

REPORT  
on  
**PROTON FACILITY UMCG  
GRONINGEN**

Project no.: 5008-0324-011



REPORT  
on

**PROTON FACILITY UMCG  
GRONINGEN**

Project no.: 5008-0324-011

Commissioned by : Wassenaar Ingenieurs BV  
Postbus 24  
9750 AA HAREN

Project manager : [REDACTED] 5.1.2e

Prepared by : [REDACTED] 5.1.2e  
Geotechnical Consultant

Checked by : [REDACTED] 5.1.2e  
Principle Consultant

VERSION	DATE	DESCRIPTION	INITIALS PROJECT MANAGER
A	3 December 2014	First issue	RTJ

FILE: 5008-0324-011.R02-A.docx

<u>INDEX</u>	<u>Blz.</u>
1. INTRODUCTION	1
1.1. General	1
1.2. Project location	1
1.3. Project description	2
2. SITE CHARACTERIZATION	3
2.1. General	3
2.2. Soil Description	3
3. SEISMIC HAZARD	4
4. PERFORMED CALCULATIONS	5
5. HORIZONTAL STIFFNESS CALCULATIONS	6
5.1. Calculation assumptions	6
5.1.1. General calculation assumptions	6
5.1.2. D-Sheet Piling calculation assumptions	6
5.1.3. D-Pile Group Calculation assumptions	8
5.2. Calculation results	11
5.2.1. D-Sheet Piling	11
5.2.2. D-Pile Group	11
6. LIQUEFACTION CALCULATION	17
6.1. General Procedure Liquefaction Assessment	17
6.2. Generation Excess Pore Pressure	17
6.3. Post Liquefaction Settlement	17
6.4. Consequences Liquefaction	18
6.4.1. Bearing capacity	18
6.4.2. Horizontal stiffness	20
6.4.3. Surface Settlements	20
6.5. Preventive Measures Liquefaction	20
7. SUMMARY	21
<u>ATTACHMENTS</u>	<u>Nr.</u>
- Soil Investigation Report 5008-0324-011_21.KRV01	1
- Information sheet Terr-Econ pile	2
- Used layouts in D-Pile Group calculations	3
- Top view bending moments pile head	4
- Top view shear forces pile head	5
- Graphs bending moment shear force	6
- Liquefaction calculations	7
- Reduction Cone Resistance due to Liquefaction	8

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. General

On October 12<sup>th</sup> Fugro GeoServices B.V. was commissioned by Wassenaar Ingenieurs B.V. to perform an analysis as described in the project proposal with ID 5008-0324-011.R01.v2 d.d. September 18<sup>th</sup> 2014. Part of the analysis described in this project proposal is a quick scan in which with relative simple procedures an exploration of the proposed construction is performed. In this report the analyses which are part of this quick scan are reported and described. Based on the analysis performed in this report the feasibility of the preliminary foundation design can be assessed.

### 1.2. Project location

The project location is situated in the city of Groningen in the northern part of The Netherlands, see Figure 1. The building will be constructed on a hospital campus which contains numerous buildings facilitating medical care.



Figure 1; project location

### 1.3. Project description

The planned proton facility at the UMCG in Groningen consist of a main section (indicated with a red contour in Figure 2) which dimensions of approximately 28 m x 49 m. The main building contains the treatment rooms and synchrotron to generate the proton beam. The main section includes thick concrete walls. The preliminary foundation design includes Terr-Econ piles (soil displacing, vibration free cast-in-situ pile) with a design load of approximately 2500 kN and an installation depth of approximately NAP -28.0 m. The secondary section is a much lighter construction with a direct connection to the main section.

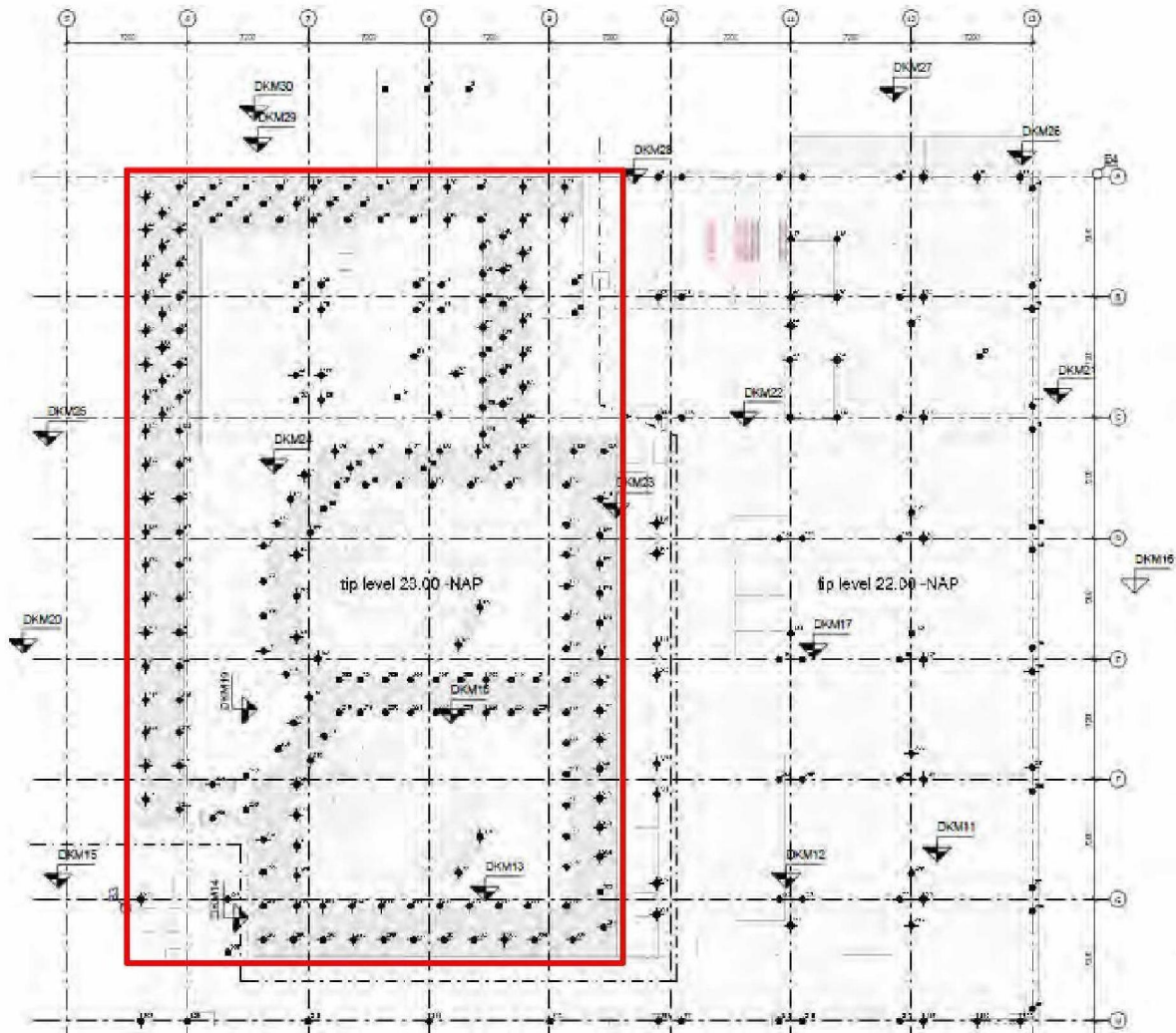


Figure 2; plan view proton facility

## 2. SITE CHARACTERIZATION

### 2.1. General

The preliminary soil investigation which is available at time of writing this report consist of the following:

- 26 Cone Penetration Tests (DKM) with measurement of tip resistance and local skin friction. with a maximum depth of NAP -46.0 m
- 2 Seismic Cone Penetration Tests (DKMS) with measurement of tip resistance, local skin friction and pore water pressure. The shear wave velocity is derived from impact analyses at intervals of 0.5 m. The maximum depth of the DKMS is NAP -26.0 m.
- 2 boreholes (B). with a maximum depth of NAP -34.0 m.

The soil investigation is reported in report 5008-0324-011\_21.KR01 which has been included to this report as appendix 1.

### 2.2. Soil Description

With the available soil investigation a general soil profile can be described as mentioned in Table 1. In Table 1 the range of the top of a layer is given, the surface level has been found between +1.19 m and -0.15 m relative to NAP.

Table 1; general soil profile

Top of layer [m] relative to NAP		Soil description
from	to	[-]
+1.19	-0.15	Clay, soft, top layer dehydrated
-2.8	-5.5	Sand, medium dense. At location DKM2, DKM22 and B4 a small layer of peat is found on top of the sand (about 0.2 – 0.5 m thick)
-6.5	-8.0	Sand, medium dense. high silt content. locally with clay layers.
-29.0	-33.0	Clay, very stiff
-32.5	-35.5	Sand, dense
-27.1	-46.1	Maximum exploration depth

### 3. SEISMIC HAZARD

For the seismic design the client has selected application of the preliminary issue of NPR 9998. The structure itself is categorized as Consequence Class 3. Regarding the design seismic hazard this implies:

- Peak ground acceleration with a return period of 475 years is 0.24 g
- Importance factor  $\gamma_I = 1.8$  for Near Collapse (NC) in CC3.

Therefore the design PGA for NC equals 0.432 g. The NPR 9998 does not provide importance factors for Serious Damage (SD) and Damage Limitation (DL) conditions.

#### Literature

NPR 9998:2014 Ontw. nl (2014-09-22)

Interimadvies: Voorlopige ontwerpprojectpunten voor nieuwbouw en verbouw onder aardbevingsbelasting ten gevolge van de gaswinning in het Groningerveld, NEN, 15 mei 2014

#### 4. PERFORMED CALCULATIONS

Due to the earthquake loading the superstructure will generate horizontal loads and displacements which the foundation piles need to be able to withstand. To assess the horizontal resistance capacity of the preliminary foundation design a number of calculations have been performed. In these calculations a pile will be modelled using calculation models based on a beam on a Winkler foundation. For performing the calculation, software available from Deltares is used.

- D-Sheet Piling (beam on elastoplastic spring)
- D-Pile Group (soil reaction according to P-Y-method (non-linear) from API) and pile soil pile interaction.

The D-Pile Group program has more extensive modelling capabilities to model a lateral load on a pile than the D-Sheet Piling program. These modelling capabilities include amongst others the pile-soil-pile interaction. For this reason the D-Pile Group program is used to investigate the stiffness of the preliminary pile design of the proton facility to further extend and perform sensitivity analyses.

First a comparison between the calculation of a single pile in D-Sheet Piling and D-Pile Group is performed to check the consistency of the calculation results.

The calculated horizontal stiffness will be used in a structural calculation model to assess the eigenfrequency of the building. A change in the eigenfrequency of the building can have influence on the Dynamic Amplification Factor (DAF) of the earthquake loading.

A secondary mechanism which has been investigated and can occur during an earthquake event is liquefaction. The vibration of the earthquake loading can lead to compaction of loose and medium dense sand layers. When water is present inside the pores of the sand layers this water needs to dissipate. When dissipation takes time excess pore pressures can build up which lead to a strength reduction of the sand layers. When the excess pore pressure become as high as the vertical effective stress the sand will transform into a thick fluid; liquefaction. Liquefaction can have a negative effect on the bearing capacity, horizontal stiffness and can lead to (surface) settlements. The liquefaction susceptibility is indicated by a Factor of Safety (FoS) which is determined according to the procedure described in the NPR9998. The procedure described in the NPR9998 deviates from international accepted procedures. A less conservative procedure according to Idriss and Boulanger 2014 is also investigated and performed.

The calculations of the horizontal stiffness of the preliminary foundation design have been checked by performing a calculation with a 3D finite element program (Plaxis 3D). The calculations have been performed by the company ABT. The calculation assumptions and calculation results have not been added to this report, only a check of the consistency of the calculation models has been made.

During the process of writing this report consultation to experienced international engineers has been made. The liquefaction assessment has been made in consultation with the Fugro office in Turkey, they are considered experts on liquefaction assessments.



## 5. HORIZONTAL STIFFNESS CALCULATIONS

In this chapter the calculation of the horizontal stiffness of the preliminary foundation design is reported. In section 5.1 the calculation assumptions are reported. The calculation results can be found in section 5.2.

### 5.1. Calculation assumptions

The calculation assumptions have been reported in 3 sections. In sections 5.1.1. general calculation assumptions are presented. In section 5.1.2. the assumptions for the D-Sheet Piling calculation are reported in in section 5.1.3 the D-Pile Group calculation assumptions can be found.

#### 5.1.1. General calculation assumptions

##### Pile properties

The connection between pile and pile cap is located at a level of NAP +0.25 m. The pile system used in the calculations is a Terr-Econ pile with grout injection  $\varnothing 460/560$  mm. The pile system can be described as a soil displacing, cast-in-situ pile system. An information sheet of the pile system has been added to this report as appendix 2. Due to the grout injection the pile shaft will have a diameter equal to the tip diameter (560 mm) in sand layers.

