

ACHTER DE BERKE

geotechnisch advies stabiliteit oevers

B.V. Exploitiemaatschappij De Peelhorst

24 JUNI 2020



Contactpersoon



RIMMER KOOPMANS
geotechnisch adviseur

T +31 6 2706 0177
E rimmer.koopmans@arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Plangebied	6
1.3	Optimaal talud van de plas	6
1.4	Leeswijzer	7
2	ONDERGROND	8
2.1	Regis	8
2.2	Lokaal grondonderzoek	10
2.3	Ondergrond schematisatie en grondeigenschappen	11
2.4	Grondwaterstand	12
3	OMGEVING	17
4	BEREKENINGEN	20
4.1	Instabiliteit van het talud	20
4.1.1	Uitgangspunten	21
4.1.2	Veiligheid	21
4.1.3	Resultaten	22
4.2	Deformaties	23
4.3	Bresvloeiing	25
4.3.1	Eenvoudige analyse volgens CUR113	25
4.3.2	Geavanceerd onderzoek	27
4.4	Verwekingsvloeiing	27
4.4.1	Baldi analyse	28
4.4.2	Vervolgstappen CUR113	28
4.4.3	Nadere analyse methode Robertson	30
4.4.4	Nadere analyse laagdikte	30
4.5	Microstabiliteit	31
4.6	Randstrook	32
4.6.1	Vervormingen	32
4.6.2	Gedetailleerde beoordeling oeverinscharing	33

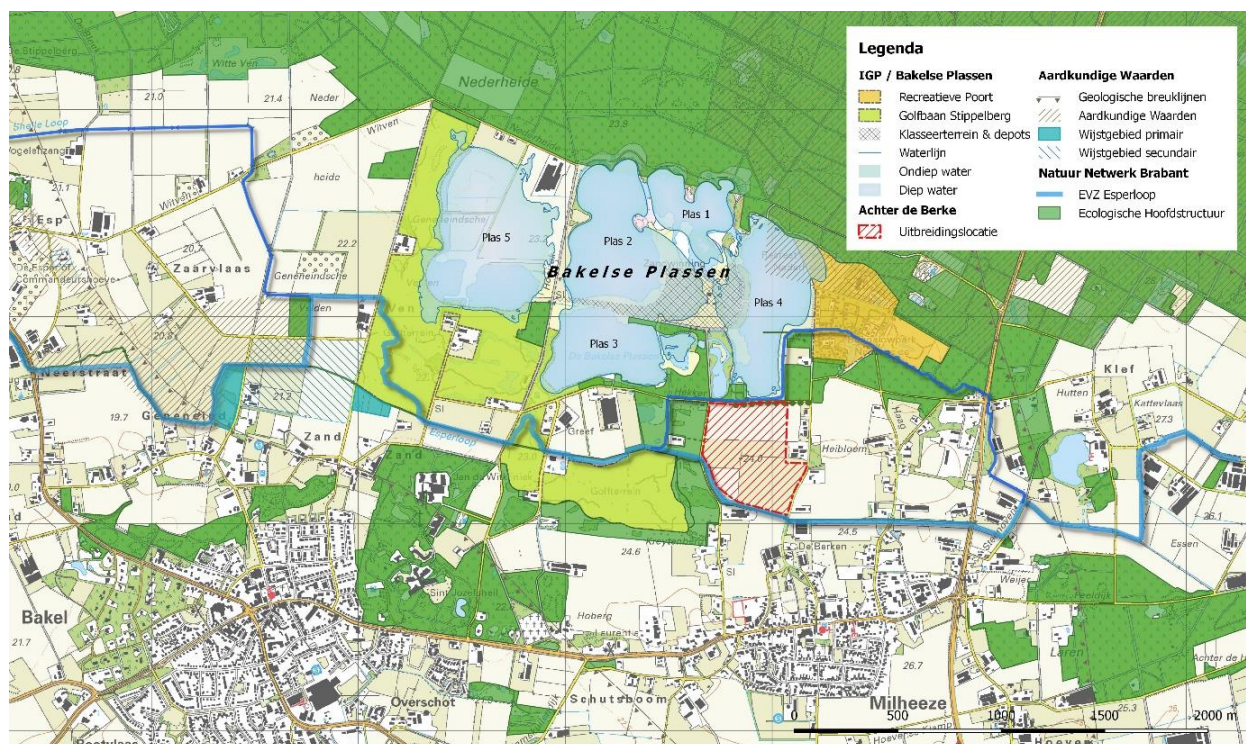
4.6.3	Geavanceerde beoordeling oeverinscharingen	36
4.6.4	Beheersmaatregelen	37
4.7	Stabiliteit oevers waterlopen	37
4.7.1	Snelle Loop	37
4.7.2	Esperloop/Milheezerloop	38
5	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	39
5.1	Conclusies	39
5.2	Aanbevelingen	39
6	VOORKEURSALETERNATIEF	41
6.1	Alternatievenafweging in Milieueffectrapportage	41
6.2	Planbeschrijving Voorkeursalternatief “Witrijt”	41
6.2.1	Inrichtingsplan	41
6.2.2	Voorkeursalternatief Uitvoering	42
6.2.3	Voorkeursalternatief Transport	43
6.2.4	Geotechnische aspecten van het voorkeursalternatief	44
	VERWIJZINGEN	45
	BIJLAGEN	
	BIJLAGE A UITGEVOERDE BORINGEN EN SONDERINGEN	46
	BIJLAGE B VERWEKING VOLGENS BALDI	53
	BIJLAGE C STABILITEITSBEREKENINGEN	60
	BIJLAGE D ZETTINGSBEREKENING	65
	BIJLAGE E DWARSPROFIELEN WATERGANGEN	66
	COLOFON	68

Bijlagenrapport: grondonderzoek Inpijn-Blokpoel, project: 02P013074, 19 april 2019.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

B.V. Exploitatiemaatschappij 'De Peelhorst' (hierna: De Peelhorst) werkt sinds 2009 samen met de gemeente Gemert-Bakel, Waterschap Aa en Maas en de ZLTO aan de gebiedsontwikkeling 'Integraal Gebiedsprogramma Bakel-Milheeze Noord' (IGP), ten zuiden van natuurgebied 'De Stippelberg' in de gemeente Gemert-Bakel (zie Figuur 1). Het oorspronkelijke agrarische landschap wordt in het kader van de Reconstructie Brabantse Zandgronden getransformeerd tot een uitgestrekt natuur- en recreatielandschap, waarbij tevens nieuwe economische dragers, leefbaarheid van het platteland en herstel van natuur en landschap belangrijke thema's zijn. De zandwinning Bakelse Plassen maakt integraal onderdeel uit van deze gebiedsontwikkeling en draagt daar financieel significant aan bij.



Figuur 1: Integraal Gebiedsprogramma (IGP) en plangebied Achter de Berke

In de Bakelse Plassen kan tot 2026 zand worden gewonnen. Momenteel (2019) wordt zand gewonnen in de meest westelijke plas (plas 5; zie Figuur 1). De afgelopen periode is gebleken dat het gewonnen zand in deze plas niet de gewenste samenstelling heeft; er blijkt veel meer slecht bruikbaar fijn zand te zitten in plaats van het gewenste grove, hoekige zand dat nodig is om beton- en metselzand te produceren. Vanwege de tegenvallende zandkwaliteit verwacht De Peelhorst dat met de huidige zandwinning nog slechts 3 tot 4 jaar voldoende beton- en metselzand kan worden geproduceerd dat aan de huidige hoge kwaliteitseisen voldoet. Om ook de komende jaren te kunnen blijven voorzien in de regionale behoefte aan zand en grind van hoge kwaliteit is er op 28 juli 2017 een verzoek bij de gemeente Gemert-Bakel ingediend om medewerking te verlenen aan een beperkte uitbreiding van de Bakelse Plassen. De gemeente heeft op 30 januari 2018 laten weten dat zij positief staat tegenover een uitbreiding van de Bakelse Plassen onder de voorwaarden dat de gekozen locatie de best haalbare locatie is en een bijdrage wordt geleverd aan de landschappelijk en functionele inbedding van de plas in zijn omgeving.

De Peelhorst heeft de uitbreidingsmogelijkheden in een locatie-afweging nader beschouwd. Op basis van de randvoorwaarden en belemmeringen die voortvloeien uit onder meer het vigerende (natuur)beleid, actuele waarden, economische belangen en zandvoorkomen in de ondergrond is een uitbreidingslocatie geselecteerd. De uitbreidingslocatie ligt ten zuidoosten van de Bakelse Plassen (zie Figuur 1). Op deze locatie kan een uitbreiding van de zandwinning worden ontplooid op een agrarisch perceel met een omvang van circa 19 ha. Het op deze locatie aanwezige zand in de ondergrond kent een grovere structuur en kan op de bestaande klasseerinstallatie worden gemengd met het relatief fijnere zand uit de westelijke plas (plas 5), zodat de door de markt gewenste zandproducten van hoge kwaliteit kunnen worden samengesteld.

Het is niet mogelijk deze voorgenomen activiteit binnen het vigerende bestemmingsplan te realiseren. Om het plan te kunnen realiseren, is derhalve een wijziging van de bestemming noodzakelijk. Daarnaast moeten diverse vergunningen worden verkregen, waaronder een ontgrondingsvergunning. Ten behoeve van de ontgrondingsvergunning zal ook een beperkte project-MER worden opgesteld.

1.2 Plangebied

De uitbreidingslocatie ligt ten zuidoosten van de Bakelse Plassen. Het gebied ligt tussen de Bakelse Plassen en Milheeze en wordt globaal begrensd door de wegen Kreijtenberg, Hekker en Heibloem. Aan de zuidzijde grenst het plangebied aan de Ecologische Verbindingszone van de Esperloop (EVZ). Deze locatie noemen we “Achter de Berke”, welke naam haar oorsprong vindt in de geografische ligging van de locatie achter de buurtschap De Berke(n), gezien vanuit Milheeze. Buurtschap De Berken wordt op oude kaarten ook wel aangeduid als De Berke of Berkei. Locatie Achter de Berke is aangeduid in Figuur 1.

Het gebied is in de huidige situatie in agrarisch gebruik, voornamelijk als akker en weide. Langs de oost- en westrand van het gebied liggen enkele erven van woonbebouwing en een agrarisch bedrijf. Aan de Noord- en Westzijde wordt de locatie omzoomd door laanbeplantingen (Zomereik) langs de wegen. Langs de Hekker ligt een historische houtwal.

1.3 Optimaal talud van de plas

Ten behoeve van de bestemmingsplanwijziging, de verschillende vergunningen en de beperkte project-MER dient te worden vastgesteld binnen welke contour en met welke taludhelling de zandwinning veilig kan worden gerealiseerd. Daarbij wordt rekening gehouden met enerzijds het belang van voldoende omvang van zandwinning en anderzijds de zorgen van de omwonenden. In de voorliggende geotechnische onderzoeksrapportage worden taludberekeningen en een deformatieberekening (zwel) gepresenteerd, die op de volgende vragen antwoord geven:

- Onder welke helling kan er veilig zand gewonnen worden?
- Is er sprake van significante invloed op de omgeving/bebouwing door de ontgraving (deformaties en invloed op aardwarmtesystemen)?
- Is er sprake van een significante invloed op het oppervlaktewatersysteem?

Om de bovenstaande vragen te beantwoorden zijn de volgende geotechnische onderzoeken, analyses en berekeningen uitgevoerd:

- grondonderzoek;
- interpretatie van het uitgevoerde grondonderzoek;
- verwerkingsgevoeligheid;
- macrostabiliteit eindsituatie ongeroerde bodem;
- macrostabiliteit uitvoering;
- macrostabiliteit eindsituatie (met geroerde grond in de oevers);
- zettingsberekening met ontgravingsbelasting;
- analyse van de stabiliteit van oevers van waterlopen rondom de plas.

Ten behoeve van de beperkte project-MER zijn verschillende inrichtingsalternatieven en varianten bedacht. Deze kenmerken zich allen door een variërende afstand tot de projectgrens, in ieder geval groter dan de minimaal voorgeschreven afstand van 10 meter en aangevuld met een gegeven afstand tot aanwezige bebouwing. Daarnaast kenmerken deze zich door een zekere steilheid van het talud. In de voorliggende rapportage wordt niet ieder inrichtingsalternatief apart beschouwd. Er zal daarvoor in de plaats een maximale ontgraving onder de loep worden genomen, die precies op de minimale afstand van 10 meter vanaf de projectgrens ligt en waarvoor het steilst mogelijke talud zal worden bepaald. Deze zogenaamde “maxbak” is daarmee maatgevend voor alle inrichtingsalternatieven en tevens voor het uiteindelijk te kiezen voorkeursalternatief.

1.4 Leeswijzer

In de navolgende hoofdstukken wordt verslag gedaan van het grondonderzoek (hoofdstuk 2), de uitgevoerde analyses (hoofdstuk 3) en de resultaten van de berekeningen (hoofdstuk 4). In hoofdstuk 5 worden aanbevelingen gedaan en in hoofdstuk 6 tenslotte wordt het uiteindelijk gekozen voorkeursalternatief behandeld.

2 ONDERGROND

De ondergrond wordt in drie stappen nauwkeurig geschematiseerd. Eerst op basis van een algemeen geologisch ondergrondmodel genaamd "Regis". Vervolgens wordt dit model verfijnd met het extra grondonderzoek dat is uitgevoerd in de omgeving, met als laatste stap het toekennen van sterkteparameters voor de verschillende ondergrondlagen.

In de omgeving zijn boringen beschikbaar van Teunesen (tot 31 meter diepte) en in het kader van onderhavig onderzoek zijn sonderingen uitgevoerd, met daarbij enkele boringen om grindlagen te penetreren.

2.1 Regis

Uit Regis volgt de bodemopbouw zoals weergegeven in Figuur 2. Er zijn vier zogenaamde formaties (geologisch gezien gelijke afzettingsgeschiedenis) aanwezig in de ondergrond. Hieronder volgt een beschrijving van elke laag.

BE: Formatie van Beegden

In het algemeen mogen in deze formatie de volgende grondsoorten worden verwacht:

- Zand, matig grof tot uiterst grof (210 - 2000 μm), zwak tot sterk grindig.
- Grind, fijn tot zeer grof (2 - 63 mm), zwak tot uiterst zandig.

De meest voorkomende grondsoort is:

- Zand, matig grof tot uiterst grof (210 - 2000 μm), zwak tot sterk grindig.

WA: Formatie van Waalre

In het algemeen mogen in deze formatie de volgende grondsoorten worden verwacht:

- Klei, sterk zandig tot zwak siltig, stevig, horizontaal gelaagd (soms met dunne laagjes uiterst fijn tot matig fijn (63 - 210 μm) zand).
- Zand, uiterst fijn tot uiterst grof (63 - 2000 μm).

De meest voorkomende grondsoort is:

- Zand, uiterst fijn tot uiterst grof (63 - 2000 μm).

PZ: Formatie van Peize

In het algemeen mogen in deze formatie de volgende grondsoorten worden verwacht:

- Zand, matig grof tot uiterst grof (210 - 2000 μm), zwak tot matig grindig (fijn en matig grof; 2 - 16 mm), in de fractie fijn grind zeer veel restkwarts.

De meest voorkomende grondsoort is:

- Zand, matig grof tot uiterst grof (210 - 2000 μm), zwak tot matig grindig (fijn en matig grof ; 2 - 16 mm).

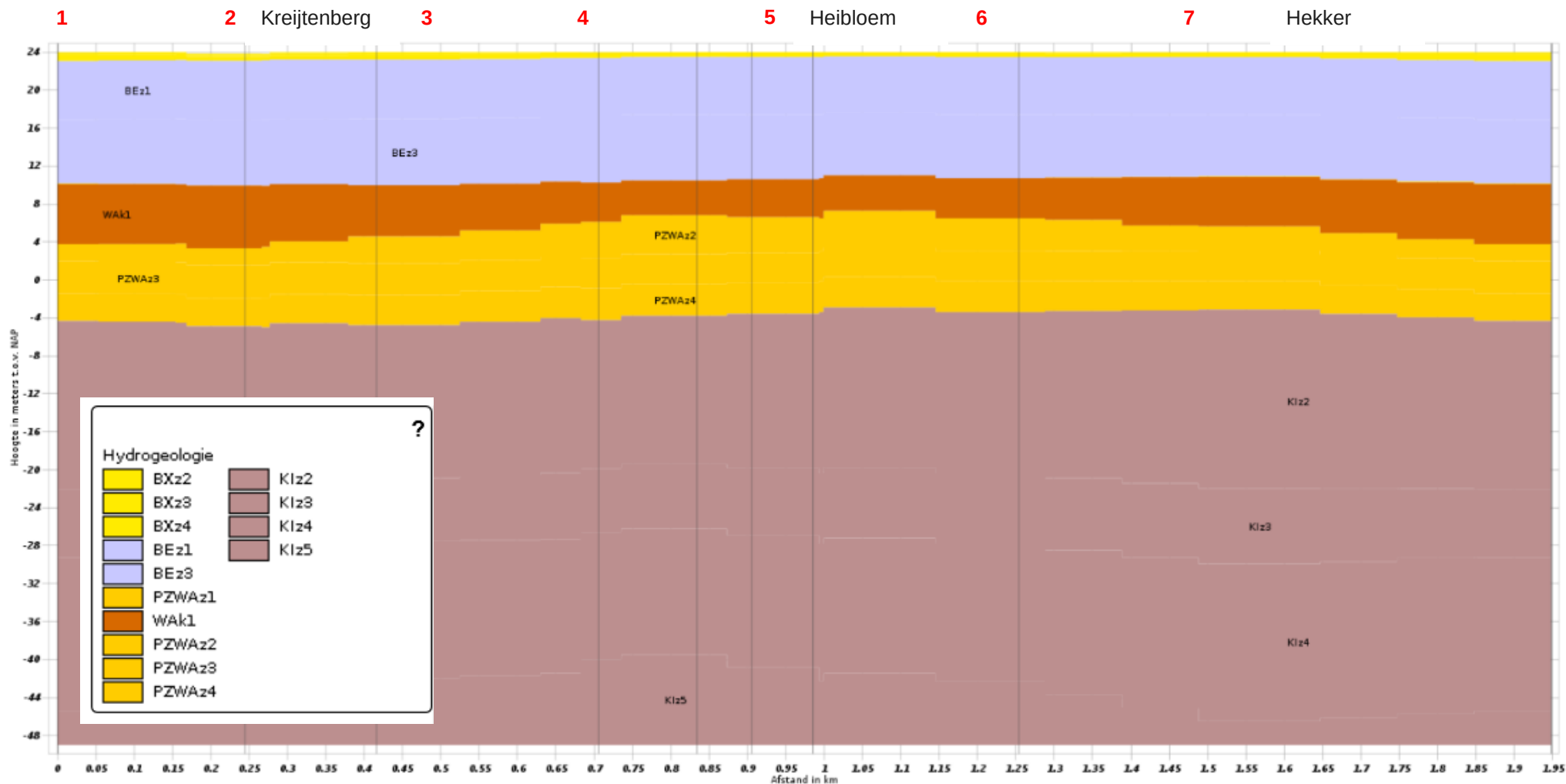
KI: Kiezeloöliet Formatie

In het algemeen mogen in deze formatie de volgende grondsoorten worden verwacht:

- Zand, zeer fijn tot uiterst grof (105 - 2000 μm).
- Klei, zwak zandig tot zwak siltig, op veel plaatsen met tot bruinkool ingekoolde veenlagen.
- Grind, fijn tot zeer grof (2-63 mm).

De meest voorkomende grondsoort is:

- Zand, uiterst fijn tot uiterst grof (63 - 2000 μm).



Figuur 2: Regis ondergrond schematisatie

Van links naar rechts komt overeen met sondering 1 t/m 7 in Figuur 3. Voor de duidelijkheid zijn ook de straatnamen rond de plas indicatief vermeld boven aan in Figuur 2. De doorsnede bevindt zich globaal op de projectgrens rondom de plas.

2.2 Lokaal grondonderzoek

Ter controle van het Regis-model en in het belang van de zorg van de omwonenden, is lokaal grondonderzoek uitgevoerd. Daarbij is afgeweken van de minimale dieptes van de sonderingen volgens tabel 1 uit CUR113, omdat:

- als aan de eisen uit 4.2.1 wordt voldaan van CUR 113 mag ook op basis van archiefonderzoek worden ontworpen;
- het is op voorhand niet noodzakelijk is geacht, gelet op de aanwezigheid van tertiaire Kiezeloöliet zanden tot grote diepte (volgens Regis), om tot een diepte van 50 meter te sonderen;
- het waardevolle zand aanwezig is tussen 8 en 28 meter diepte. Tussen 28 en 34 meter is vooral “werkruimte” voor het baggermateriaal. Het is dus maar de vraag of overal werkelijk tot 34 meter diepte al het zand wordt weggehaald;
- het Kiezeloölietzand meestal vast gepakt is (dat blijkt ook hier wederom, dus is er geen reden geweest om aanvullend toch dieper te sonderen).

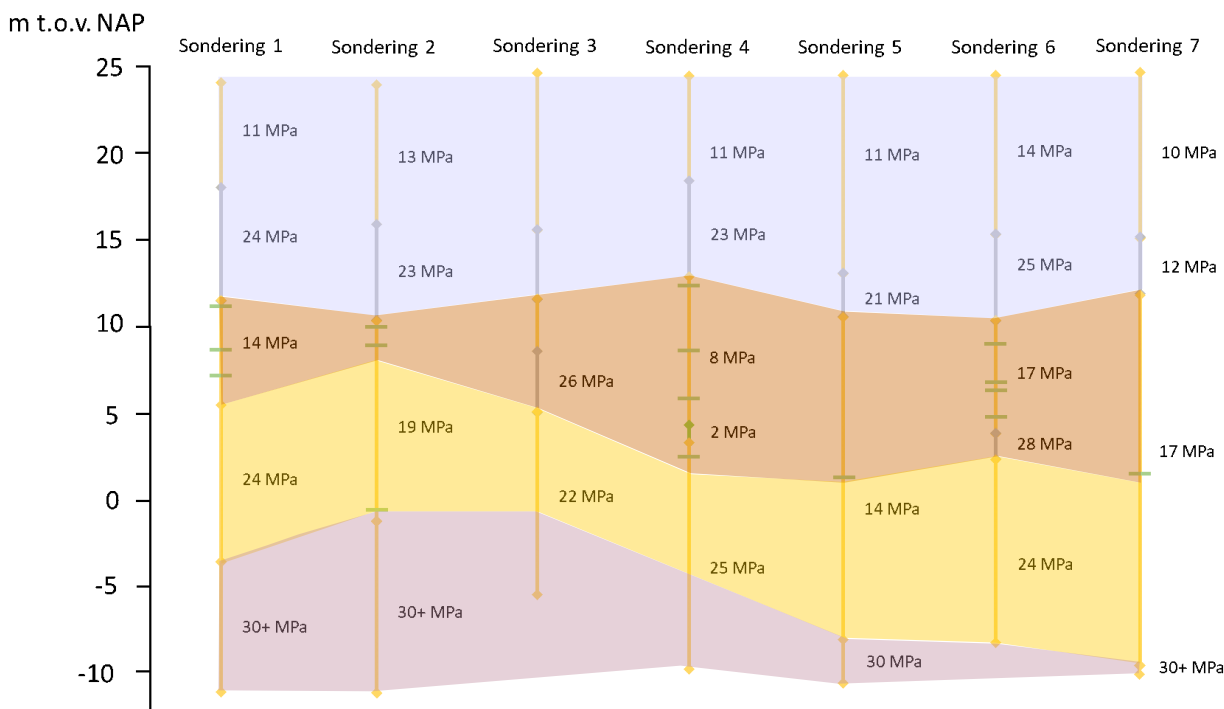
Het lokale grondonderzoek bestaat uit zeven sonderingen, zie Figuur 3 en Bijlage A, waarmee de samenstelling van de ondergrond gedetailleerder in beeld is gebracht. Bij sondering 3, 6 en 7 is ook een boring tot een diepte van NAP +9,0 meter gezet. De sonderingen zijn vanwege aanwezigheid van aardwarmtesystemen niet precies gelijkmatig verdeeld langs de oever van de winning. Dicht bij de aardwarmtesystemen zijn de sonderingen dicht bij elkaar uitgevoerd.

De kleefsonderingen zijn voorgeboord tot 15 meter diepte vanwege de kans op beschadiging van de conus in de aanwezige grindlagen. Om die reden zijn er ook sonderingen met een mechanische conus uitgevoerd.



Figuur 3: Locaties grondonderzoek (sonderingen)

De sonderingen zijn geïnterpreteerd en samengevoegd in Figuur 4. Per grondlaag is de gemiddelde conusweerstand berekend en vermeld.



Figuur 4: Overzicht grondonderzoek op basis interpretatie van conusweerstand (MPa) in sonderingen

Van boven naar beneden zijn in Figuur 4 de vier aanwezige formaties te zien Beegden (lila), Waalre (bruin), Peize (okergeel) en Kiezeloöliet (oud roze).

Het lokaal uitgevoerd onderzoek bevestigt Regis met dien verstande dat lagen lokaal in dikte en samenstelling variëren. In sondering 2 is bijvoorbeeld onderin de Peize formatie een kleilaag aanwezig. Met deze gegevens over de bodemopbouw kunnen grondeigenschappen worden afgeleid voor de geotechnische berekeningen.

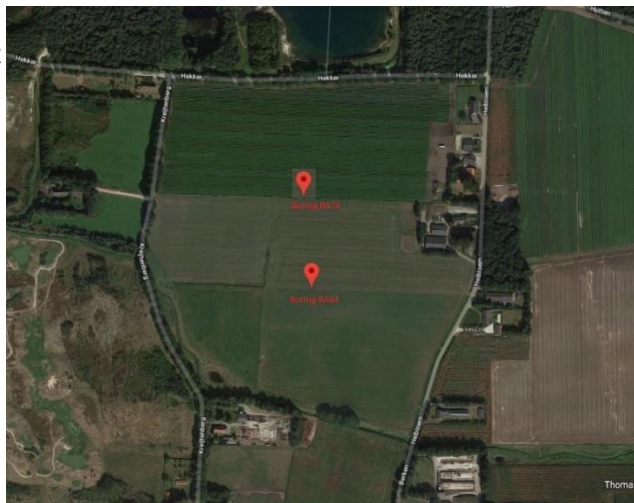
2.3 Ondergrond schematisatie en grondeigenschappen

De bodemopbouw is grofweg zand op grind (Beegden), op gelaagd pakket (Waalre en Peize), met daaronder zand (Kiezeloöliet). Dit is op basis van het lokale grondonderzoek geschematiseerd zoals vermeld in Tabel 2 op pagina 13.

De zandgrofheid van de diepte lagen is afgeleid uit de boringen van Teunesen, die zijn uitgevoerd om de opbrengst aan waardevolle industriezanden en grind te onderzoeken.

Er zijn twee boringen uitgevoerd tot een diepte van 31 meter, midden op de beoogde winlocatie (zie Figuur 5).

Van alle opgeboorde lagen zijn mengmonsters verzameld en in een laboratorium gezeefd.



Figuur 5: Locatie uitgevoerde boringen

Wanneer meer in detail naar de gelaagdheid wordt gekeken, valt op dat er lokaal een dunne laag siltig zand, leem of klei aanwezig is. In Tabel 1 is dit verder uitgewerkt. Geconcludeerd wordt dat de gemiddelde gesommeerde dikte van cohesieve lagen 0,4 meter bedraagt en dat gemiddeld twee cohesieve lagen aanwezig zijn per sondering. Dit is conservatief geschematiseerd tot twee lagen van elk 0,5 meter diepte op de grens van Waalre en Peize alsmede Peize en Kiezeloöliet.

Tabel 1: Lagen met cohesie in het bodemprofiel

sondering	diepte 1	diepte 2	diepte 3	diepte 4	diepte 5
1	geen bodemlagen met qc < 5 MPa	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
2	NAP +10 m, qc = 3 MPa, dikte = 0,1 m	NAP +9 m, qc = 3,5 MPa, dikte = 0,2 m	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
3	geen bodemlagen met qc < 5 MPa	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
4	NAP +13 m, qc = 2,5 MPa, dikte = 0,1 m	NAP +12,5 m, qc = 2,5 MPa, dikte = 0,1 m	NAP +6,15 m, qc = 2 MPa, dikte = 0,3 m	NAP +4 m, qc = 1 à 2 MPa, dikte = 0,8 m	NAP +2 m, qc = 1,5 MPa, dikte = 0,05 m
5	geen bodemlagen met qc < 5 MPa	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6	NAP +9 m, qc = 5 MPa, dikte = 0,1 m	NAP +4 m, qc = 5 MPa, dikte = 0,5 m	NAP +3,5 m, qc = 5 MPa, dikte = 0,1 m	n.v.t.	n.v.t.
7	NAP +18 m, qc = 2,5 MPa, dikte = 0,1 m	NAP +16,5 m, qc = 3 MPa, dikte = 0,2 m	NAP +1,5 m, qc = 4,5 MPa, dikte = 0,1 m	n.v.t.	n.v.t.

2.4 Grondwaterstand

In totaal zijn er drie verschillende bronnen gehanteerd voor het afleiden van de grondwaterstand:

- De boringen en sonderingen van het grondonderzoek uitgevoerd door Inpijn Blokpoel (2019).
- Sonderingen uit de GeoDelft rapportage (2008).
- De peilbuiswaarnemingen uit het meetnet rondom de Bakelse Plassen in de periode 1994 tot juni 2019.

Bij het boren is een grondwaterstand van NAP +22,46 meter en NAP + 23,12 meter gemeten. Gemiddeld levert dit een grondwaterstand van NAP +22,8 meter. Met het maaiveld op gemiddeld NAP +24,0 meter is dit ongeveer 1,2 meter onder het maaiveld. Bij sondering 3 en 6 zijn waterspanningen gemeten. Het afleiden van de grondwaterstand op basis van deze sonderingen bevestigt de waarde van NAP +22,8 meter, zie Bijlage A.

Uit de sonderingen met waterspanning van het Geodelft (GeoDelft, 2007) onderzoek bij Plas 5 van de Bakelse Plassen is een gemiddelde grondwaterstand van NAP +22,5 meter bepaald. Dit is 0,3 meter lager dan de waterstand die uit de huidige metingen volgt, maar ligt gelet op regionale verschillen in de grondwaterstroming in de lijn der verwachting.

Uit het beschikbare MODFLOW model (bron: Hydrologische effectberekening Achter De Berke, Witteveen+Bos 18 december 2018, Referentie 108025/18-019.733), volgt dat de waterstand op de nieuwe plas zich zal gaan bewegen tussen NAP +22,6 meter en NAP +23,0 meter. In Figuur 6 is dit weergegeven.

In Figuur 7 tot en met Figuur 9 zijn gegevens van peilbuizen weergegeven. Daaruit volgt dat de grondwaterstand zich oostelijk van de nieuw winlocatie tussen NAP +22,5 meter en NAP +23 meter bevindt (enkele uitschieters daar gelaten). Westelijk is de grondwaterstand ongeveer een kwart meter hoger.

Gelet op de beschikbare gegevens wordt een gemiddelde waarde van NAP +22,8 meter aangehouden.

