



Zandwinplan

Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde

VN-84307-3 | Versie 3 | 3 april 2025



Grondonderzoek



Geotechnisch
Laboratorium



Geomonitoring



GeoICT






Advies



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde
Onderwerp: Zandwinplan
Projectnummer: VN-84307-3

Opdrachtgever: Oenema Zand B.V.
Contactpersoon: 

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	21 november 2023	1 ^e uitgave
2	28 december 2023	2 ^e uitgave, aanvullende informatie over hoeveelheden en aanvullende ontwerptekeningen. Paragraaf 2.1, 7.2 en bijlage 6
3	3 april 2025	Tekstuele aanpassingen

Opgesteld door:	ing. 
Handtekening:	
Documentnummer:	R101857
Status:	Definitief
Vrijgegeven door:	ing. 



Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Referenties	5
1.3	Normen en richtlijnen	6
1.4	Kwaliteitswaarborging	6
1.5	Symbolen en afkortingen	6
2	Projectgegevens	7
2.1	Projectomschrijving	7
2.2	Scope opstellen zandwinplan	8
3	Grondonderzoek.....	9
3.1	Beschikbaar grondonderzoek	9
3.2	Bepaling diepgang analyse	10
3.3	Toetsing beschikbare grondonderzoek	10
3.4	Geologische beschouwing	11
3.5	Bodemopbouw	12
3.6	Korrelverdeling	12
3.7	Waterstanden.....	13
4	Uitgangspunten.....	14
4.1	Veiligheidsklasse	14
4.2	Geometrie	14
4.3	Belastingen	15
4.4	Grondparameters	15
4.5	Bodemprofielen	16
4.6	Programmatuur	17
4.7	Berekeningsmethode	17
4.8	Eisen	18
4.9	Overige uitgangspunten	18
4.10	Zettingsvloeiingen.....	18
5	Taludontwerp	20
5.1	Macrostabiliteit	20
5.2	Microstabiliteit	21
5.3	Verwekingsanalyse.....	21
6	Taludstabiliteit tijdens het winnen	23
6.1	Inleiding.....	23
6.2	Beheerst winnen	23
6.3	Taludontwikkeling	24
6.4	Peilfrequentie	26



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

7	Conclusies en aanbevelingen.....	28
7.1	Conclusies	28
7.2	Cijfers uitbreiding	28
7.3	Beschrijving winmethode	28
7.4	Aanbevelingen	29

Bijlagen:

- 1 Karakteristieken korrelverdeling
- 2 Monitoring grondwaterstand en plaspeil
- 3 Resultaten stabiliteitsberekeningen
- 4 Verwekingsanalyse
- 5 Tekening diepte winbare zand
- 6 Ontwerptekeningen

1 Inleiding

Oenema Zand B.V. te Oosterwolde heeft het voornemen om extra zand te winnen in de zandwinplas Weperpolder nabij Oosterwolde. Oenema Zand B.V. heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. opdracht verleend om geotechnisch advies op te stellen voor de verdieping van de zandwinplas.

De werkzaamheden zijn verricht in aanvulling op het eveneens door ons bureau uitgevoerde grondonderzoek gerapporteerd onder 'Geotechnisch onderzoek; verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde' (zie ons projectnummer VN-84307-1, rapportnummer R91124, d.d. 15-08-2023) en het rapport 'Seismische survey; verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde' (zie ons projectnummer VN-84307-2, rapportnummer R92272, d.d. 26-10-2023).

1.1 Aanleiding en doel

Aanleiding voor het opstellen van een zandwinplan is het voornemen van de opdrachtgever om de zandwinplas te verdiepen ten opzichte van de huidige winvergunning.

Doel van het zandwinplan is om de opdrachtgever bevoegd gezag voor de vergunningverlener inzicht te verschaffen hoe de zandwinning wordt uitgevoerd. En hoe mogelijke risico's met betrekking tot het onbeheerst bressen worden afgedekt.

Een analyse van de taludstabiliteit inzake de kans op een verweking als gevolg van een aardbeving valt buiten de scope van onze werkzaamheden.

1.2 Referenties

De volgende documenten zijn gebruikt voor het opstellen van het advies:

- [1] Rapport "Resultaten grondonderzoek ten behoeve van de uitbreiding van zandwinlocatie Weperpolder te Oosterwolde, d.d. 28 juni 2001, projectnr. VN-26208, Wiertsema & Partners;
- [2] Rapport "Resultaten grondonderzoek ten behoeve van de uitbreiding van zandwinlocatie Weperpolder te Oosterwolde, d.d. 18 oktober 2001, projectnr. VN-26208A, Wiertsema & Partners;
- [3] Rapport "Geotechnisch onderzoek, Stabiliteitsonderzoek zandwinning Weperpolder te Oosterwolde", rapportnr. R43399, versie 1, d.d. 2-6-2016, projectnr. VN-63473-2, Wiertsema & Partners;
- [4] Rapport "Uitbreiding zandwinplas, zandwinning Weperpolder te Oosterwolde", rapportnr. R51507, versie 4, d.d. 31-7-2017, projectnr. VN-63473-2, Wiertsema & Partners;
- [5] Rapport "Geotechnisch onderzoek; verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde", rapportnr. R91124, d.d. 15-08-2023, projectnr. VN-84307-1, Wiertsema & Partners;

- [6] Rapport "Seismische survey; verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde", rapportnr. R92272, d.d. 26-10-2023, projectnr. VN-84307-2, Wiertsema & Partners;
- [7] Tekeningen "Zandwinning Weperpolder; fase 1 excl. nog af te graven deel depot", blad 1, 2 en 3 van 3, definitief, d.d. 14-02-2025, projectnr. 4006-001, G2 Survey;
- [8] Tekeningen "Zandwinning Weperpolder; fase 2 incl. nog af te graven gedeelte depot", blad 1, 2 en 3 van 3, definitief, d.d. 14-02-2025, projectnr. 4006-001, G2 Survey

1.3 Normen en richtlijnen

De volgende normen en richtlijnen zijn van toepassing voor het opstellen van het advies:

- [9] NEN 9997-1+C2 Geotechnisch ontwerp van Constructies – Deel 1: Algemene regels, november 2017;
- [10] CUR Aanbeveling 113 – Oeverstabiliteit bij zandwinputten;
- [11] CUR 162, Construeren met grond, webversie 14-11-2022, CROW;
- [12] VOUB Deel 10 materieelinzet en productieraming baggerwerken, 1998.

1.4 Kwaliteitswaarborging

De werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieu-managementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een V&G-beheersysteem VCA** en Veiligheidsladder trede 3.

1.5 Symbolen en afkortingen

γ	Het volumegewicht van aardvochtige grond	[kN/m ³]
γ_{sat}	Het volumegewicht van volledig verzadigde grond	[kN/m ³]
$\phi'_{\text{k}}, \phi'_{\text{d}}$	Representatieve resp. rekenwaarde van de hoek van inwendige wrijving	[°]
$c'_{\text{k}}, c'_{\text{k}}$	Representatieve resp. rekenwaarde van de cohesie	[kN/m ²]
d_{15}	Gemiddeld 15% van de korreldiameter is kleiner (gehele fractie)	[μm]
d_{50}	Gemiddeld 50% van de korreldiameter is kleiner (gehele fractie)	[μm]
D_{15}	Gemiddeld 15% van de korreldiameter is kleiner (zandfractie)	[μm]
D_{50}	Gemiddeld 50% van de korreldiameter is kleiner (zandfractie)	[μm]

2 Projectgegevens

2.1 Projectomschrijving

De zandwinning Weperpolder ligt ten noorden van de Weperpolder te Oosterwolde (zie Figuur 2.1)



Figuur 2.1 Locatie zandwinning

De huidige zandwinplas heeft een oppervlakte van circa 450 m x 575 m (ca. 26 hectare). De maximale winddiepte van de zandwinput Weperpolder bedraagt volgens de huidige vergunning 17 à 18 m – maaiveld (NAP -11,0 m).

Het vervolg van de zandwinning zal in 2 fasen worden uitgevoerd (zie ref. [7] en [8]), namelijk:

- Fase 1: Verdieping van de huidige toestand excl. depotterrein.
- Fase 2: Afgraven en verdiepen inclusief depotterrein.

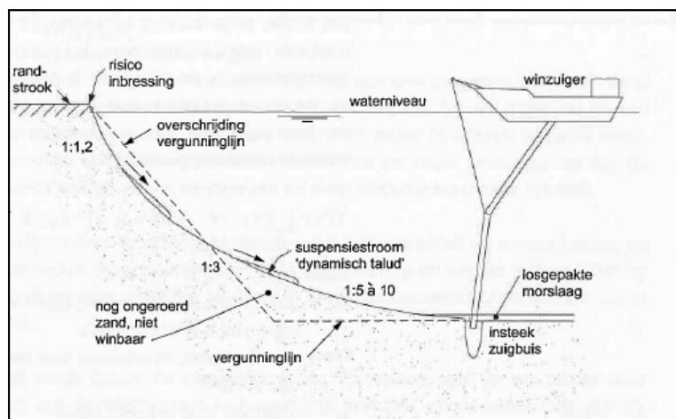
Op het moment van schrijven van deze rapportage is de oorspronkelijke zandwinplas incl. voorgaande uitbreiding ontdaan van de deklaag. Binnen de huidige vergunning kan er theoretisch nog worden gewonnen. Binnen de huidige contouren van de put (zoals nu aanwezig) valt niet veel zand meer te winnen (fase 1), maar ter plaatse van depot (fase 2) is binnen de vergunning zand te winnen boven de leemlaag. Indien het depot wordt verwijderd zal het

wateroppervlakte nog met circa 5 ha toenemen. De totale hoeveelheid te winnen zand bedraagt ca. 1.340.000 m³.

Het voornemen is om zand te winnen tot een maximale diepte van NAP -21,0 m, waarbij het nu vergunde landoppervlakte (na verwijderen van het depot wat binnen de huidige vergunning valt) onveranderd blijft en ook de vergunde taluds tot NAP -11 m onveranderd blijven. De maximale te bereiken windiepte is afhankelijk van de bodemopbouw (zie bijlage 5). Tussen de huidige vergunde putdiepte en de nieuwe putdiepte van NAP – 21 m is een leemlaag aanwezig, die sterk in diepte varieert. In een voorgaand onderzoek is voor de haalbaarheid van de uitbreiding is de diepteligging van deze laag onderzocht [Ref. 6]. In dit rapport wordt bepaald onder welke voorwaarden het zand tussen NAP – 11 m en de bovenkant van de leemlaag kan worden gewonnen.

2.2 Scope opstellen zandwinplan

In de CUR 113 (ref. [9]) gaat het vooral om de dimensionering van veilige taluds en randstroken in relatie tot de diepte en grondgesteldheid van de put. Aspecten als het beheersen van het winproces en optimaal winnen grijpen daarop terug. De CUR113] gaat dus uit van een integrale aanpak van ontwerp en uitvoering (winbaarheid), met als doel een uitspraak te doen betreffende de mate van risico op schade als gevolg van een gekozen winmethodiek. In het voorliggende zandwinplan zal op basis van de CUR113 en de beschikbare data (rapportages) een analyse worden gegeven van het vergunde talud in relatie tot winmethodiek.



Figuur 2.2: Schematische weergave taludontwikkeling (Bron: CUR113)

In dit zandwinplan zal worden geadviseerd op basis van 1 maatgevend ontwerptalud hoe de winning zal worden uitgevoerd, inclusief de monitoring. Het zandwinplan zal worden afgestemd op het risico van bresvloeiingen. De volgende werkzaamheden worden uitgevoerd:

- Inventarisatie beschikbare grondgegevens, huidige zandwinmethodiek en geotechnisch advies,
- Analyse peilgegevens (recente peilingen huidige zandwinning),
- Een geotechnische beschouwing van de zandwinning met betrekking tot afschuiving en onbeheerst bressen,
- Opstellen zandwinplan.

3 Grondonderzoek

3.1 Beschikbaar grondonderzoek

In tabel 3.1 is het uitgevoerde grond- en laboratoriumonderzoek samengevat. Het grondonderzoek is in figuur 3.1 weergegeven.

Tabel 3.1 Beschikbaar grond- en laboratoriumonderzoek

Projectnr.	Jaar	Sonderingen	Boringen	Korrelverdeling
VN-26208	2006	15 stuks tot max. NAP -24,8 m	-	-
VN-26208A	2006	12 stuks tot max. NAP -22,6 m	-	-
VN-63473-1	2015	-	4 handboringen tot max. NAP +4,7 m t.b.v. plaatsen peilbuizen	-
VN-63473-2	2016	6 stuks tot max. NAP -19,8 m	2 mechanische boringen tot max. NAP -16,2 m	17 stuks
VN-84307-1	2023	8 stuks tot max. NAP -34,5 m	4 mechanische boringen tot max. NAP -21,0 m	42 stuks



Figuur 3.1 Beschikbaar grondonderzoek

3.2 Bepaling diepgang analyse

De benodigde hoeveelheid grondonderzoek en omvang van de analyses hangt af van de benodigde diepgang van de risicobeschouwing. De vier niveaus van diepgang zijn:

- Op basis van ervaring;
- Eenvoudig;
- Gedetailleerd;
- Geavanceerd.

In de praktijk zal worden gewerkt van grof naar fijn. Om een analyse op basis van ervaring te doen dient aan elk van de volgende voorwaarden worden voldaan:

1. De zandwinning betreft een uitbreiding van een bestaande put of een nieuwe put in de directe omgeving van een eerdere zandwinput, waarbij in het verleden geen oeverinscheringen zijn opgetreden;
2. De winning wordt op globaal dezelfde manier uitgevoerd: zelfde putdiepte, zelfde taludvorm, zelfde winmethode, zelfde producties;
3. Er is goede reden om aan te nemen dat de grondslag en de geohydrologische situatie niet significant verschillen;
4. De gevolgschade van een eventueel toch optredende oeverinschering is aanvaardbaar klein.

Een ontwerp op basis van ervaring vereist geen extra grondonderzoek en geen expliciete analyse van faalmechanismen.

Aan de punten 1, 3 en 4 wordt voldaan. Aan punt 2 wordt niet voldaan (de putdiepte wordt groter. De gevoeligheidsanalyse zal daarom worden uitgevoerd voor een diepgang eenvoudig. Als blijkt uit de eenvoudige analyse dat niet wordt voldaan aan de eisen volgens de CUR 113 zal moeten worden overgegaan naar een gedetailleerde analyse.

3.3 Toetsing beschikbare grondonderzoek

Volgens de richtlijnen van de CUR113 (ref. [9]) is er voor een uitbreiding c.q. verdieping een analyse benodigd op de kans op bresvloeiing, verwekingsvloeiing en afschuiving. Voor analyse van de faalmechanismen op eenvoudig niveau is minimaal één sondering per 0,3 à 1,0 km over benodigd met een minimum van 4 stuks per put. De sonderingen moeten zijn uitgevoerd tot $0,3 \cdot H_R$ (toetsing afschuiving) en $0,5 \cdot H_R$ (toetsing verwekingsvloeiing) onder de putbodem. Voor toetsing van bresvloeiing dient er minimaal één boring per 0,3 à 1,0 km oever met een minimum van 3 per put tot de maximale putbodem te worden uitgevoerd.

Het voornemen is om zand te winnen tot maximaal NAP 21,0 m. De oeverlengte bedraagt 2,2 km. De rekenwaarde voor de putdiepte H_R is afgerond 28,0 m. Voor toetsing van risico op afschuiving dienen de sonderingen tot $0,3 \cdot H_R = 0,3 \cdot 28,0 = 8,4$ m onder de maximale putdiepte te zijn uitgevoerd. Voor toetsing van verwekingsvloeiing geldt tot $0,5 \cdot H_R = 0,5 \cdot 28 = 14$ m onder putbodem. Boringen dienen tot de putbodem te zijn uitgevoerd of dieper. Samengevat:

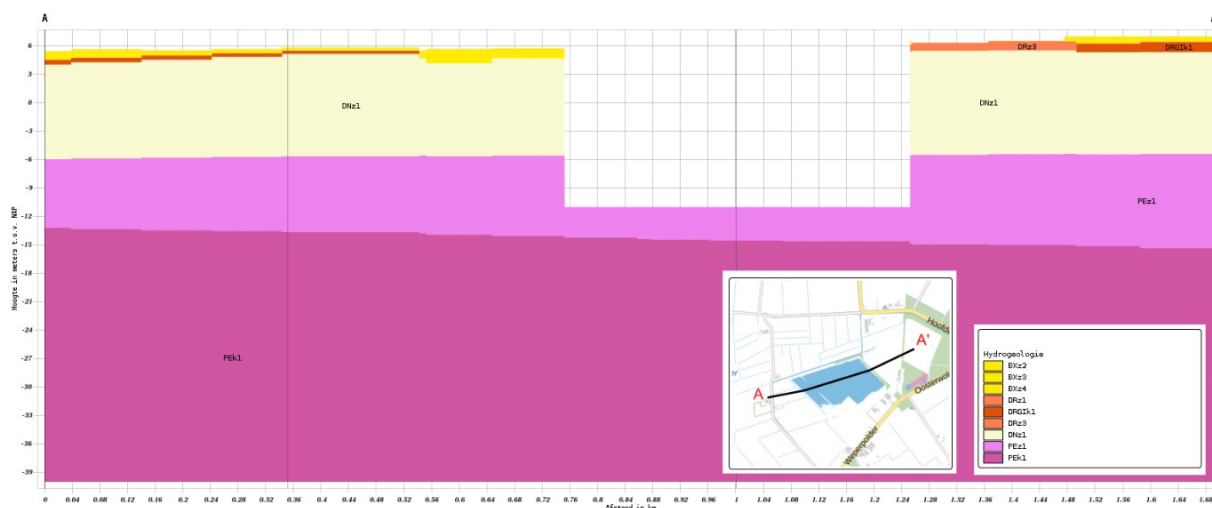
- Sonderingen t.b.v. toetsing afschuiving: $\text{NAP } -21,0 - 8,4 = \text{NAP } -29,4$ m.
- Sonderingen t.b.v. toetsing verwekingsvloeiing: $\text{NAP } -21,0 - 14,0 = \text{NAP } -35$ m.
- Boringen t.b.v. toetsing bresvloeiing: $\text{NAP } -21,0$ m.

Er zijn 47 sonderingen uitgevoerd, waarvan 10 stuks tot globaal NAP -34 m. Deze sonderingen zijn redelijk gelijkmatig verdeeld langs de gehele oever van de zandwinput. Dit is hoger dan het minimaal benodigde aantal sonderingen, oftewel dit voldoet aan de aanbeveling. Er zijn 4 machinale boringen uitgevoerd tot een diepte variërend van NAP -8,5 m tot -21,0 m. Hiervan zijn 3 uitgevoerd tot ca. -19 à -21 m. Gezien het aantal benodigde boringen is dit voldoende. De behaalde boordiepte komt redelijk overeen met de beoogde maximale putbodembedpte. Conclusies is dat het beschikbare grondonderzoek voldoet aan de aanbeveling.

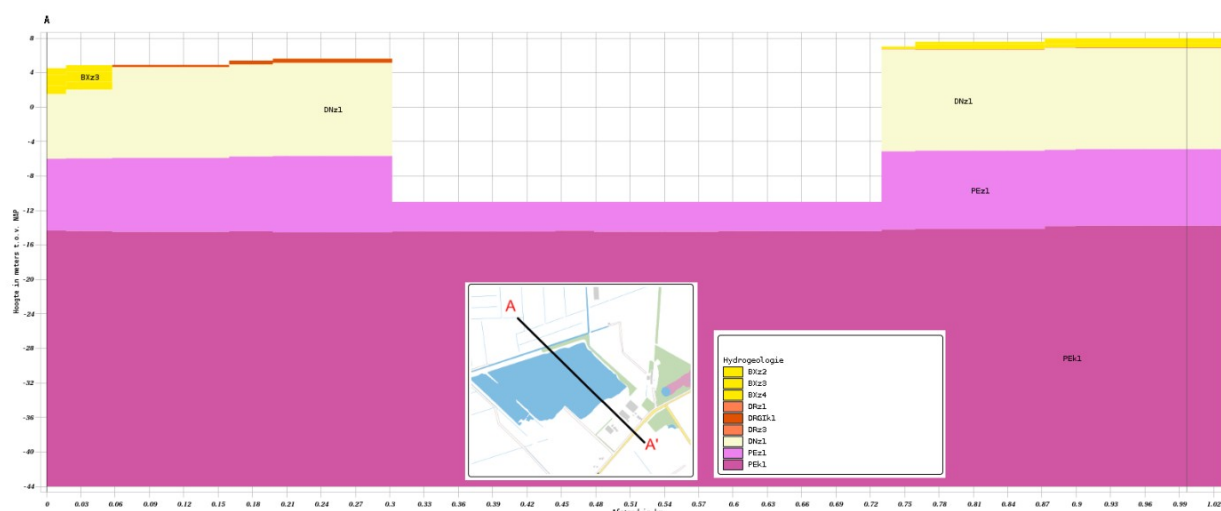
3.4 Geologische beschouwing

Het gebied is geologisch gezien als volgt te beschrijven. Vanaf maaiveld wordt een dunne fijne dekzandlaag van de formatie van Boxtel (vroeger genaamd formatie van Twente). Soms ontbreekt deze laag. Hieronder wordt de laagafzetting van Drachten (Voorheen Eindhoven) aangetroffen, onderdeel van de formatie van Boxtel, een matig fijn tot matig grove zandlaag. De onderkant van deze laag kan vaak worden teruggevonden door een wat grovere zandlaag. De diepte van de laag kan met een aantal meters variëren, maar globaal kan NAP -4 m worden aangehouden. Lokaal kan het voorkomen dat er tot op groter diepte in het pakket van Drachten fijn tot zeer fijn zand van de formatie van Boxtel wordt aangetroffen (vroegere geulen).

Onder de formatie van Drachten wordt de formatie van Peelo aangetroffen. Een formatie die veelal bestaat uit fijnere zanden, dan wel klei die fijn zandig gelaagd kan zijn. De laatst genoemde laag is niet winbaar en kan er op een aantal locaties voor zorgen dat de einddiepte niet kan worden gehaald. In onderstaande afbeelding is op basis van in Dinoloket beschikbare sonderingen en boringen de globale ligging van de kleilaag weergegeven.



Figuur 3.2 Geotechnisch profiel west-oost obv REGIS II



Figuur 3.3 Geotechnisch profiel noord-zuid obv REGIS II

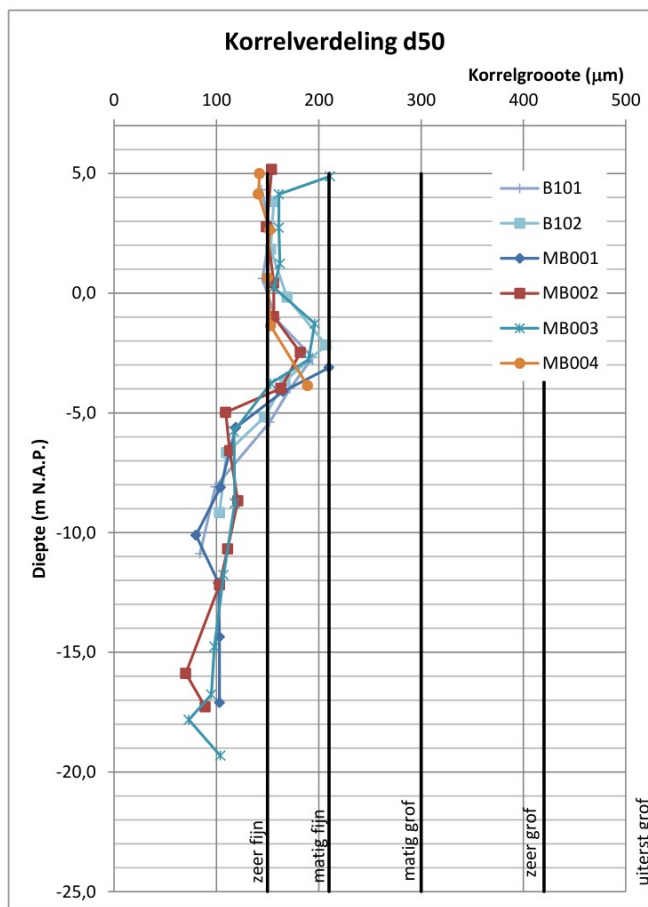
Uit de sonderingen en boringen en de seismische survey blijkt dat het Peeloklei van oost naar west oploopt en boven het niveau van NAP -21 m (beoogde diepte van de zandwininput) uit komt. De laag Peeloklei ligt in werkelijkheid ter plaatse van de zandwininput hoger dan blijkt uit de algemene beschikbare gegevens.

3.5 Bodemopbouw

Vanaf maaiveld wordt teelaarde aangetroffen met een dikte van ca. 0,30 meter. Daaronder is matig fijn zand aanwezig met lokaal een matig grove zandlaag. Vanaf circa NAP -6 m wordt overwegend zeer fijn, matig siltig zand aangetroffen. De onderkant van deze laag verloopt globaal van west naar oost van NAP -8 m naar NAP -32 m. Lokaal kunnen hierin sterk siltige zandlagen tot sterk zandige kleilagen voorkomen. Plaatselijk gaat het zandpakket, voordat de einddiepte is bereikt, over in een kleilaag, zie voorgaande alineas.

3.6 Korrelverdeling

Op basis van korrelverdelingen (zie ref. [3] en [5]) zijn onder andere de korrelgrootte d_{50} en de d_{15} bepaald (zie bijlage 1). De korrelverdeling van beschikbare boringen is in Figuur 3.4 uitgezet tegen de diepte.



Figuur 3.4 Korrelverdeling versus diepte

Op basis van de korrelverdelingen kunnen de zandlagen vanaf het maaiveld tot ca. NAP -4 m worden aangeduid als zeer fijn tot matig fijn. Vanaf NAP -4 m tot de verkende diepte van NAP -20 m wordt zeer fijn zand aangetroffen met een d_{50} van rond de 100 μm .

3.7 Waterstanden

De zandwininput ligt in een polder met een vast polderpeil jaarrond van NAP +5,35 m. Ten zuidwesten ligt een polder met een zomer- en winterpeil van respectievelijk NAP +4,30 m en +4,1 m. Ten noorden ligt een poldergebied met resp. een zomer- en winterpeil van NAP +3,50 m en +3,30 m.

De grondwaterstand rondom de zandwinplas en het plaspeil is vanaf 2016 tot heden (november 2023) gemonitord (zie bijlage 2). De grondwaterstand is gemonitord met een viertal peilbuizen. Het plaspeil is door een drukopnemer, geplaatst in de zandwininput aan de zuidwestzijde gemonitord. Uit de meetgegevens blijkt dat het plaspeil vertraagd reageert op de grondwaterstand. Het plaspeil varieert van NAP +4,60 m tot +5,45 m met een gemiddelde van NAP +5,02 m. Voor toetsing van de taludstabiliteit en de verwekingsvloeiing is een hoge waterstand maatgevend. Er is daarom een maatgevend plaspeil aangehouden van NAP + 5,45 m.

4 Uitgangspunten

4.1 Veiligheidsklasse

Bij de beschouwing van het talud is uitgegaan van de NEN 9997-1+C2 eisen waarbij voor algehele stabiliteit van taluds de onderstaande partiële factoren zijn toegepast (zie tabel 6.1). Deze partiële factoren zijn volgens veiligheidsklasse RC1.

Tabel 6.1: Partiële factoren voor grondparameters.

Grondparameter	RC1
Hoek van inwendige wrijving (op de tangent van de hoek)	1,2
Effectieve cohesie	1,3
Volumiek gewicht	1,0

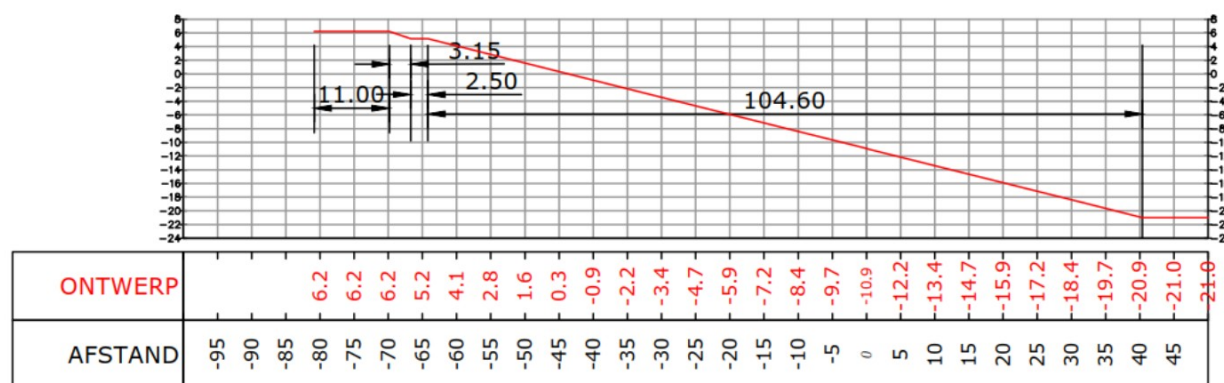
Representatieve geotechnische belastingen (zoals verkeer) die in de berekeningen worden meegenomen, vallen onder ontwerpbenadering 3 (zie NEN 9997-1+C1 art. 2.4.7.3.4.4) en moeten worden vermenigvuldigd met de uit tabel 7-2 vermelde partiële factor.

Tabel 6.2: Partiële factoren voor belastingen.

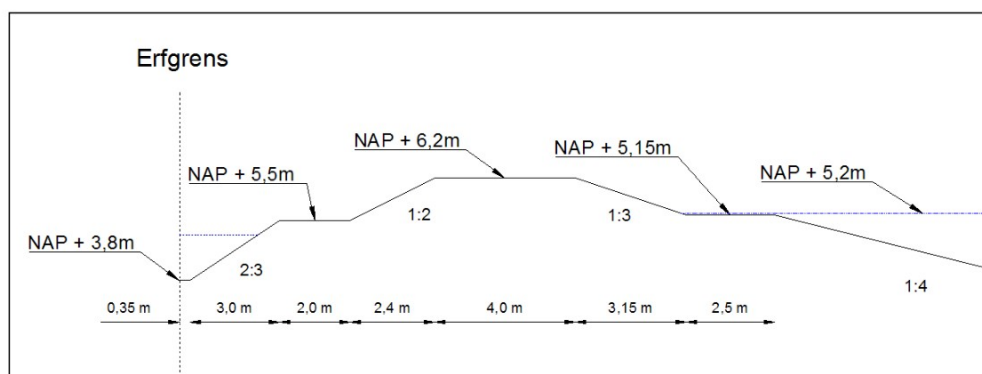
Grondparameter	RC1
Veranderlijk ongunstig	1,17

4.2 Geometrie

Uitgangspunt voor het zandwinplan is het aangeleverde taludontwerp, zoals weergegeven in figuur 4.1 en figuur 4.2.



Figuur 4.1 - Geometrie aangeleverde taludontwerp



Figuur 4.2 - Geometrie detail taludontwerp oever

De maximale winddiepte is NAP -21 m. De bovenkant van de kleilaag verloopt sterk en ligt voor een groot deel van de zandwininput hoger dan NAP -21 m. In de gebieden waar het klei hoger ligt dan NAP -21 m zal zand tot de bovenkant klei worden gewonnen. Plaatselijk zijn kleilagen tot een dikte van 2,0 m aanwezig met daaronder een winbare zandlaag. Het is aan de opdrachtgever om te bepalen of de kleilaag verwijderd zal worden om het onderliggende zand te winnen.

