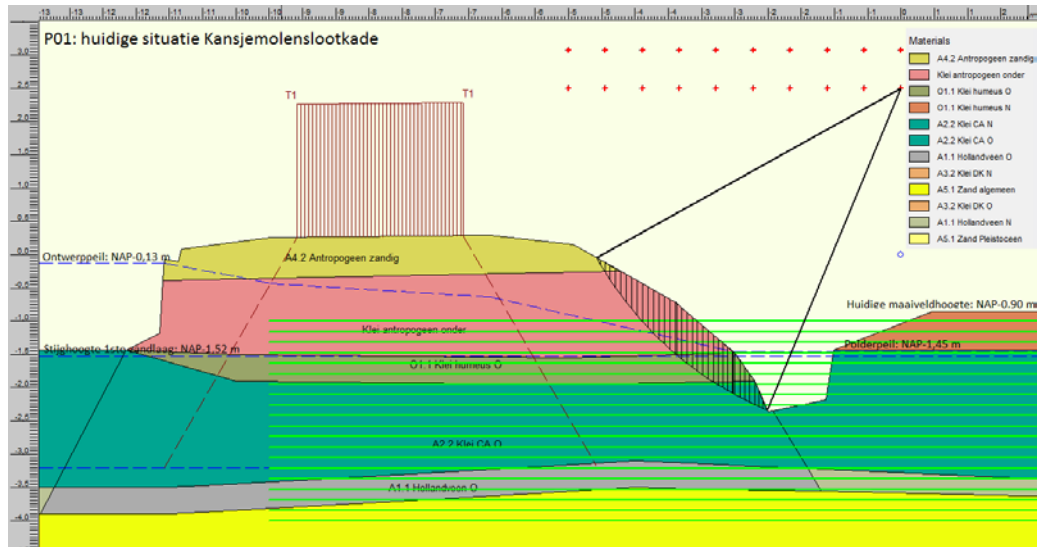
Bij de beschouwing van de macrostabieliteit wil het wel eens voorkomen dat de maatgevende glijcirkel zich direct onder het maaiveld bevindt en een zeer dun schilletje betreft. Deze glijcirkels zijn buiten beschouwing gelaten, aangezien deze eerder betrekking hebben op microstabieliteit op maaiveld dan macrostabieliteit.

5.2 Macrostabieliteit bestaande kade tijdens uitvoering

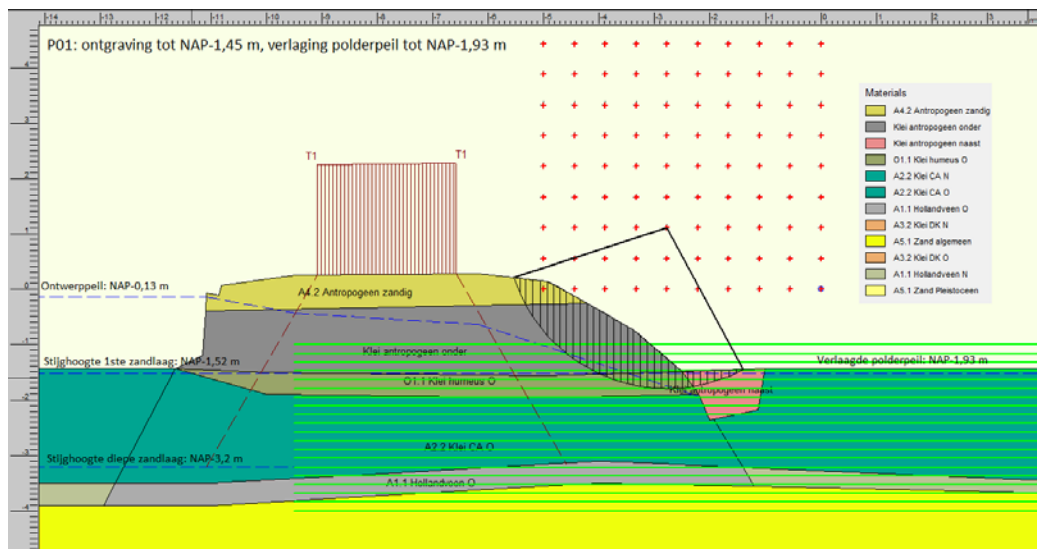
Ter plaatse van P01 en NP21 neemt de nieuwe waterkering de functie over van de bestaande boezemkade. Om te kunnen bepalen wat de invloed is van de aanleg van de waterberging op de bestaande boezemkade zijn berekeningen gemaakt ter plaatse van P01 en NP21. Daarbij is gebruik van gemaakt van de geometrie van de boezemkade zoals in de berekening 2-7a van Arcadis is weergegeven. De grondgesteldheid ter plaatse van de bestaande kade is op basis van het ter plaatse beschikbare bodemonderzoek geschematiseerd. Er zijn per profiel 2 berekeningen uitgevoerd, te weten:

- Bestaande Kansjesmolenslootkade met hoge boezempeil en sloot aan de teen van de kade. In deze situatie bedraagt het polderpeil op NAP-1,45 m (conform de huidige situatie);
- Bestaande Kansjesmolenslootkade met hoog boezempeil en gedempte sloot aan de teen van de kade met ontgraving van de bovenste humeuze kleilaag tot NAP-1,45 m. In deze situatie wordt het polderpeil tot NAP-1,93 m verlaagd (conform de eerste fase van het grondwerk).

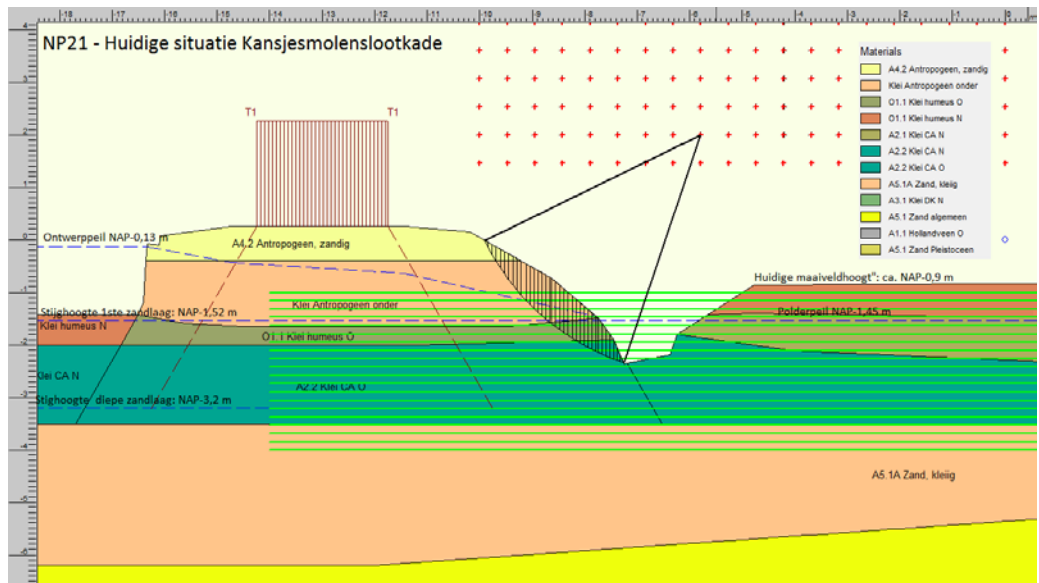
In de figuren 5-1 t/m 5-4 zijn de resultaten van deze berekeningen grafisch weergegeven; de uitgebreide numerieke berekeningsresultaten zijn in bijlage II te vinden.