Tabel 2: Laagopbouw en gemiddelde conusweerstand

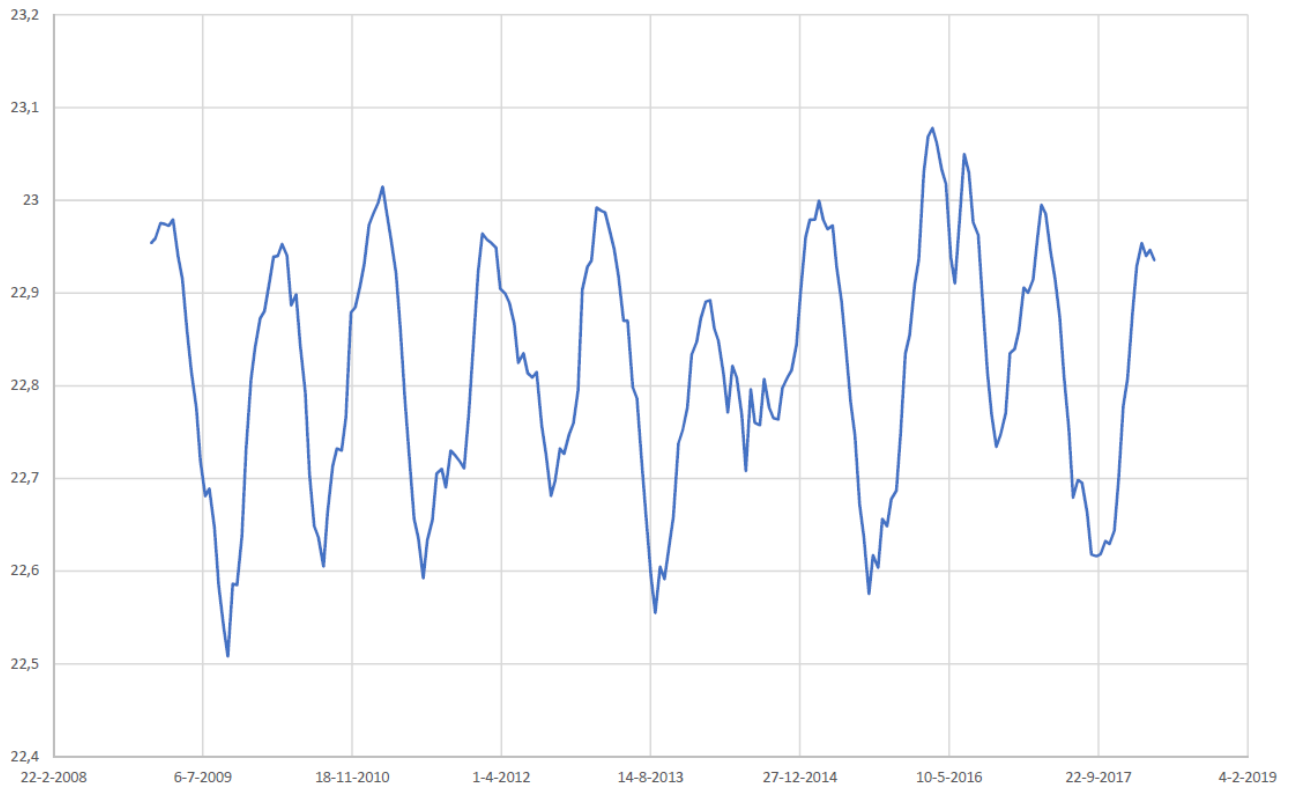
Laag	Boven-/onder- kant [mNAP]	$q_{c,gem}$ [MPa]	$d_{50,gem}$ [mm]	$d_{15,gem}$ [mm]	vol.gew. [kN/m ³]	ϕ_d [°]	c'_d [kN/m ²]
Zand (Beegden)	24 / 16	12	0,34	0,18	18/20	28,4	0
Grind (Beegden)	16 / 11	23	0,68	0,36	19/21	30,3	0
Zand (Waalre en Peize)	11 / -4	17	1,04	0,41	18/20	29,3	0
Klei (Waalre en Peize) *	6,5 / 6,0 / 0,5 / 0	2	0,35	0,22	19/19	19,0	3,5
Zand (Kiezeloöliet)	-4 / -11	> 30	0,34	0,18	19/21	30,3	0

* klei tussenlagen van enkele decimeters dikte in het pakket van Waalre en Peize

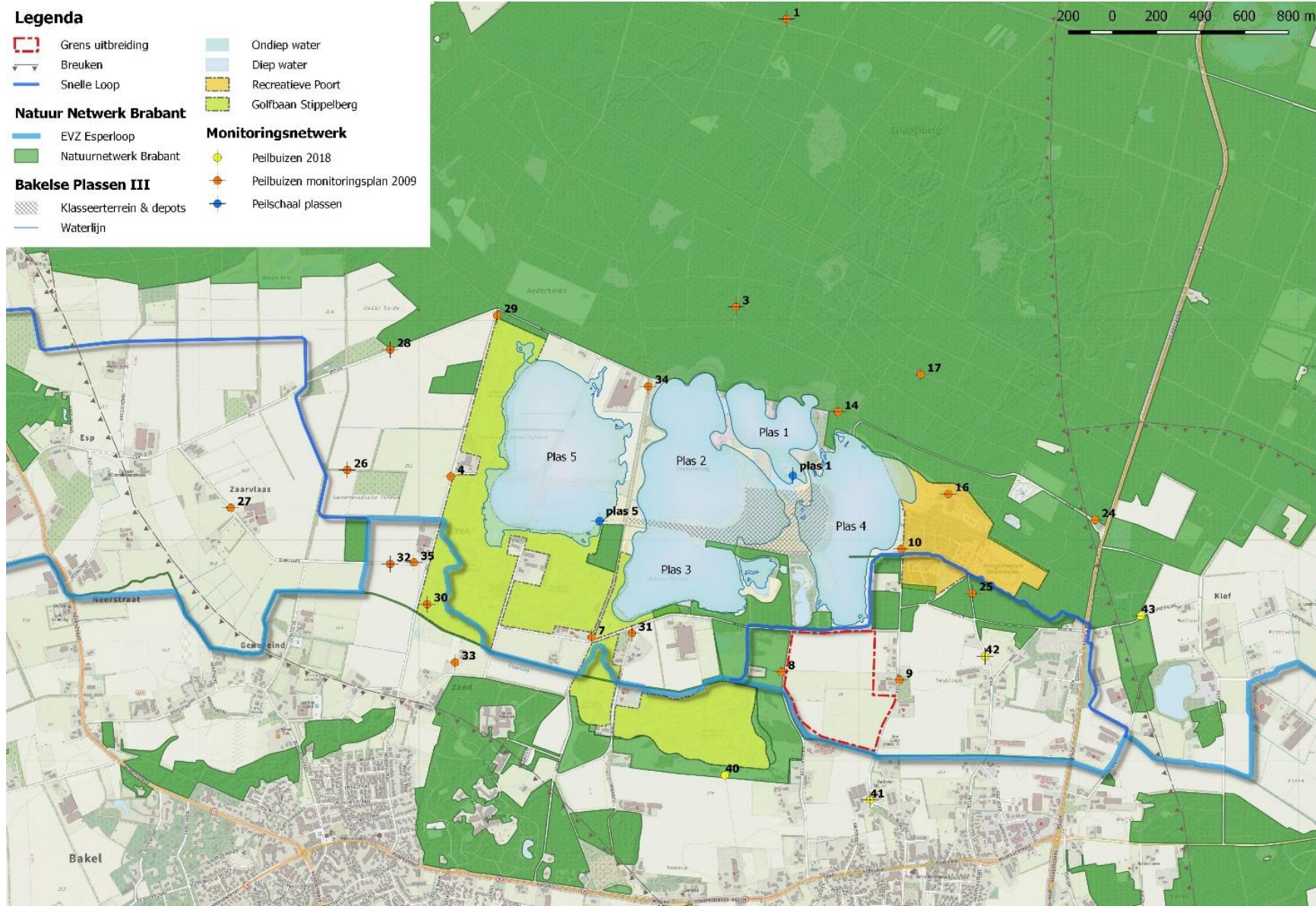
Waarin:

- $q_{c,gem}$ = Gemiddelde conusweerstand
- $d_{50,gem}$ = gemiddelde grofheid zand en grind gezamenlijk
- $d_{15,gem}$ = Gemiddelde waarde van de 15% fijnste delen van het zand en grind gezamenlijk
- vol.gew. = Volume gewicht
- ϕ_d = Rekenwaarde hoek van inwendige wrijving
- c'_d = Rekenwaarde effectieve cohesie

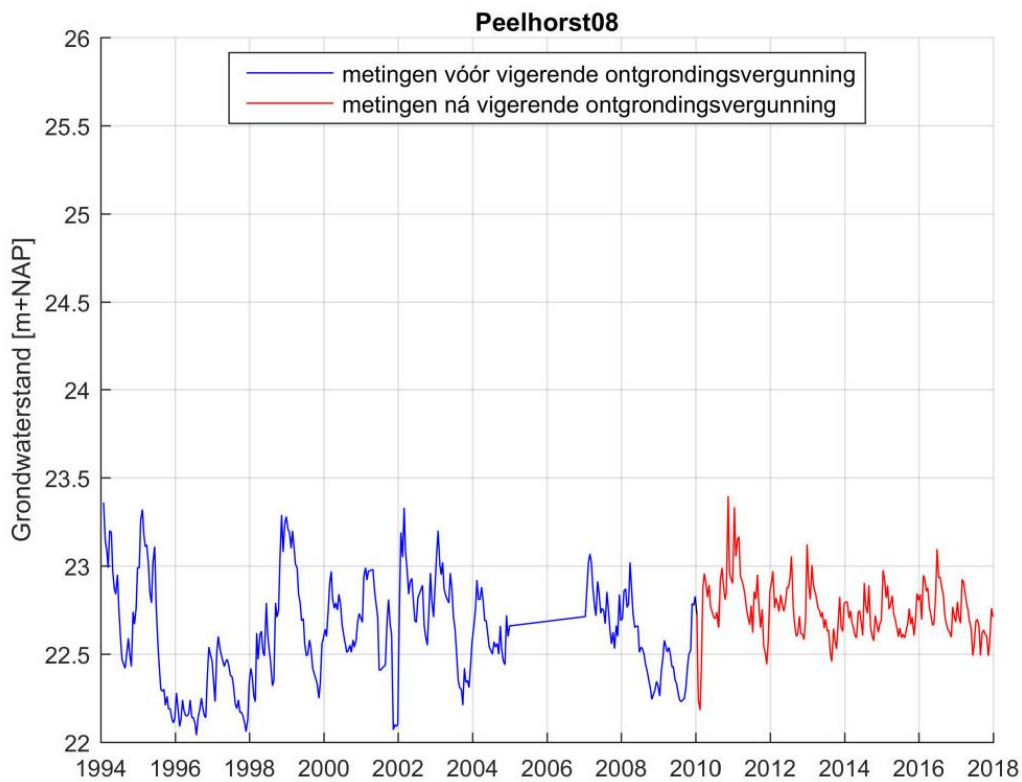
De parameters voor de deformatieberekeningen zijn opgenomen in Tabel 5 op pagina 24.



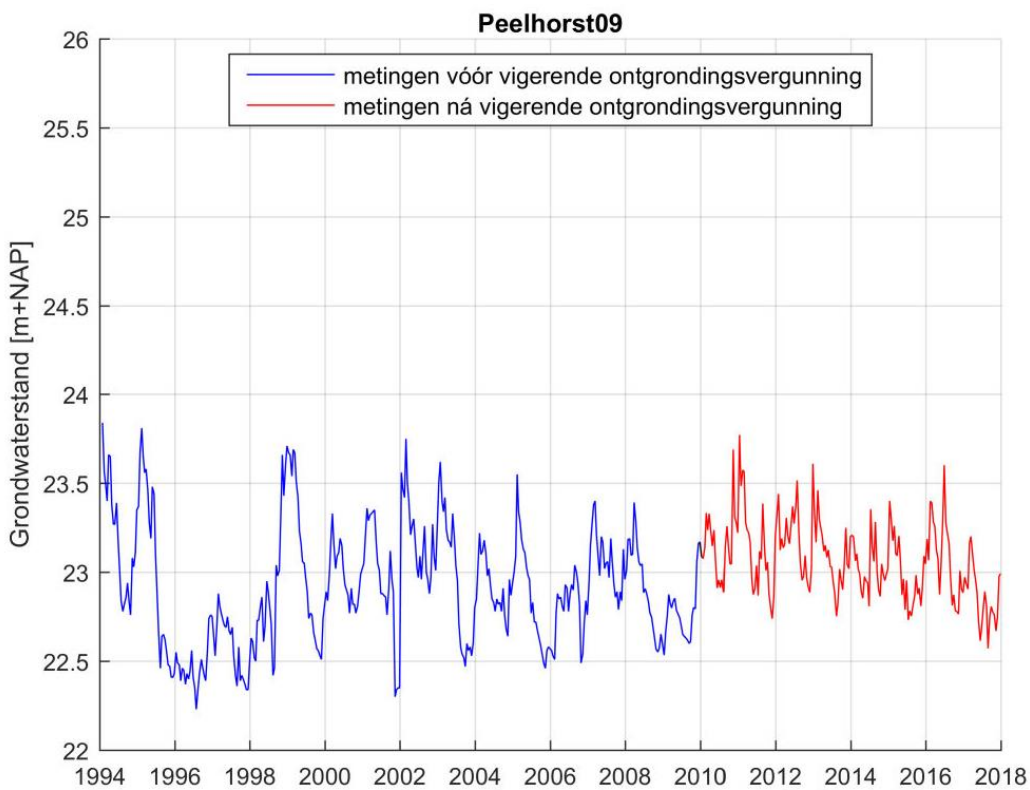
Figuur 6: Resultaat modelberekening met MODFLOW van waterstand op de nieuwe plas



Figuur 7: Locaties peilbuizen



Figuur 8: Grondwaterstand meetreeks peilbuis 8



Figuur 9: Grondwaterstand meetreeks peilbuis 9

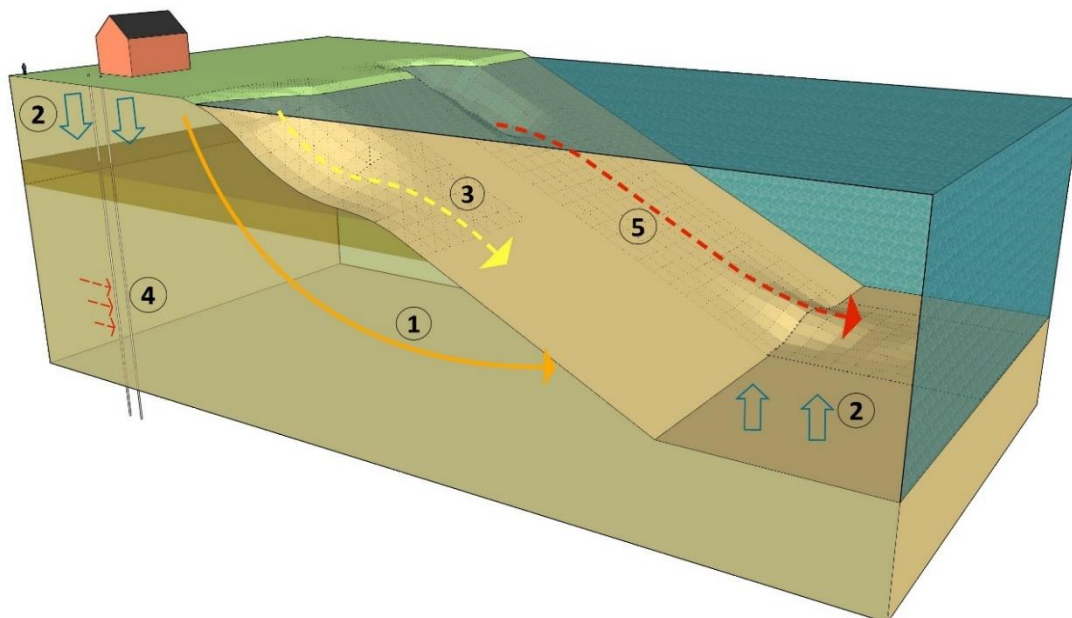
3 OMGEVING

Rondom de beoogde zandwinning op de locatie Achter de Berke liggen woningen, bedrijven, wegen en waterlopen. De zandwinning mag geen effect hebben op de stabiliteit van de omliggende percelen en objecten en moet veilig gerealiseerd kunnen worden. Daarom is het van belang om te onderkennen welke geotechnische analyses allemaal nodig zijn en ook welke objecten in de omgeving (woningen, wegen en waterlopen) aanwezig zijn.

In Figuur 10 is een overzicht gegeven van de geotechnische mechanismen die in beschouwing moeten worden genomen in de veiligheidsanalyse van de bebouwing. Het gaat om de volgende mechanismen, die in de figuur gelijk genummerd zijn.

1. Afschuiving, met over het algemeen grote grondverplaatsingen tot gevolg.
2. Zwell wat wordt gevolgd door zetting, met beperkte grondverplaatsingen tot gevolg.
3. Bresvloeiing, met over het algemeen grote grondverplaatsingen tot gevolg.
4. Vervorming aardwarmtesystemen, als indirect gevolg van een ander mechanisme.
5. Zettingsvloeiing, met zeer grote grondverplaatsingen als gevolg.

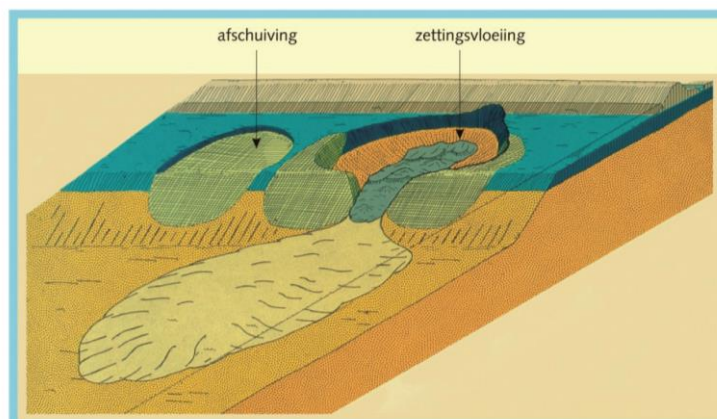
Naast de vijf mechanismen die relevant zijn voor de bebouwing speelt nog de invloed van waterlopen en (het waterpeil op) de plas over en weer.

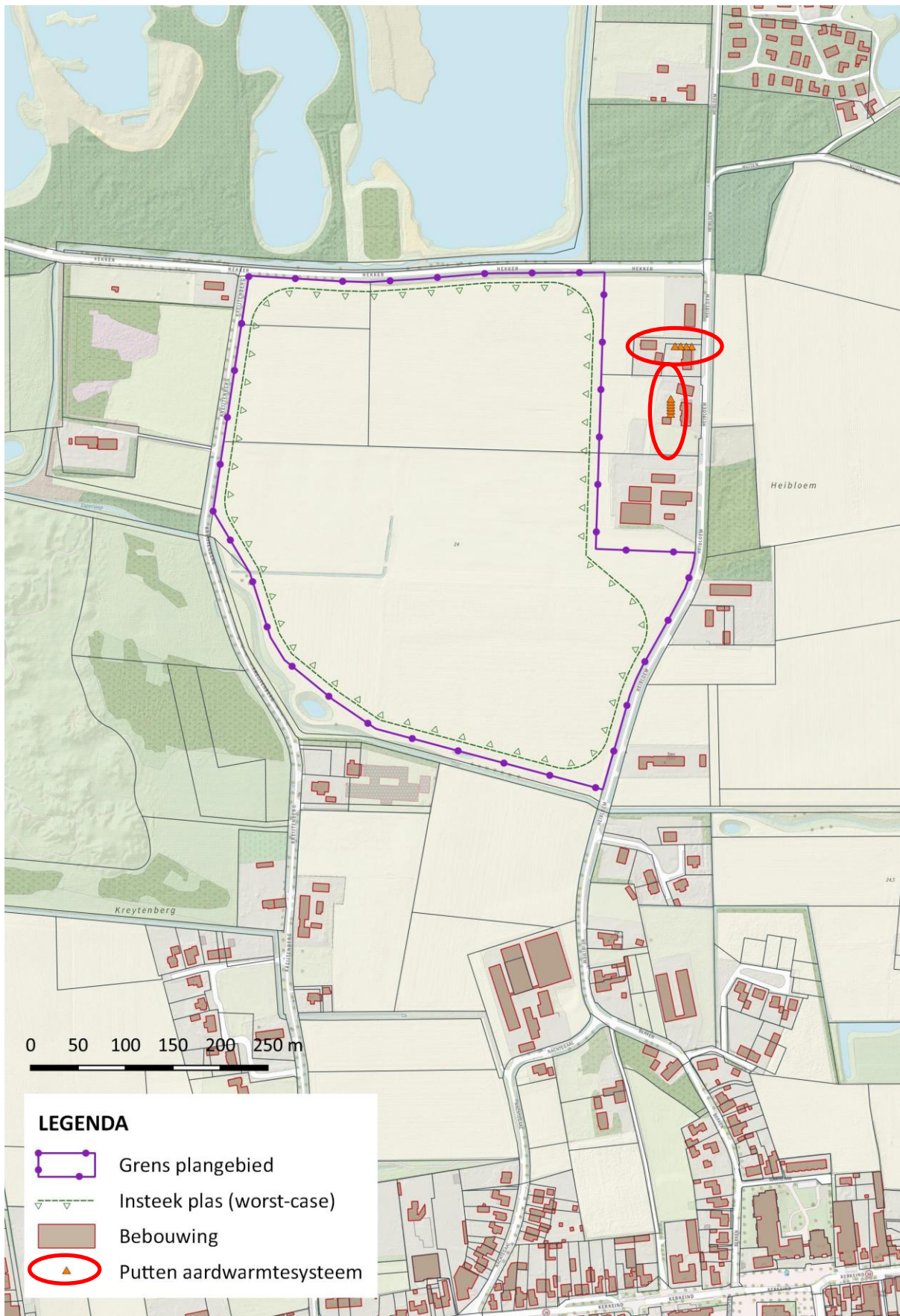


Figuur 10: Overzicht van bezwijkmechanismen

Ter verduidelijking van het mechanisme zettingsvloeiing, is het verschil in grondverplaatsing zoals dat verbeeld is in Figuur 9 – 1.1 uit het voorschrift toetsen op veiligheid uit 2006 (ENW, 2007) hier rechts opgenomen.

Links is een afschuiving met relatief geringe grondverplaatsing en rechts de zeer grote verplaatsing van een zandmassief naar de bodem bij een zettingsvloeiing.





Figuur 11: Overzicht van de beoogde zandwinlocatie, woningen en aardwarmtesystemen

In Figuur 11 is de plangrens van de locatie Achter de Berke weergegeven tezamen met de woningen en aardwarmtesystemen. De insteek van de zandwinning ligt altijd minimaal 10 meter uit de plangrens. De afstand insteek tot dichtstbijzijnde woning is 27 meter (woning Heibloem 2 aan de overzijde van de weg). Alle overige woningen staan op grotere afstand tot de insteek (Hekker 1 op 40 meter, de rest op >50 meter). De afstand tussen de aardwarmtesystemen en de insteek bedraagt meer dan 70 meter.

De aanwezige waterlopen in het gebied zijn met een dikke blauwe lijn aangeduid in Figuur 12. De Esperloop/Milheezerloop ten zuiden van de zandwinlocatie met een ontwerp waterpeil van circa NAP +23,05 meter en de Snelle Loop ten noorden met een ontwerp waterpeil van circa NAP +23,2 meter. Deze waterpeilen kunnen als gevolg van neerslag of droogte variëren.



Figuur 12: Overzicht van de watergangen en stuwen

De dwarsprofielen van de watergangen zijn opgenomen in Bijlage E.

4 BEREKENINGEN

De berekeningen zijn uitgevoerd om de wens tot zandwinning op een veilige manier in te vullen en om zorgen van omwonenden over bijvoorbeeld verzakkingen weg te nemen. Er is eerst gekeken naar de stabiliteit van het onderwater talud, waarmee ook gecontroleerd wordt of gebouwen die langs de rand staan niet in de plas “verdwijnen” bij de steilste mogelijke helling. Daarna is berekend of deformaties die ontstaan niet kunnen leiden tot scheefzakken van gebouwen of beschadiging van aardwarmtesystemen. Ten slotte zijn de overige geotechnische bezwijkmechanismen bestudeerd in een afnemende kans van optreden.

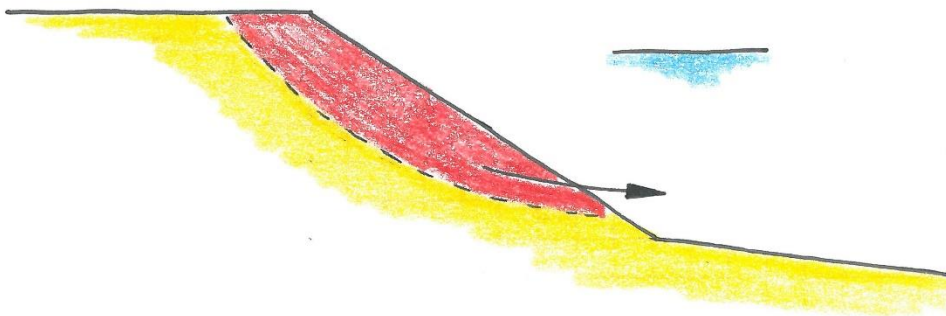
Alle geotechnische mechanismen hebben gemeenschappelijk dat bij daadwerkelijk optreden er uiteindelijk delen van de oever van de plas inzakken. De vaktechnische term hiervoor is oeverinscharingen.

De berekeningen zijn uitgevoerd op basis van voorschriften in CUR113, die tot stand is gekomen met goedkeuring van de Stuurgroep van CUR Bouw & Infra. Deze aanbeveling is bedoeld om een zo volledig mogelijk beeld te geven van de belangrijkste zaken die gemoeid zijn met het omgaan met het risico van ongewenste oeverinscharing bij zandwinputten. In de CUR-Aanbeveling zijn de hoofdlijnen uiteengezet voor het vaststellen van een optimaal talud. Dat is een talud dat bijdraagt aan het optimaal benutten van een zandwinlocatie, maar tevens leidt tot een verwaarloosbaar kleine kans op oeverinscharing. De functie van de CUR-Aanbeveling is in de eerste plaats houvast te bieden bij vergunningverlening.

Van belang om te vermelden is dat het maaiveld op NAP +24,0 meter ligt en er wordt afgegraven tot maximaal NAP -10,0 meter. Dit levert een totale windiepte van maximaal 34 meter.

4.1 Instabiliteit van het talud

Wanneer de schuifweerstand tussen de korrels van de grond niet groot genoeg is en het gewicht van een grondmoot een afschuiving veroorzaakt spreken we van een instabiel talud. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 13. Dit kan voorkomen worden door het talud van de helling niet te steil te maken. Het spreekt voor zich dat deze afschuiving niet mag optreden.



Figuur 13: Schets faalmechanisme instabiliteit van het talud (macrostabiliteit)

Indien er wordt voldaan aan elk van de volgende voorwaarden hoeft er geen nader berekening met bijvoorbeeld het computerprogramma D-Geo Stability uitgevoerd te worden:

1. Er is geen gronddepot of andere bovenbelasting aanwezig langs de oever. Een gronddepot wordt als ‘aanwezig’ beschouwd wanneer de kruin van het depot zich op een horizontale afstand tot de waterlijn bevindt die kleiner is dan vijfmaal de hoogte van de kruin boven de waterlijn.
2. Er bevinden zich geen cohesieve lagen in de ondergrond.
3. De helling is over het talud op elke gegeven hoogte is flauwer dan 1:3.

Aangezien er niet aan deze voorwaarden wordt voldaan is een stabiliteitsberekening volgens de Bishop methode noodzakelijk.

4.1.1 Uitgangspunten

De laagopbouw en bijbehorende gedraineerde sterkteparameters staan in Tabel 3. De parameters zijn bepaald met behulp van tabel 2b uit de NEN 9997-1+C2. De karakteristieke waarde is door middel van een materiaalfactor van 1,2 omgezet naar een rekenwaarde.

Het freatisch grondwaterniveau is aangehouden op NAP +22,8 meter zoals beschreven in Paragraaf 2.4. Er is geen cohesieve deklaag aanwezig maar een zandige toplaag. De opbolling kan hierin worden verwaarloosd, omdat op geringe afstand van de put hiervan nog geen sprake is. Alleen op ruime afstand van de put (> 25 m) is er sprake van een significante opbolling (> 0,25 m).

Er is ook rekening gehouden met aardbevingsbelasting. Uit NEN6702:2007 volgt dat in Nederland een versnelling van 0,10g wordt aangeraden in dit gebied (Mercalli schaal VII). In een pseudo-statische analyse mag horizontale versnelling gelijk aan 50% van de PGA (peak gravity acceleration) gehanteerd worden. Dit komt neer op een horizontale versnelling van 0,05g. Conform de norm is ook een verticale versnelling gelijk aan 2/3^e van de horizontaal toegepast.

Bij zeer los gepakte zandlagen ($Dr < 30\%$) dient de aardbevingsversnelling gecombineerd te worden met een wateroverspanning als gevolg van compactie. Dergelijke lagen zijn echter alleen aanwezig tussen NAP +16 meter en NAP -4 meter in de grindhoudende Formaties van Beegden, Peize en Waalre. De kans dat hierin verweking ontstaat is vanwege de grofheid (zie Tabel 1 op pagina 12) niet waarschijnlijk. Daarom is een gevoeligheidsberekening gemaakt waarin per laag wateroverspanning is aangebracht en niet voor het hele pakket van 20 meter dikte.

Tabel 3: Laagopbouw en sterkteparameters voor stabiliteit berekeningen

laag	boven- /onderkant [mNAP]	$q_{c;gem}$ [MPa]	vol. gew. [kN/m ³]	ϕ_d [°]	c'_d [kN/m ²]
Zand (Beegden)	24 / 16	12	18/20	28,4	0
Grind (Beegden)	16 / 11	23	19/21	30,3	0
Zand (Waalre en Peize)	11 / -4	17	18/20	29,3	0
Klei (Waalre en Peize)*	6,5 / 6,0 / 0,5 / 0	2	19/19	19,0	3,5
Zand (Kiezeloöliet)	-4 / -11	> 30	19/21	30,3	0

* klei tussenlagen in het zandpakket van Waalre en Peize

Waarin:

$q_{c;gem}$	=	Gemiddelde conusweerstand
vol.gew.	=	Volume gewicht
ϕ_d	=	Rekenwaarde hoek van inwendige wrijving
c'_d	=	Rekenwaarde effectieve cohesie

4.1.2 Veiligheid

Karakteristieke waarden voor de grondparameters zijn veilige eigenschappen, die met 95% zekerheid in werkelijkheid hoger zijn. De uitkomst van de berekening zit hierdoor sowieso aan de veilige kant van het gemiddelde voor wat betreft de kans op afschuivingen. De 5% resterende onzekerheid in de eigenschappen van grond wordt afgedekt door de partiële materiaalfactor van 1,2 (NEN9997, tabel A.4a, RC1).

De aanpak met 95% zekerheid verdisconteert in grondeigenschappen en 5% zekerheid in partiële materiaalfactor, leidt niet zondermeer tot een 100% veilige situatie. Daarvoor is het ook nodig om de laagindeling op basis van voldoende nauwkeurig veldonderzoek vast te stellen, zoals in paragraaf 2.2 op pagina 10 is gedaan en te beoordelen op de juiste bezwijkmechanismen en belastingcombinaties (in onderhavig hoofdstuk). Aan alle voorwaarden voor veiligheid wordt derhalve voldaan behalve dat nog niet

duidelijk is welke veiligheid tegen afschuiven (Safety factor) moet worden gehanteerd. In het navolgende wordt dit toegelicht.

Er is met rekenwaarden gerekend en er is een gemiddelde grondwaterstand gehanteerd. Daarmee zal het talud moeten voldoen met een Safety factor gelijk aan of groter dan 1,0 bij gebruik van het Bishop model. In CUR113 wordt letterlijk Bishop benoemd en niet een ander glijvlakmodel, maar hiervan wordt gemotiveerd afgeweken (zie paragraaf 4.1.3).