The properties of the pile have been calculated for different E-modulus of the concrete as indicated in Table 2.

Table 2; pile properties depending on E-modulus (Young's modulus)

Pile system	E concrete	EI (460 / 560 [mm])	EA (460 / 560 [mm])
[-]	[MPa]	[kNm <sup>2</sup> ]	[kN]
Terr-Econ 460/560	10000	21973 / 48273	1.66E6 / 2.46E6
	15000	32965 / 72410	2.49E6 / 3.69E6
	20000	43953 / 96547	3.32E6 / 4.92E6

#### 5.1.2. D-Sheet Piling calculation assumptions

In the computer program D-Sheet Piling the "single pile" module is used. By activating this module the user is able to perform a calculation with some additional options to model a single pile. An extensive description of the model in D-Sheet Piling can be found in the manual of D-Sheet Piling. The applied soil properties in the calculation are described in Table 3.

Table 3; soil layers in calculation model and basic parameters

Top of the layer	Description	$\gamma_{unsat}/\gamma_{sat}$	$\phi'$	$c'$	$c_u$
[m] t.o.v. NAP	[-]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]	[kPa]
+0.25	Clay. unsaturated	17.0 / 17.0	17.5	5.0	50
-2.0	Clay. soft	16.0 / 16.0	17.5	5.0	25
-4.0	Sand. loose to medium dense	19.0 / 20.0	30.0	0.0	[-]
-7.5	Sand. loose to medium dense. silty	19.0 / 20.0	30.0	0.0	[-]
-25.0 <sup>1</sup>	End of model				

<sup>1</sup> at deeper levels variation in soil type is found. the effect of these variations have limited influence on the calculation results. For this reason they have not been added to the model

For the calculation of the earth pressure coefficient the method of Brinch-Hansen is applied. The method of Brinch-Hansen is implemented in the D-Sheet Piling software as described in the manual of D-Sheet Piling.

Modulus of subgrade reaction

The modulus of subgrade reaction has been calculated according to (Menard, 1971). The description of the implementation of the method in de D-Sheet Piling software is described in the manual of D-Sheet Piling.

The pressiometer modulus ( $E_m$ ) is determined according to;

$$E_m = \alpha \cdot q_c$$

With a factor alpha as described in Table 4.

Table 4; factor alpha depending on soil type

Soil type	$\alpha$
[-]	[-]
Peat	3
Clay	2
Loam	1
Sand	0.7
Gravel	0.5

This relation states that the pressiometer modulus only depends on  $q_c$ . The modulus of subgrade reaction is calculated using the Brinch-Hansen theory as described in de manual of D-Sheet Piling. The properties of the modelled soil layers have been indicated in Table 5.

Table 5; input D-Sheet Piling calculation

Top of layer	ID	Soiltype	$q_c$	$E_m$
[m t.o.v. NAP]	[-]	[-]	[MPa]	[kPa]
0.25	01	CLAY	1.0	2000
-1.00	02	CLAY	0.5	1000
-2.00	03	CLAY	0.3	600
-3.00	04	CLAY	0.3	600
-4.00	05	SAND	6.0	4200
-5.00	06	SAND	12.0	8400
-6.00	07	SAND	3.0	2100
-7.00	08	SAND	12.0	8400
-8.00	09	SAND	18.0	12600
-9.00	10	SAND	8.0	5600
-10.00	11	SAND	12.0	8400
-14.00	12	SAND	20.0	14000
-16.00	13	SAND	6.0	4200

### Performed calculations

In D-Sheet Piling 3 calculations have been performed. The purpose of the calculation is to investigate the model, a sensitivity analysis of the stiffness and for comparison with results from the D-Pile Group calculation results.

*Table 6; performed calculations in D-Sheet Piling*

ID	Description
5008-0324-011-DSH01	Original soil parameters
5008-0324-011-DSH02	$E_m$ increased by factor 2
5008-0324-011-DSH03	Clay modelled with drained parameters

### **5.1.3. D-Pile Group Calculation assumptions**

In de computer program D-Pile group the soil is modelled with non-linear springs which describe the soil behaviour according to API (American Petrol Institute) with force (p) displacements (y) curves. The program is capable of modelling interaction of the piles through the cap of the piles. It is also able to model pile-soil-pile interaction with different kind of models. An extensive description of the used model can be found in the manual of D-Pile group.

### Pile-Soil-Pile interaction

The interaction between pile-soil-pile is modelled with a separate interaction model. The applied model consists of two layers which represent the soft (clay) and stiff (sand) layer. The interaction model uses a linear elastic model. The used properties in the model are presented in Table 7.

*Table 7; model parameters interaction model*

ID	Top of Layer [m] till NAP	E [kN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]
Clay	0.25	2000	0.49
Sand	-4.0	15000	0.49

### Pile

In D-Pile Group the pile is modelled linear elastic with parameters as described in the previous section. The pile is composed of a section with a diameter of 460 mm and 560 mm. The first 4.25 m have been modelled with a diameter of 460 mm. below this depth the diameter is 560 mm.

*Table 8; pile properties D-Pile Group*

Top of section [m] till NAP	Diameter [m]	EI [kNm <sup>2</sup> ]	EA [kN]
0.25	0.460	3.2965E4	2.4929E6
4.0	0.560	7.2410E4	3.6945E6

### Soil parameters

The soil parameters applied in the D-Pile Group calculation are indicated in Table 9.

Table 9; soil parameters for D-Pile Group calculation

Top of layer [m t.o.v. NAP]	Soil type [-]	$\gamma_{\text{usaf}}/\gamma_{\text{sat}}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c_u$ [kPa]	J [-]	$\epsilon_{50\%}$ [-]
0.25	Stiff Clay	17.0/17.0	50	0.25	0.01
-2.0	Soft Clay	16.0/16.0	25	0.25	0.02
			$\phi'$ [°]	$q_c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$K_0$ [-]
-4.0	Sand	19.0 / 21.0	30.0	8000	0.5
-6.5	Sand	19.0 / 21.0	30.0	3000	0.5
-7.2	Sand	19.0 / 21.0	30.0	14000	0.5
-9.3	Sand	19.0 / 21.0	30.0	6000	0.5
-11.0	Sand	19.0 / 21.0	30.0 </td <td>12000</td> <td>0.5</td>	12000	0.5

### Layout

For preliminary calculations the load displacement behaviour of single piles and piles in groups have been investigated. From these calculation results graphs have been constructed which indicate the influence of a larger pile group on the total horizontal stiffness of the pile group. In these calculations a 4-pile and 5-pile layout have been investigated as indicated in Figure 3 and Figure 4. The number of piles have been increased in 1 direction to investigate the effect on the horizontal stiffness.

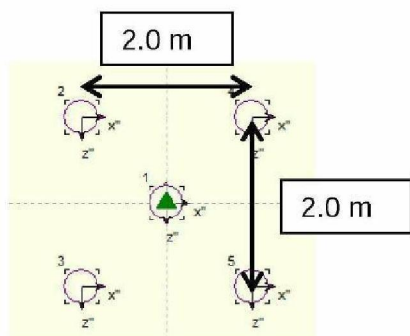


Figure 3; 5 pile layout

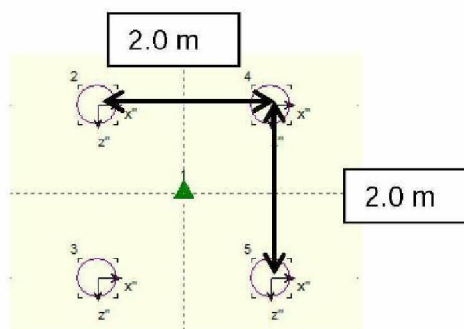


Figure 4; 4 pile layout

D-Pile group has a limited number of piles which can be modelled. To calculate the stiffness the pile layout has been divided into multiple sections as can be seen in Figure 5. The piles with the colour black inside the main building have been added to the stiffness as a 4 group pile or a single pile. The different sections as indicated in Figure 5 have been modelled in D-Pile Group. The different D-Pile Group models can be viewed in appendix 3. The calculation results have been plotted in the graph with the preliminary calculation results. As can be seen in Figure 7.

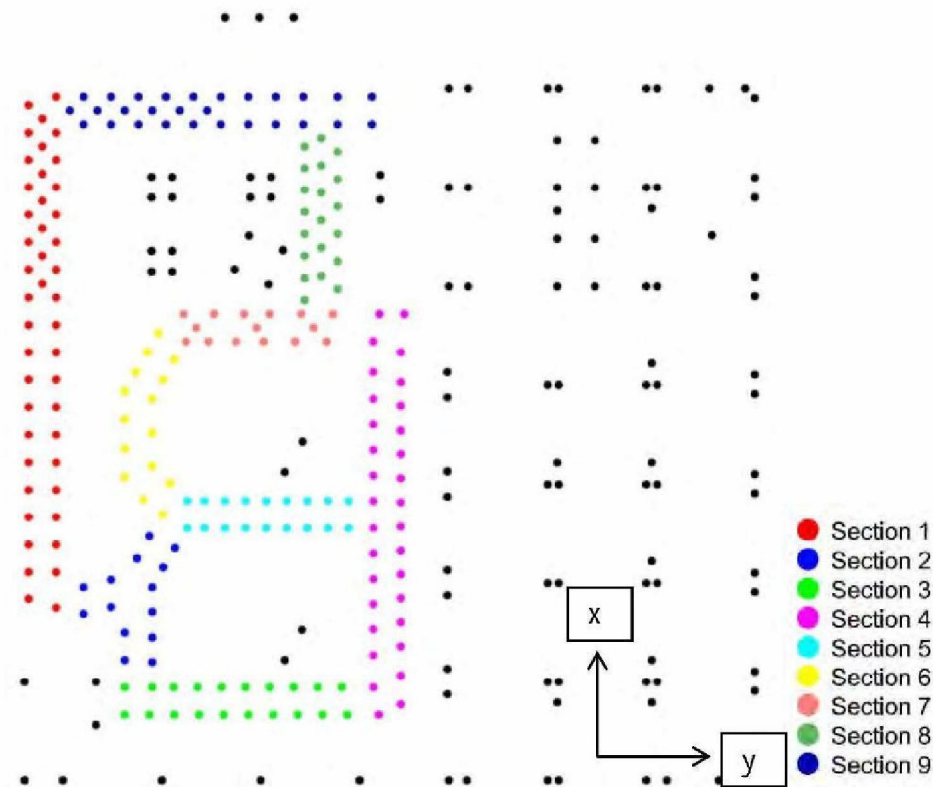


Figure 5; pile lay-out and D-Pile Group sections

### Performed calculations

Table 10; performed calculation in D-Pile Group

ID	Description
5008-0324-011-DPG01	Single pile calculation (comparison with DSH01)
5008-0324-011-DPG02	Single pile with use of API cyclic (cyclic degradation)
5008-0324-011-DPG03	Single pile modelled in sections with Ø460/560 [mm]
5008-0324-011-DPG04	5-pile group no pile-soil-pile interaction
5008-0324-011-DPG05	5 pile group "Mindlin" pile-soil-pile interaction
5008-0324-011-DPG06	5 pile group "cap layered soil interaction" FEM
5008-0324-011-DPG07 till DPG27	4-pile group and 5-pile group calculation to investigate behaviour with increasing nr. of piles.
5008-0324-11-DPG-section 1 till 9	Calculating the stiffness of building section as defined in figure 4. In certain sections variation calculations have been performed to investigate the behaviour. All calculations have been performed in x and y direction.

## 5.2. Calculation results

In this chapter the calculation results of the performed calculations as described in chapter 5.1 are presented.

### 5.2.1. D-Sheet Piling

From the D-sheet Piling calculation only the results of the horizontal stiffness are presented.

Table 11; calculation results DSH01 till DSH03

ID	Diameter	Parameters	F <sub>hor</sub>	U <sub>max</sub>	K <sub>hor</sub>
[-]	[-]	[-]	[kN]	[mm]	kN/m
5008-0324-011-DSH01	560	Menard	430	74.3	5787
5008-0324-011-DSH02	560	2xMenard	460	72.6	6336
5008-0324-011-DSH03	560	2x Menard drained	430	76.3	5636

From the calculation results it can be concluded that the soil stiffness only has a limited influence on the horizontal stiffness of the pile. A 100% increase in soil stiffness leads to an increase of 10% of the horizontal stiffness of the pile.

### 5.2.2. D-Pile Group

Calculation DPG01 till DPG03 have been performed for a comparison with de calculation results from de D-Sheet Piling calculations and an investigation of the calculation method in D-Pile Group. The difference between calculation DSH01 and DPG01 is about 14%. the difference is considered acceptable. The API cyclic method gives as expected a lower horizontal stiffness due to the cyclic degradation. The reduction of pile diameter in the top layers leads to a reduction of the horizontal stiffness of ca. 25%.

