

Notitie

Onderwerp: Kwalitatieve beschouwing aardbevingsrisico's op zandwinning Botjesgat te Zuidbroek

Projectnummer: 51004428

Referentienummer: SWNL0277643

Datum: 4-6-2021

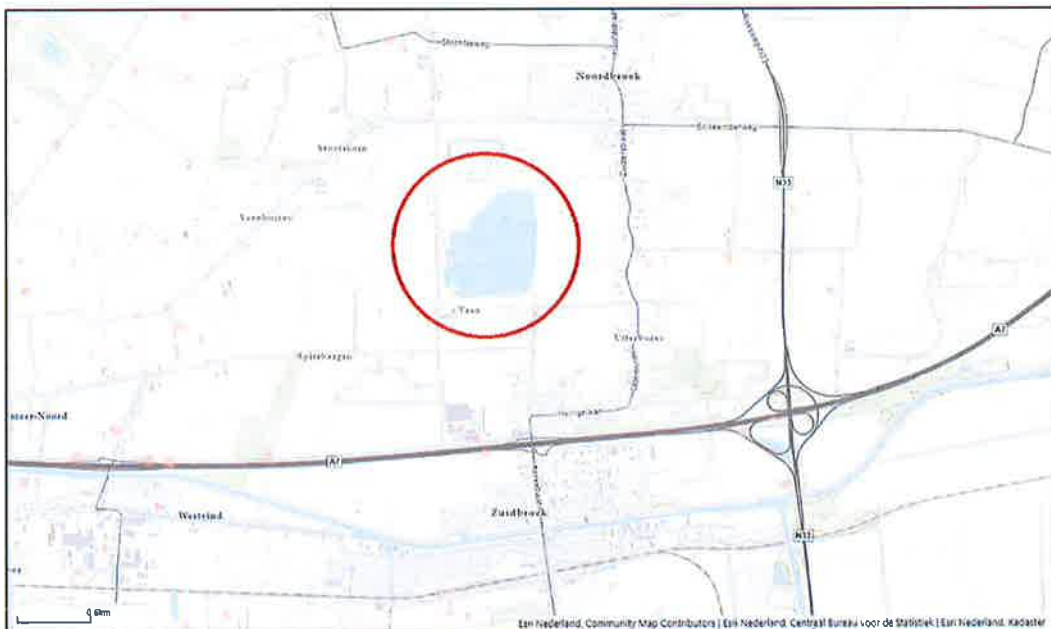


Verantwoording

Titel	Kwalitatieve beschouwing aardbevingsrisico's op zandwinning Botjesgat te Zuidbroek
Projectnummer	51004428
Referentienummer	SWNL0277643
Revisie	D01
Datum	4-6-2021
Auteur	[REDACTED]
E-mailadres	[REDACTED]@sweco.nl
Gecontroleerd door	[REDACTED]
Paraaf gecontroleerd	[REDACTED]
Goedgekeurd door	[REDACTED]
Paraaf goedgekeurd	[REDACTED]

1 Inleiding

In deze notitie zijn de mogelijke aardbevingsrisico's beschouwd voor de zandwinning Botjesgat te Zuidbroek. In het Grontmij rapport 390781 revisie 02 [6] zijn met betrekking tot de (externe en interne) veiligheid reeds enkele risicobronnen rondom de zandwinning benoemd waaronder de ondergrondse aardgasleidingen. Deze leidingen vormen een **belangrijk risicoaspect waarop in deze notitie is ingezoomd in relatie tot aardbevingsrisico's**. Daarnaast kunnen ook lokaal risico's aanwezig zijn voor mogelijke installaties welke zich bevinden direct naast de zandwininput, gelet op de standzekerheid ervan en de seismische effecten op de stabiliteit van het nabij gelegen ontgravingstalud.



Figuur 1 Ligging locatie

De aardbevingsrisico's zijn vastgesteld op basis van een kwalitatieve beschouwing van de directe omgeving en een semi-kwantitatieve beschouwing van de seismische stabiliteit van het ontgravingstalud in relatie tot de aardgasleiding. De ondergrondse leiding is daarbij in deze beschouwing als maatgevend object beschouwd met het hoogste (externe) risico. De seismische analyse is uitgevoerd aan de hand van een Newmark Sliding Block berekening. **Hierbij zijn zowel de seismische stabiliteit als de mogelijke verwekingsrisico's beschouwd**, aan de hand van mogelijk op te treden grondverplaatsingen ter plaatse van de aardgasleiding (en daarbij ook voor de eventueel aanwezige installaties).

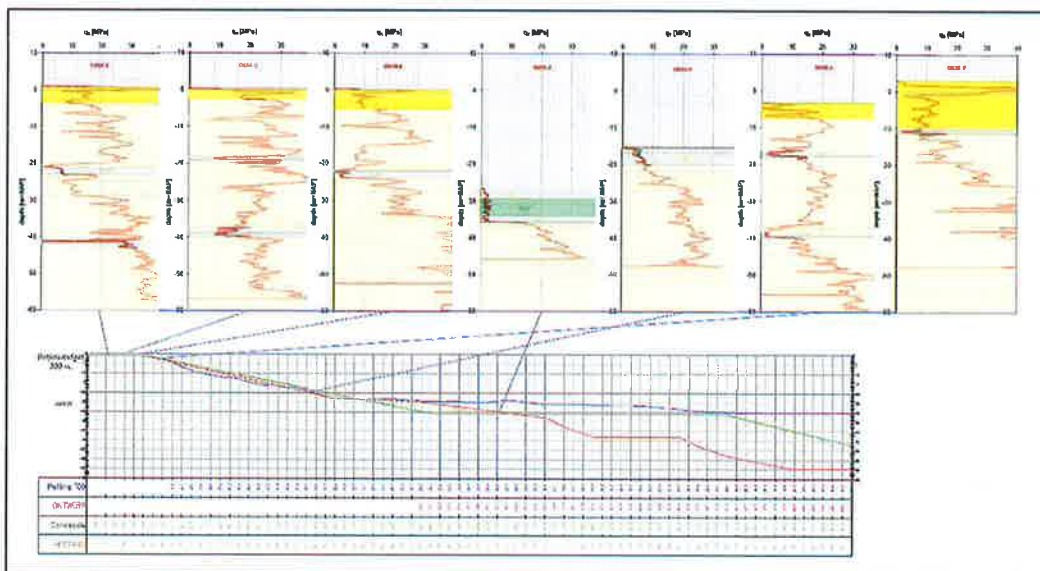
2 Uitgangspunten

2.1 Grondonderzoek en dwarsprofiel

Ter plaatse van het terrein zijn in het verleden diverse sonderingen en boringen uitgevoerd welke zijn beschreven in het rapport Resultaten grondonderzoek ten behoeve van de uitbreiding van de zandwinning Botjesgat te Zuidbroek van Wiertsema & Partners d.d. 8 september 2011 [5]. De resultaten uit het grondonderzoek en de situaties ervan zijn weergegeven in bijlage 1.

Op basis hiervan is uit de eerder vastgestelde dwarsprofielen in tekening 3548_tek9c-3 [8] een maatgevend geotechnisch lengteprofiel vastgesteld welke is toegepast in een maatgevende doorsnede ter plaatse van hmp300. Voor de maatgevende stabiliteitsbeschouwing is uitgegaan van de daarin weergegeven maatgevende ontwerp-ontgravingslijn (rode lijn).

Het dwarsprofiel met de maatgevende sonderingen zijn weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Maatgevende doorsnede en grondprofielen ontwerp ontgraving hmp300

2.2 Bodemschematisatie

Op basis van het hierboven beschreven grondonderzoek is de bodemopbouw vastgesteld. Over het algemeen is de bodem opgebouwd uit verschillende matig tot vast gepakte zandlagen welke op verschillende dieptes lokaal zijn onderbroken door een 1 à 2 m dunne laag siltig zand of los gepakt zand. Lokaal is ook klei aangetroffen. Ter plaatse van het ontgravingsniveau is op de bodem slib aangetroffen. Met name de los gepakte zand- en siltlagen kunnen verwekingsgevoelig zijn.

De grondparameters welke als input dienen voor de geotechnische analyses zijn vastgesteld op basis van het beschikbare grondonderzoek, par. 3.1.2 van NPR 9998:2018 [1] en tabel 2.b van NEN 9997-1 [2] en zijn weergegeven in Tabel 2.1.

Tabel 2.1 *Overzicht grondparameters*

Grondsoort	γ_c [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	v_s [m/s]	G_{dyn} [MPa]
Zand, los	17	19	30	0	200	75
Zand, matig	18	20	32,5	0	250	125
Zand, vast	19	21	35	0	280	170
Zand, kleilig	19	19	27,5	0	220	95
Silt en zandige klei	18	18	27,5	1	150	40
Klei, zwak zandig	17	17	22,5	2	150	35
Potklei	18	18	20	10	220	90

waarbij geldt:

- γ_c *volumegewicht bij natuurlijk watergehalte*
- γ_{sat} *verzadigde volumegewicht*
- c' *karacteristieke waarde effectieve cohesie*
- φ' *karacteristieke waarde effectieve hoek van inwendige wrijving*
- v_s *schuifgolfvoortplantingssnelheid*
- G_{dyn} *dynamische glijdingsmodulus*

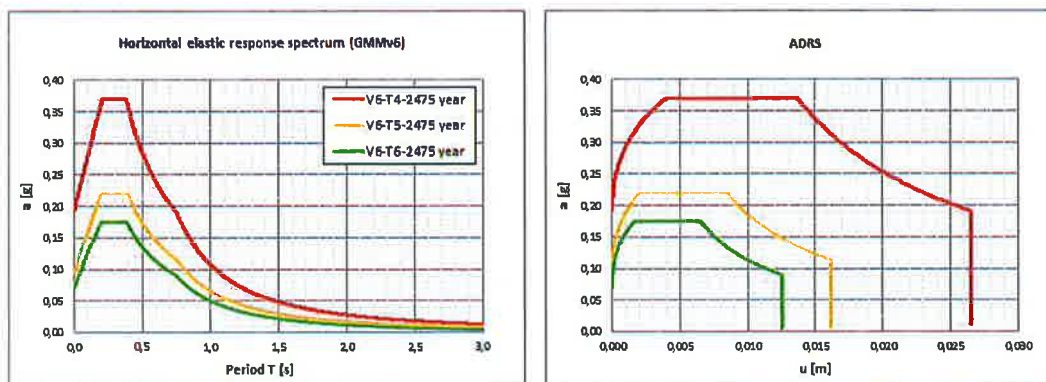
2.3 Grondwaterstand

Voor de grondwaterstand is uitgegaan van NAP +0,0 m wat overeenkomt met circa 1 m beneden maaiveld. Deze grondwaterstand is representatief gesteld voor zowel de stabiliteitsanalyse (zie ook rapportage Deltares [7]) als voor de verwekingsanalyse.

2.4 Seismische uitgangspunten

Voor de (semi)-kwantitatieve analyse zijn de seismische uitgangspunten gebaseerd op hazard model GMM-versie 6 uit de NPR-webtool en de NPR 9998:2020 [1]. De locatie van de aanwezige aardgasleiding vormt daarbij het uitgangspunt voor de risicobeschuiving waarbij conform NPR 9998:2020 par. 2.2 is uitgegaan van:

- gevolgklasse gasleiding CC2/CC3 conform de NPR
- importantiefactor $\gamma_I = 1,2$ (uitgaande van CC3 als meest conservatief);
- terugkeertijd: $T = 2475$ years;
- scenario T5 (oranje grafieken, zie figuur hieronder);
- referentiewaarde (bij $T = 475$ jaar): $a_{g,ref} = 0,094$ g;
- rekenwaarde PGA-waarde maaiveldniveau: $a_{g,d} = 0,094 \cdot 1,2 = 0,119$ g.



Figuur 3 *Responsspectrum locatie aardgasleiding zandwinning Zuidbroek*

3 (Semi)-kwantitatieve beschouwing

3.1 Algemeen

De uitgevoerde (semi)-kwantitatieve beschouwing is in eerste instantie gebaseerd op de aardbevingseffecten vanuit de ontgravingstaluds van de zandwinning op de aardgasleiding welke zich circa 40 m achter de kruin bevindt.

In het Deltares rapport [7] is voor de ontgravingstaluds gekeken naar zowel de (macro-) stabiliteit als de verwekingsvloeiing. Beide aspecten vormen specifiek ook voor een aardbevingssituatie een relevant faalmechanisme voor de aanwezige aardgasleiding. Dit faalmechanisme uit zich in een grondverplaatsing ter plaatse van de gasleiding als gevolg van afschuiving van het ontgravingstalud. Belangrijkste aardbevingseffecten vormen daarbij:

- toename aandrijvend moment afschuifvlak ten gevolge van de seismische horizontale versnelling;
- afname weerstandbiedend moment afschuifvlak ten gevolge van verweking van los gepakte zand- en siltlagen.

Voor de seismische horizontale versnelling is conform par. 2.4 uitgegaan van $a_{g,d} = 0,119 g$. Voor de verwekingsanalyses is uitgegaan van de rekenmethode Green [3] en van het zakkingsmodel van Yoshimine [4] welke staan beschreven in bijlagen D en E van de NPR 9998:2020 [1].

De verplaatsingen door afschuiving zijn bepaald aan de hand van een eenvoudige analytische toetsing waarbij gebruik wordt gemaakt van de huidige stabiliteitsanalyses gekoppeld aan de Newmark Sliding Block analyse waarmee de vervormingen kunnen worden vastgesteld. Voor de achtergronden van de methode wordt verwezen naar referentie [9].

3.2 Verwekingsanalyse

Door verweking in de ondergrond tijdens en direct na een aardbeving kan er sprake zijn van een tijdelijk verlies van draagkracht door tijdelijke wateroverspanningen in los gepakte zand- en siltlagen. Vervolgens kan dit leiden tot verdichting van deze lagen resulterend tot zettingen. De reductie van de weerstand van de verweekte lagen is vervolgens als gereduceerde hoek van inwendige wrijving φ'_{liq} meegenomen in de stabiliteitsanalyse. De verdichtingen zijn meegenomen in de berekening van de grondverplaatsingen ter plaatse van de gasleiding.

De verwekingsanalyses zijn uitgevoerd op basis van sondering DKM-1, DKM-2, DKM-4, DKM-5, DKM-6, DKM-8 en DKM-9. Er blijkt lokaal in het onderwatertalud een beperkte verweking op te treden. In DKM-4 blijkt de hoek van inwendige wrijving in de bovenste 3 m **zand vanaf onderwatertalud tussen NAP -15 en -18 m terug te gaan van 30° naar gemiddeld 22,5°**. Deze reductie is vervolgens in de stabiliteitsanalyse voor deze zandlaag in rekening gebracht.

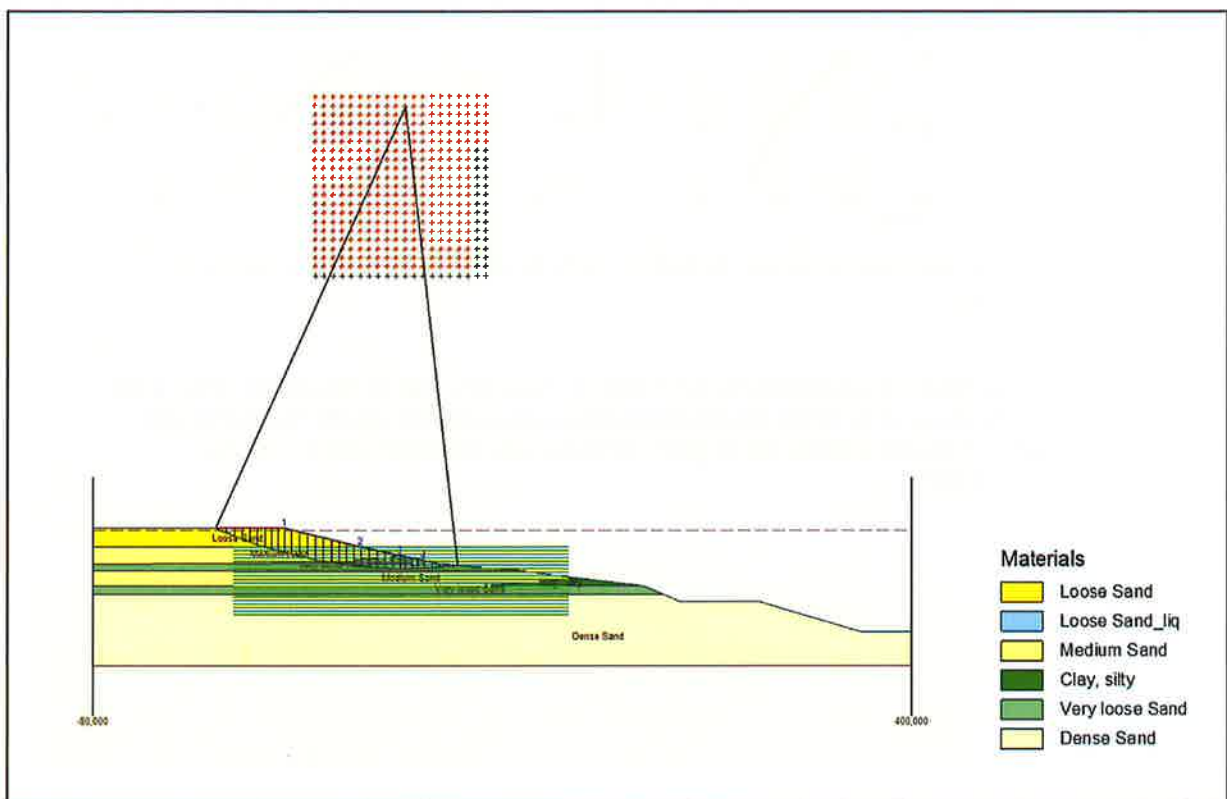
De resultaten zijn zowel grafisch als in tabelvorm toegevoegd in bijlage 3.

3.3 Stabiliteitsanalyse a.h.v. Newmark sliding block

Voor de berekening is uitgegaan van de rekenwijze welke ook is toegepast in [7] in combinatie met het maatgevende dwarsprofiel uit Figuur 2. De berekening is uitgevoerd met behulp van het computerprogramma D-Geo Stability (versie 18.1). De stappen in de seismische analyse zijn daarbij als volgt:

1. Invoeren grondeigenschappen inclusief verwekingsreducties.
2. Aanpassen alle materiaalfactoren (γ_c , $\gamma_{\phi'}$) gelijk aan 1,0.
3. Bepaal de ontwerpwaarden van de piekgrondversnelling $a_{g,d}$.
4. Bereken in D-Geo Stability de grensversnelling a_{grens} waarbij de macrostabiliteit gelijk wordt aan $FS = 1,0$.
5. Bepaal met de verhouding $a_{grens}/a_{g,d}$ de Newmark verplaatsing a.h.v. de Newmark Sliding Block analyse.
6. Bepaal tenslotte de horizontale en verticale verplaatsingscomponenten op basis van intrede-hoek van de afschuificirkel plus de zakking uit de berekende verdichting.

De resultaten van de kritische glijcirkel waarbij de grensversnelling wordt bereikt is weergegeven in Figuur 4. De grafische resultaten zijn eveneens opgenomen in bijlage 4.

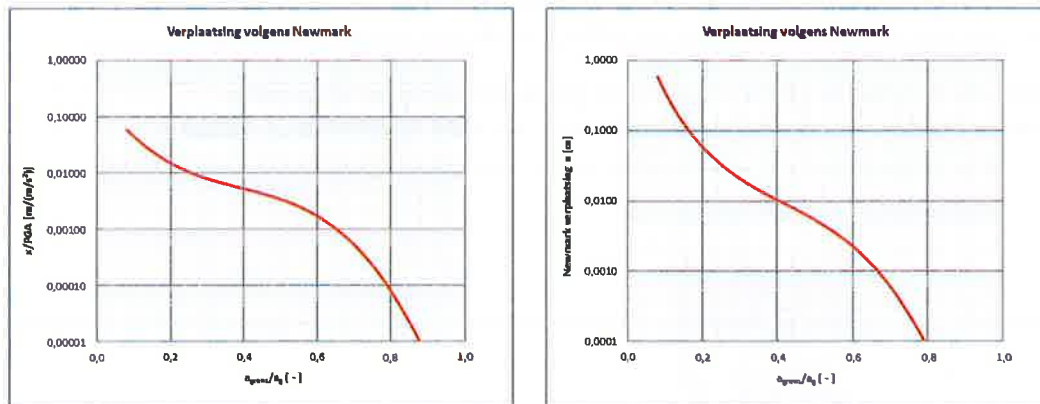


Figuur 4 Kritische glijcirkel bij grensversnelling talud t.a.v. de aardgasleiding.

Uit de berekende glijcirkelanalyses volgt dat de grensversnelling a_{grens} groter is dan de rekenwaarde van de maximaal te verwachten horizontale versnelling op deze locatie. Dit houdt in dat er voldoende zijdelingse weerstand aanwezig is om eventuele afschuiving als gevolg van een horizontale versnelling te kunnen voorkomen. Hierdoor zullen de newmark verplaatsingen dan ook niet optreden en zullen er alleen zakkingen als gevolg van compactie kunnen ontstaan langs het talud van maximaal 0,01 m. Op het maaiveld achter de kruin zijn de zakkingen niet significant.