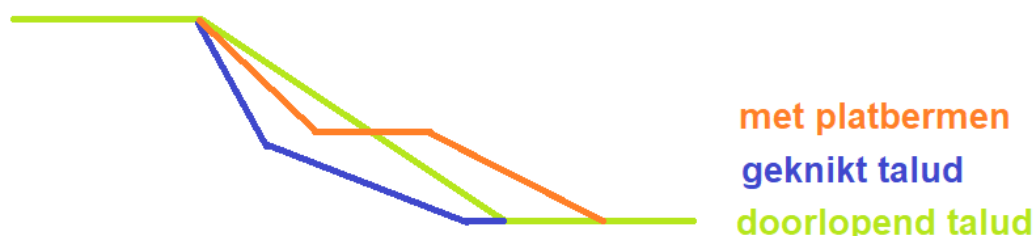
Ter illustratie een rekenvoorbeeld:

- De uitkomst van de berekening volgens Bishop bedraagt 1,12;
- Uitkomst $\geq 1,00$ (ja of nee);
- Ja, de situatie is zeker veilig want er is een marge van factor $1,12 / 1,00 = 1,12$.

In de gemiddelde situatie, waarin al de bovenstaande partiële veiligheden en veilige uitgangspunten voor schematisatie niet verdisconteerd zijn, is het nodig om aan het berekeningsresultaat een eis te stellen van Safety factor $> 1,6$ [(CUR Bouw en Infra), tabel 4]. De marge in het rekenvoorbeeld van 1,13 is ten opzichte van de gemiddelde situatie dus zelfs $1,12 * 1,6 = 1,8$. Dit is een voor stabiliteit van grondlichamen ruim voldoende veilige marge!

4.1.3 Resultaten

Er zijn drie verschillende varianten beschouwd, namelijk: een doorgaande helling van 1:3, het talud volgend uit tabel 2a van CUR113 en talud 2b van CUR113. Een veel steilere doorgaande helling dan 1:3 wordt eigenlijk nooit vergund bij gangbare dieptes van zandwinningen (tientallen meters). Voor elke variant is met drie verschillende modellen gerekend: Bishop, UpliftVan en Spencer. Dit is in afwijking van CUR113 om onvolkomenheden van het Bishopmodel (bijvoorbeeld het cirkelvormige glijvlak) te ondervangen en om te kijken of optimalisaties mogelijk zijn. De resultaten staan in Tabel 4 en de verklaring van de verschillende typen talud is gegeven in Figuur 14. De grafische weergave van elk maatgevend afschuifvlak is weergegeven in Bijlage C.



Figuur 14: Voorbeeld doorlopend talud, geknikt talud en platbermen

De verschillende modeltypen berekenen verschillende Safety factoren. Spencer geeft de laagste waarde, dit is te verklaren door de dunne klei tussenlagen waar het horizontale glijvlak van Spencer langer doorheen gaat dan bij Bishop. Dit is met name het geval bij de variant met platbermen.

Eventuele wateroverspanningen die veroorzaakt worden door aardbevingen, verlagen de stabiliteit van het talud weliswaar maar veroorzaken geen onveilige situatie. De afschuifveiligheid blijft namelijk voor het maatgevende profiel (geknikt talud) en maatgevend model (Spencer) met 1,03 boven de eis van 1,00.

Uit de resultaten in Tabel 4 volgt dat elke variant met enige marge voldoet aan de gestelde eis.

Eindconclusie: macrostabiliteit blijkt dus niet maatgevend te zijn voor de stabiliteit van het talud.

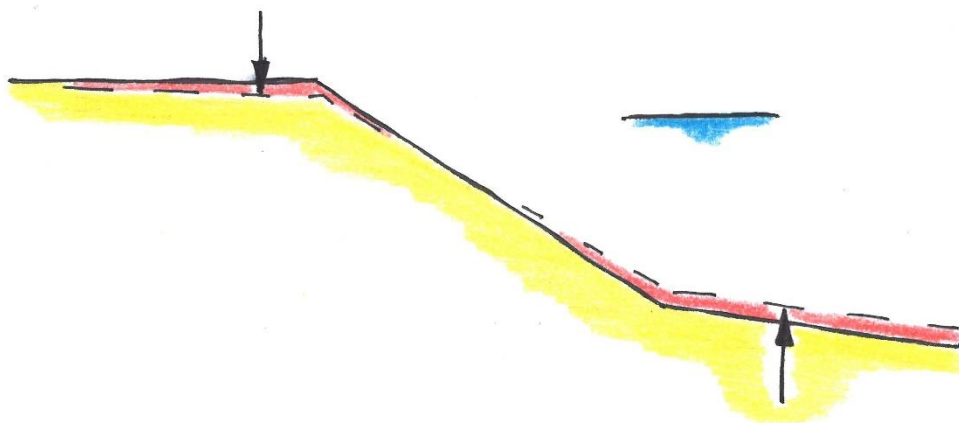
Tabel 4: Resultaten stabiliteit talud

Nummer	Omschrijving berekening	Modeltype	Safety factor
1	Doorlopend talud 1:3	Bishop	1,09
2	Doorlopend talud 1:3	UpliftVan	1,11
3	Doorlopend talud 1:3	Spencer	1,07
4	Geknikt talud (CUR tabel 2a)	Bishop	1,12
5	Geknikt talud (CUR tabel 2a)	UpliftVan	1,12
6	Geknikt talud (CUR tabel 2a)	Spencer	1,10
7	Met platbermen (CUR tabel 2b)	Bishop	1,28
8	Met platbermen (CUR tabel 2b)	UpliftVan	1,25
9	Met platbermen (CUR tabel 2b)	Spencer	1,18
10	Geknikt talud (CUR tabel 2a), met wateroverspanning in Beegden	Spencer	1,03

4.2 Deformaties

Door het winnen van het zand neemt de druk op de dieper liggende lagen af, die daardoor kunnen opveren. Dit proces wordt in de geotechniek aangeduid als zwel en is (grotendeels) elastisch grondgedrag. De deformaties op de bodem van de zandwinplas en op de onderste helft van het talud, kunnen aan maaiveld een tegengesteld effect veroorzaken, doordat het grondmassief een nieuw evenwicht zoekt. Dit wordt zetting genoemd.

Aangezien er bebouwing staat in de directe omgeving van de afgraving en er aardwarmtesystemen aanwezig zijn, is er gekeken naar mogelijke deformaties. De bebouwing en/of de aardwarmtesystemen zullen namelijk een vergelijkbare deformatie ondergaan als de grond. Met behulp van een D-Settlement berekening is berekend hoe significant de zwel en zetting is.



Figuur 15: Schets faalmechanisme zwel (rechts) gevolgd door zetting (links)

Op basis van het grondonderzoek en de laagindeling die is gemaakt in Paragraaf 2.3 zijn zettingsparameters afgeleid. Dit is gedaan door de conusweerstand, die een maat vormt voor samendrukbaarheid, in een vaste verhouding om te rekenen naar samendrukkingsconstanten volgens Koppejan.

Tabel 5: Zettingseigenschappen

Laag	boven- / onderkant [mNAP]	$q_{c,gem}$ [MPa]	vol.gew. [kN/m ³]	C_p	C_p'	C_s	C_s'
Zand (Beegden)	24 / 16	12	18/20	2,10E+03	4,20E+02	2,10E+04	4,20E+03
Grind (Beegden)	16 / 11	23	18/20	4,03E+03	8,05E+02	4,03E+04	8,05E+03
Zand (Waalre en Peize)	11 / -4	17	18/20	2,98E+03	5,95E+02	2,98E+04	5,95E+03
Klei (Waalre en Peize)*	6,5 / 6,0 / 0,5 / 0	2	19/19	3,50E+02	7,00E+01	3,50E+03	7,00E+02
Zand (Kiezeloöliet)	-4 / -11	> 30	19/21	6,13E+03	1,23E+03	6,13E+04	1,23E+04

* klei tussenlagen in het zandpakket van Waalre en Peize

Waarin:

$q_{c,gem}$ = Gemiddelde conusweerstand

vol.gew. = Volume gewicht

C_p / C_p' = Primaire samendrukkingsconstante van Koppejan voor en na de grensspanning (consolidatie)

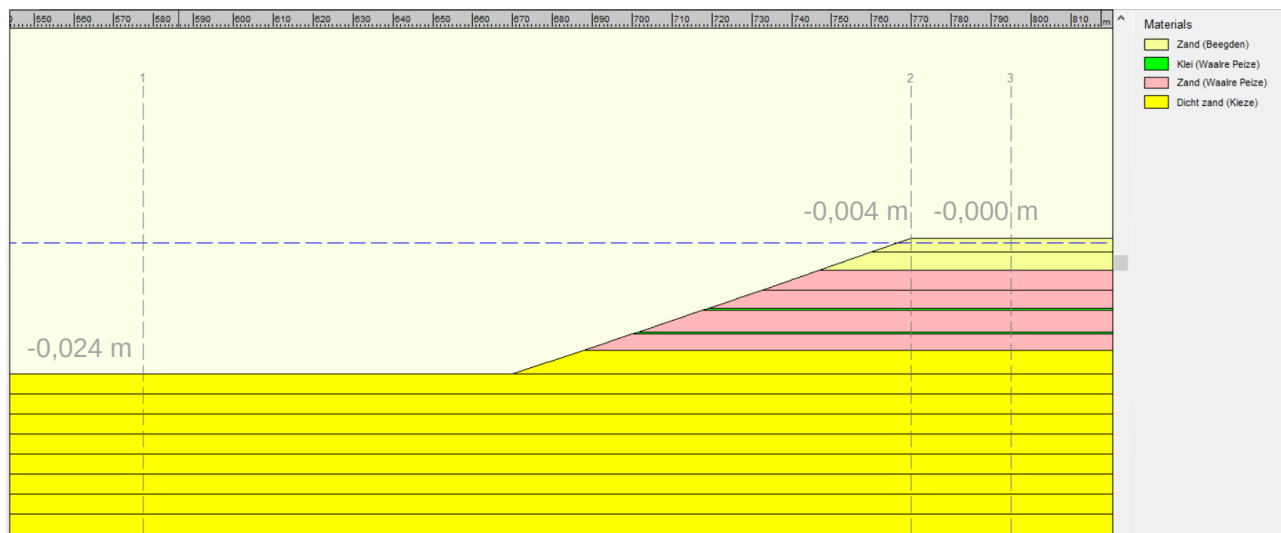
C_s / C_s' = Secundaire samendrukkingsconstante van Koppejan voor en na de grensspanning (kruip)

De zwelparameters A_p en A_s worden door D-Settlement uitgerekend op basis van de samendrukkingsparameters uit Tabel 5. Voor elke laag is dezelfde OCR aangenomen van 1,15. OCR staat voor over-consolidatie-ratio.

De zetting kan bepaald worden op een aantal aangegeven verticalen. Er zijn drie verticalen gedefinieerd voor de berekening.

1. In het midden van de put.
2. Bij de insteek van de put.
3. Ter plaatse van de gevel van het dichtstbijzijnde gebouw (ook conservatief representatief voor de locatie van de aardwarmtesystemen).

Tussen verticaal 2 en verticaal 3 zit hemelsbreed minimaal 25 meter. Dit is ongeveer gelijk aan de minimale afstand tussen de plangrens en de woningen, zie Figuur 11. Tussen de plangrens en de aardwarmtesystemen zit meer dan 50 meter afstand. Zoals te zien in Figuur 16 zal er geen (of minder dan 0,5 mm) zwel optreden bij de woningen (zie Bijlage D voor meer details van de berekening). De gevoeligheid van de berekening voor de OCR waarde is getest door een extra berekening met OCR=1 voor alle lagen. Uit deze berekening blijkt dat het resultaat niet gevoelig is voor de OCR waarde van de grond. **Samengevat kan geconcludeerd worden dat deformatie van bebouwing en aardwarmtesystemen niet op zal treden.**



Figuur 16: Zettingsmodel en berekende zwel per verticale doorsnede

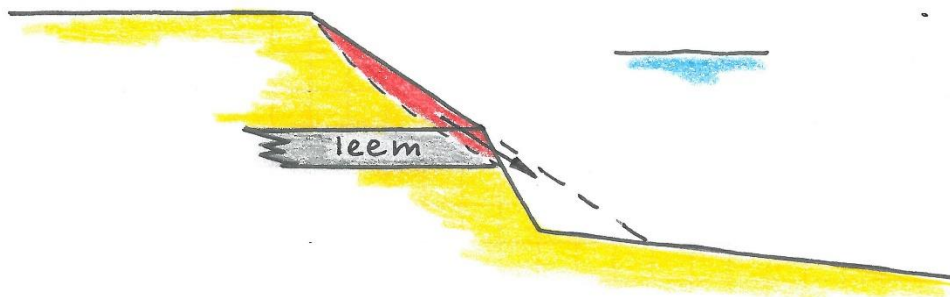
4.3 Bresvloeiing

Bresvloeiing wordt veroorzaakt door lokale afschuiving in een aanwezige stoorlaag of door erosie vanwege het storten van grond op het talud, zie Figuur 17. Daarnaast kan het worden geïnitieerd door verwekingsvloeiing in een losgepakte zandlaag. De taludhelling en taludhoogte alsmede het materiaal en de werkwijze zijn de meeste belangrijke invloedsfactoren.

Bij zandwinnen is meestal sprake van beheerst bressen. De mate van nabressen wordt namelijk volledig gestuurd door de operatie van de zuigbuis van het baggerwerktuig en is door een ervaren zuigbaas met adequate meetapparatuur ook in de hand te houden. Bij bresvloeiing echter kan de bresvorming ook door een andere oorzaak geïnitieerd worden. Bijvoorbeeld een lokale afschuiving in een aanwezige stoorlaag of erosie door het storten van grond op het talud of verwekingsvloeiing in een losgepakte (mors)laag. Het vrijkomende zand stroomt vervolgens naar dieper gelegen delen van de zandwininput, zonder dat de zuiger op dat moment actief is.

Kenmerkend voor bresvloeiing is het zichzelf versterkende proces van groei van de hoogte van de bres. Naarmate de bres hoger en steiler wordt neemt het debiet van het vrijkomende zand toe. Bij toename van dat debiet neemt de erosie van de ondergrond aan de teen van de bres toe, waardoor de bres in hoogte maar ook in breedte groeit. De actieve bres kan doorgaan zolang het geërodeerde materiaal kan wegstromen naar een dieper gelegen deel van de winput of opgezogen wordt. Wordt het materiaal niet opgezogen, dan zal het als een suspensiestroom stroomafwaarts sedimenteren. Als gevolg daarvan ontwikkelt zich een flauwe helling, waardoor het bresproces uiteindelijk zal uitsterven.

Het bresvloeiingsproces is een vorm van oppervlakte-erosie, waardoor het talud wordt uitgesleten en niet als geheel bezwijkt zoals het geval is bij een afschuiving of bij verwekingsvloeiing.



Figuur 17: Schets faalmechanisme bresvloeiing

4.3.1 Eenvoudige analyse volgens CUR113

Indien wordt voldaan aan de volgende voorwaarden kan de taludhelling worden vastgesteld op basis van CUR113 tabel 2a.

- Dikte van de stoorlagen is kleiner dan een meter en deze stoorlagen worden met geschikt materieel verwijderd.
- Het zand is grof genoeg $d_{50} > 0,20$ mm en $d_{15} > 0,10$ mm.
- Er wordt van tevoren een werkplan voor de uitvoering vastgesteld.
- Het zuigproces wordt beheerst door monitoring van de positie van de zuigbuis en de productie.
- De gezogen taluds worden regelmatig gepeild met een nauwkeurigheid van ongeveer 2 meter.

Als niet aan al de bovenstaande voorwaarden wordt voldaan dan moet het talud ontworpen worden met platbermen (horizontale vlakken tussen twee taluds).

Ervan uitgaande dat aan de voorwaarden van CUR113 tabel 2a wordt voldaan kan het talud ontworpen worden als aangegeven in Tabel 6. Niet alle monsters vallen in de $d_{50} > 0,50$ mm en $d_{15} > 0,25$ mm range, waarbij hellingen steiler kunnen worden opgezet. Wel komen ze allemaal boven het minimum van $d_{50} > 0,20$ mm en $d_{15} > 0,10$ mm, maar daarbij gelden iets flauwere hellingen.

Tabel 6: Toegestane maximale helling per grondlaag volgens CUR113 tabel 2a

Laag	Diepte t.o.v. maaiveld [m]	Gemiddelde d ₅₀ [mm]	Gemiddelde d ₁₅ [mm]	Helling lokaal
Zand (Beegden)	0 / -5	0,34	0,18	1:2
Zand (Beegden)	-5 / -8	0,34	0,18	1:3
Grind (Beegden)	-8 / -13	0,68	0,36	1:3
Gelaagd pakket (Waalre en Peize)	-13 / -28	1,04	0,41	1:4
Zand (Kiezeloöliet)	-28 / -34	0,35	0,22	1:10

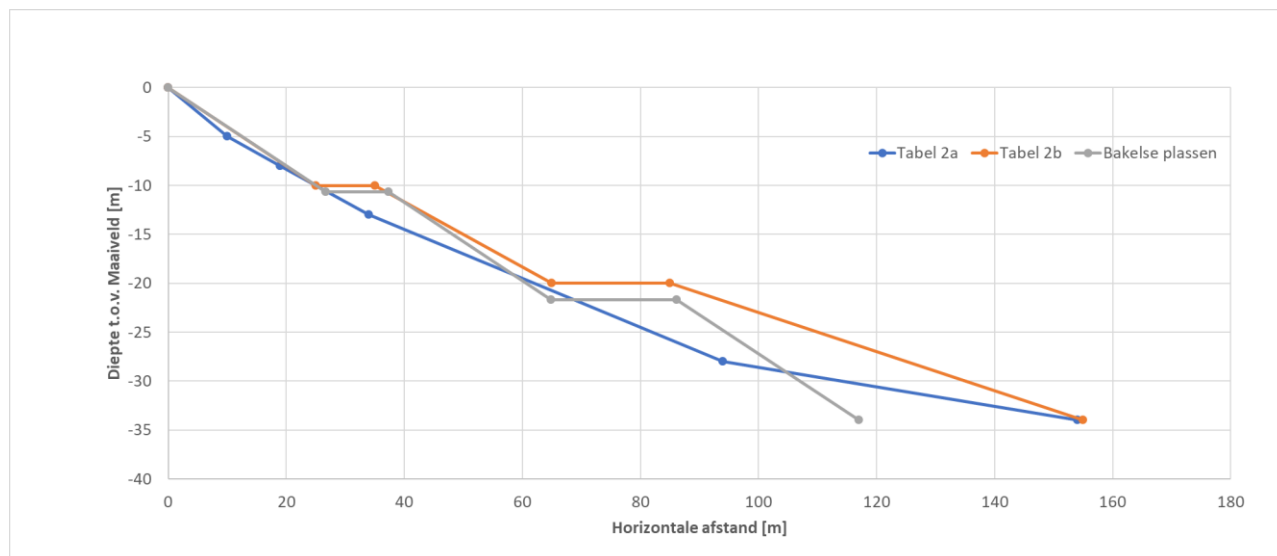
Een helling van 1:10 kan als erg flauw worden opgevat, maar is alleen nodig over de onderste 6 meter, waar voornamelijk het fijner zand aanwezig is. Als werkruimte is de diepte van 34 meter nodig, maar het meeste waardevolle zand wordt gewonnen tussen een diepte van 8 en 28 meter.

Wanneer er met platbermen gewerkt wordt (volgens tabel 2b uit CUR113) zal de opbouw gemaakt moeten worden als gegeven in Tabel 7.

Tabel 7: Toegestane maximale helling per grondlaag volgens CUR113 tabel 2b

Laag	Diepte t.o.v. maaiveld [m]	Helling lokaal
Eerste laag	0 / -10	1:2,5
Platberm van 10 meter breed		
Tweede laag	-10 / -20	1:3
Platberm van 20 meter breed		
Gelaagd pakket (Waalre en Peize)	-20 / -34	1:5

Figuur 18 geeft de doorsneden weer voor de twee varianten. De variant met de platbermen op basis van CUR113 tabel 2b en de variant zonder platbermen op basis van CUR113 tabel 2a. **Beide varianten voldoen aan de CUR 113 en kunnen veilig worden gerealiseerd. Uitvoeringstechnisch biedt de variant volgens tabel 2a voordelen.** Dit talud is makkelijker te maken en levert iets meer zand op.



Figuur 18: Plot van de talud varianten op basis van CUR113 en ter vergelijking de taluds bij de Bakelse plassen

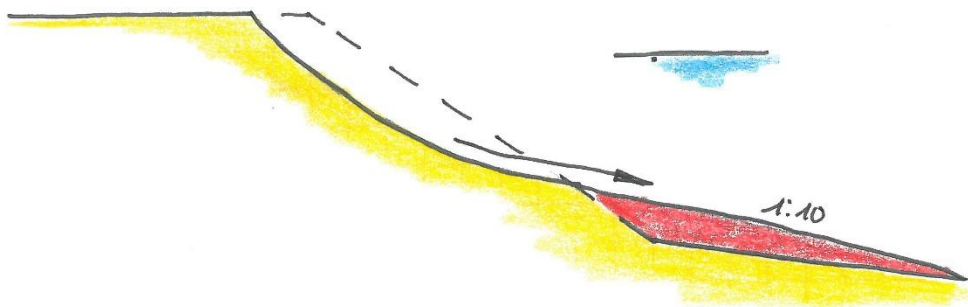
4.3.2 Geavanceerd onderzoek

De kennis in Nederland over bresvloeiing is grotendeels gebaseerd op praktijkgevallen in Zeeland, waar de omstandigheden anders zijn dan in Bakel en Milheeze. De ervaringen bij de zandwinning Bakelse plassen kunnen daarom anders zijn en op basis hiervan kan de taludhelling worden geoptimaliseerd.

4.4 Verwekingsvloeiing

Verwekingsvloeiing zal veelal in fijne tot zeer fijne en tevens los gepakte zanden optreden. Van zeer fijne zanden, zoals in Zeeuwse getijde afzettingen, is op de winlocatie Achter de Berke geen sprake. Er zijn vooral grovere en grindhoudende rivierzanden aanwezig zijn, die minder gevoelig zijn voor het mechanisme zettingsvloeiing. Bovendien hebben meerdere zandwinningen in de regio de aardbeving van Roermond overleefd, zonder dat oeverinscheringen zijn opgetreden. De kans op verwekingsvloeiing is op voorhand derhalve klein. Alleen het dieper aanwezige Kiezeloöliet zand (dieper dan NAP -4 m) is fijner, waardoor een flauwere helling, die volgt uit de analyse van bresvloeiing, gunstig uitpakt.

De theorie is dat door de losse pakking van het korreelskelet dergelijke lagen gevoelig zijn voor grondwaterstromingen, drukverschillen in grondwater en/of dynamische belastingen. Door één van deze fenomenen of een combinatie daarvan treedt een verkleining van het volume op. Het verkleinen van het volume veroorzaakt vervolgens verhoogde waterspanningen. De hogere waterspanningen zorgen op hun beurt voor het verlagen van het korreeldrukken, met als gevolg een afschuiving en een sterke verflauwing van het talud, zie Figuur 19.



Figuur 19: Schets faalmechanisme verwekingsvloeiing

4.4.1 Baldi analyse

In het geval van een verwekingsvloeiing zijn de korreldrukken zo laag dat de zanddeeltjes makkelijk over elkaar kunnen rollen. Als gevolg hiervan gaat het zand zich als een dikke vloeistof gedragen en ontstaat een evenwichtsprofiel met een flauwe helling van 1:10 of 1:20. Indien wordt voldaan aan minimeis voor relatieve dichtheid volgens de correlatie van Baldi, zie Formule 1, is een laag niet verwekingsgevoelig.

$$R_n \geq 0,5 \quad (1)$$

Waarin: - R_n de gemiddelde relatieve dichtheid over een meter [-]

De relatieve dichtheid is berekend met Baldi 1982, zie Formule 2.

$$R_n = 0,4 * \ln \left(\frac{q_c}{0,14(\sigma'_{v0})^{0,6}} \right) \quad (2)$$

Waarin: - R_n de relatieve dichtheid [-]
- q_c de conusweerstand [MPa]
- σ'_{v0} de effectieve verticale korrelspanning [kN/m²]

Formule 1 en 2 zijn toegepast op de zeven beschikbare sonderingen en het resultaat van de analyse is vastgelegd in Bijlage B.

Om de verticale spanning te berekenen is een aanname gedaan voor het gemiddelde gewicht van de grond. Het volumieke gewicht boven de grondwaterstand is 18 kN/m³ en het gewicht onder de grondwaterstand is 21 kN/m³. Verder is een hydrostatisch drukverloop van de waterspanning aangenomen bij het bepalen van de effectieve verticale korrelspanning.

Aangezien verweking kan optreden bij lagen dikker dan een meter, zijn alle lagen dunner dan een meter die volgens de berekening wel verwekingsgevoelig zijn niet meegenomen. Daarnaast zijn alle lagen waar cohesieve lagen verwacht worden ook niet meegenomen in de analyse omdat er (onder Nederlandse omstandigheden) geen verweking kan optreden in cohesief materiaal.

De conclusie (zie ook Bijlage B) is dat er mogelijk wel potentieel verwekingsgevoelige lagen aanwezig zijn en daarom zijn vervolgstappen volgens CUR113 uitgevoerd.

4.4.2 Vervolgstappen CUR113

Maatgevend voor een eventuele veilige helling van het talud is de diepte van de verwekingsgevoelige laag. Hoe dieper deze laag namelijk ligt hoe minder makkelijk voldaan kan worden aan de eis uit het CUR, zie Formule 3.

$$\cot(\alpha_R) > 7 * \left(\frac{H_R}{30} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3)$$

Waarin: - α_R de gemiddelde helling [°]
- H_R rekendiepte afgraving tot onderkant verwekingsgevoelige laag [m]

Uit deze eis volgt een helling van 8 en 7,5 graden voor sondering 6 en respectievelijk 7. Hierbij gaat het om een gemiddelde helling vanaf de grondwaterstand tot de onderkant van de diepste verwekingsgevoelige laag. In dit geval is dat NAP -10 meter bij sondering 7. De eis is dus dat de gemiddelde helling vanaf de grondwaterstand tot NAP -10 meter 1:8 is om verwekingsvloeiing uit te kunnen sluiten.

Er is nog een vervolgstap waarbij wordt gekeken of de gemiddelde relatieve dichtheid over 3 meter in plaats van over 1 meter kleiner is dan 50%. In sondering 7 zijn in totaal zes lagen met een lage relatieve dichtheid aanwezig waarvan twee van 3 meter dik, twee van 2 meter dik en twee van 1 meter dik. Dit is van alle sonderingen degene met het grootste aantal lagen en grootste gesommeerde dikte. En deze sondering is

dus maatgevend. Zoals te zien in Figuur 20 ligt de diepste (maatgevende) verwekingsgevoelige laag tussen NAP -7 meter en NAP -10 meter. Verder zijn er verwekingsgevoelige lagen rond NAP +10,5 meter, NAP +4,5 meter en NAP -1,5 meter, zie Bijlage B. De lagen met een relatieve dichtheid tussen NAP +18 meter en NAP +13 meter zijn deels cohesief, maar het gedeelte tussen NAP +16,5 meter en NAP +15 meter is dat niet. Dit betreft echter grindhoudend zand behorende tot de Beegden Formatie.

Sondering 7 bevat meerdere potentieel verwekingsgevoelige lagen doch niet dikker dan 3 meter, dus mag de vervolgstap worden uitgevoerd met Formule 4.

$$\cot(\alpha_R) > 4 * \left(\frac{H_R}{30}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

Waarin:

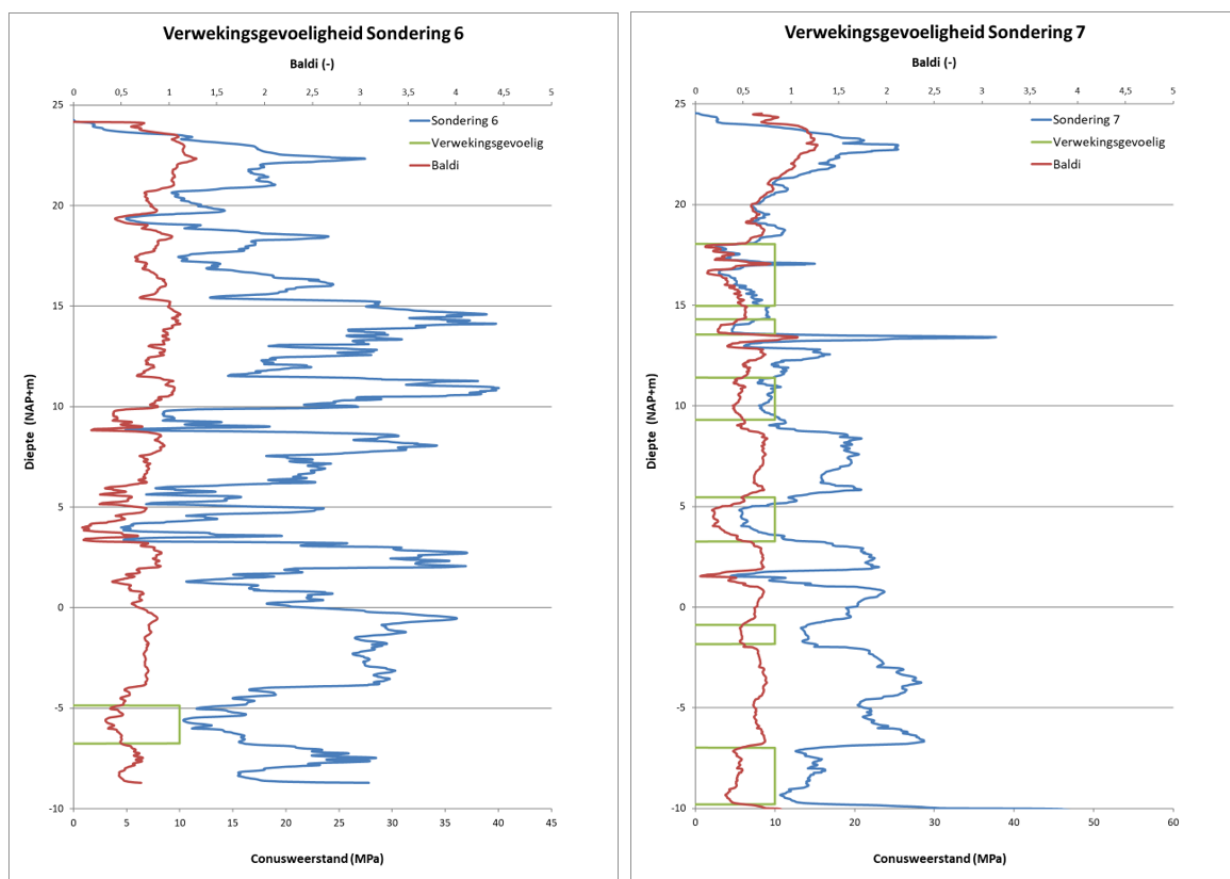
- α_R de gemiddelde helling [°]
- H_R rekendiepte afgraving tot onderkant verwekingsgevoelige laag [m]

De gemiddelde helling bedraagt uitgaande van Tabel 6 (pagina 26) en/of Figuur 25 (pagina 39) ongeveer 1:4,5 (tan $\alpha_R = 0,22078$) en rekendiepte van de put bedraagt $H_R = 35$ meter uitgaande van een grondwaterstand op 1,2 meter onder het maaiveld (zie §2.4 op pagina 12) en een maximale putdiepte van totaal 34 meter.

Na invullen van de formule blijkt dat aan dit criterium wordt voldaan, want de rekentaludhelling van 1:4,5 is flauwer dan steilste toelaatbare helling van 1:4,2.

Eindconclusie: de taludhelling van de zandwinning blijkt niet bepaald te worden door het bezwijkmechanisme verwekingsvloeiing.

Vanwege het belang van verweking voor het bepalen van de minimale randstrook, is echter in het navolgende een nadere analyse uitgevoerd van de kans op verweking.