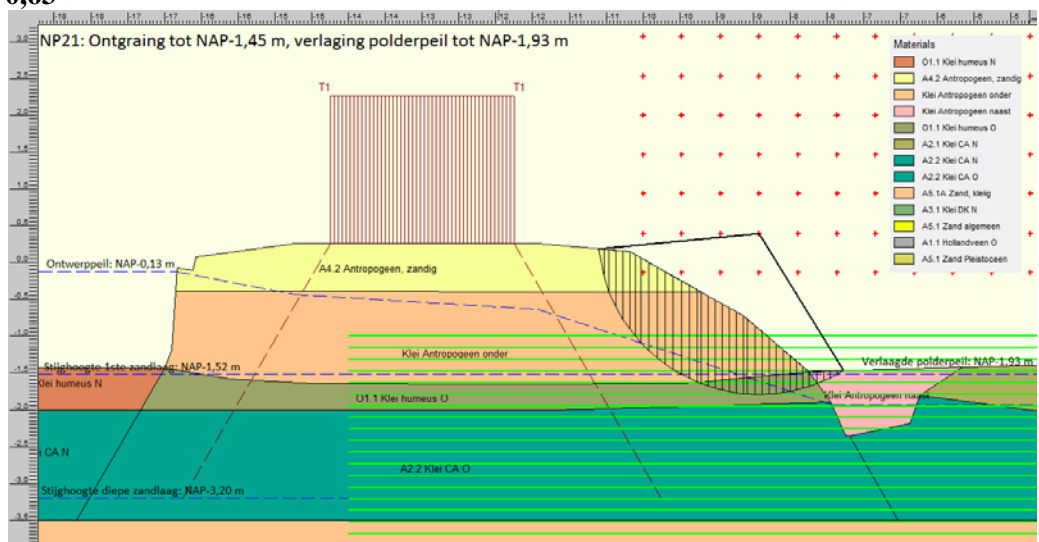
Figuur 5-1: P01 - Maatgevende glijcirkel – Veiligheid tegen stabiliteitverlies SF= 0,64



Figuur 5-2: P01 -Maatgevende glijcirkel – Veiligheid tegen stabiliteitverlies SF= 1,08



Figuur 5-3: NP21 - Maatgevende glijcirkel – Veiligheid tegen stabiliteitverlies FS= 0,63



Figuur 5-4 : NP21 -Maatgevende glijcirkel – Veiligheid tegen stabiliteitverlies FS= 1,09

Conclusie:

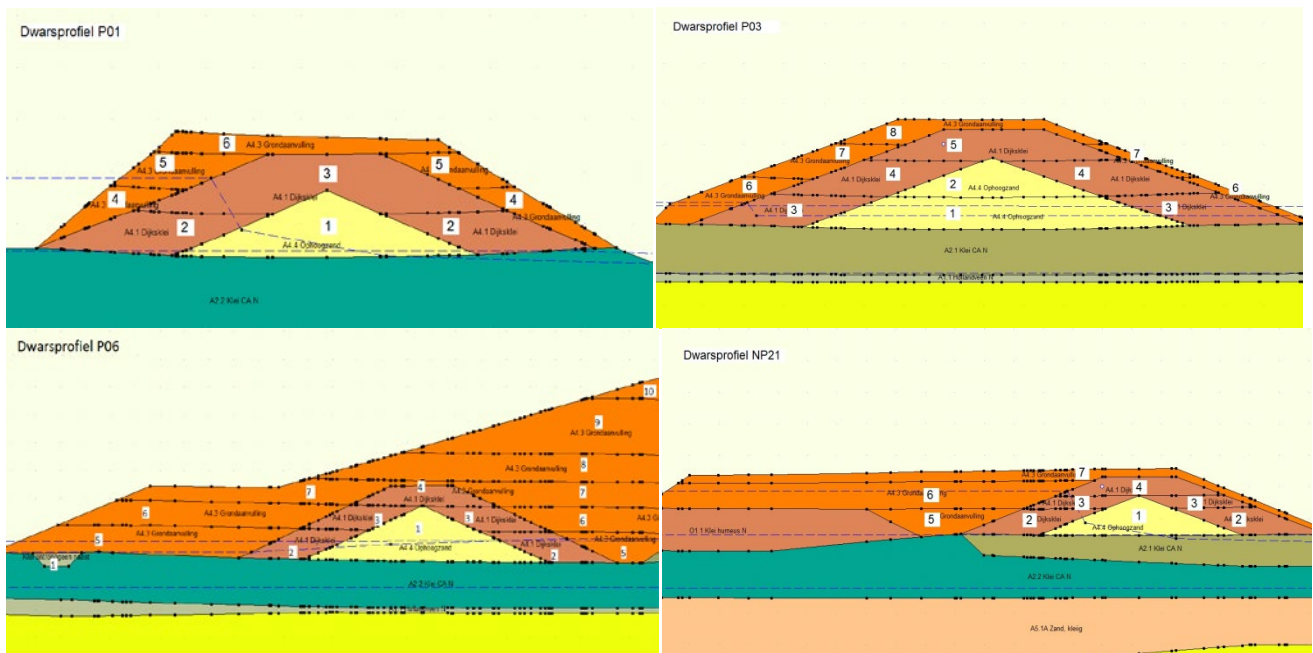
De berekende veiligheid tegen afschuiven van het talud van de huidige kade (ca.0,63/ 0,64) is vergelijkbaar met de in het rapport van Arcadis weergegeven veiligheid (0,58). Na het dempen van de sloot en het verlagen van het polderpeil tot NAP-1,93 m stijgt de veiligheidsfactor naar 1,08 tot 1,09. Hiermee wordt tijdens de uitvoering voldaan aan de vereiste veiligheid van 0,85.

Op basis van deze resultaten kan worden geconcludeerd dat de binnenwaartse stabiliteit van de huidige boezemkade ter plaatse van dwarsprofiel P01 (waar een watercompensatie tussen de bestaande kade en de toekomstige waterberging wordt gecreëerd) en NP21 niet zal verslechteren. Gezien de onvoldoende huidige stabiliteit

van de bestaande kade wordt er geadviseerd om de risico's t.a.v. een eventuele afschuiving van het talud te verkleinen, de teensloot als eerst te dempen. Pas wanneer het dempen van de sloot gereed is, kan het freatische grondwater verlaagd worden en het grondverzet doorgaan.

5.3 Ophoogfasering per profiel

Per profiel is er een fasering gehanteerd die is gebaseerd op de gedetailleerde fasering in bijlage III. In onderstaande figuren is schematisch weergegeven in welke volgorde de ophoging dient te worden aangebracht. Voor een gedetailleerd overzicht van de tijdstippen waarop de macrostabiliteit is bepaald en bijbehorende consolidatiegraden verwezen we naar bijlage II.



Figuur 5-5 : ophoogfasering per profiel

5.4 Macrostabiliteit binnentalud

De macrostabiliteit van het binnentalud is voor alle ophooglagen tijdens de aanleg bepaald. In de volgende paragrafen worden de resultaten gegeven.

Wanneer de opbarstveiligheid groter is dan 1,2 hoeft er conform VTV2006 geen drukstaafberekening te worden uitgevoerd. Aangezien dit bij geen van de profielen het geval is, is er in alle gevallen tevens een drukstaafberekening uitgevoerd.

In principe dienen de volgende situaties te worden beschouwd:

- Uitvoeringstablieiteit (t = 0 jaar)
- Stablieiteit bij oplevering (t = 2 jaar);
- Eindstablieiteit (t=10 jaar).

Hierbij dient de consolidatiegraad van cohesieve lagen te worden bepaald op de genoemde tijdstippen. Bij eindstablieiteit is de consolidatiegraad 100%. De consolidatiegraad bij oplevering is in dit project tevens 100% doordat de consolidatie

5.4.1. Resultaten uitvoering

vanwege tweezijdige afstroming relatief snel plaatsvindt³. De situaties zijn daardoor vergelijkbaar en dientengevolge is de stabiliteit bij oplevering buiten beschouwing gelaten.

In tabel 5-1 zijn de resultaten van de berekening voor binnenwaartse stabiliteit tijdens de uitvoering, gebaseerd op de berekende consolidatiegraden, weergegeven.