Table 12; calculation results DPG01 till DPG03

ID	Diameter	Description	F <sub>hor</sub>	U <sub>max</sub>	K <sub>hor</sub>
[-]	[-]	[-]	[kN]	[mm]	kN/m
5008-0324-011-DPG01	560	API	500	75.3	6640
5008-0324-011-DPG02	560	API cyclic	485	76.7	6323
5008-0324-011-DPG03	560/460	API (460/ 560)	325	65.1	4992

The results of calculation 5008-0324-011-DPG04 till DPG27 have been plotted in Figure 6. In this figure it can be seen that with increasing number of pile rows the group effect has a bigger influence on the decrease in stiffness of a single pile. For the 4-pile layout the reduction in stiffness in the cross direction has a lower limit of about 4100 kN/m. In the length direction the decrease in stiffness of a single pile keeps decreasing. For the 5 pile layout a similar behaviour is found. The decrease in stiffness for a single pile in a 5 pile layout is as expected larger then in a 4 pile layout.

Table 13; calculation results DPG04 till DPG06

ID	Diameter	Soil interaction	F <sub>hor</sub>	U <sub>max</sub>	K <sub>hor</sub>	K <sub>hor, single</sub>
[-]	[mm]	[-]	[kN]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]
5008-0324-011-DPG04	5x460/560	[-]	1781	75.0	23747	4749
5008-0324-011-DPG05	5x460/560	Cap soil interaction Mindlin (1 layer)	839	75.0	11187	2237
5008-0324-011-DPG06	5x460/560	Cap soil layered interaction (2 layers)	1450	67.6	21450	4290

Table 14; calculation results DPG07. DPG08

ID	Diameter	Layout	Soil interaction	F <sub>hor</sub>	U <sub>max</sub>	K <sub>hor</sub>	K <sub>hor;single</sub>
[-]	[mm]	[-]	[-]	[kN]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]
5008-0324-011-DPG07	8x460/560	5	Cap soil layered interaction (2 layers)	2200 (x)	69.1	31833	3979
5008-0324-011-DPG08	8x460/560	5	Cap soil layered interaction (2 layers)	2200 (z)	67.3	32689	4086

Table 15; calculation results DPG09. DOG10

ID	Diameter	Layout	Soil interaction	F <sub>hor</sub>	U <sub>max</sub>	K <sub>hor</sub>	K <sub>hor;single</sub>
[-]	[mm]	[-]	[-]	[kN]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]
5008-0324-011-DPG09	14x460/560	5	Cap soil layered interaction (2 layers)	3500 (x)	70.9	49365	3526
5008-0324-011-DPG10	14x460/560	5	Cap soil layered interaction (2 layers)	3700 (z)	69.2	53468	3819

Table 16; calculation results DPG11. DPG12

ID	Diameter	Layout	Soil interaction	F <sub>hor</sub>	U <sub>max</sub>	K <sub>hor</sub>	K <sub>hor;single</sub>
[-]	[mm]	[-]	[-]	[kN]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]
5008-0324-011-DPG11	20x460/560	5	Cap soil layered interaction (2 layers)	4200 (x)	63.4	66246	3312
5008-0324-011-DPG12	20x460/560	5	Cap soil layered interaction (2 layers)	4800 (z)	63.3	75829	3791

Table 17; calculation results DPG13 till DPG19

ID	Diameter	Layout	Soil interaction	F <sub>hor</sub>	U <sub>max</sub>	K <sub>hor</sub>	K <sub>hor;single</sub>
[-]	[mm]	[-]	[-]	[kN]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]
5008-0324-011-DPG13	4x460/560	4	Cap soil layered interaction (2 layers)	1200 (x)	68.0	17647	4412
5008-0324-011-DPG14	6x460/560	4	Cap soil layered interaction (2 layers)	1800 (x)	72.3	24896	4149
5008-0324-011-DPG15	6x460/560	4	Cap soil layered interaction (2 layers)	1800 (z)	70.9	25388	4231
5008-0324-011-DPG16	10x460/560	4	Cap soil layered interaction (2 layers)	2600 (x)	65.7	39574	3957
5008-0324-011-DPG17	10x460/560	4	Cap soil layered interaction (2 layers)	2800 (z)	67.5	41481	4148
5008-0324-011-DPG18	14x460/560	4	Cap soil layered interaction (2 layers)	3400 (x)	64.8	52469	3748
5008-0324-011-DPG19	14x460/560	4	Cap soil layered interaction (2 layers)	3700 (z)	63.9	57903	4136

Table 18; calculation results DPG24 till DPG27

ID	Diameter	Layout	Soil interaction	F <sub>hor</sub>	U <sub>max</sub>	K <sub>hor</sub>	K <sub>hor;single</sub>
[-]	[mm]	[-]	[-]	[kN]	[mm]	[kN/m]	[kN/m]
5008-0324-011-DPG24	32x460/560	4	Cap soil layered interaction (2 layers)	6800 (x)	65.8	103343	3229
5008-0324-011-DPG25	32x460/560	4	Cap soil layered interaction (2 layers)	8200 (z)	62.8	130573	4080
5008-0324-011-DPG26	38x460/560	5	Cap soil layered interaction (2 layers)	7450 (x)	70.0	106429	2800
5008-0324-011-DPG27	38x460/560	5	Cap soil layered interaction (2 layers)	9600 (z)	69.5	138129	3635

Ter-Econ buispaal 460/560 E=15000MPa

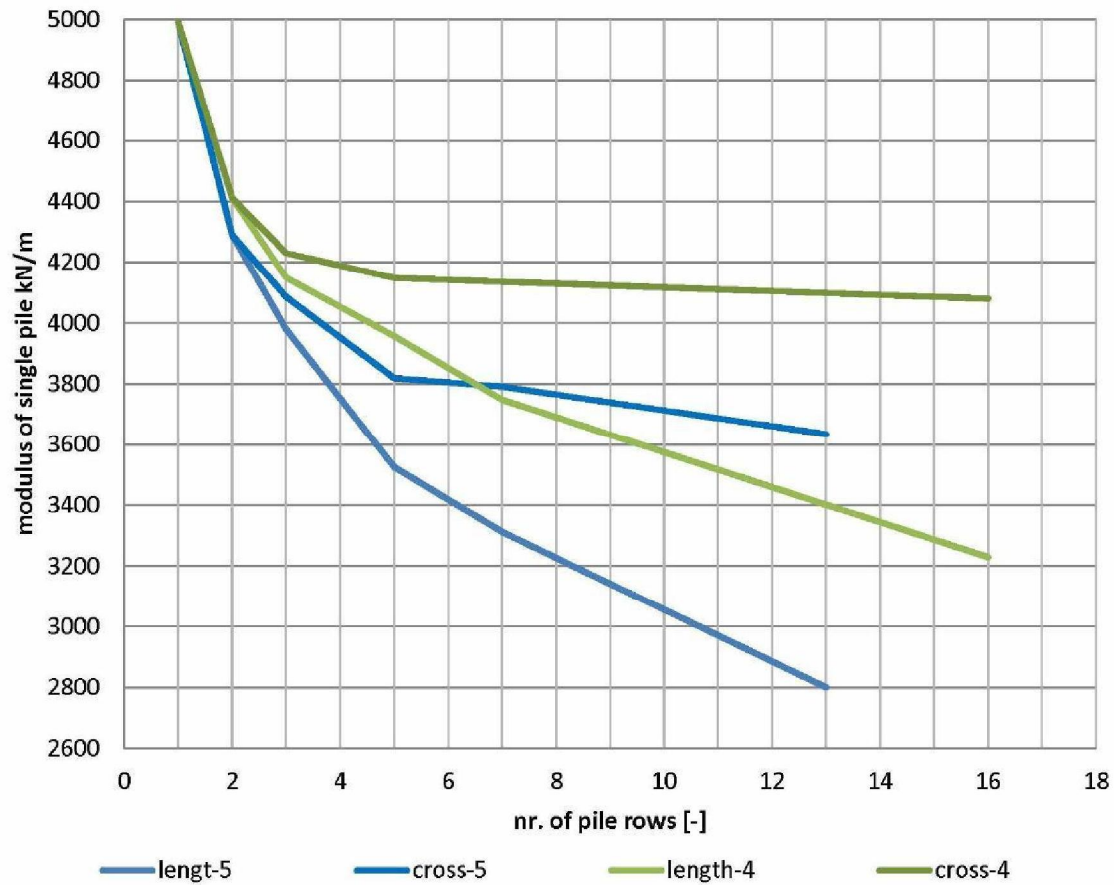


Figure 6; graph of DPG04 till DPG27

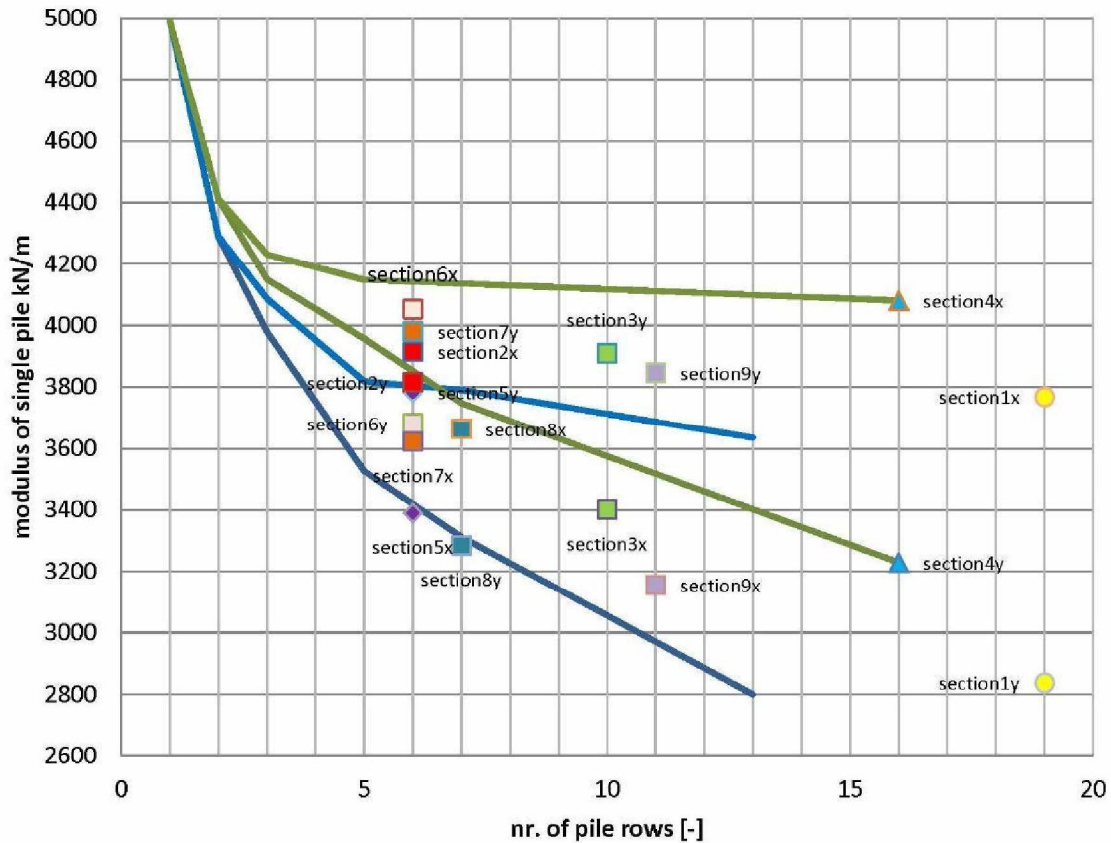


In Table 19 the results of calculation 5011-0324-011-DPG-section 1 till section 9 are presented. The x- and y-direction of the sections have been defined in Figure 5. Within the main building a total of 20 single piles are present which have not been classified to a section. The stiffness of these pile is added separately. the stiffness of these pile has been derived from the calculation of single piles and 4-group piles as described earlier. To account for the group effect at the boundary of a section which leads to a decrease in total stiffness. the calculated stiffness is decreased by an amount of 5%. The calculation results are presented visual in Figure 7. Here it can be seen that the earlier performed calculations envelop the calculations of the different sections as expected.