Hieruit volgt dat het aardbevingsrisico op de aanwezige ondergrondse aardgasleiding naar verwachting verwaarloosbaar is.

Tevens is gekeken wat de kritische glijcirkel is tijdens een aardbeving voor het talud zelf (dus niet specifiek t.a.v. de aardgasleiding). Uit de berekende glijcirkelanalyses volgt dat de op deze locatie te verwachten maximale PGA waarde ($a_{g;d} = 0,119 \text{ g}$) groter is dan de grensversnelling ($a_{grens} = 0,07 \text{ g}$). Dit houdt in dat er een afschuiving zal optreden totdat een nieuw evenwicht is ontstaan. De verplaatsing kan grafisch worden afgeleid aan de hand van Figuur 5



Figuur 5 Grafische relatie Newmark verplaatsing, optredende versnelling en grensversnelling talud

Hieruit volgt een Newmarkverplaatsing van 0,002 m. Tezamen met de maximale zakking als gevolg van verweking, is de totale maximale grondverplaatsing nog steeds niet significant en kan er worden geconcludeerd dat er geen verhoogd aardbevingsrisico is voor het ontgravingstalud zelf.

4 Conclusie en aanbevelingen

Op basis van de uitgevoerde (semi)-kwantitatieve beschouwing van de aardbevingsrisico's voor de zandwinning Botjesgat te Zuidbroek kan het volgende worden geconcludeerd omtrent de aannamen en berekeningsresultaten:

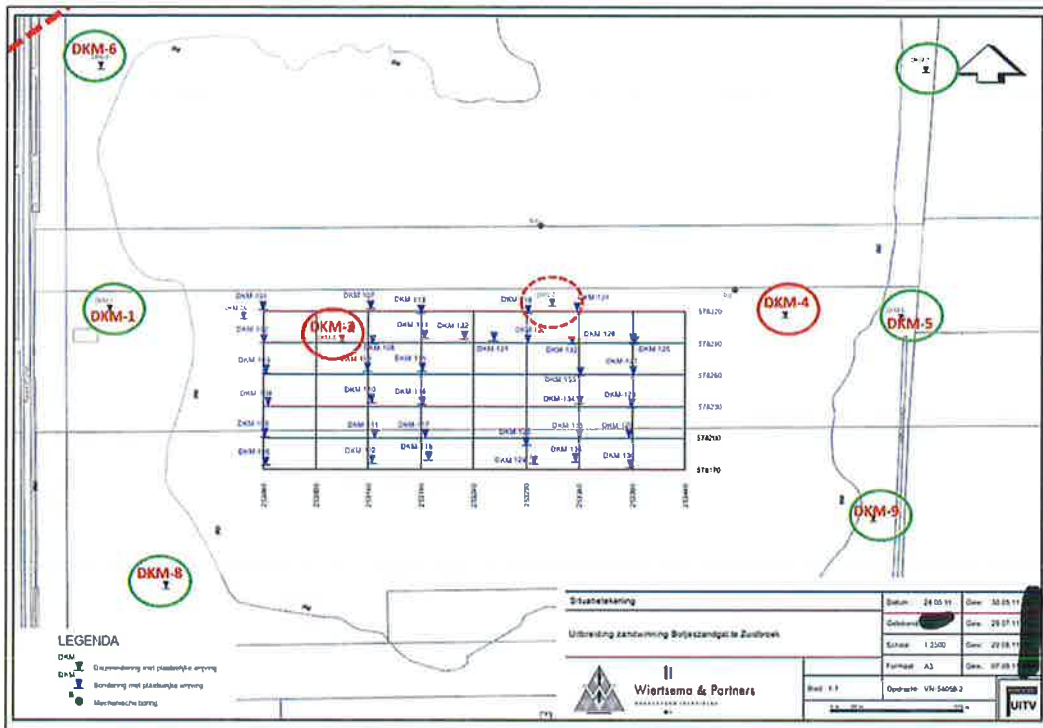
- Om de aardbevingsrisico's van de ontgraving te kunnen beoordelen is een eenvoudige berekening uitgevoerd waarbij is gekeken naar de stabiliteit van het ontgravingstalud, **het risico op verweking en de risico's van de daaruit volgende grondverplaatsingen** ter plaatse van de aanwezige aardgasleiding als maatgevend risicovol object. Hierbij is uitgegaan van een bovengrensbepaling bestaande uit een combinatie van de meest verwekingsgevoelige bodemopbouw, een hoge PGA-waarde en importantiefactor en het meest steile ontgravingstalud volgens de ontwerplijn van maatgevende doorsnede hmp300.
- Uit de verwekingsanalyses volgt dat er lokaal verweking kan optreden in de aanwezige **1 à 2 m dunne los gepakte zand en siltlagen. De zakking langs het talud ten gevolgen** van compactie zullen echter niet significant zijn (maximaal 0,01 m). Op het maaiveld achter de kruin zijn de zakkingen ten gevolgen van verweking eveneens niet significant.
- De invloed van verweking en de horizontale aardbevingsversnelling op de stabiliteit is getoetst a.h.v. de Newmark Sliding Block analyse. Hieruit volgt dat de grensversnelling ($a_{grens} = 0,155$) groter is dan de aangehouden rekenwaarde van de maximaal te verwachten horizontale versnelling ($a_{g,d} = 0,119$). Dit houdt in dat er voldoende zijdelingse weerstand aanwezig is om eventuele afschuiving als gevolg van een horizontale versnelling te kunnen voorkomen. Hierdoor zullen er geen verplaatsingen **t.p.v de aardgasleiding te verwachten zijn en zijn daarmee de aardbevingsrisico's t.a.v. de leiding als gevolg van dergelijke grondverplaatsingen verwaarloosbaar.**
- Hoewel voor de lokale stabiliteit van het ontgravingstalud zelf tijdens een aardbeving lokaal een lagere grensversnelling wordt berekend, kunnen lokaal Newmark verplaatsingen van orde grootte millimeters tot een centimeter te verwachten zijn. Maar ook deze verplaatsingen zullen daarmee geen significant aardbevingsrisico vormen voor globale instabiliteit.
- **Eventuele aardbevingsrisico's ten aanzien van installaties (kranen etc.) welke aanwezig** kunnen zijn op het maaiveld achter de kruin zijn niet in onderhavige notitie beschouwd.

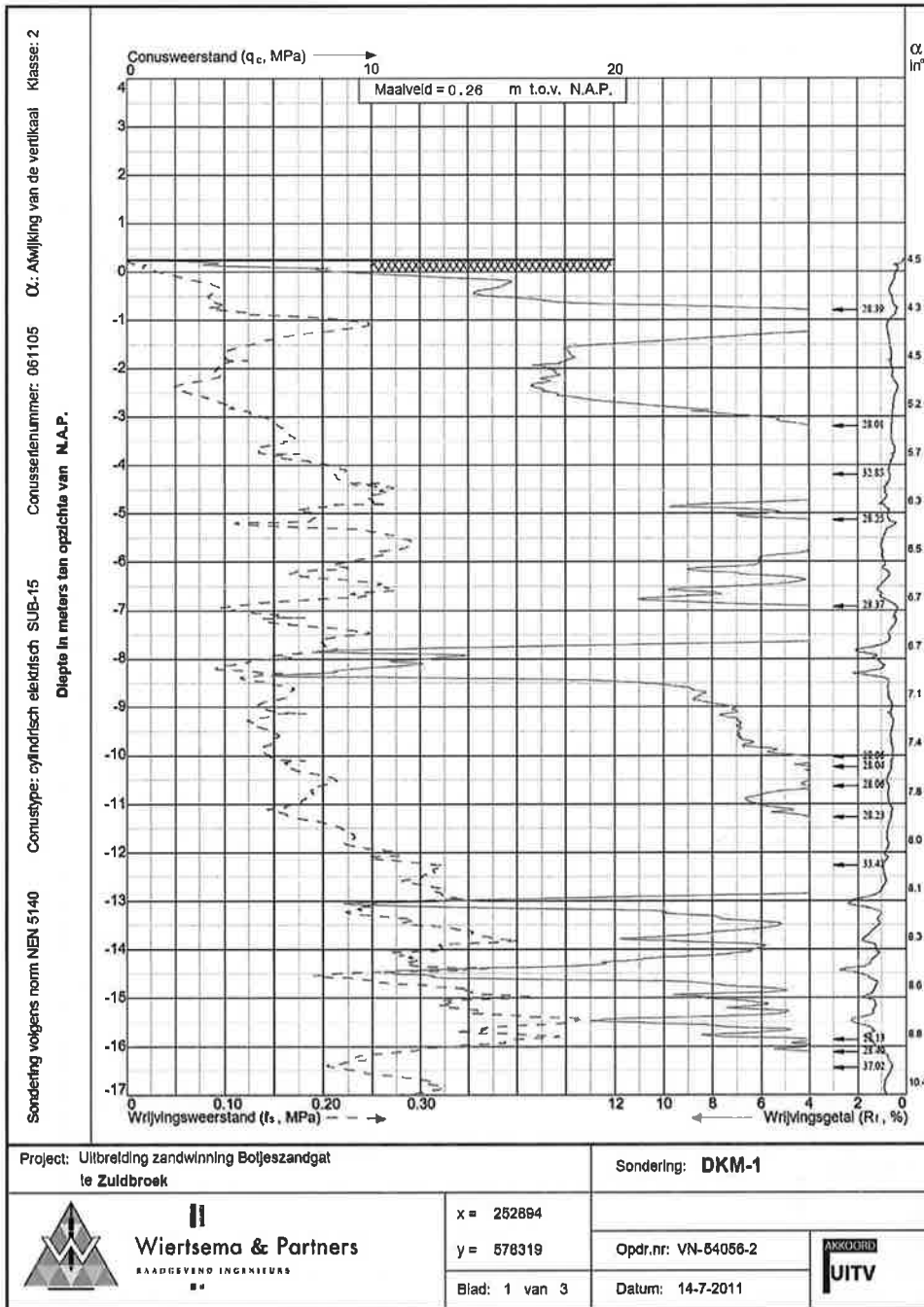
5 Literatuur



- [1] NPR 9998:2020 - Beoordeling van de constructieve veiligheid van een gebouw bij nieuwbouw, verbouw en afkeuren – Grondslagen voor aardbevingsbelastingen: geïnduceerde aardbevingen
- [2] NEN 9997-1:2012 Eurocode 7 - Geotechnisch ontwerp van constructies - Samenstelling van: NEN-EN 1997-1 Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels; NEN-EN 1997-1/NB Nationale bijlage bij NEN-EN 1997-1 en NEN 9097-1: Aanvullende bepalingen voor het geotechnisch ontwerp (ontwerp). ICS 91.080.01; 93.020
- [3] Green, R.A., *Groningen-Specific Liquefaction Evaluation – Summary*; Report for NAM, 2018
- [4] Yoshimine, M., H. Nishizaki, K. Amano, and Y. Hosono, 2006. *Flow deformation of liquefied sand under constant shear load and its application to analysis of flow slide of infinite slope*, Soil Dyn. and Earthquake Engrg., 26 (2-4), 253-264.
- [5] Resultaten grondonderzoek ten behoeve van de uitbreiding van de zandwinning Botjesgat te Zuidbroek van Wiertsema & Partners d.d. 8 september 2011 (opdr.nr.: VN-54056-2).
- [6] Rapportage Grontmij Botjesgat d.d. 2011, p.n.: 309781, revisie 02
- [7] Rapportage Uitbreiding Botjeszandgat, grondonderzoek en baggerplan d.d. 1 juli 2011, Deltares, doc.nr.: 1205035-000-GEO-0004
- [8] Tekeningen situatie en dwarsprofielen 3548_tek9c-1_prfl_2009-ontwerp d.d. 28 september 2011
- [9] **Effecten geïnduceerde aardbevingen op kritische infrastructuur Groningen (quick scan)**, Deltares, doc.nr.: 1208149-000-GEO-006, versie 02, Delft, 13 augustus 2013

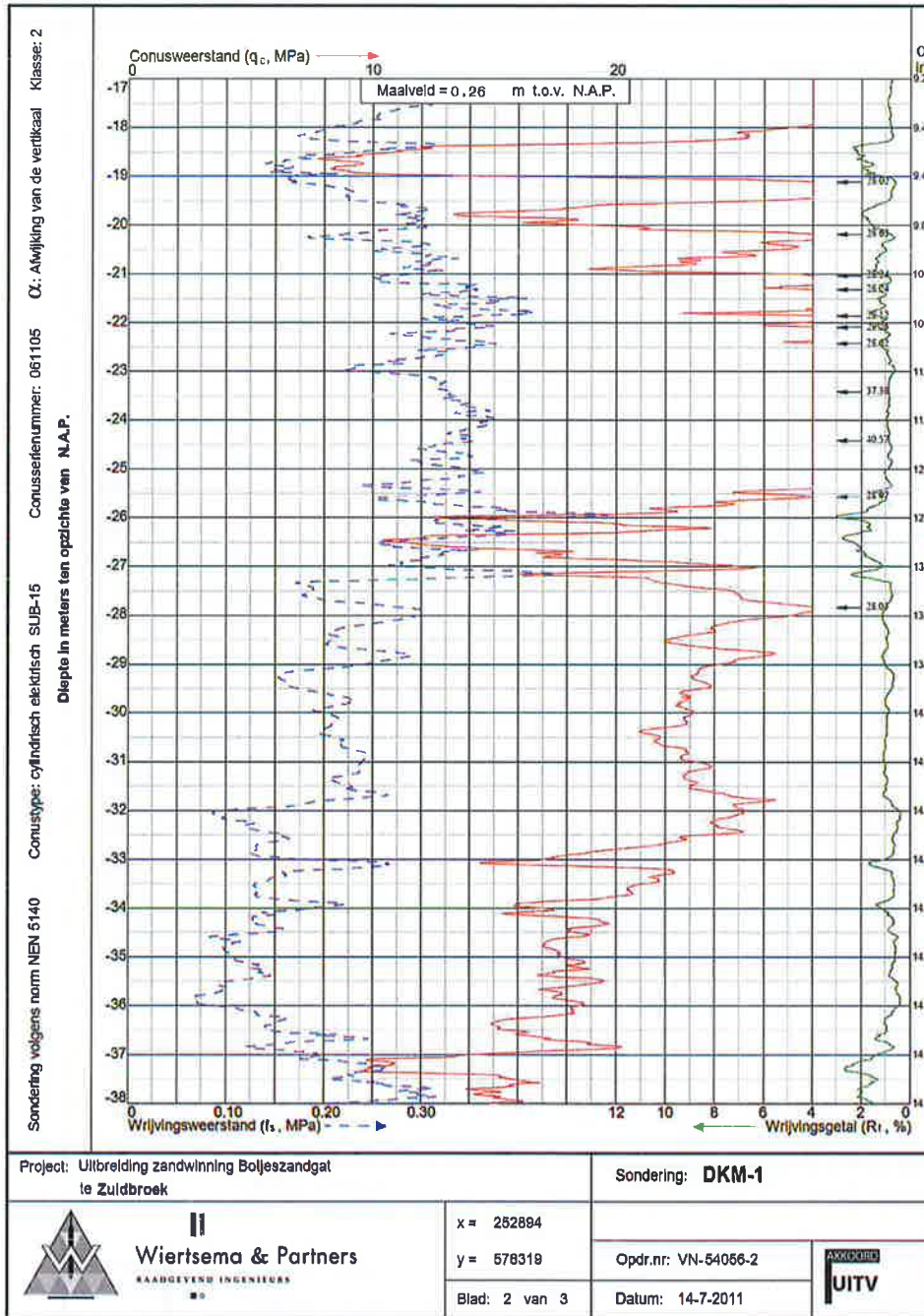
Bijlage 1. Gebruikt grondonderzoek

1 -

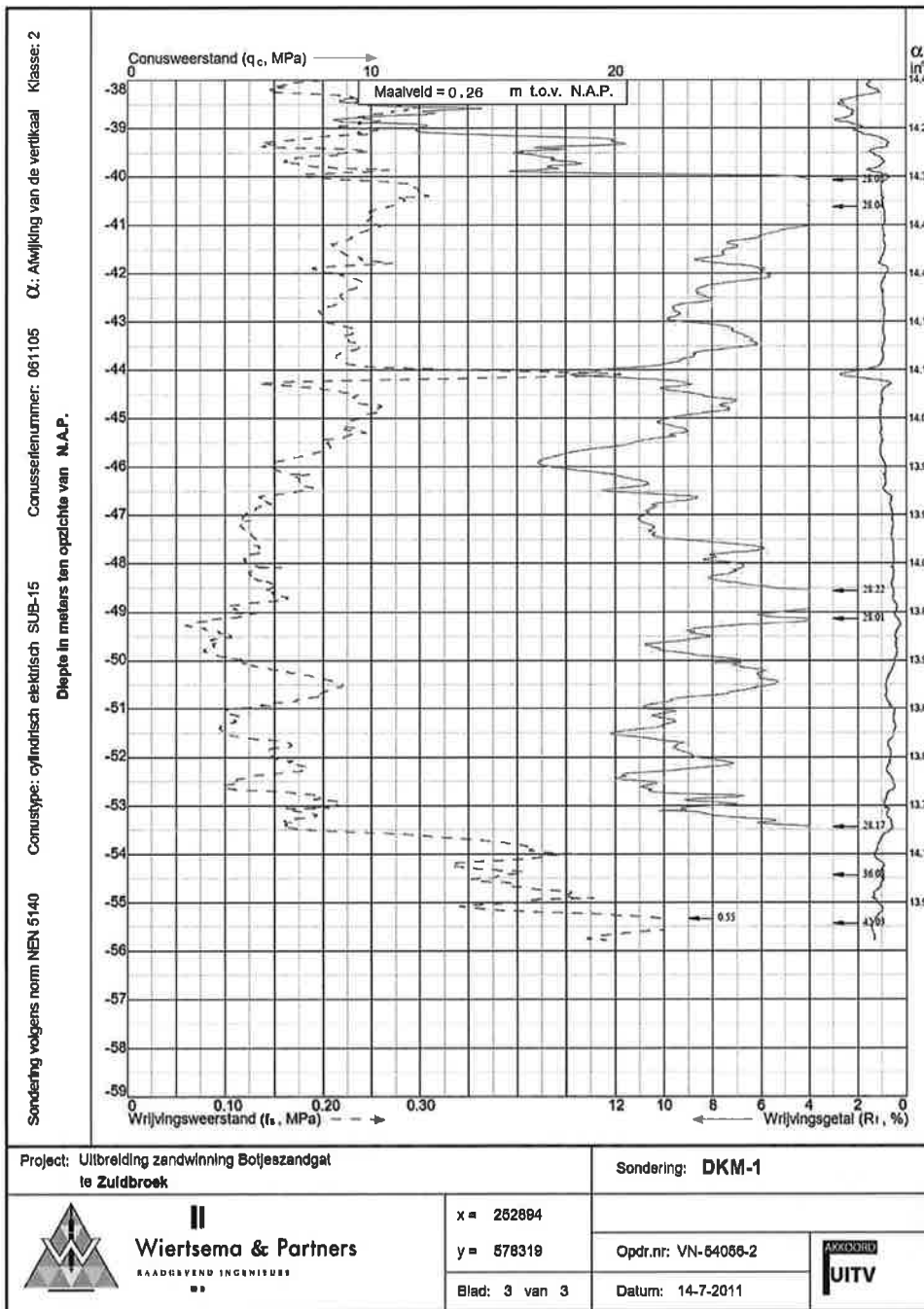






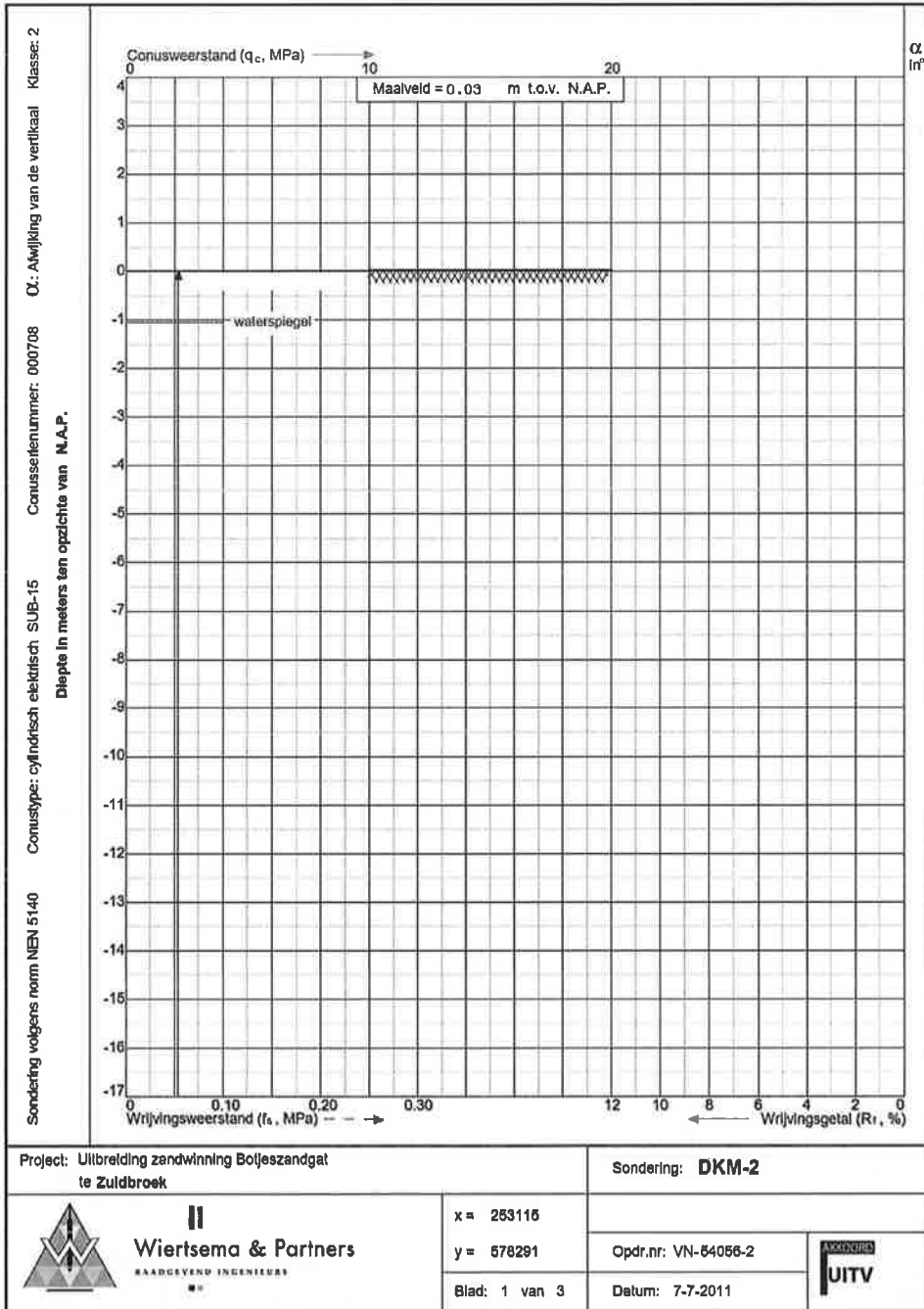
Project: Uitbreiding zandwinning Botjeszandgat te Zuldbroek		Sondering: DKM-1	
 <p>Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS</p>	x = 252894	Opdr.nr: VN-64056-2	
	y = 578319	Datum: 14-7-2011	
	Blad: 1 van 3		