4.3 Belastingen

Er wordt aangenomen dat er door de werkzaamheden, graafmachine en dumpers, op de insteek van het talud een verkeersbelasting wordt meegenomen van een ongunstige en tijdelijke aard ter grootte van 10 kN/m^2 , over een breedte van 10 m op 1,0 m uit de oeverlijn tijdens de beheer- en exploitatiefase. Op de aan de west, noord- en oostzijde gelegen kade (kruinbreedte 4,0 m) is een belastingbreedte van 2,7 m (breedte van laadschop) gehanteerd. Aangenomen is dat er tijdens hoog water op de kade in het midden wordt gereden.

Tabel 7.3: Rekenwaarde belastingen.

Omschrijving	
Tijdelijke ongunstige belasting	$10 * 1,17 = 11,7 \text{ kN/m}^2$

Aan de zuidwestzijde van de zandwininput is het zanddepot gesitueerd op een minimale afstand van 6 m uit de insteek van de oever van de zandwininput. Uit de AHN blijkt dat het depot plaatselijk op NAP 13,0 m ligt. Er is uitgegaan van een taludhelling van 1:1. Voor het volumegewicht is uitgegaan van los gestort vochtig zand met een volumegewicht van 18 kN/m^3 . Indien er een profiel nabij het depot zal worden getoetst zal het depot in rekening worden gebracht.

4.4 Grondparameters

Voor de aanwezige grondlagen zijn op basis van de sonderingen en tabel 2.b uit de NEN 9997-1+C2 (ref. [8]) grondmechanische parameters toegekend (zie tabel 4.1). Het zand op de projectlocatie bestaat voornamelijk uit matig fijn tot zeer fijn zand en is aangeduid als bolrond. De sterkteparameters in tabel 2.b uit de NEN-9997-1 zijn opgesteld voor gemiddeld matig fijn en hoekig zand. De kleinere fijnheid en de bolvormige korrel hebben een negatief effect op de hoek van inwendige wrijving. Er is daarom voor gekozen om de wrijvingshoek bij matig fijn zand met $2,5^\circ$ te verlagen en voor zeer fijn zand met 5° ten opzichte van de waarde in tabel 2.b (zie ref. [8]). De overige parameters zijn gelijk gehouden.

Tabel 4.1 Grondparameters (representatieve en rekenwaarden)

Grondsoort	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]	ϕ'_k [°]	c'_k [kPa]	ϕ'_d [°]	c'_d [kPa]
Teelaarde	15 / 15	17,5	0	14,7	0
Zand, matig fijn, los	17 / 19	27,5	0	23,5	0
Zand, matig fijn, matig vast	18 / 20	30,0	0	25,7	0
Zand, zeer fijn, matig vast	18 / 20	27,5	0	23,5	0
Zand, matig fijn, vast	19 / 21	32,5	0	28,0	0
Zand, zeer fijn, vast	19 / 21	30,0	0	25,7	0
Zand, sterk siltig/kleiig	18 / 20	25,0	0	21,2	0
Silt, zwak zandig, vast	21 / 21	27,5	2,5	23,5	1,9
Klei, matig vast	17 / 17	17,5	5,0	14,7	3,8
Klei, vast (potklei)	19 / 19	17,5	13,0	14,7	10,0
Klei, zwak zandig, m. vast	18 / 18	22,5	5,0	19,0	3,8
Klei, zwak zandig, vast	20 / 20	22,5	13,0	19,0	10,0
Klei, sterk zandig	18 / 18	27,5	0	23,5	0
Depot zand (los gestort)	18 / 20	30,0	0	25,7	0

4.5 Bodemprofielen

Voor de stabiliteitsberekening is op basis van het uitgevoerde grondonderzoek per oever een maatgevende bodemopbouw geschematiseerd (zie tabel 4.2).

Tabel 4.2 Maatgevende bodemprofielen tot NAP -30 m (bovenkant grondlaag in m NAP)

Grondsoort	Zuid. oever (zanddepot) DKM013	Grondsoort	West. oever DKM102*1
Zand, matig fijn, matig vast	+5,7	Teelaarde	+6,20
Zand, matig fijn, vast	+3,2	Zand, matig fijn, matig vast	+5,4
Klei, zwak zandig, matig vast	-3,3	Zand, matig fijn, vast	+3,2
Zand, matig fijn, matig vast	-3,8	Zand, matig fijn, matig vast	-1,2
Silt, zwak zandig, vast	-5,8	Zand, matig fijn, vast	-1,8
Zand, zeer fijn, vast	-7,1	Klei, matig vast	-8,2
		Klei, zwak zandig, matig vast	-11,1

*1 Projectnr. VN-63473-2 (ref. [3])

Grondsoort	Noord. oever
	DKM006
Teelaarde	-6,20
Zand, matig fijn, matig vast	+5,9
Klei, zwak zandig, matig vast	+5,0
Zand, matig fijn, vast	+4,5
Zand, matig fijn, matig vast	+1,5
Zand, matig fijn, los	+0,5
Zand, matig fijn, vast	-0,5
Klei, zwak zandig, matig vast	-7,0
Zand, zeer fijn, vast	-8,0

Grondsoort	Oost. oever
	DKM102
Teelaarde	+7,25
Zand, matig fijn, matig vast	+7,0
Klei, matig vast	+6,3
Klei, zwak zandig, matig vast	+5,2
Zand, matig fijn, vast	+4,3
Zand, sterk kleiig	0,0
Zand, zeer fijn, vast	-0,5
Klei, zwak zandig, vast	-10,5
Zand, matig fijn, matig vast	-10,8
Klei, zwak zandig, vast	-11,5
Zand, matig fijn, matig vast	-12,2
Klei, zwak zandig, matig vast	-12,8
Zand, zeer fijn, vast	-13,2

Grondsoort	Zuid. oever
	DKM006
Zand, matig fijn, los	6,00
Klei, sterk zandig	+4,7
Zand, zeer fijn, vast	-2,2
Zand, zeer fijn, matig vast	-8,0
Klei, vast (potklei)	-18,7
Klei, zwak zandig, matig vast	-20,4
Silt, zwak zandig vast	-23,5

4.6 Programmatuur

De stabiliteitstoetsingen van de taluds zijn uitgevoerd met behulp van het computerprogramma D-GeoStability (versie 18.1) van Deltares waarbij gekozen is voor de methode Bishop.

4.7 Berekeningsmethode

Macrostabiliteit

De macrostabiliteit van de ondergrond wordt gecontroleerd op basis van geconsolideerde omstandigheden.

Zettingsvloeiing

Zettingsvloeiing is getoetst met HMBreach.

4.8 Eisen

Macrostabieliteit

Bij het invoeren van de rekenwaarden van de grondparameters en de toegepaste belastingen is volgens de norm een veiligheidsfactor (SF) van 1,0 voldoende. Bij een veiligheidsfactor groter dan 1,0 is het talud voldoende veilig tegen statisch afschuiven.

4.9 Overige uitgangspunten

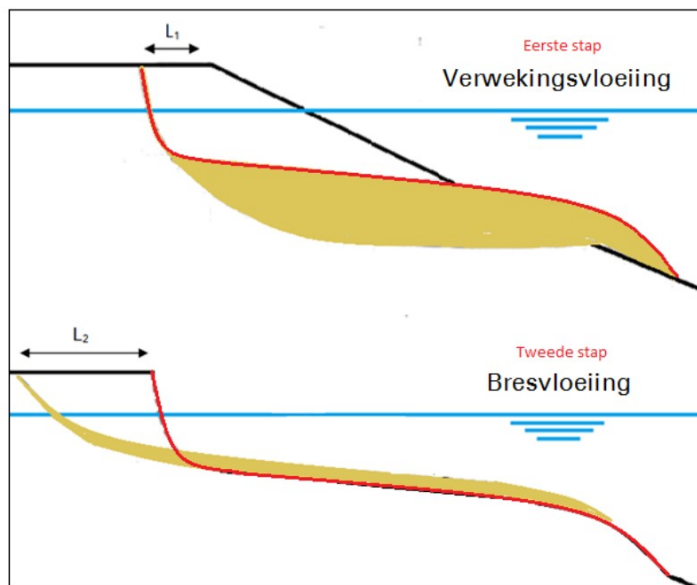
In de berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- ▲ Voor de veiligheidsklasse van de belastingen wordt veiligheidsklasse RC1 aangehouden met een bijbehorende faalkans van 5×10^{-4} .
- ▲ Oevererosie (afkalving) ten gevolge van golfslag wordt in deze rapportage buiten beschouwing gelaten.
- ▲ De stabiliteit onder invloed van trillingen en waterfluctuaties wordt in deze beschouwing niet gecontroleerd.
- ▲ Uit de sonderingen blijkt dat de grond overwegend uit zand bestaat zodat zettingen minder of niet van belang zijn. De zettingen zijn niet beschouwd.
- ▲ Voor de waterstand in de sloot is een gemiddelde aangenomen van N.A.P. +4,50 m.
- ▲ De kade is gemaakt van vrijgekomen leem en teelaarde.
- ▲ Een voldoende veilig talud bezit een evenwichtsfactor (Factor of Safety = FoS) van tenminste 1,0 gebaseerd op de rekenwaarden van de grondparameters.

4.10 Zettingsvloeiingen

Zettingsvloeiingen zijn onder te verdelen in verwekingsvloeiingen en bresvloeiingen.

Verwekingsvloeiingen kunnen ontstaan in losgepakte zandlagen. Een maat voor de verwekingsgevoeligheid van zand is de relatieve dichtheid (R_n). Bij een relatieve dichtheid kleiner dan 50% wordt gesproken van een 'losse pakking' van het korrelskelet. Losgepakte zandlagen met een dikte van meer dan 1 m zijn gevoelig voor grondwaterdrukverschillen en/of dynamische belastingen. Door één van deze fenomenen, of een combinatie daarvan, kan een verkleining van het volume optreden. Het verkleinen van het volume veroorzaakt verhoogde waterspanningen die op hun beurt zorgen voor het verlagen van de korreldrukken. In het geval van een verwekingsvloeiing zijn de korreldrukken zo laag dat de zanddeeltjes gaan 'zweven', met als gevolg dat de betreffende laag gaat vervloeien ofwel 'verweken,' zie eerste stap figuur 6.1. De geel gemarkeerde zone in deze figuur, betreft de zandlagen die door de verweking worden beïnvloed (verweken en/of afschuiven). De rode lijn is de taludhelling die na optreden van de verweking resteert.



Figuur 6.1 - Zettingsvloeiingsproces.

Het afgeschoven profiel blijft veelal aan de bovenkant van het talud (te) steil staan. Dit is een tijdelijk effect onder invloed van dilatant gedrag (negatieve waterspanning). Bij het terugtrekken van de negatieve waterspanning laten de zandkorrels los van de oppervlakte (zandskelet) en zorgen hierdoor voor een suspensiestroom langs het talud, wat erosie tot gevolg heeft (bresvloeiing). Het proces stopt wanneer het talud dermate flauw is dat de suspensie niet meer weg wil stromen, zie figuur 6.1 tweede stap.

De hierboven genoemde twee processen samen resulteren in een inscharing over een lengte van $L_1 + L_2$ figuur 6.1. Deze lengten zijn van vele factoren afhankelijk (waaronder de laagdikte en de hoogte van het talud) en kunnen daardoor per situatie sterk variëren.

5 Taludontwerp

In dit hoofdstuk wordt op basis van de bodemopbouw en de beschikbare korrelverdelingen het taludontwerp beschouwd dat voldoet aan de CUR 113 richtlijn. Op basis van een analyse van de kans op zettingsvloeiingen en de statische stabiliteitsanalyse wordt het aangeleverde taludontwerp gecontroleerd. Indien blijkt dat het taludontwerp niet voldoet aan de richtlijnen van de CUT 113 zal een voorstel worden gedaan met een aangepast taludverloop. Op basis van het taludverloop wordt berekend welke randstrookbreedte minimaal benodigd is.

Voor de statische stabiliteit van een talud kan men twee stabiliteitscriteria onderscheiden, namelijk macrostabiliteit en microstabiliteit. Voor de controle van deze twee criteria wordt uitgegaan van de geometrie volgens tekening ref. [7]. Het taludontwerp (1:4) is getoetst op de veiligheid tegen afschuiven onder statische condities.

5.1 Macrostabiliteit

Onder een taludsafschuiving, ofwel verlies aan macro-stabiliteit van een talud, wordt verstaan het statisch evenwichtsverlies van een grondmassa onder een helling, onder invloed van de aandrijvende kracht eigengewicht (met eventuele boven belasting). Gevaar voor dergelijk evenwichtsverlies ontstaat vaak wanneer tijdens en na zandwinning een (zeer) steile helling overblijft. Andere factoren die tot evenwichtsverlies kunnen zorgen zijn: trillingen, schommelingen in de waterdruk en het aanleggen of ophogen van opslagdepots langs het talud. Zoals in de uitgangspunten is aangegeven wordt alleen gerekend met de eigen grondmassa en een enkele bovenbelasting.

De bodemopbouw varieert in het projectgebied sterk. De stabiliteitsanalyse is daarom uitgevoerd voor de zuidelijke, westelijke, noordelijke en oostelijke oever met de voor de desbetreffende oever het maatgevende bodemprofiel (zie tabel 4.2). Omdat de bodemopbouw in de diepte ook sterk kan afwijken is de stabiliteit voor de insteek van de oever bepaald inclusief maaiveldbelasting (stabiliteitsanalyse 'hoog') en voor het dieper gelegen talud (stabiliteitsanalyse 'diep'). Voor de zuidelijke oever is tevens onderscheidt gemaakt in het deel van de oever met zanddepot (westelijke deel van de oever) en zonder zanddepot (oostelijke deel van de zuidelijke oever).

De resultaten van de stabiliteitsberekeningen zijn voor de vermelde profielen grafisch gepresenteerd in bijlage 3. De berekende minimale veiligheidsfactoren zijn samengevat in tabel 5.1.

Tabel 5.1 Stabiliteitsanalyse

Oever	F_{\min} ; hoog	F_{\min} ; diep	Voldoet? $F_{\min} \geq 1,0$
Zuid met depot	1,02	1,99	Ja
West	1,32	1,64	Ja
Noord	1,43	2,05	Ja
Oost	1,70	1,95	Ja
Zuid zonder depot	1,76	1,71	Ja

Uit de analyse blijkt dat de stabiliteitsfactor (F_{\min}) voor alle profielen hoger is dan 1,0 oftewel de stabiliteit van alle profielen is voldoende. Daarmee is de veiligheid van het talud ten aanzien van macrostabiliteitsverlies voldoende gewaarborgd.

5.2 Microstabiliteit

Hieronder wordt verstaan de stabiliteit van individuele zandkorrels die negatief wordt beïnvloed wanneer er sprake is van uittredend water uit het talud als gevolg van een peil in de zandwininput dat lager is dan de omringende grondwaterstand, dit zal waarschijnlijk niet optreden omdat het omliggende grondwater lager is gelegen. Mocht dit in de toekomst nog veranderen dan is met de onderstaande formule (van Bernatzik en Schultze) gecontroleerd of dit tot micro-instabiliteit kan leiden.

Formule van Bernatzik en Schultze:

$$\tan \varphi = \tan \alpha * (\gamma + 1) / \gamma$$

$$\tan \alpha = 30,0^\circ = 1:2$$

Hierin is:

γ	Het volumegewicht van volledig verzadigde grond	[kN/m ³]
φ'	Effectieve hoek van inwendige wrijving	[°]
φ'	Effectieve hoek van inwendige wrijving	[°]

Uit de formule van Bernatzik en Schultze volgt dat een minimale taludhelling van 1:2 benodigd is om uitspoeling en daarmee micro-instabiliteit te voorkomen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de taludhelling van 1:4 ter hoogte van de waterspiegel voldoende is om mogelijke taluderosie door uittredend grondwater te voorkomen.

5.3 Verwekingsanalyse

Voor de verwekingsanalyse is voor de sonderingen DKM001 t/m DKM013 de relatieve dichtheid D_r van de zandlagen bepaald (zie bijlage 4). De bepaling van de relatieve dichtheid is gedaan op basis van de correlatie volgens Baldi voor normaal geconsolideerd zand. In de praktijk wordt een minimale laagdikte van 2,0 m gehanteerd. Bij dunnere lagen met een relatieve dichtheid lager dan 50% wordt ervan uitgegaan dat deze niet verwekingsgevoelig zijn. Uit de analyse van de sonderingen (Bijlage 2) blijkt dat er geen verwekingsgevoelige lagen aanwezig zijn in de lagen die binnen de put vallen.

In het rapport voor de uitbreiding van de zandwininput aan de westzijde (zie ref. [4]) is de

verwekingsgevoeligheid voor de sonderingen DKM101, DKM102, DKM103, DKM104A, DKM105 en DKM106 geanalyseerd. De sonderingen DKM101, DKM102 en DKM103 reiken tot ca. NAP -19 m. De maximale diepte komt vrijwel overeen met de nieuwe winningsdiepte van NAP -21 m. Dit betekent dat deze ook voor de huidige maximale windiepte gebruikt kunnen worden. Bij sondering DKM106 wordt een losgepakte laag gevonden op een diepte van circa 11 m – NAP. Dit betreft sterk siltig zand dat naar verwachting niet gevoelig is voor verweking. Ter controle is de naastgelegen sondering DKM011 ook gecontroleerd. Ter plaatse van deze sondering worden tot putdiepte alleen maar vast gepakte zandlagen aangetroffen en dus geen verwekingsgevoelig materiaal.

Algehele conclusie is dat tot de maximale windiepte van NAP -21 m geen verwekingsgevoelige zandlagen aanwezig zijn.

6 Taludstabiliteit tijdens het winnen

6.1 Inleiding

Bij het winnen van zand wordt gebruik gemaakt van een winzuiger waarmee op eenvoudige wijze tot grote diepte zand kan worden gewonnen. Het op deze manier winnen van zand heeft als voordeel dat het zandpakket in zijn geheel wordt aangezogen, waardoor zand met een gemengde korrelopbouw wordt gewonnen. Dit is vaak van essentieel belang voor het kunnen leveren van het gewenste type zand. Een nadeel van de winmethode is het risico van taludvorming buiten het gewenste talud. Wanneer de begrenzing van de winput voldoende ruimte biedt om variatie van het talud toe te staan, zal een zekere onnauwkeurigheid bij de vorming van het talud geen probleem zijn. Echter, wanneer de zandwinput in de nabijheid van infrastructuur zoals huizen, wegen en/of recreatiegebieden ligt, worden er met betrekking tot de veiligheid strengere eisen gesteld aan de variatie van het op te leveren profiel. In de praktijk betekent dit dat het gewenste minimaal profiel niet mag worden overschreden.

Het feit dat het gewenste (vergunde) profiel niet mag worden overschreden, heeft tot gevolg dat er een zekere marge ontstaat met betrekking tot het uiteindelijk opgeleverde (gezogen) profiel. Om het verschil tussen het vergunde profiel en het gerealiseerde profiel te verkleinen en de kans op het overschrijden van het vergunde talud te reduceren geeft de CUR 113 richtlijnen voor het ontwerpen van een veilig (maakbaar) onderwatertalud.

Daarnaast worden er in de CUR 113 voorwaarden gesteld waaraan moet worden voldaan om een beheerst bresproces te kunnen garanderen en dus het risico op een onbeheerst bresproces te minimaliseren. Deze voorwaarden betreffen:

- De grondgesteldheid,
- De wijze van uitvoering van de zandwinning,
- Controle van de uitvoering en de taludontwikkeling.

In de volgende paragrafen zal worden beschouwd of de voorwaarden aanwezig zijn voor een beheerst bresproces. Vervolgens zal worden ingaan op de taludontwikkeling bij beheerst bressen en wordt bepaald hoe de geschatte (voorspelde) taludontwikkeling zich verhoudt tot het taludontwerp.

6.2 Beheerst winnen

Om de kans op een beheerst bresproces te vergroten moeten aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

1. Voldoende taludstabiliteit voor afschuiving (1a) en/of verweking (1b).
2. De grondlagen moeten zodanig zijn, dat een regelmatig bresproces mogelijk is.
3. Bij de uitvoering dient rekening te worden gehouden met het type materieel (zuiger) en de wijze waarop deze in relatie tot de maakbaarheid van het (ontwerp) talud wordt ingezet.

Uit paragraaf 5.1 volgt dat het basistalud met een helling van 1:4 of flauwer voldoende veiligheid

biedt tegen afschuiven (1a). In paragraaf 5.3 is vastgesteld dat er geen verwekingsgevoelige lagen aanwezig zijn en daarmee de kans op verweking (1b) niet aanwezig is.

Voorwaarden die aan de grond worden gesteld voor een beheerst bresproces zijn dat:

- De grond uit niet cohesief bressend materiaal bestaat,
- Er een horizontale laagopbouw van de grond aanwezig is,
- De dikte van de stoorlagen van klei of veen ten hoogste 0,5 m bedraagt.

Uit het beschikbare grondonderzoek blijkt dat er bovenin sprake is van een homogene grondopbouw (formatie van Eindhoven). Onderin wordt een meer heterogene grondbouw aangetroffen (formatie van Peelo). Van cohesief bressend materiaal of stoorlagen is geen sprake. In paragraaf 9.3 is te lezen dat de laagopbouw niet horizontaal is, de grond heeft een gestuwd karakter (vooral de dieper gelegen lagen). Daarmee bestaat er een kans op een onbeheerst bresproces. De wijze van uitvoering speelt een grote rol in het wel of niet optreden van een onbeheerst bresproces. Om te kijken wat het effect van de variaties in de laagopbouw en korrelsamenstelling zijn op de taludontwikkeling, is een HM-Breach-berekening uitgevoerd in paragraaf 9.3, waarbij tevens rekening is gehouden met het in te zetten materieel.

Verwijderen dunne kleilagen

Plaatselijk zijn dunne kleilagen aanwezig. Om het risico te vermijden dat de kleilaag bezwijkt als eronder zand wordt gewonnen en daardoor een onbeheerste bres ontstaat, dient de kleilaag eerst te worden verwijderd voordat er zand dieper dan de kleilaag wordt gewonnen.

6.3 Taludontwikkeling

Met behulp van HM-Breach is een taludontwikkeling geschematiseerd zoals die door een winzuiger kan worden gemaakt. De methode is, conform de CUR 113, gebaseerd op praktijkervaringen voor het winnen van middelfijn zand. De berekeningen zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten.

Winzuiger

Voor het bepalen van de te verwachten talud ontwikkeling zijn de volgende baggercondities aangenomen:

- De voortgangssnelheid (verhaalsnelheid) waarmee het brestalud wordt voortbewogen bedraagt circa 0,5 mm/s,
- De initiële breshoogte van de zuigbuis bedraagt 1,0 m,
- De breshoogte waarmee in het midden van de put wordt gewerkt bedraagt circa 27 m (zuigdiepte circa N.A.P. -21 m).

Controle talud ontwerp

Het aangeleverde taludontwerp bestaat uit een talud van 1:4 tot de maximale windiepte van NAP -21 m. In de CUR 113 zijn in tabel 2a richtlijnen gegeven voor een talud zonder platbermen. Bij een maximale windiepte van 26 m wordt een gemiddeld talud voorgesteld van 1:4,67. Aandachtspunt hierbij is dat deze taluds gelden voor zand met een $d_{50} > 200 \mu\text{m}$ en een $d_{15} > 100 \mu\text{m}$. In het geval van de zandwininput Weperpolder bedraagt de d_{50} ca. $150 \mu\text{m}$ en een d_{15} kleiner dan $100 \mu\text{m}$. Beneden de NAP -4 m wordt zand aangetroffen met een d_{50} van rond de $100 \mu\text{m}$. De

d50 in de zandwininput is dus veel kleiner. Het fijner zand geeft een hoger risico op onbeheerste bresvorming.

Gezien de aanwezige grondopbouw (korrelgrootte) is voor het ontginnen van de put volgens het ontwerp een aanzienlijk grotere randstrookbreedte vereist dan momenteel beschikbaar is. Dit komt doordat de inscharing, veroorzaakt door een onbeheerste bres met een putdiepte, veel groter kan zijn dan de berekende 11 meter in het voorgaande rapport [Ref 4].

Om de verdieping te kunnen realiseren zonder de breedte van de randstrook op maaiveldniveau te hoeven aanpassen, wordt geadviseerd een platte berm toe te passen op de huidige vergunde putbodem van NAP -11 m. Deze berm kan mogelijke bresvloeiing vanuit een grotere diepte dan NAP -11 m opvangen.

De berm moet een breedte hebben van 15 meter, en de taludhelling dient vanaf de berm te worden aangepast naar een helling van 1:6.

In het adviesrapport (zie ref. [4]) is de winmethode tot NAP -11 m beschreven. In het voorliggend rapport wordt ervanuit gegaan dat deze winmethode ook is toegepast en reeds grotendeels is uitgevoerd. Voor de winmethode en de uitgangspunten tot NAP -11 m wordt verwezen naar het betreffende adviesrapport.

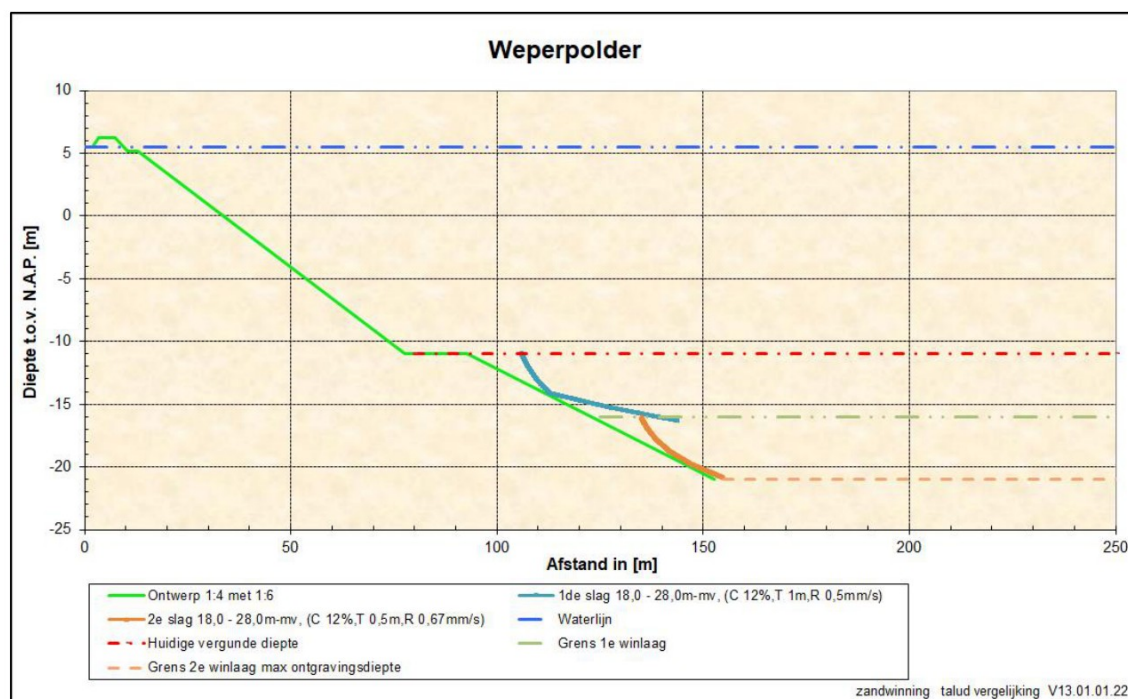
In het voorliggende rapport wordt de winmethode voor het deel van NAP -11 m tot -21 m beschreven. Voor de winmethode voor het deel dieper wordt de zelfde als die tot NAP -11 m aangehouden.

Taludontwikkeling tijdens zuigen

Wanneer de baggercondities, zoals verhaalsnelheid en initiële breshoogte gelijk blijven, dan is alleen de korrelopbouw van het zand sterk bepalend voor de taludontwikkeling. Met behulp van HM-Breach is de verwachte taludhelling gesimuleerd, die door het zandwinnen ontstaat. Als input voor de HM-Breach berekeningen zijn de resultaten van het laboratoriumonderzoek gebruikt (zie bijlage 1).

Uit de HMBreach simulatie volgt dat niet mogelijk is om de verdieping op volledige diepte (in één slag) te gaan winnen. Als gevolg van het aanwezige zijn zeer fijne zand kunnen er als er in één winslag wordt gewonnen) breslengten van 150 tot 200 meter ontstaan. Deze lengte zijn niet aanwezig in de uitbreiding (verdieping), waardoor winning in één slag onhaalbaar is. Het zand zal in tenminste twee slagen moeten worden gewonnen. In de eerste slag kan tot een diepte van NAP -16 m worden gewonnen, waarbij een afstand van 15 à 20 m tussen de zuigbuis en het ontwerptalud moet worden aangehouden. In de tweede slag, van NAP -16 m tot aan de maximale putdiepte, dient een afstand van 10 à 15 m tussen de zuigbuis en het talud te worden aangehouden. Daarbij geldt dat bij het zuigen van een volgende laag er niet meer in de 'afgewerkte' bovengelegen taluds wordt gewerkt.

In figuur 9.1 zijn de uitkomsten van de HMBreach-simulatie vergeleken met het taludontwerp.



Figuur 9.1: HM-Breach simulatie

De afwerking van de taluds dient plaats te vinden door het zand in horizontale banen te winnen, werkende van boven naar onder aan het talud, met een maximale insteekdiepte van de zuigbuis van 1 meter.

Bij het toepassen van bovenstaande werkschrijving kan het zand veilig worden gewonnen.

6.4 Peilfrequentie

Om de kans op schade als gevolg van een instabiel onderwatertalud te verkleinen, is het van belang dat bij het winnen van zand het definitieve (opgeleverde) onderwatertalud vergelijkbaar is aan het taludontwerp. Om dit te controleren dient het gezogen talud gedurende de zandwinning regelmatig te worden gepeild. Hierdoor kan de resulterende helling aan de hand van de gemeten dwarsprofielen worden geverifieerd. Hiermee kan ook controle worden gehouden op de afstand tot het eerder aangezogen talud, zodat een vereiste afstand kan worden gehandhaafd om een meewerkende bres te voorkomen. Als bij de oplevering blijkt dat de helling te veel afwijkt van het ontwerp talud dan dient alsnog de stabiliteit te worden gecontroleerd om er zeker van te zijn dat er niet nadien nog een bres kan optreden.

Omdat in de betreffende zandwininput niet continu zand wordt gewonnen, wordt er geen vaste peilfrequentie voorgesteld. Periodiek bevindt zich in de zandwininput een winzuiger, wordt het

volledige zanddepot gevuld en wordt aansluitend de winzuiger weer afgevoerd. Geadviseerd wordt om na ieder periode van zandwinning een peiling uit te voeren, waarbij het volledige gebied waarin zand is gewonnen wordt gemeten.

7 Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

De volgende conclusies kunnen worden getrokken:

- De omvang van het veld- en laboratoriumonderzoek voldoet aan de richtlijnen vermeld in de CUR 113.
- Uit de stabiliteitsanalyse volgt dat een taludhelling (1:4) tot de maximale winddiepte de statische stabiliteit voldoende is.
- Uit een eenvoudige toetsing op microstabiliteit (stabiliteit van de afzonderlijke korrels) dat de taludhelling van 1:4 ter hoogte van de waterspiegel voldoende is om mogelijke taluderosie door uittredend grondwater te voorkomen.
- Uit de verwekingsanalyse op basis van de relatieve dichtheid blijkt dat er geen verwekingsgevoelige zandlagen aanwezig zijn tot de maximale winddiepte van NAP - 21 m.
- Uit de HMBreach-simulatie blijkt dat als gevolg van de aanwezige zeer fijn zandfractie tussen NAP -11 m en -21 m een talud van 1:4 risico-gevoelig is voor bresvloeiing. Geadviseerd wordt om de volgende opbouw toe te passen (uitgewerkt in bijlage 6).