Table 19; calculation results 5011-0324-011-DPG-section1 till section 9

Ter-Econ 460/560 E=15000. u=68mm					Fx	ux	kx	Fy	uy	ky
					[kN]	[mm]	[kN/m]	[kN]	[mm]	[kN/m]
		section1x		section1y						
section 1	19	45	3769	2838	11532	68	169588	8684	68	127706
		section2x		section2y						
section 2	6	14	3915	3816	3650	66.6	54805	3500	65.5	53435
		section3x		section3y						
section 3	10	20	3401	3910	4850	71.3	68022	5500	70.3	78236
		section4x		section4y						
section 4	16	32	4080	3229	9793	75	130573	7751	75	103343
		section5x		section5y						
section 5	6	18	3390	3783	4400	72.1	61026	4900	72	68056
		section6x		section6y						
section 6	6	15	4053	3682	4000	65.8	60790	3700	67	55224
		section7x		section7y						
section 7	6	15	3623	3981	3500	64.4	54348	3900	65.3	59724
		section8x		section8y						
section 8	7	20	3664	3285	5100	69.6	73276	4450	67.7	65731
		section9x		section9y						
section 9	11	28	3156	3846	5700	64.5	88372	7150	66.4	107681
					<b>Section</b>	<b>760801</b>				
					<b>Single piles</b>	<b>68480</b>				
					<b>Sum</b>	<b>829281</b>				
					<b>95% of sum</b>	<b>787817</b>				

Ter-Econ buispaal 460/560 E=15000MPa



- section1x    ● section1y    ■ section2x    ■ section2y    ■ section3x    ■ section3y
- ▲ section4x    ▲ section4y    ◆ section5x    ◆ section5y    □ section6x    □ section6y
- section7x    ■ section7y    ■ section8x    ■ section8y    ■ section9x    ■ section9y

Figure 7; results 5008-0324-011-DPG-section 1 till section 9 visual

Within a number of sections variation calculations have been performed to investigate the influence of a certain variable on the horizontal stiffness. The results of these calculations are described Table 20 till Table 22.

Table 20; variation in stiffness pile

Stiffness pile variation (default 15000 MPa)	Calculated sections 4, 7, 8, 9
10000 MPa	Decrease horizontal stiffness of 13%
20000 MPa	Increase horizontal stiffness of 10%

Table 21; variation in imposed displacement

Displacement (default 75 mm)	Calculated sections 1, 2, 3, 5, 6
30 mm	Increase horizontal stiffness of 20%

Table 22; variation in amount of piles

Double amount of piles	Calculated sections 3, .5, 6
Double amount of piles	Decrease stiffness single pile with of 25%

*Bending moments and shear forces*

The calculation results of the bending moments have been added to this report in appendix 4. The values shown in the plan view are the bending moment at the pile head. For each section the graph of the pile with maximum forces has been added in appendix 6. The top view of the calculated shear forces have been added to this report in appendix 5.

## 6. LIQUEFACTION CALCULATION

### 6.1. General Procedure Liquefaction Assessment

During and after an earthquake event liquefaction of loose sand may occur and result in total or partial loss of bearing capacity and or horizontal soil resistance. The liquefaction assessment is done for the Near Collapse conditions as given in section 3 (PGA = 0.43 [g]).

NPR 9998 provides an informative attachment F describing criteria for liquefaction in sands. The given procedure is relatively conservative as a result of not taking the fines content into account. The site however is characterised by sand layers and silty sand layers with many thin clay layers. A less conservative approach according to Boulanger and Idriss (2014) has been selected. The fines content correction is, according to Boulanger and Idriss (2014), preferably determined with the actual fines content (FC). Based on the fines content, the soil behaviour type index  $I_c$  is determined. In order to follow this procedure it is recommended to perform laboratory test on undisturbed samples to determine the fines content. As to date only CPT data are available and the soil behaviour type index  $I_c$  has been determined with the procedure by Robertson and Wride (1997) as given in Boulanger and Idriss (2014).

A characteristic result is obtained at CPT 2 (DKM2) and given in appendix 7. The FoS is in general well above 1.0. Only in sand layers near layer boundaries the FOS decreases below 1.0 although a procedure has been applied to omit assessment in case cohesive layers are present within a vertical range of 0.25 m according to NPR par. 8.5. The cohesive layers are defined as layers with an soil behaviour type index  $I_c > 2.6$ .

At a few locations there is evidence of less dense sand layers resulting in a FOS below 1.0. Appendix 7 presents results of CPT 11 and 15 (DKM11 and DKM15) showing this trend mainly above NAP -11.0 m.

In summary liquefaction under Near Collapse (NC) conditions is expected at several locations.

#### Literature

R.W. Boulanger and I.M. Idriss, CPT and SPT based liquefaction triggering procedures, Department of Civil & Environmental Engineering, College of Engineering, University of California at Davis, April 2014

### 6.2. Generation Excess Pore Pressure

The generation of excess pore pressure is calculated according to NPR 9998. The major characteristic feature of the procedure is that 100 % of excess pore pressure is applicable in case the  $FoS \leq 1.25$ . The results of the calculations can be found in appendix 7.

### 6.3. Post Liquefaction Settlement

The procedure according to NPR 9998 has been followed. For the calculation of the relative density the procedure according to Baldi et al 1986 is followed. The results of the calculations can be found in appendix 7

#### 6.4. Consequences Liquefaction

In case the FoS against liquefaction is smaller than 2.0 [-] several consequences arise regarding piled foundations. According to NPR 9998 two situations must be regarded:

- (Situation 1) During the earthquake event 50 % of the final excess pore pressure is applicable to the foundation system reducing the pile capacity
- (Situation 2) After the earthquake event the fully developed excess pore pressure is applicable

Generated excess pore pressure during and after an earthquake decreases the horizontal stiffness and also the bearing capacity of foundation piles. The amount of reduction depends on the amount of generated excess pore pressure.

##### 6.4.1. Bearing capacity

Generated excess pore pressure during an earthquake event does decrease the bearing capacity of piles. For the situation immediately after the earthquake event the reduced bearing capacity is given for situation 2 (fully developed excess pore pressure) CPT2, 11 and 15 (DKM2, 11 and 15) in Figure 8. The graph has been constructed by first calculating the original bearing capacity (as described in report 5008-0324-011.R03). The bearing capacity during the liquefaction event has been constructed by reducing the cone resistance in the liquefied zones. This reduced CPT is used to calculate the bearing capacity during the liquefaction event, for CPT2 this is DKM2-liq-IB. In the graph on the right the difference between the original bearing capacity and the bearing capacity during liquefaction is expressed as a ratio. The presented graph is the minimum ratio of CPT2, 11 and 15. In the graphs in Figure 8 the increase in negative skin friction due to settlements has not been included.

The bearing capacity for situation 1 needs to be calculate by taking 50% of the final excess pore pressure according to the procedure described in the NPR9998. The results of these calculation also can be seen in Figure 8. The reduced CPT-graphs which have been used for the calculation of the bearing capacity during and after liquefaction have been added to this report as appendix 8.

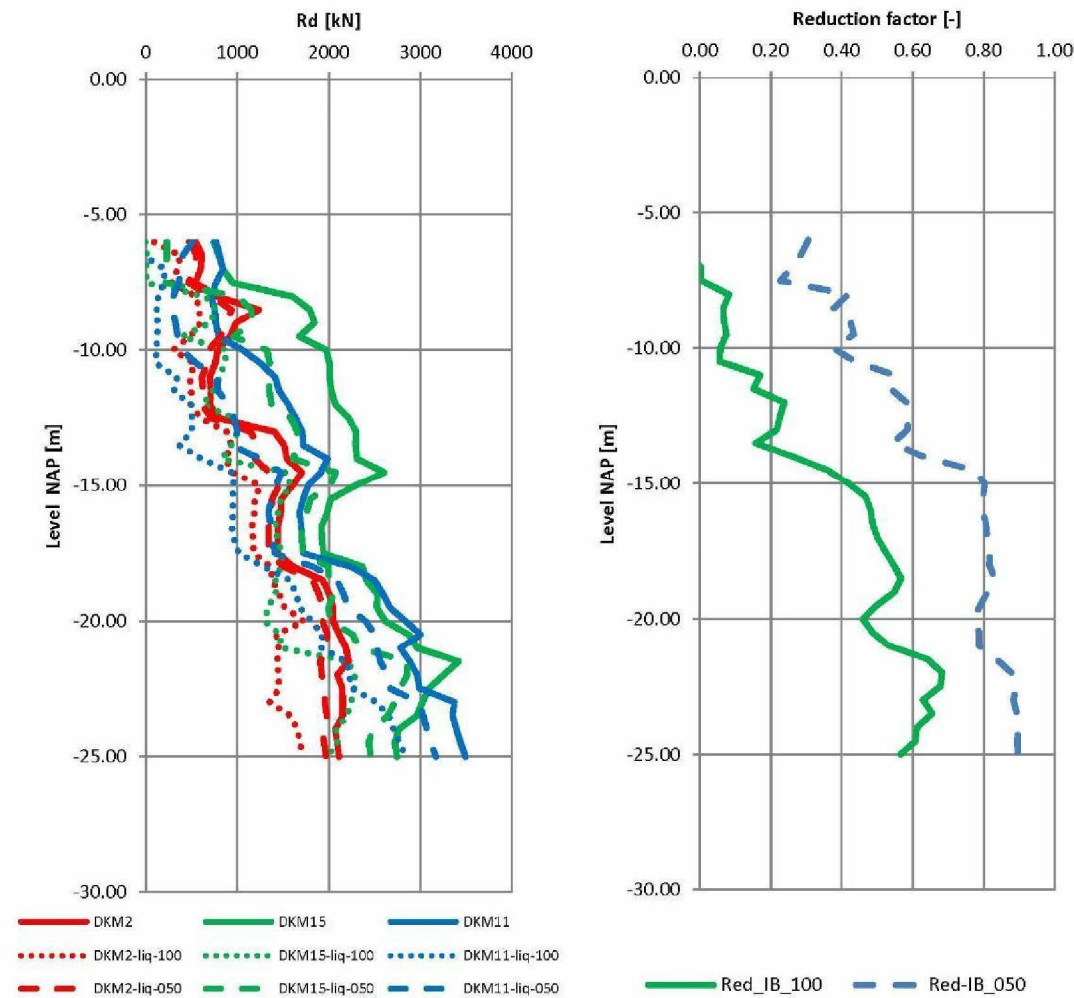


Figure 8; Reduction factor bearing capacity

The resulting settlement distribution may increase the negative skin friction acting on the pile. A conservative approach is that all soil layers above the level where the final settlement is larger than 10 mm contribute to the negative skin friction. Upon some vertical deformation of the pile the contribution decreases. At large pile tip displacement the negative skin friction reduces and even turns to positive skin friction. For Near Collapse conditions the maximum settlement of the pile foundation at which the deformation of the main section of the building reaches Near Collapse conditions may be taken into account resulting in a strong decrease of the applicable negative skin friction at large allowable settlement. This procedure may have limited reduction of negative skin friction as a result of the structural behaviour of the secondary building. Due to the lower stiffness of this building the stress redistribution capacity of this building is lower. Secondly inspection of the foundation integrity after an event is not feasible.

#### **6.4.2. Horizontal stiffness**

Due to liquefaction the horizontal stiffness will decrease. The reduction of the horizontal stiffness due to liquefaction is not a certainty. When a lower horizontal stiffness leads to a reduction of forces this reduction may not be used. The reduction of the horizontal stiffness can be calculated according to the NPR9998 by multiplying with a factor  $\sqrt{1 - r_u}$ . In the layers where full liquefaction occurs the horizontal stiffness reduces to almost zero. In this layers the pile needs to be checked for the buckling phenomena. The calculated relative excess pore pressure ( $r_u$ ) is added to this report in appendix 7.

#### **6.4.3. Surface Settlements**

Due to the liquefaction settlements at surface will occur ranging from 20 mm till 200 mm, depending on the location at the site. A profile of the settlements at a certain depth is given in appendix 7. Here it can be seen that also at larger depths settlements will occur which will lead to a settlement of the building as a whole.

#### **6.5. Preventive Measures Liquefaction**

The main measures to prevent soil to liquefy are soil replacement or improvement by densifying the sand layers. In all cases measures have to be taken to a large depth to fully prevent liquefaction as can be seen on appendix 7. Soil replacement, improvement by stone columns or soil mixing are therefore not feasible. Dynamic compaction (Rütteldrückverfahren) may prove to be successful but is not feasible as a result of high intensity of ground shaking during installation.

## 7. SUMMARY

The behaviour of the preliminary pile design of the planned proton facility at the UMCG Groningen is investigated by means of calculations in the computer program D-Pile Group. To perform the calculation the pile layout has been divided in 9 sections. The horizontal stiffness of the 9 sections has been calculated in x- and y- direction. The calculated stiffness of the main building as indicated in Figure 5 is 787817 kN/m in x-direction and 748235 kN/m in y-direction. A number of variation calculations have been performed in which the influence of a certain parameter is investigated. A variation in the Young's Modulus of the pile with 50% leads to an increase, or decrease in the stiffness of a pile group of 10 % till 15 %. A reduction of the displacement of the pile cap from 75 mm till 30 mm leads to an increase in stiffness of ca. 20%. An increase of the number of piles in a pile group leads to a decrease in the stiffness of a single pile with ca. 25%. Due to the larger pile group the distribution of the moments and shear forces in the pile group has a larger variation. A pile in the centre of a pile group will have smaller bending moments and shear forces.