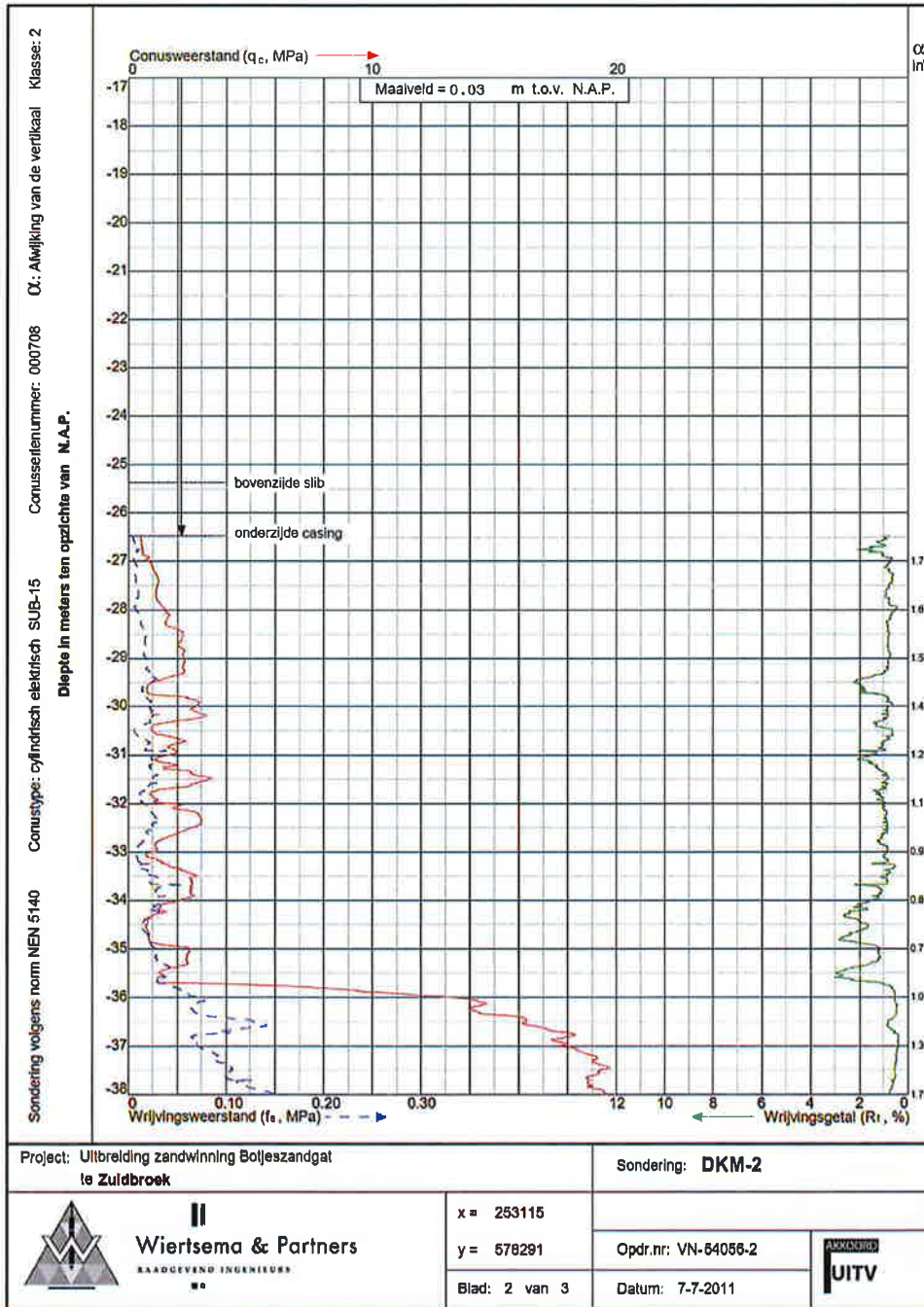
54056-2 R16548 Resultaten grondonderzoek.pdf



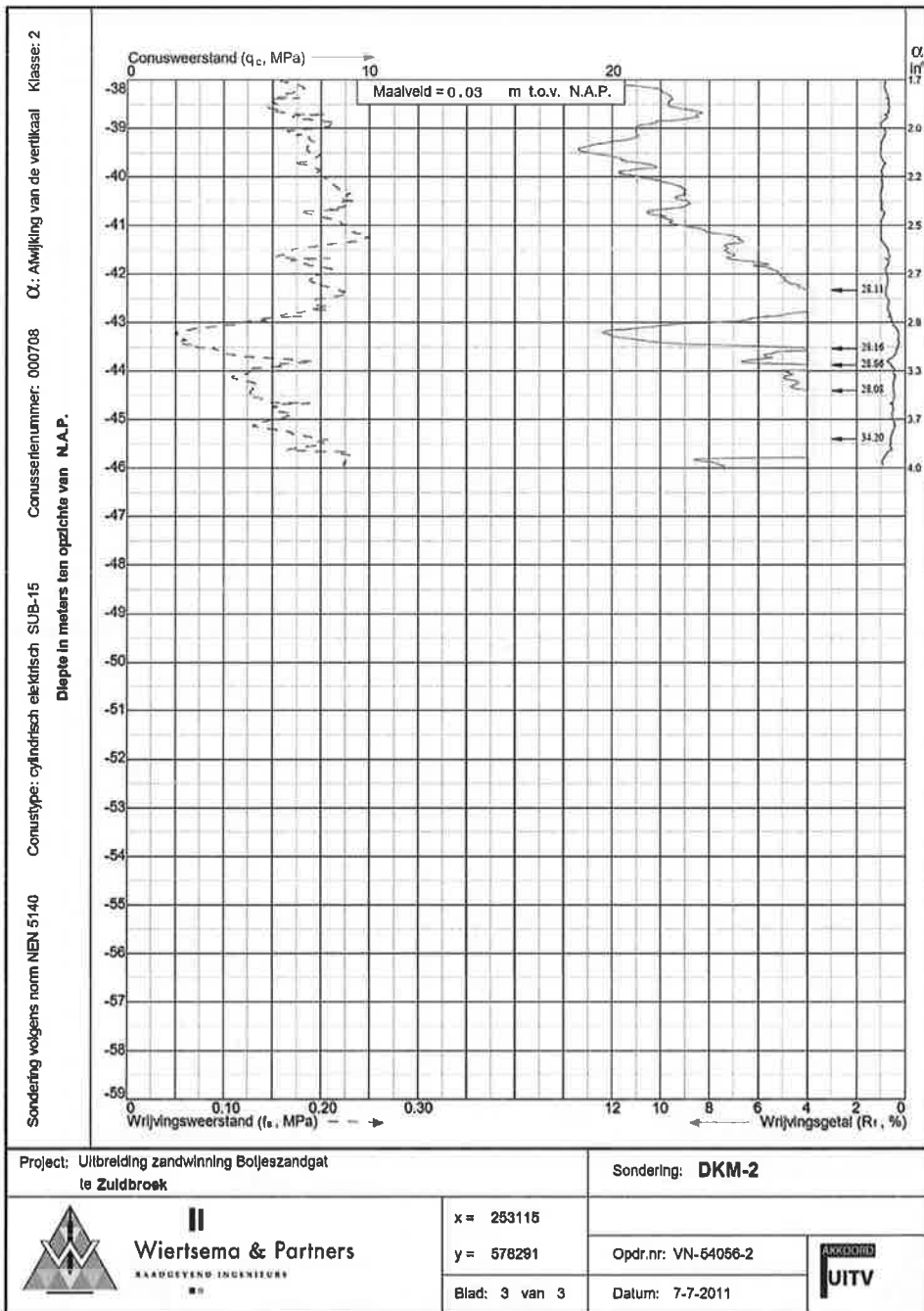
Project: Uitbreiding zandwinning Botjeszandgat te Zuidbroek		Sondering: DKM-1	
 Wiertsema & Partners RAADSVEND INGENIEURS	x = 282894	Opdr.nr: VN-64056-2	
	y = 578319	Datum: 14-7-2011	
Blad: 3 van 3			



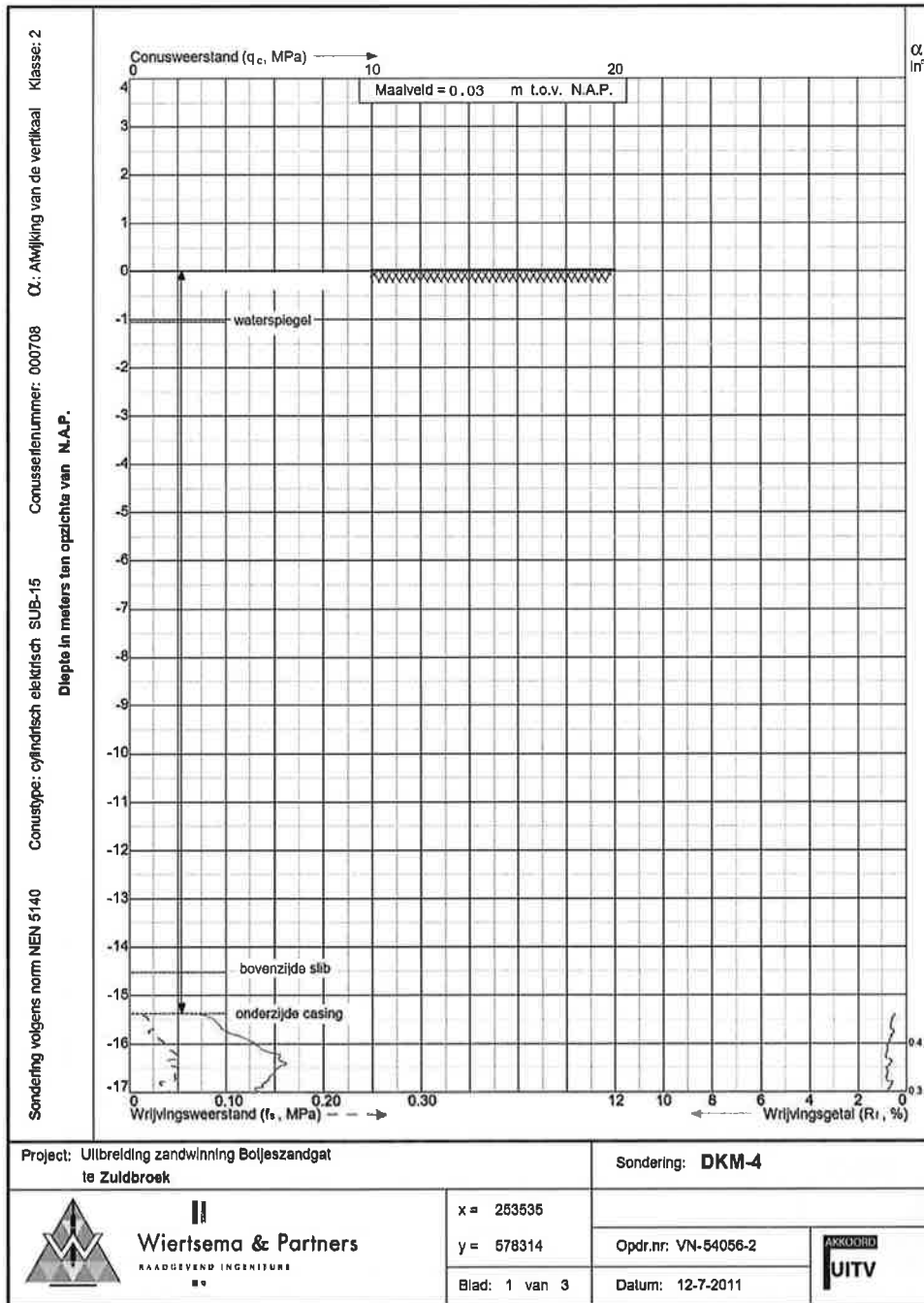
54056-2 R16548 Resultaten grondonderzoek.pdf





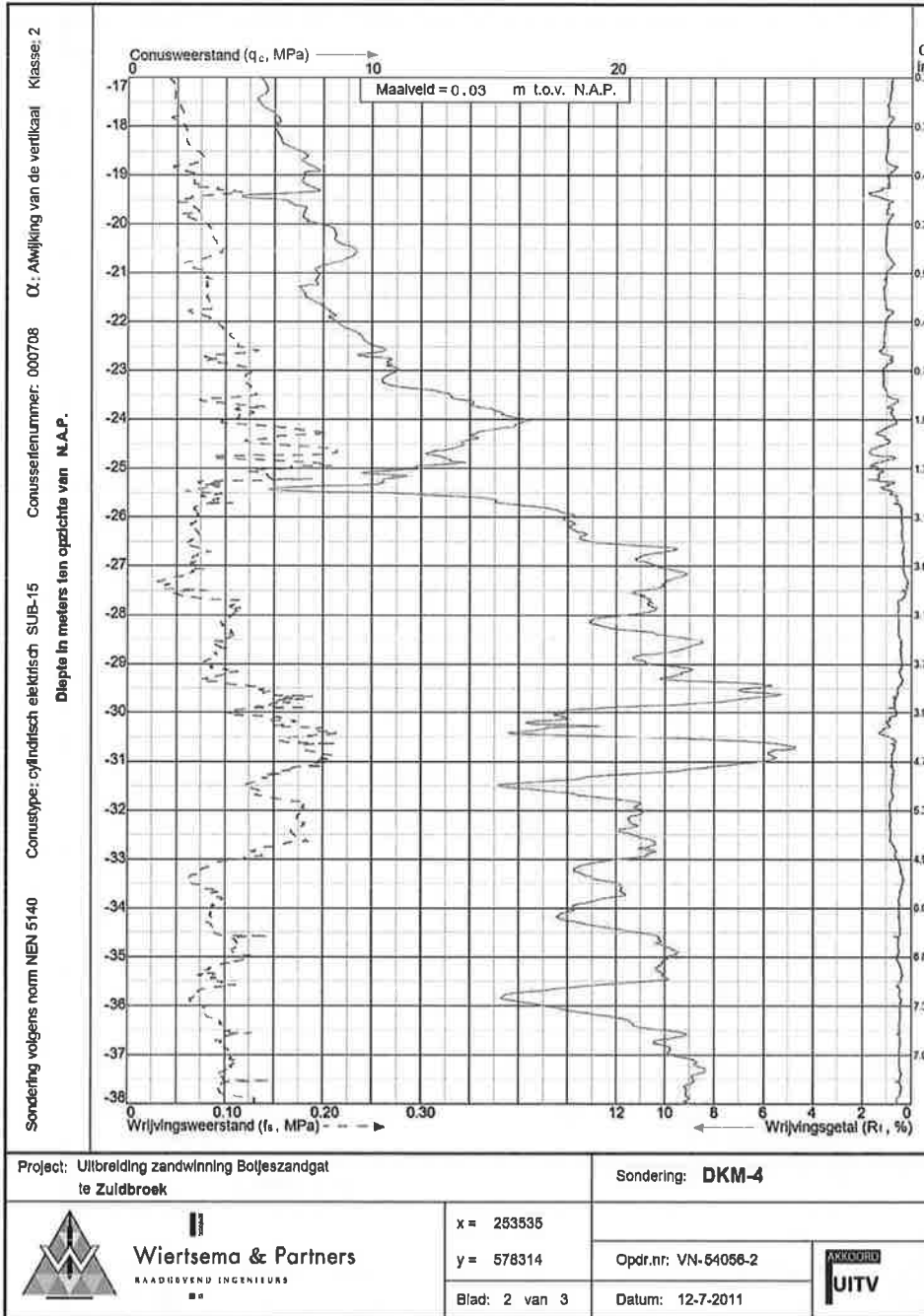
54056-2 R16548 Resultaten grondonderzoek.pdf



54056-2 R18548 Resultaten grondonderzoek.pdf



Project: Uitbreiding zandwinning Boljeszandgat te Zuidbroek		Sondering: DKM-4	
 <p>Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEUR</p>	x = 253536	Opdr.nr: VN-54056-2	
	y = 578314		
	Blad: 1 van 3	Datum: 12-7-2011	