Diepte	Taludhelling	Platbermbreedte
maai veld – NAP -11 m	1:4	
NAP -11 m		15 m
NAP -11 – NAP -21 m	1:6	

7.2 Cijfers uitbreiding

De verdieping vindt plaats van NAP – 11 m over een maximale oppervlakte van 12,6 ha (9,9 ha als het depot blijft zitten). Door de uitbreiding wordt de theoretisch totale te hoeveelheid te winnen zand vergroot naar circa 1.340.000 m³ (bestaande en nieuwe vergunning). Circa 475.000 m³ hiervan bevindt zich nog ter plaatse van het huidige depot. In bijlage 5 & 6 zijn de hiervoor gebruikte ontwerptekening opgenomen.

7.3 Beschrijving winmethode

Geadviseerd wordt om vanaf de huidige vergunde putbodem op NAP -11 m een platberm toepassen met een breedte van 15 m en van hier een taludhelling van 1:6 toepassen tot de maximale winddiepte van NAP -21 m.

Uit HMBreach simulaties blijkt dat het mogelijk is om een taludhelling van 1:6 te realiseren tussen NAP -11 m en -21 m. Hierbij zal het zand zal in minimaal 2 lagen moeten worden gewonnen waarbij de eerste slag niet dieper dan N.A.P. -16 m mag zijn en een afstand van 15 à

20 m tussen de zuigbuis en het talud moet worden aangehouden. De tweede slag kan vervolgens tot de maximale putdiepte reiken, met dien verstande dat de zuigbuis eveneens 10 à 15 meter uit het ontwerptalud vandaan moet blijven. Daarbij geldt dat bij het zuigen van een volgende laag er niet meer in de 'afgewerkte' bovengelegen taluds wordt gewerkt. De afwerking van de taluds dient plaats te vinden door het zand in horizontale banen te winnen, werkende van boven naar onder aan het talud.

Verwijderen dunne kleilagen

Plaatselijk zijn dunne kleilagen aanwezig. Om het risico te vermijden dat de kleilaag bezwijkt als eronder zand wordt gewonnen en daardoor een onbeheerste bres ontstaat, dient de kleilaag eerst te worden verwijderd voordat er zand dieper dan de kleilaag wordt gewonnen.

7.4 Aanbevelingen

Indien in de loop van het project veranderingen optreden, verzoeken wij u contact met ons bureau op te nemen, zodat wij ons rapport hierop kunnen toetsen.

Bijlage 1

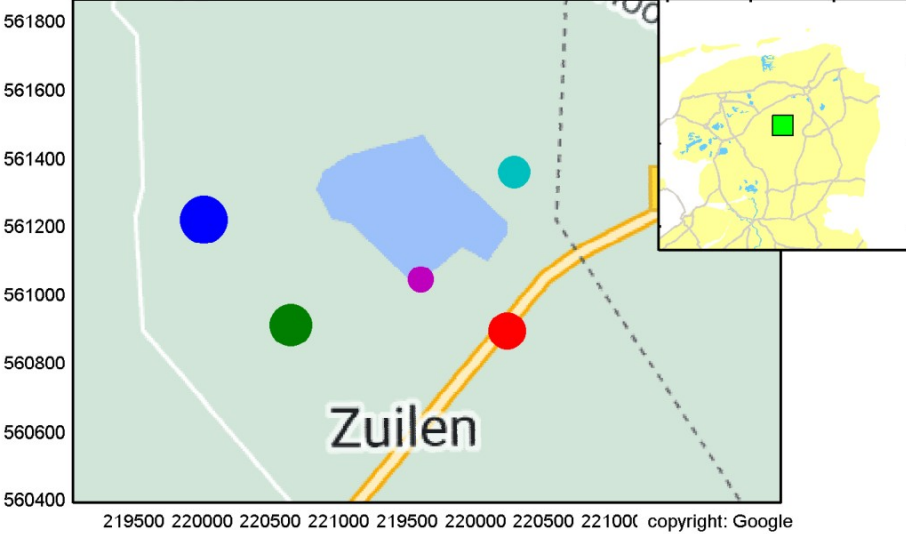
Projectnr.	Boring/monster	Diepte [m NAP]	d50 [µm]	d15 [µm]
63473-2	B101/M002	+4,91 tot +3,71	0,144	0,100
63473-2	B101/M003+M004	+3,71 tot +1,61	0,153	0,110
63473-2	B101/M005+M006	+1,61 tot -0,39	0,145	0,100
63473-2	B101/M007	-0,39 tot -1,79	0,158	0,110
63473-2	B101/M008+M009	-1,79 tot -3,59	0,194	0,130
63473-2	B101/M010	-3,59 tot -4,39	0,172	0,120
63473-2	B101/M011+M012	-4,39 tot -6,39	0,152	0,100
63473-2	B101/M014+M015	-6,79 tot -9,39	0,099	0,080
63473-2	B101/M016 t/m M018	-9,39 tot -12,39	0,084	0,070
63473-2	B102/M002+M003	+4,83 tot +2,83	0,156	0,100
63473-2	B102/M004+M005	+2,83 tot +0,83	0,153	0,110
63473-2	B102/M006+M007	+0,83 tot -1,17	0,169	0,120
63473-2	B102/M008+M009	-1,17 tot -3,17	0,207	0,130
63473-2	B102/M010	-3,17 tot -4,17	0,167	0,110
63473-2	B102/M011+M012	-4,17 tot -6,17	0,147	0,100
63473-2	B102/M013	-6,17 tot -7,17	0,110	0,090
63473-2	B102/M014 t/m M016	-8,17 tot -10,17	0,103	0,090
84307-1	MB001/M008	-2,61 tot -3,61	0,210	0,111
84307-1	MB001/M009	-3,61 tot -4,61	0,165	
84307-1	MB001/M010+M011	-4,61 tot -6,61	0,119	0,064
84307-1	MB001/M012 t/m M014	-6,61 tot -9,61	0,104	0,063
84307-1	MB001/M015	-9,61 tot -10,61	0,080	
84307-1	MB001/M016 t/m M018	-10,61 tot -13,61	0,102	0,066
84307-1	MB001/M019+M020	-13,11 tot -15,61	0,103	0,071
84307-1	MB001/M021 t/m M023	-15,61 tot -18,61	0,103	0,069
84307-1	MB002/M001+M002	+6,12 tot +4,22	0,154	0,103
84307-1	MB002/M003 t/m M005	+4,22 tot +1,32	0,149	0,095
84307-1	MB002/M006+M007	+1,32 tot -0,48	0,156	0,105
84307-1	MB002/M008	-0,48 tot -1,48	0,156	0,092
84307-1	MB002/M009+M010	-1,48 tot -3,48	0,182	0,109
84307-1	MB002/M011	-3,48 tot -4,48	0,163	0,088
84307-1	MB002/M012	-4,48 tot -5,48	0,109	
84307-1	MB002/M013+M014	-5,48 tot -7,68	0,113	0,069
84307-1	MB002/M015/M016	-7,68 tot -9,68	0,121	0,090
84307-1	MB002/M017+M018	-9,68 tot -11,68	0,111	0,081
84307-1	MB002/M019	-11,68 tot -12,68	0,103	
84307-1	MB002/M023+M024	-14,88 tot -16,88	0,070	
84307-1	MB002/M025	-16,88 tot -17,68	0,089	
84307-1	MB003/M001	+5,23 tot +4,53	0,211	0,126
84307-1	MB003/M002	+4,53 tot +3,73	0,161	0,103



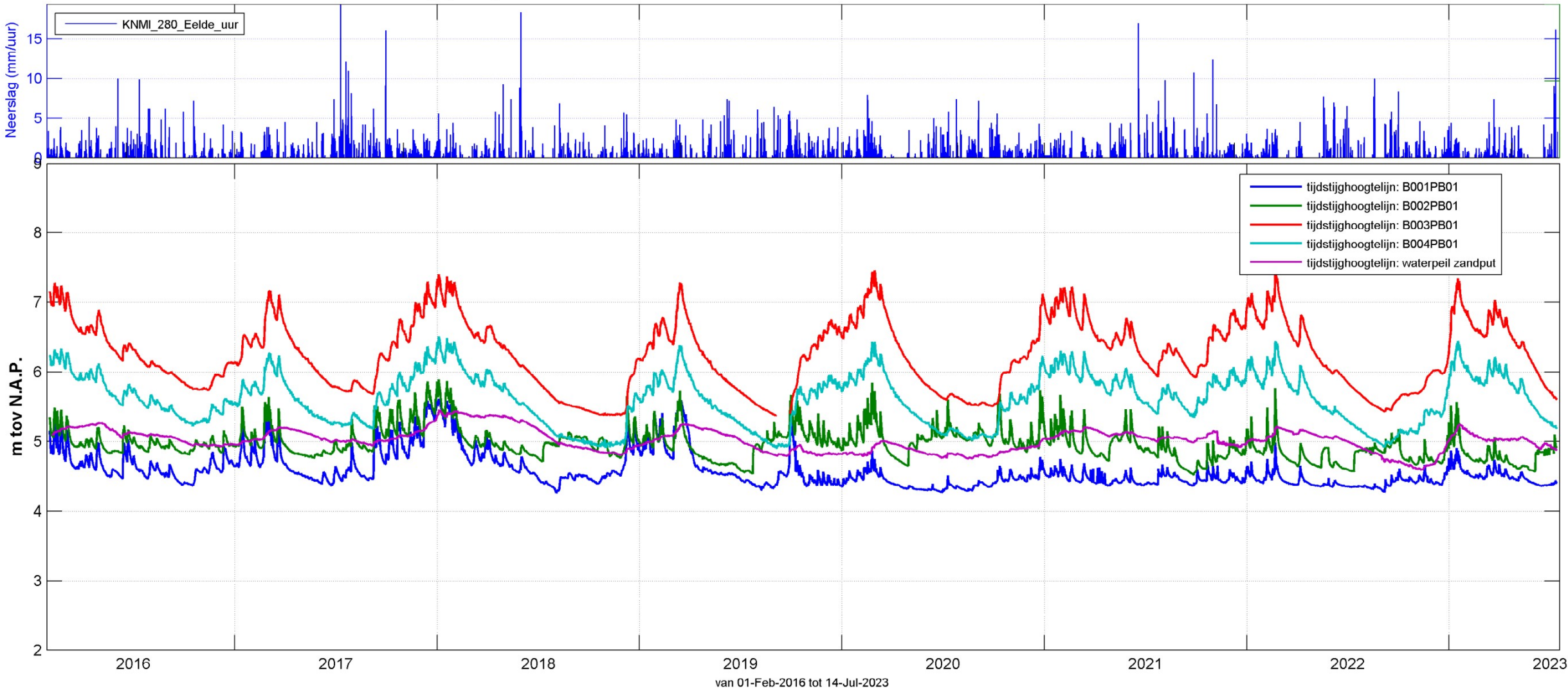
Projectnr.	Boring/monster	Diepte [m NAP]	d50 [μm]	d15 [μm]
84307-1	MB003/M003+M004	+3,73 tot +1,73	0,161	0,108
84307-1	MB003/M005	+1,73 tot +0,73	0,162	0,084
84307-1	MB003/M006	+0,73 tot -0,27	0,156	0,094
84307-1	MB003/M007/M008	-0,27 tot -2,27	0,196	0,115
84307-1	MB003/M009	-2,27 tot -3,27	0,190	0,107
84307-1	MB003/M010	-3,27 tot -4,27	0,153	0,089
84307-1	MB003/M011 t/m M013	-4,27 tot -7,27	0,117	0,087
84307-1	MB003/M015 t/m M016	-7,27 tot -10,27	0,118	0,089
84307-1	MB003/M017 t/m M019	-10,27 tot -13,27	0,107	0,070
84307-1	MB003/M020 t/m M022	-13,27 tot -16,27	0,098	
84307-1	MB003/M023	-16,27 tot -17,27	0,095	
84307-1	MB003/M024	-17,67 tot -17,97	0,073	
84307-1	MB003/M025 t/m M027	-17,97 tot -20,67	0,104	0,066
84307-1	MB004/M001	+5,34 tot +4,64	0,142	0,071
84307-1	MB004/M002	+4,64 tot +3,64	0,141	0,092
84307-1	MB004/M003+M004	+3,64 tot +1,64	0,152	0,095
84307-1	MB004/M005+M006	+1,64 tot -0,36	0,150	0,096
84307-1	MB004/M007+M008	-0,36 tot -2,36	0,153	0,094
84307-1	MB004/M009 t/m M011	-2,36 tot -5,36	0,189	0,099



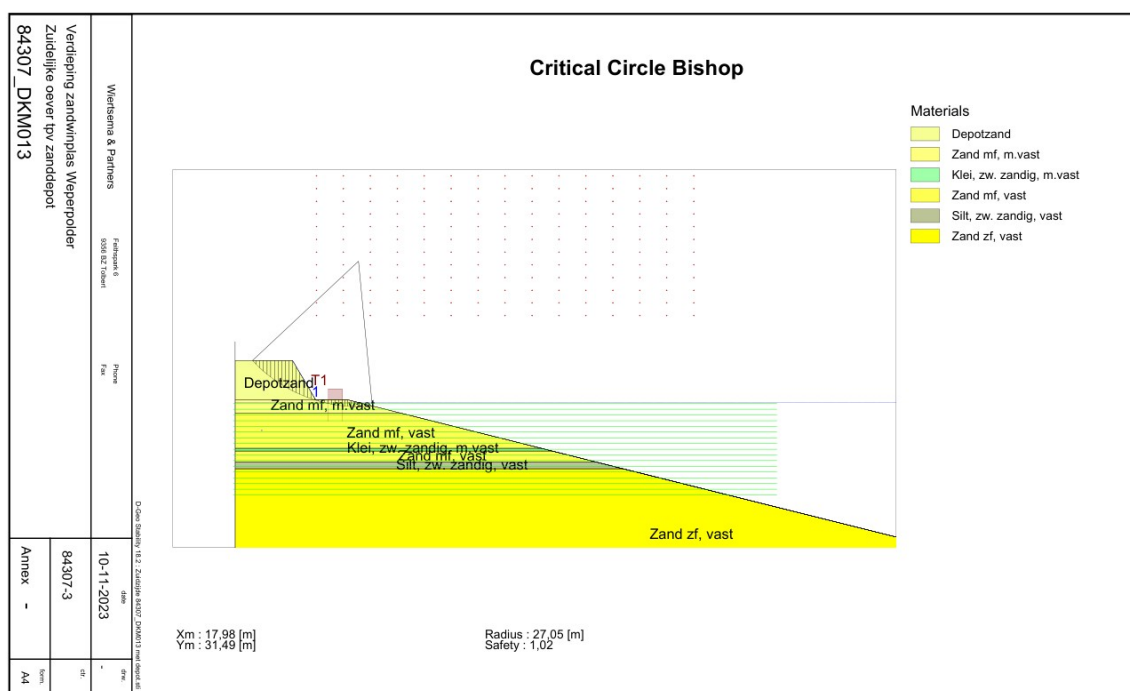
Bijlage 2



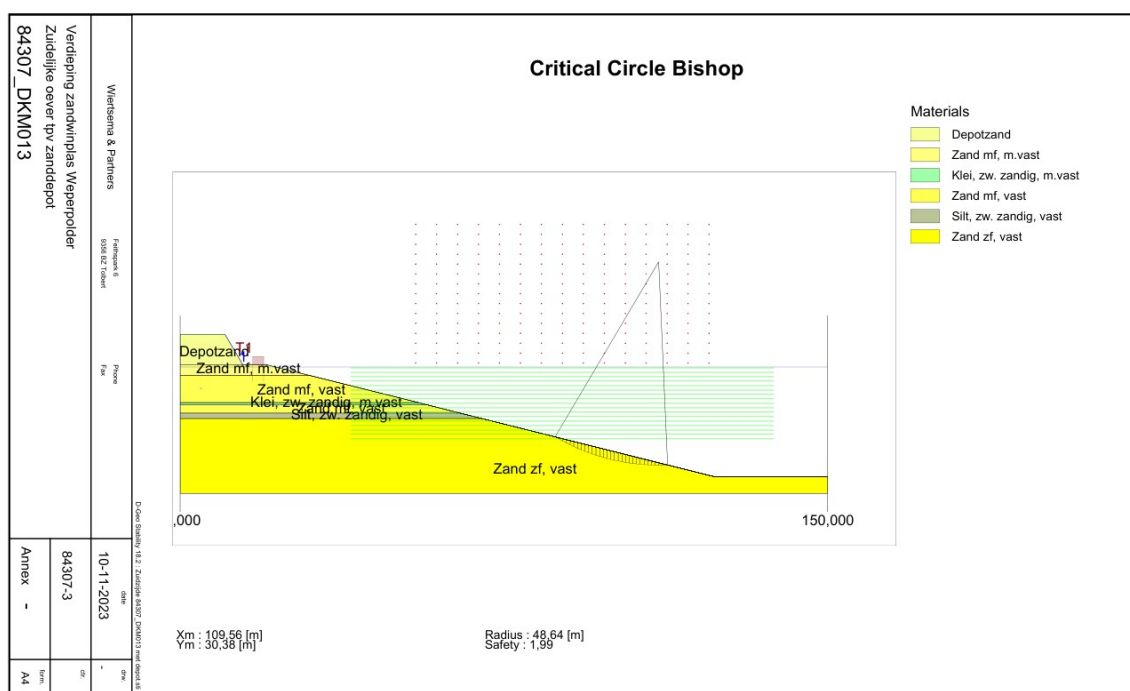
Putcode:	B001PB01	B002PB01	B003PB01	B004PB01	waterpeil zandput
Meetpunt:	B001PB01	B002PB01	B003PB01	B004PB01	waterpeil zandput
X-coördinaat(RD):	219404	219659	220293	220313	220040
Y-coördinaat(RD):	561220	560912	560895	561362	561046
Maaiveldhoogte:	5.67	6.22	8.11	7.00	niet bekend
Eenheid:	m tov N.A.P.	m tov N.A.P.	m tov N.A.P.	m tov N.A.P.	m tov N.A.P.
Filternummer:	1	1	1	1	1
Bovenkant buis:	6.37	6.68	8.66	6.85	6.00
Filterstelling van:	3.27	3.22	5.71	3.50	niet bekend
Filterstelling tot:	2.27	2.22	4.71	2.50	niet bekend



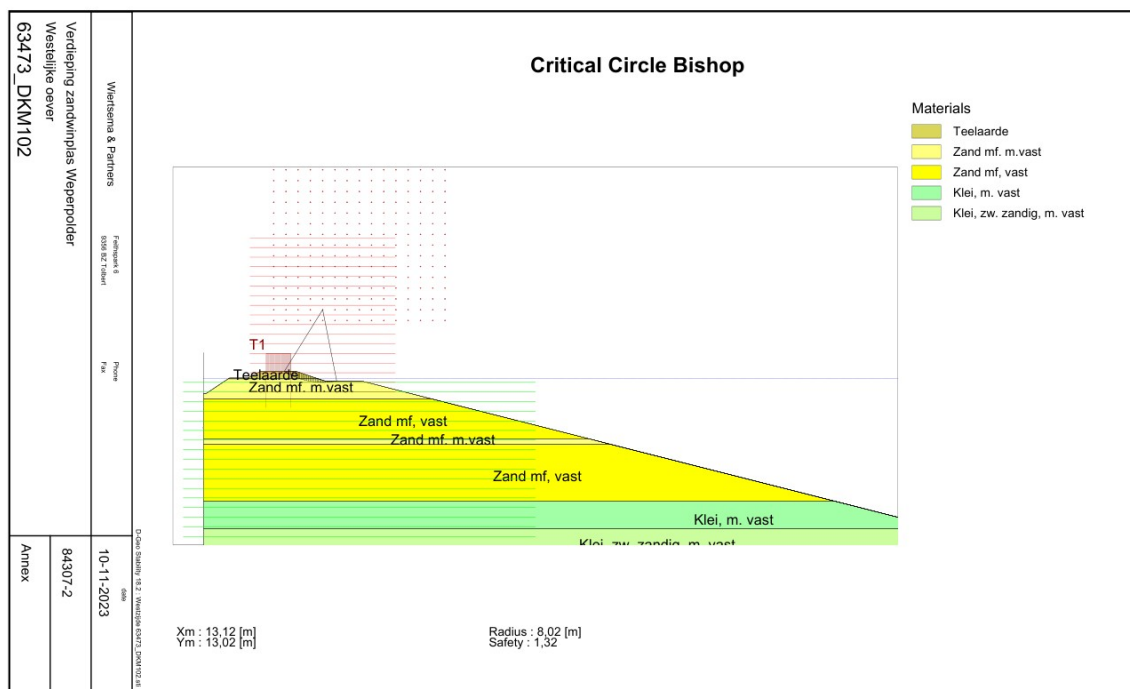
Bijlage 3



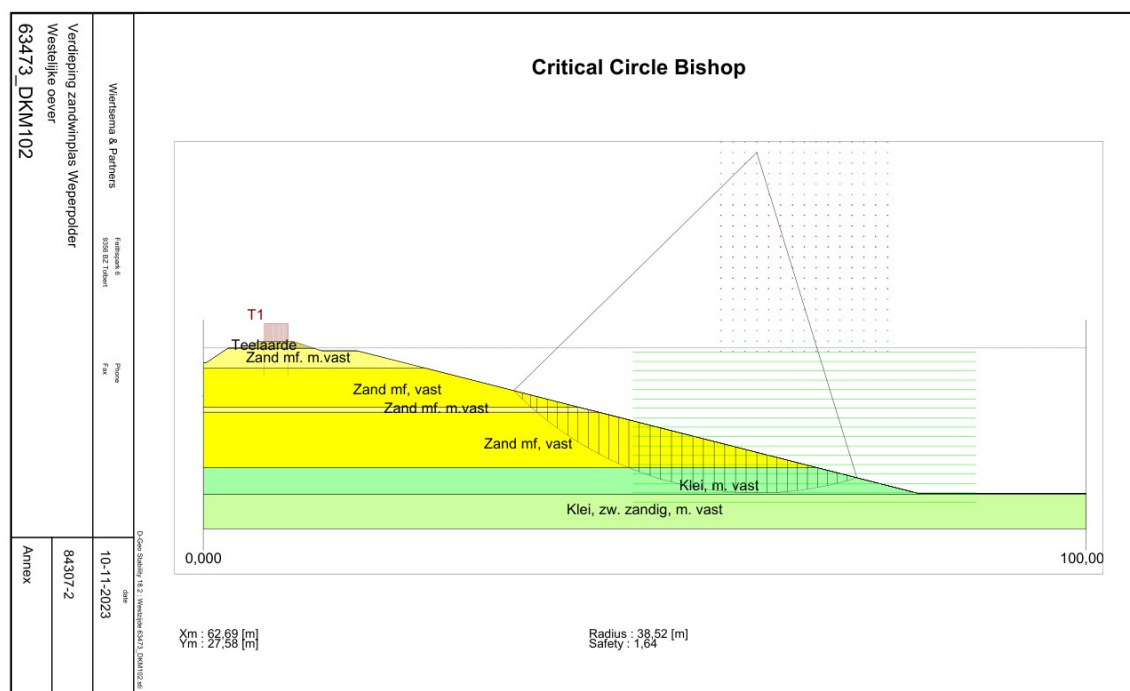
Figuur 1 Stabiliteit zuidelijke oever t.p.v. zanddepot hoog met depot ($F_{min} = 1,02$)



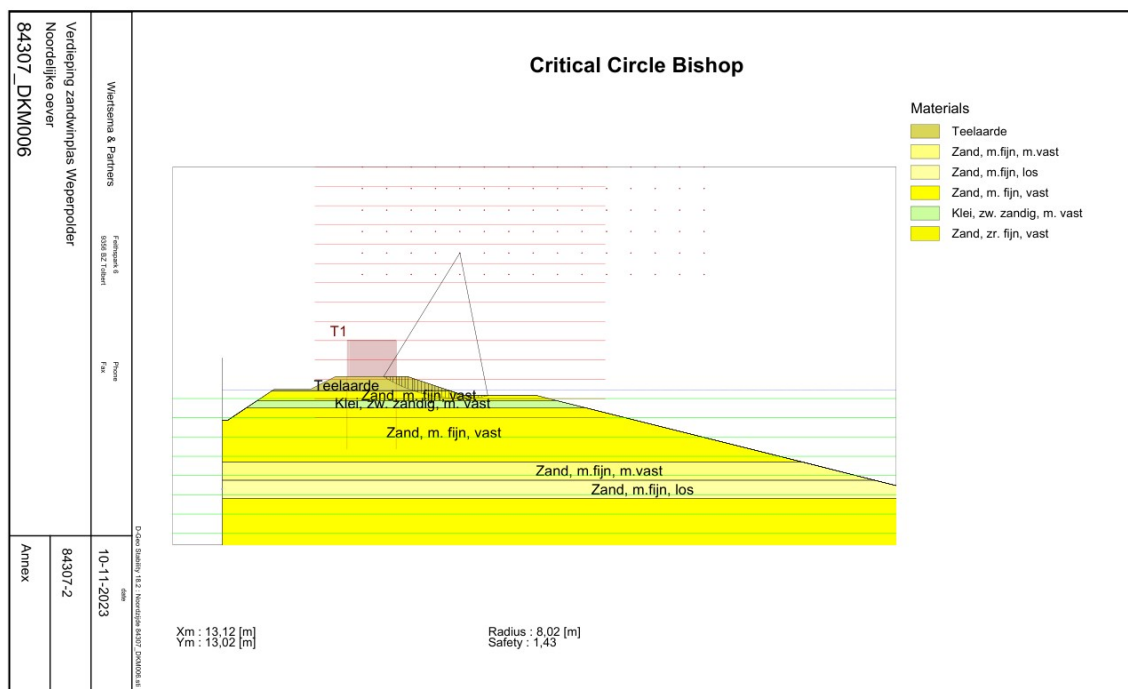
Figuur 2 Stabiliteit zuidelijke oever t.p.v. zanddepot diep ($F_{min} = 1,99$)



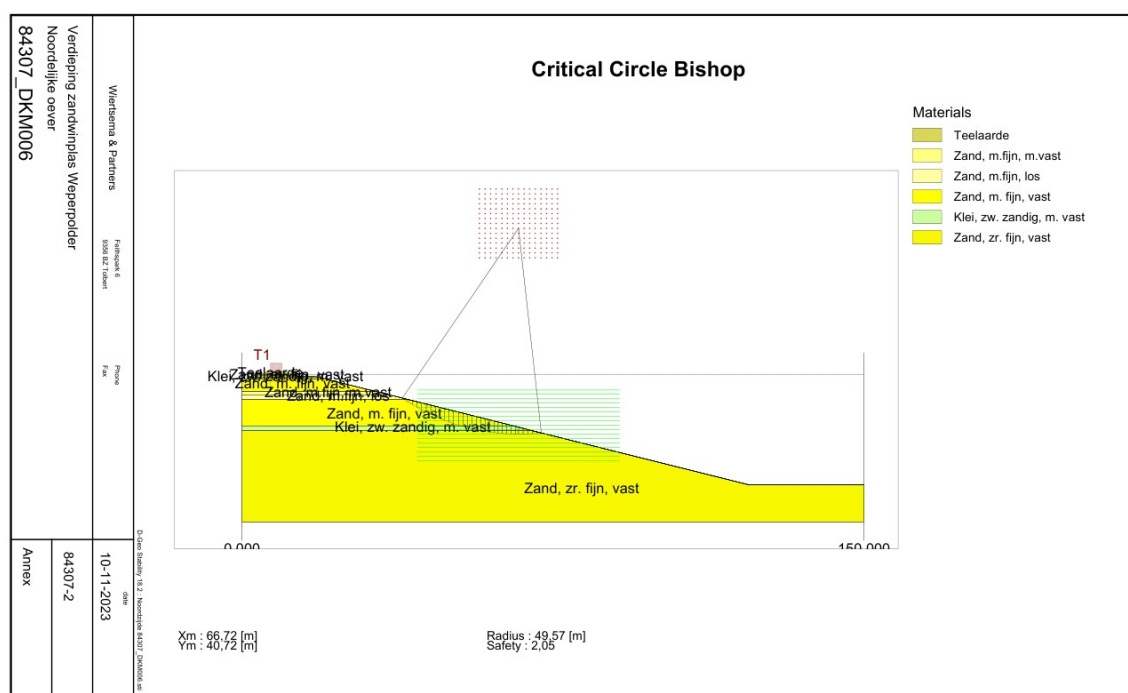
Figuur 3 Stabiliteit westelijke oever hoog ($F_{min} = 1,32$)



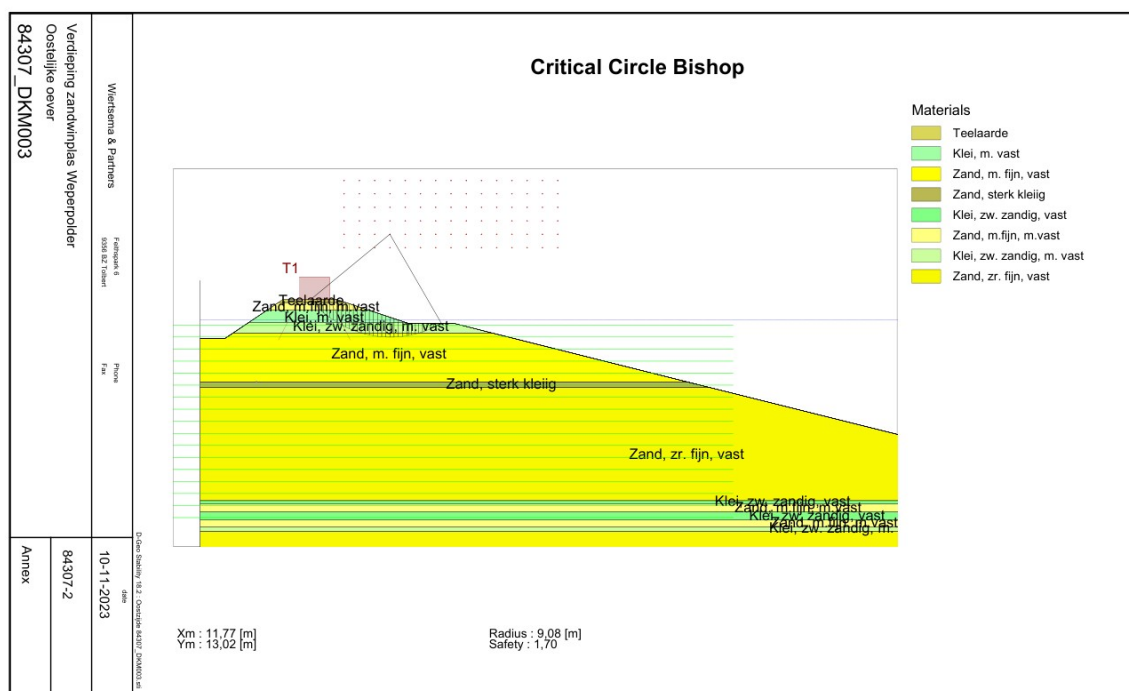
Figuur 4 Stabiliteit westelijke oever diep ($F_{min} = 1,64$)