The susceptibility of the site to liquefaction has been calculated according to the method described in Boulanger and Idriss 2014. The results of the calculations show at a number of CPT-location a factor of safety against liquefaction below 1.0 which is an indicator for complete liquefaction. The thickness of the complete liquefied layer is limited. Based on the calculation result no major liquefaction of the site is expected under Near Collapse conditions. However partial liquefaction will have an influence on the bearing capacity and horizontal stiffness of the foundation piles. The reduction of the bearing capacity due to the liquefaction is depending on the tip level of the piles. At a level of NAP -22,0 m the reduction is 40% after full generation of the pore pressure due to liquefaction, in this reduction the account of an increase in negative skin friction has not been included. Due to liquefaction densification of sand layers will occur which leads to surface settlement and settlement of the building. The amount of surface settlement calculated, ranges between 20 mm and 200 mm depending on the location at the site.



**ATTACHEMENT :**            **Soil Investigation Report 5008-324-011\_21.KRV01**            **1**

RAPPORTAGE  
GEOTECHNISCH VELDWERK  
betreffende  
**PROTONENFACILITEIT UMCG TE  
GRONINGEN**

Opdrachtnummer: 5008-0324-011

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	2 december 2014		RTJ

FILE: 5008-0324-011\_21.KRV01.doc

Kantoor: Pop Dijkemaweg 72a, 9731 BG Groningen, Tel.: 050-5412432, [www.fugro.nl](http://www.fugro.nl)  
Onderdeel van de Fugro Groep met vestigingen over de hele wereld.

## RAPPORTAGE GEOTECHNISCH VELDWERK

Project	Protonenfaciliteit UMCG te Groningen	Opdrachtnummer	5008-0324-011
Opdrachtgever	Ingenieursbureau Wassenaar BV Postbus 24 9750 AA HAREN	Datum rapportage	2 december 2014
		Uitvoeringsperiode	16 en 17 mei 2013 25 juni t/m 14 augustus 2014
Opgesteld door	5.1.2e		
Gecontroleerd door	5.1.2e		
Projectleider	ing. R. Tjemmes		
Documentnaam	5008-0324-011_21.KR01 (2).doc		

Deze rapportage bevat de resultaten van het geotechnisch veldwerk dat ten behoeve van bovengenoemd project door Fugro GeoServices B.V. is uitgevoerd. De gerapporteerde resultaten van dit onderzoek mogen slechts worden gehanteerd voor het doel zoals in de opdracht is beschreven.

Tot deze rapportage behoren de volgende bijlagen:

- Situatietekening
- Sonderingen
- Archief sondering (5008-0324-000- DKMP8, inclusief dissipatietesten)
- Veldboorstaten
- Continu Elektrisch Sonderen
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten

### 1. GEOTECHNISCH VELDWERK

Het geotechnisch veldwerk voor dit project heeft bestaan uit:

- 28 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand. Tevens is onder opdrachtnummer 5008-0324-000 een sondering uitgevoerd (DKMP8) die is opgenomen in deze rapportage.
- 2 mechanische boringen.

Voor een verklaring van de op de situatietekening gebruikte tekens en symbolen wordt verwezen naar de bijlage "Legenda Terreinproeven en Grondsoorten".

### 2. COORDINATEN EN HOOGTE VAN ONDERZOEKSPUNTEN

De hoogte en de coördinaten van de onderzoekslocaties zijn bepaald in NAP en RD. De maximale afwijking van de meting van de coördinaten bedraagt 10 cm, de maximale afwijking van de meting van de hoogte bedraagt 5 cm.

De bijgevoegde situatietekening is gebruikt voor het aangeven van de onderzoekslocaties.

De hoogtebepaling van de onderzoekslocaties is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw te refereren aan een vaste referentiehoogte. Deze gegevens zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

### 3. SONDEREN

Het sonderen is uitgevoerd conform de vigerende richtlijnen en de NEN-EN-ISO 22476-1. Een beschrijving van de gevolgde meet- en registratiemethode is gegeven in de bijlage "Continu Elektrisch Sonderen".

Wanneer de sonderingen gebruikt worden voor de toetsing van geotechnische constructies dient de aard en omvang van het grondonderzoek te voldoen aan 3.2.3 van NEN 9997-1.

### 4. BOREN

Het mechanisch boorwerk is verbuisd uitgevoerd, waarbij de grond uit de buis is verwijderd met behulp van een puls (niet cohesieve gronden, zand, grind) en/of een avegaarboor (cohesieve gronden, klei, veen).

De werkzaamheden zijn uitgevoerd conform de NEN-EN-ISO 22475-1.

Tijdens het boren zijn geroerde monsters genomen en in het veld geclassificeerd. Als er laboratoriumonderzoek volgt na het veldwerk, worden in het laboratorium de monsters extra gedetailleerd geclassificeerd. Bij eventuele verschillen tussen de veld- en laboratoriumclassificatie, is de laboratoriumclassificatie bepalend. De classificatie van de grond is uitgevoerd conform NEN 5104.

Op basis van de sondeerresultaten is de diepte bepaald van de ongeroerde monsters. De ongeroerde monsternamen bij het mechanisch boren heeft plaatsgevonden door met een slaghamer (Ackermann) een steekbus te slaan. Bij het handboren is dit gebeurd met een Van der Horst steekapparaat. De steekbussen zijn dunwandige metalen bussen met een diameter van 70 mm en een lengte van 400 mm

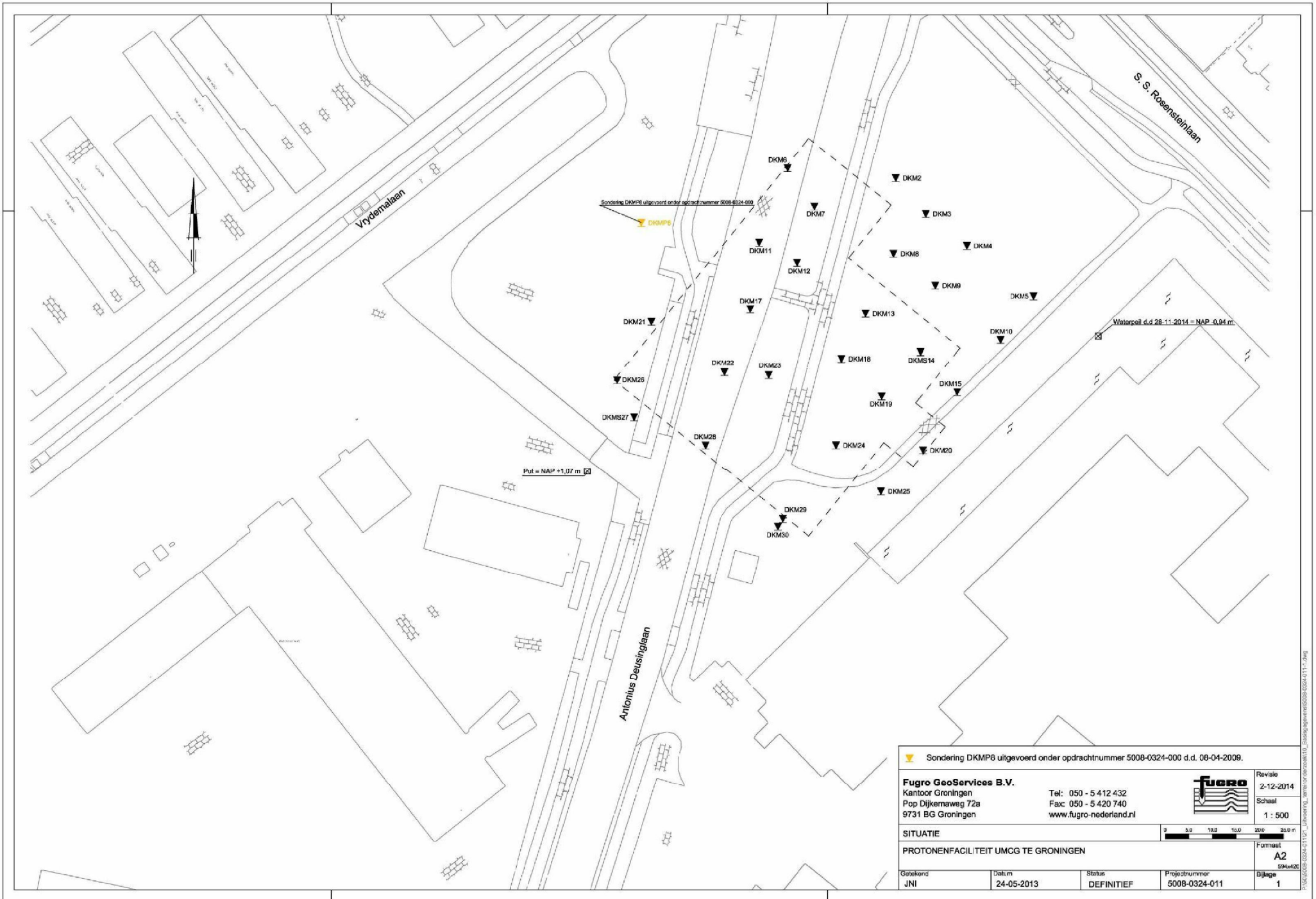
De in de boorgaten geïnstalleerde peilbuizen zijn geplaatst conform NEN-EN-ISO 22475-1. De filterdiepte, omstorting en afdichting zijn aangegeven op de betreffende boorstaten. De boringen met peilbuis zijn met bijbehorend symbool aangegeven op de situatietekening.

### 5. (GROND)WATERSTAND

Het peil van een nabijgelegen open water is gedurende het grondonderzoek bepaald en is vermeld op de situatietekening. Deze waterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven.

### 6. KWALITEITSBORGING

Alle werkzaamheden zijn verricht in overeenstemming met het managementsysteem van Fugro GeoServices B.V. dat voldoet aan de NEN-ISO 9001:2008 en VCA \*\* 2008/05.



Y Sondering DKMP6 uitgevoerd onder opdracht nummer 5008-0324-000 d.d. 08-04-2008.

**Fugro GeoServices B.V.**  
 Kantoor Groningen  
 Pop Dijkemaweg 72a  
 9731 BG Groningen

Tel: 050 - 5 412 432  
 Fax: 050 - 5 420 740  
 www.fugro-nederland.nl



Revisie  
 2-12-2014  
 Schaal  
 1 : 500

**SITUATIE**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN



Formaat  
 A2  
 594x420

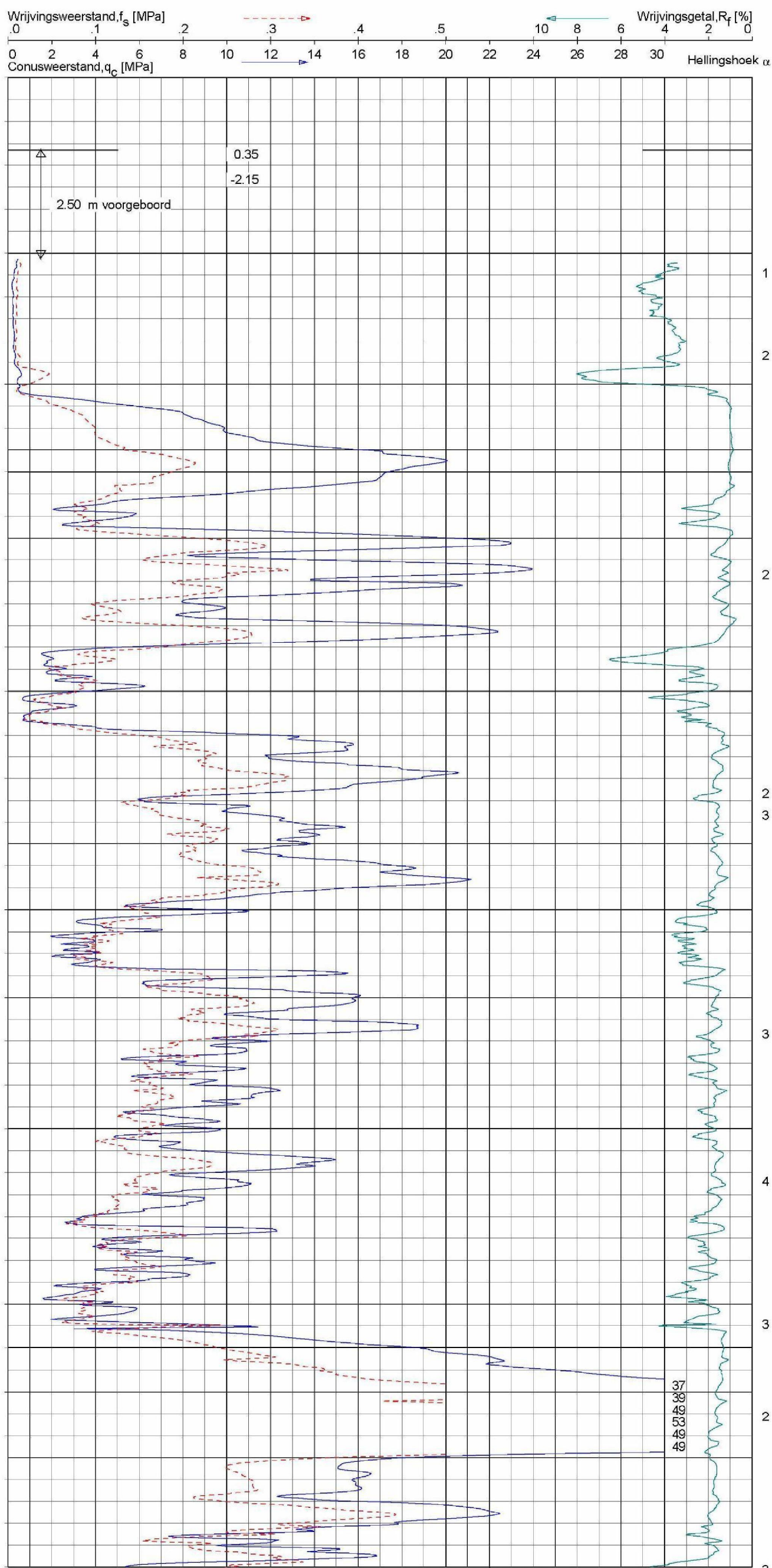
Grotekand JNI	Datum 24-05-2013	Status DEFINITIEF	Projectnummer 5008-0324-011	Bijlage 1
------------------	---------------------	----------------------	--------------------------------	--------------