Tabel 5-1 : Overzicht resultaten toets op macrostabiliteit binnentalud (uitvoeringstabiliteit; eis is SF ≥ 0.85)

Vak	Dwars-profiel	Fase	Tijdstip (gem.) [t in dagen]	Stabiliteit Uplift Van "nat"	Stabiliteit Uplift Van "droog"	Stabiliteit Bishop "nat"	Stabiliteit Bishop "droog"	Voldoet [ja/nee]
A	P01	1. Zandkern	7	n.v.t. ⁴	n.v.t. ³	1.57	n.v.t. ⁵	Ja
		2. Klei 1	21			1.71		Ja
		3. Klei 2	49			1.45		Ja
		4. Aanvulling 1	56			1.34		Ja
		5. Aanvulling 2	63			1.20		Ja
		6. Aanvulling 3 zonder functie waterkering met maatregel	77			0.92	0.95	Ja
		7. Aanvulling 3 en maatregel met functie waterkering	231	0.90	0.96	0.96	0.98	Ja
B	P03	1. Zandkern 1	4	n.v.t. ³	n.v.t. ³	0.91	n.v.t. ⁴	Ja
		2. Zandkern 2	10			0.86		Ja
		3. Klei 1	17			0.90		Ja
		4. Klei 2	28			0.87		Ja
		5. Klei 3	56			1.01		Ja
		6. Aanvulling 1	146			1.21		Ja
		7. Aanvulling 2	176			1.19		Ja
		8. Aanvulling 3 zonder functie waterkering	191			1.10	1.21	Ja
		9. Aanvulling 3 met functie waterkering	191	1.01	0.90	1.06	0.99	Ja

³ Uitgaande van een gemiddelde c_v waarde van $4,199E-7m^2/s$ (bepaald op basis van alle dwarsprofielen) is de tijdsfactor T bij 1095 dagen 6,89. Dit geeft een consolidatiegraad U van 100%.

⁴ In deze fase is heeft er nog geen diepe ontgraving plaatsgevonden en is er geen sprake van opbarsten / opdrijven. Bishop is maatgevend.

⁵ De situatie "nat" is in dit geval maatgevend vanwege de hogere grondwaterstand voor zowel de waterverloop in de waterberging als het polder/boezempeil. De nieuwe kade heeft de functie van de oude kade nog niet overgenomen. Dit gebeurt pas in de laatste fase.

Tabel 5-1 (vervolg) : Overzicht resultaten toets op macrostabiliteit binnentalud (uitvoeringstablieit; eis is SF ≥ 0.85)

D	P06	1. Zandkern 1	7	n.v.t. ³	n.v.t. ³	0.86	n.v.t. ⁴	Ja		
		2. Klei 1	17			0.93		Ja		
		3. Klei 2	24			0.92		Ja		
		4. Klei 3	35			0.98		Ja		
		5. Aanvulling 1	53			2.05		Ja		
		6. Aanvulling 2	70			1.12		Ja		
		7. Aanvulling 3	81			Niet beschouwd ⁶		Ja		
		8. Aanvulling 4	88					Ja		
		9. Aanvulling 5	102					Ja		
		10. Aanvulling 6 zonder functie waterkering	116					1.18	1.18	Ja
		11. Aanvulling 6 met functie waterkering	191			1.11		1.09	1.11	1.06
G	NP21	1. Zandkern	7	n.v.t. ³	n.v.t. ³	1.48	n.v.t. ⁴	Ja		
		2. Klei 1	21			1.66		Ja		
		3. Klei 2	31			1.41		Ja		
		4. Klei 3	42			1.35		Ja		
		5. Aanvulling 1	42			1.40		Ja		
		6. Aanvulling 2	70			1.46		Ja		
		7. Aanvulling 3 zonder functie waterkering met maatregel	77			1.02		0.89	Ja	
		8. Aanvulling 3 met functie waterkering met maatregel	231			0.94		0.91	1.03	0.96

5.4.2. Resultaten eindsituatie

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de resultaten van de berekeningen van de macrostabiliteit binnentalud voor de eindsituatie.

Er is conform het PvE tevens een berekening uitgevoerd, waarbij de situatie is beschouwd van stabiliteit van de waterkering net na legen van de berging. Hierbij zijn de waterspanningen in de dijk aangepast. Er is hierbij uitgegaan van de methode Bishop en Uplift van in combinatie met belastingsituatie “nat”. De berekeningsresultaten zijn in tabel 5-6 weergegeven.

⁶ In deze situatie is de kade volledig ingekapseld door de grondaanvulling. De waterkering ligt op veilige afstand van een maatgevende glijcirkel. Daarom is de stabiliteit in deze situaties niet beschouwd. Voor aanvulling 1 en aanvulling 2 is de stabiliteit nog wel beschouwd. Hier voldoet de stabiliteit van de grondaanvulling. De stabiliteit van het de kade zal ruimschoots voldoen.

**Tabel 5-6 : Overzicht resultaten toets op macrostabiliteit binnentalud
(eindstabiliteit t=10 jaar; eis is SF ≥ 0.95)**

Vak	Dwarsprofiel	Stabiliteit Uplift Van direct na legen berging	Stabiliteit Bishop direct na legen berging	Stabiliteit Bishop bij volle berging	Stabiliteit Uplift Van “nat”	Stabiliteit Uplift Van “droog”	Stabiliteit Bishop “nat”	Stabiliteit Bishop “droog”	Voldoet [ja/nee]
A	P01 M	0.95	0.95	1.24	0.95	0.98	0.99	1.02	Ja
B	P03	0.97 C	0.95	1.03 B	1.07	1.07	1.14	1.06	Ja
D	P06	1.39	1.33	1.50	1.36	1.36	1.33	1.26	Ja
G	NP21 M	1.32 C	0.98	1.42	1.33 C	1.34 C	1.03	1.15	Ja

M = met maatregel (zie paragraaf 3.8).

C = cirkelvormig glijvlak.

B = in dit geval is buitenwaartse stabiliteit maatgevend voor de volle berging.

In bovenstaande resultaten zijn, waar maatregelen noodzakelijk zijn om de stabiliteit te borgen, enkel de resultaten gegeven van de berekening inclusief maatregel. Voor de resultaten van de berekeningen zonder maatregel wordt verwezen naar de rekenbestanden.

5.4.3. Conclusie resultaten

Uit de resultaten blijkt dat de binnenwaartse macrostabiliteit in alle fases van de aanleg en in de definitieve situatie voldoet. Bij Profielen P01 en NP21 zijn echter maatregelen nodig om het talud tijdens de laste fase van de uitvoering (aanbrengen laatste ophoogslag en in gebruik nemen van de watercompensatie; zie paragraaf 3.8) te garanderen.

5.5 Macrostabiliteit buitentalud

Er dient conform de adviesnota Vlietzone gerekend te worden met de omstandigheid “val na hoogwater”. Zie paragraaf 3.6 voor de van toepassing zijnde belastingsituaties. Tijdens de uitvoering is er echter nog geen sprake van een waterkerende functie van de nieuwe waterkering en significant hoog waterpeil. Er is in alle ophoogfases behalve de laatste ter plaatse van de waterkering gerekend met een grondwaterpeil van NAP -1,93 m. Dit om het werk in den droge te kunnen uitvoeren. In de laatste fase is er wel met boezempeil of polderpeil gerekend. Zie tabel 4.1 voor een overzicht van de gehanteerde waterstanden.

Bij het profiel P06 is de buitenwaartse stabiliteit van het grondlichaam en de waterkering niet beschouwd. Bij dit profiel is de grondaanvulling buitenwaarts volgens het ontwerp dermate groot dat de stabiliteit van de waterkering in geen enkel geval kan worden aangetast. De stabiliteit van het grondlichaam nabij de waterkering voldoet in alle gevallen.

5.5.1. Resultaten

In tabel 5-2 zijn de resultaten van de berekening voor buitenwaartse stabiliteit, gebaseerd op de berekende consolidatiegraden, weergegeven.