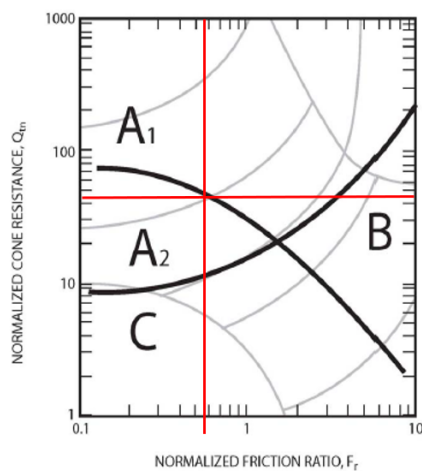


Figuur 20: Verwekingsgevoelige lagen op basis van een Baldi analyse voor de maatgevende sondering 6 en 7

4.4.3 Nadere analyse methode Robertson

Overgeconsolideerde zandlagen zijn minder gevoelig voor verweking, omdat bij vervormingen dilatant grondgedrag zal ontstaan, terwijl voor verweking juist contractant gedrag nodig is. Een overgeconsolideerde zandlaag kenmerkt zich door een verhoogd (1,5% à 2,5%) wrijvingsgetal. Deze wrijving wordt gemeten door aanwezigheid van horizontale spanningen in de ondergrond, overeenkomend met de oorspronkelijke hogere verticale belasting. Op basis van het wrijvingsgetal gemeten bij sondering 6 kan gesteld worden dat het Kiezeloöliet zand niet overgeconsolideerd is. Bij overconsolidatie is namelijk een wrijvingsgetal groter dan 1% te verwachten.

De Robertson (2009) methode is gebruikt als nadere analyse voor de verwekingsgevoeligheid tussen NAP -7 meter en NAP -10 meter bij sondering 7. Dit is gedaan op basis van de genormaliseerde conusweerstand Q_{tn} en het genormaliseerde wrijvingsgetal F_r . De combinatie van deze parameters levert, uitgezet in Figuur 21, een snijpunt tussen gebied A₁ en A₂. Dit betekent dat verweking als gevolg van vloeïng mogelijk niet uitgesloten is.



Niet cohesieve grond:

- A1 cyclische verweking mogelijk
- A2 cyclische verweking en stromingsverweking mogelijk

B en C voor cohesieve grond

Figuur 21: Grondgedrag grafiek Robertson voor maatgevende verwekingsgevoelige laag sondering 7

Uit de analyse blijkt dat verwekingsvloeïng in de diepste lagen een rol kan spelen indien sprake is van losgepakte lagen. De helling waaronder gebaggerd wordt is in deze laag echter dermate flauw (1:10) dat de kans op verwekingsvloeïng verwaarloosbaar is. Om het risico van alle zandlagen tot 34 meter diepte gezamenlijk in beeld te brengen is verder geanalyseerd met berekeningen.

4.4.4 Nadere analyse laagdikte

In CUR152 is een formule gegeven, waarmee op basis van de gemiddelde zandgrofheid (d_{50}) berekend kan worden bij welke minimale laagdikte er sprake is van verwekingsgevoeligheid.

Deze formule is afgeleid voor kunstmatig in water opgebouwde zandlichamen, maar wordt niettemin genoemd op de Q&A van helpdesk water om een minimale laagdikte te bepalen. Belangrijk om te vermelden is dat met de formule een verwachtingswaarde wordt bepaald voor de minimale laagdikte, hetgeen kan worden afgeleid uit de trendlijn die gegeven is in figuur 55 uit CUR152 (zie hier rechts).

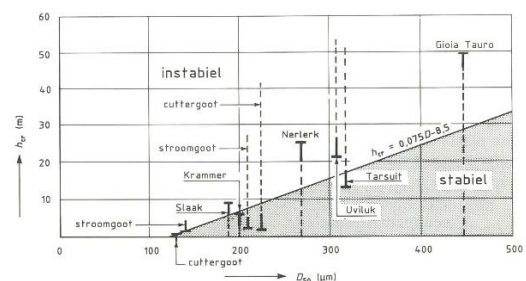


Fig. 55. Kritische taludhoogte.

Figuur 22: Trendlijn uit meerdere waarnemingen

De formule luidt:

$$\text{laagdikte} = 0,075 * d_{50} - 8,5 \text{ (met } d_{50} \text{ in micrometer en de laagdikte in meter)} \quad (5)$$

De zandgrofheid bedraagt volgens Tabel 6 (pagina 26) minimaal $d_{50} = 340 \mu\text{m}$. Dit is een gemiddelde waarde uit meerdere zeefanalyses voor het relatief fijne zand in de eerste 8 meter (Beegden). Verweking kan derhalve worden uitgesloten bij een laagdikte van 17 meter of minder. De marge van deze minimum dikte (17 m) ten opzichte van de aanwezige dikte waarin los gepakte lagen voorkomen (1 à 3 m) is zodanig groot dat zettingsvloeiing uitgesloten kan worden in de bovenste 8 meter.

Het gewogen gemiddelde van de zandgrofheid bedraagt volgens Tabel 6 (pagina 26) $d_{50} = 700 \mu\text{m}$. Deze waarde is geldig bij beschouwing van de gehele putdiepte. Verweking kan derhalve worden uitgesloten bij een laagdikte van 44 meter of minder. De marge van deze minimum dikte (44 m) ten opzichte van de totale putdiepte (34 m) is zodanig groot dat zettingsvloeiing uitgesloten kan worden.

Het feit dat het uitsluitingscriterium eigenlijk afgeleid is voor kunstmatig opgebouwde zandlagen, kan worden genegeerd.

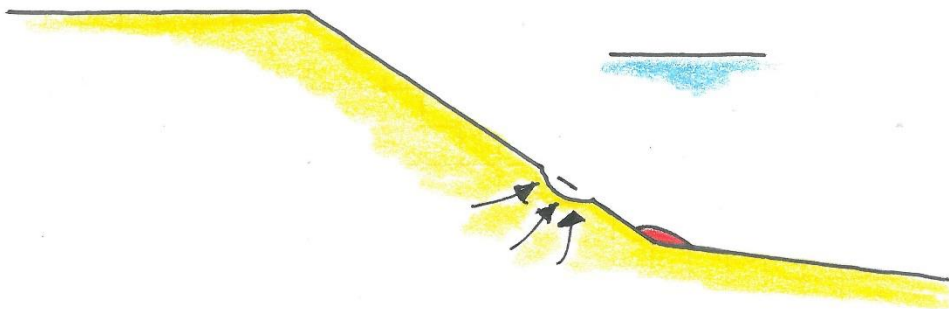
Eindconclusie: zowel de laag van relatief fijn zand bovenin, alsmede de put als geheel, zijn niet gevoelig voor verweking. Ter illustratie is in Tabel 8 per sondering de gemiddelde relatieve dichtheid gegeven. Alleen de uitzonderlijke combinatie van los gepakt en fijn Kiezeloöliet zand op grote diepte kan in theorie een klein risico inhouden op verwekingsvloeiing, maar dit wordt impliciet beheerst met de helling van 1:10.

Tabel 8: Gemiddelde relatieve dichtheid per sondering voor de hele putdiepte (zonder cohesieve lagen met $Dr < 0\%$).

sondering	D-01	D-02	DKP-03	D-04	D-05	DKP-06	D-07
Dr (%)	80	77	71	64	66	75	60

4.5 Microstabiliteit

Microstabiliteit ontstaat als er grondwater met een bepaalde te grote snelheid toestroomt naar de zandwinplas en zandkorrels meespoelen. Dit speelt hier niet, omdat op de zandwinplas een waterpeil zal worden ingesteld dat past bij de van nature aanwezige stijghoogte in de ondergrond. Eventuele kwel of wegzijging zal derhalve zeer geleidelijk plaats vinden, zodat de grondwaterstroming onvoldoende energie heeft om zandkorrels mee te voeren.



Figuur 23: Schets faalmechanisme microstabiliteit

4.6 Randstrook

Uitgangspunt bij de beoordeling van de randstrook is de plangrens voor de uitvoeringsvariant “maxbak” met een 34 meter diepe put. De randstrook heeft een minimale breedte van 10 meter ten opzichte van de plangrens.

4.6.1 Vervormingen

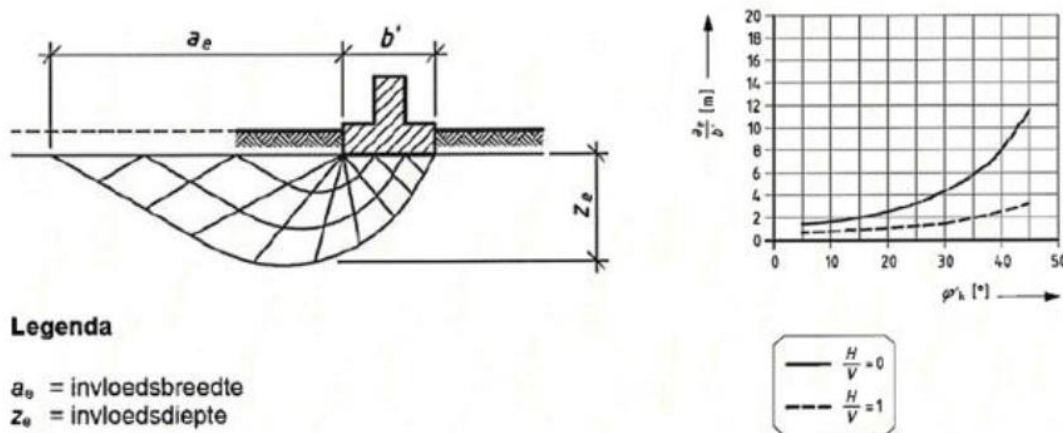
Op basis van tabel 4 in CUR113 zijn ervaringen gebruikt van eerdere vergelijkbare projecten voor het maken van een eerste risico inschatting. De grootte van de te hanteren randstroken wordt door een groot aantal factoren bepaald. De belangrijkste hiervan zijn de volgende.

- De invloed van een mogelijk ongewenste bres tijdens of na het winnen van het zand.
- De waarde die wordt toegekend aan belendende percelen.
- De werkzaamheden die op/aan de belende percelen plaats vinden tijdens of na het winnen van het zand.

Afhankelijk van de eventuele eisen en/of voorschriften van provincie, gemeente en waterschap adviseren wij een minimum randstrook van 5 meter aan te houden langs wegen en 15 meter tot aan de gevel van de woonbebouwing (in de eindsituatie). Voor de wegen rondom de nieuwe zandwinplas volstaat de voorgenomen randstrookbreedte van 10 meter ten opzichte van de plangrens dus zondermeer.

De minimale randstrookbreedte kan geoptimaliseerd worden uit de invloedsbreedte van de fundering op staal, zie linker schets in Figuur 24. Deze is afhankelijk van de effectieve funderingsbreedte en de hoek van inwendige wrijving van de ondergrond. De maatgevende situatie ontstaat wanneer de belasting verticaal in het midden op de funderingsplaat aangrijpt, zonder toevoeging van een horizontale belasting. In dat geval moet de volle breedte van de plaat meegenomen worden in de berekening. Uitgaande van een plaat van 1,0 meter breed en een hoek van inwendige wrijving van 33° , zie Tabel 3, levert dit een invloedsbreedte van 6 meter vanaf de buitenzijde van de funderingsplaat. Dit betekent dat de randstrook minimaal 6,5 meter moet zijn tot de gevel van het gebouw, uitgaande van een sloof die 0,5 meter buiten de gevel steekt.

Aangezien er geen graafwerkzaamheden voorgenomen zijn in een zone van 6,5 meter vanaf de bebouwing (zie Figuur 11 op pagina 18) is optimalisatie niet aan de orde. Anders gezegd is de eerder genoemde 15 meter voor woonbebouwing voldoende veilig. De woningen liggen allemaal op 25 meter of meer van de plangrens. Eén schuur ligt op 15 meter uit de plangrens maar die wordt geamoveerd. Samen met de randstrook ten opzichte van de plangrens is de afstand tot de bebouwing 40 meter of meer en dus voldoende groot qua vervormingen.



Figuur 24: Invloedsbreedte fundering op staal

4.6.2 Gedetailleerde beoordeling oeverinscharing

Wanneer een oeverinscharing onverhoopt ontstaat door bijvoorbeeld een lokaal sterk afwijkende bodemopbouw of een uitzonderlijk zware aardbeving, ontstaat er in theorie een gevaarlijke situatie als dit precies bij een woongebouw is waar mensen aanwezig zijn, die de afschuiving niet opmerken (bijvoorbeeld 's nachts). Voor die gevallen dient een risico analyse uitgevoerd te worden volgens de eenvoudige methode in tabel 4 van CUR113.

De basisvoorwaarde in tabel 4 van CUR113 is dat wordt voldaan aan de eisen uit tabel 2 van CUR113. En dit is het geval indien niet steiler wordt gebaggerd dan de helling volgens Tabel 6 (pagina 26) en/of Figuur 25 (pagina 39). Derhalve dient beoordeeld te worden voor verwekingsvloeiing of gebouwen binnen driemaal de putdiepte aanwezig zijn en voor bresvloeiing binnen tweemaal de putdiepte. Indien aan deze eenvoudige voorwaarde niet wordt voldaan, is een gedetailleerde beoordeling noodzakelijk.

In Tabel 9 is aangegeven of en in hoeverre aan de eenvoudig en/of gedetailleerde voorwaarden wordt voldaan voor alle gebouwen binnen $3 \times 34 = 102$ meter vanaf de insteek van de put.

De randstrook voldoet niet ter hoogte van Heibloem 1-1a. Er is een geavanceerde beoordeling nodig en deze is weergegeven in §4.6.3 (pagina 36). Voor de overige woongebouwen voldoet de randstrookbreedte (van 10 meter uit de plangrens) wel.

Tabel 9: Risicobeschuwing randstrookbreedte

adres	#	afstand [m] *	verweking: eis 3 x diepte	bresvloei: eis 2 x diepte	verweking gedetailleerd	bresvloei gedetailleerd
Hekker 1	D-01	±40	voldoet niet	voldoet niet	voldoet, want de put als geheel is niet verwekingsgevoelig (zie §4.4.3 en §4.4.4) en in sondering 1 vlakbij de woning zijn geen los gepakte lagen aanwezig	voldoet, want in sondering 1 vlakbij de woning zijn alleen twee dunne (<0,2 m) cohesieve stoorlagen aanwezig
Kreijtenberg 4	DKP-03	87,2	voldoet niet	voldoet	voldoet, want de put als geheel is niet verwekingsgevoelig (zie §4.4.3 en §4.4.4) en in sondering 3 vlakbij de woning zijn geen los gepakte lagen aanwezig	n.v.t.
Kreijtenberg 4a	DKP-03	51,5	voldoet niet	voldoet niet	voldoet, want de put als geheel is niet verwekingsgevoelig (zie §4.4.3 en §4.4.4) en in sondering 3 vlakbij de woning zijn geen los gepakte lagen aanwezig	voldoet, want in sondering 3 en boring B01 vlakbij de woning zijn geen stoorlagen aanwezig
Heijbloem 2	D-04	±40	voldoet, putdiepte lokaal 13 m	voldoet, putdiepte lokaal 13 m	n.v.t.	n.v.t.
Heibloem 4	D-05	±60	voldoet niet	voldoet, putdiepte lokaal 29 m	voldoet, er zijn weliswaar meerdere losgepakte zandlagen aanwezig in sondering 5, maar de put als geheel is niet verwekingsgevoelig (zie §4.4.3 en §4.4.4) en het fijne Kiezeloöliet zand is niet los gepakt	n.v.t.
Heibloem 6	D-05	±105	voldoet	voldoet	n.v.t.	n.v.t.
Heibloem 1-1a	DKP-06	43,4	voldoet niet	voldoet niet	voldoet, in sondering 6 bezit het fijne Kiezeloöliet zand weliswaar een Dr<50% maar er wordt onder 1:10 gebaggerd; een helling waarin verweking niet ontstaat, bovendien is de put als geheel niet verwekingsgevoelig (zie §4.4.3 en §4.4.4)	voldoet niet, zonder aanvullend onderzoek naar stoorlagen in sondering 6 aanwezig op NAP +6 m en NAP +4 m
Heibloem 3	DKP-06	94,8	voldoet niet	voldoet	idem Heibloem 1-1a	n.v.t.

adres	#	afstand [m] *	verweking: eis 3 x diepte	bresvloei: eis 2 x diepte	verweking gedetailleerd	bresvloei gedetailleerd
Heibloem 5 en 7	D-07	50,6	voldoet niet	voldoet niet	voldoet, in sondering 7 bezit het fijne Kiezeloöliet zand weliswaar een Dr<50% maar er wordt onder 1:10 gebaggerd; een helling waarin verweking niet ontstaat, bovendien is de put als geheel niet verwekingsgevoelig (zie §4.4.3 en §4.4.4)	voldoet, want in sondering 7 en boring B03 zijn alleen twee dunne (<0,2 m) cohesieve stoorlagen aanwezig
Heibloem 9	D-07	95,8	voldoet niet	voldoet, putdiepte lokaal 13 m	idem Heibloem 7	n.v.t.

* afstand gebouw tot plangrens + 10 meter randstrook (gemeten haaks op de plangrens)

4.6.3 Geavanceerde beoordeling oeverinscharingen

Nu is gebleken, dat op één locatie (Heibloem 1-1a) voor wat betreft de minimale breedte van de randstrook op basis van de gedetailleerde methode CUR 113 nog niet tot een oordeel “veilig” kan worden gekomen, is hiervoor vervolgens een semi probabilistische beschouwing uitgevoerd.

Hiervoor biedt CUR113 echter alleen handvaten voor verwekingsvloeiing, terwijl bij Achter de Berke bresvloeiing maatgevend is. Voor verweking kan men de formule invullen met diepte $HR=35m$, helling $\cot(a)=4,5$ en relatieve dichtheid $Dr=70\%$ (gemiddelde van gehele put) dit resulteert vervolgens voor verweking in een erg kleine kans van $P_{\text{verweking}} = 4,34 \text{ E-}05$.

Het ontbreken in CUR 113 van specifieke handvaten voor bresvloeiing kan worden ondervangen door gebruik te maken van de volgende gegevens:

- De benodigde betrouwbaarheid voor RC1 (de hier geldende risico categorie volgens de NEN) volgens de NEN bedraagt $\beta=3,3$
- Omgerekend (via de inverse van de Gauss verdeling) naar een kans is dit $4,83 \text{ E-}04$ voor de levensduur
- De faalruimte voor bresvloeiing is dus $4,83 \text{ E-}04 - 4,34 \text{ E-}05 = 4,44 \text{ E-}04$
- De kans dat er schade optreedt (inscharing > 40 meter want alle gebouwen staan buiten deze zone) EN er voldoende dikke en stijve stoorlagen aanwezig zijn EN dat het computer- en GPS-gestuurde zandwinproces tot een bresgevoelige situatie leidt, bedraagt volgens kansinschattingen op basis van Tabel 10 circa $P_{\text{bres}} = 0,1 * 0,3 * 0,01 = 3,0 \text{ E-}04$ en dit is een juist voldoende lage kans.

Tabel 10: Getalsmatige uitdrukking faalkansen, vrij naar Lacasse & Nadim, 1998 (bron: PPG)

kans van optreden	<0,001	<0,01	<0,1	0,2 – 0,4	>0,5
verbale expressie	niet aannemelijk	zeer onwaarschijnlijk	onwaarschijnlijk	aannemelijk	waarschijnlijk

Eindconclusie: de randstrook voldoet bij een afstand van 10 meter tot de plangrens. Er hoeft derhalve geen extra ruimte te worden gereserveerd en de zogenaamde “maxbak” kan veilig worden gerealiseerd (zie overigens ook de laatste aanbeveling §5.2 op pagina 39). In het navolgende worden de drie gebeurtenissen die de kans op een bres bepalen nader toegelicht.

Kans op inscharing

De inschatting van de bovengenoemde kansen is gebaseerd op een overzicht in de POV macrostabiliteit publicatie grondverbeteringen (PPG, zie Tabel 10). Via deze redenering kan dus inzichtelijk worden gemaakt dat de randstrook voldoende breed en daarmee veilig is. De kans op een hele diepe inscharing is veilig ingeschat, want in de praktijk worden vooral inscharingen van <10 meter waargenomen (bron: CUR-113, §2.2 van onderbouwend rapport). Het is daarom ook uitlegbaar om hiervoor een nog kleinere kans dan 0,1 aan te houden.

Deze kleinere kans kan bijvoorbeeld worden aangetoond met §2.2 van het onderbouwend rapport van CUR113, waarin staat:

Het gaat om 44 winputten in Nederland en 5 in Duitsland. Bij 19 van de 44 Nederlandse putten zijn één of meer keren oeverinscharingen opgetreden in de periode 1990 - 2005. Van belang is om op te merken dat het daarbij gaat om inscharingen met een lengte van 10 m of meer. Bij de overige 25 + 5 zijn nooit oeverinscharingen opgetreden of waren ze kleiner dan 10 m. De totale, bij al deze putten gerealiseerde oeverlengte bedroeg ongeveer 160 km.

De kans op een inscharing voor alle putten in NL gedurende een lange tijd is dus ongeveer een half. Maar de kans op een inscharing per stukje van de put tijdens de uitvoering is:

- $19/44 * 1/15$ (vanaf 1990 tot 2005) * $1/160 = 1,9 \text{ E-}04$ per jaar en per kilometer.

En de kans dat er dus precies ter plaatse van één specifiek gebouw (zone van bv. 0,1 km) en gedurende het winnen op grote diepte (bijvoorbeeld 3/12 jaar) iets mis gaat is nog kleiner, namelijk: $4,5 \text{ E-}06$ per gebouw. De casuïstiek (1990 – 2005) van CUR113 sluit bovendien niet meer volledig aan op de moderne baggerpraktijk, waarbij zorgvuldiger wordt gebaggerd met een kleinere kans op inscharingen als gevolg.

Kans op stoorlaag

De kans op voldoende dikke en stijve stoorlagen kan op basis van sondering 6 niet anders dan aannemelijk worden aangehouden, want er zijn immers stoorlagen zichtbaar doch deze zijn niet allemaal even dik en even stevig. De kans is dus uitlegbaar kleiner dan 0,5 waarbij de verbale expressie “waarschijnlijk” past.

Kans op bresgevoelige situatie

Het zandwinproces is tegenwoordig, in tegenstelling tot vroeger, een zeer beheerst en computer- en GPS-gestuurd proces waardoor het eigenlijk niet aannemelijk mag worden geacht dat hierdoor een situatie met kans op bressen ontstaat. Het is daarom ook uitlegbaar om hiervoor een nog kleinere kans dan 0,01 aan te houden.

4.6.4 Beheersmaatregelen

Als minimale randstrook is een zone van 10 meter uit de plangrens afdoende wat overeenkomt met >40 meter afstand tot de gebouwen en dus ongeveer éénmaal de putdiepte. Noodzakelijke maatregelen daarbij, ter voorkoming van ongewenste gebeurtenissen in de uitvoering, zijn:

- het niet starten bij de kritische locaties;
- en op de betreffende locaties de productie en insteek van de zuigbuis te reduceren;
- of het nauwkeuriger bepalen van een eventueel schadeprofiel met een bresmodel.

Als alternatief voor een randstrook van 10 meter (met een minimale afstand van 40 meter tot de gebouwen, bij een 34 meter diepe put) kan er ook gekozen worden voor een randstrook van tweemaal de putdiepte (uit de gebouwen) al dan niet gecombineerd met een minder grote putdiepte (zie overigens ook de laatste aanbeveling §5.2 op pagina 39).

4.7 Stabiliteit oevers waterlopen

De stabiliteit van de oevers van de waterlopen in de omgeving van de nieuwe plas, komt in het geding als:

- er een groot waterstandsverschil bestaat tussen waterloop en plas, waardoor kwel kan optreden en uiteindelijk microstabiliteit kan ontstaan of;
- erosieprocessen door snel stromen water in de waterloop een secundair deformatie proces van grond in de scheiding tussen waterloop en plas in gang zetten.

De Esperloop/Milheezerloop bezit een ontwerp waterpeil van circa NAP +23,05 meter en de Snelle Loop van circa NAP +23,2 meter (zie Bijlage E). Deze waterpeilen kunnen als gevolg van neerslag of droogte variëren. Uit het hydrologisch model volgt dat de waterstand op de nieuwe plas zich zal gaan bewegen tussen NAP +22,6 meter en NAP +23,0 meter, met een gemiddelde waarde van NAP +22,8 meter (zie Figuur 6).

4.7.1 Snelle Loop

Aan de noordzijde, tussen de Snelle Loop en de nieuwe plas, is een weg (Hekker) aanwezig met een verhardingsbreedte van 4 meter en aan weerskanten een wegberm van 2,5 meter. De projectgrens ligt ongeveer op de rand van de zuidelijke wegberm en de insteek van de nieuwe plas ligt minimaal op 10 meter uit de projectgrens. Hierdoor is de afstand tussen de waterspiegel in de Snelle Loop en de nieuwe plas circa 20 meter, rekening houdend met de aanwezige taluds. Het resulterende verhang (verschil in waterstand over een bepaalde afstand) is met een waarde van $0,4/20 = 0,02$ zodanig klein dat microstabiliteit niet op kan treden.

Doordat een stuw aanwezig is in de Snelle Loop ter hoogte van de T-splisting Hekker en Kreijtenberg, zal er sprake zijn van een beperkte stroomsnelheid. Het is hierdoor vrijwel uitgesloten dat erosie ontstaat, die a) zodanig veel deformatie oplevert dat eerst de weg verzakt en vervolgens b) het talud van de plas zodanig deformeert dat een doorbraak ontstaat.

4.7.2 Esperloop/Milheezerloop

De afstand tussen de Milheezerloop en de projectgrens is circa 5 meter. Rekening houdend met de minimale randstrook van 10 meter is de afstand tot de nieuwe plas circa 15 meter en het waterstandsverschil is slechts 0,25 meter. Hierdoor is het verhang met $0,25/15 = 0,02$ vergelijkbaar met dat bij de Snelle Loop en kan microstabiliteit ook hier niet optreden.

Het waterstandsverschil van 4 centimeter tussen doorsnede J-J' en K-K' in Bijlage E vormt geen aanleiding om te vermoeden dat de stroomsnelheid groot zal zijn. De kortste afstand van 5 meter tussen waterloop en plas is echter wel aanwezig in een buitenbocht van de waterloop. Nadere analyse van de exacte stroomsnelheid en daarmee samenhangende kans op erosie is derhalve wenselijk. Aangezien de randstrook met 10 meter al het dubbele bedraagt van de minimale waarde, is vergroting hiervan niet aan de orde c.q. niet noodzakelijk.

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Conclusies

Ten behoeve van de beperkte project-MER is in plaats van de verschillende inrichtingsalternatieven alleen de geotechnisch gezien meest ongunstige situatie beschouwd. Dit betreft een maximale ontgronding, die precies op de minimale afstand van 10 meter vanaf de projectgrens ligt en waarvoor het steilst mogelijke talud is bepaald. Deze zogenaamde “maxbak” is daarmee maatgevend voor alle inrichtingsalternatieven en tevens voor het uiteindelijk te kiezen voorkeursalternatief.

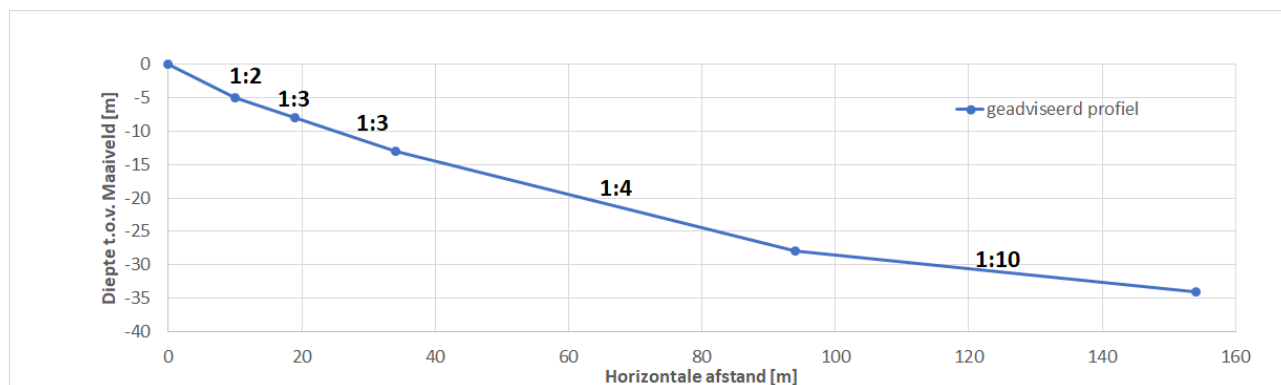
Samengevat zijn de berekeningsresultaten als volgt.

- Elke van de drie beschouwde varianten (1:3 doorgaand, tabel 2a en tabel 2b) voldoet qua macrostabiliteit met enige marge, waardoor dit mechanisme niet maatgevend is voor de steilst mogelijke helling.
- Deformatie van bebouwing en aardwarmtesystemen zal niet optreden, omdat de afstand tot de zandwinplas (>30 meter) voldoende groot is.
- Bresvloeiing is het maatgevende mechanisme voor het steilst mogelijke talud met een helling van 1:2 bovenin overgaand naar een helling 1:10 onderin.
- De laagdikte van los gepakte zandlagen is ruim voldoende klein om het mechanisme verwekingsvloeiing uit te kunnen sluiten, waardoor dit mechanisme niet maatgevend is voor de steilst mogelijke helling.
- Microstabiliteit kan niet optreden, omdat de kwelstromen richting de plas zeer beperkt zijn.
- De randstrook van 10 meter uit de plangrens leidt tot een voldoende veilige situatie, maar daarbij zijn in enkele gevallen wel beheersmaatregelen nodig (eisen aan uitvoering).

Resumerend: het talud mag niet steiler zijn dan 1:2 bovenin overgaand naar 1:10 onderin (afhankelijk van de diepte) en de insteek dient zich minimaal 10 meter uit de plangrens te bevinden.

5.2 Aanbevelingen

Uit de bresvloeiingsanalyse volgt dat het talud met of zonder platbermen gerealiseerd kan worden. In de situatie zonder platbermen gelden er strengere uitvoeringseisen, dit levert echter een grotere hoeveelheid te winnen zand op. Daarom wordt aanbevolen te winnen volgens de contour in Figuur 25. Bij de Bakelse plassen zijn in plas 4 en 5 wel platbermen toegepast in het ontwerp. Aanbevolen wordt om na te gaan of aan de uitvoeringseisen kan worden voldaan en wat de ervaringen zijn met de platbermen bij de Bakelse plassen.



Figuur 25: Geadviseerd profiel

Aangezien er uit de stabiliteitsberekeningen volgt dat een iets steilere helling haalbaar lijkt, is onderzocht hoe dit gerealiseerd kan worden terwijl ook aan de bresvloeiingseis wordt voldaan. Dit is zonder af te wijken van de CUR113 alleen mogelijk als er gebruik wordt gemaakt van een zorgvuldige zuigmethode. Als vervolgens laagsgewijs zand wordt gewonnen speelt bresvloeiing geen rol. Op deze manier kan een steilere helling worden gerealiseerd zolang macrostabiliteit dit toelaat. Aangeraden wordt om deze mogelijkheid verder te verkennen.

Met betrekking tot zetting en zwel worden geen problemen verwacht. De cohesieve tussenlagen, die het meest gevoelig zijn voor zwel, zijn over het algemeen niet erg dik en de bebouwing ligt op enige afstand van de rand van de afgraving. Zolang de minimale randstrookbreedte van 10 meter en huidige plangrens wordt aangehouden zal er geen zwel optreden bij de bebouwing en of aanwezige aardwarmtesystemen. De afstand is dan hemelsbreed meer dan 70 meter.

De onderbouwing van een voldoende veilige randstrook van 10 meter uit de plangrens (dus 40 meter vanaf insteek tot bebouwing), bij een 34 meter diepte put, volgt uit een geavanceerde beoordeling. Een dergelijke beoordeling is volgens CUR113 strikt genomen wel toegestaan, maar kent onzekerheid die aanleiding kan vormen voor een discussie onder deskundigen. Om deze discussie uit de weg te gaan wordt aanbevolen een bredere randstrook vanaf de insteek tot de bebouwing van tweemaal de putdiepte aan te houden. Eventueel in combinatie met een minder grote putdiepte (zie ook de beschouwing van het voorkeursalternatief in §0 op pagina 44).