Project: Uitbreiding zandwinning Botjeszandgat te Zuldbroek

Sondering: **DKM-4**



Wiertsema & Partners
RAADADVEND INGENIEURS

x = 253535

y = 578314

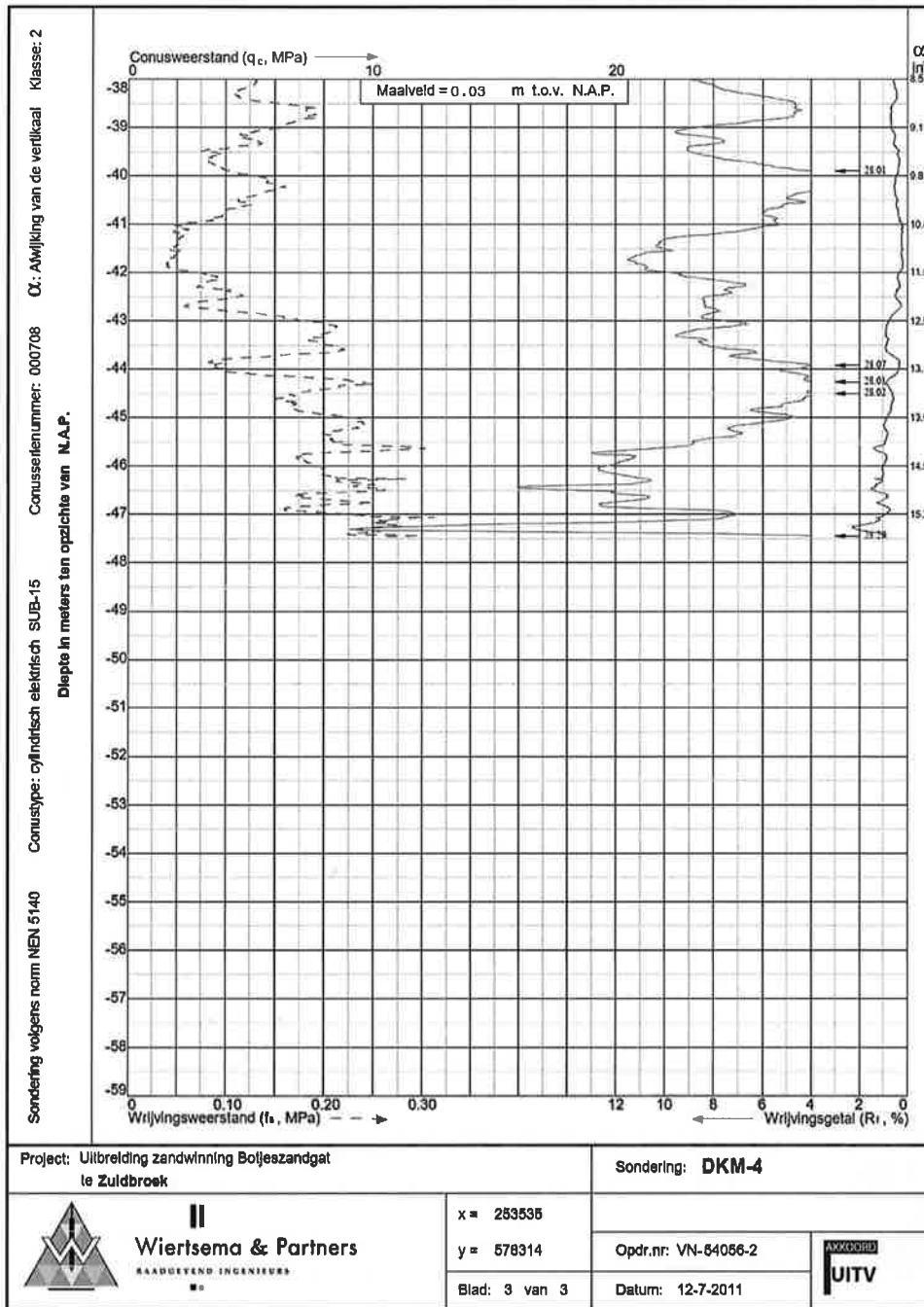
Blad: 2 van 3

Opdr.nr: VN-54056-2

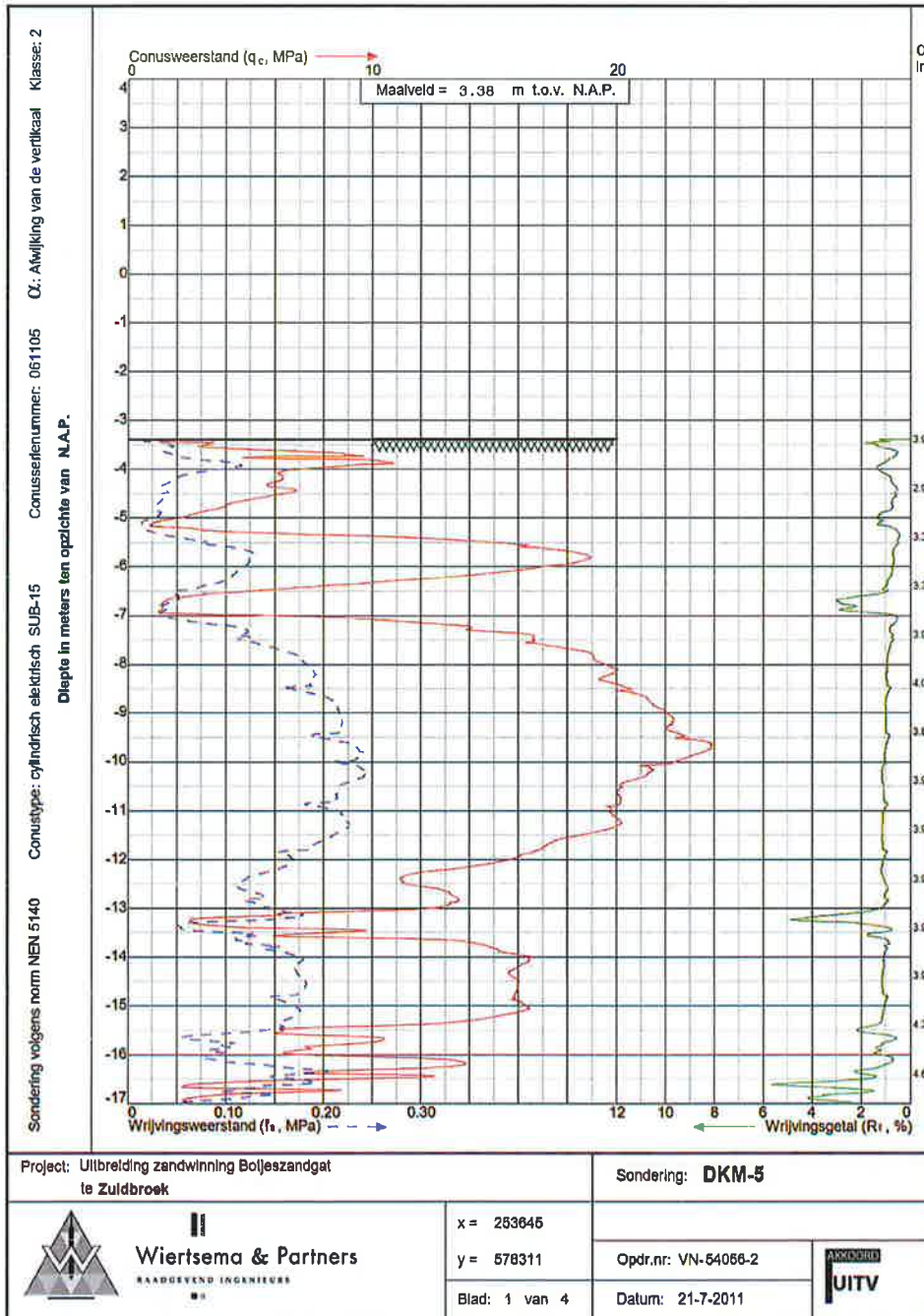
Datum: 12-7-2011



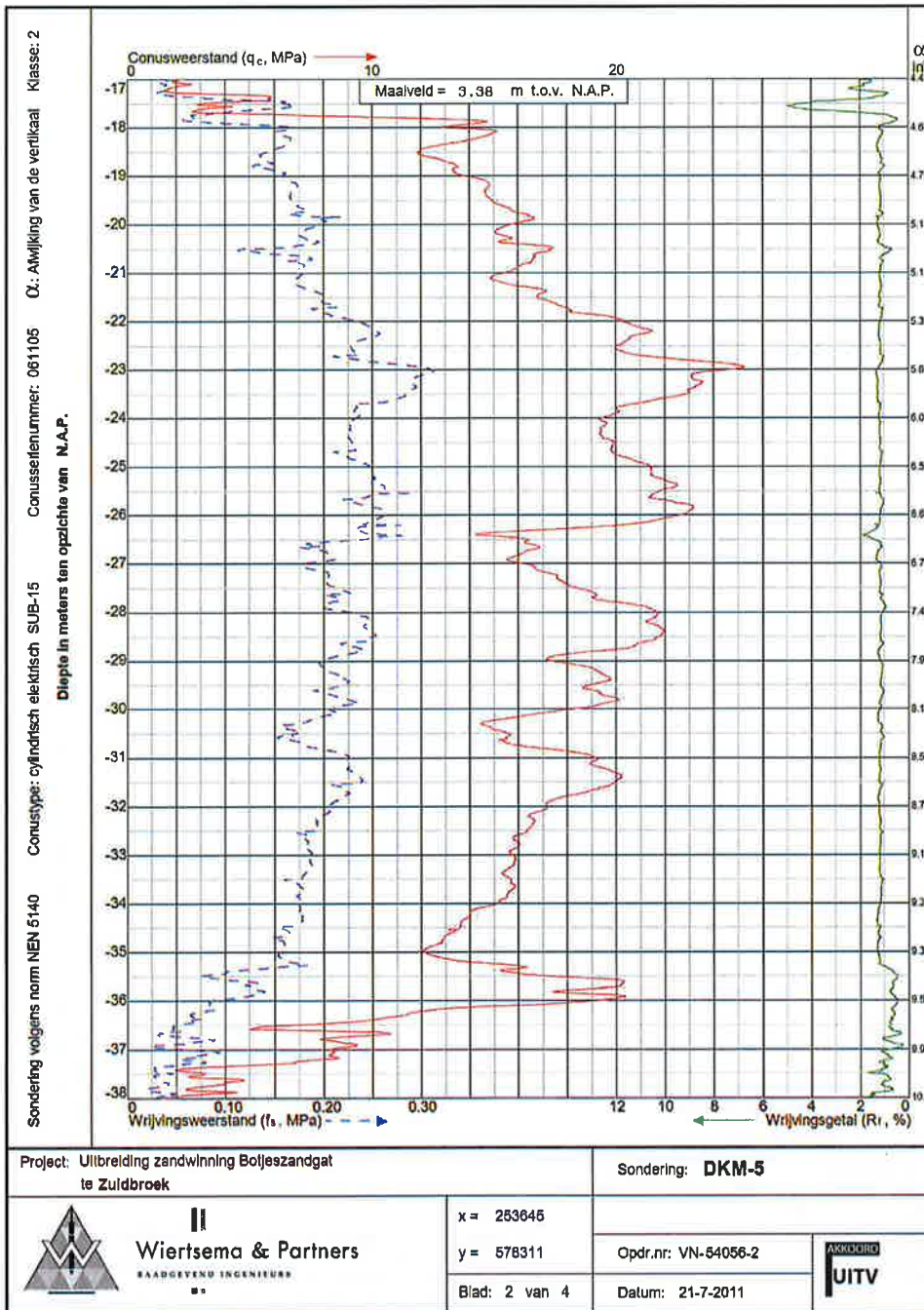
54056-2 R16548 Resultaten grondonderzoek.pdf



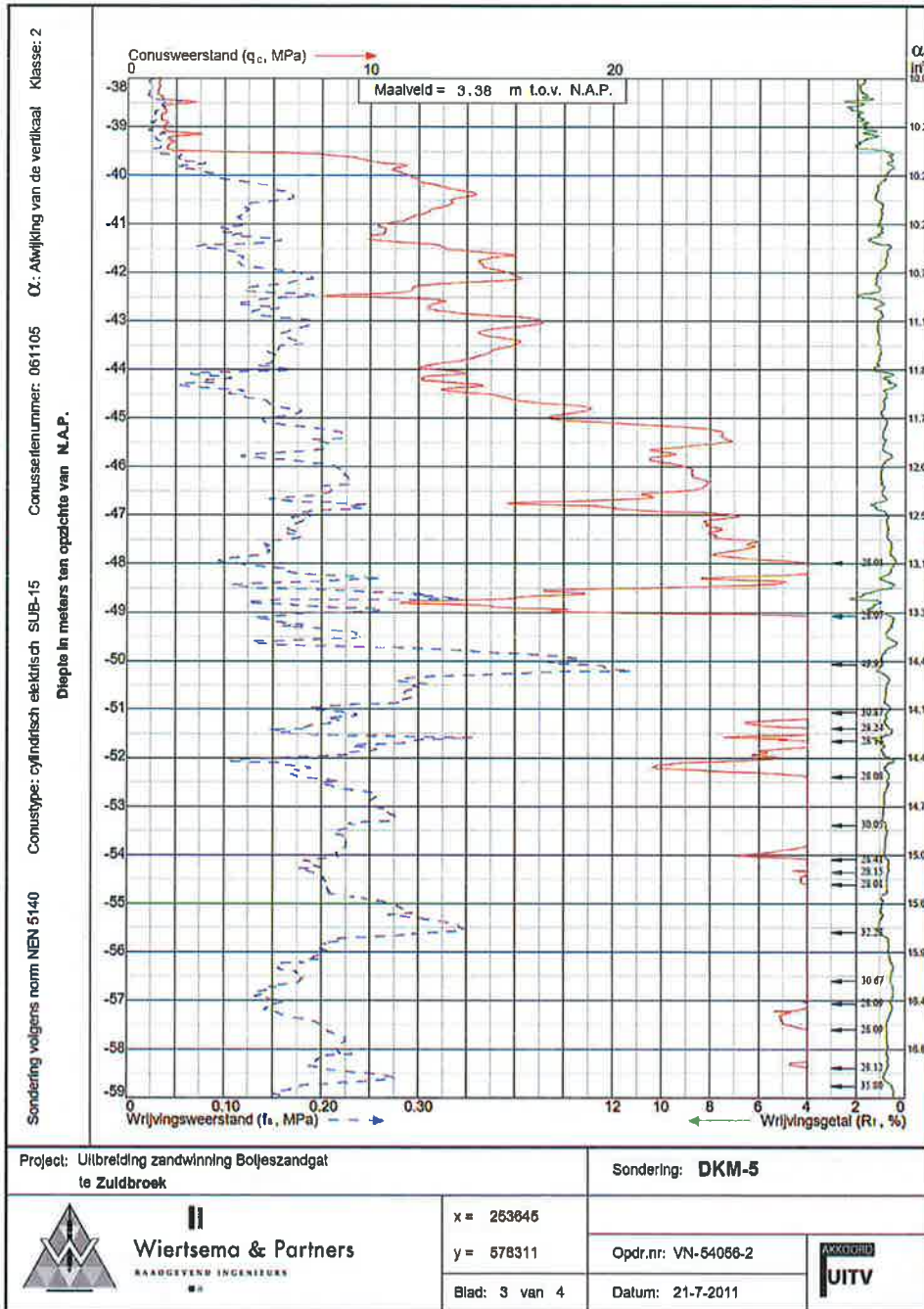
54056-2 R16548 Resultaten grondonderzoek.pdf



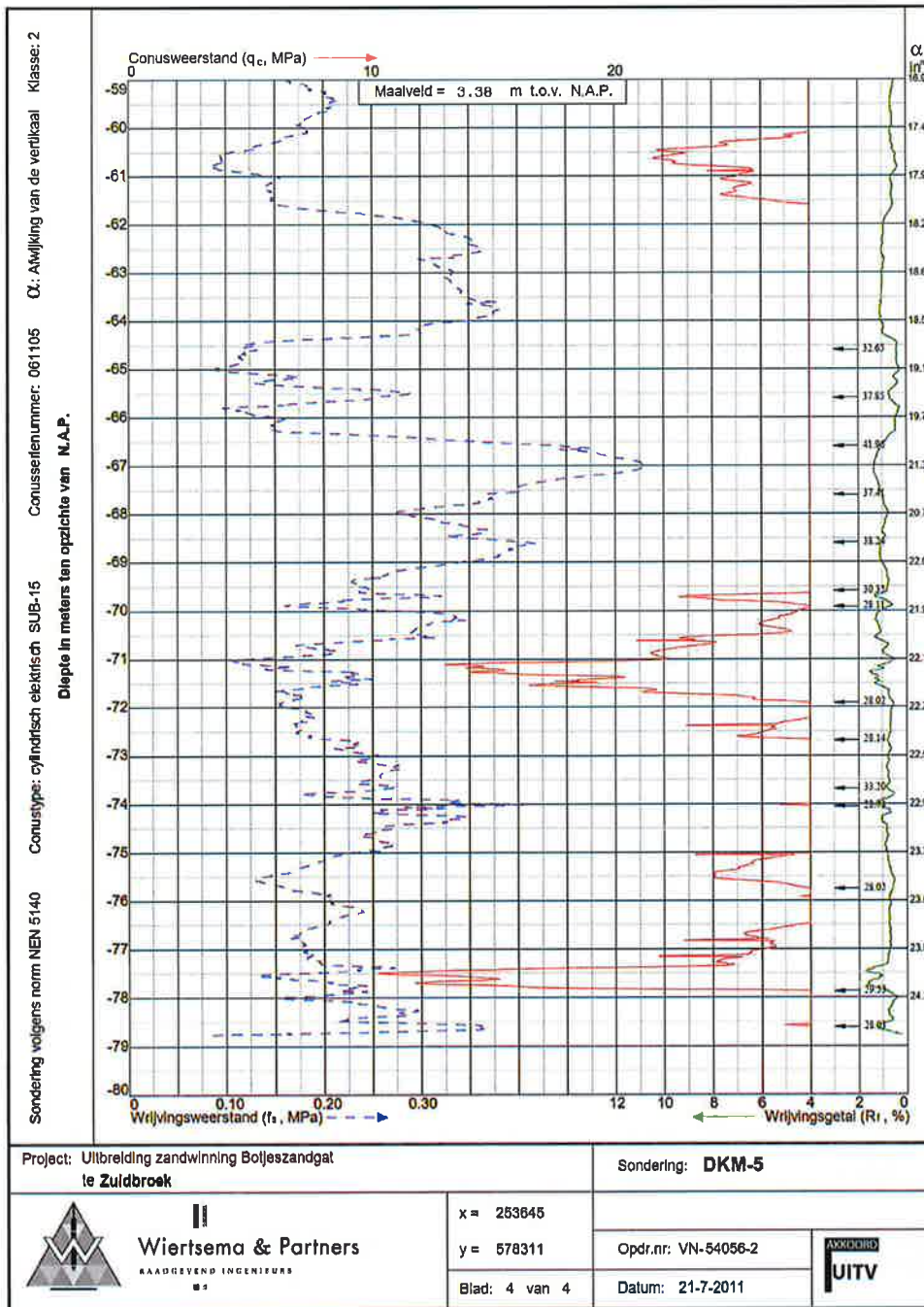
54056-2 R16548 Resultaten grondonderzoek.pdf





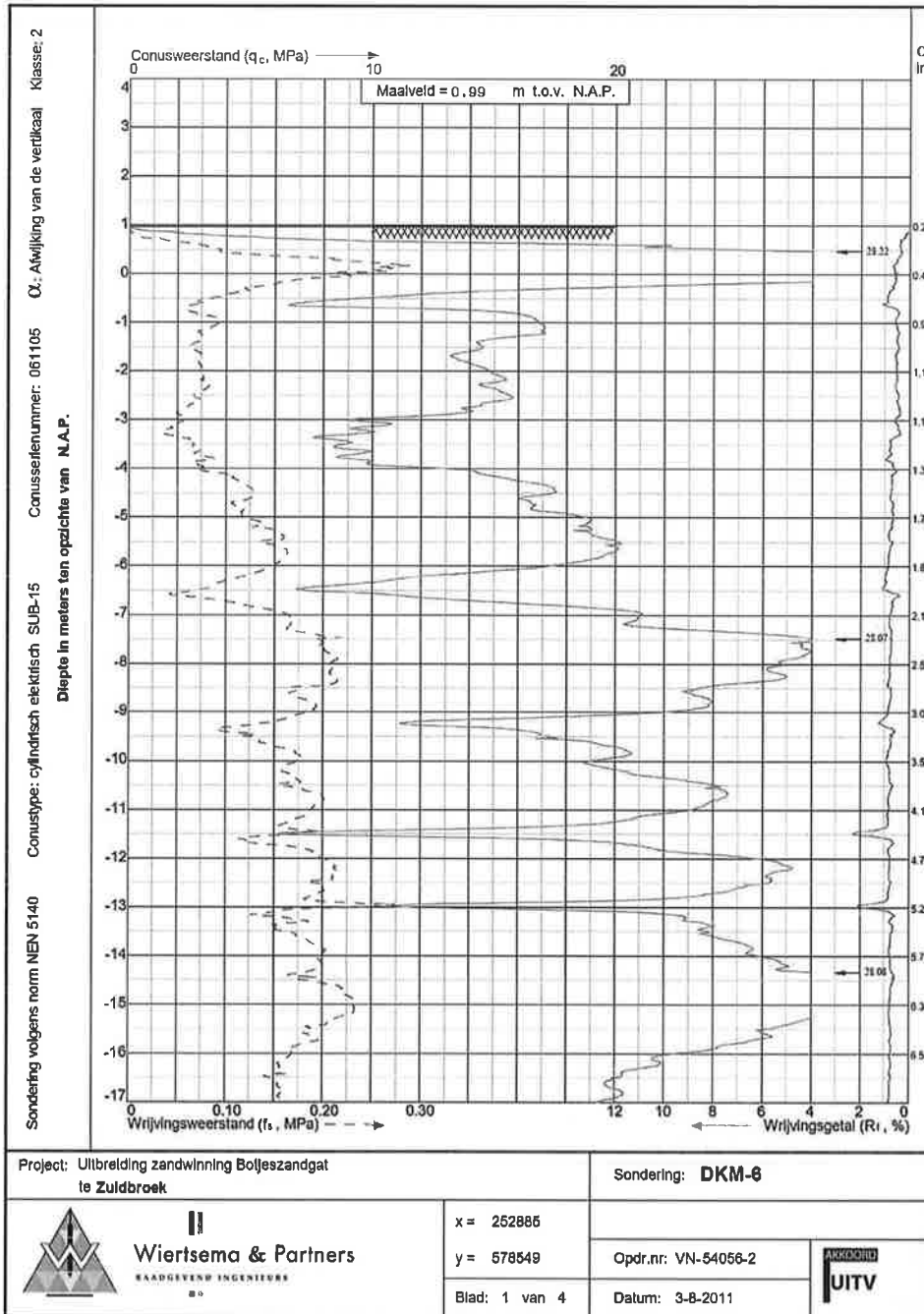
54056-2 R16548 Resultaten grondonderzoek.pdf