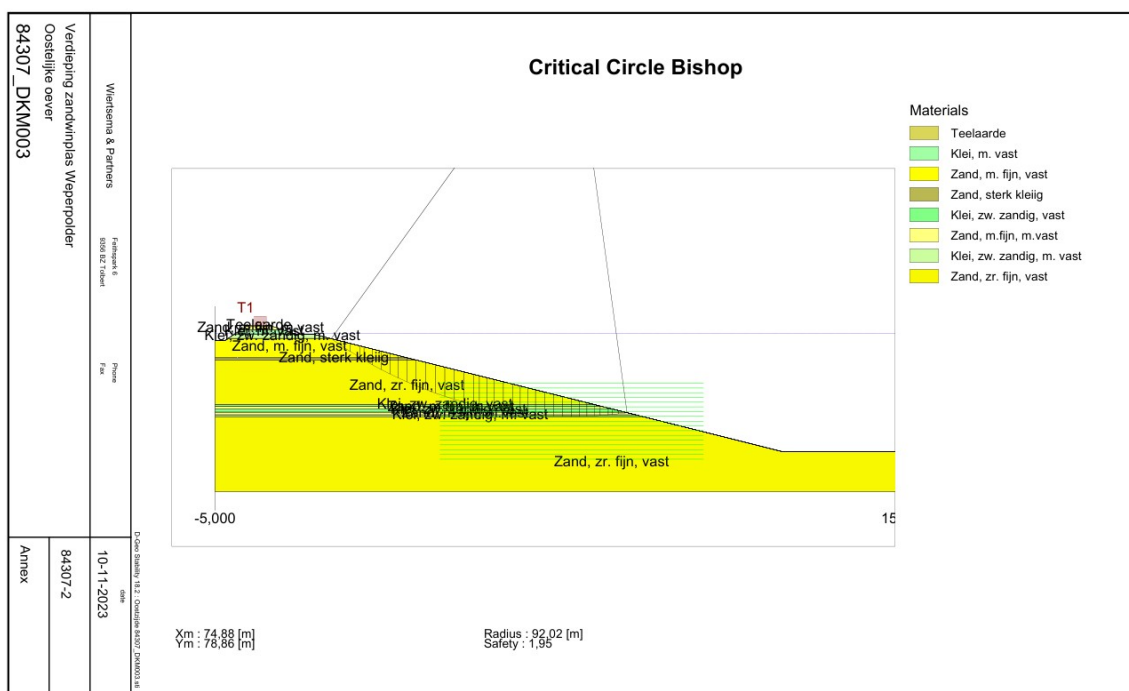
Figuur 5 Stabiliteit noordelijke oever hoog ($F_{min} = 1,43$)



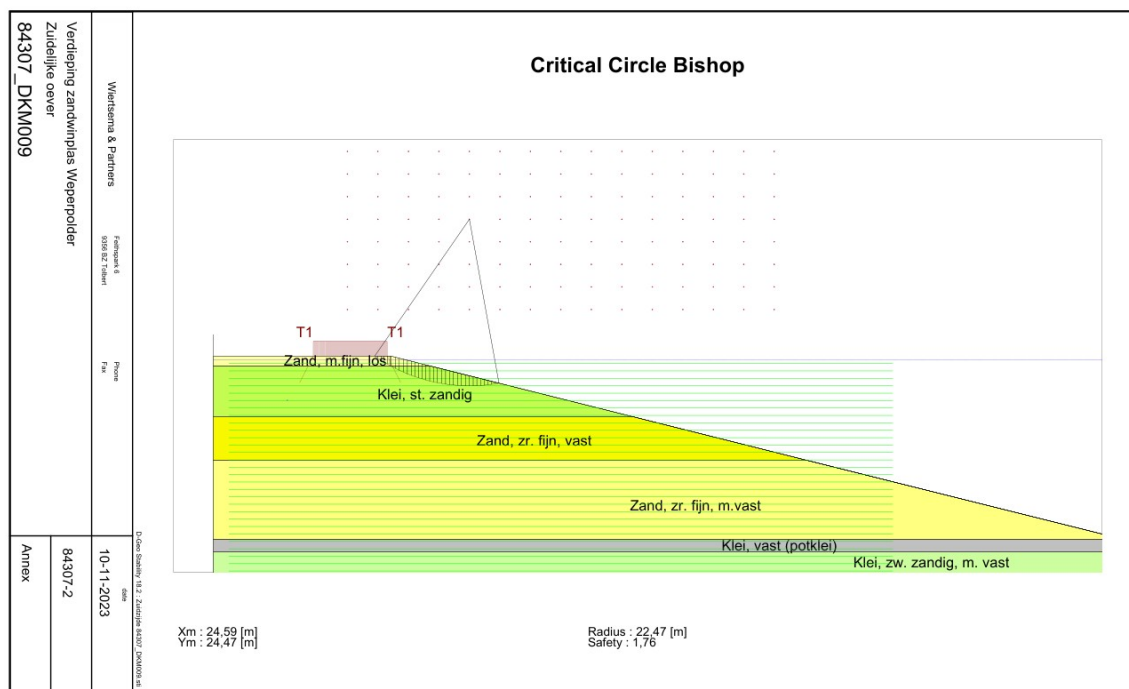
Figuur 6 Stabiliteit noordelijke oever diep ($F_{min} = 2,05$)



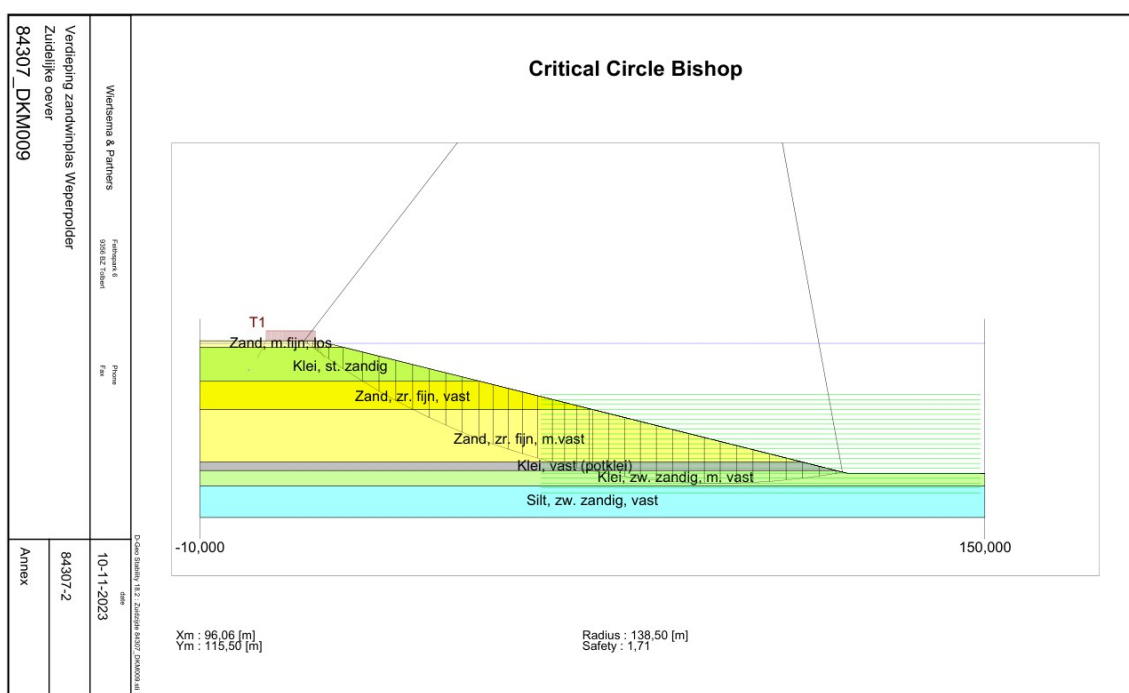
Figuur 7 Stabiliteit oostelijke oever hoog ($F_{min} = 1,70$)



Figuur 8 Stabiliteit oostelijke oever diep ($F_{min} = 1,95$)

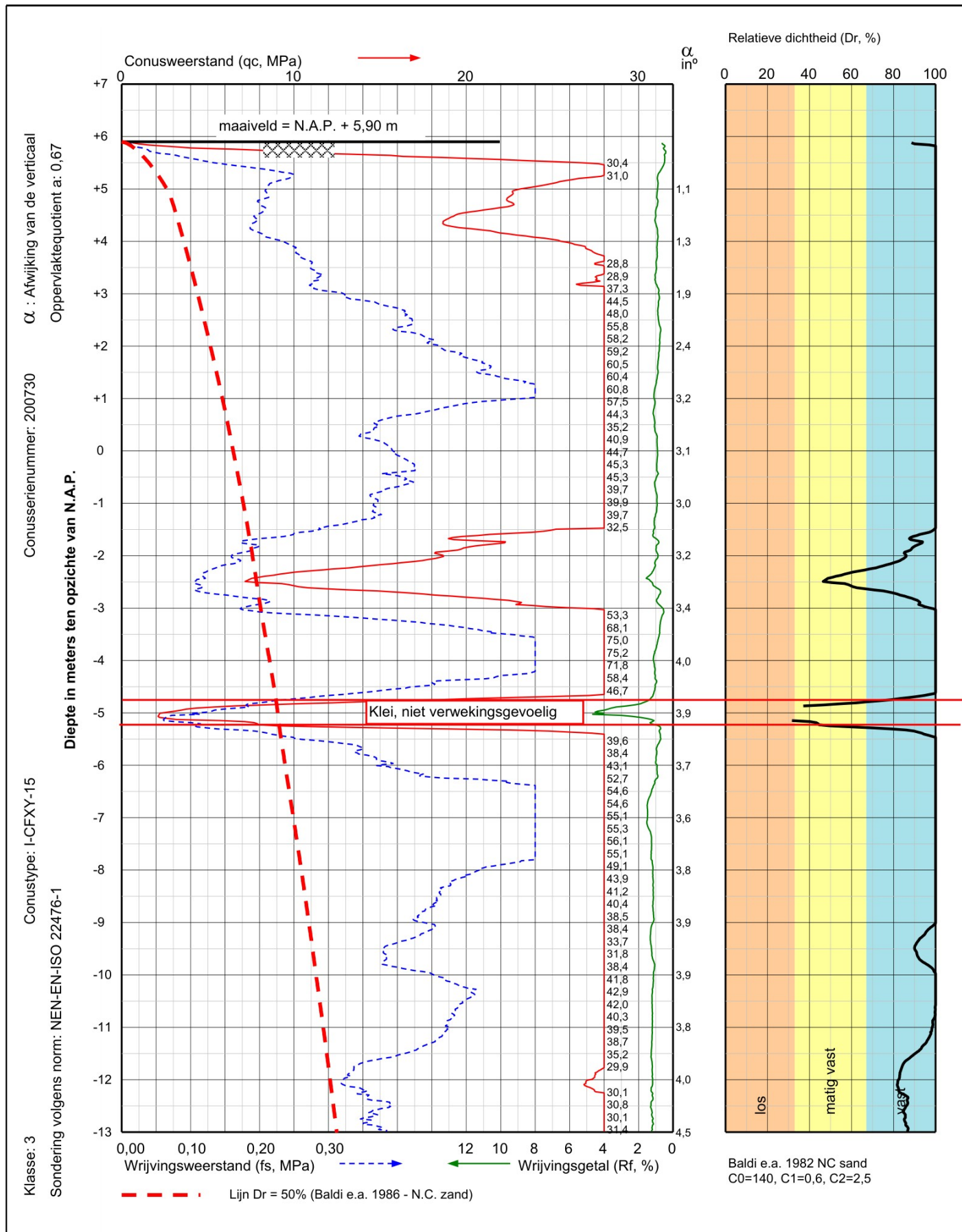


Figuur 9 Stabiliteit zuidelijke oever hoog ($F_{min} = 1,76$)



Figuur 10 Stabiliteit zuidelijke oever diep ($F_{min} = 1,71$)

Bijlage 4



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM001

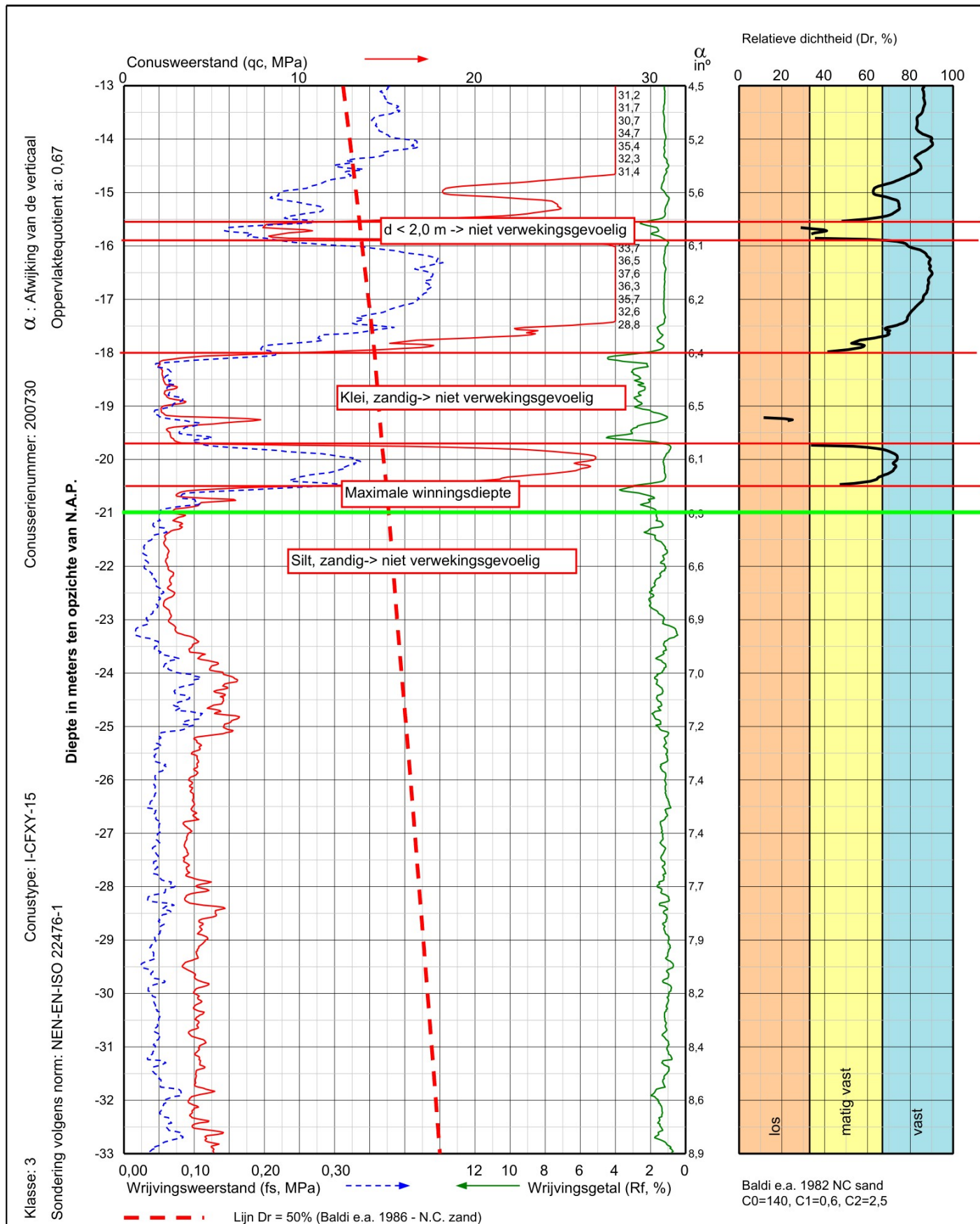
X = 219.898

Y = 561.077

Blad: 1 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 7-7-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM001

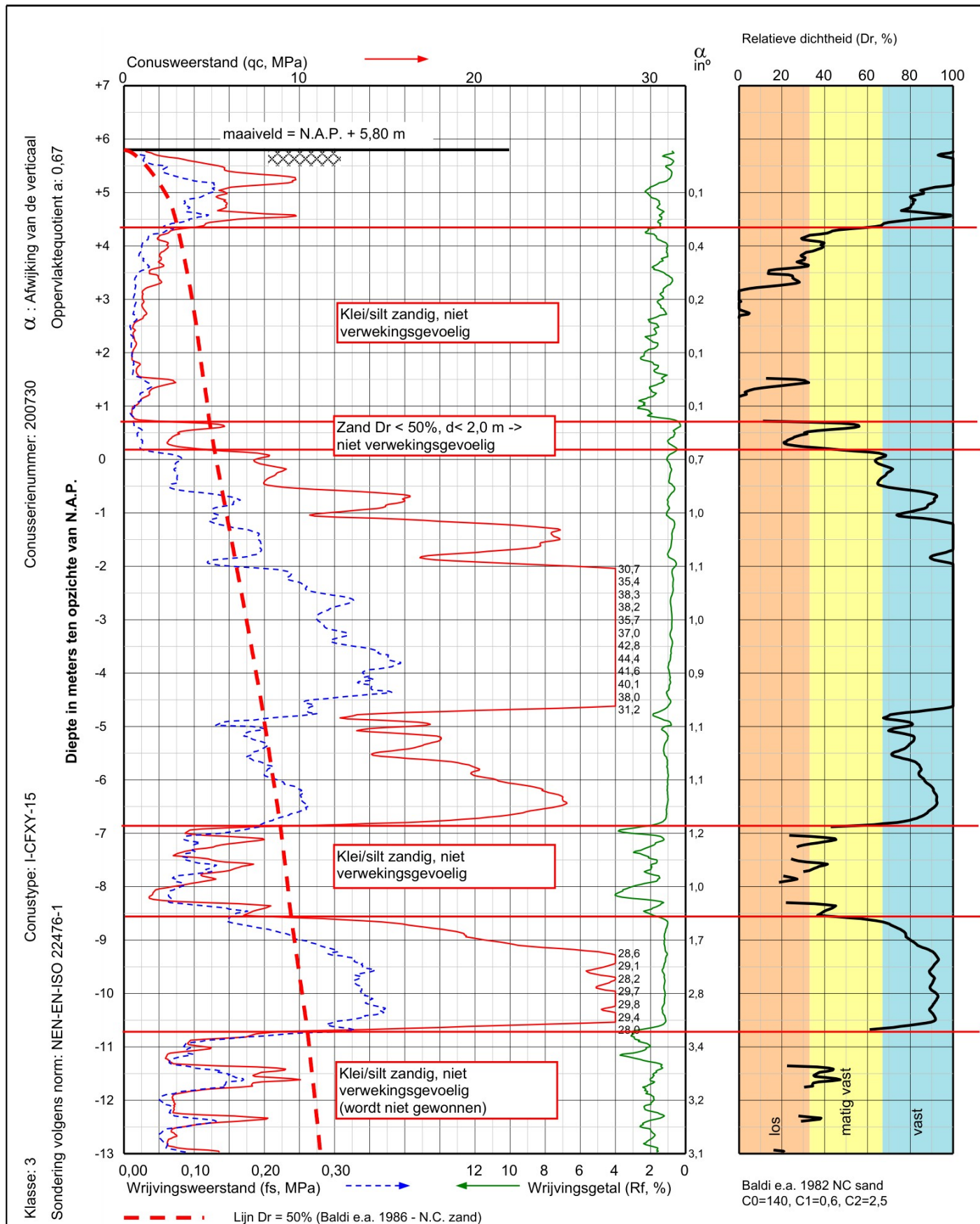
X = 219.898

Y = 561.077

Blad: 2 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 7-7-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM002

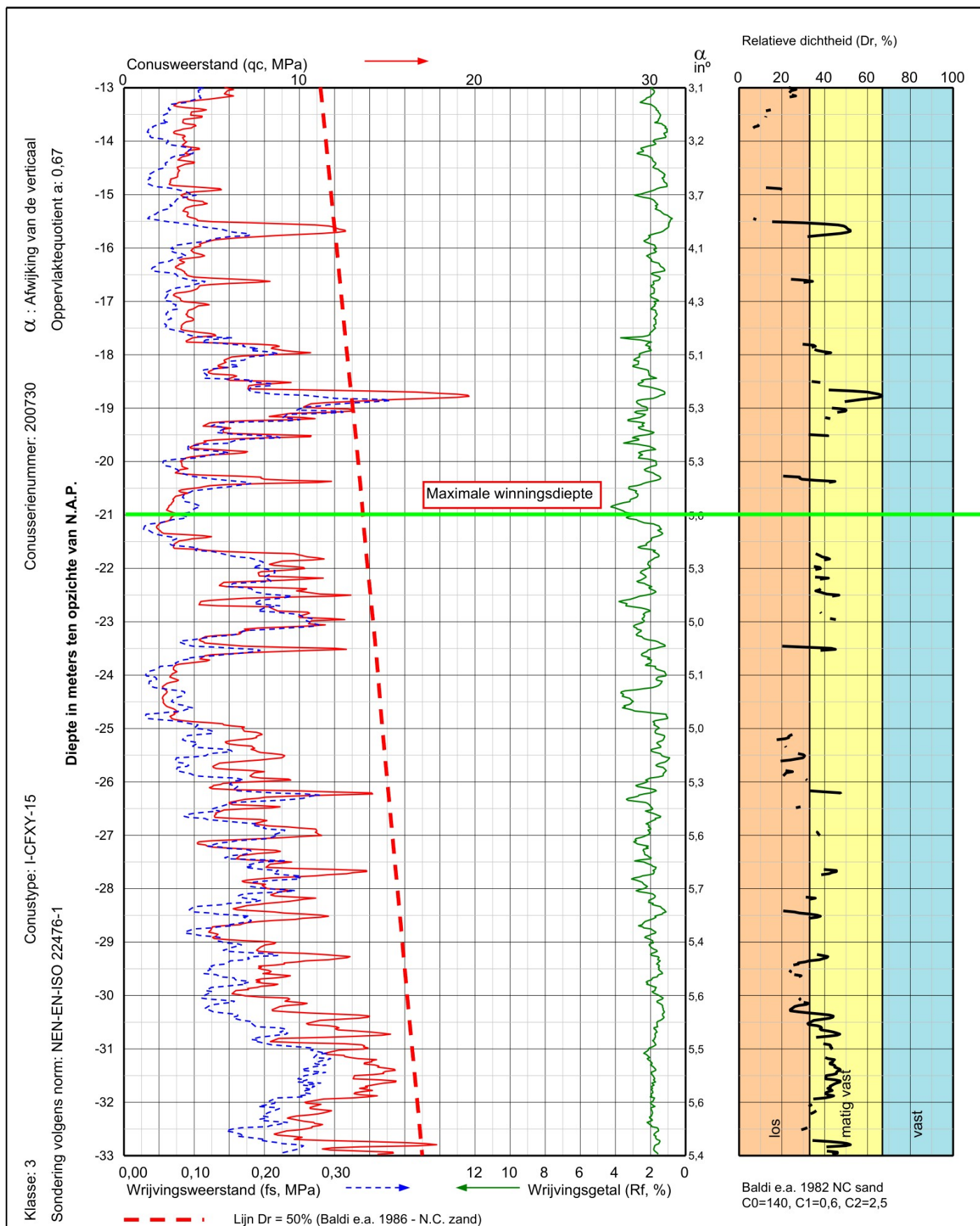
X = 220.139

Y = 561.126

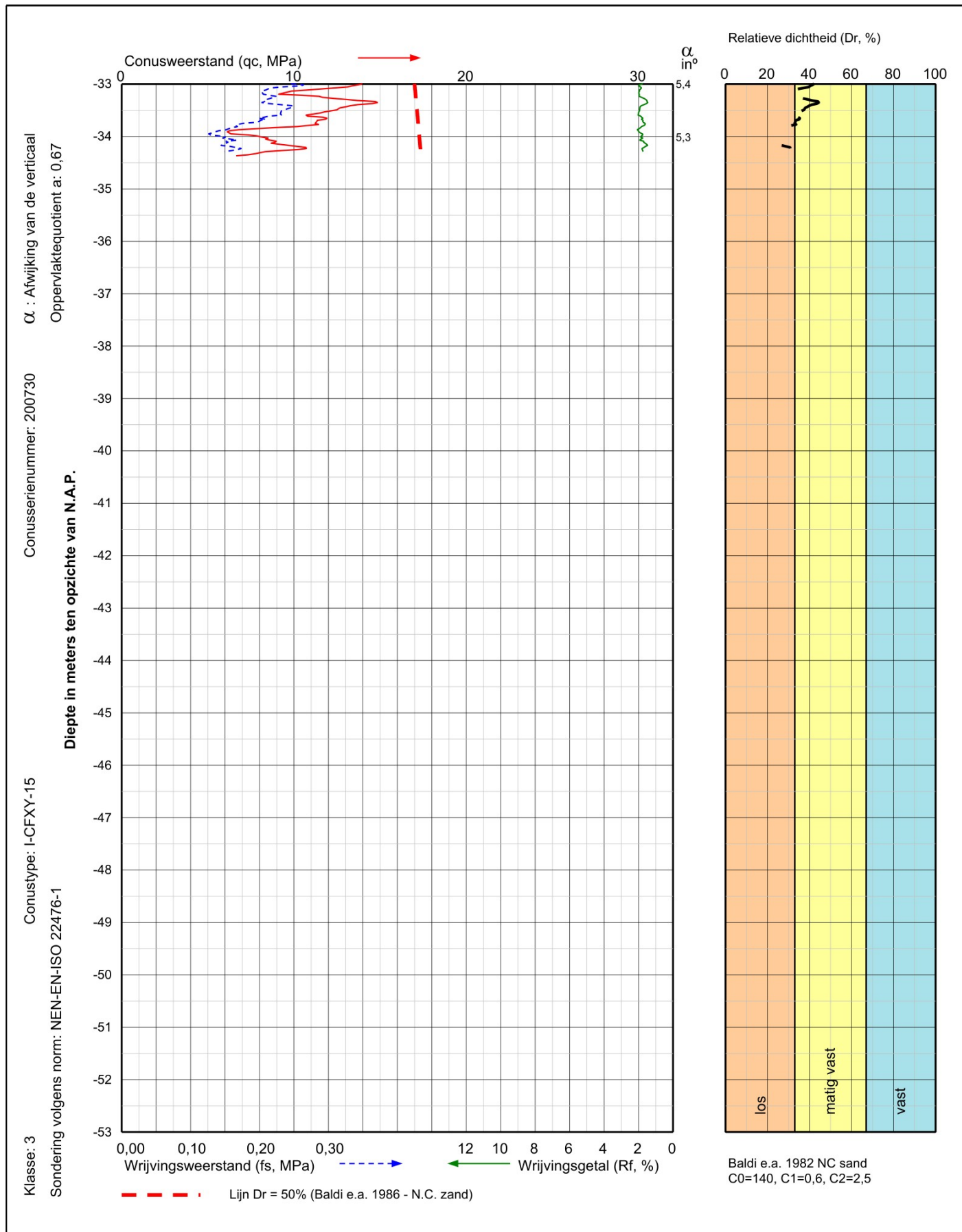
Blad: 1 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

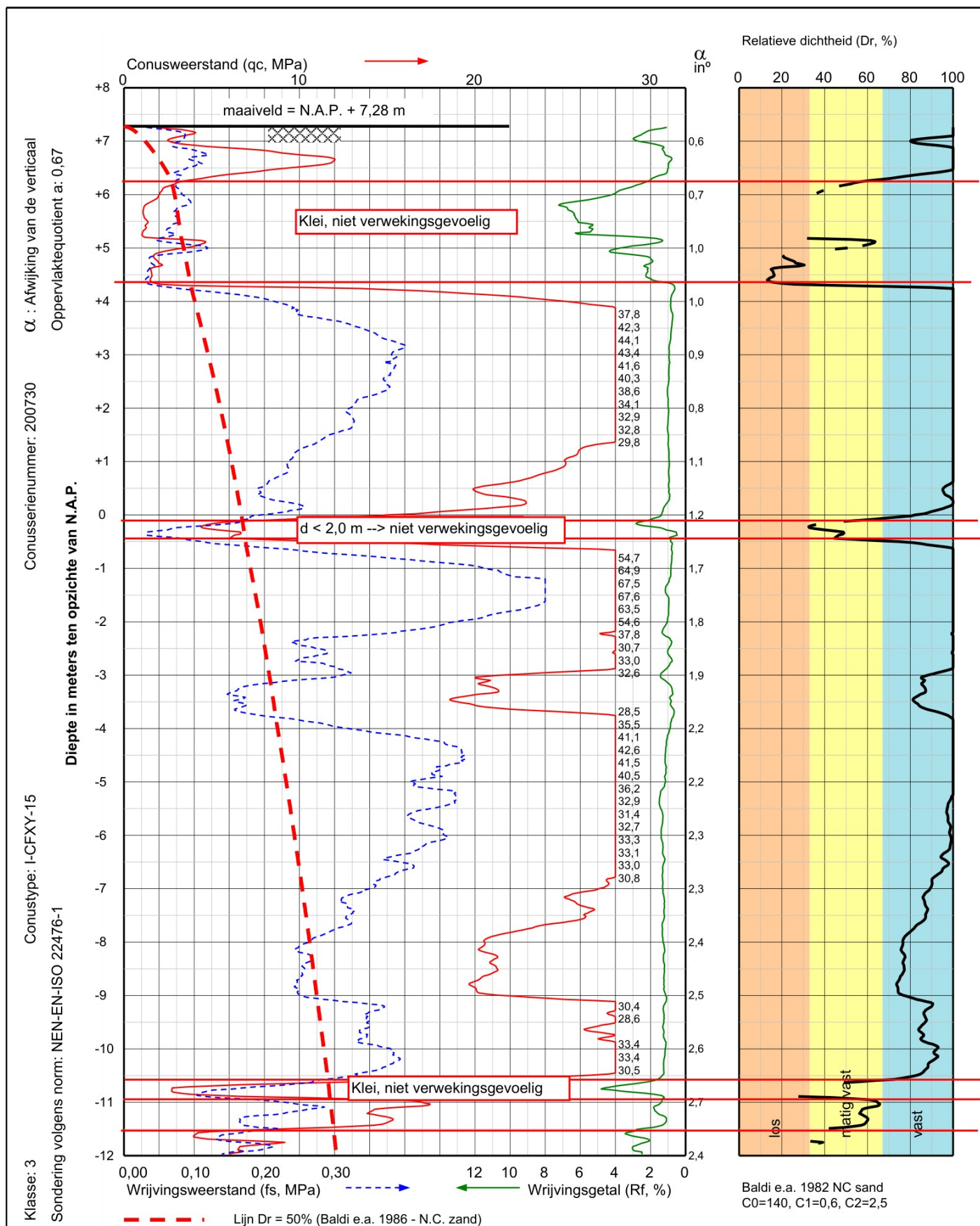
Datum: 7-7-2023

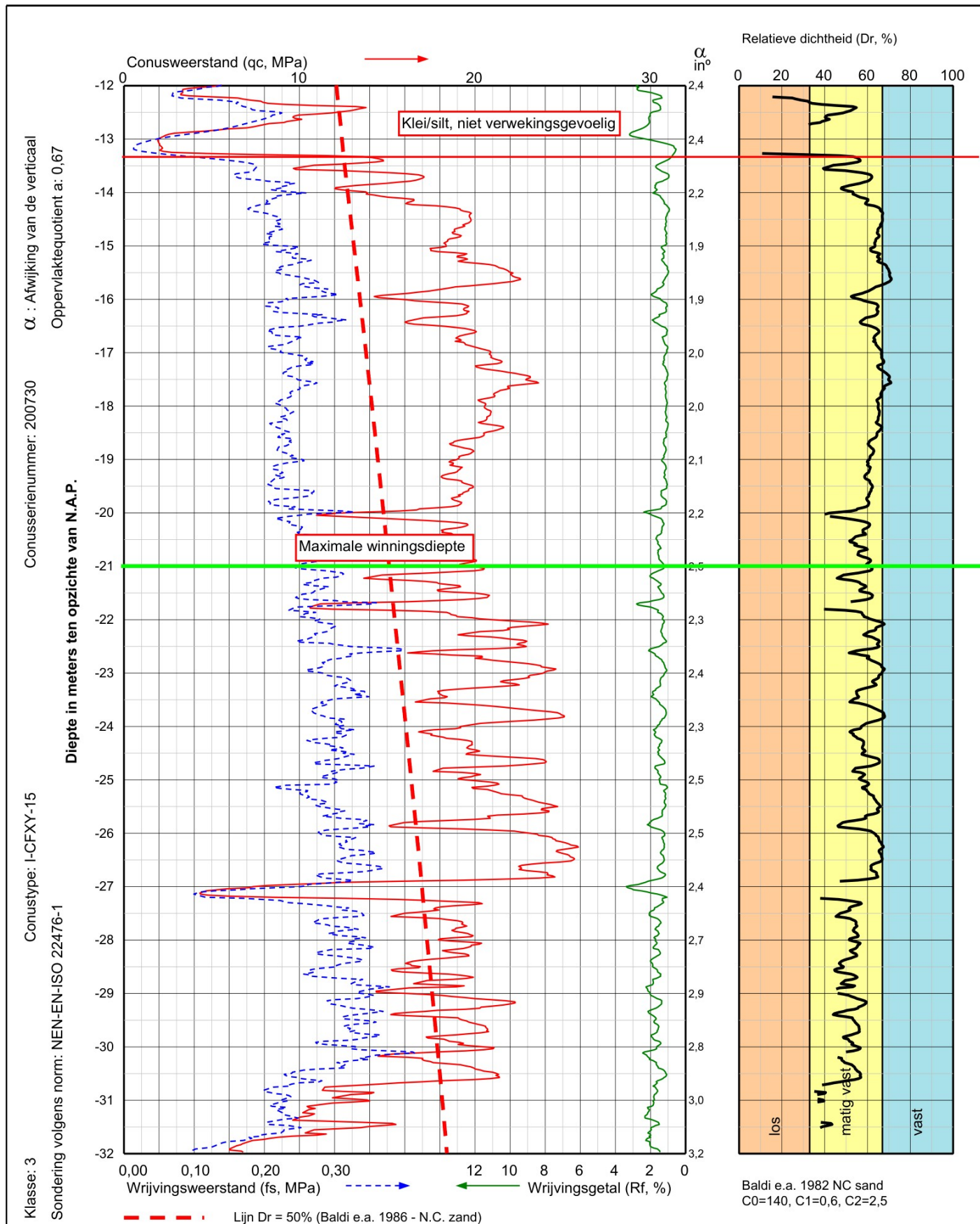


Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM002	
	X = 220.139	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 561.126		
	Blad: 2 van 3	Datum: 7-7-2023	