F:\052008-0324-011\052008-0324-011\_1.dwg

UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS.crd / 2014-08-18 15:25:10

5008-0324-011

DKM2 -1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : VULSTST d.d. 07-aug-2014 Coord.: X=234104.9m Y= 562793.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.35m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

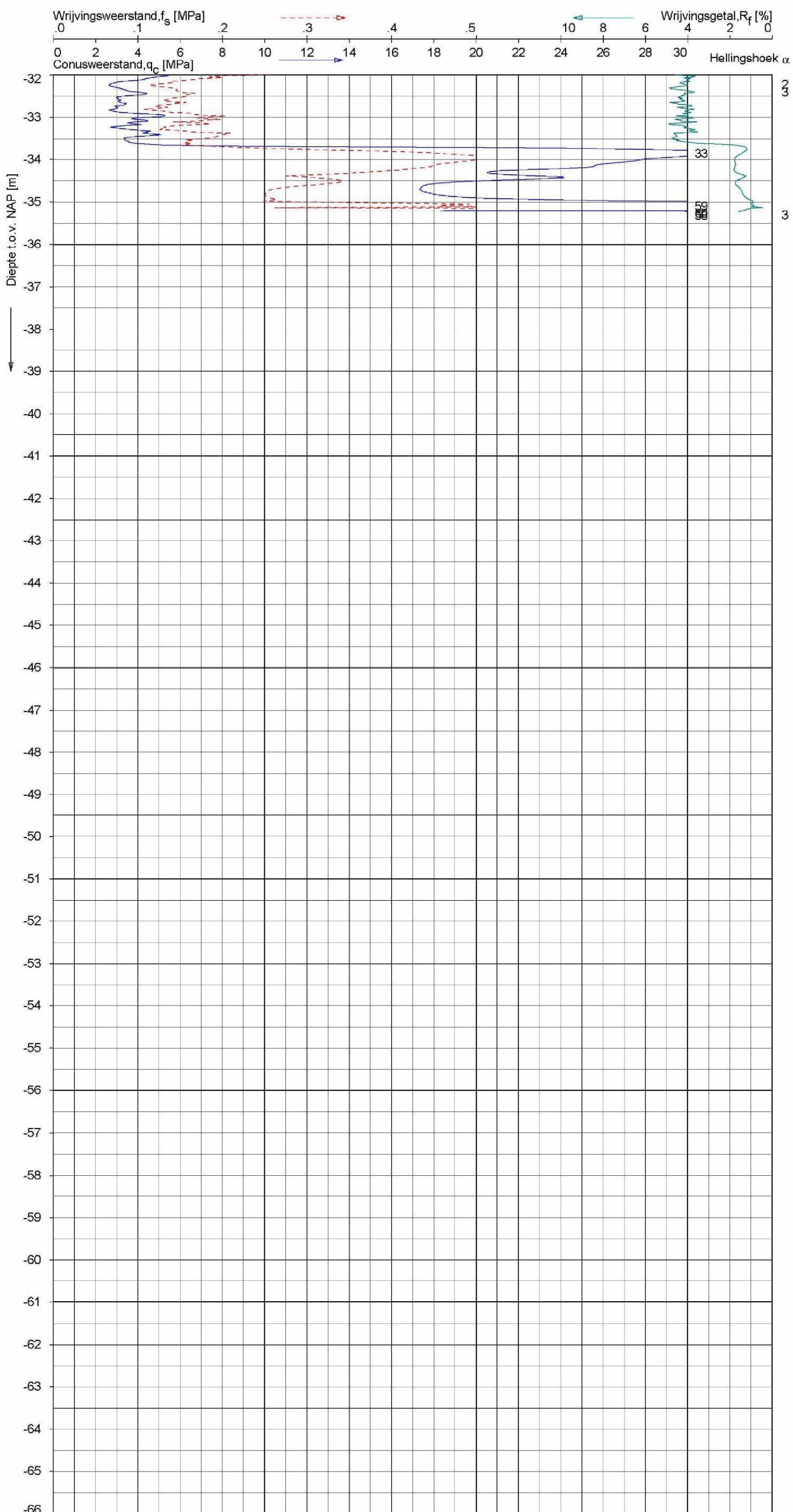
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM2

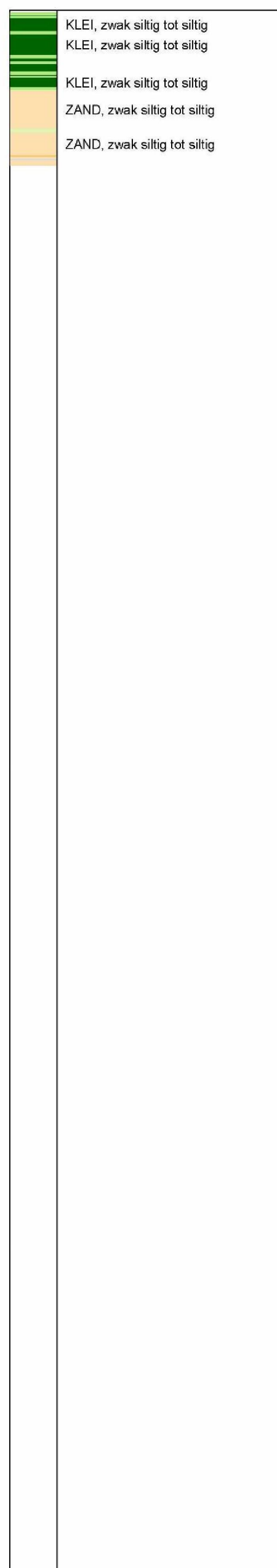
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FScas-NS cmd / 2014-08-18 15:26:11

5008-0324-011

DKM2 -2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VULSTST d.d. 07-aug-2014 Coord.: X=234104.9m Y= 562793.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.35m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

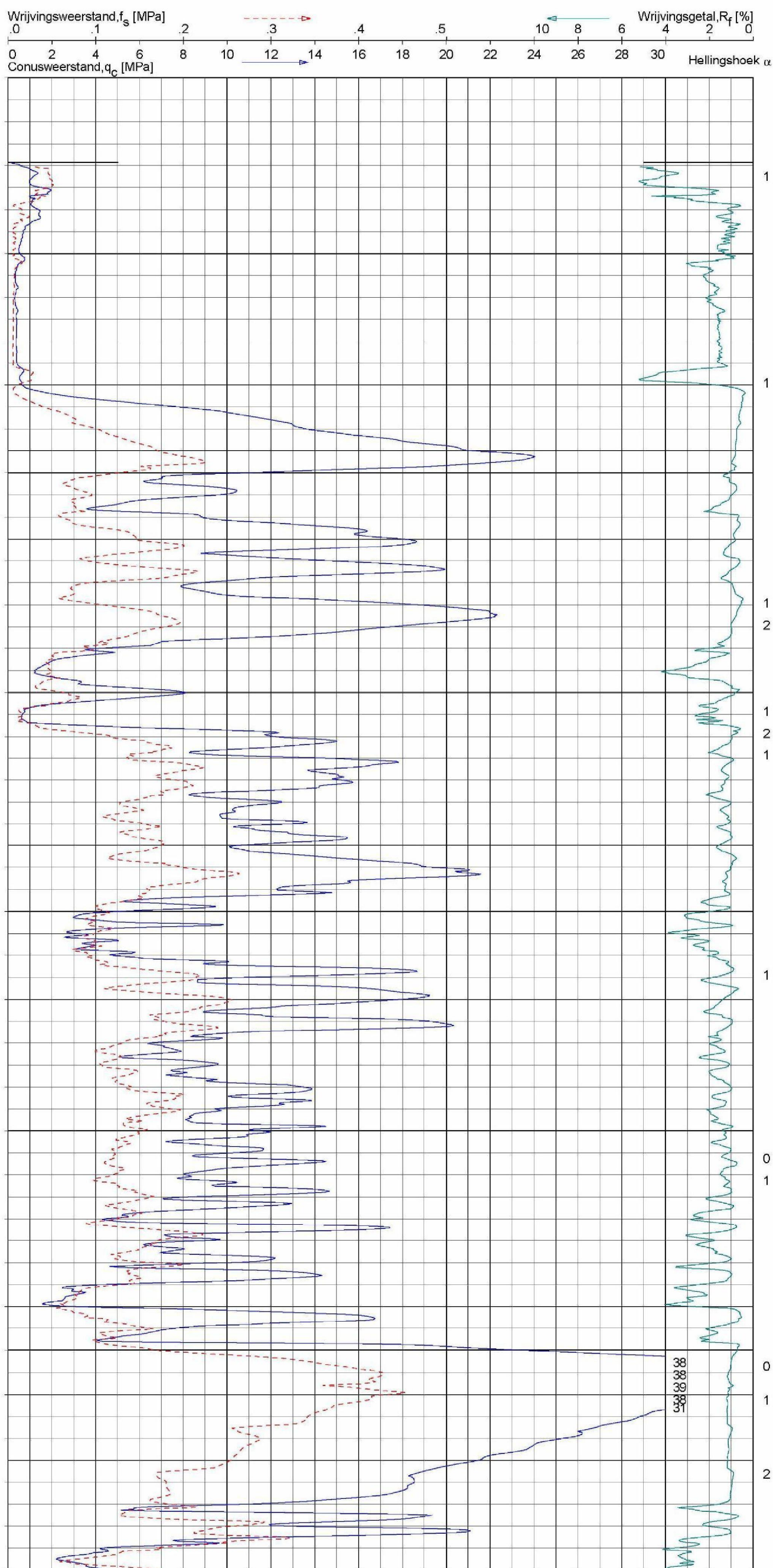
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM2

UNIP.OT.06.24.nl / Qd-Fs-Claes-NS.crd / 2014-02-25 13:57:32

5008-0324-010

DKM3 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: JIP d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234111.3m Y= 562786.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.06m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0036 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