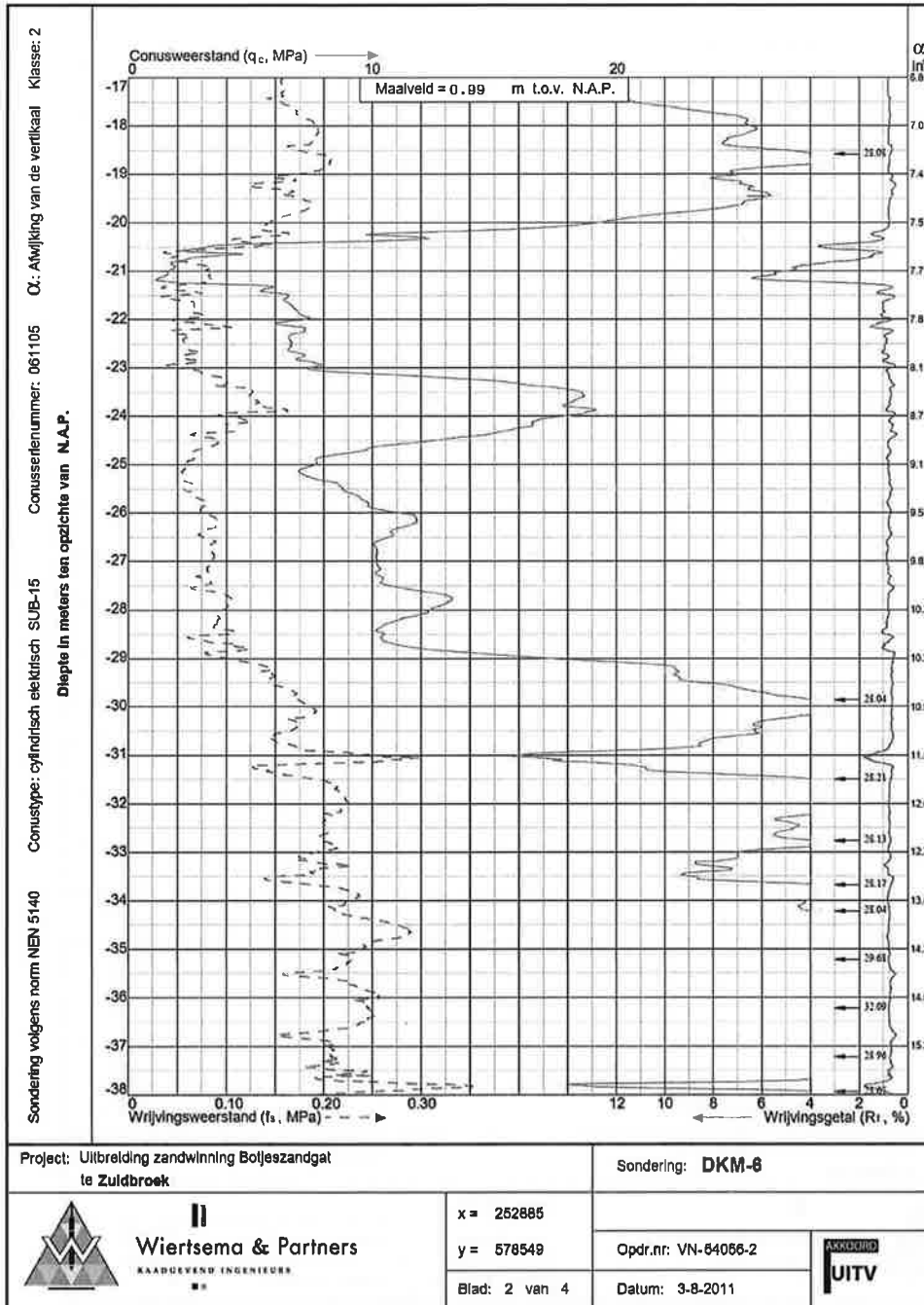
54056-2 R16548 Resultaten grondonderzoek.pdf



Project: Uitbreiding zandwinning Boljeszandgat te Zuidbroek		Sondering: DKM-5	
 Wiertsema & Partners RAADPLEVEND INGENIEURS	x = 253645	Opdr.nr: VN-54056-2	
	y = 578311	Datum: 21-7-2011	
Blad: 4 van 4			



54056-2 R16548 Resultaten grondonderzoek.pdf



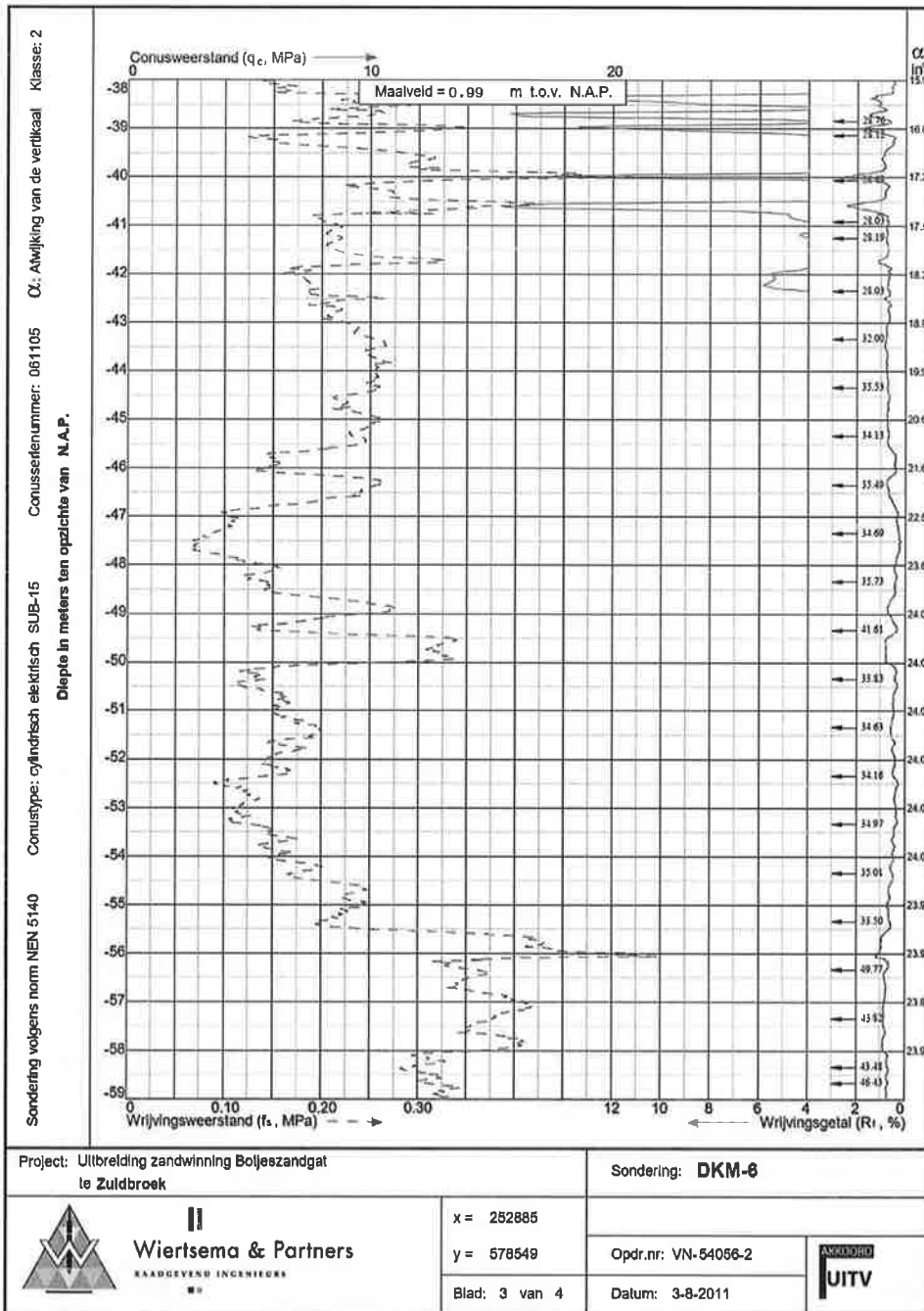
Project: Uitbreiding zandwinning Botjeszandgat te Zuidbroek Sondering: **DKM-6**



x = 252885
 y = 578549
 Blad: 2 van 4

Opdr.nr: VN-64066-2
 Datum: 3-8-2011





Project: Uitbreiding zandwinning Boljeszandgat te Zuidbroek

Sondering: DKM-6



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 252885

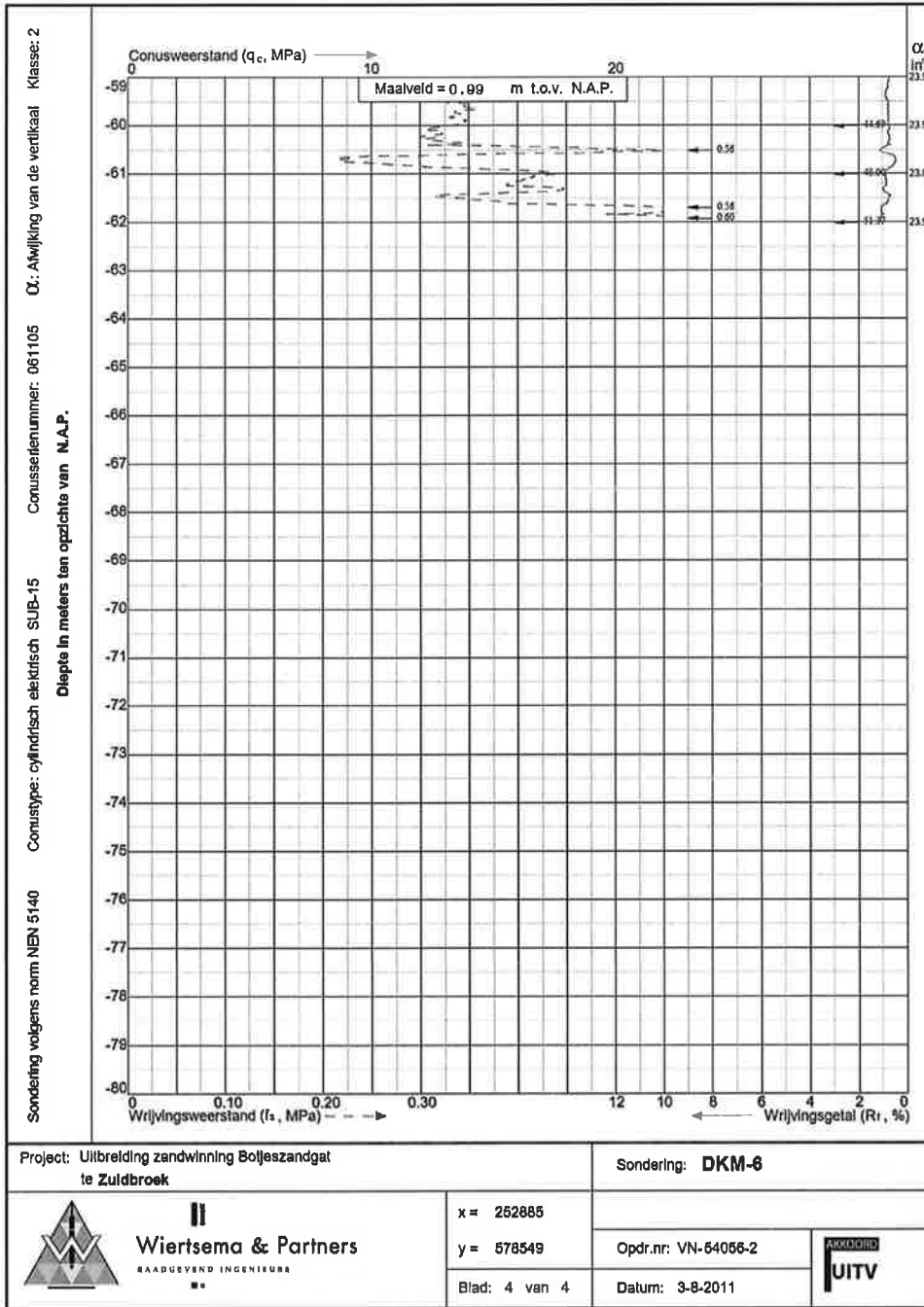
y = 578549



Blad: 3 van 4

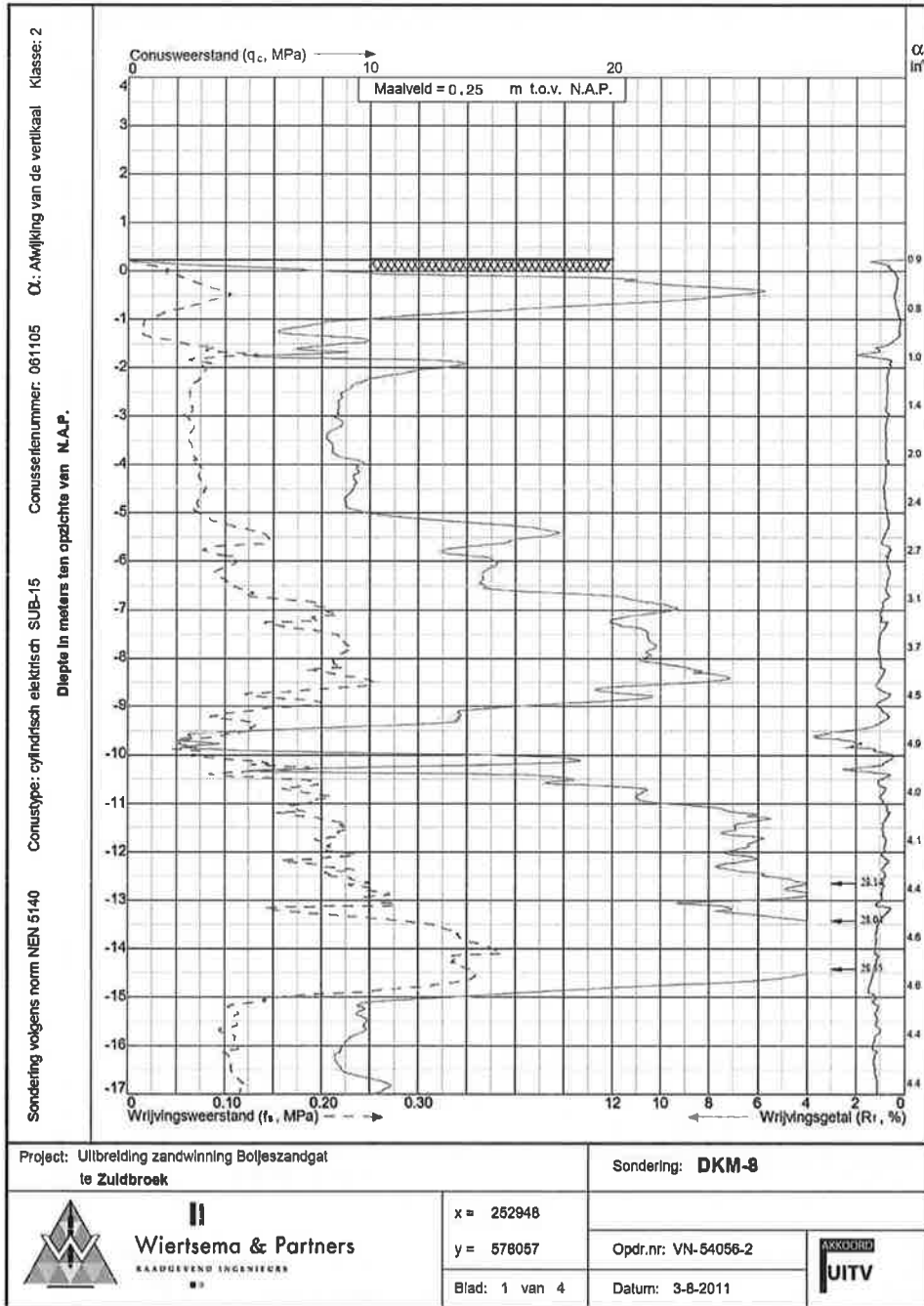
Opdr.nr: VN-54056-2

Datum: 3-8-2011





Project: Uitbreiding zandwinning Boljeszandgat te Zuldbroek		Sondering: DKM-6	
 <p>Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS</p>	x = 252885	Opdr.nr: VN-64066-2	
	y = 578549		
Blad: 4 van 4			