**Tabel 5-2 : Overzicht resultaten toets op macrostabiliteit buitentalud
(uitvoeringstablieit; eis is SF ≥ 0.85 / eindstabiliteit; eis is SF ≥ 0.95)**

Vak	Dwars- profiel	Fase	Tijdstip [t in dagen]	Stabiliteit uitvoering	Eind- stabiliteit	Voldoet [ja/nee]
A	P01	1. Zandkern	7	1.63	0.95	Ja
		2. Klei 1	21	1.71		Ja
		3. Klei 2	49	1.49		Ja
		4. Aanvulling 1	56	1.03		Ja
		5. Aanvulling 2	63	0.92		Ja
		6. Aanvulling 3 zonder functie waterkering	77	0.86		Ja
		7. Aanvulling 3 met functie waterkering	231	0.93		Ja
B	P03	1. Zandkern 1	4	0.89	1.03	Ja
		2. Zandkern 2	10	0.85		Ja
		3. Klei 1	17	0.89		Ja
		4. Klei 2	28	0.86		Ja
		5. Klei 3	56	0.98		Ja
		6. Aanvulling 1	146	0.85		Ja
		7. Aanvulling 2	176	0.87		Ja
		8. Aanvulling 3 zonder functie waterkering	191	0.85		Ja
		9. Aanvulling 3 met functie waterkering	191	0.98		Ja
D	P06	Alle		n.v.t.	n.v.t.	-
G	NP21	1. Zandkern	7	1.56	n.v.t. ⁷	Ja
		3. Klei 1	21	1.87		Ja
		4. Klei 2	31	1.57		Ja
		5. Klei 3	42	1.50		Ja
		6. Aanvulling 1	42	2.67		Ja
		7. Aanvulling 2	70	Niet beschouwd ⁸		Ja
		8. Aanvulling 3 zonder functie waterkering	77	Niet beschouwd ⁸		Ja
		9. Aanvulling 3 met functie waterkering	231	Niet beschouwd ⁸		Ja

⁷ Dit is de stabiliteit ter plaatse van de bestaande boezemkade en niet van de nieuwe kade. De buitenwaartse stabiliteit van de waterkering zal in alle gevallen voldoen wanneer de grondaanvulling 2 en 3 is aangebracht.

⁸ Wanneer aanvulling 2 en 3 worden aangebracht, sluit de waterkering aan op de bestaande kade en de taludhelling van de kade verdwijnt daarmee en de stabiliteit is geborgd.

In de resultaten zijn, waar maatregelen noodzakelijk zijn om de stabiliteit te borgen, enkel de resultaten gegeven van de berekening inclusief maatregel. Voor de resultaten van de berekeningen zonder maatregel wordt verwezen naar de rekenbestanden.

5.5.2. Conclusie resultaten

Uit de resultaten blijkt dat de buitenwaartse macrostabiliteit in alle fases van de aanleg voldoet. Hiermee is slechts de macrostabiliteit van het talud beschouwd; tijdens het uitvoeren van het werk zijn oppervlakkige beperkte verschuivingen niet uit te sluiten. Deze geringe afschuivingen (micro-instabiliteit) kunnen worden voorkomen door een zorgvuldige uitvoering. Echter, ter plaatse van P03 is in het ontwerp van Bosch en Slabbers de taludhelling van de sloot aan de kant de van de waterberging simpelweg te steil, waardoor de stabiliteit bij ophoging niet zal voldoen zonder aanpassing van de taludhelling. Daarom is de taludhelling aangepast tot 1 : 1,5.

6 Monitoring

6.1 Algemeen

Tijdens de aanleg van de waterkering tot de oplevering van de Vlietzone (landschaparchitectonische inpassingen inbegrepen) dienen de optredende vervormingen (horizontaal en verticaal) en het verloop in de grondwaterstanden en waterspanningen te worden gemeten. Daarvoor dient een gedetailleerd monitoringsplan door de aannemer te worden opgesteld en uitgevoerd. Er wordt geadviseerd de geotechnische monitoring tot ca. 2 maanden na voltooiing grondverzet (naar verwachting 2 kwartaal 2020) door te zetten. Echter, maatgevend voor de beëindiging van de geotechnische monitoring is het behalen van een stabiele situatie.

6.2 Geotechnisch monitoringssysteem

Voor de monitoring van de werkzaamheden dient een geotechnisch monitoringssysteem te worden gebruikt. Het doel van de geotechnische monitoring is het registreren van vervormingen en spanningsveranderingen in de grond en het registreren van vervormingen van de bestaande Kansjesmolensloot tijdens de bouwfase.

Voor elke activiteit dienen specifieke toetscriteria en grenswaardes te worden bepaald afhankelijk van de aard van de werkzaamheden, de locatie en de gebruikte meetinstrumenten. Op basis van de gemeten vervormingen en spanningsveranderingen kunnen beheersmaatregelen worden genomen.

Het monitoringssysteem tijdens de uitvoering bestaat uit verschillende meetinstrumenten. De verantwoordelijkheid voor het installeren, het onderhoud en de metingen ligt bij de aannemer.

Bij dit geotechnisch monitoringssysteem is sprake van een meetprogramma. Hierbij valt te denken aan het uitvoeren van zowel handmatige als geautomatiseerde metingen van de grondwaterstanden, de wateroverspanningen en vervormingen in de ondergrond gemeten tijdens de bouwfase.

De meetinstrumenten zijn verdeeld over de lengte en breedte van de nieuw aan te leggen waterkering en de bestaande kade. Zowel onder als naast de nieuwe waterkering worden meetinstrumenten geplaatst. De hoeveelheid te plaatsen meetinstrumenten wordt door de aannemer bepaald. Daarmee dient zodanig voldoende meetinstrumenten te worden geplaatst dat het veilig bouwen van de waterkering en het behouden van de functionaliteit van de bestaande kade langs de Kansjesmolensloot tijdens de bouw te allen tijde aangetoond en gewaarborgd kan worden.

6.2.1. Grondwaterstanden en wateroverspanning

De waterstanden en waterspanningen kunnen handmatig of automatisch gemeten worden. Daarvoor dienen diepe en ondiepe peilfilters in peilbuizen te worden geïnstalleerd. Voor de automatische monitoring van de grondwaterstand kunnen zogenoemde dataloggers ingezet worden. De wateroverspanningen kunnen automatisch middels waterspanningsmeters (BAT-sensoren) worden gemeten.

6.2.2. Horizontale vervormingen

De horizontale vervormingen van de grond langs de Kansjesmolensloot kunnen met hellingmeetbuizen worden gemeten. Er wordt geadviseerd 1 hellingmeetbuis per 100 m aan de buitenkant van de huidige kade te plaatsen. De metingen op maaiveld kunnen middels spiegels en een total station (theodoliet) worden gemeten.

6.2.3. Verticale vervormingen

De verticale vervormingen van de grond ten gevolg van de ophoogwerkzaamheden kunnen met zogenoemde zakbakens worden gemeten. De zakbakens worden verspreid over het voor te belasten terrein geplaatst op het oude maaiveld en met een buis opgelengd tot boven de maximale hoogte van de beoogde ophoging. Vervolgens worden de zakbakens periodiek ingemeten.

6.2.4. Overige aspecten

Als er voor een automatisch meetsysteem wordt gekozen, kan de digitale informatie van de geautomatiseerde meetinstrumenten gedurende de uitvoeringswerkzaamheden opgeslagen worden op een computer op de werkplek. Periodiek wordt de opgeslagen data (via een GSM verbinding) overgezet naar de database van de aannemer. Hier zal een bewerking van de informatie plaatsvinden ten behoeve van de interpretatie.

De meetfrequenties, meetperioden en interpretatie van de meetdata voor de afzonderlijke meetinstrumenten worden in overleg met de opdrachtgever bepaald. Voordat werkzaamheden starten dient:

- een controlemeting te worden uitgevoerd,
- een nulmeting (een periode van 2 weken) van alle meetinstrument en peilbuizen te worden uitgevoerd en
- vrijgave ten behoeve van vervolgwerkzaamheden plaats te vinden.

Alle meetgegevens van de monitoring worden door de aannemer periodiek samengevat en in een monitoringsrapportage aan de opdrachtgever verstrekt. Bij overschrijdingen van de gestelde grenswaardes wordt dit direct met de opdrachtgever gedeeld. Na afloop van de werkzaamheden worden alle meetgegevens van de geotechnische monitoring verzameld in een eindrapportage en aan de opdrachtgever verstrekt.

In overeenstemming met de opdrachtgever dient tijdens de werkzaamheden een monitoringsoverleg plaatsvinden. De frequentie van het overleg dient nader te worden bepaald. In dit overleg worden de resultaten van de metingen aan de opdrachtgever toegelicht en worden er eventuele mitigerende maatregelen besproken. Bij dit overleg zijn minimaal de verantwoordelijke persoon van de aannemer en de opdrachtgever aanwezig. Verslaglegging van het overleg wordt verzorgd door de aannemer.