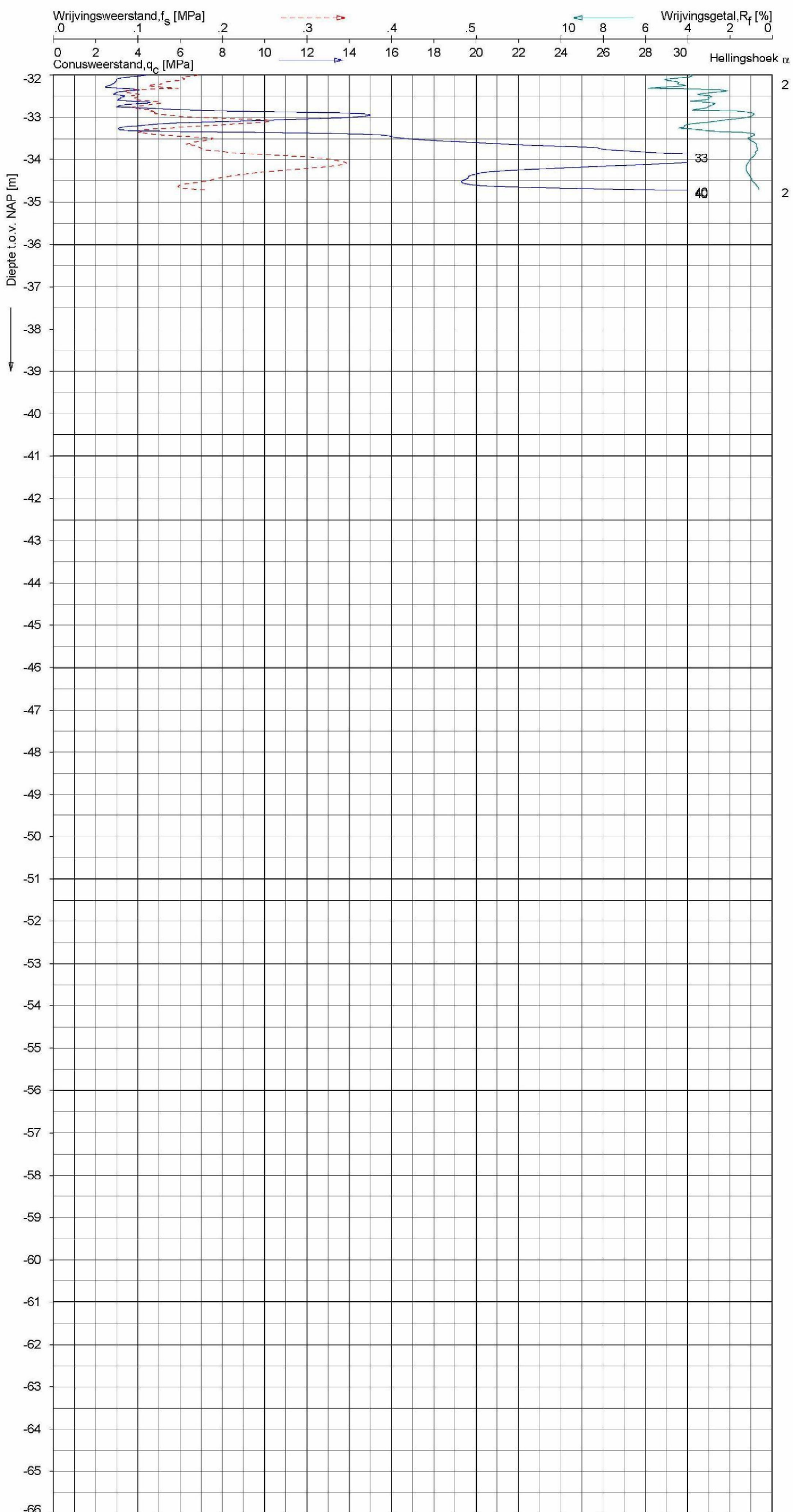
Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM3



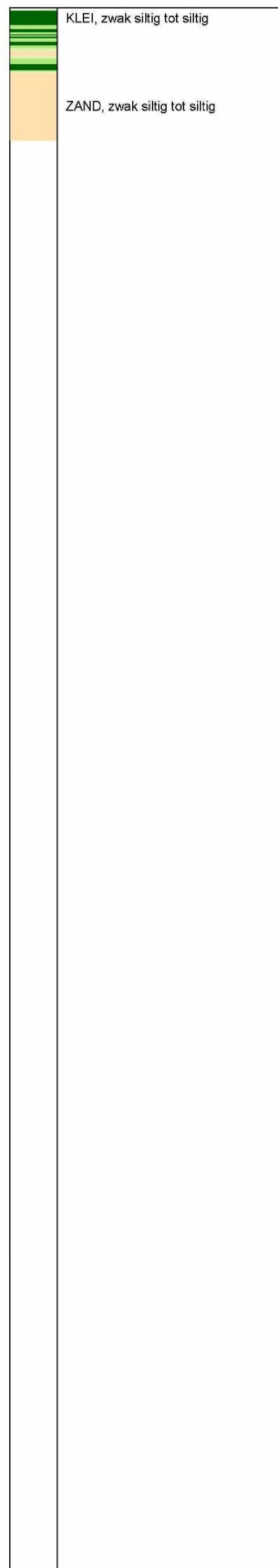
UNIPLOT\_05\_24.nl / Qd-FScas-NS cmd / 2014-02-25 13:57:32

5008-0324-010

DKM3 -2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: JIP d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234111.3m Y= 582786.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.06m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0036 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

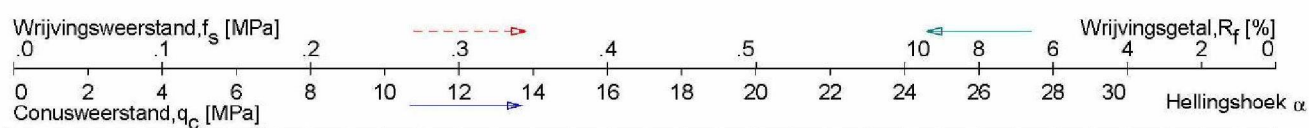
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM3

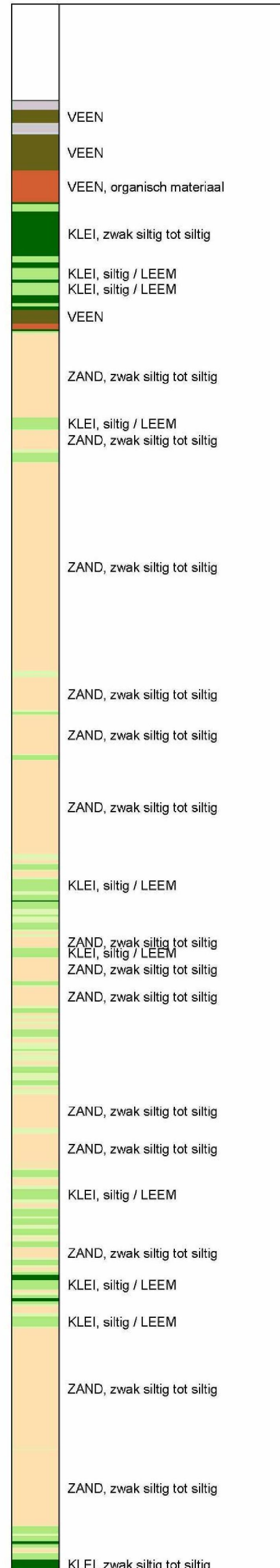
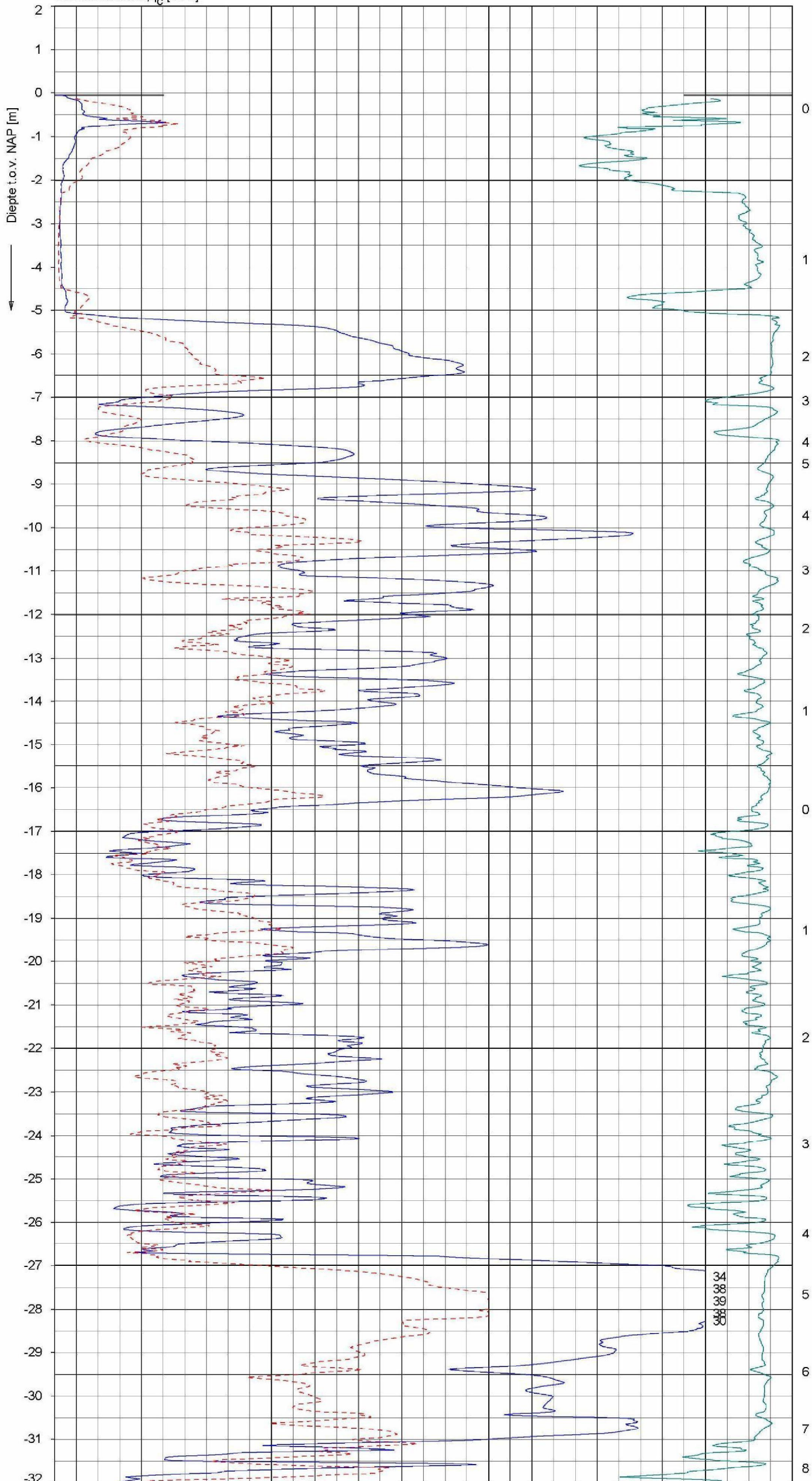
UNIPLOT\_06.24.nl / Qd-Fs-Claas-NS.crd / 2014-02-25 13:57:35

5008-0324-010

DKM4 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234120.0m Y= 562779.2m Systeem: RD  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP -0.05m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

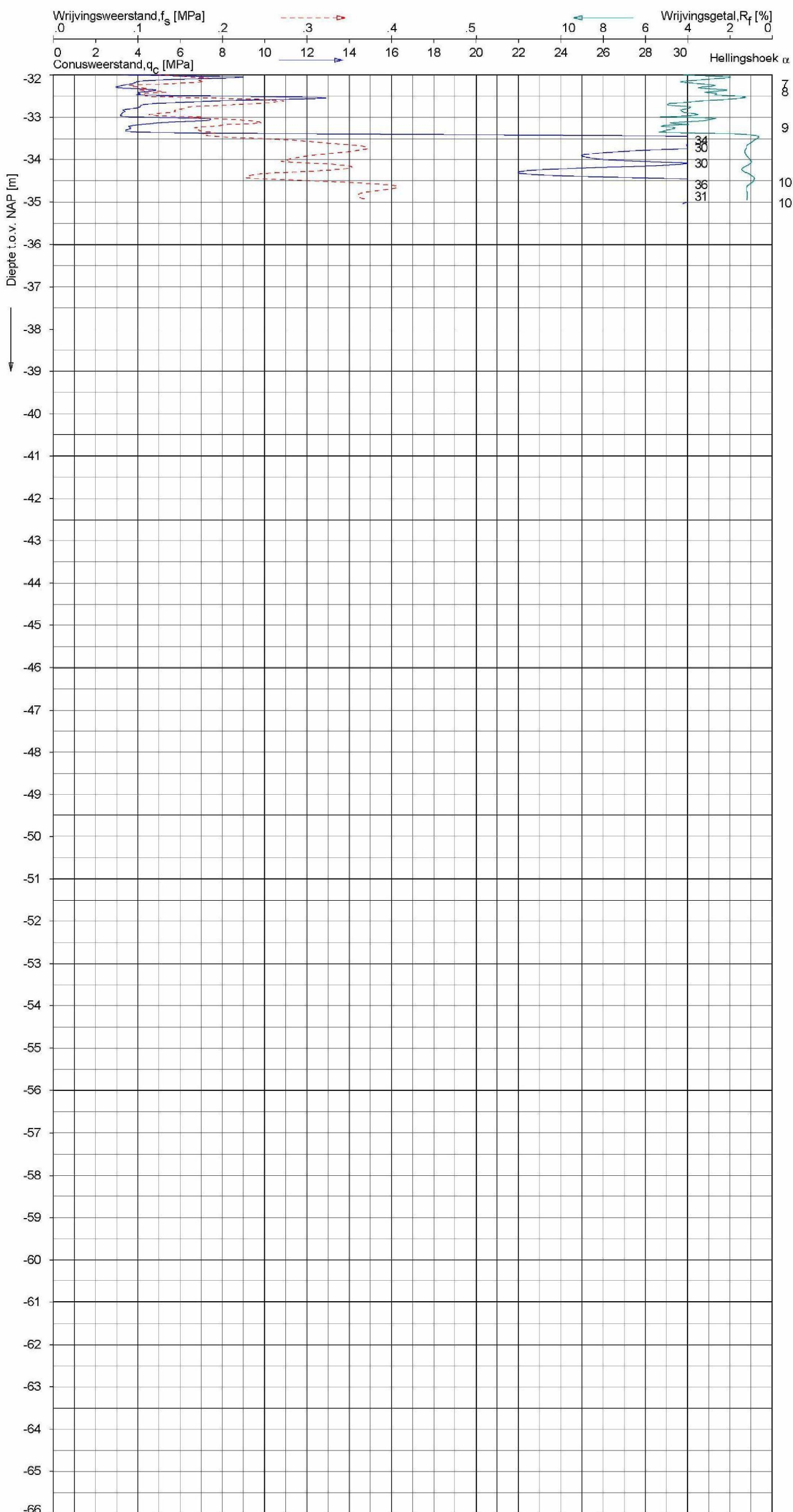
Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM4