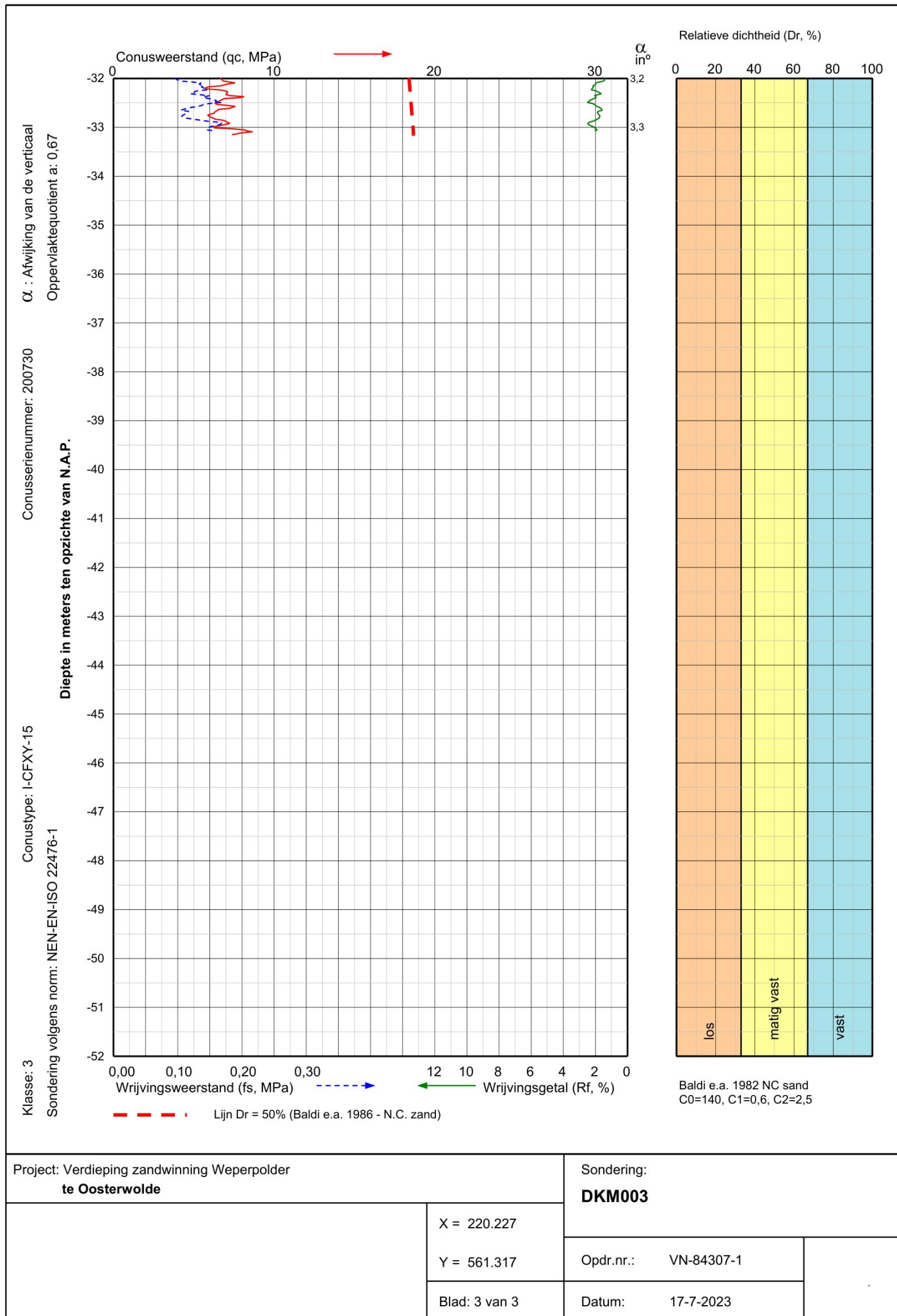


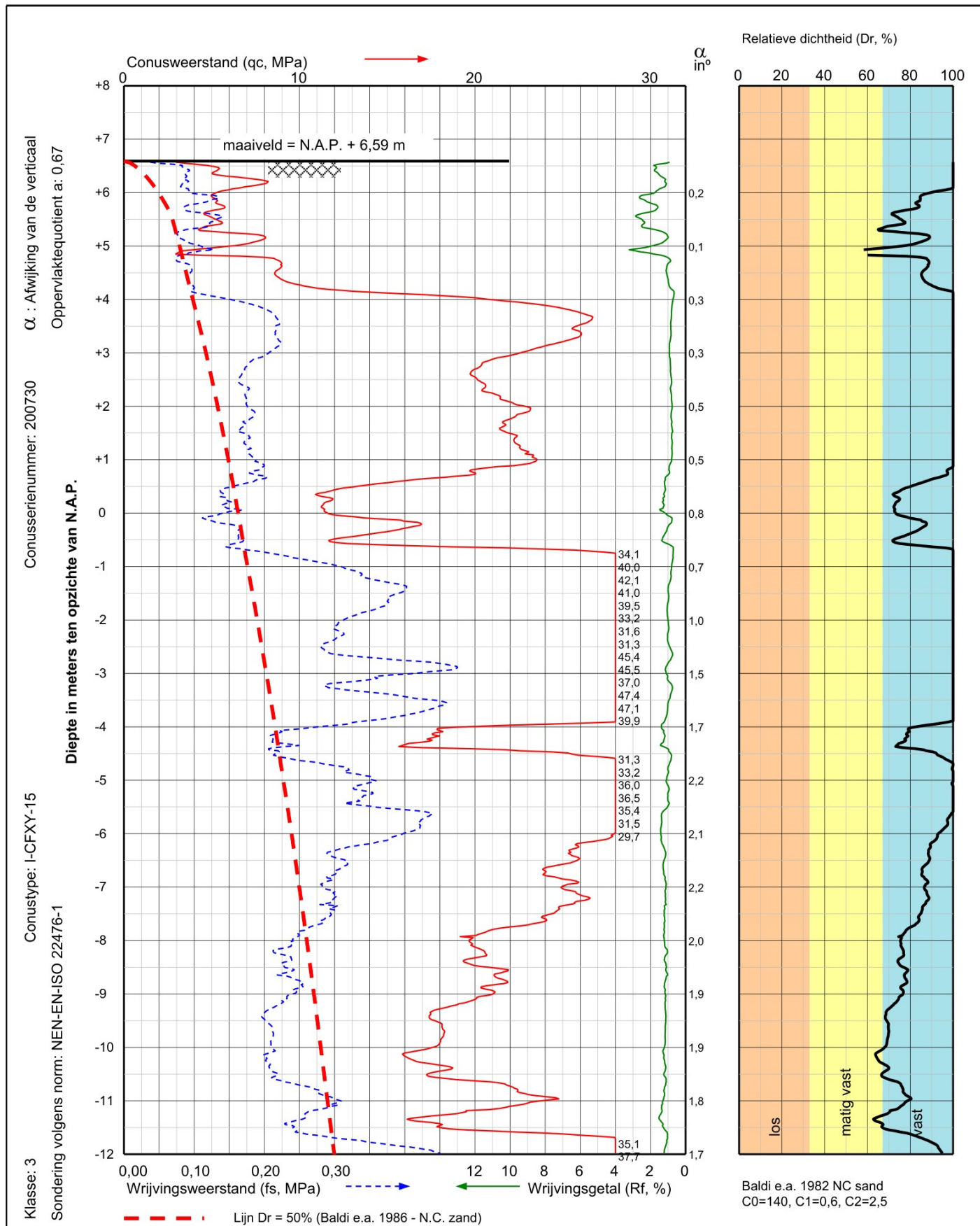
Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM002	
	X = 220.139	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 561.126	Datum: 7-7-2023	
	Blad: 3 van 3		



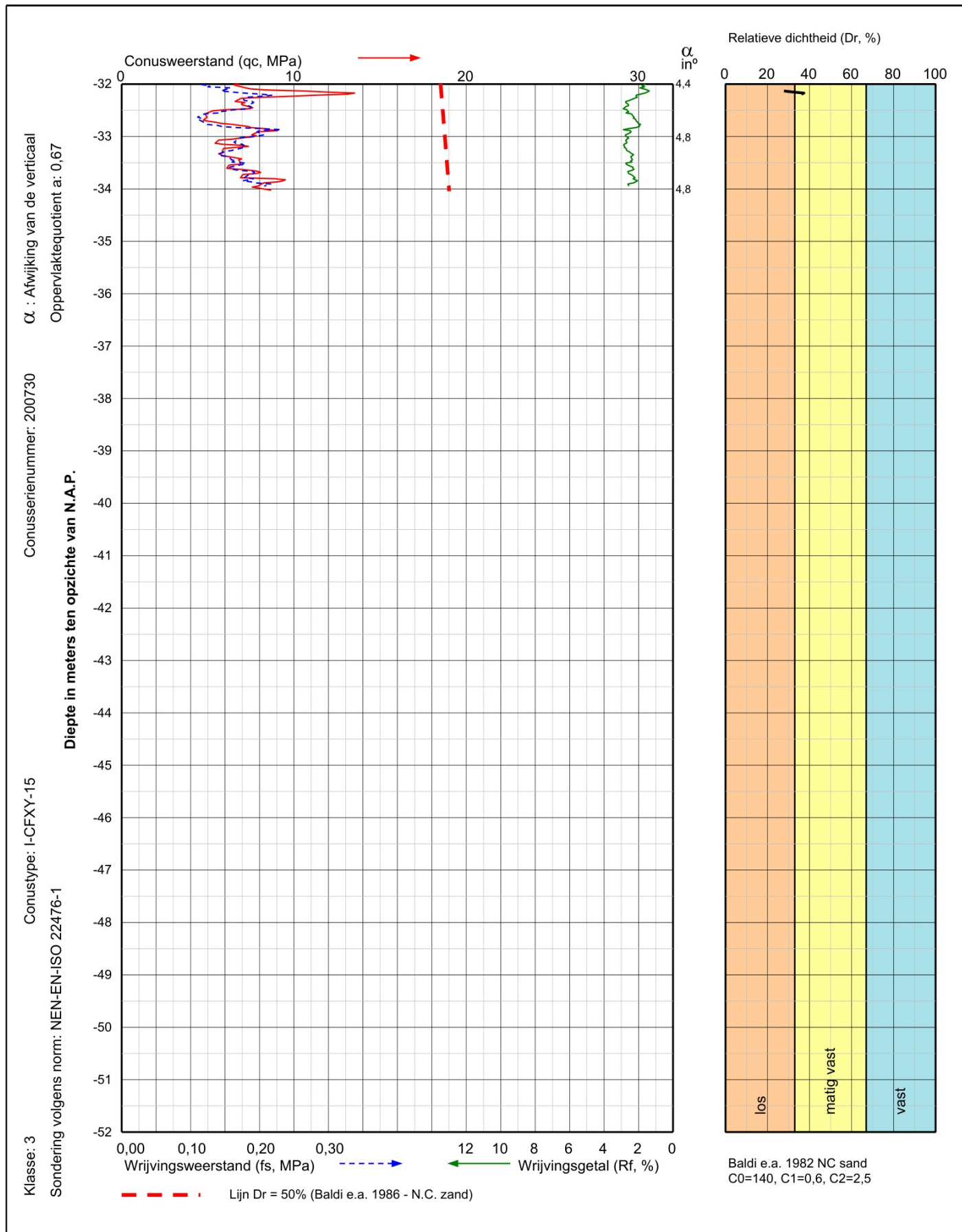


Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM003	
	X = 220.227	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 561.317		
	Blad: 2 van 3	Datum: 17-7-2023	

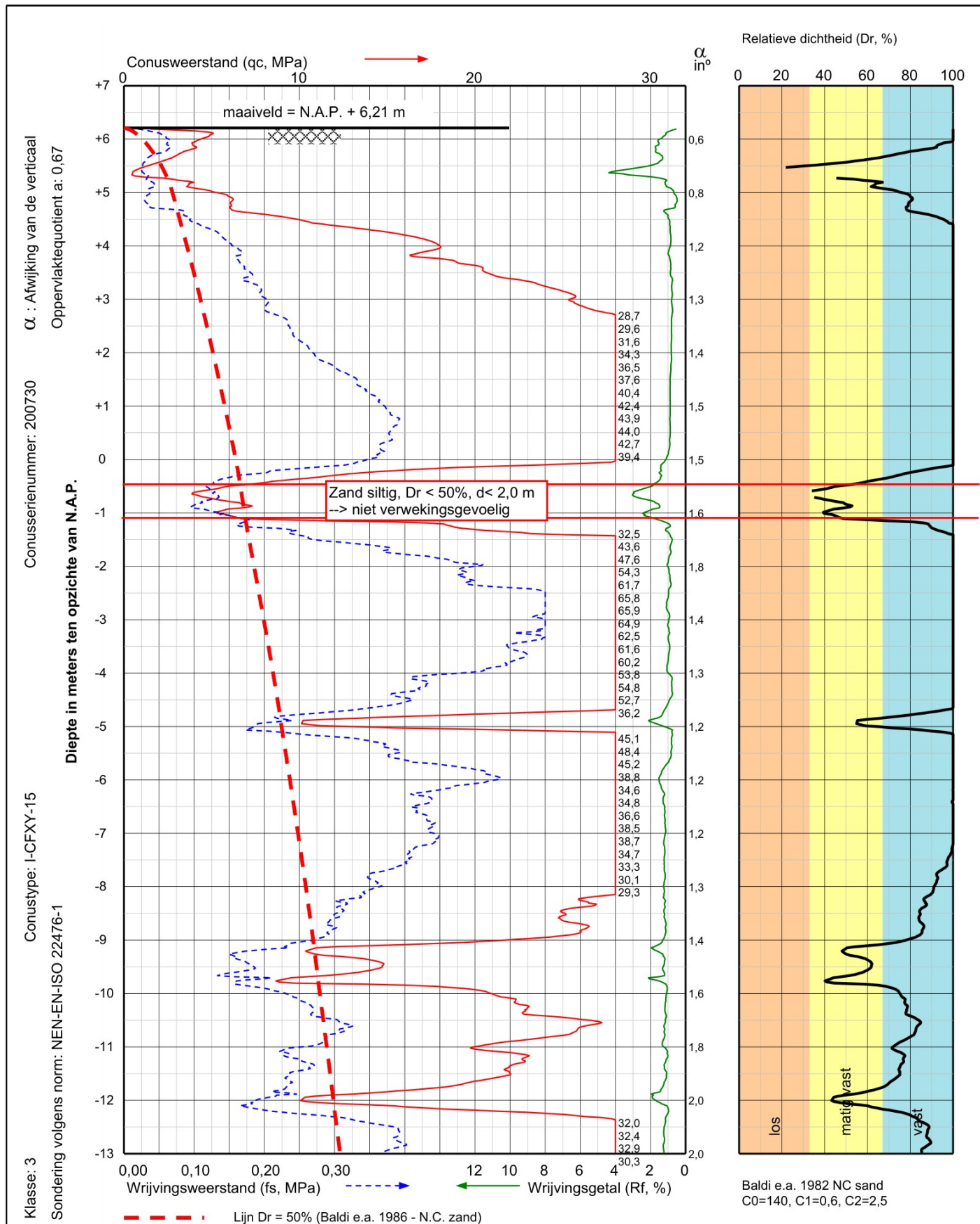




Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM004	
	X = 220.074	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 561.455		
	Blad: 1 van 3	Datum: 17-7-2023	



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM004	
	X = 220.074	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 561.455	Datum: 17-7-2023	
	Blad: 3 van 3		



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM005

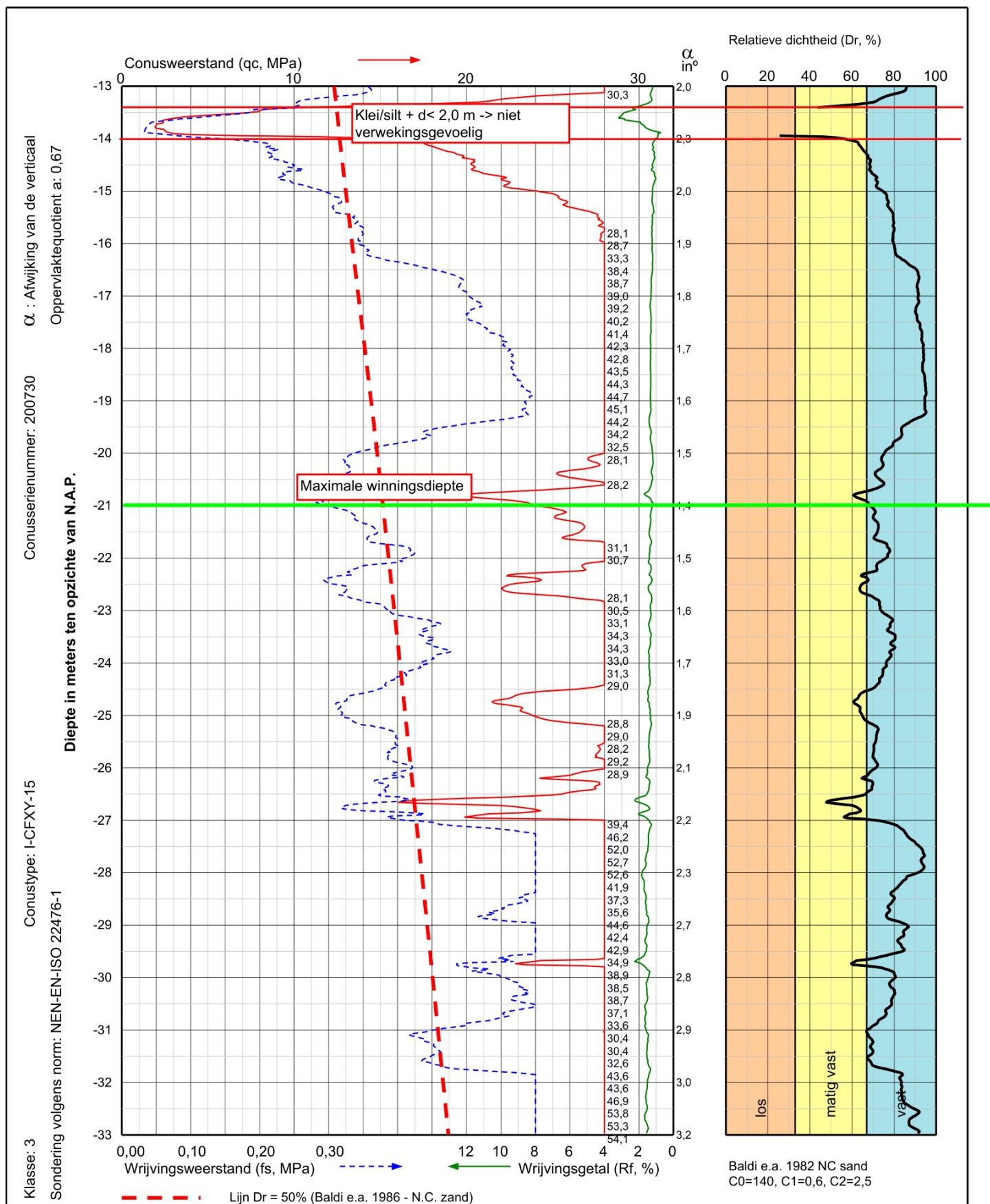
X = 219.838

Y = 561.442

Blad: 1 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 7-7-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM005

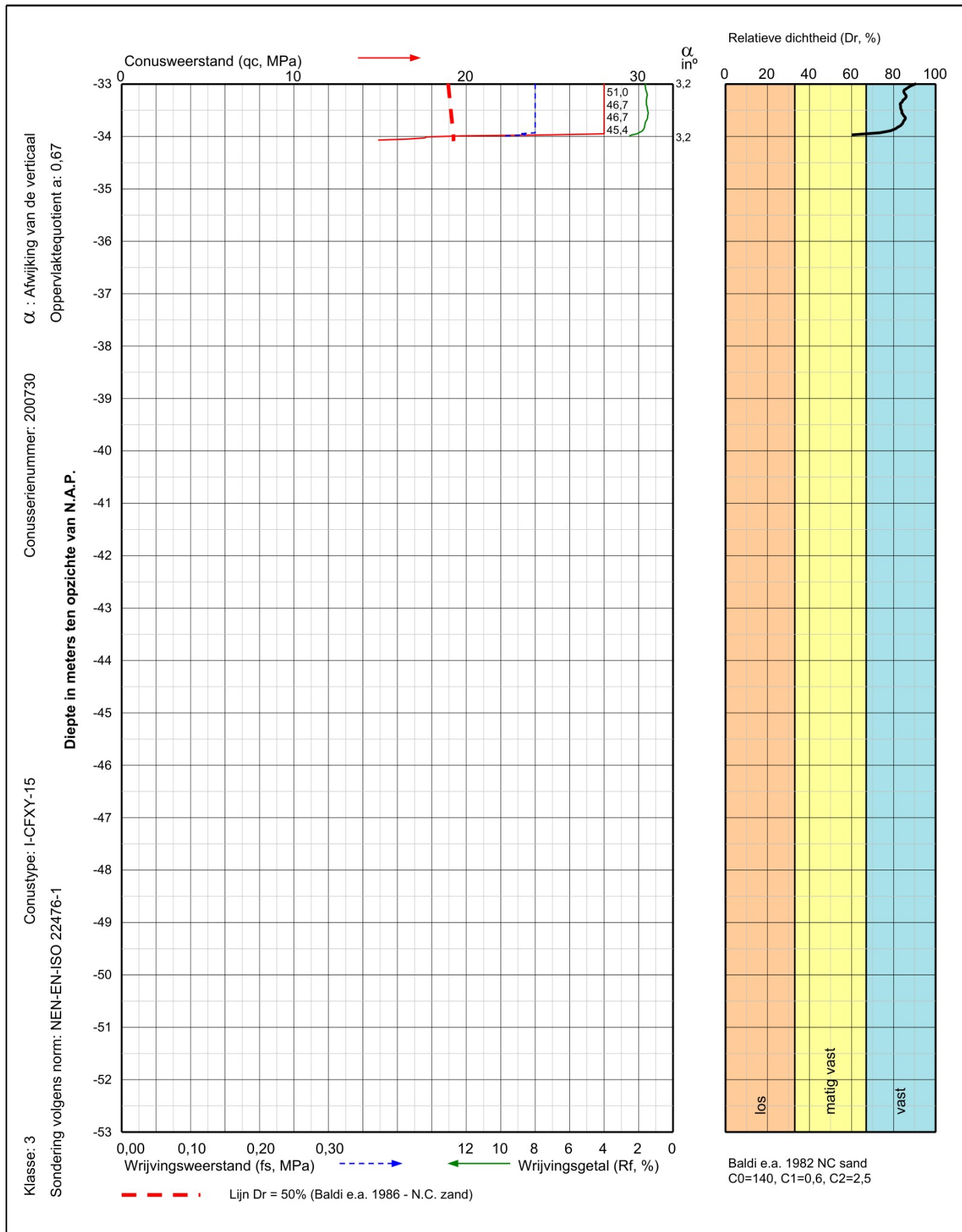
X = 219.838

Y = 561.442

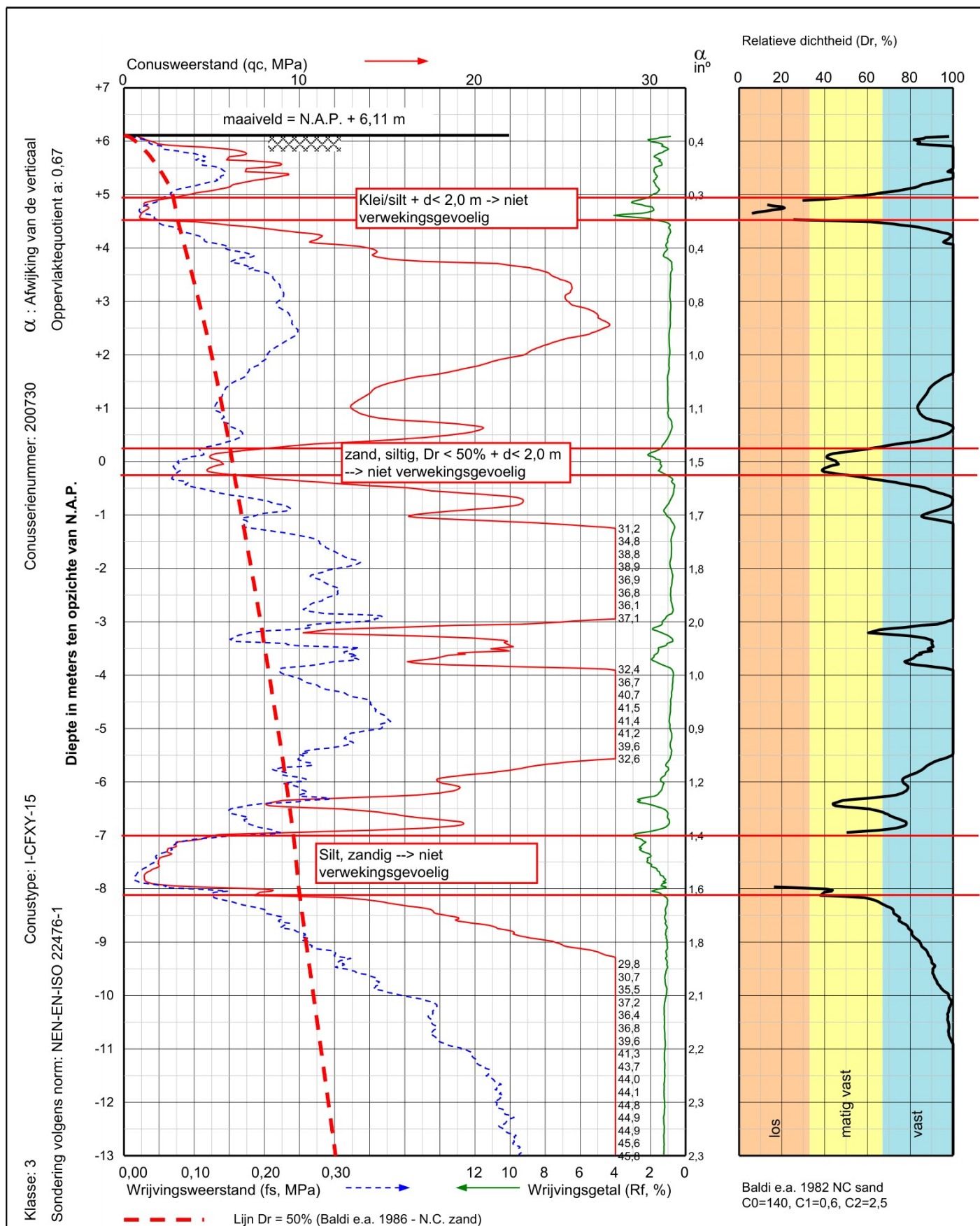
Blad: 2 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 7-7-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM005	
	X = 219.838	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 561.442		
	Blad: 3 van 3	Datum: 7-7-2023	