7 Conclusie en aanbevelingen

7.1 Algemeen

In dit ontwerpadvies is de aanleg van de waterberging en de landschaparchitectonische inpassingen tijdens de bouwfase tot aan de oplevering (op medio 2020 gesteld) beschouwd. De macrostabiliteit van het binnentalud en buitentalud bij elke ophoofphase beschouwd op basis van zettingsberekeningen. Daarnaast is naar de veiligheid van de bestaande boezemkade langs de Kanjesmolensloot tijdens de aanleg van de nieuwe waterkering gekeken.

Voor het toetsen van o.a. de hoogte van de kade, risico van hydraulische kortsluiting, opbarsting, piping en eindstabiliteit (na 30 jaar) wordt verwezen naar het nog te herzien rapport “Rotterdamsebaan – Inrichting Vlietzone – Leggerwijziging – Rapportage toetsing DO-fase regionale waterkering”.

In de onderstaande paragrafen worden conclusies getrokken op basis van de berekeningsresultaten voor de uitvoering en de definitieve situatie.

Het in dit rapport uitgewerkt faseringsvoorstel is maar één van de mogelijke oplossingen om de waterkering op een veilige wijze aan te leggen en de bestendigheid van de constructie tijdens zijn levensduur te borgen. De uiteindelijk gekozen bouwmethode is de verantwoordelijkheid van de aannemer (UAV-GC contractvorm). Bij deze keuze dient de conformiteit en veiligheid van de constructie gedurende de bouwphase tot het einde van de levensduur te worden aangetoond.

7.2 Macrostabiliteit binnentalud (STBI)

De binnenwaartse stabiliteit is gecontroleerd door middel van glijvlakberekeningen en drukstaafberekeningen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de uitvoeringstabiliteit ($t=0$ jaar) en eindstabiliteit ($t=10$ jaar). De stabiliteit bij oplevering ($t=2$ jaar) blijkt bij controle gelijk gesteld te kunnen worden aan de eindstabiliteit vanwege het feit dat de consolidatiegraad bij 2 jaar en 10 jaar nagenoeg gelijk is. Daarom is de eindstabiliteit maatgevend gesteld voor de situatie bij oplevering. De berekening bij de hydraulische belastingsituatie tijdens oplevering direct na legen van de berging is dan ook uitgevoerd met gebruik van de uitgangspunten voor eindstabiliteit. Daarbij is zowel de situatie “nat” als “droog” beschouwd.

Voor de uitgebreide resultaten voor de veiligheid bij oplevering en de eindstabiliteit wordt verwezen naar de rekenbestanden.

7.2.1. Uitvoeringstabiliteit

Uit de berekeningsresultaten blijkt dat de binnenwaartse macrostabiliteit in alle fases van de aanleg voldoet, mits er bij P01 en NP21 maatregelen ter borging van de stabiliteit worden toegepast. Wanneer de fasering zoals gegeven in bijlage III wordt gehanteerd zijn er voor de overige profielen P03 en P06 dus geen maatregelen nodig om de stabiliteit te borgen of zetting te versnellen.

7.2.2. Stabiliteit bij oplevering - Situatie direct na legen berging

In het geval waarbij de berging leeg is gepompt zullen er de waterspanningen in het dijklichaam langzaam dalen. Uit de toetsing blijkt dat dit gevolgen heeft voor de stabiliteit van de dijk en er zullen mitigerende maatregelen nodig zijn om de stabiliteit te borgen bij profielen P01 en NP21. Hierbij valt te denken aan maatregelen om de sterkte van de waterkering te verbeteren.

In dit rapport is uitgegaan van een stabilisatie van het talud door een combinatie van taludbekleding en korte houten palen. De taludbekleding wordt aan de onderkant van het talud aangebracht en bestaat uit stortsteen. Boven de stortsteenlijn worden palen aangebracht. Echter, de afstand tussen de palen en de sterkte van palen zijn niet in dit rapport gedefinieerd of getoetst. Dit dient door de aannemer in het kader van het uitvoeringsontwerp te worden bepaald en getoetst.

7.2.3. Eindstabiliteit

De eindstabiliteit na 10 jaar voldoet in alle gevallen voor zowel “nat” als “droog” en zowel voor de glijvlak benadering als de “drukstaafbenadering” ($SF \geq 0.95$), mits de eerder genoemde stabiliteitsmaatregelen langs de waterkering aan het Molenslootpad worden toegepast.

7.3 Macrostabiliteit buitentalud (STBU)

Bij dwarsprofielen P01, P03 en NP21 is de stabiliteit van de waterkering buitenwaarts beschouwd. Bij profiel P06 is de grondaanvulling buitenwaarts dermate omvangrijk dat de invloed op de stabiliteit van de waterkering in geen enkel geval kan worden aangetast. De buitenwaartse stabiliteit is bij dit profiel dan ook niet beschouwd.

7.3.1. Uitvoeringstabiliteit

Uit de resultaten blijkt dat de buitenwaartse macrostabiliteit in alle fases van de aanleg voldoet, behalve ter plaatse van P03. Hier is de taludhelling van de sloot in het huidige ontwerp aan de kant van de waterberging simpelweg te steil, waardoor de stabiliteit bij ophoging niet zal voldoen zonder aanpassing van de taludhelling van de sloot. Daarom dient het talud van de sloot een helling te hebben van maximaal 1 op 1,5. Deze taludhelling is in de berekeningen gehanteerd.

7.3.2. Eindstabiliteit

De eindstabiliteit van het buitentalud van de waterberging voldoet in alle gevallen.

7.4 Macrostabiliteit bestaande kering tijdens uitvoering

Ter plaatse van P01 en NP21 neemt de nieuwe waterkering de functie over van de bestaande boezemkade. Om te kunnen bepalen wat de invloed is van de aanleg van de waterberging op de bestaande boezemkade is een vergelijking gemaakt ter plaatse van P01. Hieruit blijkt dat de binnenwaartse stabiliteit van de bestaande boezemkade als gevolg van de aanleg tijdens de uitvoering niet verslechtert en ruimschoots voldoet aan de gestelde eis.

7.5 Aanbevelingen

Aspecten zoals de beïnvloeding van de aanpassingen op andere constructies of leidingen dienen tevens nader te worden onderzocht.

Geadviseerd wordt om in het vervolgtraject aanvullend grondonderzoek en laboratoriumonderzoek uit te voeren. Met deze aanvullende informatie over grondparameters en bodemopbouw kan de uitvoeringsmethode en de gehanteerde fasering door de aannemer worden geoptimaliseerd.

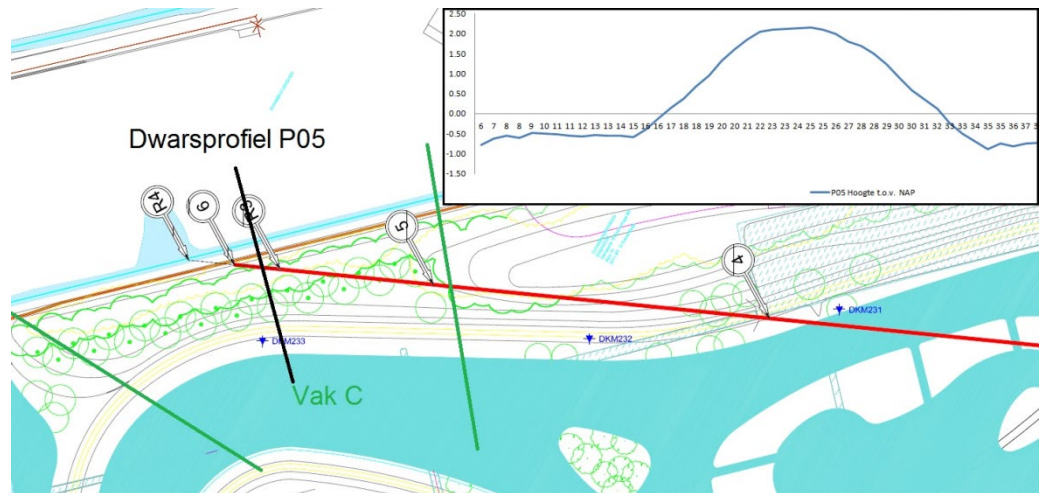
Er wordt geadviseerd de werkzaamheden die binnen het projectgrenzen tussen 2015 en 2016 zijn gepland goed te monitoren zodat bij de aanbesteding van dit werk, de geotechnische randvoorwaarden indien nodig bijgesteld kunnen worden.