6 VOORKEURSALTERNATIEF

6.1 Alternatievenafweging in Milieueffectrapportage

In het MER Achter de Berke zijn de milieueffecten van de verschillende inrichtings-, uitvoerings- en transportalternatieven in beeld gebracht. De vergelijking van deze alternatieven uit het MER levert een eerste richting op voor het voorkeursalternatief. Deze uitkomsten zijn vertaald naar een conceptueel voorkeursalternatief als vertrekpunt voor het gesprek met omgeving en bevoegd gezag.

Op basis van dit conceptuele voorkeursalternatief is het gesprek met de klankbordgroepen en het bevoegd gezag aangegaan. Deze gesprekken hebben aanvullende uitgangspunten voor het voorkeursalternatief opgeleverd die voortvloeien uit de wensen van omwonenden, de beleidsdoelen van provincie, gemeente en waterschap en overige belangen. Op basis van de milieueffecten en de aanvullende uitgangspunten is het voorkeursalternatief “Witrijt” samengesteld. Op 27 november 2019 is het definitieve voorkeursalternatief “Witrijt” aan de omgeving gepresenteerd. Het plan is goed ontvangen en kan -onder voorwaarden- op draagvlak in de omgeving rekenen.

Het voorkeursalternatief wijkt op onderdelen af van de MER-alternatieven. In dit hoofdstuk wordt het voorkeursalternatief beschreven en worden tevens de bijbehorende milieueffecten in beeld gebracht.

Het voorkeursalternatief krijgt, op voordracht van de Heemkundekring Bakel en Milheeze, de naam “Witrijt”. Deze naam/toponiem verwijst naar een stroompje in het gebied tussen de Berken en de Greef dat in de 15^e eeuw Witrijt werd genoemd. Later verwijzen toponiemen in de omgeving naar dit stroompje Witrijt.

6.2 Planbeschrijving Voorkeursalternatief “Witrijt”

6.2.1 Inrichtingsplan

Het inrichtingsplan “Witrijt” is gebaseerd op inrichtingsalternatief I2 uit het MER Achter de Berke. De plas ligt daarmee in de noordoosthoek van het plangebied, zodat er achter de woningen aan de Heibloem geen voor recreanten toegankelijke randzone resteert. Aan de west- en zuidzijde ligt een gevarieerde randzone die ruimte biedt aan een ecologische verbinding tussen de Milheezeloop en de Oude Zut, recreatieve routes en een voedselbos. De plas zelf biedt, naast de natuurfunctie, in principe ruimte aan twee nevenfuncties: waterconservering en duurzame energieopwekking (drijvende zonnepanelen). Voor de optie waterconservering kan een deel van de laagte in de westelijk randzone worden gebruikt als inlaatwadi of helofytenfilter, zodat het water uit de Milheezeloop na bodempassage aan de plas cq. het grondwater kan worden toegevoegd. Zie Figuur 26.

Het voorkeursalternatief is een multifunctioneel plan, dat ruimte biedt aan meerdere functies en gebruiksvormen:

- Natuur, met accenten op de ontwikkeling van natte tot vochtige natuurtypen in aanvulling op de overwegend droge natuurtypen in de omgeving.
- Recreatieve mogelijkheden voor wandelaars en fietsers. Via een stelstel van graspaden kan het gebied worden verkend en ontstaan er verbindingroutes naar het Bakelse Plassengebied. Een nieuw fietspad langs de Milheezeloop versterkt het fietsroutenetwerk in de omgeving.
- Een voedselbos nabij de kern Milheeze. Het voedselbos heeft een oppervlakte van circa 2 ha en is openbaar toegankelijk. Het bestaat uit een geheel van bosjes, hagen, (fruit- en noten-)bomen, bloemrijke graslanden, poelen etc.
- Het voedselbos en de natte tot vochtige graslanden ten zuiden en westen van de plas bieden een optimaal foerageergebied voor de das.
- De oeverzones langs de noord- en oostzijde voorzien qua inrichting in migratieroutes voor de das (vochtige graslanden en struweelhagen); het voedselbos en de vochtige graslanden vormen optimaal foerageergebied voor de das.
- De leidingkoker onder de Hekker (voor de persleidingen t.b.v. het zandtransport) krijgt in de eindsituatie een functie als faunatunnel voor kleine zoogdieren en amfibieën.
- Plan “Witrijt” levert een significante bijdrage geleverd aan versterking van de biodiversiteit en soortenrijkdom in de omgeving.

- Het laaggelegen natuurgebied met natte graslanden en poelen ten westen van de plas kan periodiek dienen als inlaatwadi/helofytenfilter om water uit de Milheezersloop toe te voegen aan de grondwatervoorraad.
- Optie: enkele drijvende zonnepanelen op de plas. Met drijvende zonnepanelen kan het project ook een bijdrage leveren aan de energietransitie. De exacte omvang en locatie van de zonnepanelen moet nader worden onderzocht. Omwille van de ecologische kwaliteit van de plas en de beeldkwaliteit geldt voornamelijk als uitgangspunt dat max. 25% van het diepe water mag worden bedekt met drijvende zonnepanelen. Voor de ontwikkeling van drijvende zonnepanelen dient nog nader overleg plaats te vinden met omwonenden en het bevoegd gezag.

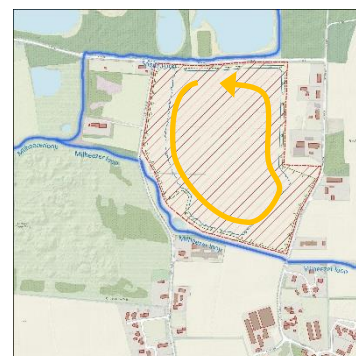


Figuur 26: Voorkeursalternatief "Witrijt" (eindinrichtingsplan).

6.2.2 Voorkeursalternatief Uitvoering

De milieueffecten voor de verschillende uitvoeringsalternatieven zijn niet onderscheidend en vanuit de omgeving en de bevoegde gezagen is er geen voorkeur voor een bepaalde uitvoeringswijze. Uit praktische/technische overwegingen komt daarom de volgende voorkeur qua uitvoering naar voren:

De zandwinning wordt uitgevoerd in een rondgaande beweging. De start is bij de kruising Hekker-Kreijtenberg en vervolgens verplaatst de zandwinning zich 'tegen de klok in' door het plangebied (Figuur 27). Op deze wijze kan namelijk zoveel mogelijk werk met werk worden gemaakt. Na de start van de werkzaamheden kunnen de dekgronden steeds direct worden verwerkt in de herinrichting van de randzones van de voorgaande fase. Op deze wijze wordt het grondverzet zoveel mogelijk beperkt.

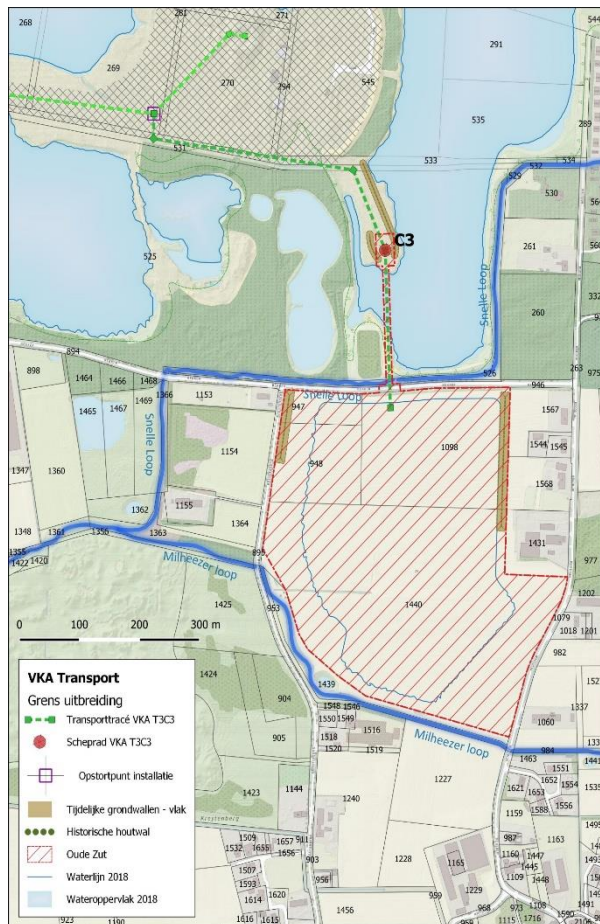


Figuur 27: VKA Uitvoering.

6.2.3 Voorkeursalternatief Transport

Het transport van het gewonnen zand naar de verwerkingsinstallatie bij de Bakelse Plassen verloopt via Transporttracé T3 met een scheprad op locatie C3 (zie Figuur 28). Dit transporttracé kent weliswaar enkele technische bezwaren, maar komt tegemoet aan de wensen van omwonenden. Het zand wordt vanaf de winzuiger met een persleiding tot aan het scheprad op locatie C3 getransporteerd. Aldaar wordt het zand ontwaterd en per transportband naar de bestaande verwerkingsinstallatie vervoerd. Het vrijkomende water, inclusief de fijne zandfractie daarin wordt met een persleiding retour naar de plas Witrijt gepompt.

De geluidsbronnen op de plas zijn hiermee beperkt tot de (elektrische) winzuiger en booster. Het scheprad, de retourpomp en de transportband op het schiereiland (locatie C3) kunnen zo nodig worden afgeschermd met een grondwal voor de aanwonenden aan de Heibloem en de bewoners op het vakantiewoningenpark Landgoed Nederheide.



Figuur 28: Voorkeursalternatief Transport: T3C3.

6.2.4 Geotechnische aspecten van het voorkeursalternatief

Alleen de geotechnisch gezien meest ongunstige situatie is beschouwd en dit betreft een maximale ontgronding. Vanwege onzekerheden die spelen bij een afstand tussen insteek en bebouwing van 40 meter en de wens om de oeverlijn een bepaald grilligheid (zie Figuur 29) te geven, is conform de aanbeveling in §5.2 gekozen voor een put van 28 meter diepte en een randstrook van tweemaal de putdiepte (56 meter afstand tot bebouwing). Van deze 28 meter diepe put mag het talud mag niet steiler zijn dan 1:2 bovenin, via een gedeelte met 1:3 overgaand naar 1:4 onderin.



Figuur 29: Definitief voorkeursalternatief "Witrijt" (eindinrichtingsplan).

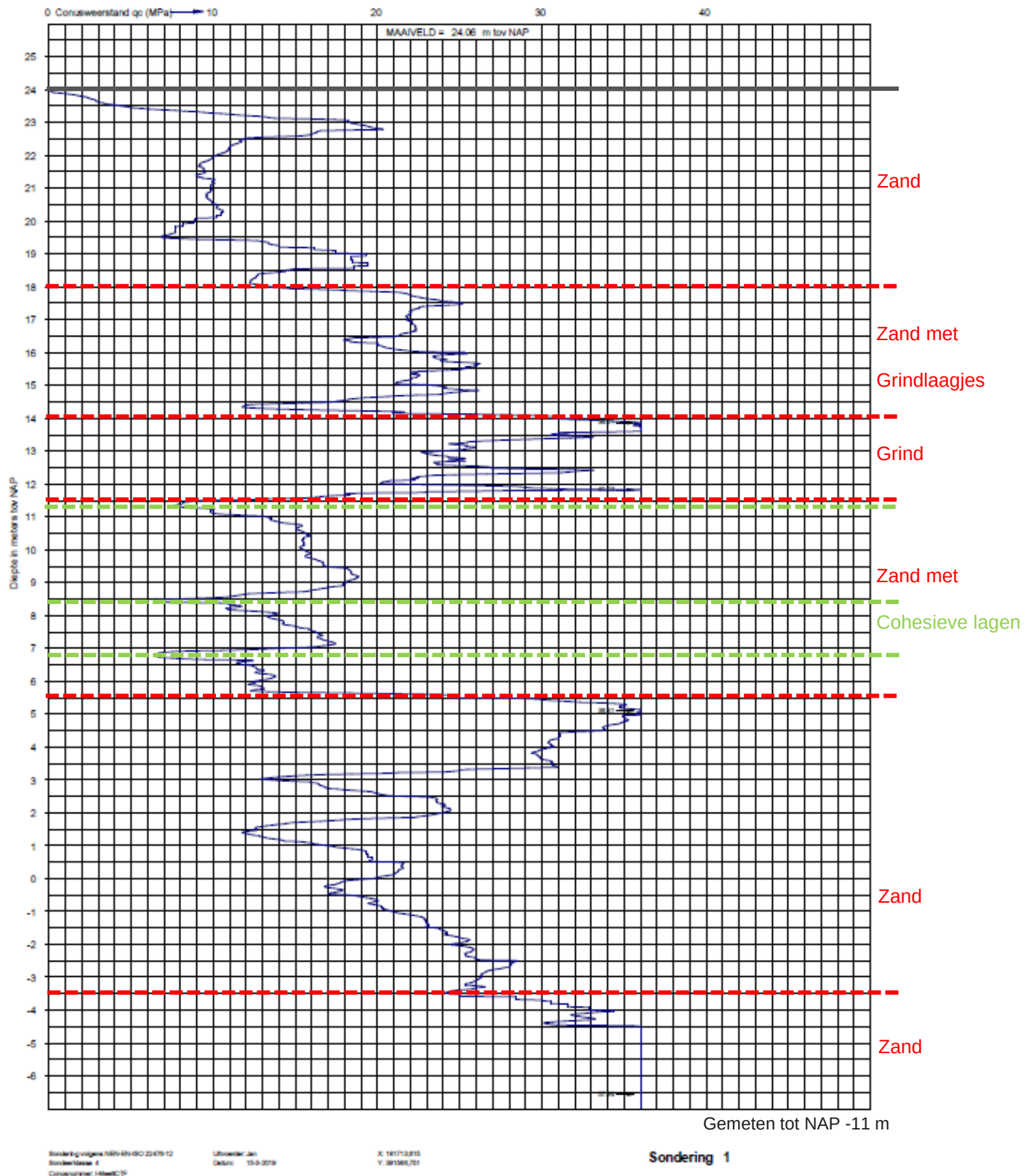
VERWIJZINGEN

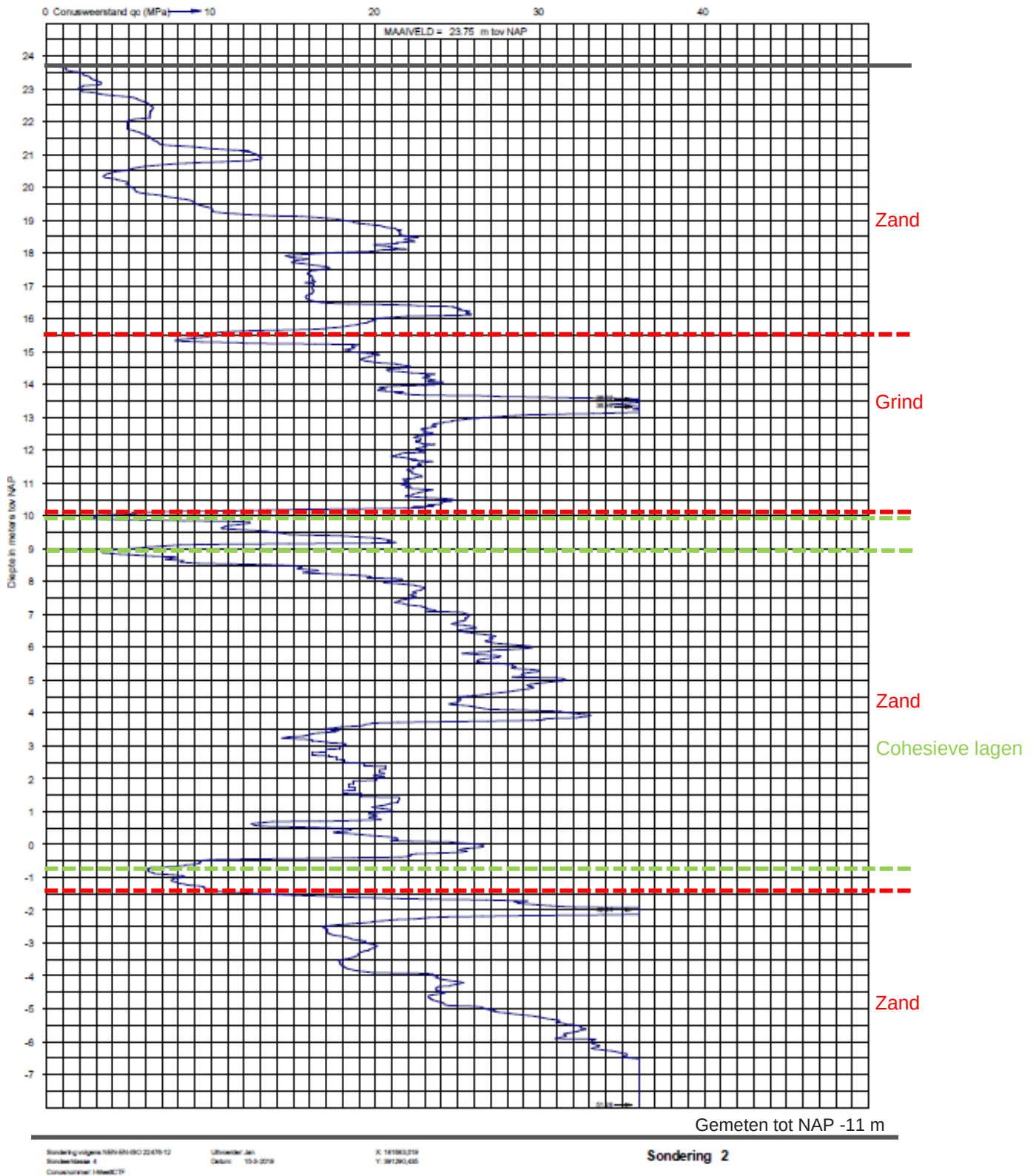
CUR Bouw en Infra. (sd). *Oeverstabiliteit bij zandwinputten.*

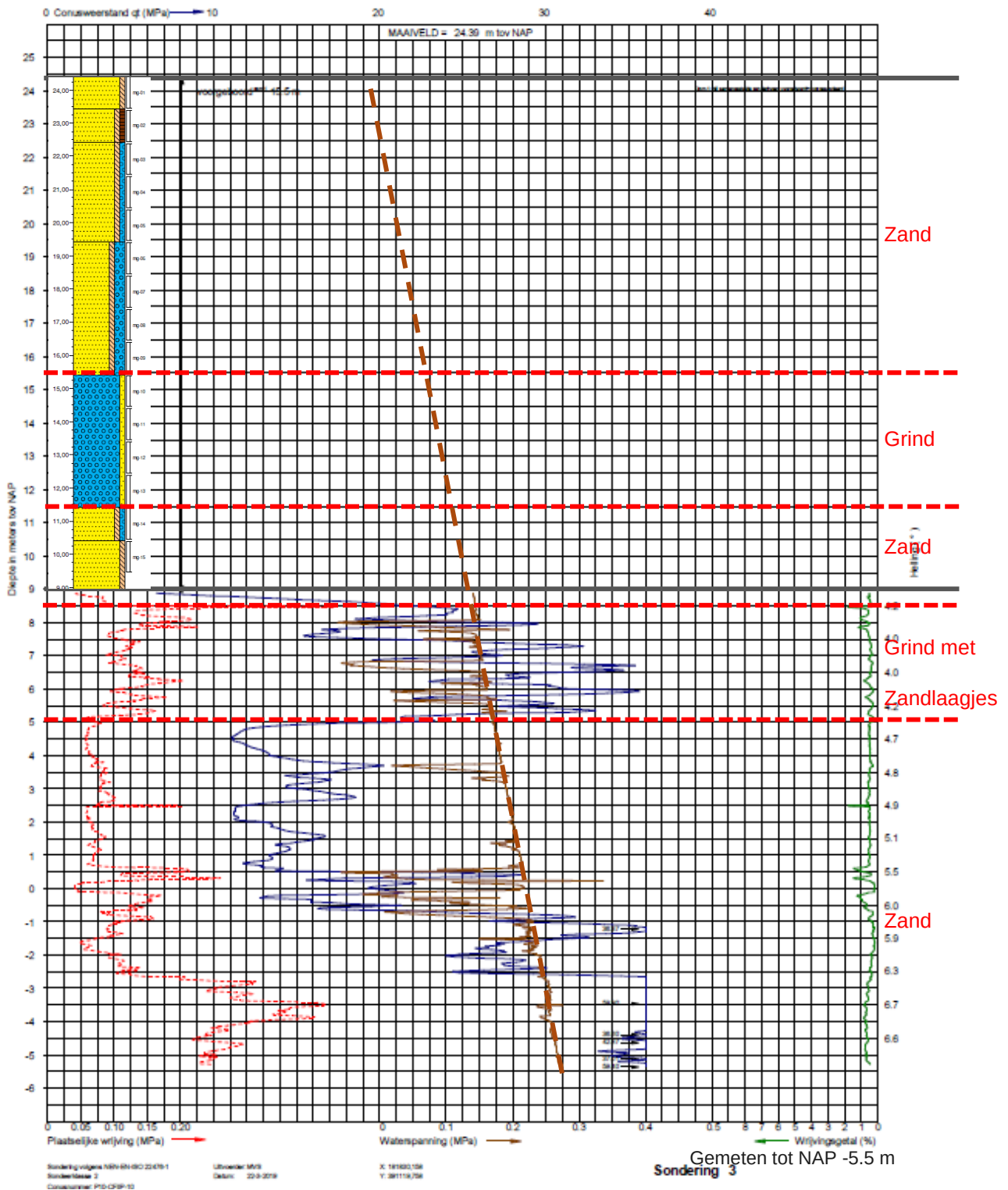
GeoDelft. (2007). *Geotechnisch onderzoek Bakelse Plassen* .

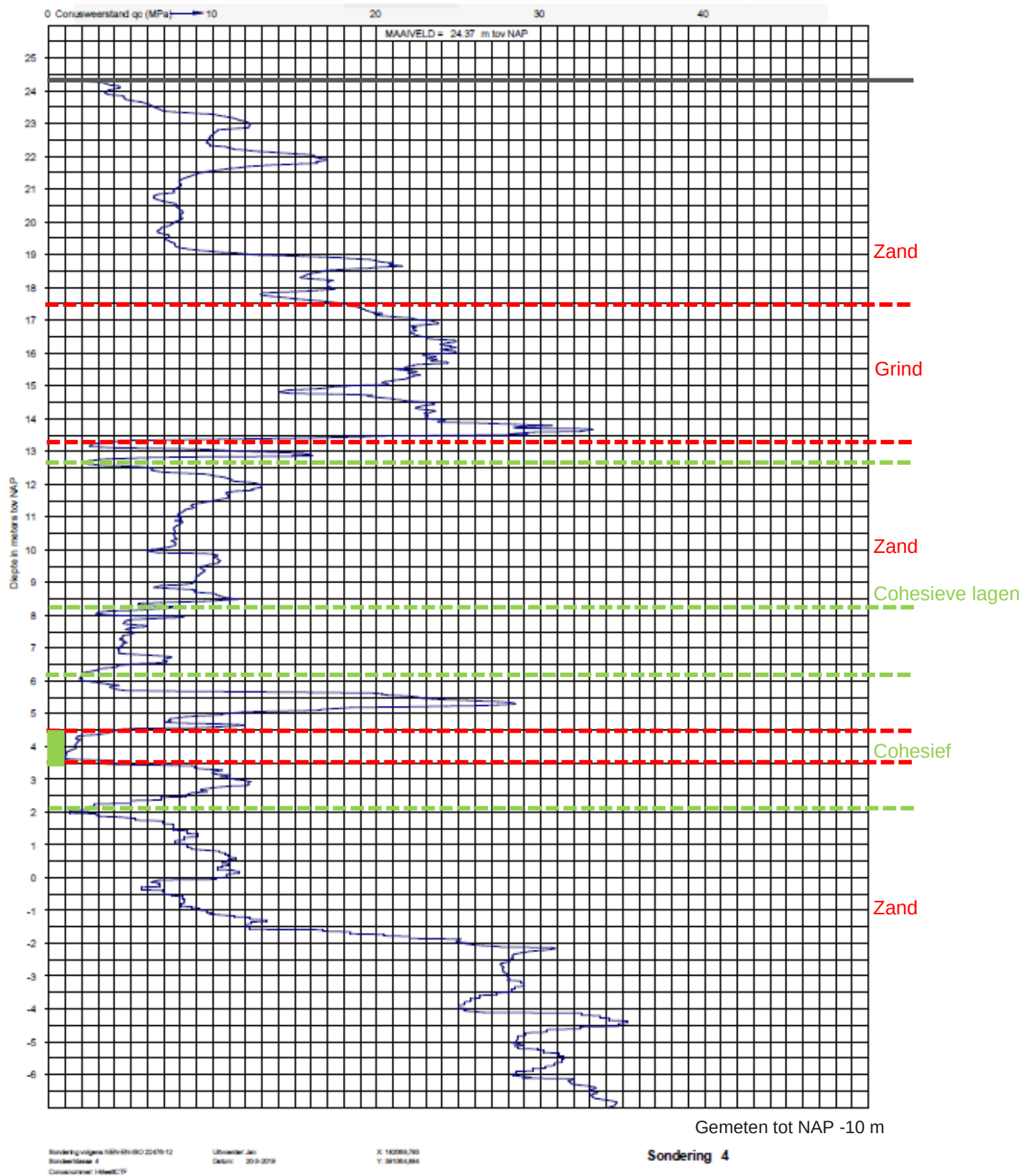
BIJLAGE A UITGEVOERDE BORINGEN EN SONDERINGEN

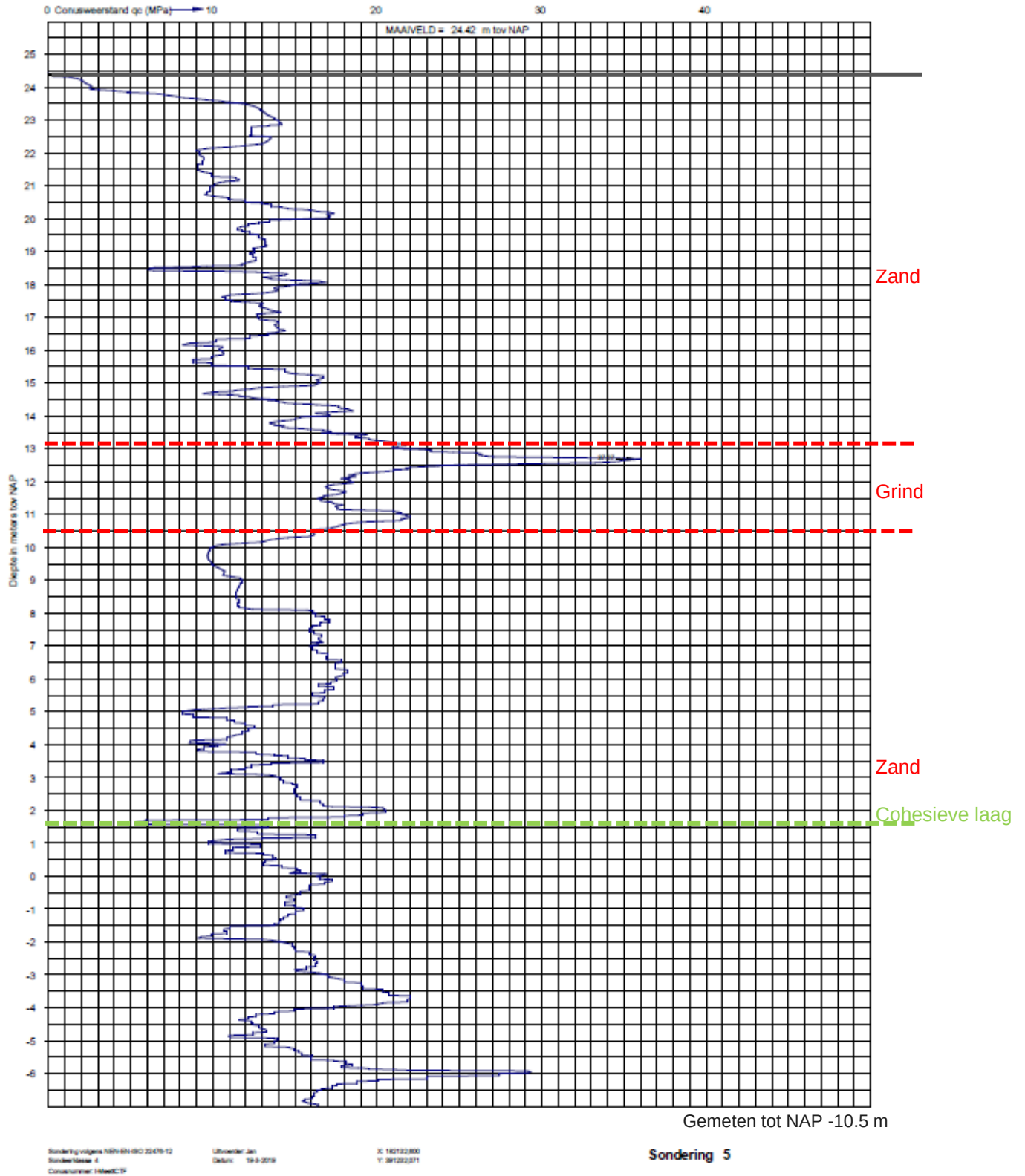
Rapportage Inpijn-Bokpoel, project: 02P013074, 9 april 2019.