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM006

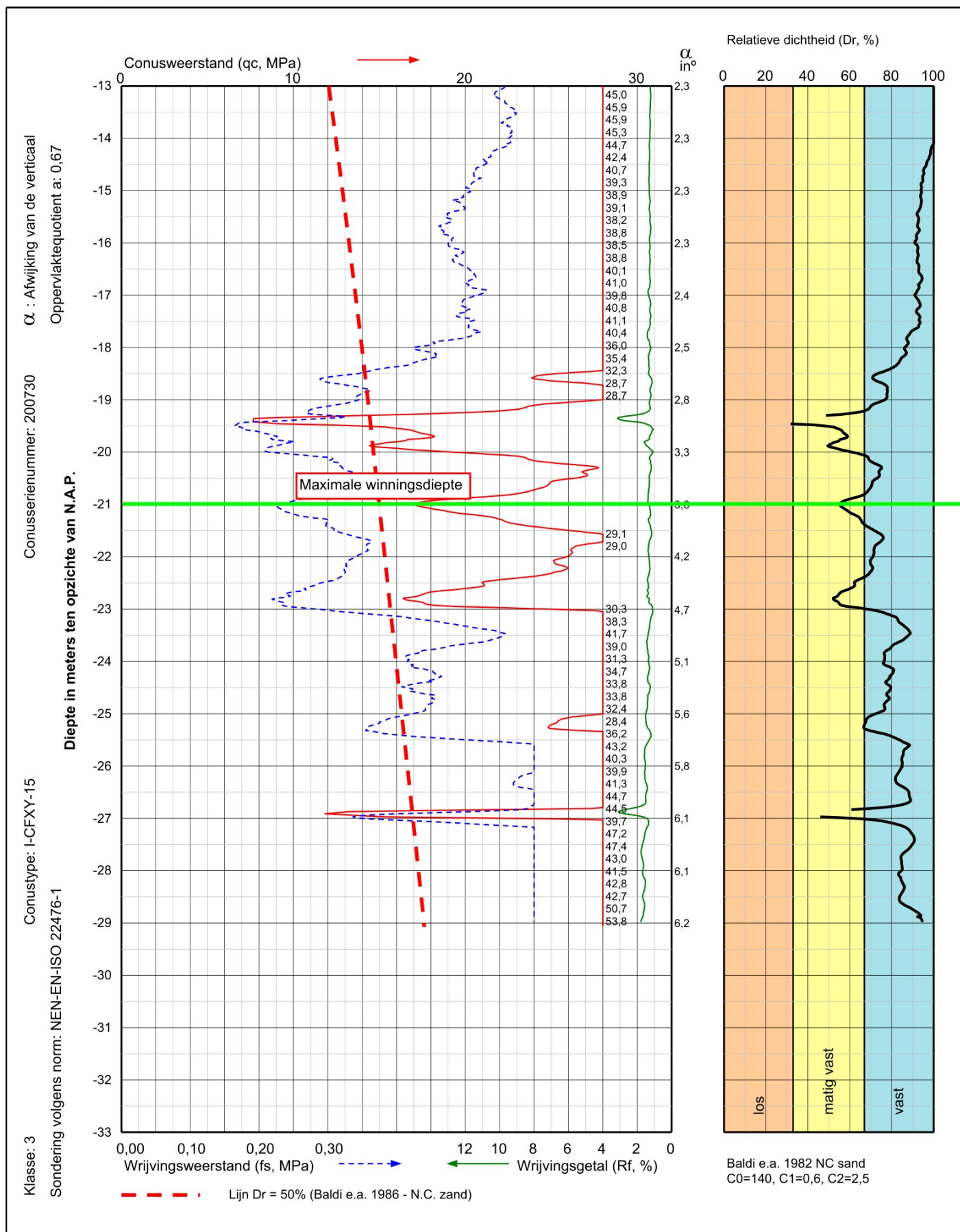
X = 219.607

Y = 561.366

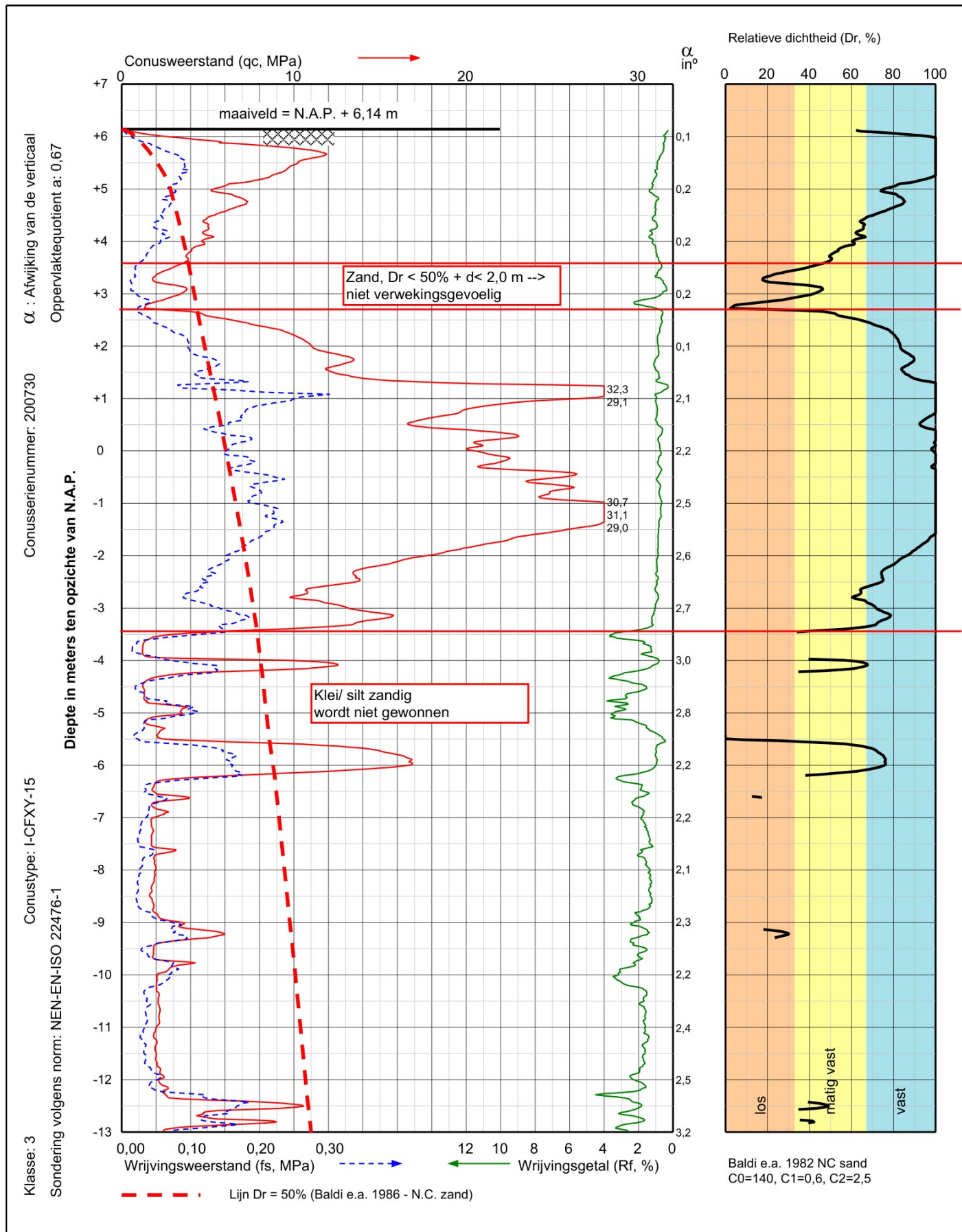
Blad: 1 van 2

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 7-7-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM006	
	X = 219.607	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 561.366		
	Blad: 2 van 2	Datum: 7-7-2023	



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM007

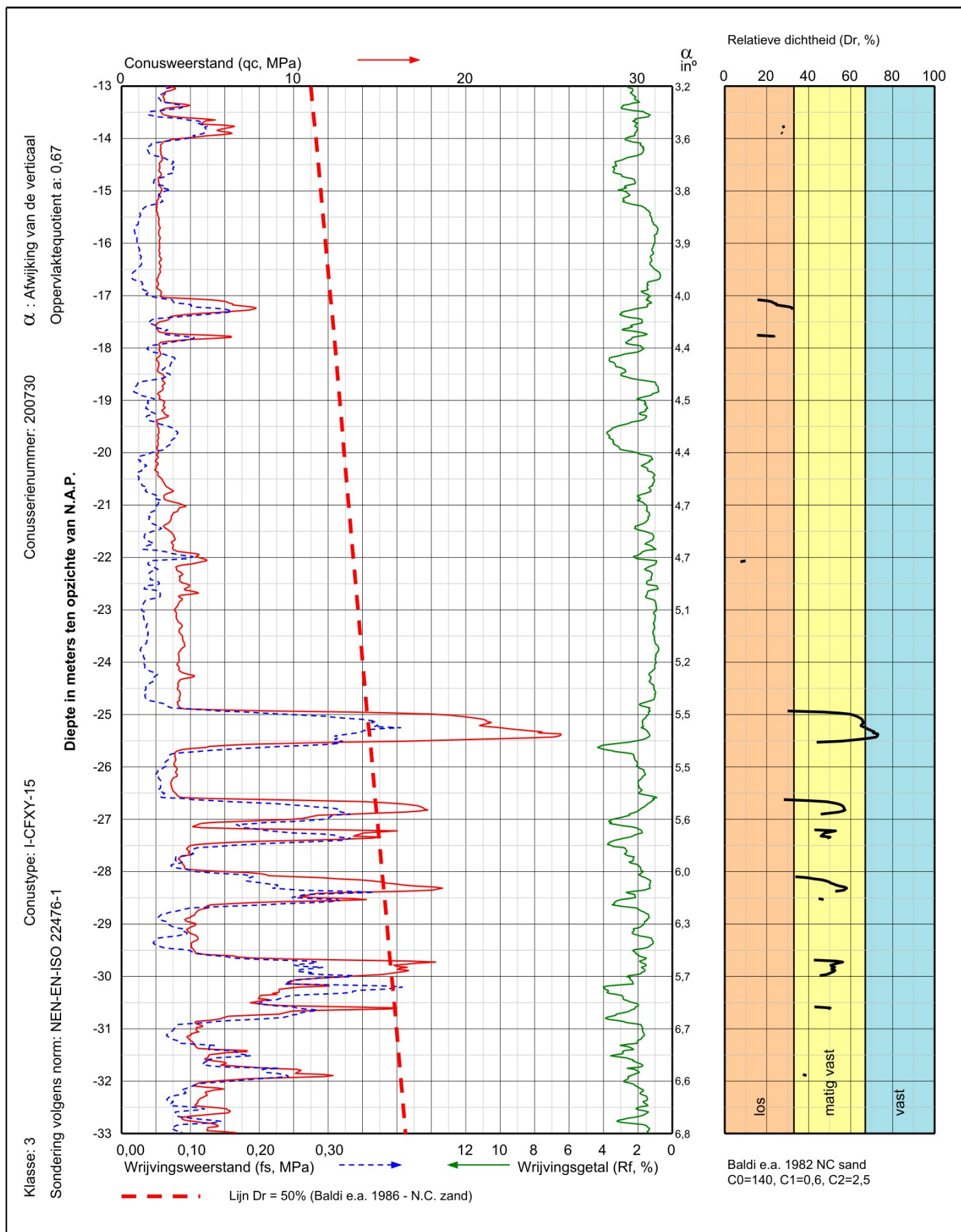
X = 219.436

Y = 561.214

Blad: 1 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 7-7-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM007

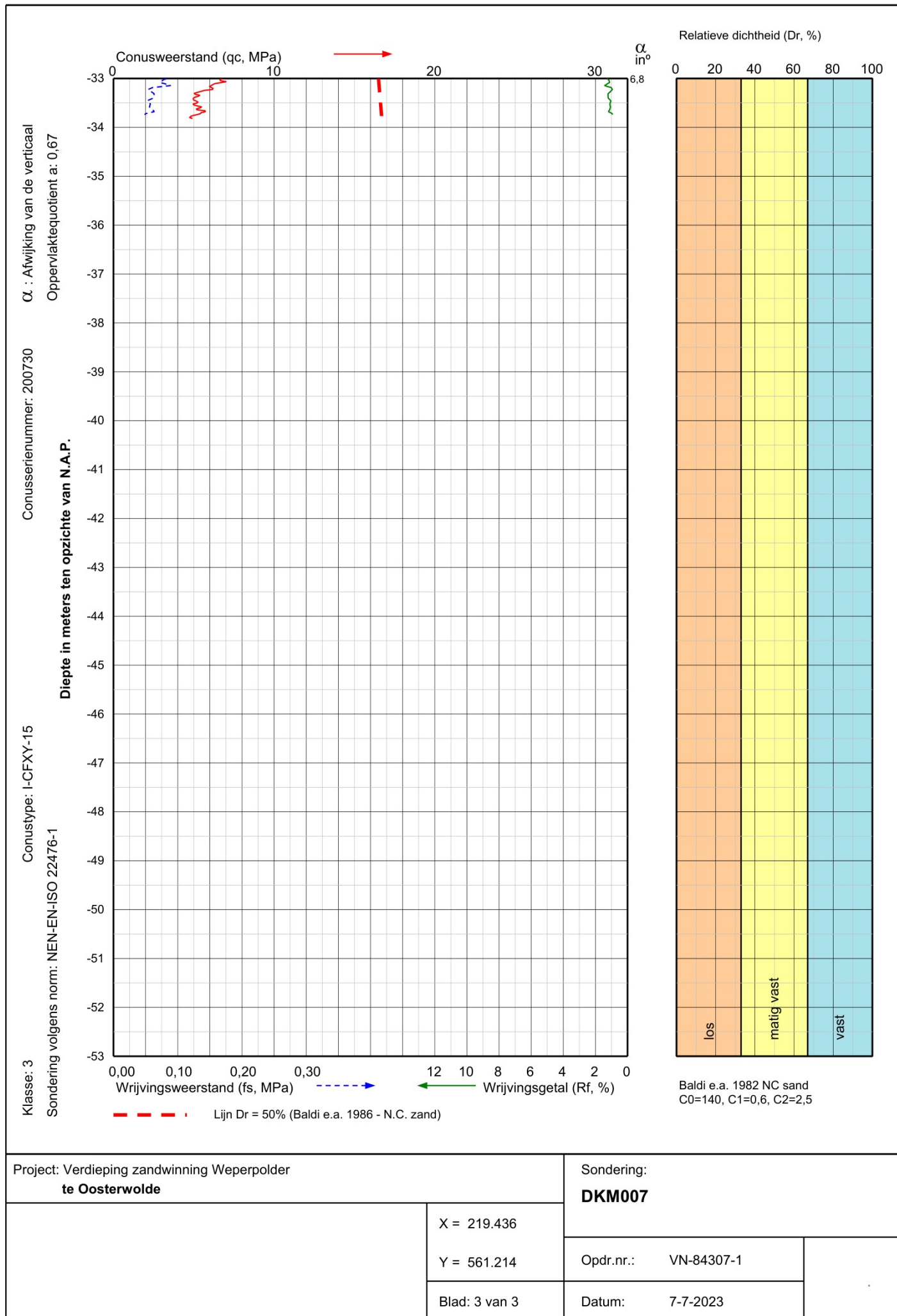
X = 219.436

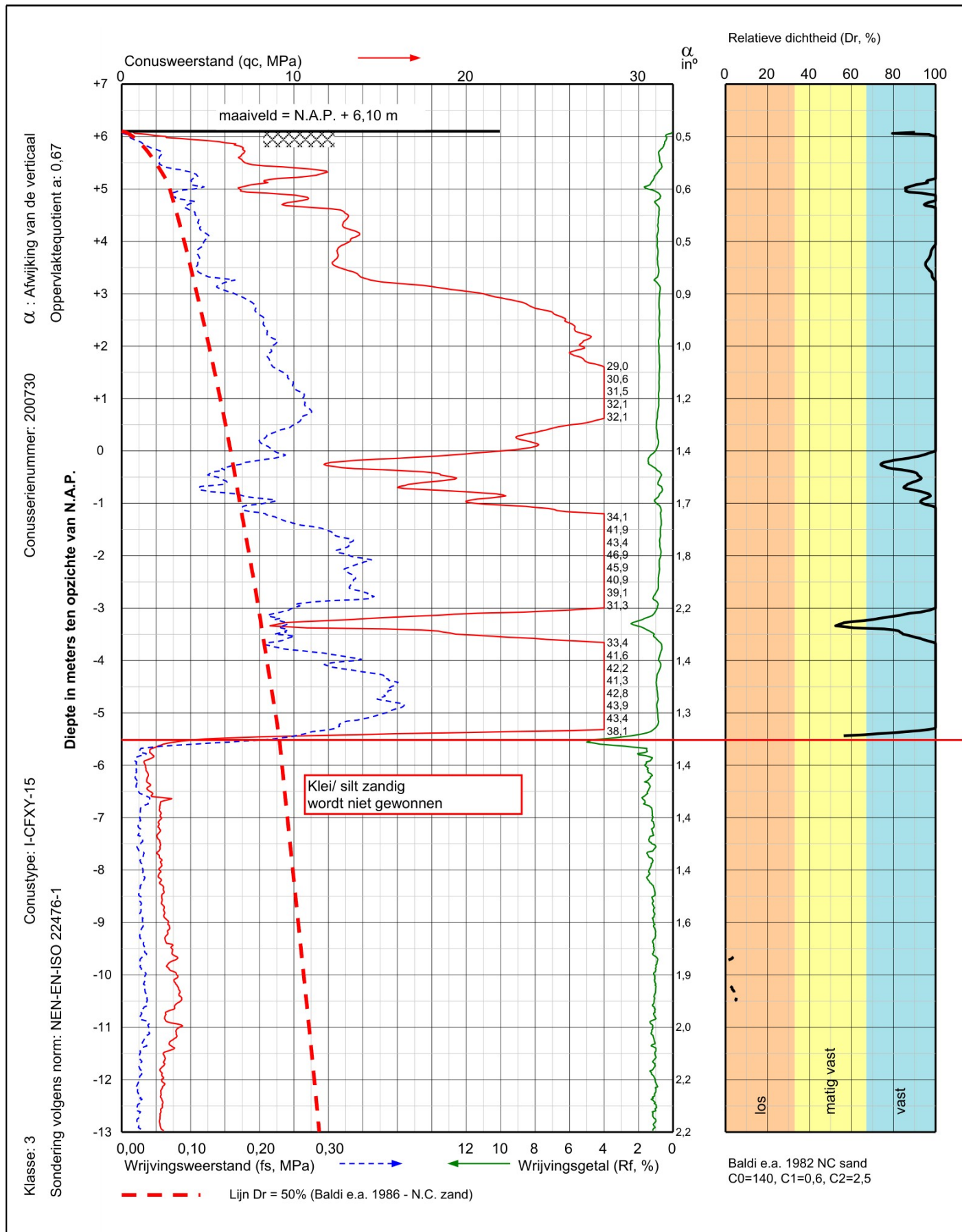
Y = 561.214

Blad: 2 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 7-7-2023





Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM008

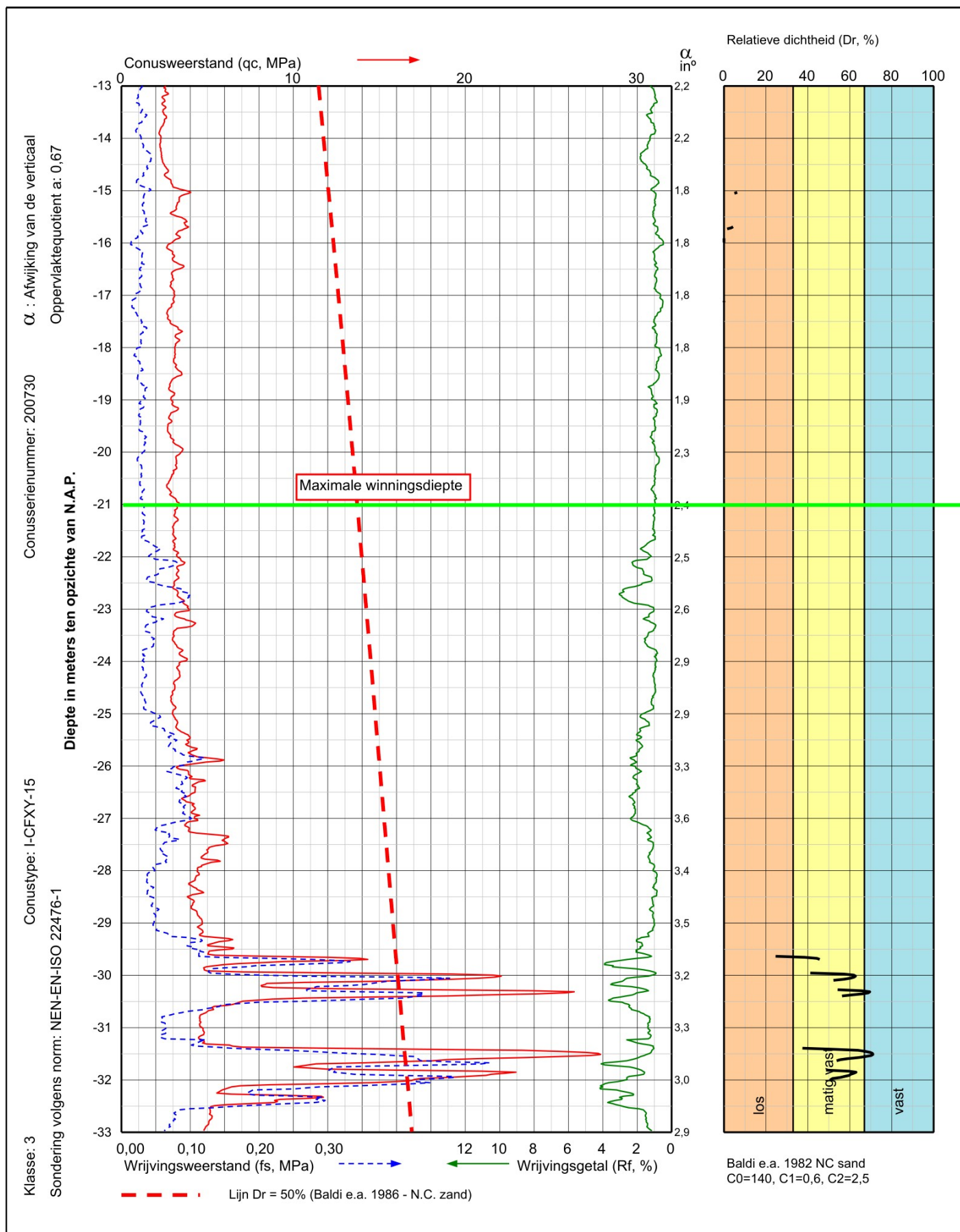
X = 219.614

Y = 561.050

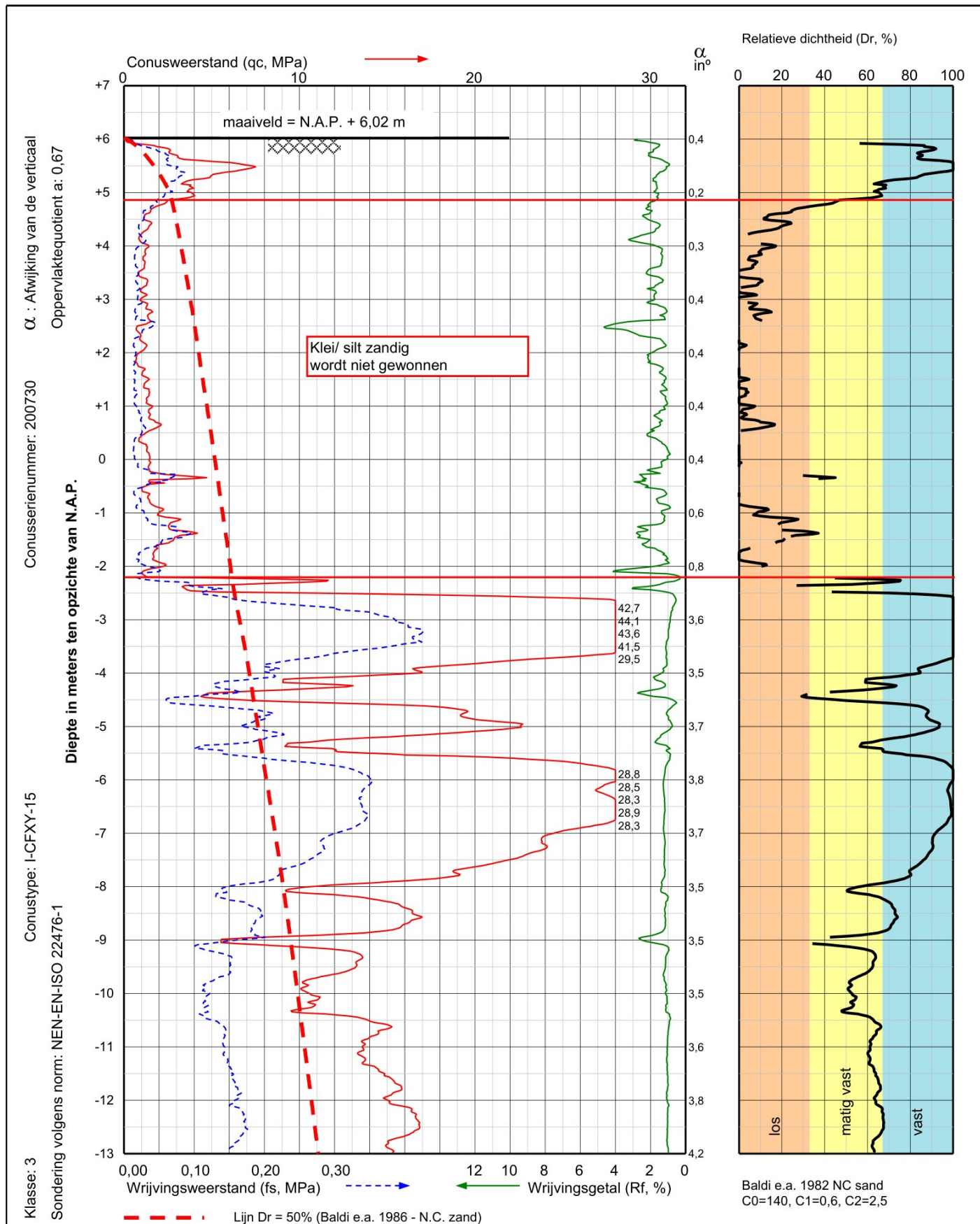
Blad: 1 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 7-7-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM008	
	X = 219.614	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 561.050		
	Blad: 2 van 3	Datum: 7-7-2023	



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM009

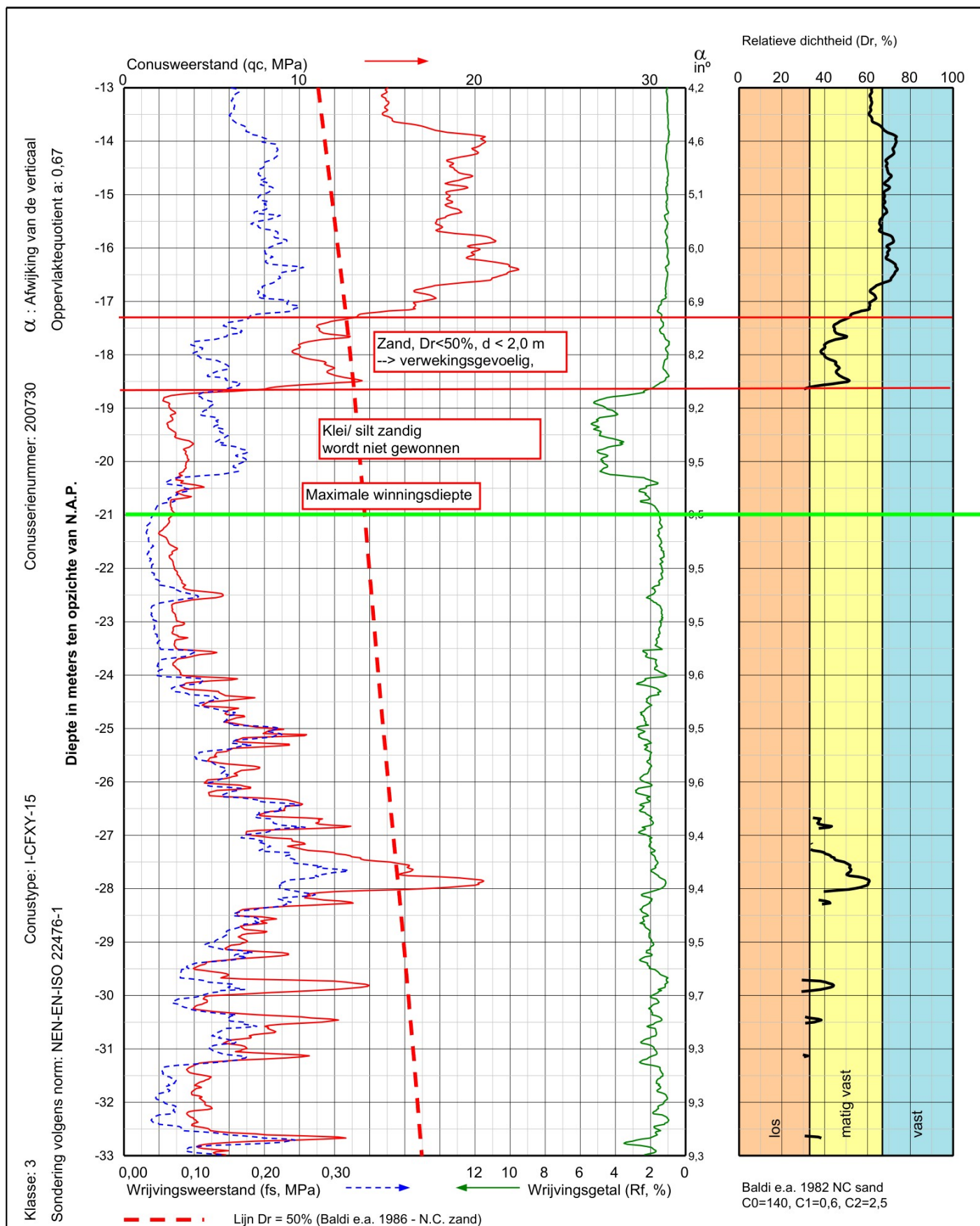
X = 220.079

Y = 561.070

Blad: 1 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 17-7-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM009

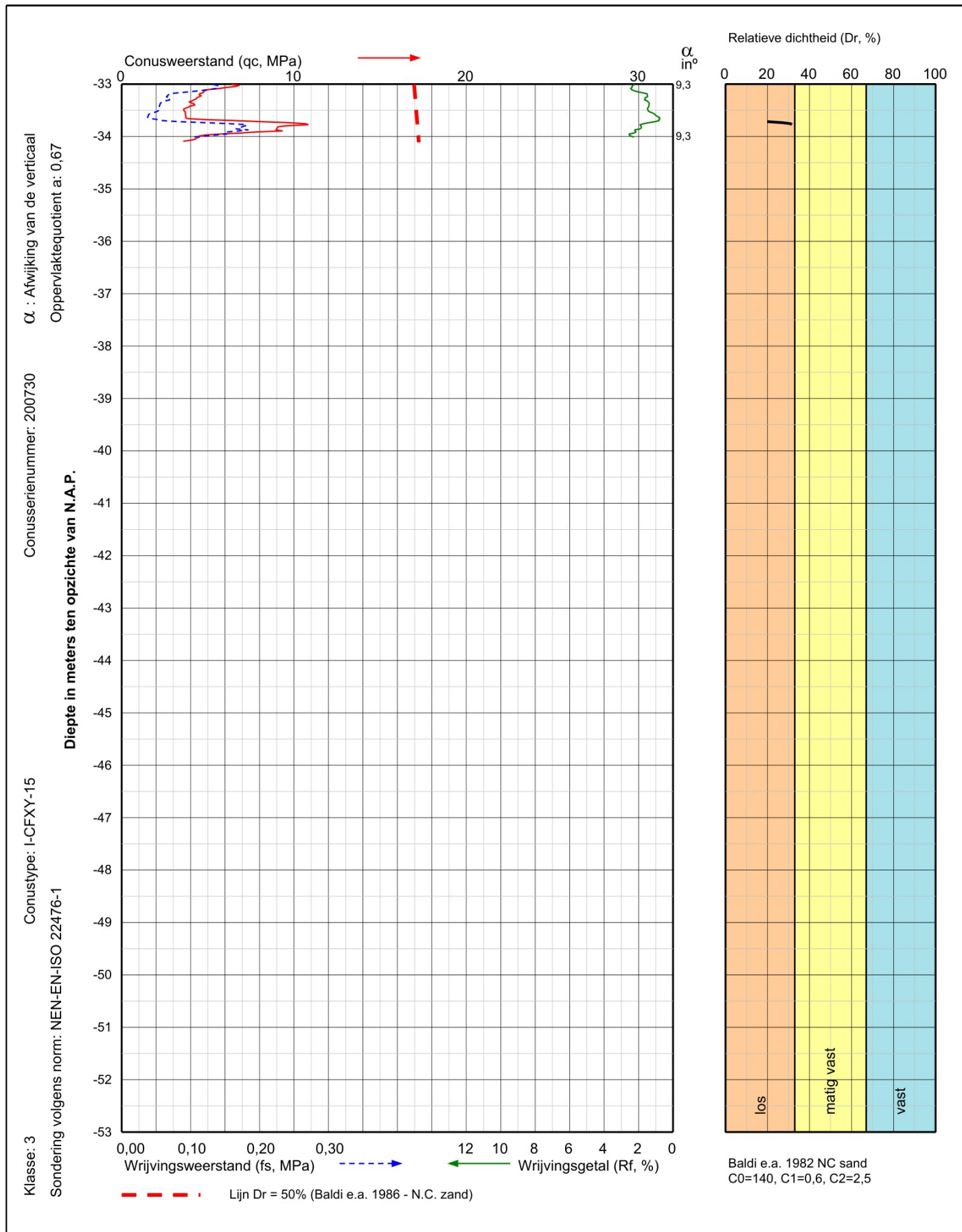
X = 220.079

Y = 561.070

Blad: 2 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 17-7-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM009