7.5.1. Horizontaal gestuurde boring

Door kabelbeheerder Tennet is ontwerp-informatie beschikbaar gesteld met betrekking tot een PE100SDR11 leiding die door een horizontaal gestuurde boring onder de waterberging zal worden aangebracht. Deze boring zal in vak C op maaiveld niveau liggen en ligt nabij de omvangrijke ophogingen op een diepte van NAP -12m tot NAP -35 m. In vak C, waar de leiding relatief ondiep ligt, is de te verwachten invloed

op de leiding als gevolg van ophogingen naar verwachting zeer beperkt. Het op dit moment aanwezige grondlichaam met een hoogte van NAP + 2 m zorgt er voor dat het terrein waar de leiding ondiep komt te liggen voorbelast is. De invloed van de aanpassingen aan het terrein door de nieuwe waterberging is daardoor nihil.

Zie onderstaande figuur voor het AHN profiel van de het huidige maaiveld ter plaatse van profiel P05 vak C.



Figuur 7-1 : Ligging leiding en geometrie huidig maaiveld vak C

Colofon

Opdrachtgever Gemeente Den Haag
Projectorganisatie Rotterdamse Baan

Uitgave Movares Nederland B.V.

Daalseplein 101
Postbus 2855
3500 GW Utrecht

Telefoon 06-53304716

Ondertekenaar drs. G. Colard / B. Dijkstra MSc

Projectnummer RM003006-100

Opgesteld door B. Dijkstra

© 2015, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage I Situatietekening projectgebied Vlietzone

Bijlage II Berekeningsresultaten D-Geo Stability

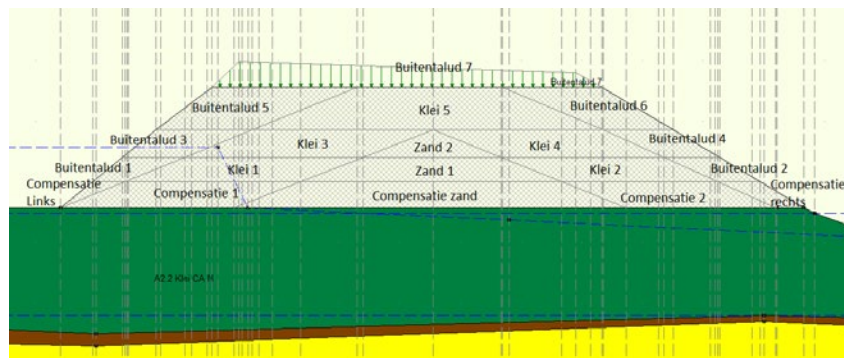
Deze bijlage bestaat uit:

1. Overzicht ophoogfasering bij stabiliteitsberekening en consolidatiegraden
2. Rekenbestanden D-Geo Stability (digitaal bijgevoegd)

Bijlage III Berekeningsresultaten D-Settlement

In deze bijlage zijn de berekeningsresultaten van de D-Settlement berekeningen samengevat. De uitgebreide rapportages van de berekeningen zijn als pdf-bestanden bij dit rapport toegevoegd. Daarnaast zijn de rekenbestanden digitaal verstrekt. De gehanteerde faseringstempo's zijn per dwarsprofielen weergegeven. De optredende zettingen en restzettingen zijn voor de kenmerkende tijdstippen ($t_0 + 2$ jaar – oplevering; 10 jaar – planperiode en 30 jaar – einde van consolidatie) aangegeven.

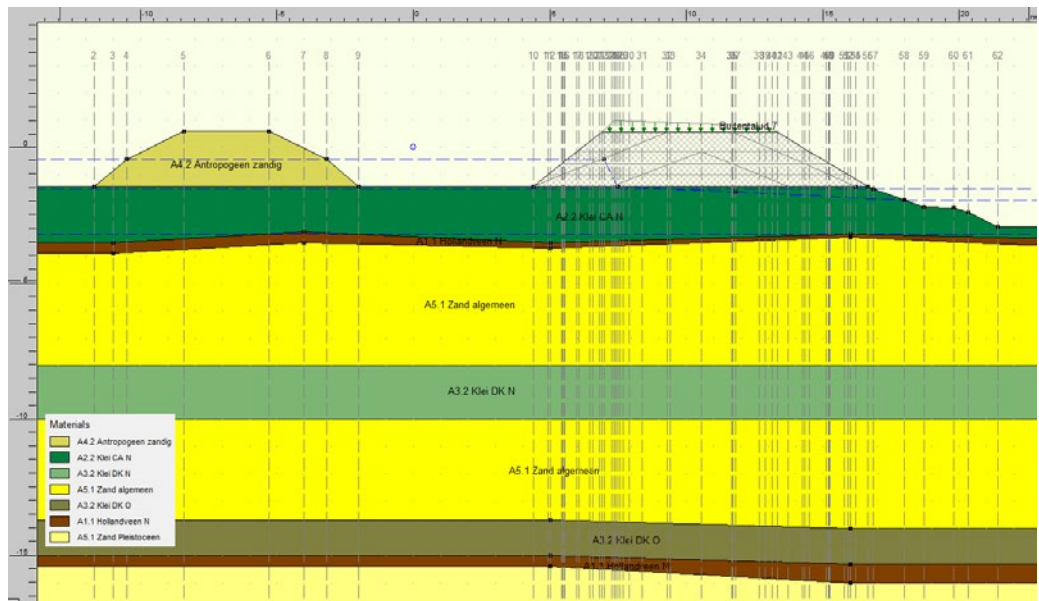
Dwarsprofiel P01



Figuur 1: Input P01 (detail)

Tabel 1: Gehanteerde fasering / ophoogtempo P01

Laag	Tijd (dagen) /Rusttijd	Laag	Tijd (dagen) /Rusttijd
Ontgraving topklei tot NAP-1,45 m / Dempen sloot/Polderpeil op NAP-1,93 m	-1	Rusttijd	2 weken
Compensatie zand	0	Compensatie links	49
Rusttijd	1 week	Compensatie rechts	49
Zand 1	7	Buitentalud 1	49
Zand 2	7	Buitentalud 2	49
Rusttijd	1 week	Rusttijd	1 week
Compensatie 1	14	Buitentalud 3	56
Compensatie 2	14	Buitentalud 4	56
Rusttijd	1 week	Rusttijd	1 week
Klei 1	21	Buitentalud 5	63
Klei 2	21	Buitentalud 6	63
Rusttijd	1 week	Rusttijd	2 weken
Klei 3	28	Buitentalud 7 – Ontgraving tot NAP-2,93 m – Aanbrengen stabilisatie maatregelen	77
Klei 4	28	Rusttijd	5 maanden
Rusttijd	1 week	Watercompensatie vol (NAP-0,13 m) – Waterpeil in berging NAP-1,77 m	231
Klei 5	35		



Figuur 2: Input P01*

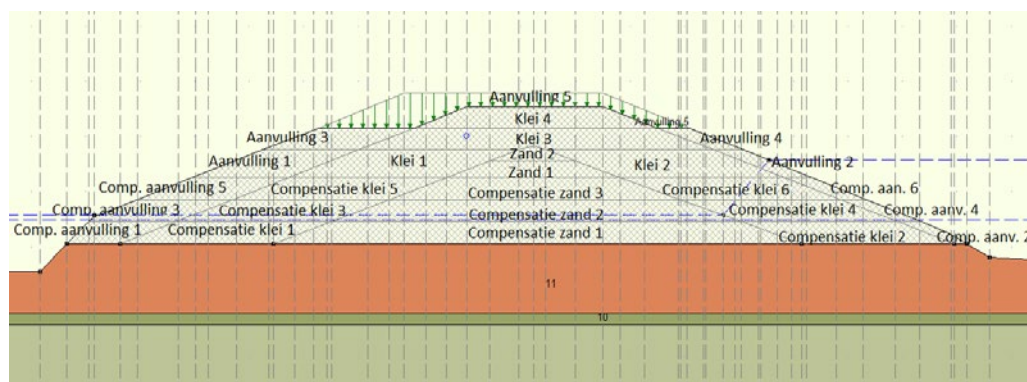
*: Omdat de bestaande Kansjesmolenslootkade geen invloed op de optredende zettingen onder de nieuwe kade zal hebben, is de bestaande kade in deze berekening maar summier geschematiseerd.