Project: Uitbreiding zandwinning Boljeszandgat
te Zuldbroek

Sondering: **DKM-3**



Wiertsema & Partners
RAADGEVENDE INGENIEERS

x = 252948

y = 578057

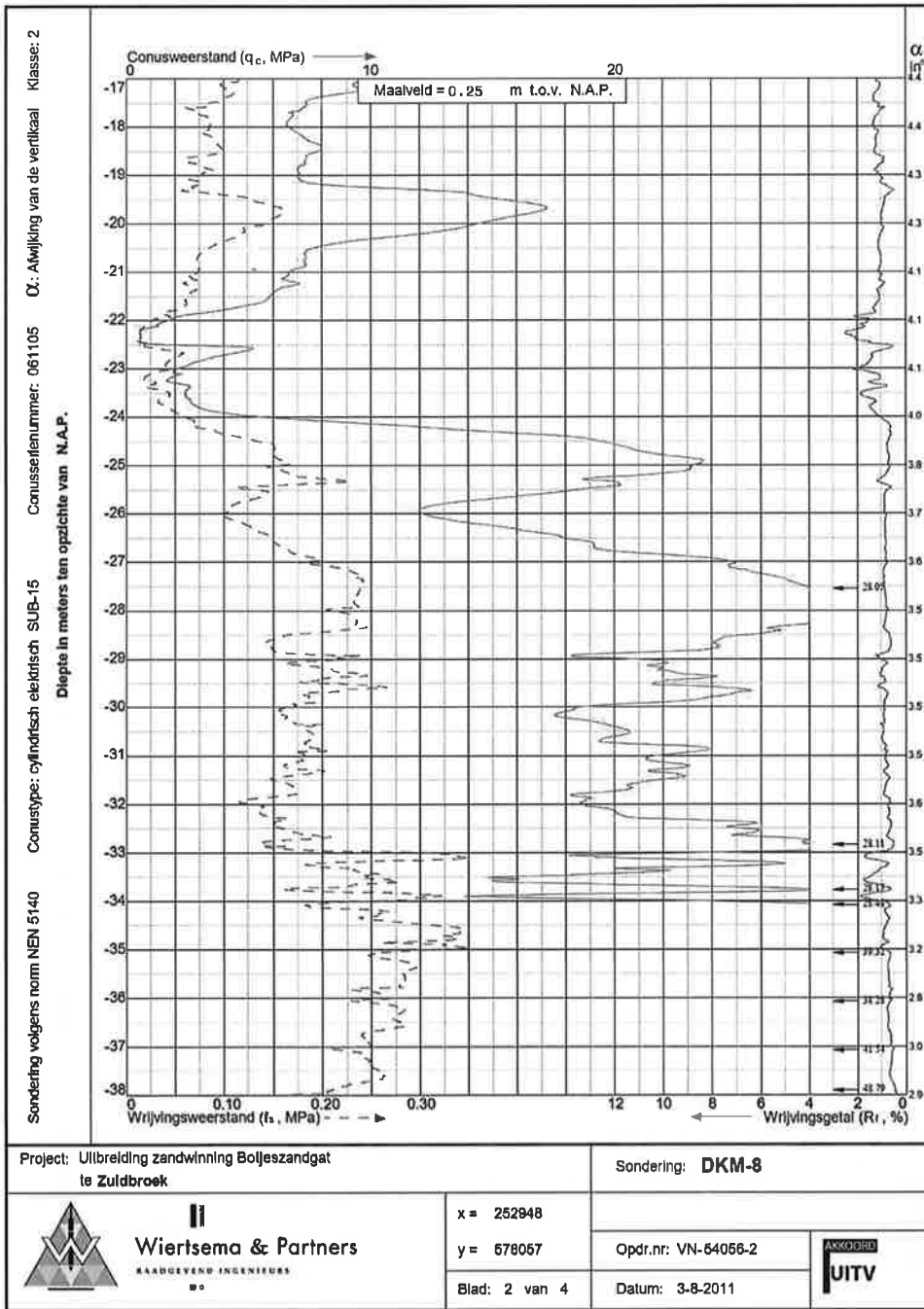
Blad: 1 van 4

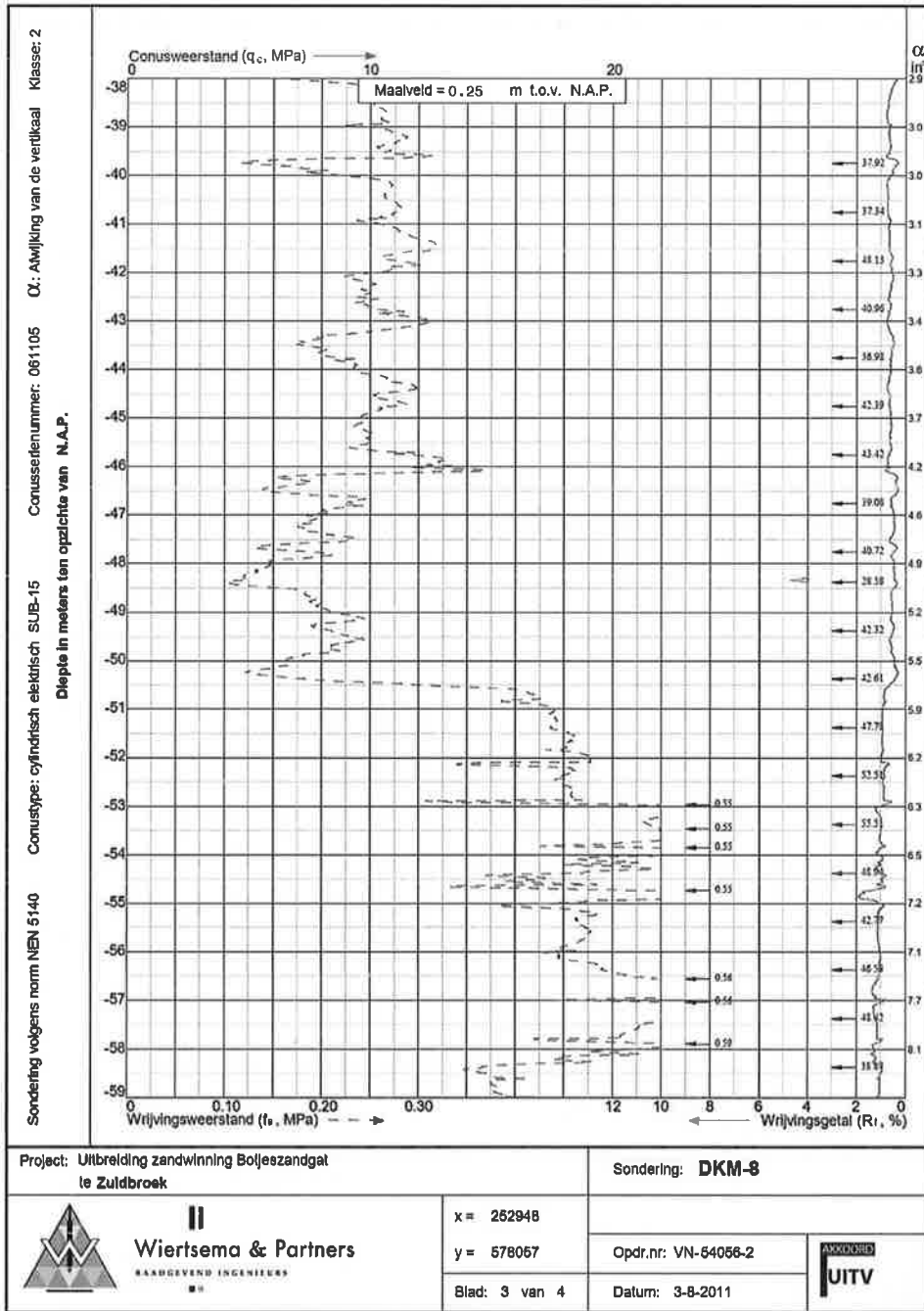
Opdr.nr: VN-54056-2

Datum: 3-8-2011



54056-2 R16548 Resultaten grondonderzoek.pdf





Project: **Uitbreiding zandwinning Botjeezandgat te Zuidbroek**

Sondering: **DKM-8**



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEERS

x = 262948

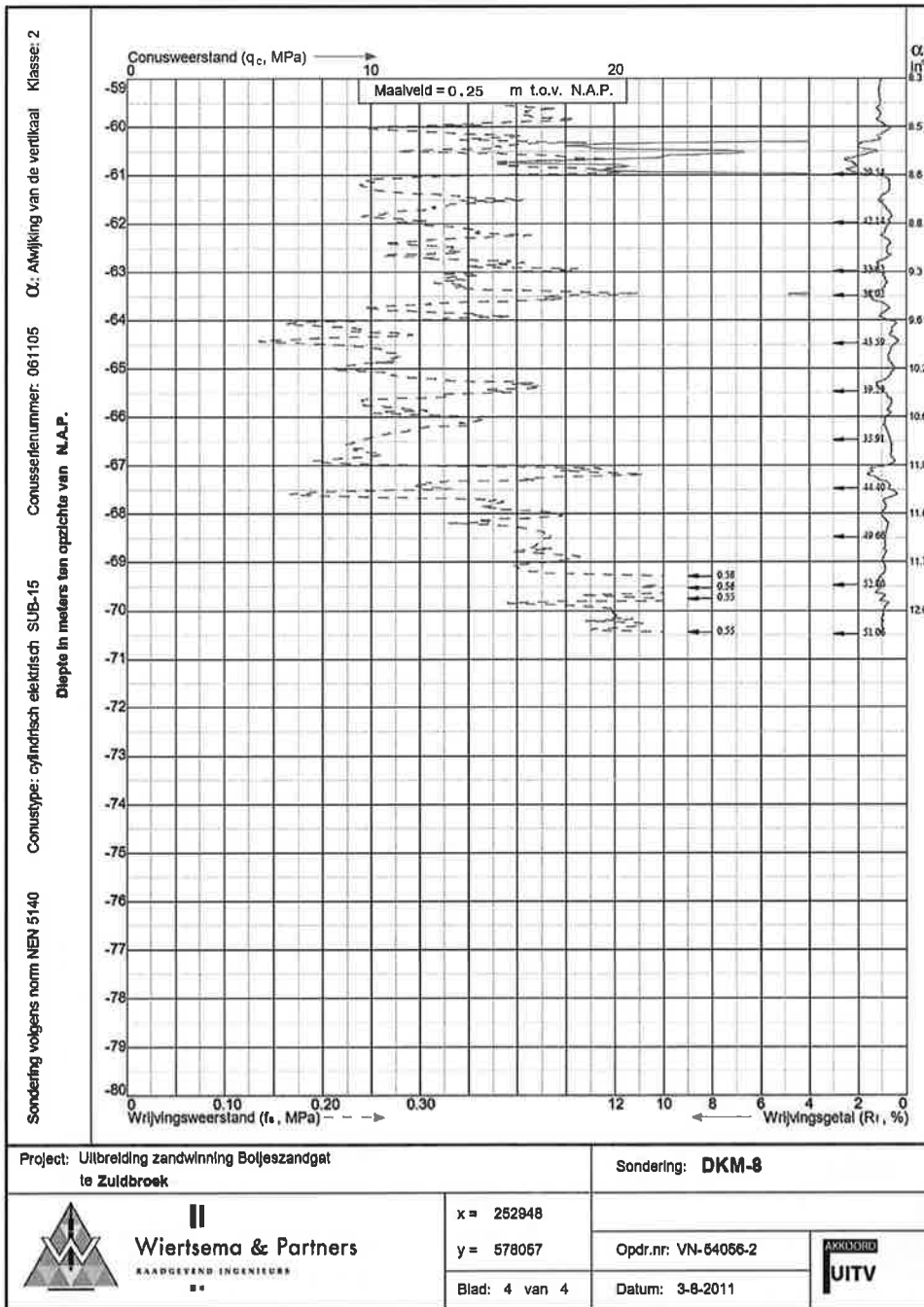
y = 578067



Blad: 3 van 4

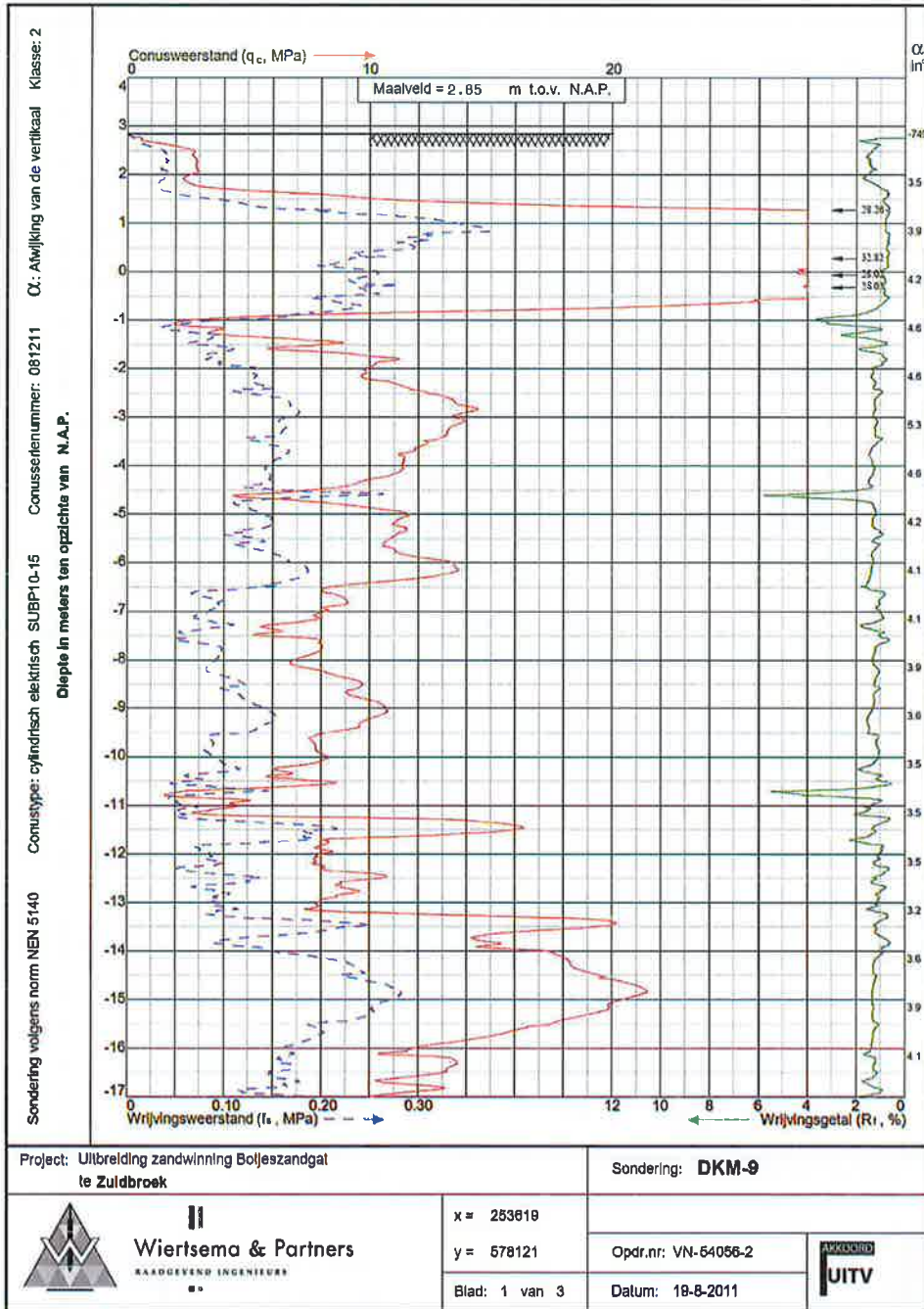
Opdr.nr: VN-54056-2

Datum: 3-8-2011





Project: Uitbreiding zandwinning Boljeszandgat te Zuldbroek		Sondering: DKM-8	
 <p>Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS</p>	x = 252948	Opdr.nr: VN-64056-2	
	y = 578057	Datum: 3-8-2011	
Blad: 4 van 4			



Project: Uitbreiding zandwinning Boljeszandgat te Zuidbroek

Sondering: **DKM-9**



Wiertsema & Partners
 RAADGEVEND INGENIEURS

x = 253619

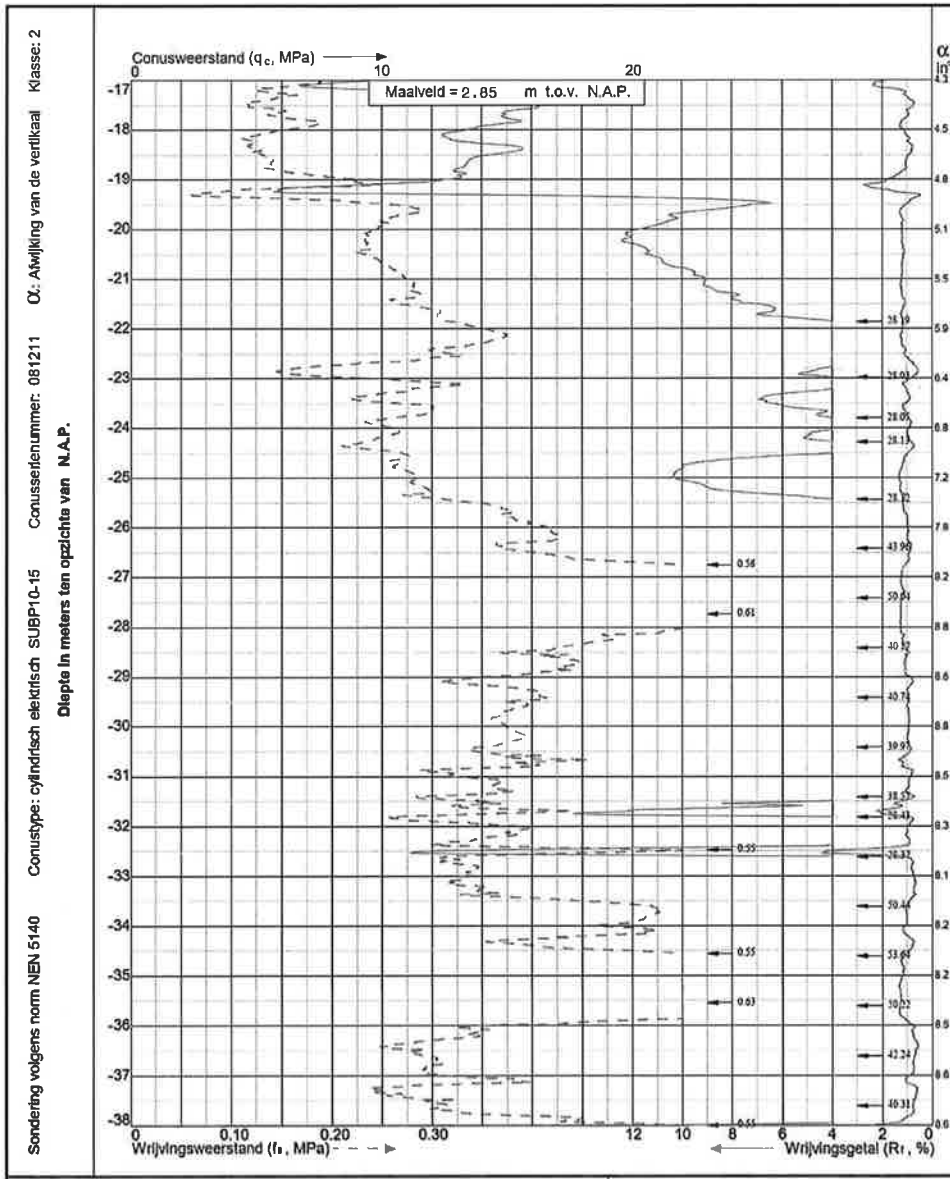
y = 578121



Blad: 1 van 3

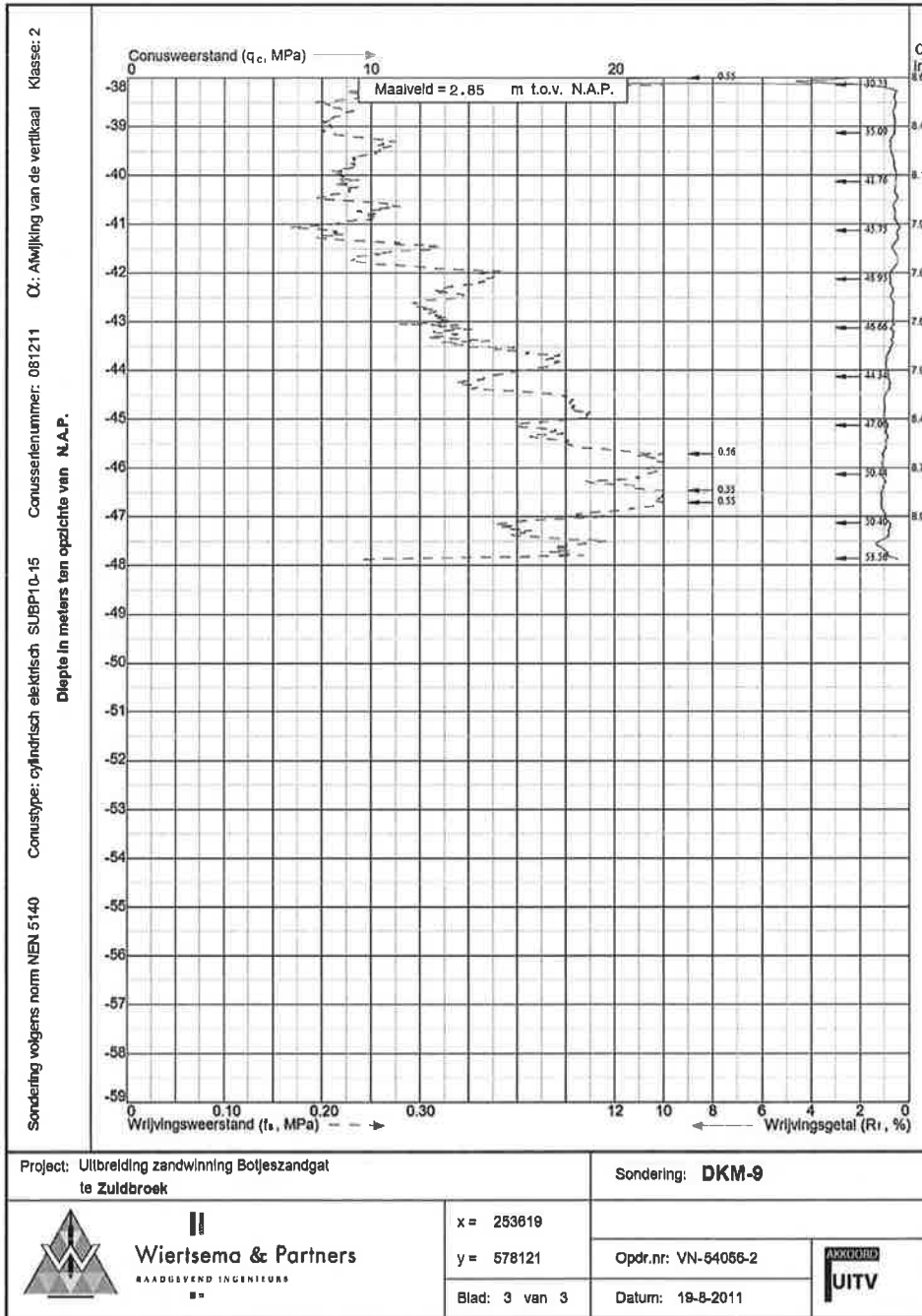
Opdr.nr: VN-64056-2

Datum: 19-8-2011





Project: Uitbreiding zandwinning Boljeszandgat te Zuidbroek		Sondering: DKM-9	
 Wiertsema & Partners RAADGAVEND INGENIEURS 54	x = 253619	Opdr.nr: VN-54056-2	
	y = 578121		
Blad: 2 van 3			