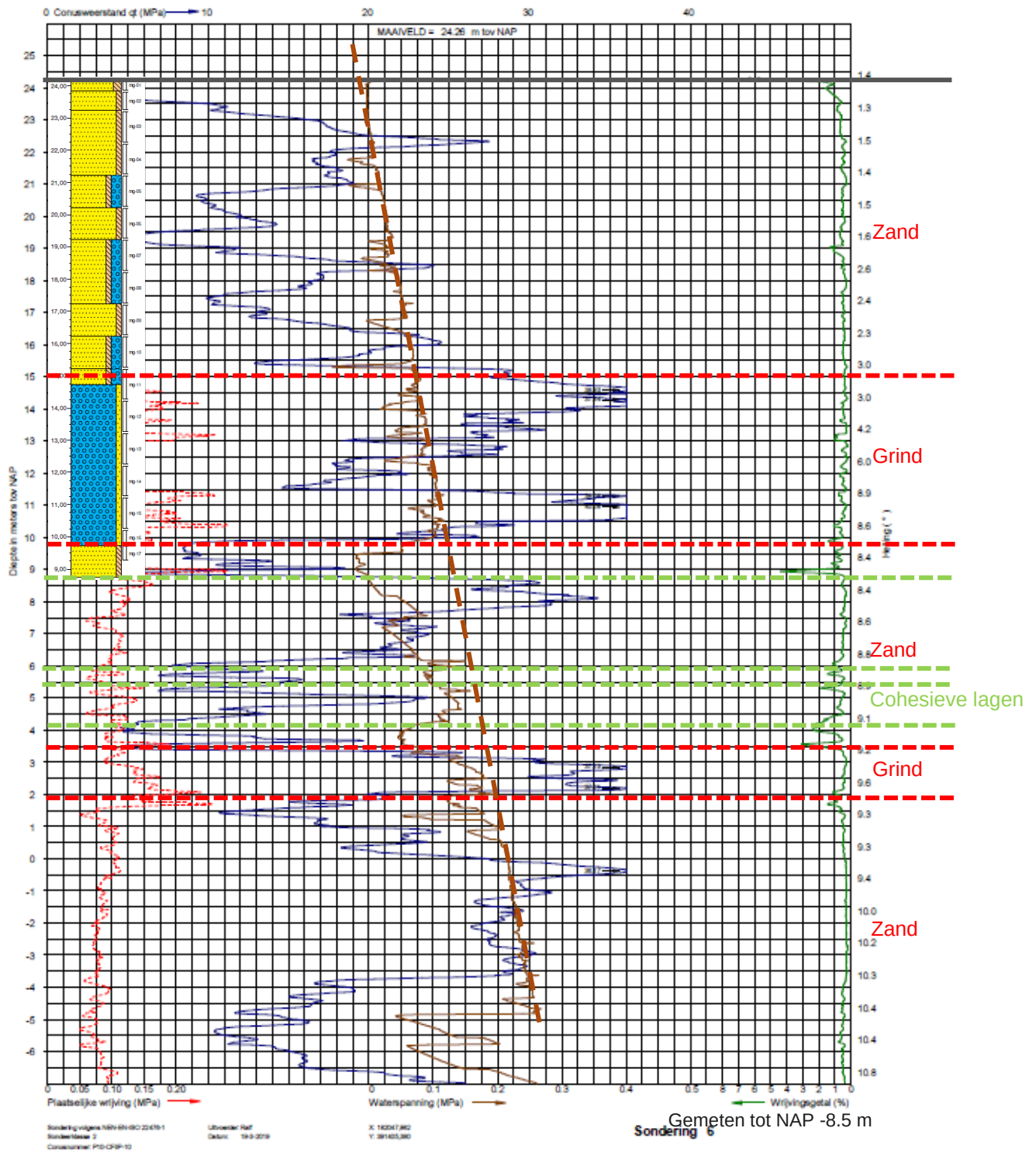


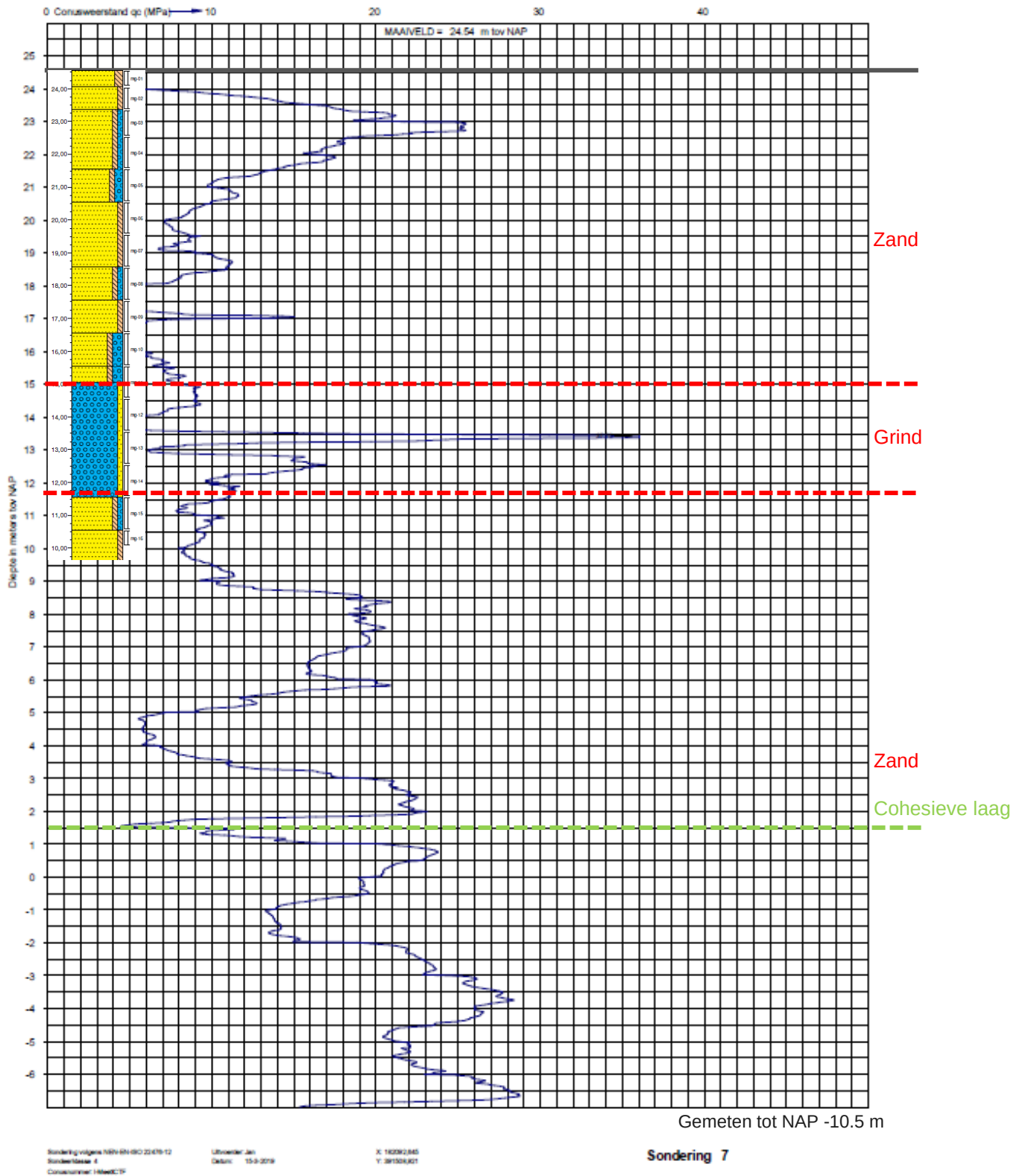




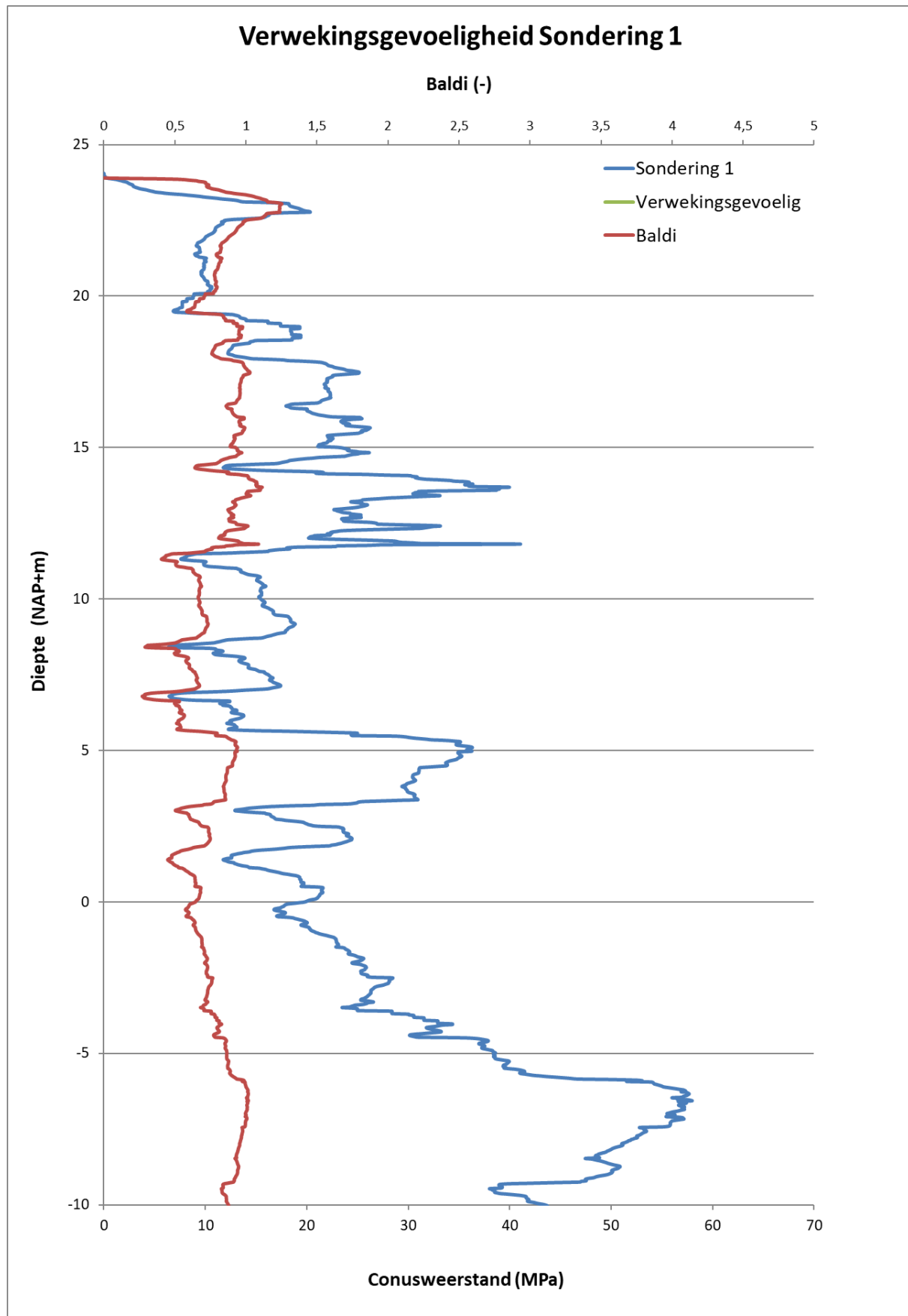


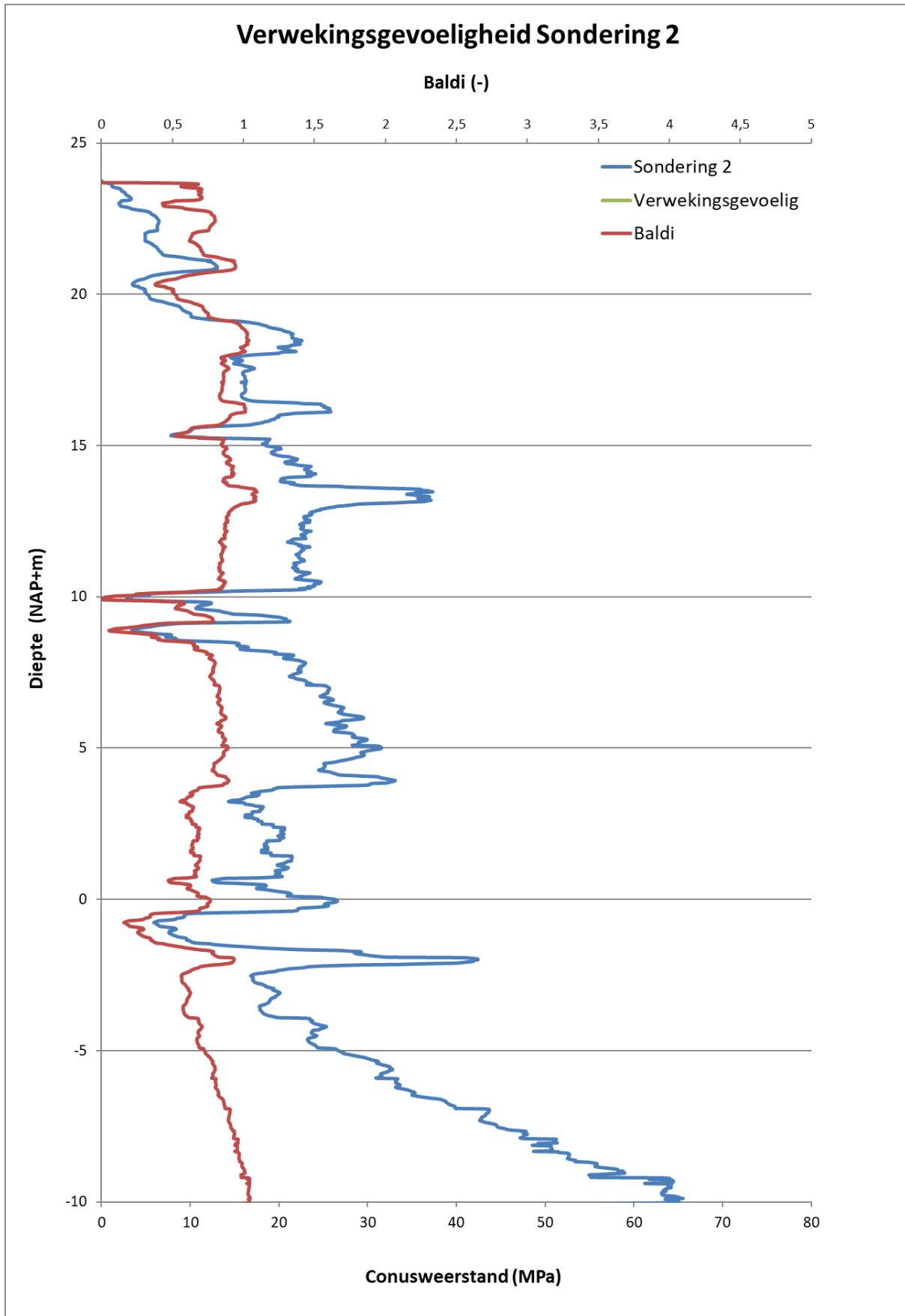


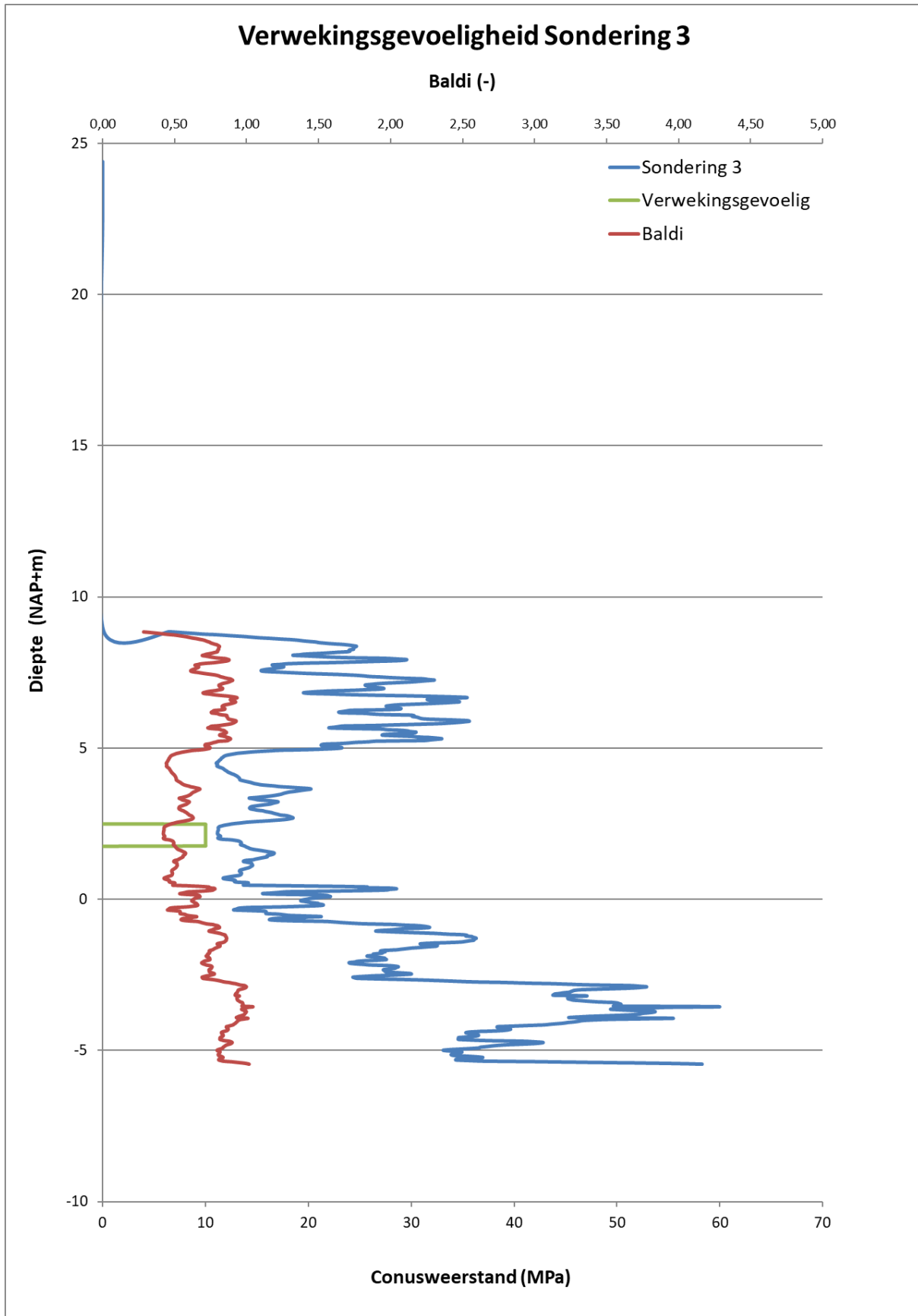


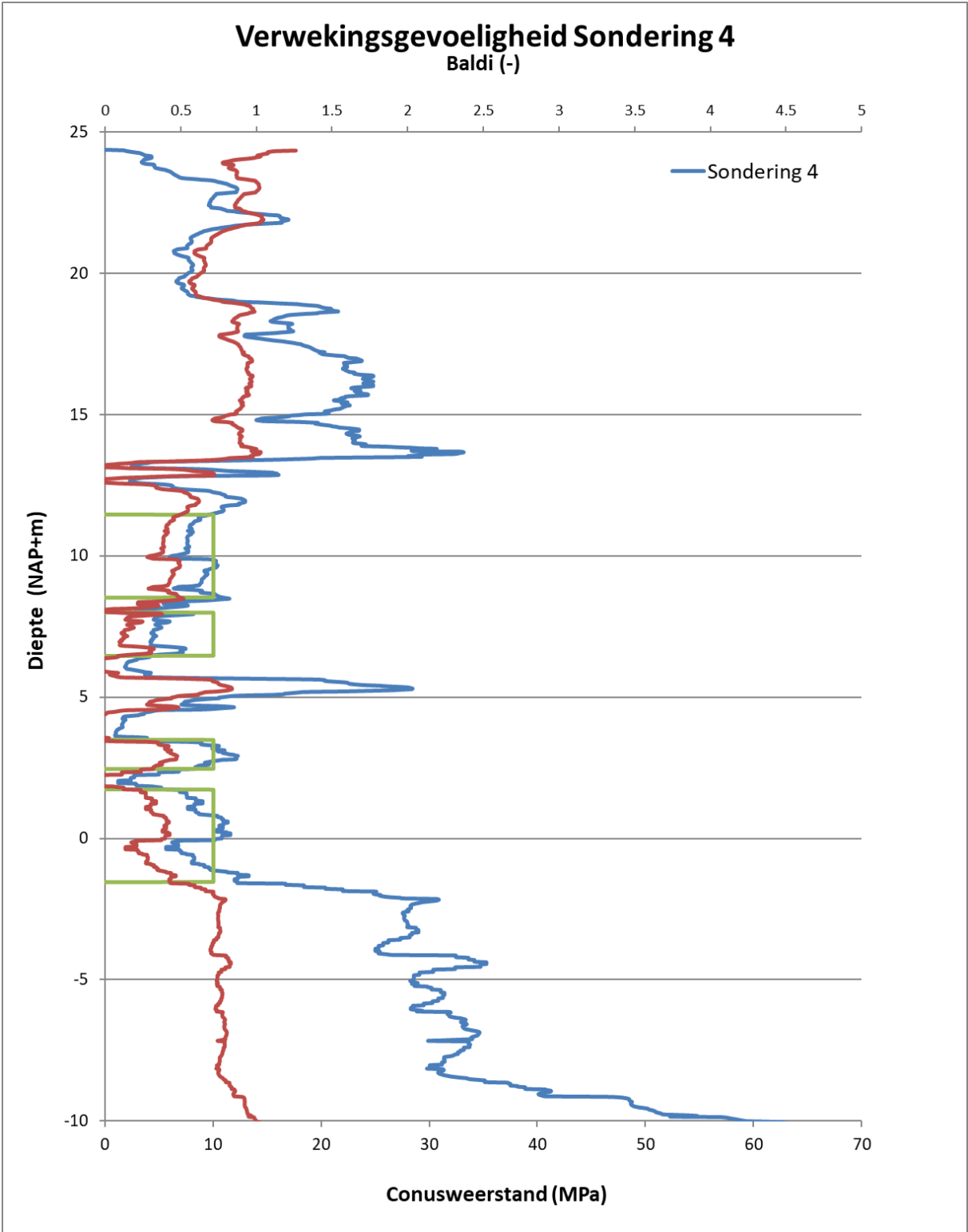


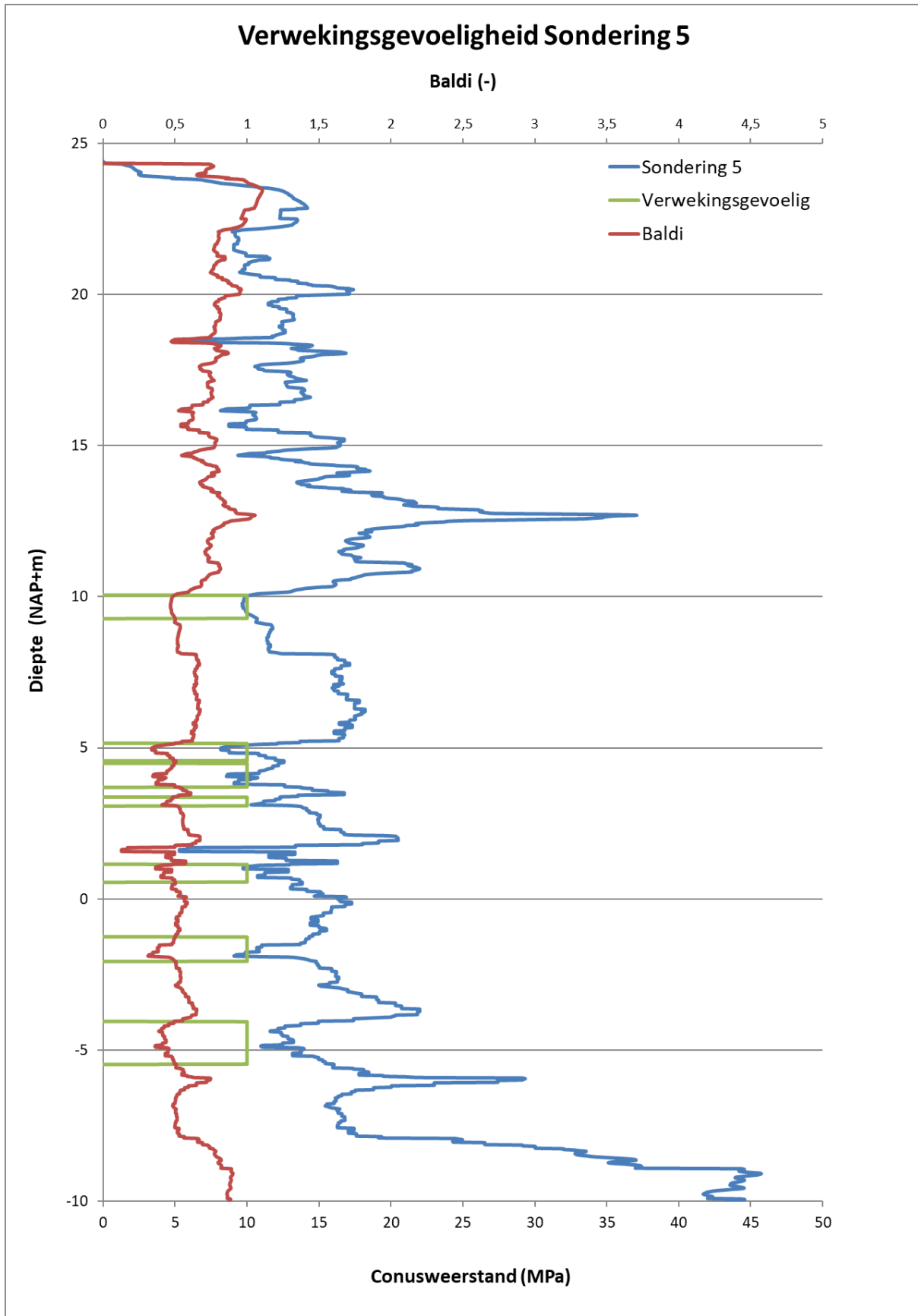
BIJLAGE B VERWEKING VOLGENS BALDI

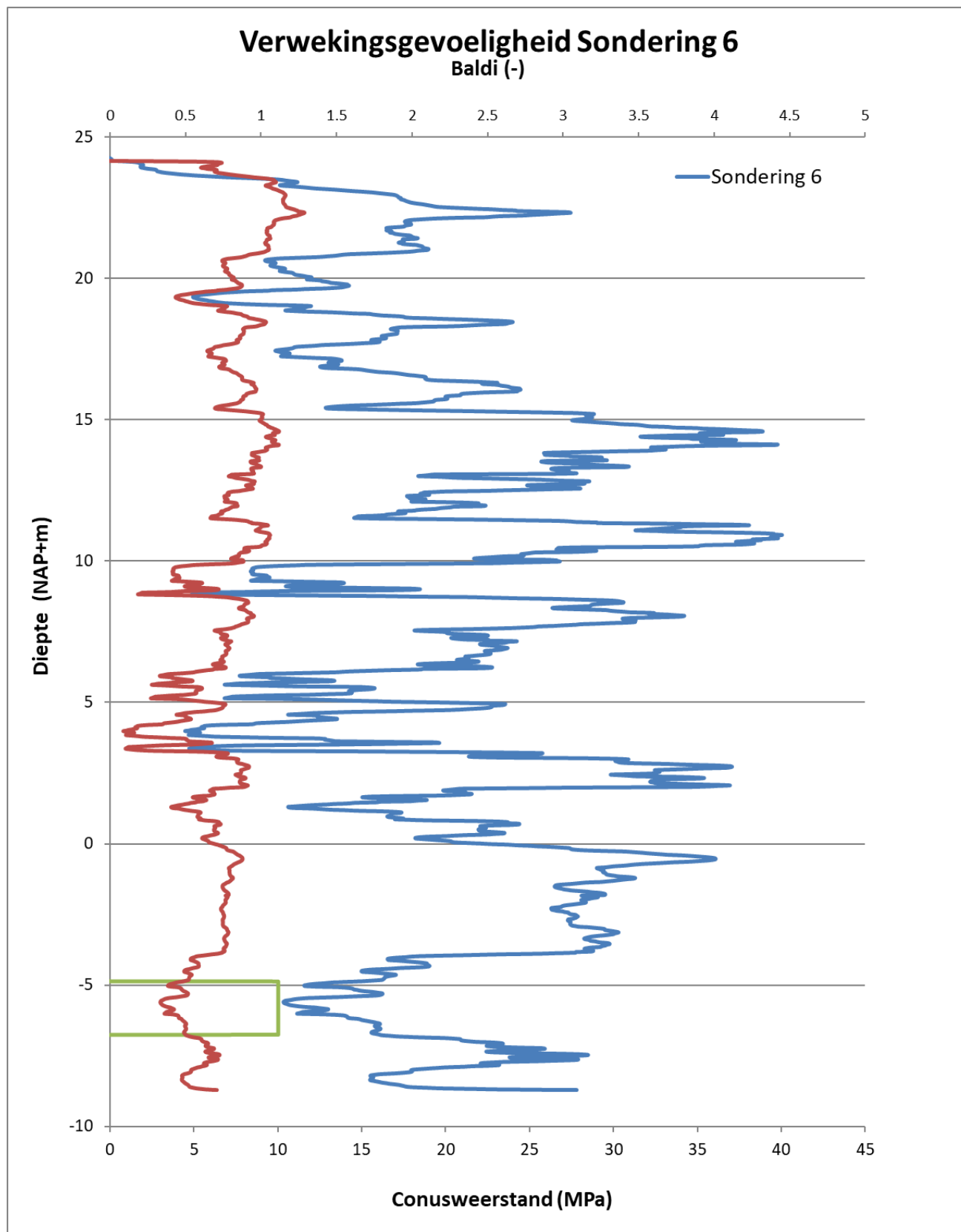


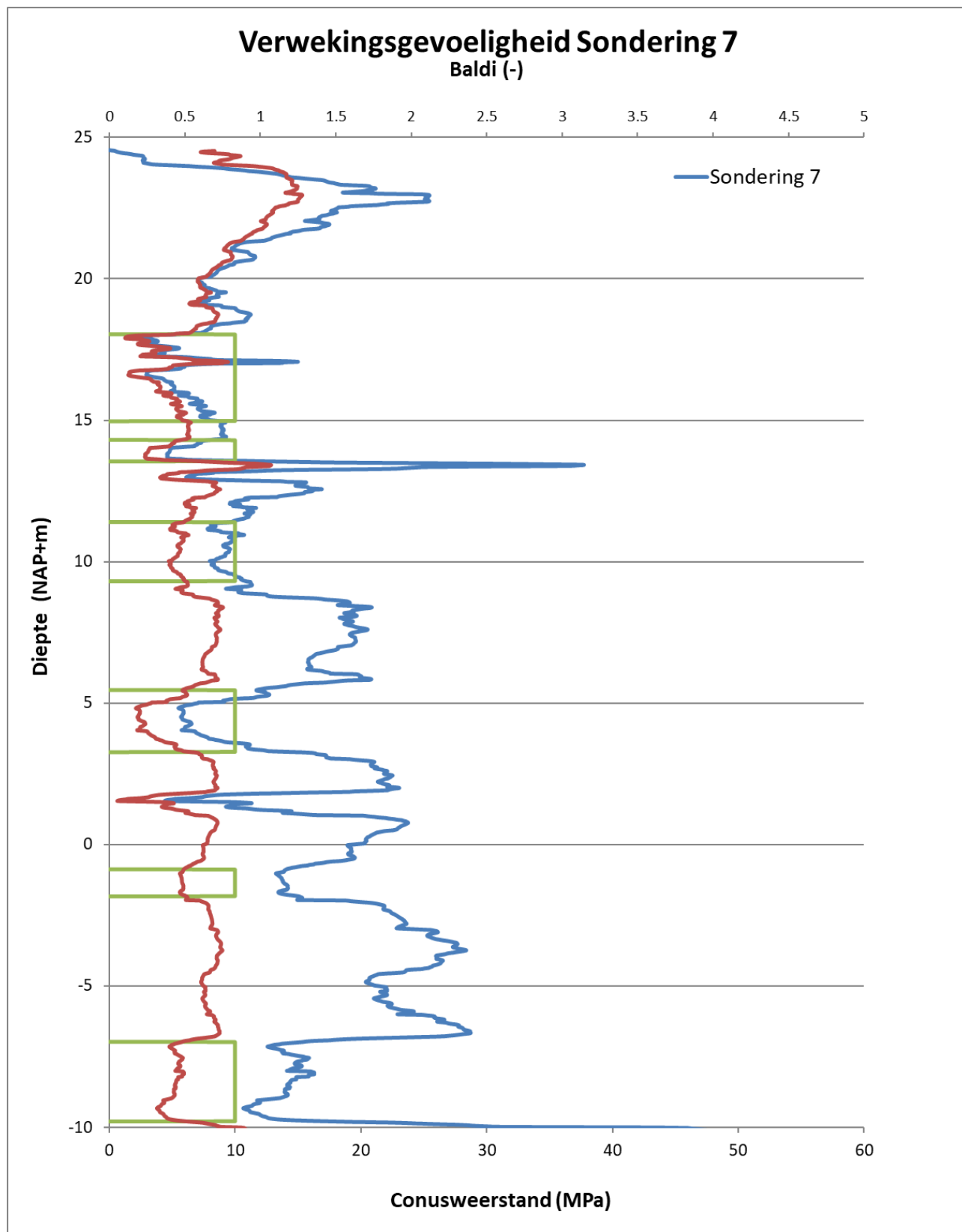




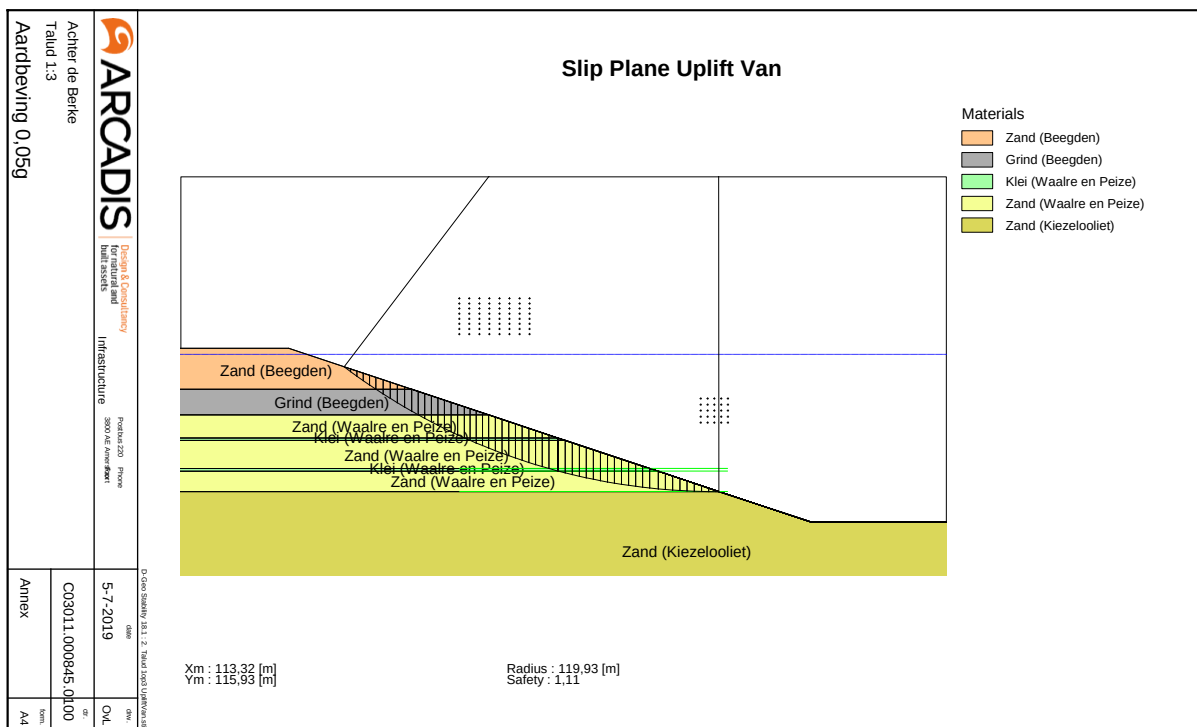
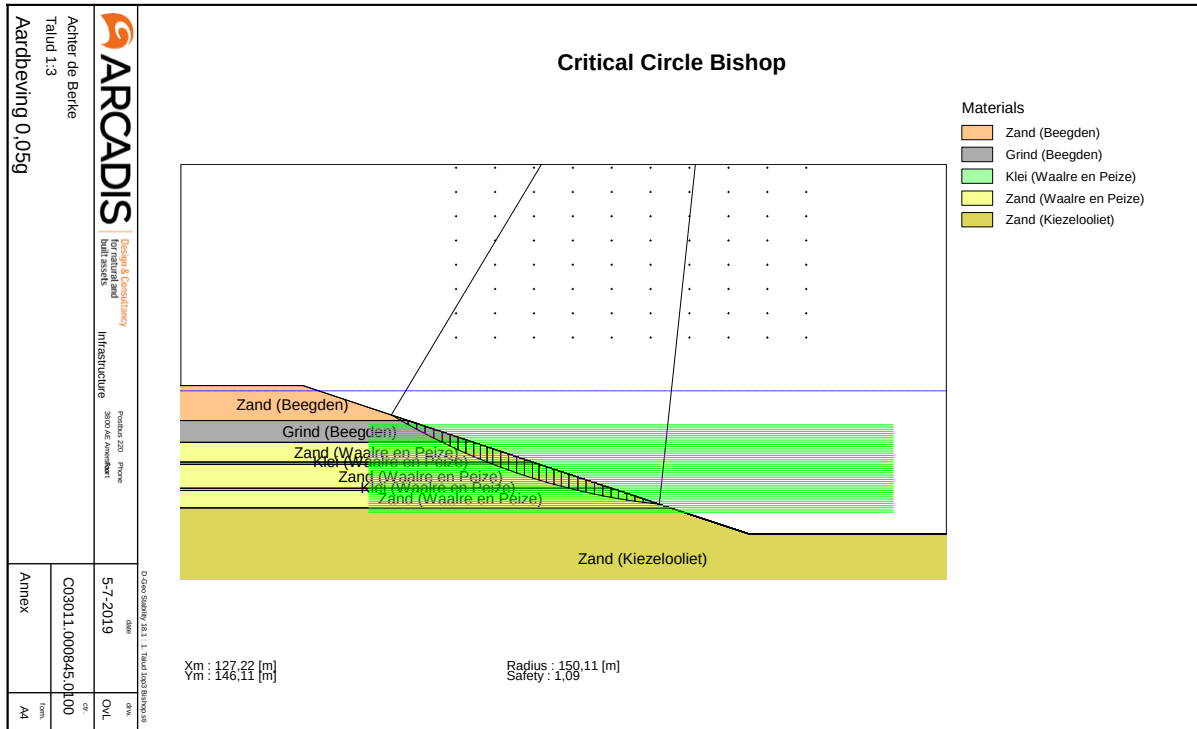


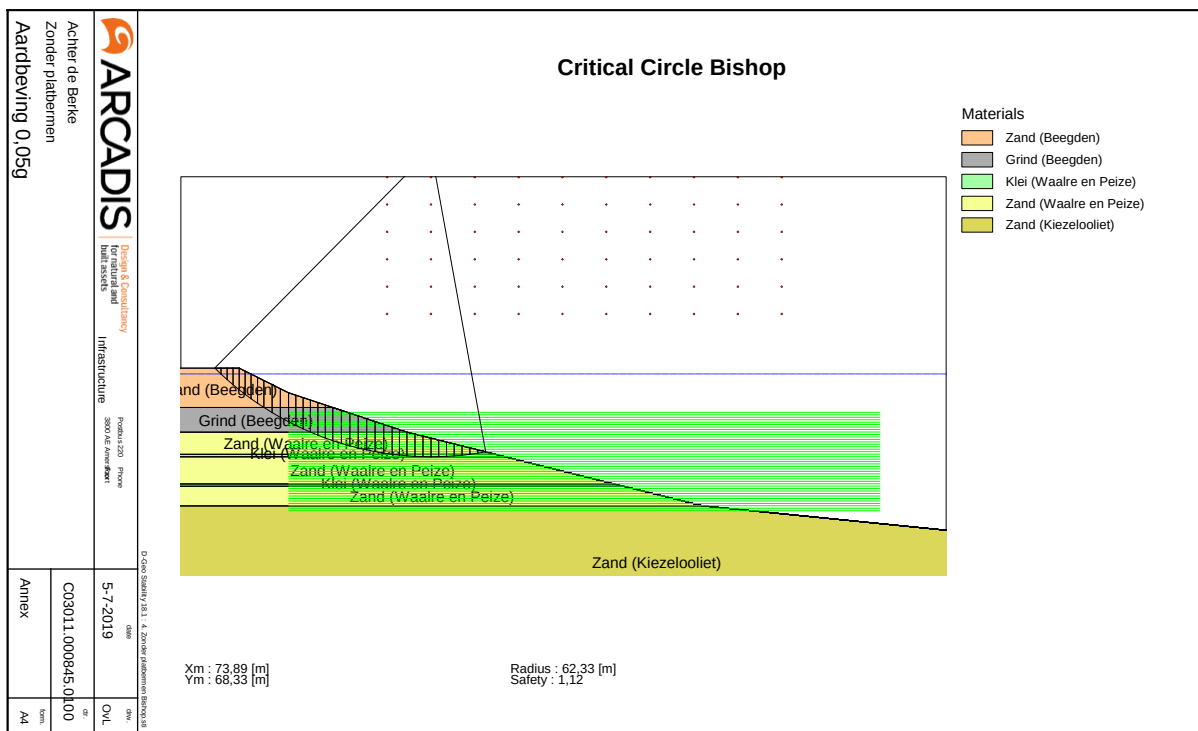
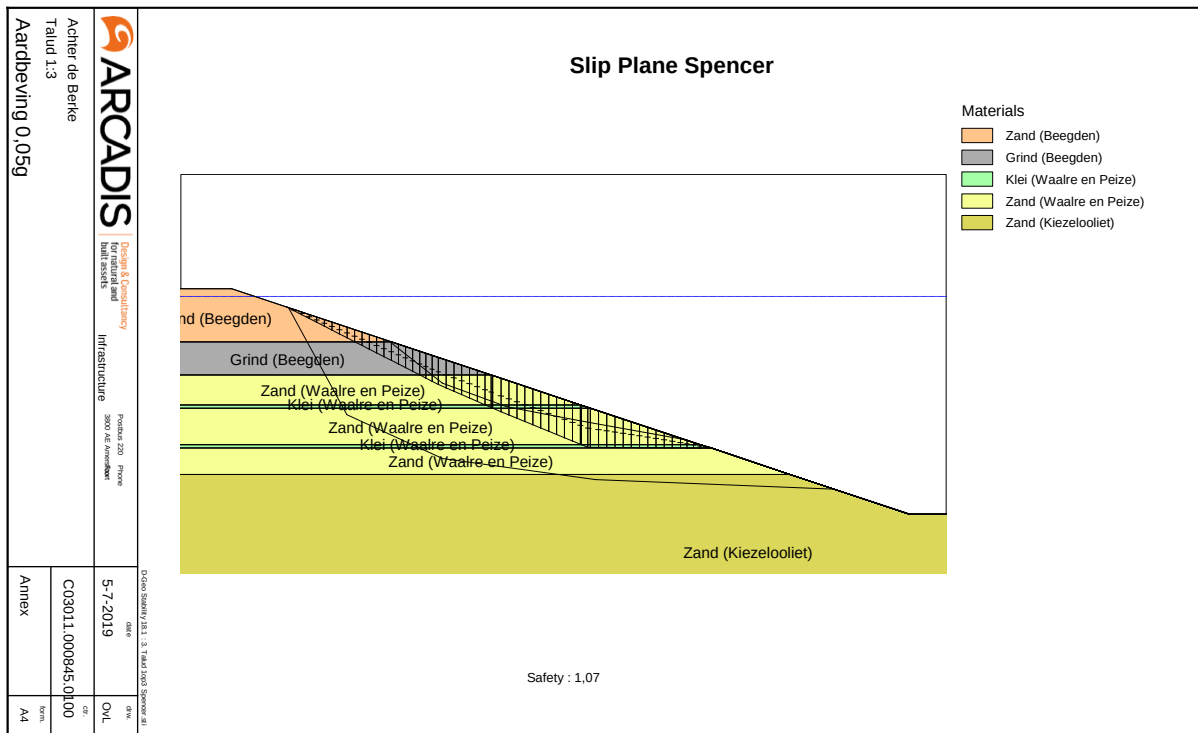


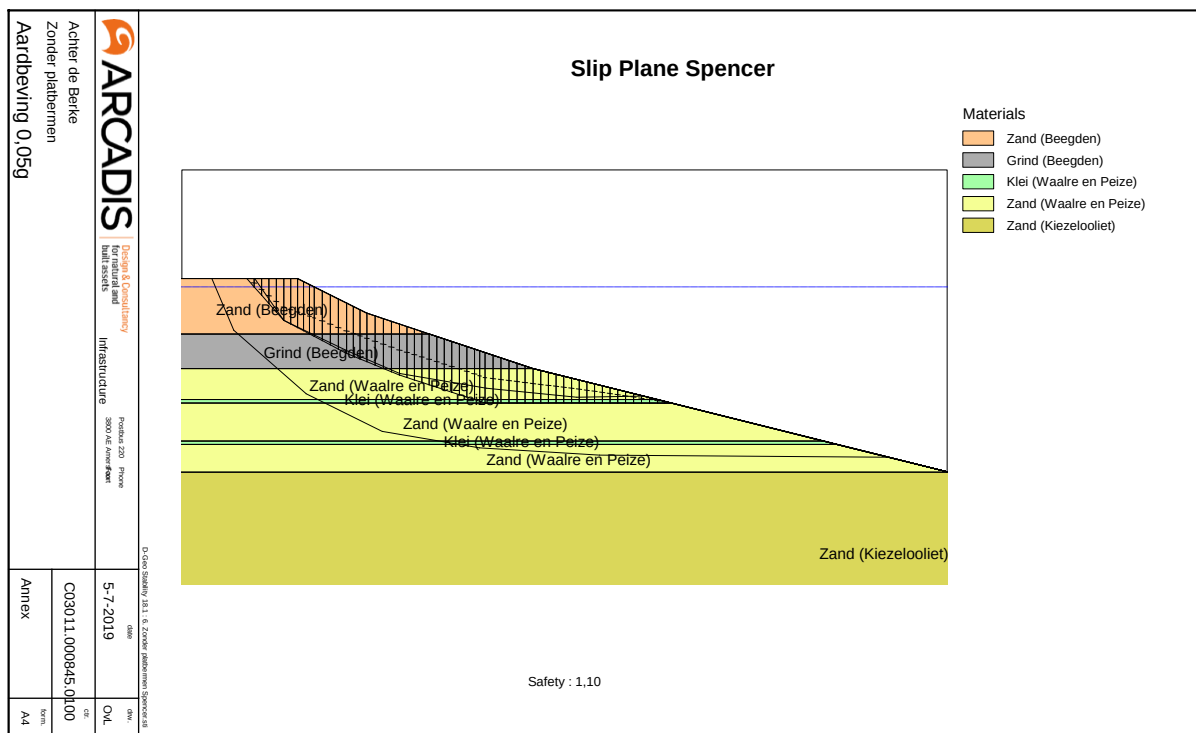


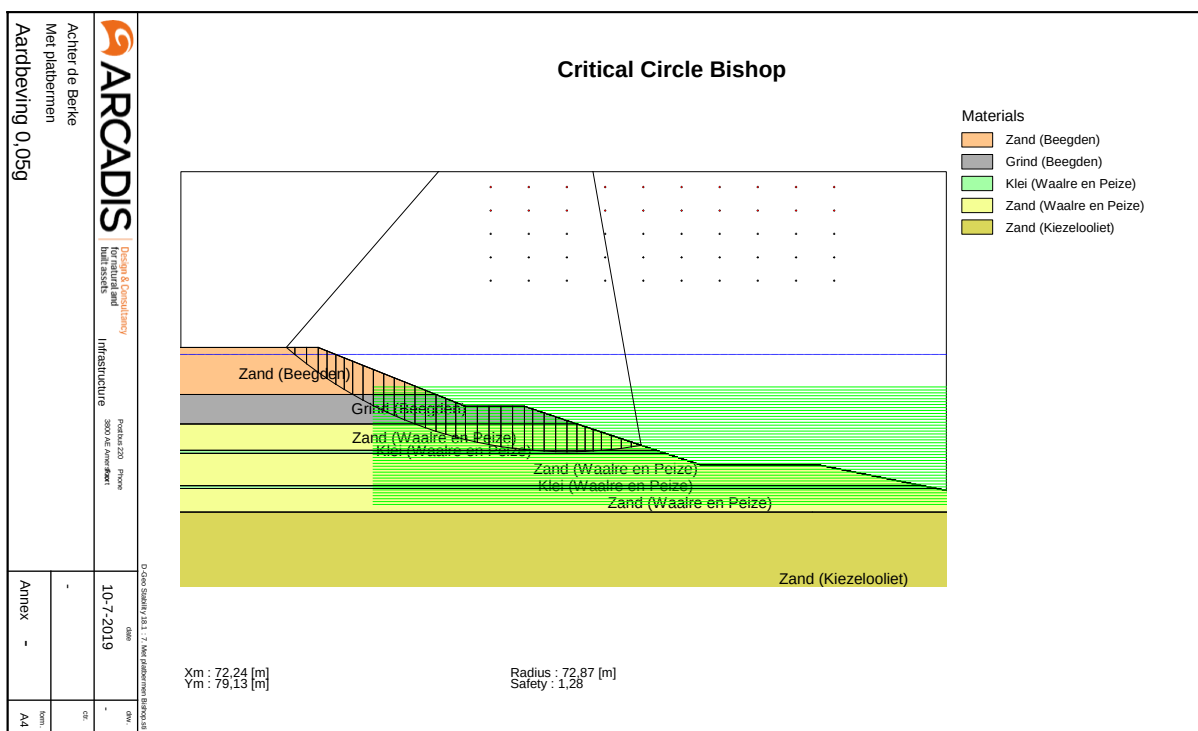
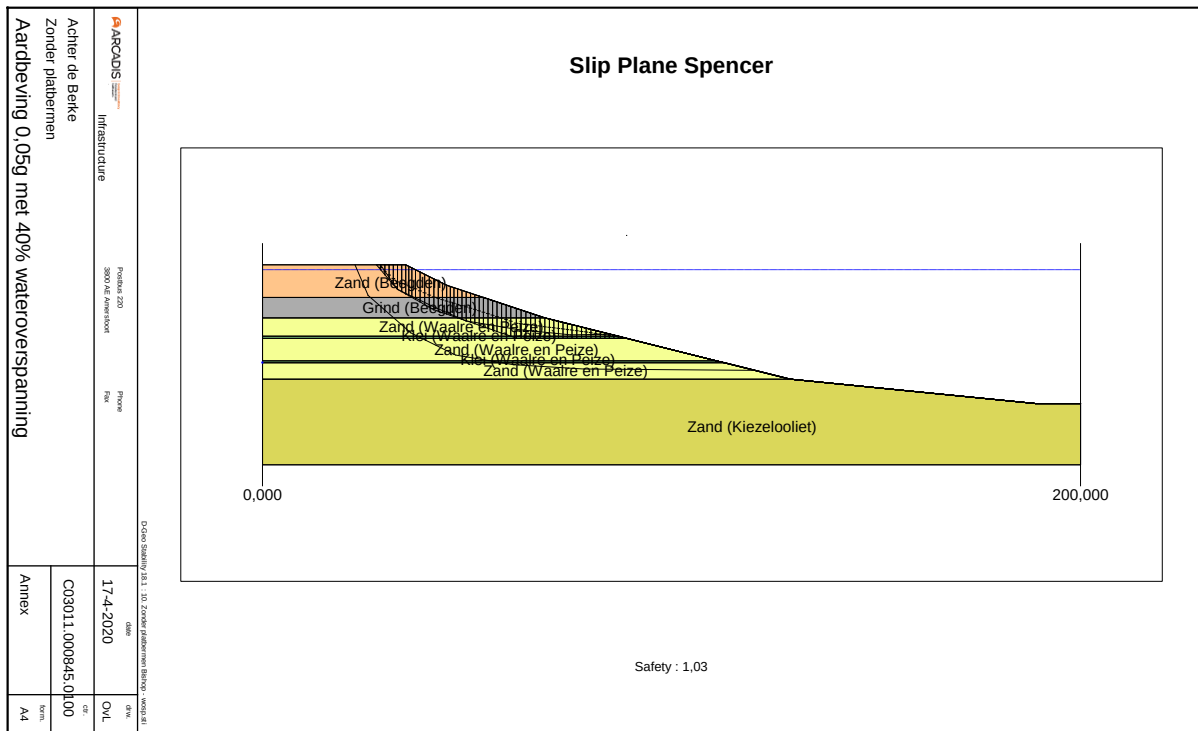


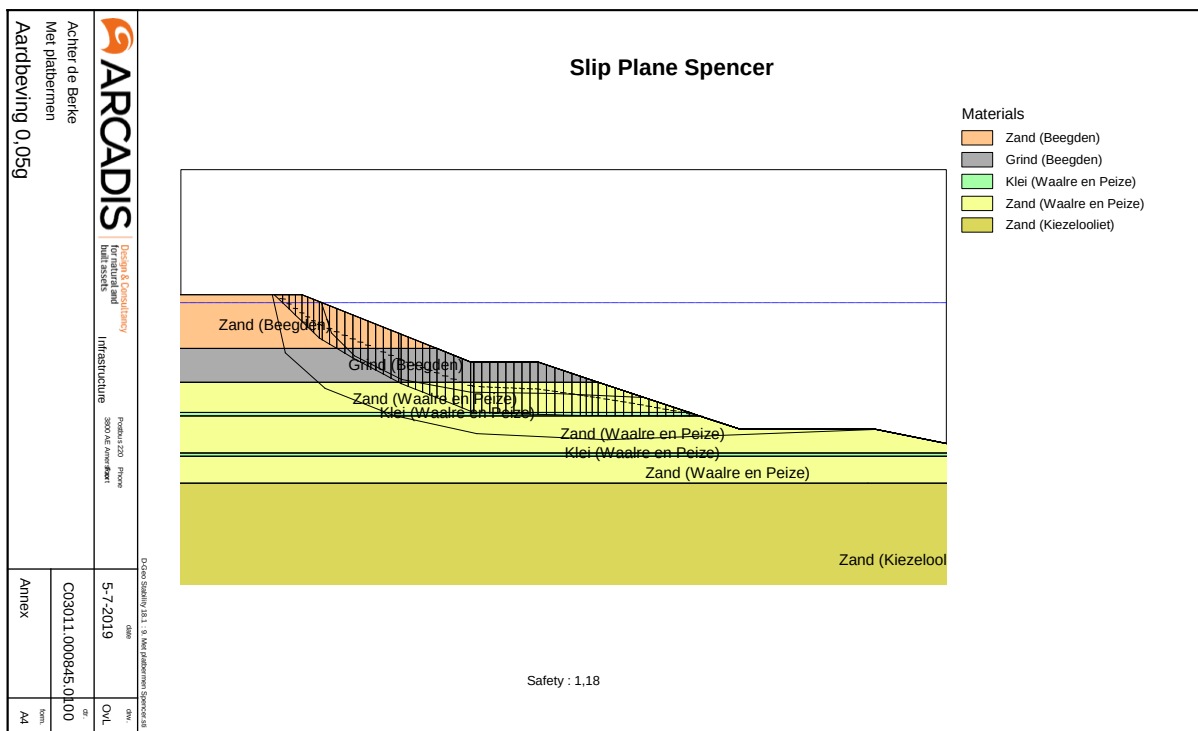
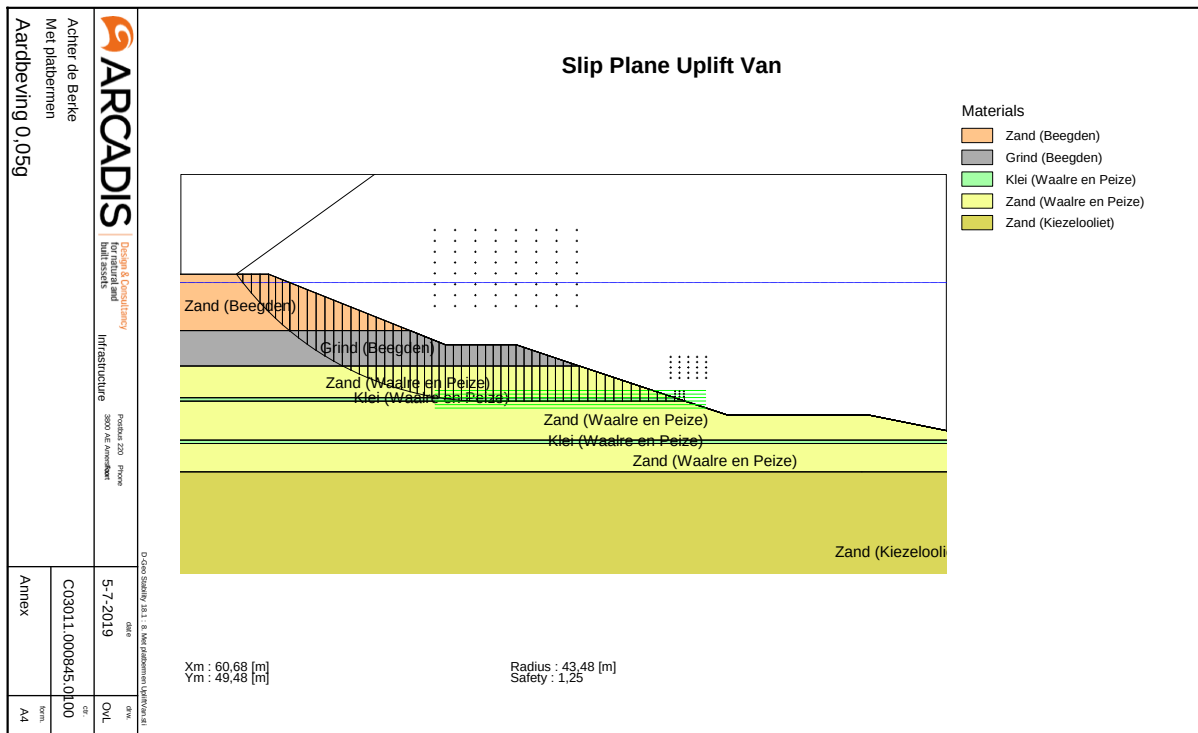
BIJLAGE C STABILITEITSBEREKENINGEN











BIJLAGE D ZETTINGSBEREKENING

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Echo of the Input	3
2.1 Layer Boundaries	3
2.2 PI-lines	3
2.3 General Data	3
2.4 Soil Profiles	4
2.5 Soil Properties	4
2.6 Non-Uniform Loads	4
2.7 Verticals	5
3 Results per Vertical	6
3.1 Results for Vertical 1 (X = 385,00 m; Z = 0,00 m)	6
3.2 Results for Vertical 2 (X = 577,50 m; Z = 0,00 m)	6
3.3 Results for Vertical 3 (X = 770,00 m; Z = 0,00 m)	7
3.4 Results for Vertical 4 (X = 775,00 m; Z = 0,00 m)	8
3.5 Results for Vertical 5 (X = 785,00 m; Z = 0,00 m)	9
3.6 Results for Vertical 6 (X = 795,00 m; Z = 0,00 m)	10
3.7 Results for Vertical 7 (X = 815,00 m; Z = 0,00 m)	11
3.8 Results for Vertical 8 (X = 875,00 m; Z = 0,00 m)	12
4 Settlements	14
4.1 Settlements	14
4.2 Residual Times	14
5 Warnings and errors	15

2 Echo of the Input

2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
7 - X -	0,000	385,000	408,359	422,827	467,086
7 - Y -	24,000	24,000	16,000	11,000	-4,000
7 - X -	485,000	670,000	688,027	732,483	746,976
7 - Y -	-10,000	-10,000	-4,000	11,000	16,000
7 - X -	770,000	1200,000			
7 - Y -	24,000	24,000			
6 - X -	0,000	408,359	422,827	467,086	485,000
6 - Y -	16,000	16,000	11,000	-4,000	-10,000
6 - X -	670,000	688,027	732,483	746,976	770,000
6 - Y -	-10,000	-4,000	11,000	16,000	24,000
6 - X -	1200,000				
6 - Y -	24,000				
5 - X -	0,000	422,827	467,086	485,000	670,000
5 - Y -	11,000	11,000	-4,000	-10,000	-10,000
5 - X -	688,027	732,483	746,976	770,000	1200,000
5 - Y -	-4,000	11,000	16,000	24,000	24,000
4 - X -	0,000	467,086	485,000	670,000	688,027
4 - Y -	-4,000	-4,000	-10,000	-10,000	-4,000
4 - X -	732,483	746,976	770,000	1200,000	
4 - Y -	11,000	16,000	24,000	24,000	
3 - X -	0,000	467,086	485,000	670,000	688,027
3 - Y -	-4,000	-4,000	-10,000	-10,000	-4,000
3 - X -	732,483	746,976	1200,000		
3 - Y -	11,000	16,000	16,000		
2 - X -	0,000	467,086	485,000	670,000	688,027
2 - Y -	-4,000	-4,000	-10,000	-10,000	-4,000
2 - X -	732,483	1200,000			