Tabel 2: Samenvatting van de optredende zettingen (t.p.v. de waterkering)

Zettingen*	Verticaal					
	10 (teen)	24 (mid. talud)	32 (kruin)	35 (kruin)	43 (mid. talud)	54 (teen talud)
Na 2 jaar	61	245	277	261	210	59
Na 10 jaar	65	261	294	278	224	62
Naar 30 jaar	68	270	305	288	232	65
Restzettingen (na 10 jaar)	3	9	11	10	8	3

* incl. autonome bodemdaling van 1cm / jaar

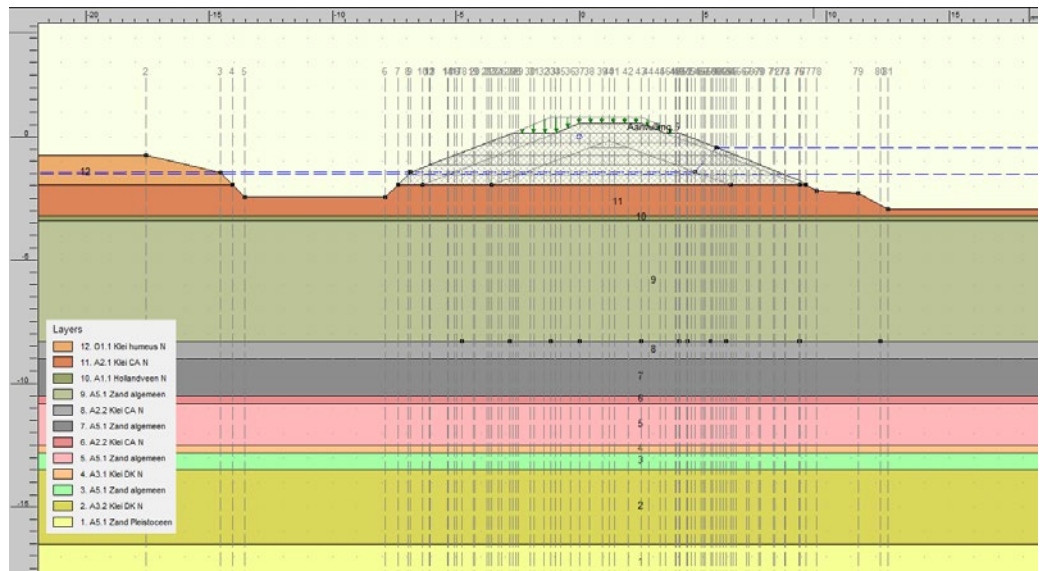
Dwarsprofiel P03



Figuur 3: Input P03 (detail)

Tabel 3: Gehanteerde fasering / ophogtempo P03

Laag	Tijd (dagen) /Rusttijd	Laag	Tijd (dagen) /Rusttijd
Afdammen bestaande sloot/ verlagen polderpeil tot NAP-1,93 m/ ontgraven topklei tot NAP-2,0 m/ Compensatie zand 1	0	Klei 3	49
Compensatie zand 2	0	Klei 4	49
Rusttijd	1 week	Rusttijd	3 maanden
Compensatie zand 3	7	Comp. aanvulling 1	139
Zand 1	7	Comp. aanvulling 2	139
Zand 2	7	Comp. aanvulling 3	139
Rusttijd	1 week	Comp. aanvulling 4	139
Compensatie klei 1	14	Comp. aanvulling 5	139
Compensatie klei 2	14	Comp. aanvulling 6	139
Compensatie klei 3	14	Rusttijd	1 maand
Compensatie klei 4	14	Aanvulling 1	169
Rusttijd	1 week	Aanvulling 2	169
Compensatie klei 5	21	Aanvulling 3	169
Compensatie klei 6	21	Aanvulling 4	169
Klei 1	21	Rusttijd	2 weken
Klei 2	21	Aanvulling 5 / Ontgraving tot NAP-2,93 m/ waterpeil in berging op NAP-1,77 m	184
Rusttijd	4 weken		



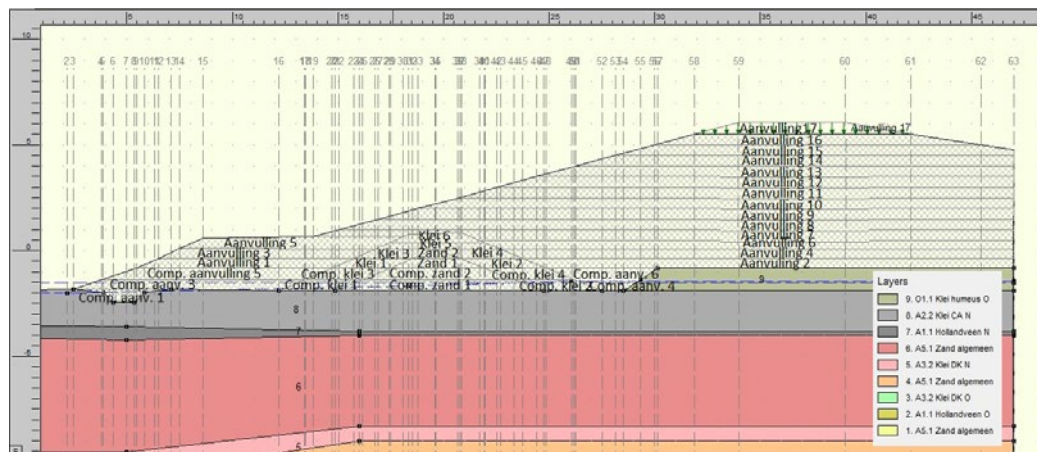
Figuur 4: Input P03

Tabel 4: Samenvatting van de optredende zettingen (t.p.v. de waterkering)

Zettingen*	Verticaal					
	10 (teen)	25/26 (mid.talud)	37 (kruin)	43 (kruin)	58 (mid. talud)	76 (teen talud)
Na 2 jaar	51	145	191	181	131	32
Na 10 jaar	54	151	199	189	138	33
Naar 30 jaar	68	180	227	217	164	42
Restzettingen (na 10 jaar)	14	29	28	28	26	9

* incl. autonome bodemdaling van 1cm / jaar

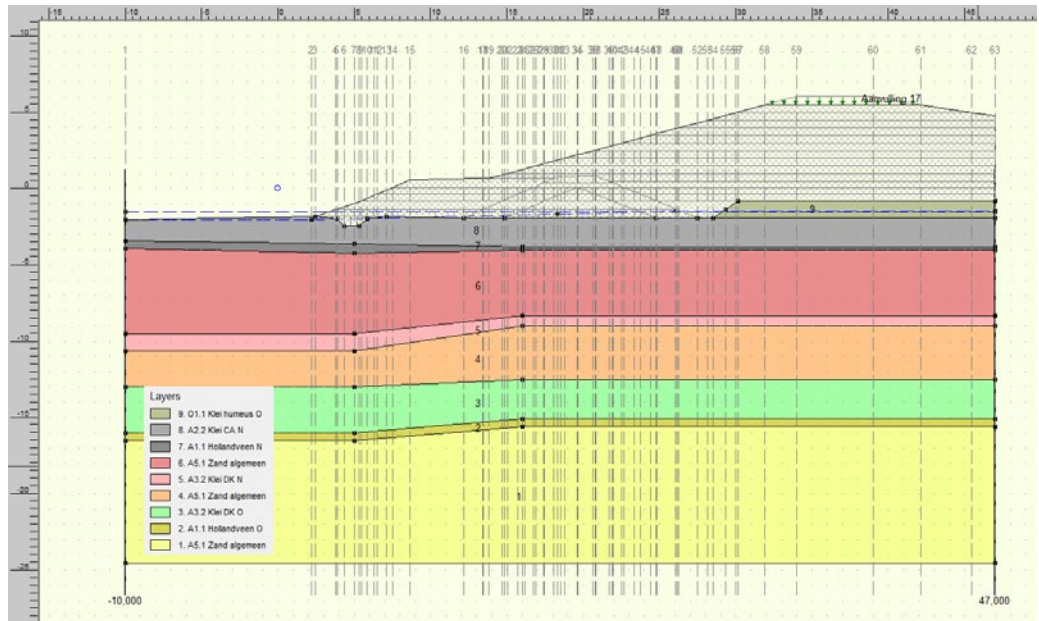
Dwarsprofiel P06



Figuur 5: input P06 (detail)