Project: Uitbreiding zandwinning Boljeszandgat te Zuidbroek

Sondering: DKM-9



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 253619

y = 578121

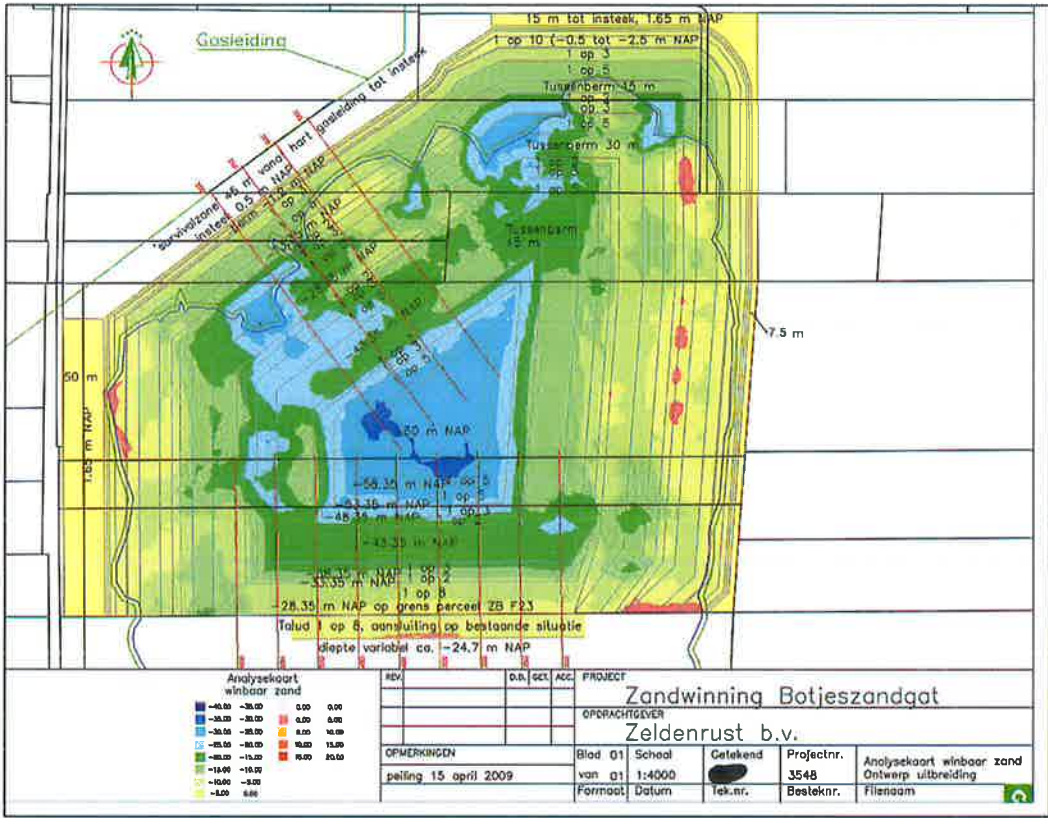
Blad: 3 van 3

Opdr.nr: VN-54056-2

Datum: 19-8-2011



Bijlage 2. Situatie en dwarsprofiel

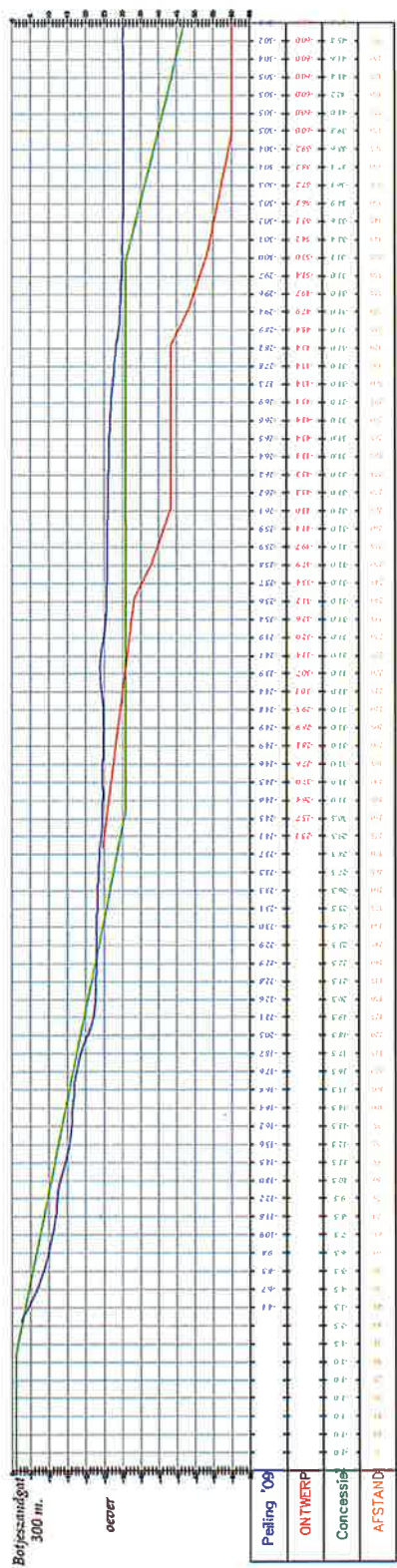


Analysekaart winbaar zand

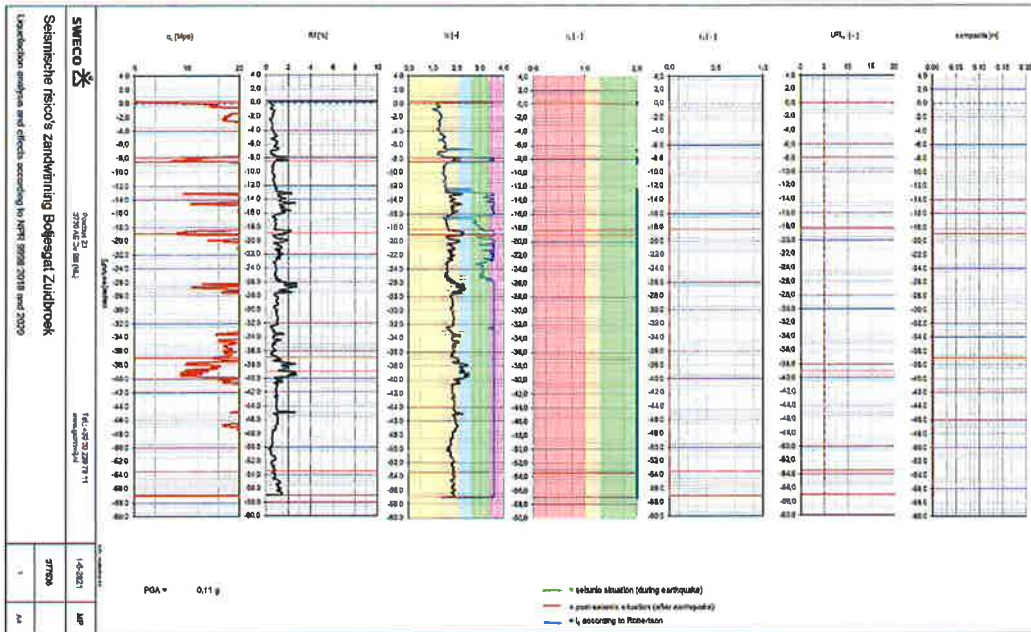
-40.00 - -30.00	0.00	0.00
-30.00 - -20.00	0.00	0.00
-20.00 - -10.00	0.00	10.00
-10.00 - -5.00	0.00	15.00
-5.00 - 0.00	0.00	20.00

REV.	D.B.	SEL.	ACC.	PROJECT
				Zandwinning Botjeszandgat
				Zeldenrust b.v.

OPMERKINGEN	Blad	Schaal	Geleend	Projectnr.	Analysekaart winbaar zand
peiling 15 april 2009	01	1:4000		3548	Ontwerp uitbreiding
	Formaat	Datum	Tek.nr.	Besteknr.	Besteknr.

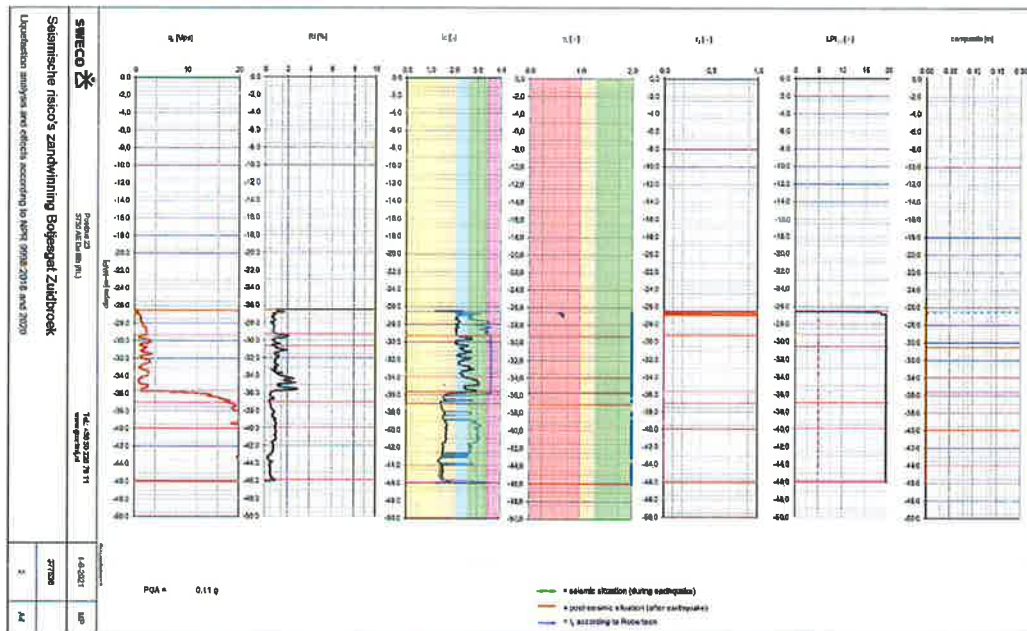


Bijlage 3. Verwekingsanalyses



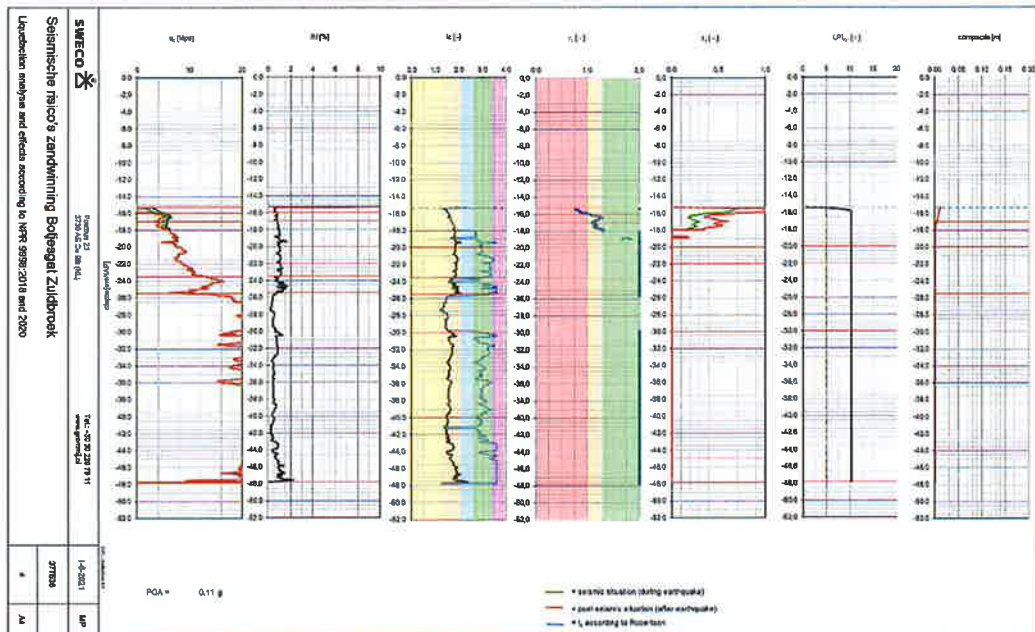
Tabel B3.1 Resultaten maatgevende verwekingsanalyse sondering DKM-1

Grondsoort	b.k. laag [m+NAP]	MSF [-]	K_{σ} [-]	K_H [-]	r_d [-]	CSR [-]	$CRR_{7,5}$ [-]	$\gamma_{L,layer}$ [-]	S_{post} [m]
Zand, vast	0,3	0,896	1,100	1,000	1,000	0,049	droog	2,000	0,000
Zand, vast	0,0	0,896	1,089	1,000	0,939	0,118	0,593	6,332	0,000
Zand, matig	-7,9	0,896	1,004	1,000	0,888	0,119	0,207	2,000	0,000
Zand, vast	-8,5	0,896	0,885	1,000	0,860	0,116	0,575	3,571	0,000
Zand, matig	-18,3	0,896	0,910	1,000	0,841	0,115	0,231	2,000	0,000
Zand, vast	-19,0	0,896	0,805	1,000	0,827	0,113	0,359	2,000	0,000
Zand, matig	-37,0	0,896	0,876	1,000	0,818	0,112	0,130	2,000	0,000
Zand, vast	-39,0	0,896	0,818	1,000	0,814	0,112	0,185	2,000	0,000
Zand, vast	-53,5	0,896	0,673	1,000	0,811	0,111	0,412	2,000	0,000



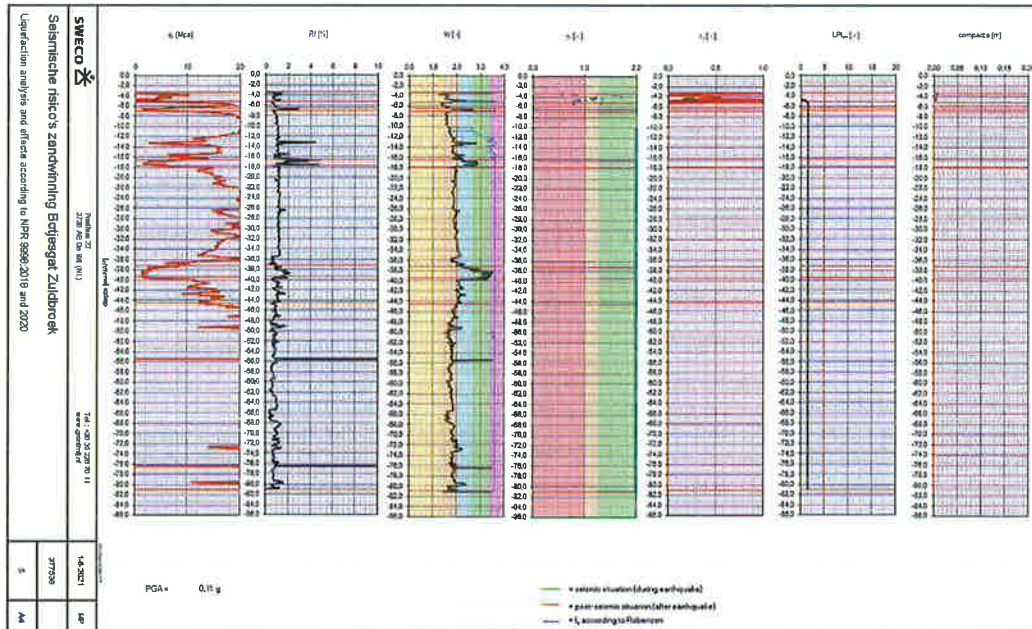
Tabel B3.2 Resultaten maatgevende verwekingsanalyse sondering DKM-2

Grondsoort	b.k. laag [m+NAP]	MSF [-]	K_{σ} [-]	K_H [-]	r_d [-]	CSR [-]	$CRR_{7,5}$ [-]	$\gamma_{L,layer}$ [-]	S_{post} [m]
Zand, slib	-26,5	1,030	1,100	1,000	0,940	0,137	0,096	1,904	0,000
Klei, siltig	-29,3	1,030	1,075	1,000	0,830	0,126	0,101	2,000	0,000
Zand, los	-30,6	1,030	1,042	1,000	0,728	0,110	0,101	2,000	0,000
Leem, zandig	-34,0	1,030	1,015	1,000	0,645	0,098	0,091	2,000	0,000
Zand, matig	-35,7	1,030	1,014	1,000	0,609	0,092	0,417	4,098	0,000
Zand, vast	-37,0	1,030	0,967	1,000	0,569	0,085	0,600	4,248	0,000
Zand, vast	-40,0	1,030	0,881	1,000	0,522	0,076	0,595	3,378	0,000
Potklei	-44,0	1,030	0,820	1,000	0,494	0,072	0,600	2,000	0,000
Zand, vast	-45,9	1,030	0,836	1,000	0,486	0,071	0,600	4,630	0,000



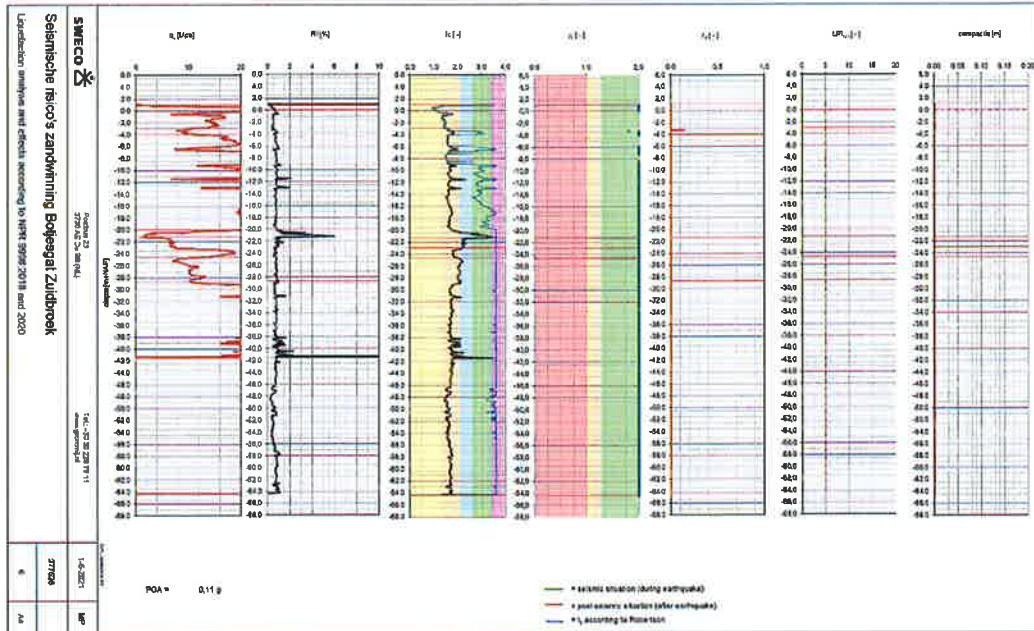
Tabel B3.3 Resultaten maatgevende verwerkingsanalyse sondering DKM-4

Grondsoort	b.k. laag [m+NAP]	MSF [-]	K_G [-]	K_H [-]	r_d [-]	CSR [-]	$CRR_{7,5}$ [-]	γ_L layer [-]	S_{post} [m]
Zand, los	-15,3	0,966	1,100	1,000	0,993	0,140	0,122	0,969	0,011
Zand, los	-16,0	0,966	1,100	1,000	0,966	0,146	0,162	1,177	0,008
Zand, los	-17,0	0,966	1,100	1,000	0,893	0,135	0,179	1,729	0,005
Zand, los	-20,0	0,966	1,077	1,000	0,815	0,124	0,187	2,000	0,000
Zand, los	-22,0	0,966	1,048	1,000	0,774	0,117	0,216	2,000	0,000
Leem, zandig	-23,5	0,966	1,027	1,000	0,742	0,113	0,336	2,395	0,000
Zand, vast	-25,5	0,966	0,955	1,000	0,701	0,104	0,581	4,969	0,000
Zand, vast	-30,0	0,966	0,846	1,000	0,640	0,092	0,478	2,042	0,000
Zand, vast	-45,0	0,966	0,832	1,000	0,612	0,087	0,288	2,091	0,000



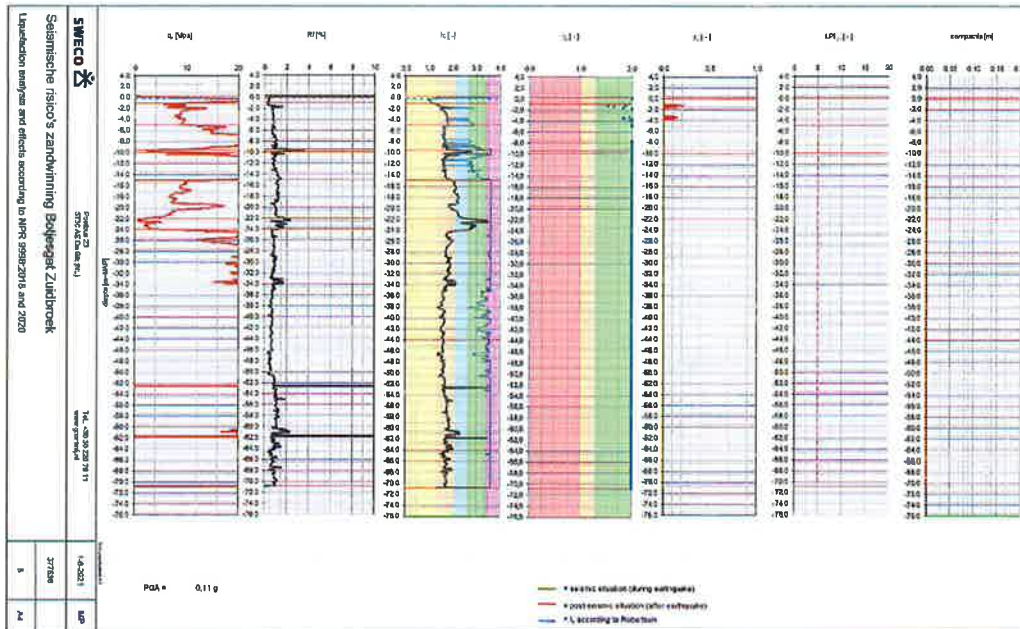
Tabel B3.4 Resultaten maatgevende verwekingsanalyse sondering DKM-5

Grondsoort	b.k. laag [m+NAP]	MSF [-]	K_0 [-]	K_H [-]	r_d [-]	CSR [-]	$CRR_{7,5}$ [-]	$\gamma_{L,layer}$ [-]	S_{post} [m]
Zand, los	-3,4	0,932	1,100	1,000	0,983	0,137	0,170	1,492	0,009
Zand, matig	-5,2	0,932	1,100	1,000	0,940	0,141	0,502	3,700	0,002
Leem, zandig	-6,5	0,932	1,077	1,000	0,916	0,136	0,105	2,000	0,000
Zand, vast	-7,0	0,932	1,038	1,000	0,827	0,118	0,422	2,945	0,000
Zand, siltig	-16,5	0,932	0,975	1,000	0,769	0,108	0,102	2,000	0,000
Zand, vast	-17,8	0,932	0,889	1,000	0,729	0,102	0,226	2,000	0,000
Zand, siltig	-37,3	0,932	0,932	1,000	0,708	0,099	0,085	2,000	0,000
Zand, matig	-39,5	0,932	0,887	1,000	0,704	0,099	0,121	2,000	0,000
Zand, vast	-44,5	0,932	0,731	1,000	0,693	0,097	0,304	2,000	0,000