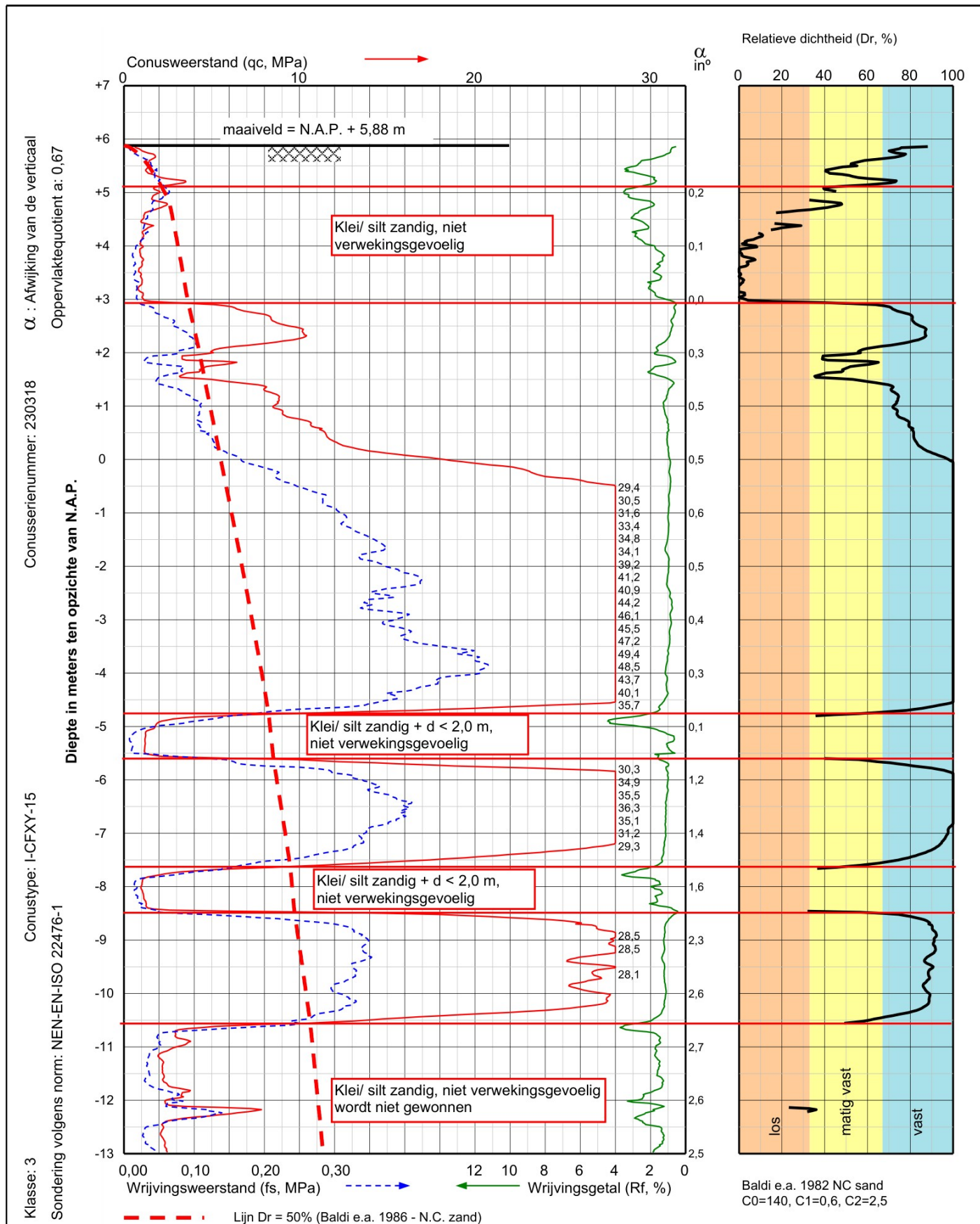
X = 220.079

Y = 561.070

Blad: 3 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 17-7-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM010

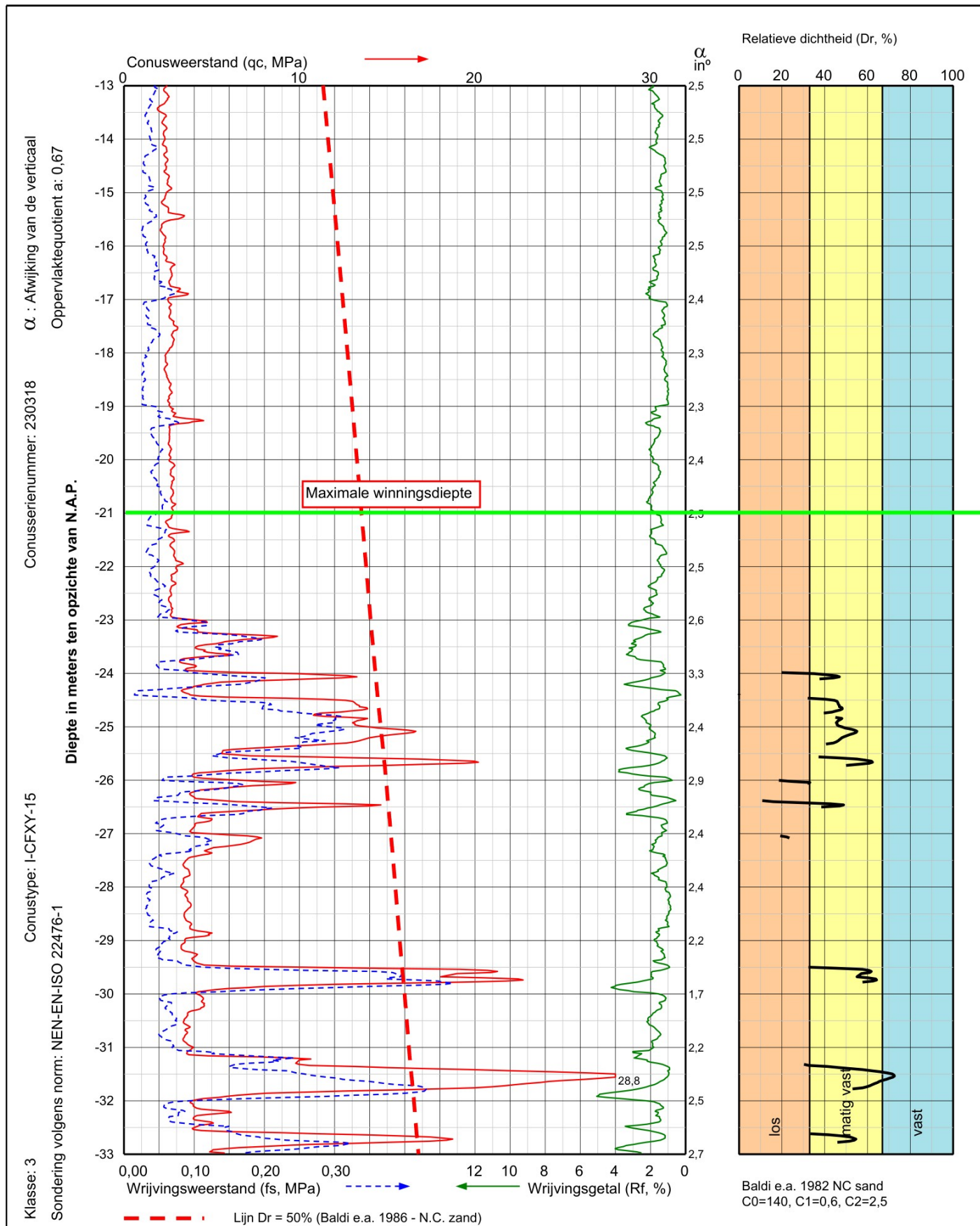
X = 219.481

Y = 561.304

Blad: 1 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 28-8-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM010

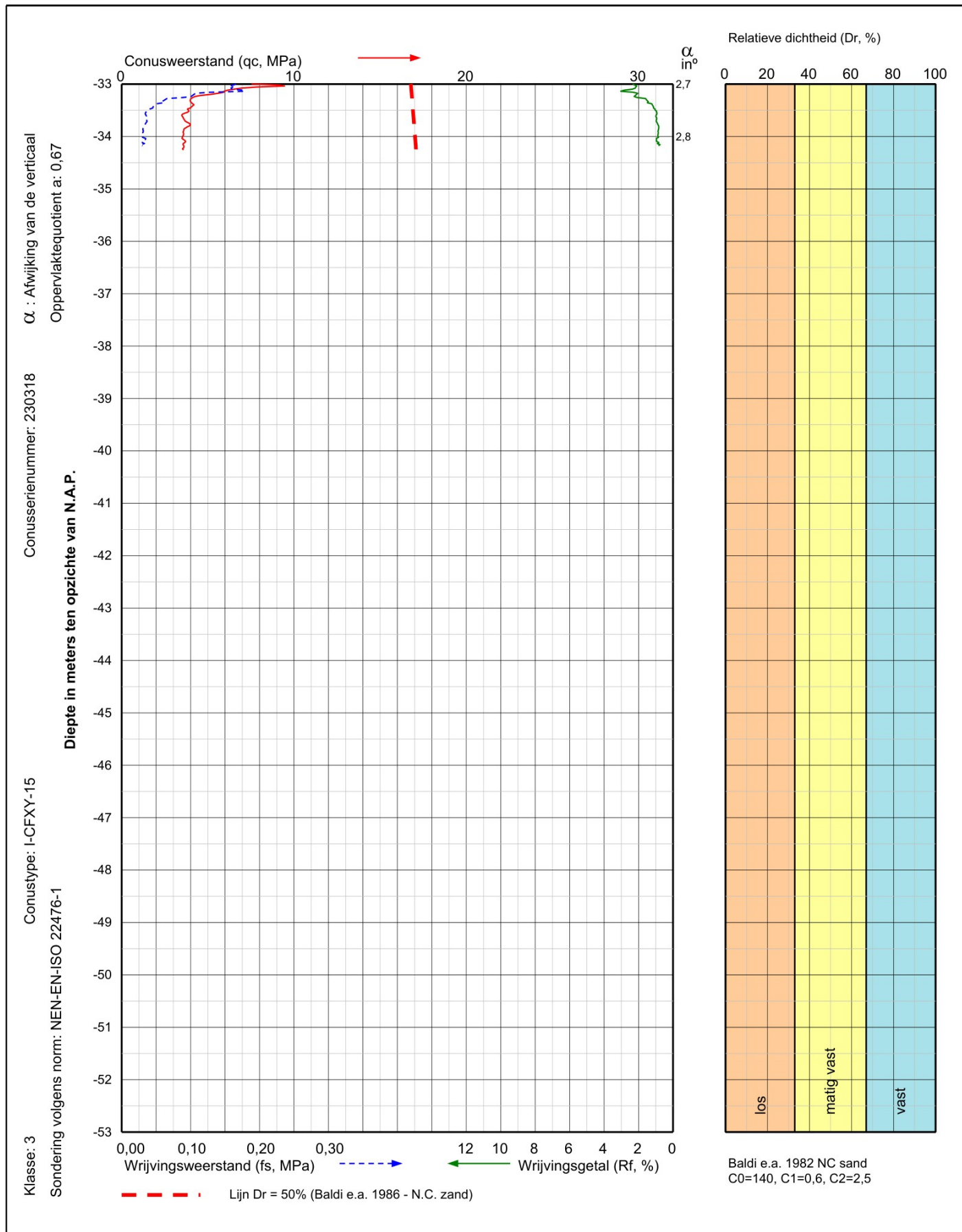
X = 219.481

Y = 561.304

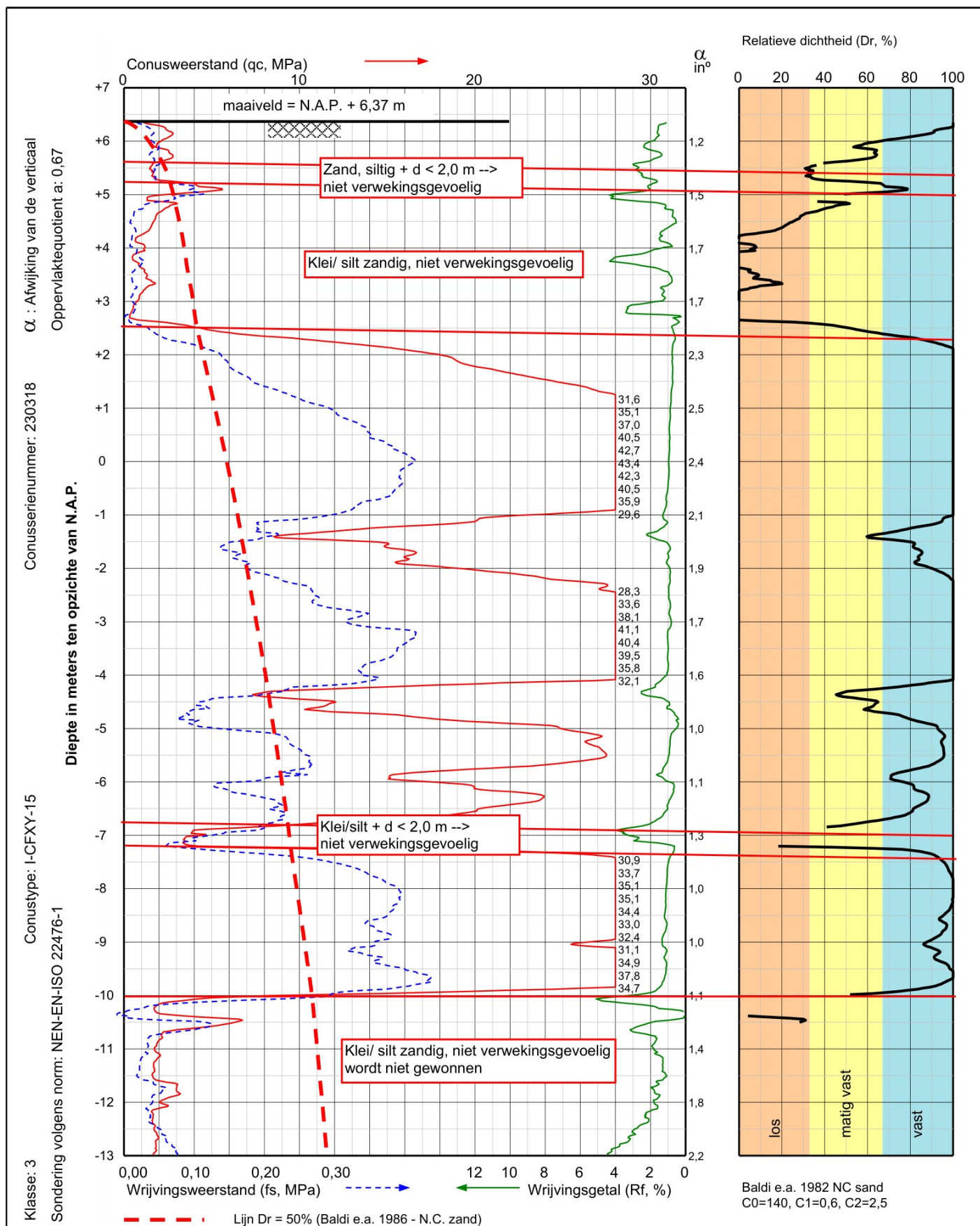
Blad: 2 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 28-8-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM010	
	X = 219.481	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 561.304	Datum: 28-8-2023	
	Blad: 3 van 3		



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM011

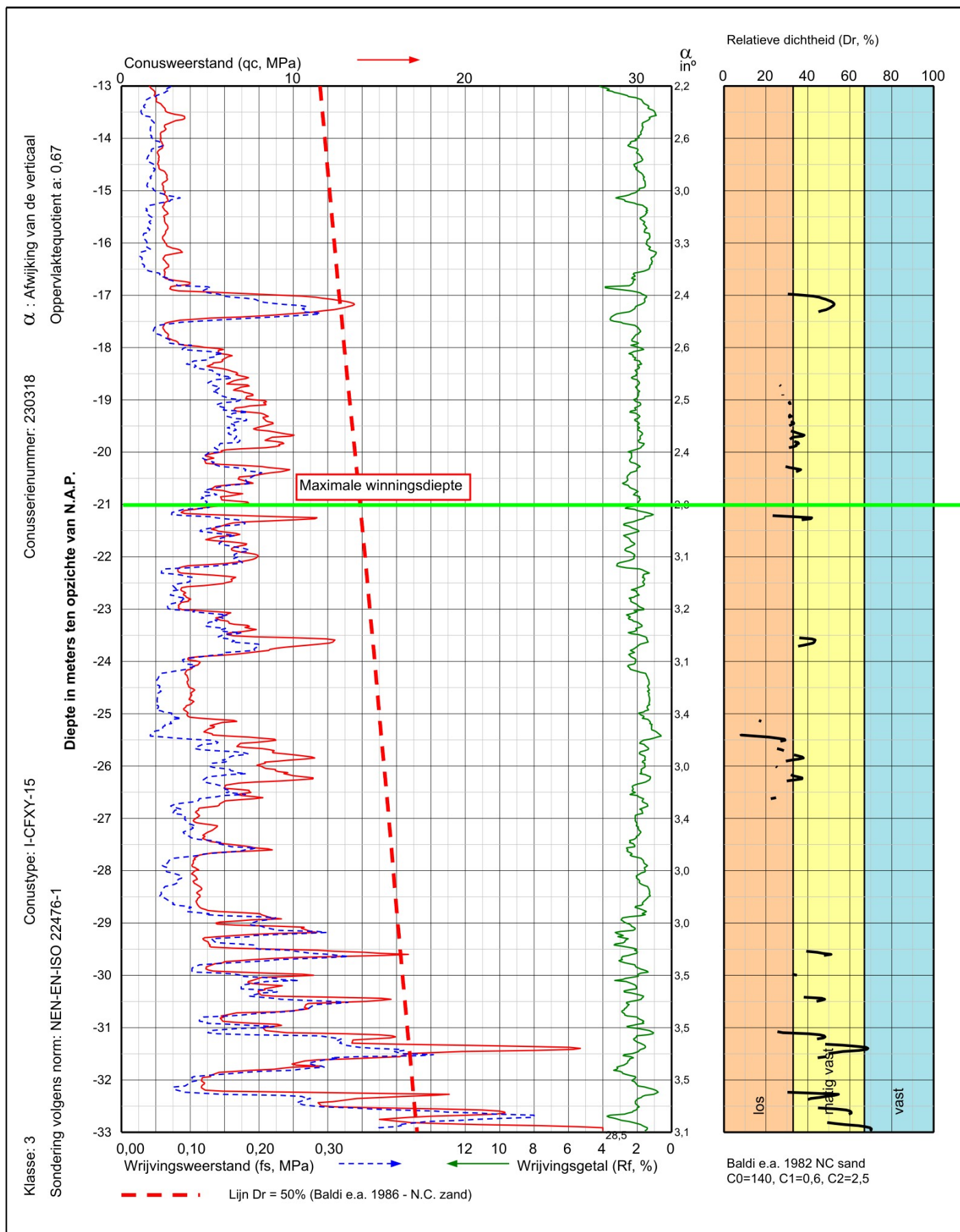
X = 219.558

Y = 561.340

Blad: 1 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 28-8-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM011

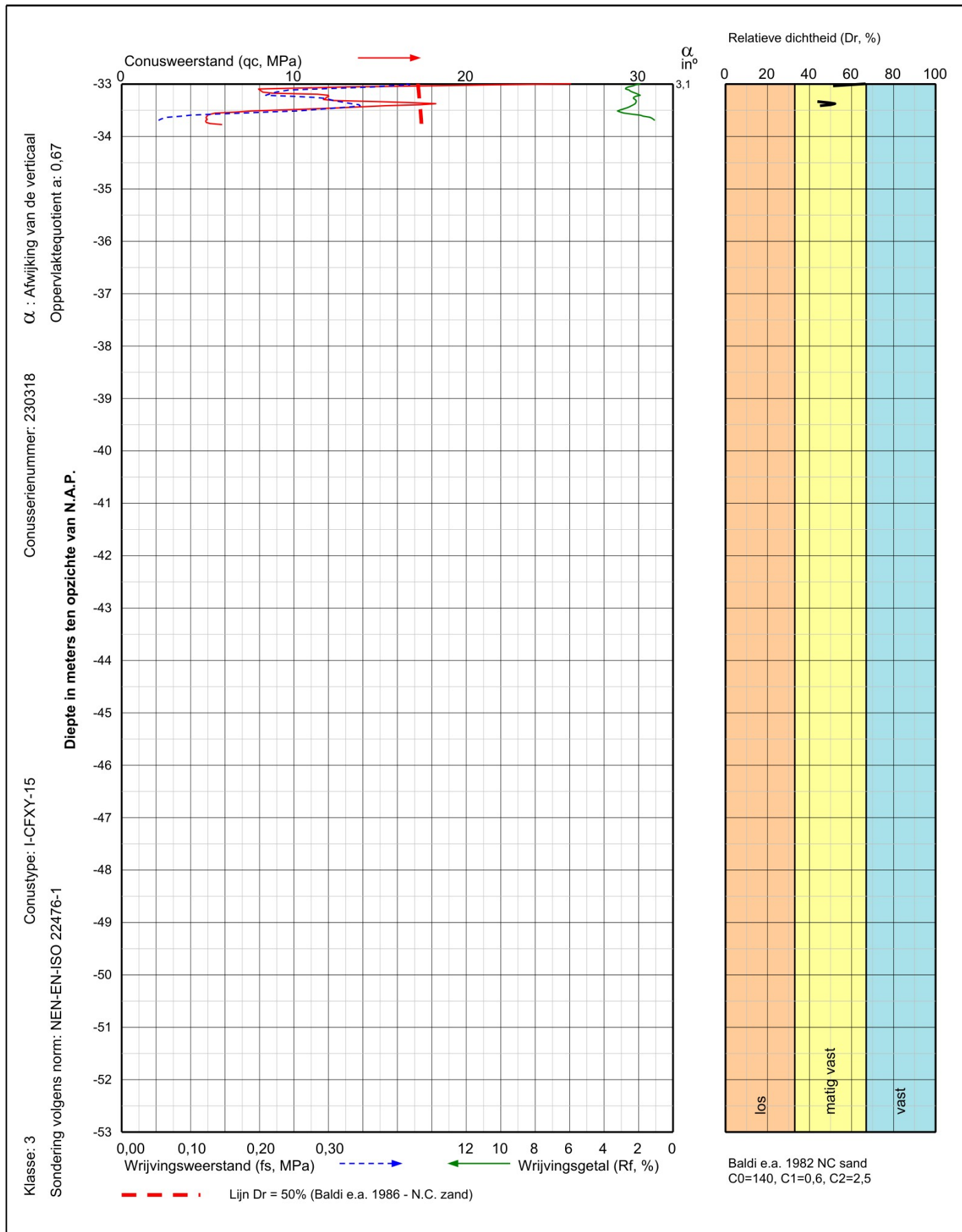
X = 219.558

Y = 561.340

Blad: 2 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 28-8-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM011