2 - Y -	11,000	11,000			
1 - X -	0,000	467,086	485,000	670,000	688,027
1 - Y -	-4,000	-4,000	-10,000	-10,000	-4,000
1 - X -	1200,000				
1 - Y -	-4,000				
0 - X -	0,000	1200,000			
0 - Y -	-50,000	-50,000			

2.2 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	0,000	1200,000			
1 - Y -	22,800	22,800			

2.3 General Data

Soil model:	Koppejan
Consolidation model:	Darcy
Strain model:	Linear
Groundwater level:	Initial determined by PI-line number 1
Unit weight of water:	9,81 [kN/m³]
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	None
End of consolidation:	10000,00 [days]
No maintain profile	
Pc (initial):	Variable parallel to the initial effective stress
Pc (per step):	Automatic increased to the final effective stresses
Creep rate reference time:	1,000 [days]
No imaginary surface	
With submerging	
(only for non uniform loads)	

- Iteration stop criterium :	0,10 [m]
Load column width	
- Non-Uniform Loads :	1,00 [m]
- Trapezoidal Loads :	1,00 [m]

2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PI-line top	PI-line bottom
7	Zand (Beegden)	1	1
6	Grind (Beegden)	1	1
5	Gelaagd (Waalre Pe...	1	1
4	Zand (Beegden)	1	1
3	Grind (Beegden)	1	1
2	Gelaagd (Waalre Pe...	1	1
1	Dicht zand (Kieze)	1	1

2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
7	Yes	18,00	21,00
6	Yes	18,00	21,00
5	No	18,00	21,00
4	Yes	18,00	21,00
3	Yes	18,00	21,00
2	No	18,00	21,00
1	Yes	18,00	21,00

Layer number	Storage type	Vert. consolid. coefficient Cv [m²/s]	Vertical permeability [m/s]	Permeability strain mod. [m/s]	Initial vertical permeability [m/s]
7	Vert. cons.	-	-	-	-
6	Vert. cons.	-	-	-	-
5	Vert. cons.	4,00E-08	-	-	-
4	Vert. cons.	-	-	-	-
3	Vert. cons.	-	-	-	-
2	Vert. cons.	4,00E-08	-	-	-
1	Vert. cons.	-	-	-	-

Layer number	Precons. pressure [kN/m²]	POP [kN/m²]	OCR [-]
7	-	-	1,00
6	-	-	1,00
5	5,00E+00	-	-
4	-	-	1,00
3	-	-	1,00
2	5,00E+00	-	-
1	-	-	1,00

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coef.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
7	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	1,80E+03	1,00E+09
6	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	1,80E+03	1,00E+09
5	5,60E+01	1,90E+01	1,60E+03	2,00E+02	5,60E+01	2,00E+02
4	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	1,80E+03	1,00E+09
3	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	1,80E+03	1,00E+09
2	5,60E+01	1,90E+01	1,60E+03	2,00E+02	5,60E+01	2,00E+02
1	1,80E+03	6,00E+02	1,00E+09	1,00E+09	1,80E+03	1,00E+09

2.6 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
1	-1	18,00	21,00
2	0	-18,00	-21,00

Load number	Co-ordinates [m]					
1 - X -	385,00	770,00				
1 - Y -	24,00	24,00				
2 - X -	385,00	485,00	670,00	770,00		
2 - Y -	24,00	-10,00	-10,00	24,00		

2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 5	385,000	577,500	770,000	775,000	785,000
6 - 8	795,000	815,000	875,000		