Tabel 5: Gehanteerde fasering / ophoogtempo P06

Laag	Tijd (dagen) /Rusttijd	Laag	Tijd (dagen) /Rusttijd
Afdammen buiten sloot /Ontgraving topklei tot NAP-1,90 m / Dempen sloot / Verlaging polderpeil tot NAP-1,93 m	-1	Aanvulling 1	63
Compensatie zand 1	0	Aanvulling 1	63
Compensatie zand 2	0	Aanvulling 2	63
Rusttijd	1 week	Rusttijd	1 week
Zand 1	7	Aanvulling 3	70
Zand 2	7	Aanvulling 4	70
Rusttijd	1 week	Rusttijd	1 week
Compensatie klei 1	14	Aanvulling 5	77
Compensatie klei 2	14	Aanvulling 6	77
Compensatie klei 3	14	Aanvulling 7	77
Compensatie klei 4	14	Rusttijd	1 week
Rusttijd	1 week	Aanvulling 8	84
Klei 1	21	Aanvulling 9	84
Klei 2	21	Rusttijd	1 week
Klei 3	21	Aanvulling 10	91
Klei 4	21	Aanvulling 11	91
Rusttijd	1 week	Rusttijd	1 week
Klei 5	28	Aanvulling 12	98
Klei 6	28	Aanvulling 13	98
Rusttijd	2 weken	Rusttijd	2 weken
Comp. aanvulling 1	42	Aanvulling 14	112
Comp. aanvulling 2	42	Aanvulling 15	112
Rusttijd	1 week	Rusttijd	1 week
Comp. aanvulling 3	49	Aanvulling 16	119
Comp. aanvulling 4	49	Aanvulling 17	119
Comp. aanvulling 5	49	Rusttijd	2,5 maanden
Comp. aanvulling 6	49	Ontgraving tot NAP-2,93 m / water in berging op NAP-1,77 m	194
Rusttijd	2 weken		



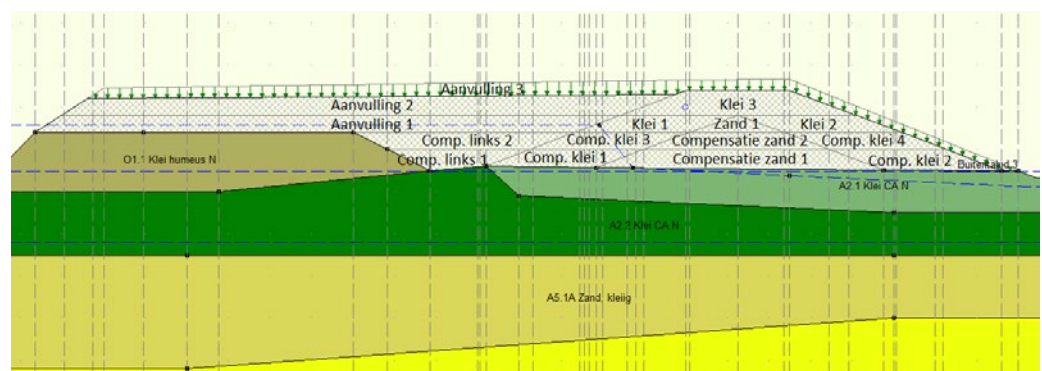
Figuur 6: input P06

Tabel 6: Samenvatting van de optredende zettingen (t.p.v. de waterkering)

Zettingen*	Verticaal					
	16 (teen)	23/25 (mid.talud)	31 (kruin)	37 (kruin)	45 (mid. talud)	52 (teen talud)
Na 2 jaar	302	380	447	488	514	554
Na 10 jaar	321	403	474	518	546	589
Naar 30 jaar	333	418	491	536	566	609
Restzettingen (na 10 jaar)	12	15	15	18	20	20

* incl. autonome bodemdaling van 1cm / jaar

Dwarsprofiel NP21

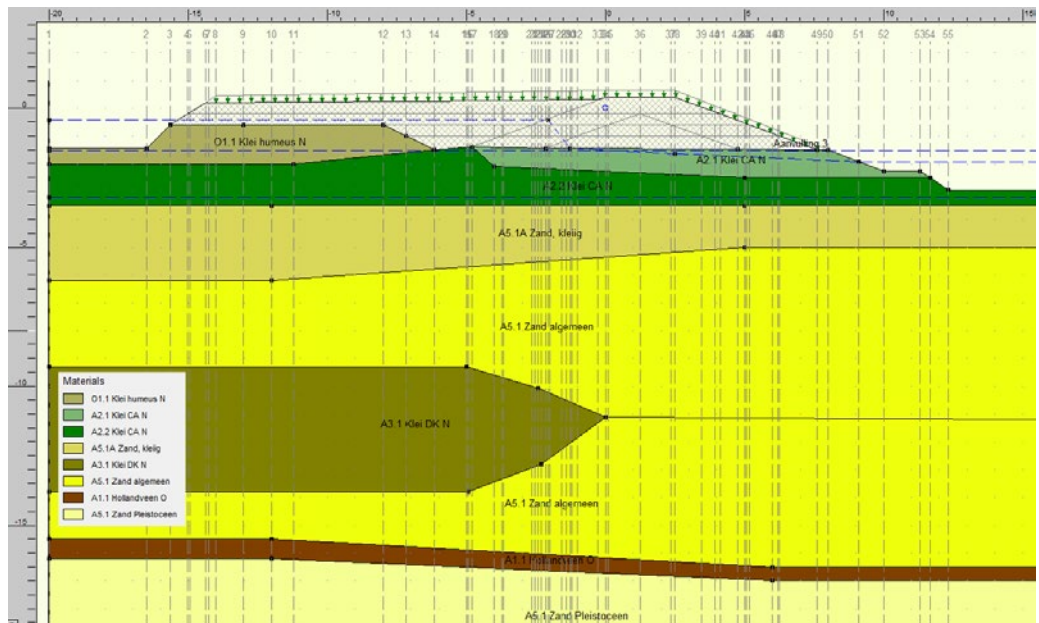


Figuur 7: input NP21 (detail)*

*: Omdat de bestaande Kansjesmolenslootkade geen invloed op de optredende zettingen onder de nieuwe kade zal hebben, is de bestaande kade in deze berekening maar summier geschematiseerd.

Tabel 7: Gehanteerde fasering / ophoogtempo NP21

Laag	Tijd (dagen) /Rusttijd	Laag	Tijd (dagen) /Rusttijd
Ontgraving topklei tot ca. NAP-1,45 m / Dempen sloot /Polderpeil op NAP-1,93 m	0	Rusttijd	1 week
Compensatie zand 1	0	Klei 3	35
Rusttijd	1 week	Rusttijd	2 weken
Compensatie zand 2	7	Comp. aanvulling 1	49
Zand 1	7	Comp. aanvulling 2	49
Rusttijd	1 week	Rusttijd	1 week
Compensatie klei 1	14	Aaanvulling 1	56
Compensatie klei 2	14	Rusttijd	1 weken
Compensatie klei 3	14	Aanvulling 2	63
Compensatie klei 4	14	Rusttijd	2 weken
Rusttijd	2 weken	Aanvulling 3 / Ontgraving tot NAP-2,93 m / Aanbrengen stabilisatie maatregelen	77
Klei 1	28	Rusttijd	5 maanden
Klei 2	28	Watercompensatie vol (NAP-0,13 m) – Waterpeil in berging NAP-1,77 m	231



Figuur 8: Input NP21

Tabel 8: Samenvatting van de optredende zettingen (t.p.v. de waterkering)

Zettingen*	Verticaal					
	17 (teen)	27 (mid.talud)	34 (kruin)	38 (kruin)	41/42 (mid. talud)	79 (teen talud)
Na 2 jaar	149	136	105	90	65	23
Na 10 jaar	159	144	112	96	68	25
Naar 30 jaar	165	150	116	99	71	25
Restzettingen (na 10 jaar)	6	6	4	3	3	0

*incl. autonome bodemdaling van 1cm / jaar