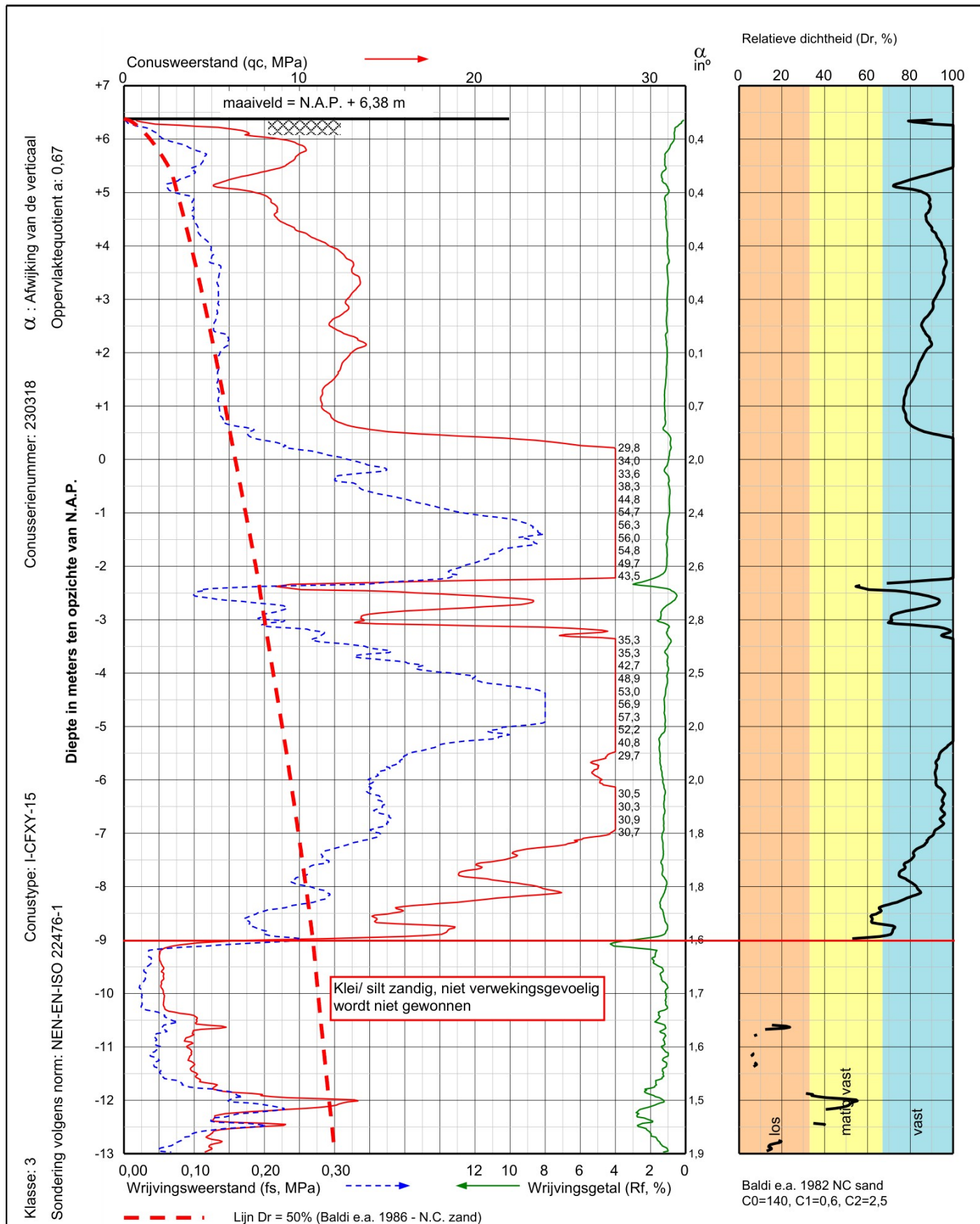
X = 219.558

Y = 561.340

Blad: 3 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

Datum: 28-8-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM012

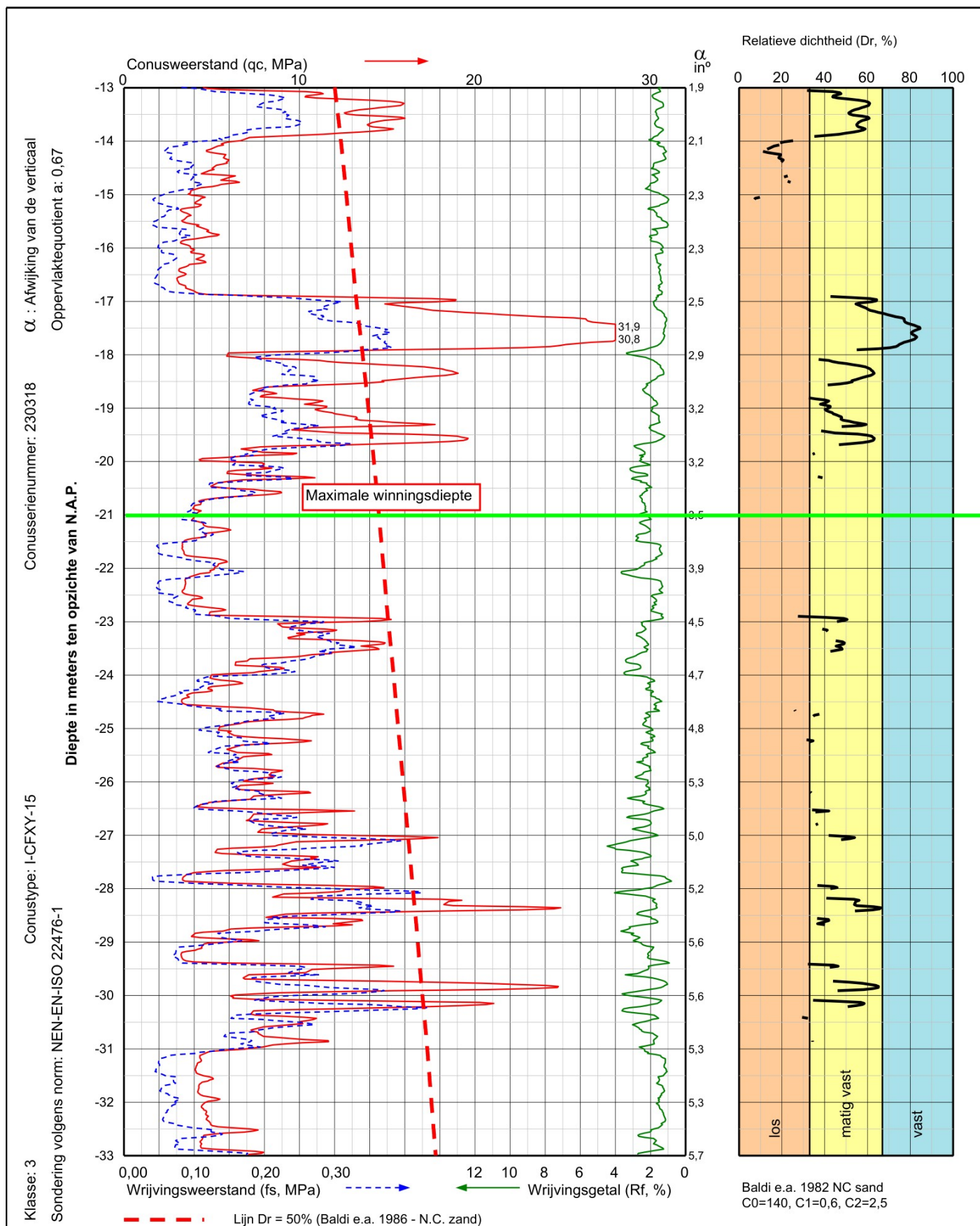
X = 219.692

Y = 560.978

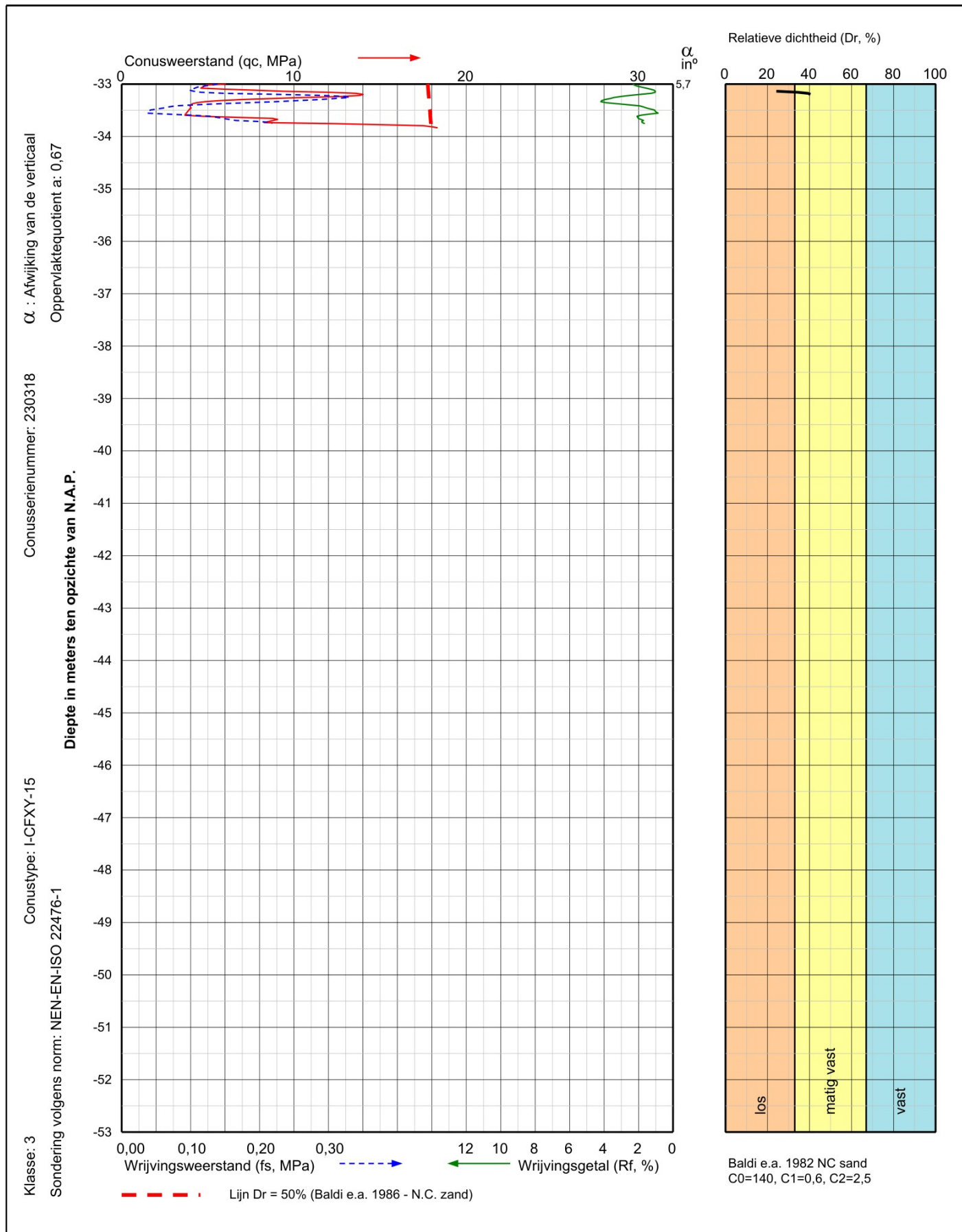
Blad: 1 van 3

Opdr.nr.: VN-84307-1

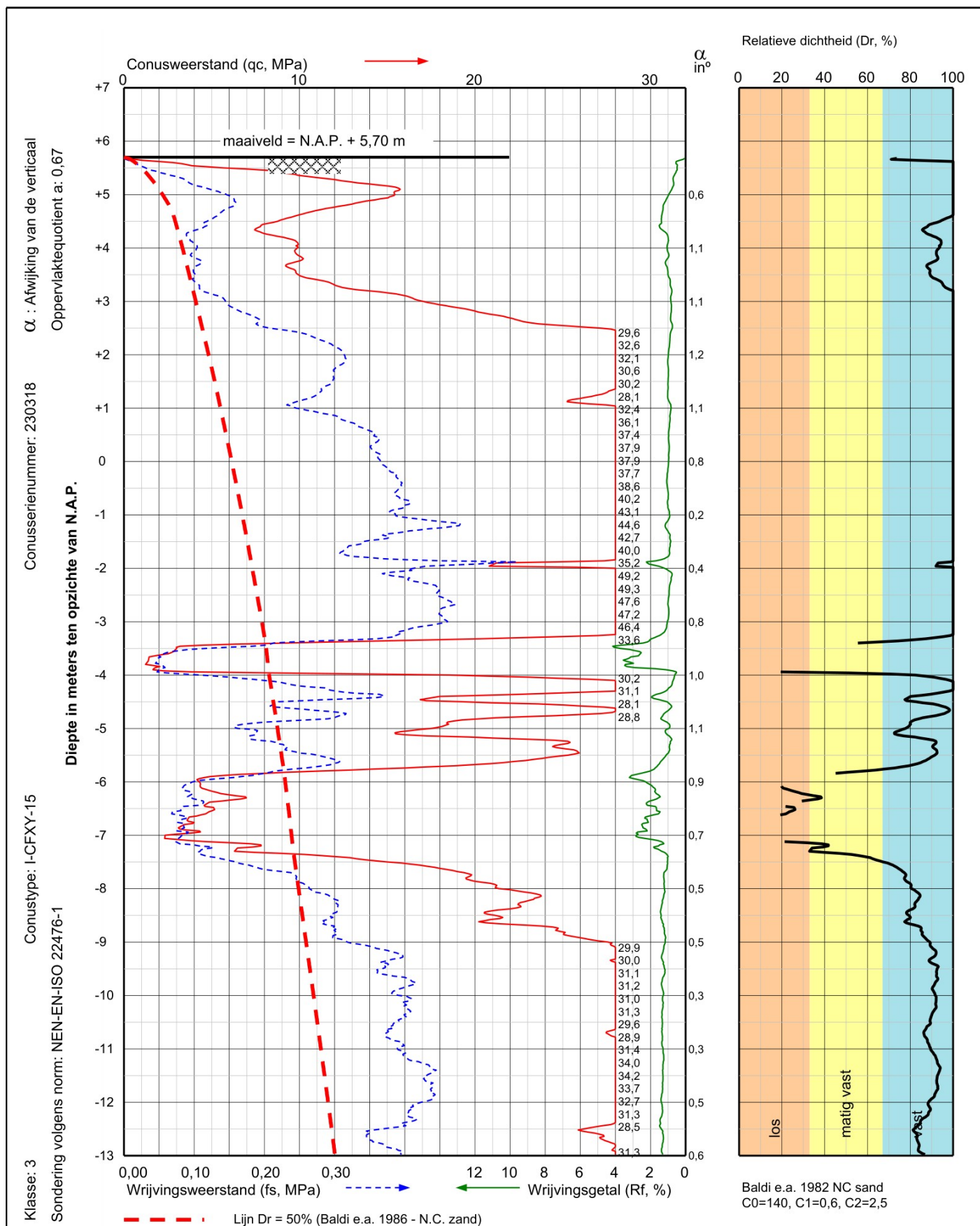
Datum: 28-8-2023



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM012	
	X = 219.692	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 560.978		
	Blad: 2 van 3	Datum: 28-8-2023	



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM012	
	X = 219.692	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 560.978	Datum: 28-8-2023	
	Blad: 3 van 3		



Project: Verdieping zandwinning Weperpolder
te Oosterwolde

Sondering:
DKM013

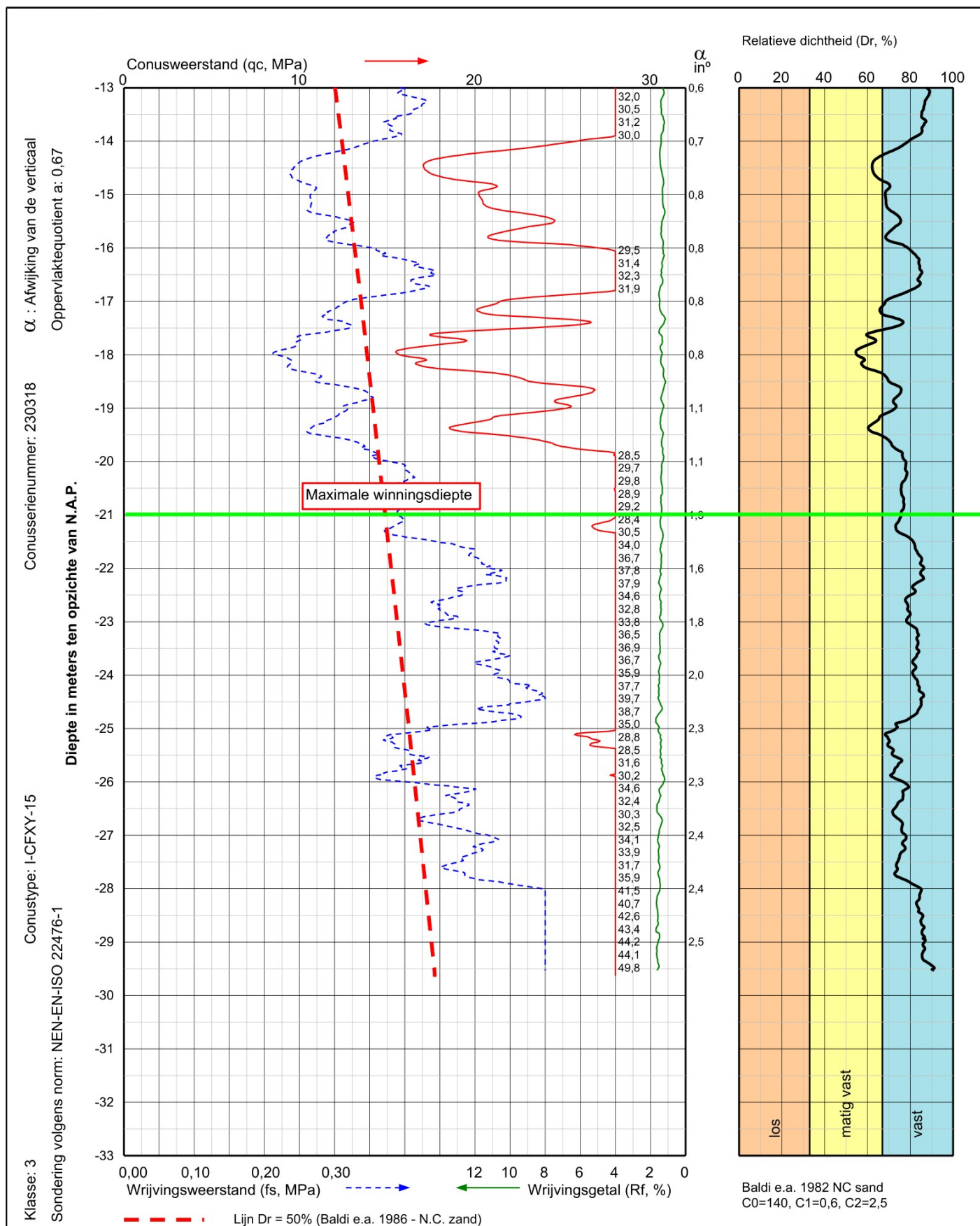
X = 219.830

Y = 561.025

Blad: 1 van 2

Opdr.nr.: VN-84307-1

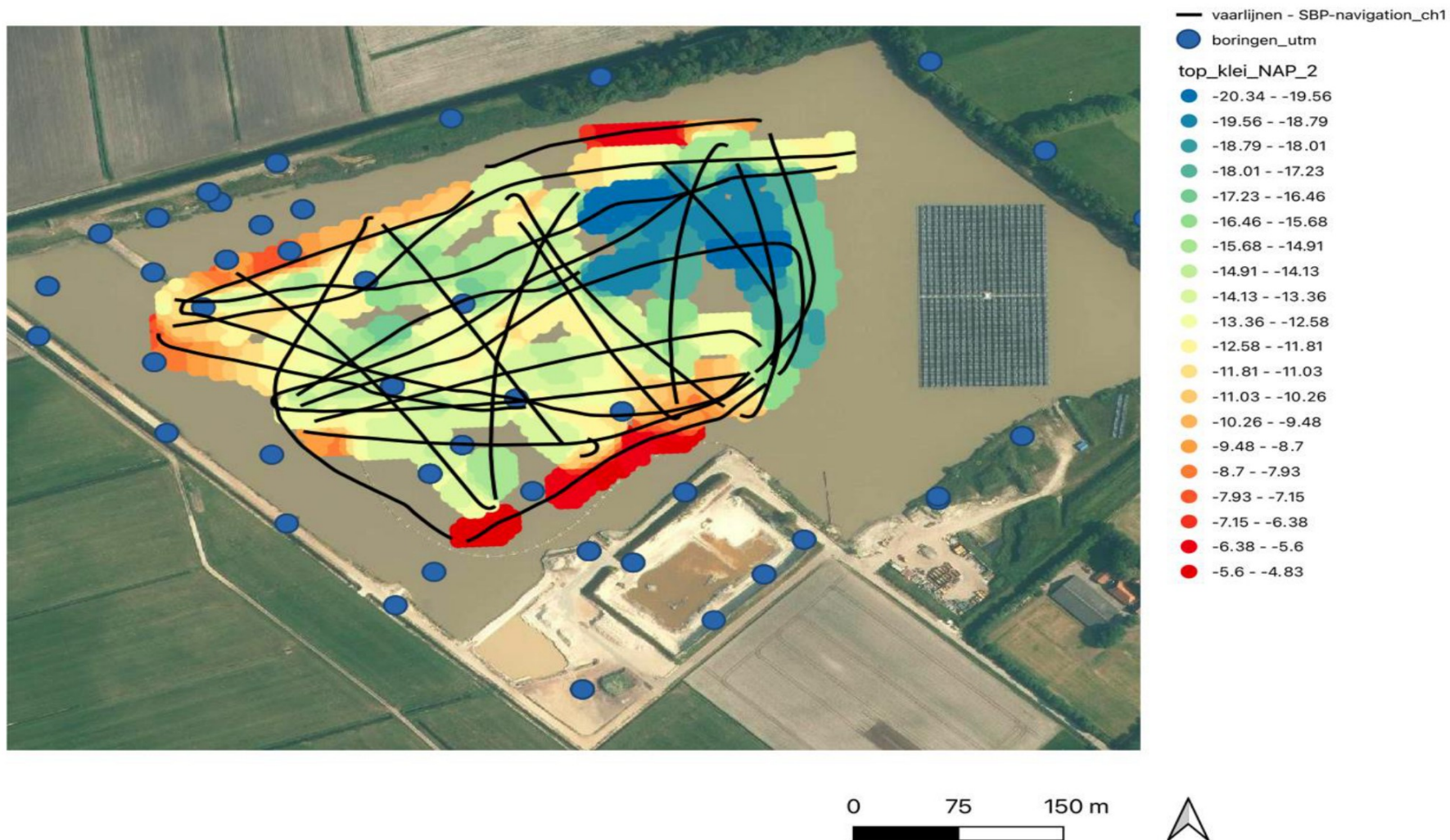
Datum: 28-8-2023

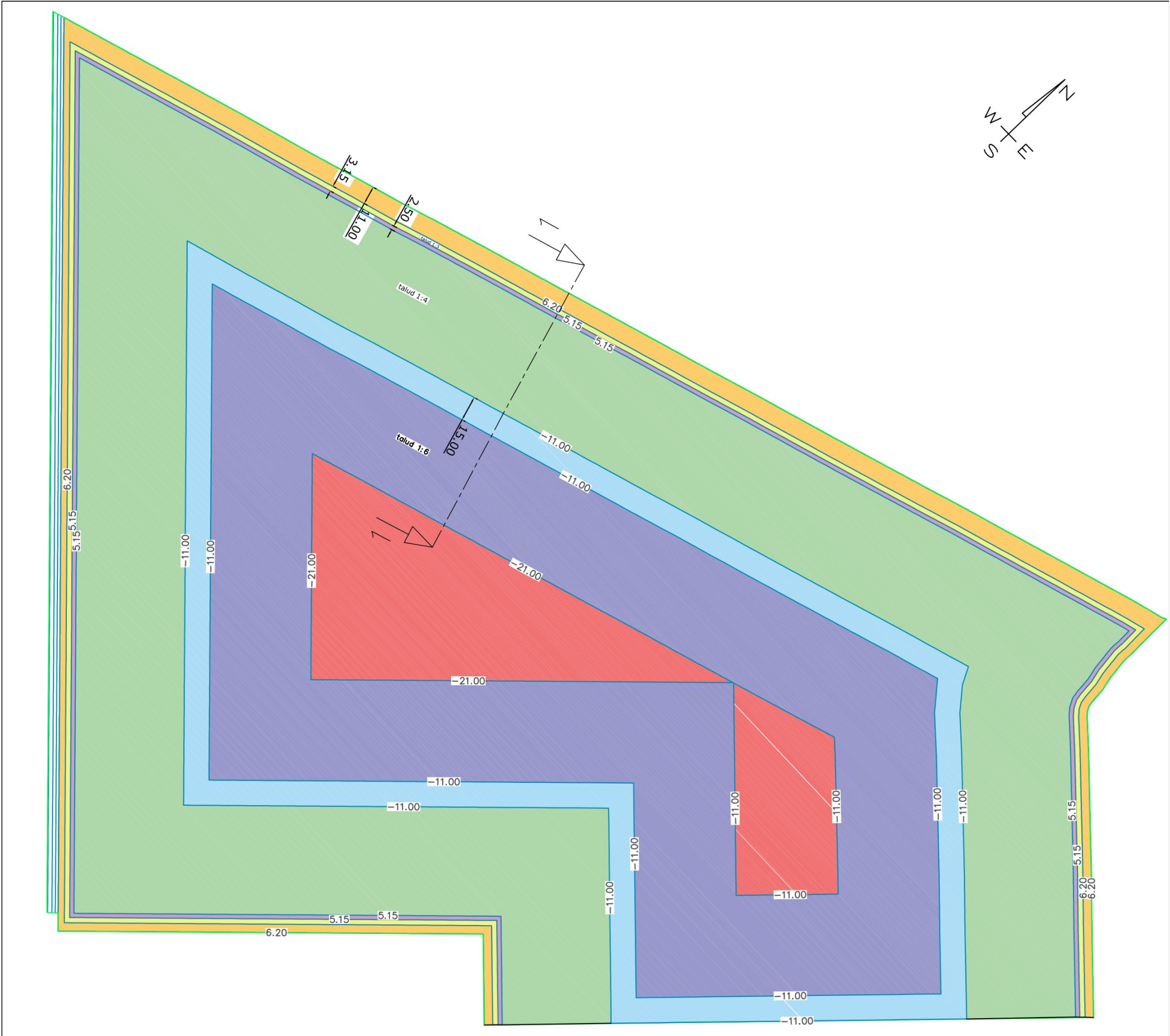


Project: Verdieping zandwinning Weperpolder te Oosterwolde		Sondering: DKM013	
	X = 219.830	Opdr.nr.: VN-84307-1	
	Y = 561.025		
	Blad: 2 van 2	Datum: 28-8-2023	

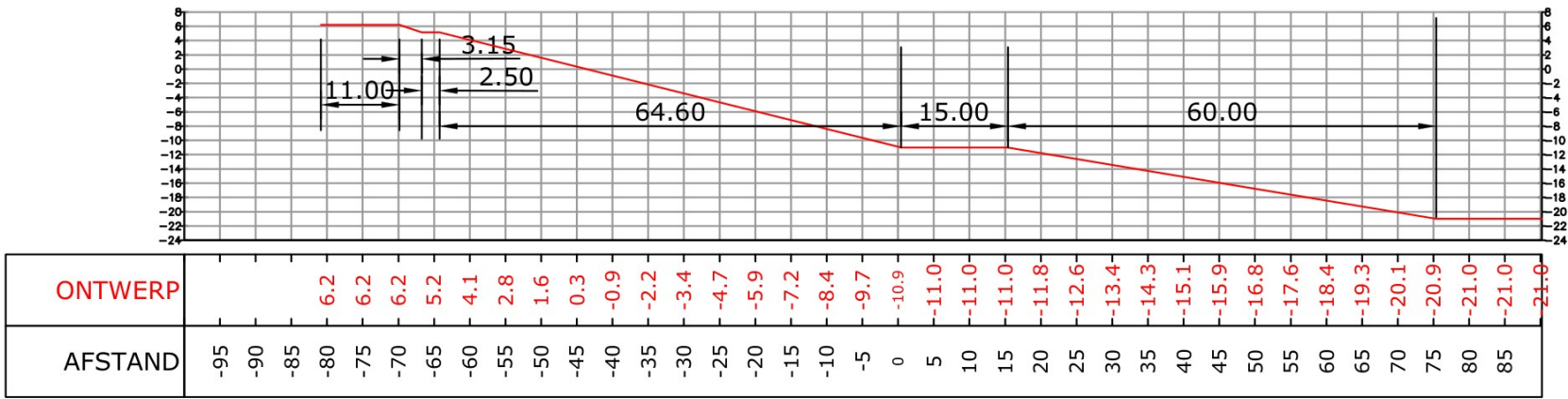
Bijlage 5

Diepte ligging Leem/Kleilaag






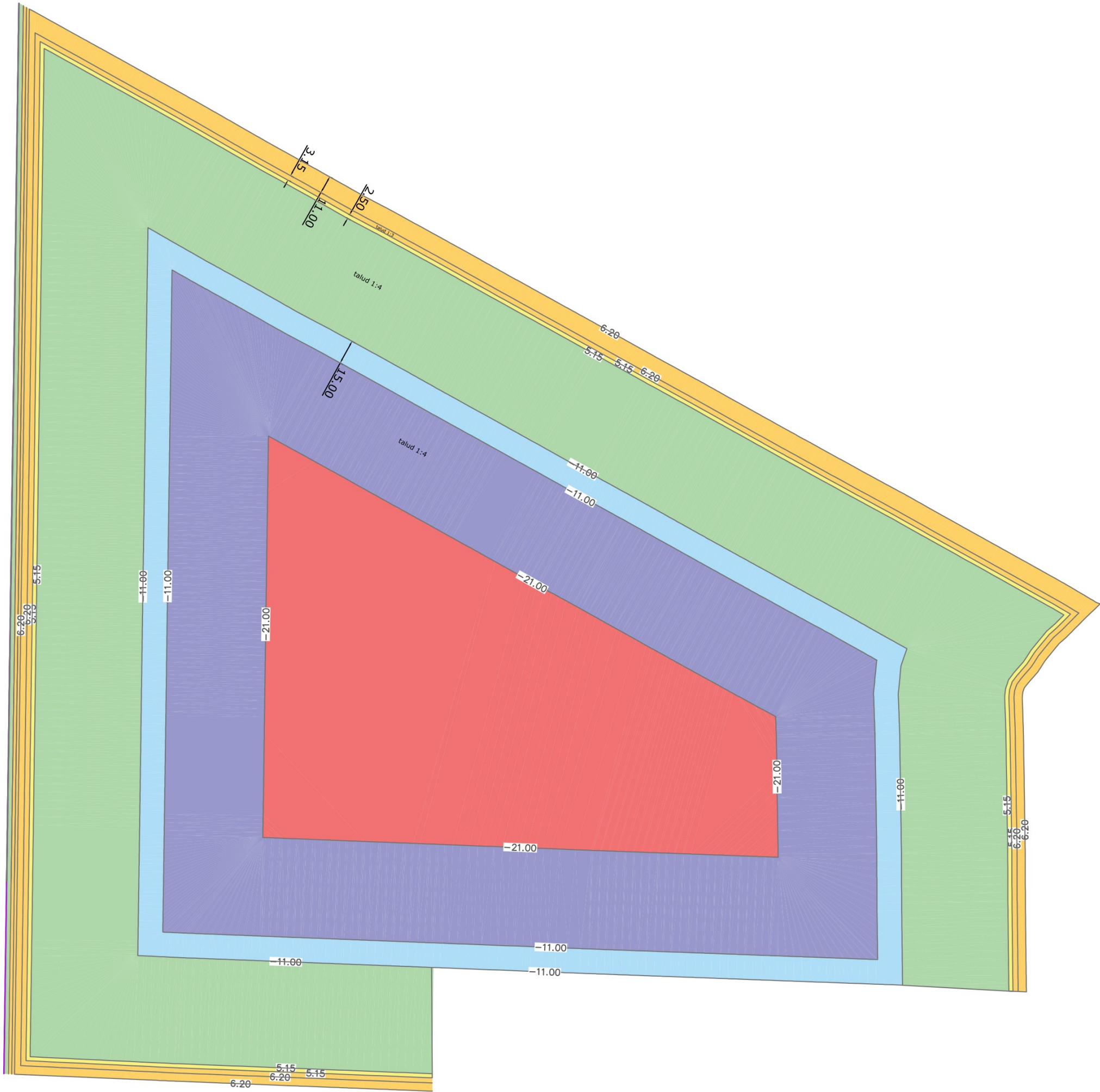
Weperpolder
1



- kruinhoogte +6,20m NAP
- talud 1:3
- plasberm +5,15m NAP
- talud 1:4
- plasberm -11,00m NAP
- talud 1:6
- vlak -21,00m NAP

Getekend door J	Gecontroleerd door J	Schaal 1:2500	Goedgekeurd	Blad 1	Aantal 1	Taal NL	Documentstatus CONCEPT
Projectnummer 4006-001	Tekeningnummer 1	Besteknummer	Formaat A3	Documenttype Model	Datum van uitgave 15-11-2023	Opname methodiek MULTIBEAM	
Project Zandwinning Weperpolder							
Opdrachtgever Oenema B.V.							
Onderdeel Ontwerp							
Documentnaam Model nieuw zonder depot_20231101_REV02							
OENEMA GROEP							





- kruinhoogte +6,20m NAP
- talud 1:3
- plasberm +5,15m NAP
- talud 1:4
- plasberm -11,00m NAP
- talud 1:6
- vlak -21,00m NAP

Getekend door J	Gecontroleerd door J	Schaal 1:2500	Goedgekeurd	Blad 1	Aantal 1	Taal NL	Documentstatus CONCEPT
Projectnummer 4006-001	Tekeningnummer 1	Besteknummer	Formaat A3	Documenttype Model	Datum van uitgave 15-11-2023	Opname methodiek MULTIBEAM	

Project
Zandwinning Weperpolder

Opdrachtgever
Oenema B.V.

Onderdeel
Model met depot

Documentnaam
Model nieuw met depot_20231106_REV01

OENEMA GROEP

G²Surveys
HYDROGRAPHY



- kruinhoogte +6,20m NAP
- talud 1:3
- plasberm +5,15m NAP
- talud 1:4
- plasberm -11,00m NAP
- talud 1:6
- vlak -21,00m NAP

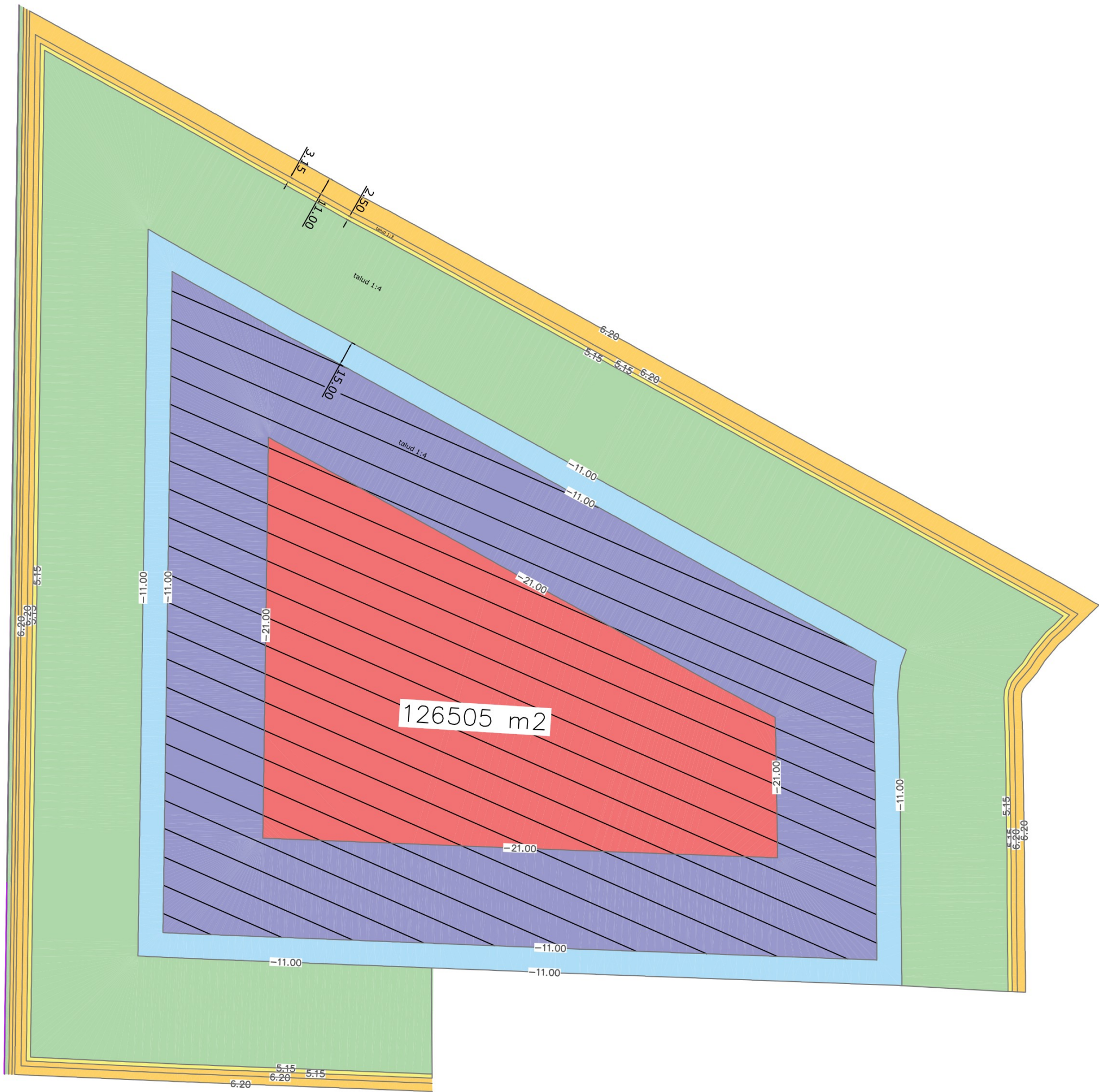
Getekend door <div>J</div>		Gecontroleerd door <div>J</div>		Schaal 1:2500	Goedgekeurd	Blad 1	Aantal 1	Taal NL	Documentstatus CONCEPT
Projectnummer 4006-001	Tekeningnummer 1	Besteknummer			Formaat A3	Documenttype Model	Datum van uitgave 19-12-2023	Opname methodiek MULTIBEAM	
Project Zandwinning Weperpolder									
Opdrachtgever Oenema B.V.									
Onderdeel Ontwerp									
Documentnaam Model nieuw zonder depot_20231101_REV02									
OENEMA GROEP									

G²

Surveys

HYDROGRAPHY





- kruinhoogte +6,20m NAP
- talud 1:3
- plasberm +5,15m NAP
- talud 1:4
- plasberm -11,00m NAP
- talud 1:6
- vlak -21,00m NAP

Getekend door J	Gecontroleerd door J	Schaal 1:2500	Goedgekeurd	Blad 1	Aantal 1	Taal NL	Documentstatus CONCEPT
Projectnummer 4006-001	Tekeningnummer 1	Besteknummer	Formaat A3	Documenttype Model	Datum van uitgave 20-12-2023	Opname methodiek MULTIBEAM	
Project Zandwinning Weperpolder							
Opdrachtgever Oenema B.V.							
Onderdeel Model met depot							
Documentnaam Model nieuw met depot_20231106_REV01							
OENEMA GROEP							

G²Surveys
HYDROGRAPHY

Toelichting grondslagen

In dit document kunt u secties vinden die onleesbaar zijn gemaakt. Deze informatie is achterwege gelaten op basis van de Wet open overheid (Woo). De letter die hierbij is vermeld correspondeert met de bijbehorende grondslag in onderstaand overzicht.

J Art. 5.1 lid 2 sub e

Het belang van de openbaarmaking van deze informatie weegt niet op tegen het belang van de eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer van betrokkenen