Discretisation = 100

3 Results per Vertical

3.1 Results for Vertical 1 (X = 385,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
24,000	0,001	24,000	0,000	-0,030
23,900	1,800	23,900	-0,900	-0,030
23,800	3,611	23,800	-1,530	-0,030
23,700	5,411	23,700	-1,530	-0,030
23,600	7,211	23,600	-1,529	-0,030
23,500	9,011	23,500	-1,524	-0,030
23,400	10,811	23,400	-1,515	-0,030
23,300	12,611	23,300	-1,502	-0,030
23,200	14,411	23,200	-1,488	-0,030
23,100	16,210	23,100	-1,480	-0,030
23,000	18,010	23,000	-1,481	-0,030
22,800	21,609	22,800	-1,525	-0,030
22,300	27,204	22,800	-1,829	-0,030
21,800	32,800	22,800	-2,242	-0,030
20,800	43,994	22,800	-3,118	-0,030
20,000	52,948	22,800	-3,818	-0,030
19,000	64,140	22,800	-4,667	-0,030
18,000	75,332	22,800	-5,476	-0,030
17,000	86,524	22,800	-6,247	-0,030
16,000	97,716	22,800	-6,986	-0,030
16,000	97,716	22,800	-6,986	-0,030
15,100	107,789	22,800	-7,629	-0,030
14,100	118,981	22,800	-8,323	-0,029
13,500	125,696	22,800	-8,731	-0,029
12,600	135,769	22,800	-9,333	-0,029
11,600	146,961	22,800	-9,990	-0,029
11,000	153,677	22,800	-10,380	-0,029
11,000	153,677	22,800	-10,380	-0,029
9,200	175,145	22,665	-11,531	-0,025
8,200	187,071	22,590	-12,161	-0,023
7,200	198,949	22,521	-12,786	-0,021
6,200	210,740	22,460	-13,407	-0,020
5,200	222,407	22,411	-14,024	-0,018
3,500	241,879	22,366	-15,066	-0,015
1,700	261,900	22,378	-16,161	-0,012
-0,300	283,396	22,469	-17,370	-0,009
-2,300	304,212	22,629	-18,573	-0,005
-4,000	321,560	22,800	-19,592	-0,001
-4,000	321,560	22,800	-19,592	-0,001
-8,600	373,047	22,800	-22,336	-0,001
-10,200	390,956	22,800	-23,286	-0,001
-12,200	413,344	22,800	-24,473	-0,001
-13,600	429,015	22,800	-25,302	-0,001
-18,600	484,985	22,800	-28,262	-0,001
-23,600	540,958	22,800	-31,225	-0,001
-27,000	579,020	22,800	-33,250	-0,001
-31,600	630,516	22,800	-36,010	-0,001
-36,600	686,489	22,800	-39,045	0,000
-41,600	742,460	22,800	-42,122	0,000
-46,600	798,431	22,800	-45,245	0,000
-50,000	836,490	22,800	-47,393	0,000

3.2 Results for Vertical 2 (X = 577,50 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
-10,000	0,000	22,800	-388,854	-0,029
-10,100	1,119	22,800	-388,854	-0,028
-10,200	2,237	22,800	-388,855	-0,028
-10,300	3,356	22,800	-388,855	-0,028
-10,400	4,475	22,800	-388,856	-0,027
-10,500	5,594	22,800	-388,856	-0,027
-10,600	6,713	22,800	-388,857	-0,027
-10,700	7,832	22,800	-388,858	-0,027
-10,800	8,951	22,800	-388,858	-0,027
-10,900	10,070	22,800	-388,859	-0,026
-11,000	11,189	22,800	-388,860	-0,026
-12,000	22,379	22,800	-388,867	-0,024
-13,000	33,569	22,800	-388,876	-0,023
-14,000	44,759	22,800	-388,886	-0,022
-15,000	55,949	22,800	-388,898	-0,020
-16,000	67,139	22,800	-388,912	-0,019
-17,000	78,329	22,800	-388,927	-0,018
-18,000	89,518	22,800	-388,944	-0,017
-19,000	100,708	22,800	-388,963	-0,016
-20,000	111,898	22,800	-388,985	-0,015
-21,000	123,088	22,800	-389,008	-0,015
-22,000	134,277	22,800	-389,032	-0,014
-23,000	145,467	22,800	-389,059	-0,013
-24,000	156,657	22,800	-389,088	-0,012
-25,000	167,847	22,800	-389,118	-0,012
-26,000	179,036	22,800	-389,149	-0,011
-27,000	190,226	22,800	-389,182	-0,010
-28,000	201,416	22,800	-389,216	-0,010
-29,000	212,605	22,800	-389,252	-0,009
-30,000	223,795	22,800	-389,288	-0,009
-32,000	246,174	22,800	-389,362	-0,008
-34,000	268,554	22,800	-389,436	-0,007
-36,000	290,933	22,800	-389,509	-0,006
-38,000	313,313	22,800	-389,578	-0,005
-40,000	335,693	22,800	-389,641	-0,004
-42,000	358,073	22,800	-389,694	-0,003
-44,000	380,453	22,800	-389,736	-0,002
-46,000	402,833	22,800	-389,763	-0,001
-48,000	425,213	22,800	-389,773	-0,001
-50,000	447,594	22,800	-389,763	0,000

3.3 Results for Vertical 3 (X = 770,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
24,000	0,001	24,000	0,000	-0,030
23,900	1,800	23,900	-0,013	-0,030
23,800	3,542	23,800	-0,156	-0,030
23,700	5,411	23,700	-1,149	-0,030
23,600	7,225	23,600	-1,348	-0,030
23,500	9,029	23,500	-1,423	-0,030
23,400	10,831	23,400	-1,456	-0,030
23,300	12,632	23,300	-1,469	-0,030
23,200	14,431	23,200	-1,472	-0,030
23,100	16,230	23,100	-1,475	-0,030
23,000	18,029	23,000	-1,483	-0,030
22,800	21,627	22,800	-1,531	-0,030
22,300	27,222	22,800	-1,832	-0,030
21,800	32,822	22,800	-2,243	-0,030
20,800	44,022	22,800	-3,118	-0,030

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
20,000	52,981	22,800	-3,819	-0,030
19,000	64,178	22,800	-4,667	-0,030
18,000	75,375	22,800	-5,476	-0,030
17,000	86,571	22,800	-6,247	-0,030
16,000	97,767	22,800	-6,986	-0,030
16,000	97,767	22,800	-6,986	-0,030
15,100	107,844	22,800	-7,629	-0,030
14,100	119,040	22,800	-8,323	-0,029
13,500	125,758	22,800	-8,731	-0,029
12,600	135,835	22,800	-9,333	-0,029
11,600	147,032	22,800	-9,990	-0,029
11,000	153,750	22,800	-10,380	-0,029
11,000	153,750	22,800	-10,380	-0,029
9,200	175,227	22,665	-11,531	-0,025
8,200	187,158	22,590	-12,161	-0,023
7,200	199,041	22,521	-12,786	-0,021
6,200	210,837	22,460	-13,407	-0,020
5,200	222,510	22,411	-14,024	-0,018
3,500	241,992	22,366	-15,066	-0,015
1,700	262,024	22,378	-16,161	-0,012
-0,300	283,532	22,469	-17,370	-0,009
-2,300	304,361	22,629	-18,573	-0,005
-4,000	321,720	22,800	-19,592	-0,001
-4,000	321,720	22,800	-19,592	-0,001
-8,600	373,236	22,800	-22,335	-0,001
-10,200	391,155	22,800	-23,286	-0,001
-12,200	413,553	22,800	-24,473	-0,001
-13,600	429,233	22,800	-25,302	-0,001
-18,600	485,229	22,800	-28,261	-0,001
-23,600	541,224	22,800	-31,225	-0,001
-27,000	579,300	22,800	-33,250	-0,001
-31,600	630,811	22,800	-36,010	-0,001
-36,600	686,798	22,800	-39,045	0,000
-41,600	742,782	22,800	-42,122	0,000
-46,600	798,761	22,800	-45,245	0,000
-50,000	836,825	22,800	-47,393	0,000

3.4 Results for Vertical 4 (X = 775,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
24,000	0,001	24,000	0,000	-0,016
23,900	1,800	23,900	0,000	-0,016
23,800	3,600	23,800	0,000	-0,016
23,700	5,400	23,700	0,000	-0,016
23,600	7,200	23,600	0,000	-0,016
23,500	9,000	23,500	0,000	-0,016
23,400	10,800	23,400	0,000	-0,016
23,300	12,600	23,300	0,000	-0,016
23,200	14,400	23,200	0,000	-0,016
23,100	16,200	23,100	0,000	-0,016
23,000	18,000	23,000	0,000	-0,016
22,800	21,600	22,800	-0,001	-0,016
22,300	27,195	22,800	-0,004	-0,016
21,800	32,790	22,800	-0,012	-0,016
20,800	43,980	22,800	-0,061	-0,016
20,000	52,932	22,800	-0,147	-0,016
19,000	64,123	22,800	-0,326	-0,016
18,000	75,315	22,800	-0,587	-0,016
17,000	86,507	22,800	-0,920	-0,016
16,000	97,700	22,800	-1,314	-0,016

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
16,000	97,700	22,800	-1,314	-0,016
15,100	107,774	22,800	-1,709	-0,016
14,100	118,968	22,800	-2,185	-0,016
13,500	125,684	22,800	-2,485	-0,016
12,600	135,759	22,800	-2,950	-0,016
11,600	146,954	22,800	-3,485	-0,016
11,000	153,671	22,800	-3,813	-0,016
11,000	153,671	22,800	-3,813	-0,016
9,200	174,537	22,727	-4,819	-0,014
8,200	186,129	22,687	-5,388	-0,013
7,200	197,696	22,649	-5,962	-0,013
6,200	209,216	22,616	-6,540	-0,012
5,200	220,671	22,589	-7,121	-0,011
3,500	239,952	22,564	-8,113	-0,010
1,700	260,045	22,570	-9,167	-0,008
-0,300	281,962	22,619	-10,342	-0,006
-2,300	303,503	22,706	-11,517	-0,003
-4,000	321,618	22,800	-12,517	-0,001
-4,000	321,618	22,800	-12,517	-0,001
-8,600	373,129	22,800	-15,223	-0,001
-10,200	391,047	22,800	-16,164	-0,001
-12,200	413,444	22,800	-17,340	-0,001
-13,600	429,122	22,800	-18,163	-0,001
-18,600	485,116	22,800	-21,103	-0,001
-23,600	541,110	22,800	-24,050	-0,001
-27,000	579,186	22,800	-26,064	-0,001
-31,600	630,698	22,800	-28,807	0,000
-36,600	686,687	22,800	-31,820	0,000
-41,600	742,673	22,800	-34,872	0,000
-46,600	798,656	22,800	-37,964	0,000
-50,000	836,723	22,800	-40,090	0,000

3.5 Results for Vertical 5 (X = 785,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
24,000	0,001	24,000	0,000	-0,005
23,900	1,800	23,900	0,000	-0,005
23,800	3,600	23,800	0,000	-0,005
23,700	5,400	23,700	0,000	-0,005
23,600	7,200	23,600	0,000	-0,005
23,500	9,000	23,500	0,000	-0,005
23,400	10,800	23,400	0,000	-0,005
23,300	12,600	23,300	0,000	-0,005
23,200	14,400	23,200	0,000	-0,005
23,100	16,200	23,100	0,000	-0,005
23,000	18,000	23,000	0,000	-0,005
22,800	21,600	22,800	0,000	-0,005
22,300	27,195	22,800	0,000	-0,005
21,800	32,790	22,800	0,000	-0,005
20,800	43,980	22,800	-0,001	-0,005
20,000	52,932	22,800	-0,003	-0,005
19,000	64,122	22,800	-0,008	-0,005
18,000	75,312	22,800	-0,020	-0,005
17,000	86,502	22,800	-0,040	-0,005
16,000	97,692	22,800	-0,073	-0,005
16,000	97,692	22,800	-0,073	-0,005
15,100	107,763	22,800	-0,115	-0,005
14,100	118,953	22,800	-0,178	-0,005
13,500	125,667	22,800	-0,225	-0,005
12,600	135,738	22,800	-0,310	-0,005

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
11,600	146,929	22,800	-0,424	-0,005
11,000	153,643	22,800	-0,503	-0,005
11,000	153,643	22,800	-0,503	-0,005
9,200	173,981	22,780	-0,789	-0,004
8,200	185,280	22,769	-0,979	-0,004
7,200	196,573	22,759	-1,191	-0,004
6,200	207,854	22,750	-1,423	-0,004
5,200	219,118	22,742	-1,675	-0,004
3,500	238,215	22,735	-2,147	-0,004
1,700	258,348	22,736	-2,700	-0,003
-0,300	280,604	22,750	-3,372	-0,002
-2,300	302,754	22,774	-4,098	-0,002
-4,000	321,526	22,800	-4,751	-0,001
-4,000	321,526	22,800	-4,751	-0,001
-8,600	373,020	22,800	-6,659	-0,001
-10,200	390,933	22,800	-7,362	-0,001
-12,200	413,323	22,800	-8,265	-0,001
-13,600	428,997	22,800	-8,911	-0,001
-18,600	484,978	22,800	-11,301	-0,001
-23,600	540,962	22,800	-13,796	0,000
-27,000	579,032	22,800	-15,544	0,000
-31,600	630,538	22,800	-17,969	0,000
-36,600	686,524	22,800	-20,676	0,000
-41,600	742,509	22,800	-23,452	0,000
-46,600	798,492	22,800	-26,293	0,000
-50,000	836,559	22,800	-28,259	0,000

3.6 Results for Vertical 6 (X = 795,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
24,000	0,001	24,000	0,000	-0,002
23,900	1,800	23,900	0,000	-0,002
23,800	3,600	23,800	0,000	-0,002
23,700	5,400	23,700	0,000	-0,002
23,600	7,200	23,600	0,000	-0,002
23,500	9,000	23,500	0,000	-0,002
23,400	10,800	23,400	0,000	-0,002
23,300	12,600	23,300	0,000	-0,002
23,200	14,400	23,200	0,000	-0,002
23,100	16,200	23,100	0,000	-0,002
23,000	18,000	23,000	0,000	-0,002
22,800	21,600	22,800	0,000	-0,002
22,300	27,195	22,800	0,000	-0,002
21,800	32,790	22,800	0,000	-0,002
20,800	43,980	22,800	0,000	-0,002
20,000	52,932	22,800	0,000	-0,002
19,000	64,122	22,800	-0,001	-0,002
18,000	75,312	22,800	-0,003	-0,002
17,000	86,502	22,800	-0,005	-0,002
16,000	97,692	22,800	-0,011	-0,002
16,000	97,692	22,800	-0,011	-0,002
15,100	107,763	22,800	-0,018	-0,002
14,100	118,953	22,800	-0,029	-0,002
13,500	125,667	22,800	-0,038	-0,002
12,600	135,738	22,800	-0,056	-0,002
11,600	146,928	22,800	-0,081	-0,002
11,000	153,642	22,800	-0,100	-0,002
11,000	153,642	22,800	-0,100	-0,002
9,200	173,843	22,794	-0,174	-0,002
8,200	185,067	22,791	-0,228	-0,002

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
7,200	196,288	22,787	-0,293	-0,002
6,200	207,506	22,785	-0,368	-0,002
5,200	218,719	22,782	-0,454	-0,001
3,500	237,765	22,780	-0,629	-0,001
1,700	257,904	22,780	-0,852	-0,001
-0,300	280,246	22,784	-1,147	-0,001
-2,300	302,555	22,792	-1,492	-0,001
-4,000	321,500	22,800	-1,824	0,000
-4,000	321,500	22,800	-1,824	0,000
-8,600	372,983	22,800	-2,890	0,000
-10,200	390,891	22,800	-3,314	0,000
-12,200	413,277	22,800	-3,879	0,000
-13,600	428,947	22,800	-4,298	0,000
-18,600	484,915	22,800	-5,929	0,000
-23,600	540,886	22,800	-7,750	0,000
-27,000	578,948	22,800	-9,083	0,000
-31,600	630,446	22,800	-10,993	0,000
-36,600	686,423	22,800	-13,196	0,000
-41,600	742,401	22,800	-15,516	0,000
-46,600	798,380	22,800	-17,941	0,000
-50,000	836,445	22,800	-19,644	0,000

3.7 Results for Vertical 7 (X = 815,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
24,000	0,001	24,000	0,000	0,000
23,900	1,800	23,900	0,000	0,000
23,800	3,600	23,800	0,000	0,000
23,700	5,400	23,700	0,000	0,000
23,600	7,200	23,600	0,000	0,000
23,500	9,000	23,500	0,000	0,000
23,400	10,800	23,400	0,000	0,000
23,300	12,600	23,300	0,000	0,000
23,200	14,400	23,200	0,000	0,000
23,100	16,200	23,100	0,000	0,000
23,000	18,000	23,000	0,000	0,000
22,800	21,600	22,800	0,000	0,000
22,300	27,195	22,800	0,000	0,000
21,800	32,790	22,800	0,000	0,000
20,800	43,980	22,800	0,000	0,000
20,000	52,932	22,800	0,000	0,000
19,000	64,122	22,800	0,000	0,000
18,000	75,312	22,800	0,000	0,000
17,000	86,502	22,800	0,000	0,000
16,000	97,692	22,800	-0,001	0,000
16,000	97,692	22,800	-0,001	0,000
15,100	107,763	22,800	-0,002	0,000
14,100	118,953	22,800	-0,003	0,000
13,500	125,667	22,800	-0,004	0,000
12,600	135,738	22,800	-0,005	0,000
11,600	146,928	22,800	-0,008	0,000
11,000	153,642	22,800	-0,010	0,000
11,000	153,642	22,800	-0,010	0,000
9,200	173,793	22,799	-0,020	0,000
8,200	184,988	22,799	-0,027	0,000
7,200	196,183	22,798	-0,036	0,000
6,200	207,377	22,798	-0,047	0,000
5,200	218,571	22,797	-0,061	0,000
3,500	237,597	22,797	-0,091	0,000
1,700	257,739	22,797	-0,132	0,000

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
-0,300	280,113	22,798	-0,193	0,000
-2,300	302,481	22,799	-0,270	0,000
-4,000	321,492	22,800	-0,351	0,000
-4,000	321,492	22,800	-0,351	0,000
-8,600	372,968	22,800	-0,646	0,000
-10,200	390,872	22,800	-0,778	0,000
-12,200	413,253	22,800	-0,965	0,000
-13,600	428,920	22,800	-1,111	0,000
-18,600	484,875	22,800	-1,737	0,000
-23,600	540,832	22,800	-2,531	0,000
-27,000	578,884	22,800	-3,167	0,000
-31,600	630,368	22,800	-4,150	0,000
-36,600	686,331	22,800	-5,373	0,000
-41,600	742,296	22,800	-6,750	0,000
-46,600	798,262	22,800	-8,272	0,000
-50,000	836,320	22,800	-9,384	0,000

3.8 Results for Vertical 8 (X = 875,00 m; Z = 0,00 m)

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
24,000	0,001	24,000	0,000	0,000
23,900	1,800	23,900	0,000	0,000
23,800	3,600	23,800	0,000	0,000
23,700	5,400	23,700	0,000	0,000
23,600	7,200	23,600	0,000	0,000
23,500	9,000	23,500	0,000	0,000
23,400	10,800	23,400	0,000	0,000
23,300	12,600	23,300	0,000	0,000
23,200	14,400	23,200	0,000	0,000
23,100	16,200	23,100	0,000	0,000
23,000	18,000	23,000	0,000	0,000
22,800	21,600	22,800	0,000	0,000
22,300	27,195	22,800	0,000	0,000
21,800	32,790	22,800	0,000	0,000
20,800	43,980	22,800	0,000	0,000
20,000	52,932	22,800	0,000	0,000
19,000	64,122	22,800	0,000	0,000
18,000	75,312	22,800	0,000	0,000
17,000	86,502	22,800	0,000	0,000
16,000	97,692	22,800	0,000	0,000
16,000	97,692	22,800	0,000	0,000
15,100	107,763	22,800	0,000	0,000
14,100	118,953	22,800	0,000	0,000
13,500	125,667	22,800	0,000	0,000
12,600	135,738	22,800	0,000	0,000
11,600	146,928	22,800	0,000	0,000
11,000	153,642	22,800	0,000	0,000
11,000	153,642	22,800	0,000	0,000
9,200	173,784	22,800	-0,001	0,000
8,200	184,974	22,800	-0,001	0,000
7,200	196,165	22,800	-0,001	0,000
6,200	207,355	22,800	-0,001	0,000
5,200	218,545	22,800	-0,002	0,000
3,500	237,568	22,800	-0,003	0,000
1,700	257,710	22,800	-0,004	0,000
-0,300	280,090	22,800	-0,007	0,000
-2,300	302,469	22,800	-0,010	0,000
-4,000	321,492	22,800	-0,014	0,000
-4,000	321,492	22,800	-0,014	0,000
-8,600	372,966	22,800	-0,030	0,000

Depth [m]	Effective Stress [kPa]	Hydraulic head [m]	Loading [kPa]	Settlement [m]
-10,200	390,870	22,800	-0,039	0,000
-12,200	413,250	22,800	-0,051	0,000
-13,600	428,916	22,800	-0,061	0,000
-18,600	484,866	22,800	-0,111	0,000
-23,600	540,816	22,800	-0,186	0,000
-27,000	578,863	22,800	-0,256	0,000
-31,600	630,337	22,800	-0,378	0,000
-36,600	686,288	22,800	-0,555	0,000
-41,600	742,240	22,800	-0,782	0,000
-46,600	798,192	22,800	-1,067	0,000
-50,000	836,240	22,800	-1,296	0,000

4 Settlements

4.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	385,00	0,00	24,00	-0,030
2	577,50	0,00	-10,00	-0,029
3	770,00	0,00	24,00	-0,030
4	775,00	0,00	24,00	-0,016
5	785,00	0,00	24,00	-0,005
6	795,00	0,00	24,00	-0,002
7	815,00	0,00	24,00	0,000
8	875,00	0,00	24,00	0,000

Koppejan has been used in combination with load removal.

In this case the parameter As has been used.

If this value is large, creep velocity was not reduced by the load removal.

4.3 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	10	-0,003	8,568	-0,027
	100	-0,004	13,916	-0,026
	1000	-0,010	34,302	-0,020
	10000	-0,030	100,000	0,000
2	10	-0,029	100,000	0,000
	100	-0,029	100,000	0,000
	1000	-0,029	100,000	0,000
	10000	-0,029	100,000	0,000
3	10	-0,003	8,405	-0,027
	100	-0,004	13,763	-0,026
	1000	-0,010	34,185	-0,020
	10000	-0,030	100,000	0,000
4	10	-0,001	9,241	-0,014
	100	-0,002	14,424	-0,014
	1000	-0,005	34,263	-0,011
	10000	-0,016	100,000	0,000
5	10	-0,001	15,890	-0,004
	100	-0,001	20,906	-0,004
	1000	-0,002	39,333	-0,003
	10000	-0,005	100,000	0,000
6	10	0,000	25,347	-0,001
	100	0,000	30,129	-0,001
	1000	-0,001	46,613	-0,001
	10000	-0,002	100,000	0,000
7	10	0,000	43,768	0,000
	100	0,000	47,739	0,000
	1000	0,000	60,232	0,000
	10000	0,000	100,000	0,000
8	10	0,000	68,692	0,000
	100	0,000	71,028	0,000
	1000	0,000	78,505	0,000
	10000	0,000	100,000	0,000

5 Warnings and errors

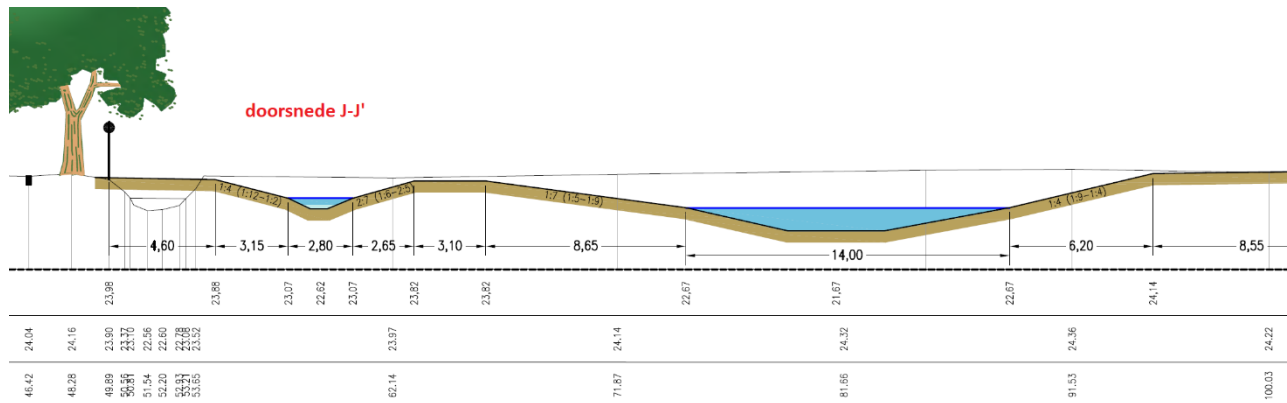
List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

- 1 Model Koppejan is not ideal for unloading (e.g. load removal, temporary dewatering, gradual submerging). If A_s is much larger than C_s' , unloading will yield almost no effect on creep. Switch to the NEN-Bjerrum or abc Isotache model for improved predictions.

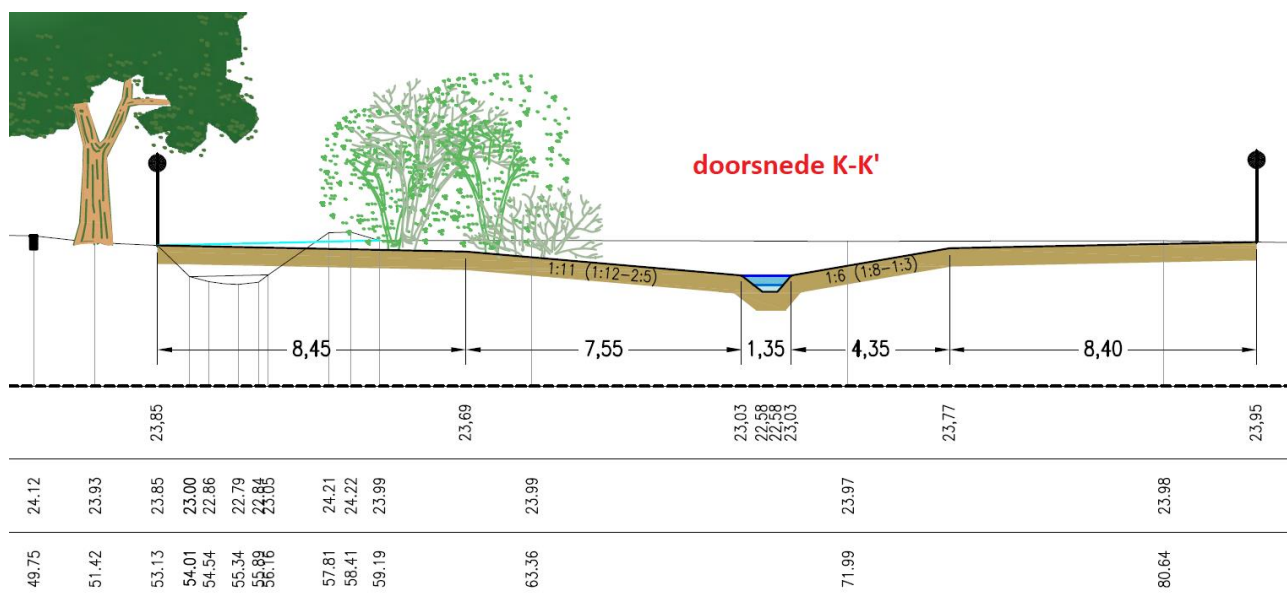
End of Report

BIJLAGE E DWARSPROFIELEN WATERGANGEN

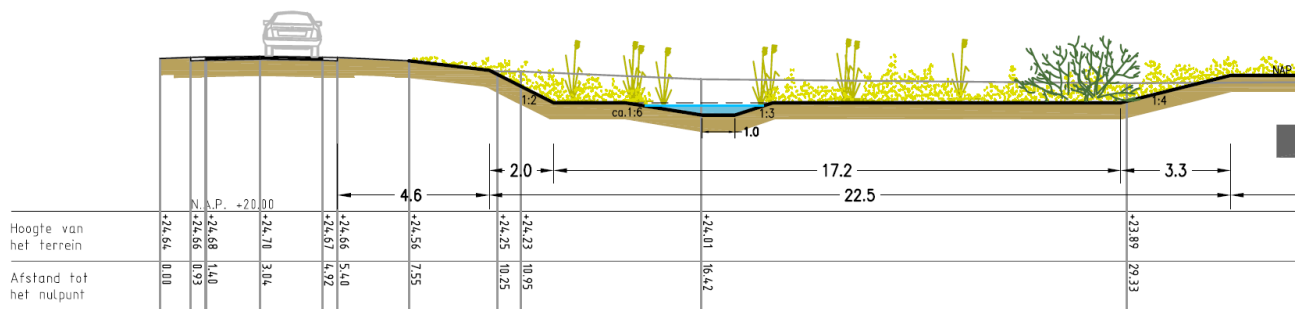
DO-tekening van de Esperloop/Milheezerloop (ESPL01-1 DO Esperloop rev H; profiel J en K liggen ter hoogte van Achter de Berke). Het ontwerp waterpeil in de poel rechts in doorsnede J-J' bedraagt NAP +22,67 meter en het ontwerppeil in de beekloop NAP +23,07 meter.



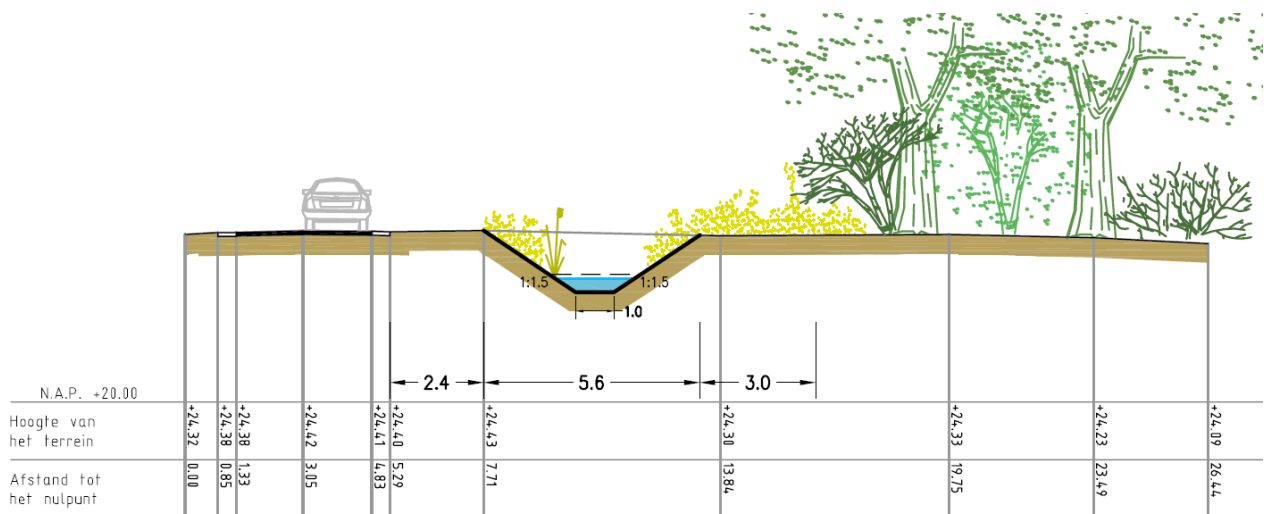
Het ontwerppeil in de beekloop in doorsnede K-K' bedraagt NAP +23,03 meter. Dit is dus iets (4 cm) lager dan in de bovenstroomse doorsnede.



DO-tekening Omleiding Snelle Loop (3301C dwarsprofielen). De dwarsprofielen DP05 t/m DP09 zijn relevant voor Achter de Berke. Er is een later een schotbalkenstuw ter hoogte van DP09 toegevoegd, waardoor het peil oostelijk van stuw hoger is dan in de dwarsprofielen is aangegeven. De stuwhoogte is minimaal NAP +23,2 m; de plasdrasberm in DP05 staat permanent onder water.



Dwarsprofiel 05
Hekker (Plas 4A-oostzijde)



Dwarsprofiel 09
Hekker (Oude Zut-westzijde)

COLOFON

ACHTER DE BERKE
GEOTECHNISCH ADVIES STABILITEIT OEVERS

KLANT
B.V. Exploitiemaatschappij De Peelhorst

AUTEUR
Orin van Loon

PROJECTNUMMER
C03011.000845.0100

ONZE REFERENTIE
D10007424:19

DATUM
24 juni 2020

STATUS
Definitief

GECONTROLEERD DOOR

VRIJGEGEVEN DOOR

Martin Arends
geotechnisch specialist

Rimmer Koopmans
geotechnisch adviseur

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland
+31 (0)88 4261 261

www.arcadis.com