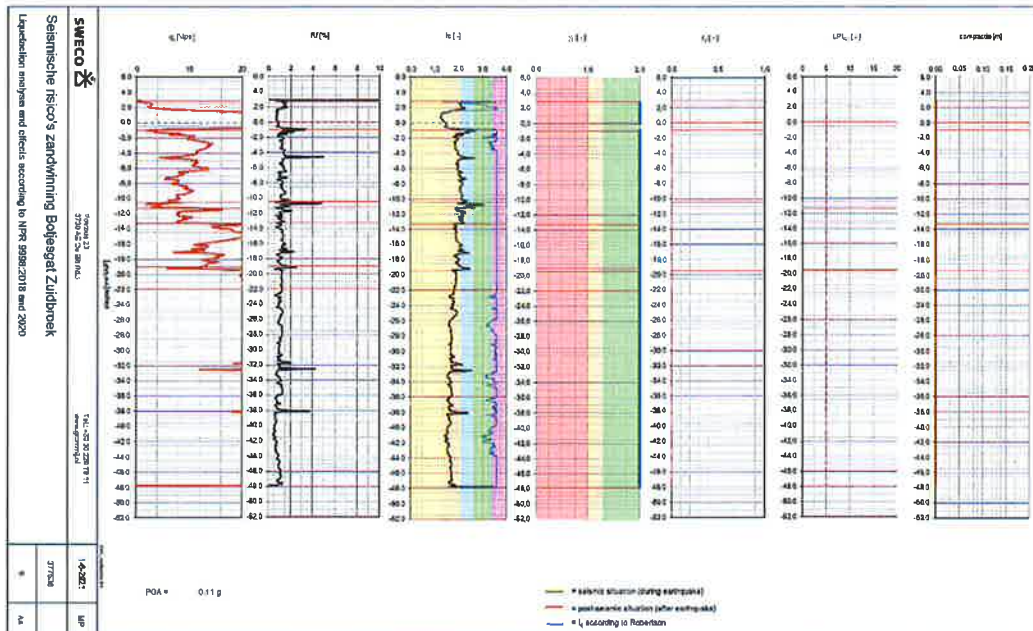
Tabel B3.5 Resultaten maatgevende verwerkingsanalyse sondering DKM-6

Grondsoort	b.k. laag [m+NAP]	MSF [-]	K_G [-]	K_H [-]	r_d [-]	CSR [-]	$CRR_{7,5}$ [-]	$\gamma_{L,layer}$ [-]	Spost [m]
Zand, vast	1,0	0,919	1,100	1,000	0,994	0,064	droog	2,000	0,000
Zand, vast	0,0	0,919	1,100	1,000	0,948	0,094	0,569	6,188	0,000
Zand, matig	-3,0	0,919	1,066	1,000	0,904	0,104	0,217	2,157	0,000
Zand, vast	-4,0	0,919	0,913	1,000	0,813	0,104	0,534	2,776	0,000
Leem, zandig	-20,0	0,919	0,935	1,000	0,769	0,102	0,115	2,000	0,000
Zand, los	-21,3	0,919	0,934	1,000	0,766	0,102	0,105	2,000	0,000
Zand, vast	-23,0	0,919	0,896	1,000	0,762	0,102	0,156	2,000	0,000
Zand, matig	-24,7	0,919	0,914	1,000	0,757	0,102	0,116	2,000	0,000
Zand, vast	-28,7	0,919	0,629	1,000	0,740	0,101	0,515	2,000	0,000



Tabel B3.6 Resultaten maatgevende verwekingsanalyse sondering DKM-8

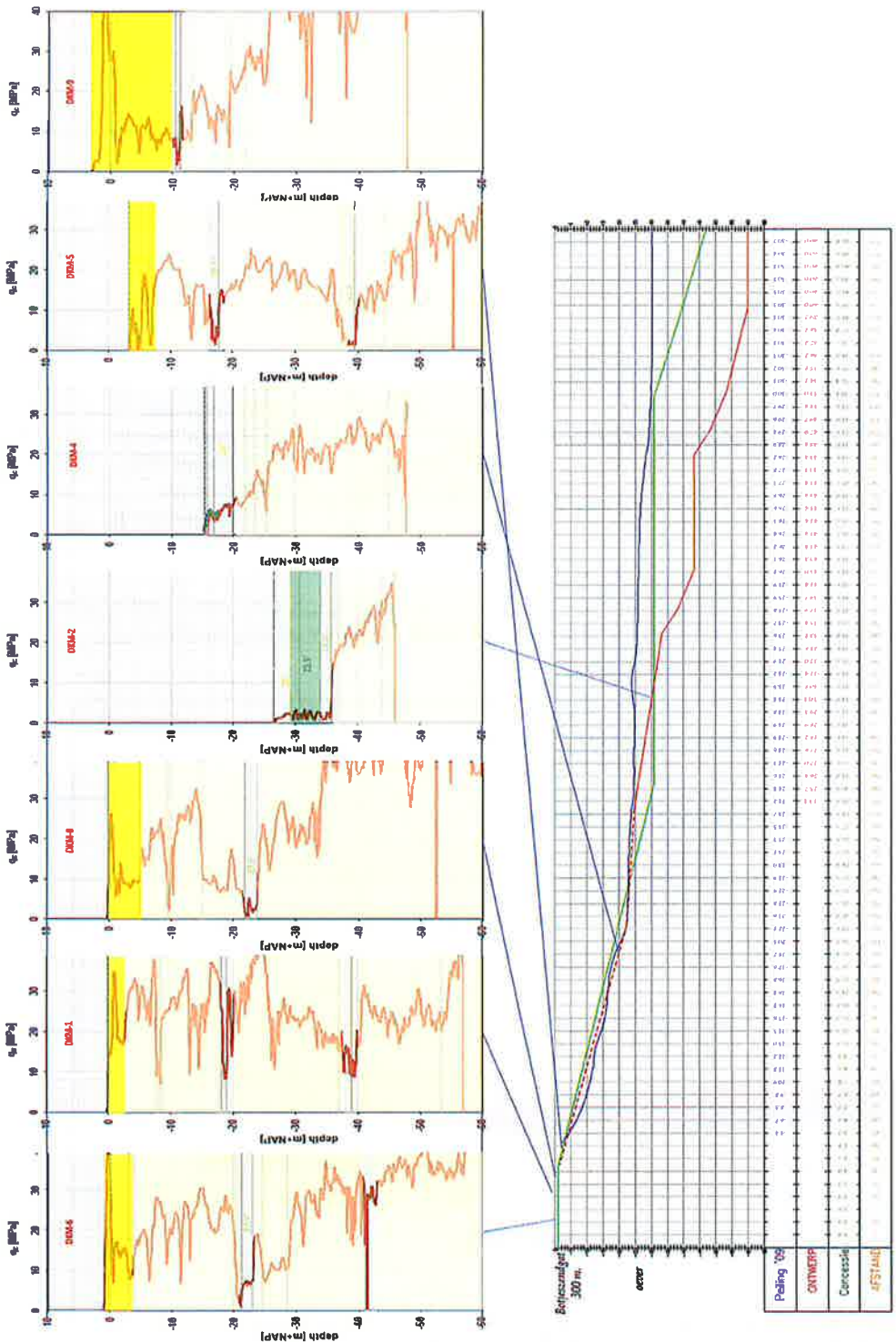
Grondsoort	b.k. laag [m+NAP]	MSF [-]	K_{σ} [-]	K_H [-]	r_d [-]	CSR [-]	$CRR_{7,5}$ [-]	$\gamma_{L,layer}$ [-]	S_{popt} [m]
Zand, vast	0,3	0,938	1,100	1,000	0,999	0,044	droog	2,000	0,001
Zand, matig	0,0	0,938	1,100	1,000	0,985	0,103	0,585	5,925	0,001
Zand, matig	-1,0	0,938	1,097	1,000	0,914	0,121	0,291	2,520	0,001
Zand, vast	-5,0	0,938	1,050	1,000	0,822	0,113	0,537	3,947	0,000
Leem, zandig	-9,5	0,938	0,994	1,000	0,787	0,108	0,104	2,000	0,000
Zand, vast	-10,0	0,938	0,910	1,000	0,761	0,105	0,561	2,234	0,000
Zand, matig	-15,0	0,938	0,942	1,000	0,726	0,101	0,128	2,000	0,000
Zand, los	-22,0	0,938	0,952	1,000	0,710	0,099	0,086	2,000	0,000
Zand, vast	-24,0	0,938	0,600	1,000	0,680	0,095	0,511	2,000	0,000



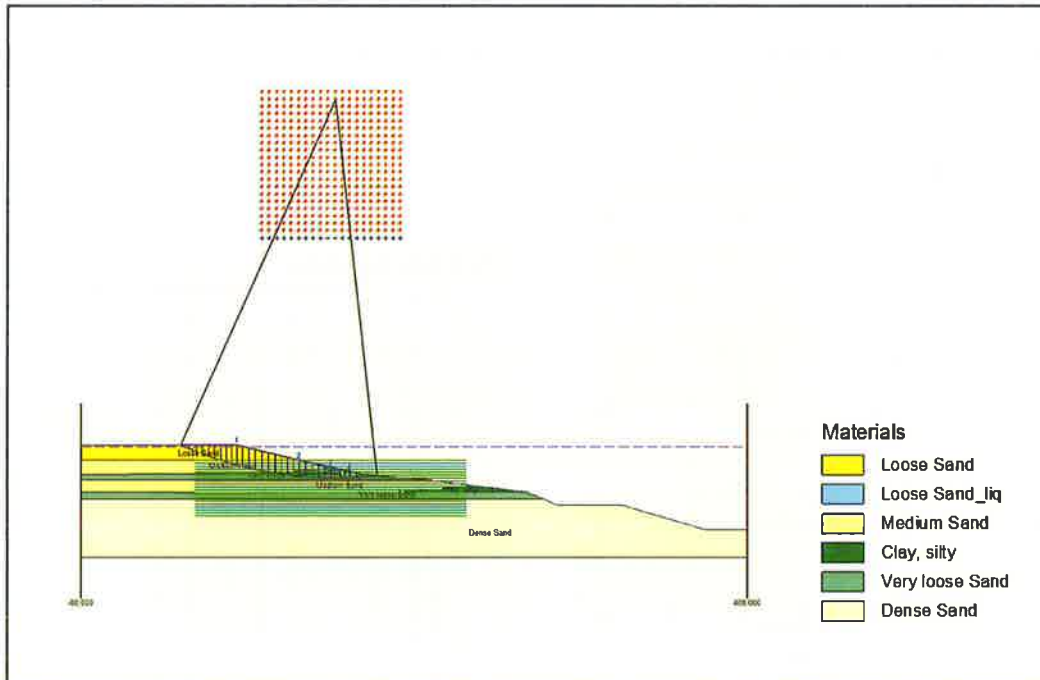
Tabel B3.7 Resultaten maatgevende verwekingsanalyse sondering DKM-9

Grondsoort	b.k. laag [m+NAP]	MSF [-]	K_{σ} [-]	K_H [-]	r_d [-]	CSR [-]	$CRR_{7,5}$ [-]	$\gamma_{L,layer}$ [-]	S_{post} [m]
Zand, vast	2,8	0,924	1,100	1,000	0,971	0,068	droog	2,000	0,000
Zand, vast	0,0	0,924	1,089	1,000	0,923	0,073	0,523	6,877	0,000
Zand, matig	-1,0	0,924	0,987	1,000	0,838	0,088	0,166	2,000	0,000
Leem, zandig	-10,5	0,924	0,964	1,000	0,788	0,094	0,103	2,000	0,000
Zand, matig	-11,3	0,924	0,945	1,000	0,780	0,094	0,139	2,000	0,000
Zand, vast	-13,3	0,924	0,907	1,000	0,764	0,095	0,198	2,000	0,000
Zand, los	-19,0	0,924	0,890	1,000	0,754	0,095	0,247	2,000	0,000
Zand, vast	-19,5	0,924	0,831	1,000	0,750	0,095	0,365	2,000	0,000
Zand, vast	-22,0	0,924	0,587	1,000	0,731	0,095	0,579	2,000	0,000

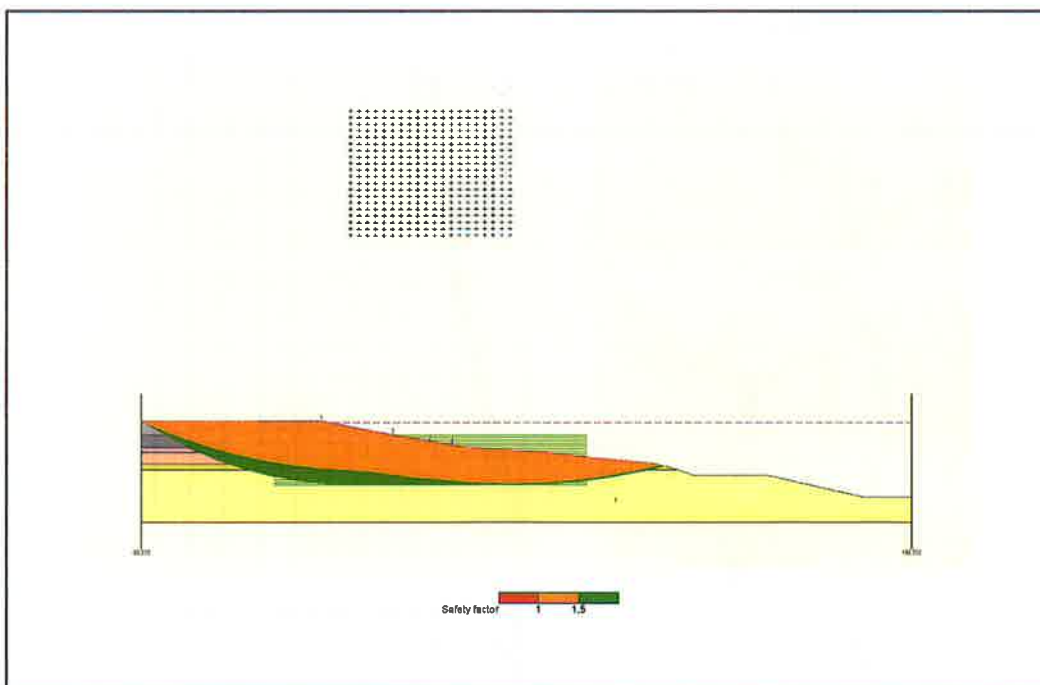
Bijlage 4. Stabiliteitsanalyses



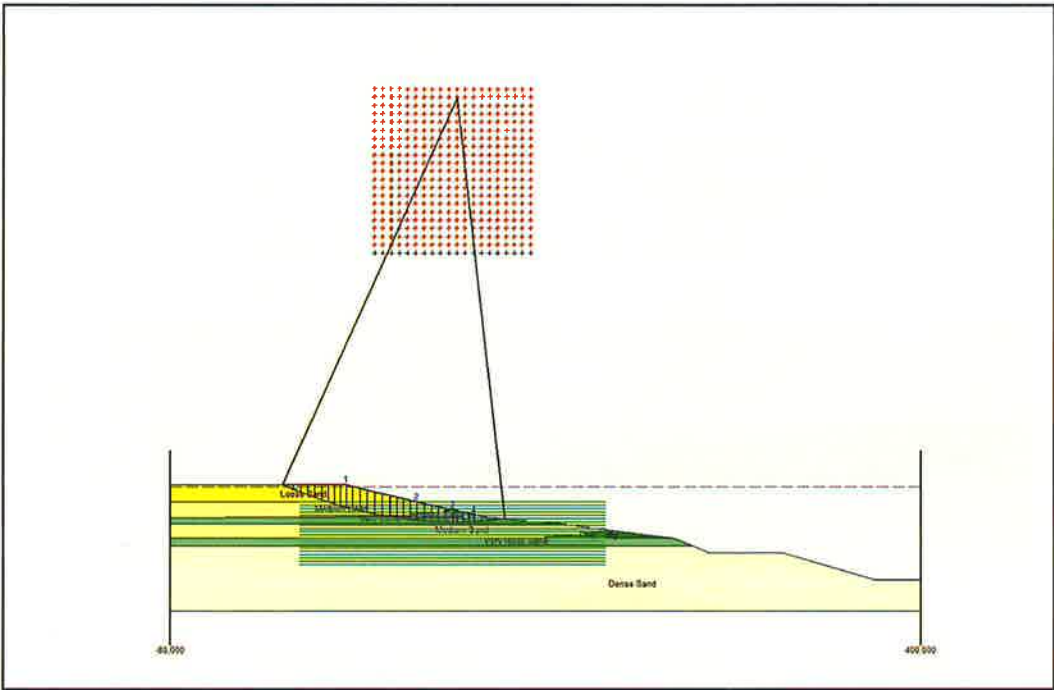
B4.1 Stabiliteit t.a.v. de aardgasleiding



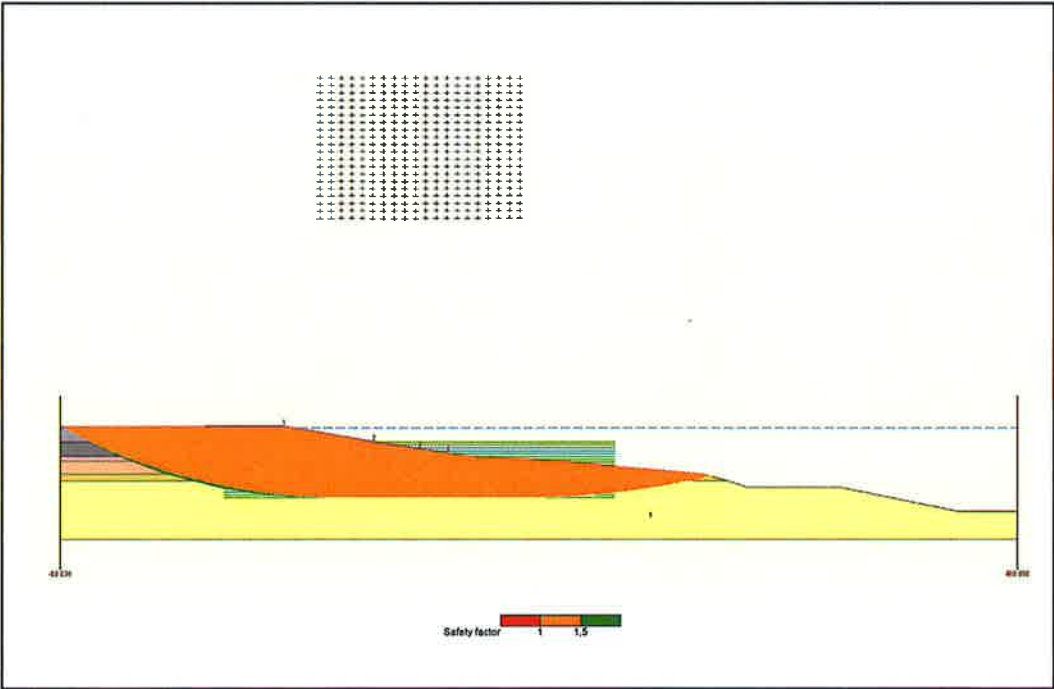
Kritische glijcirkel t.a.v. de aardgasleiding (ca. 8 m achter de kruin) bij een versnelling van 0,119 g.



Overzicht veiligheidsfactor t.a.v. de aardgasleiding bij een versnelling van 0,119 g.

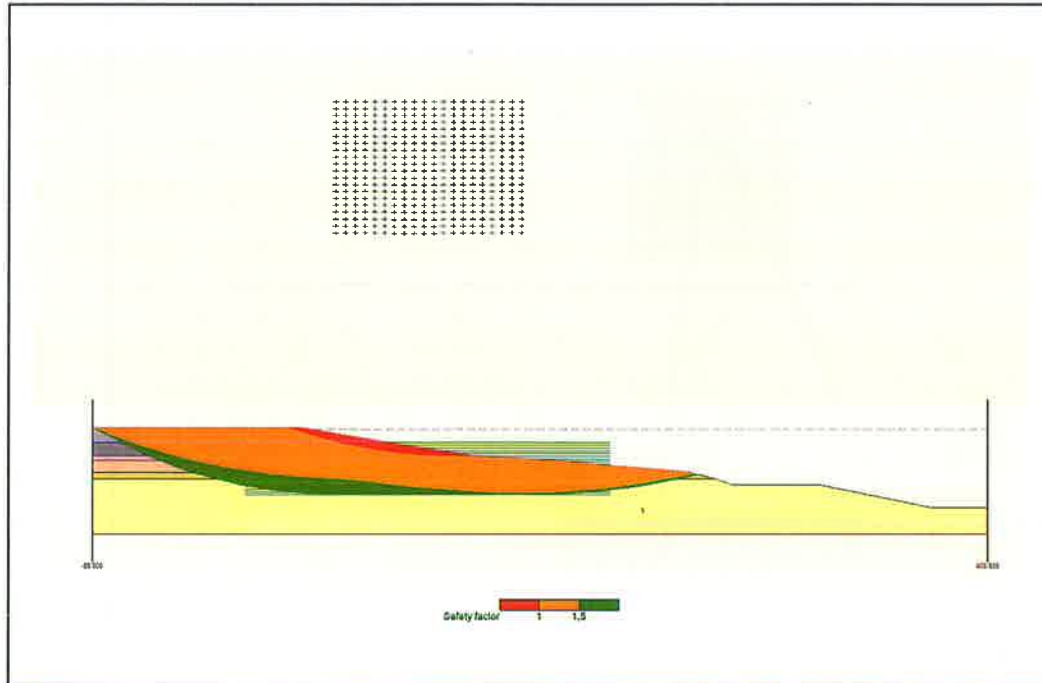


Kritische glijcirkel t.a.v. de aardgasleiding bij een grensversnelling van 0,155 g.



Overzicht veiligheidsfactor t.a.v. de aardgasleiding bij een grensversnelling van 0,155 g.

B4.2 Stabiliteit t.a.v. het ontgravingstalud



Overzicht veiligheidsfactor t.a.v. een ontgravingstalud bij een versnelling van 0,119 g.