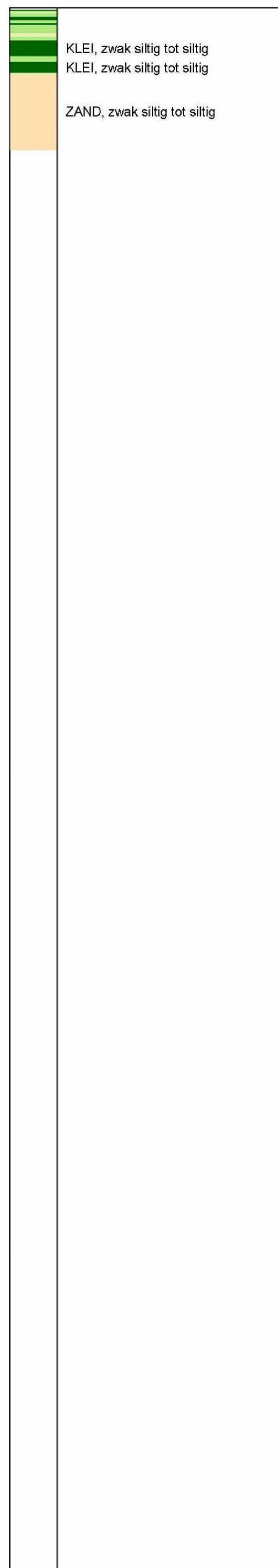
UNIPLOT\_05.24.nl / Qd-FScas-NS cmd / 2014-02-25 13:57:35

5008-0324-010

DKM4-2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234120.0m Y= 562779.2m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP -0.05m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

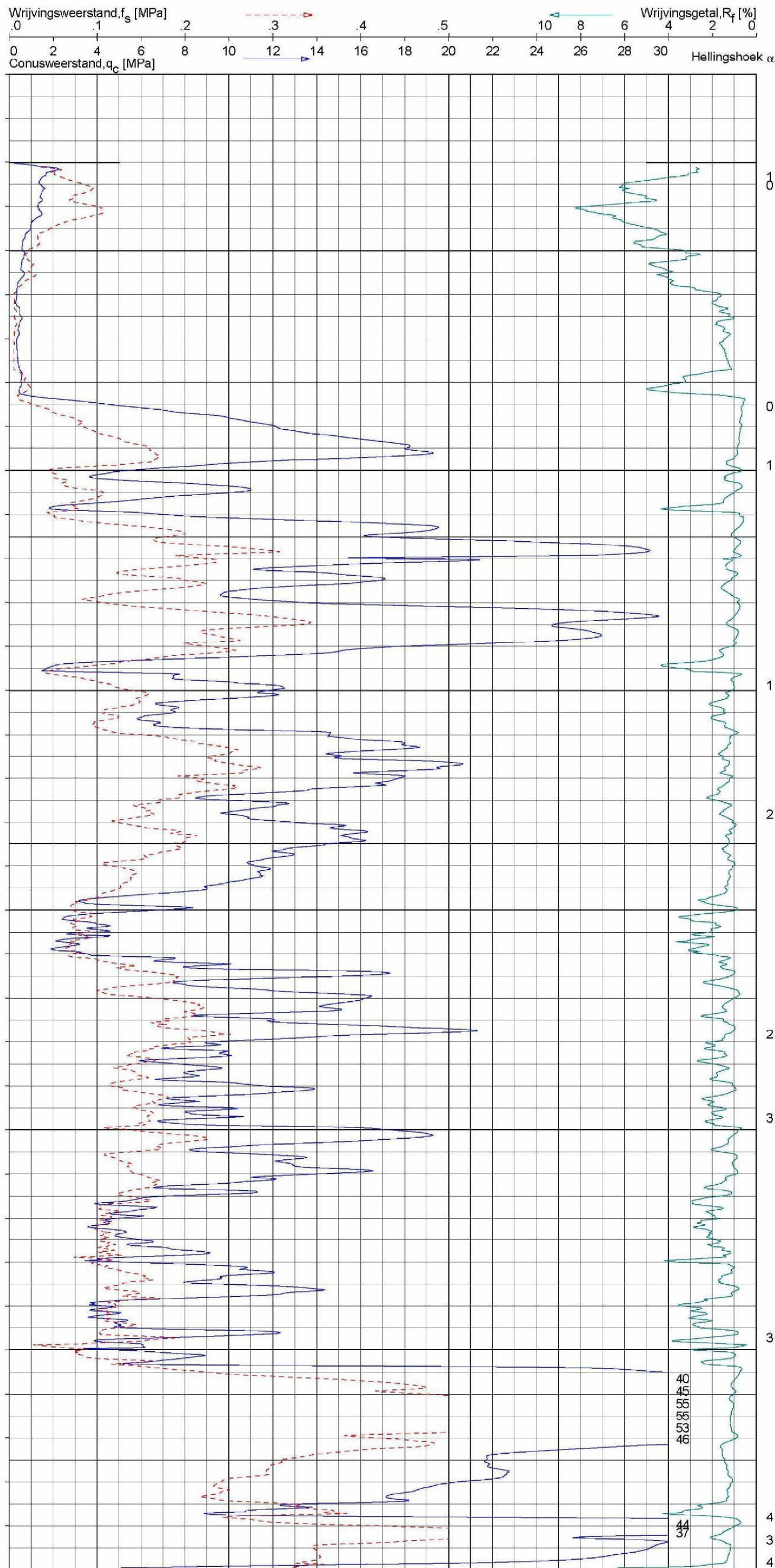
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM4

UNIPLOT\_06\_24.nl / Qcf-Scan-NS.cmd / 2014-02-25 13:57:38

5008-0324-010

DKM5 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : JIP      d.d. 17-mei-2013      Coord.: X=234134.0m      Y= 562766.5m      Systeem: RD  
 Get. : NIKKELSJ      d.d. 24-mei-2013      MV = NAP -0.01m      Conus F7.5CKE2HA/B      1904-0036      Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

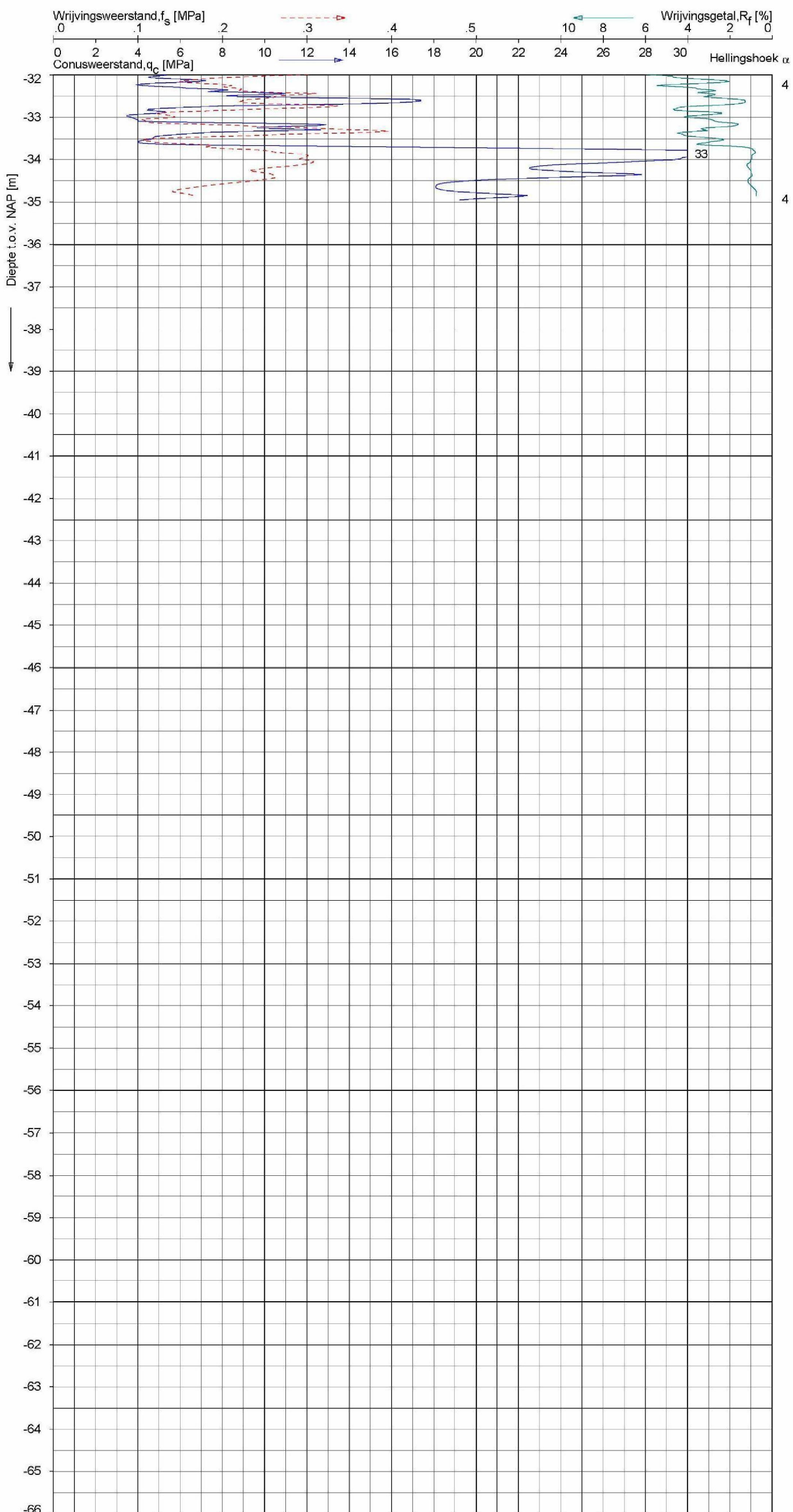
Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM5



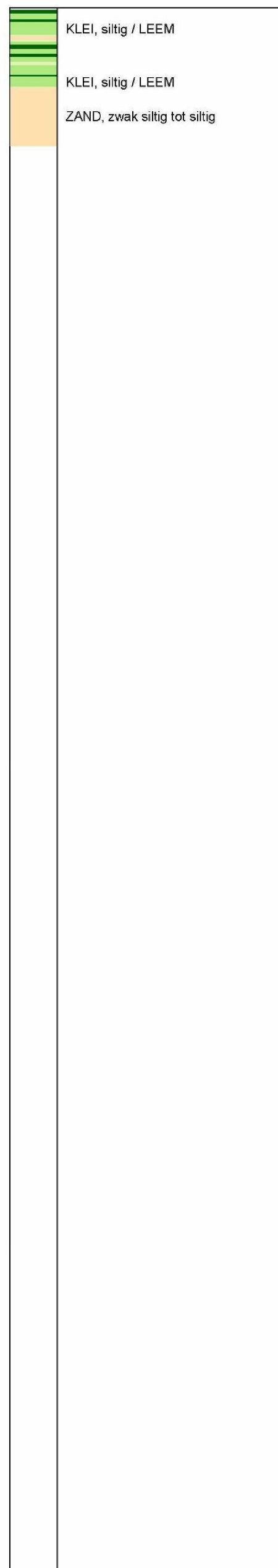
UNIP.LOT.05.24.nl / Qd-FScas-NS.crd / 2014-02-25 13:57:38

5008-0324-010

DKM5 - 2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: JIP d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234134.0m Y= 582768.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP -0.01 m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0036 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

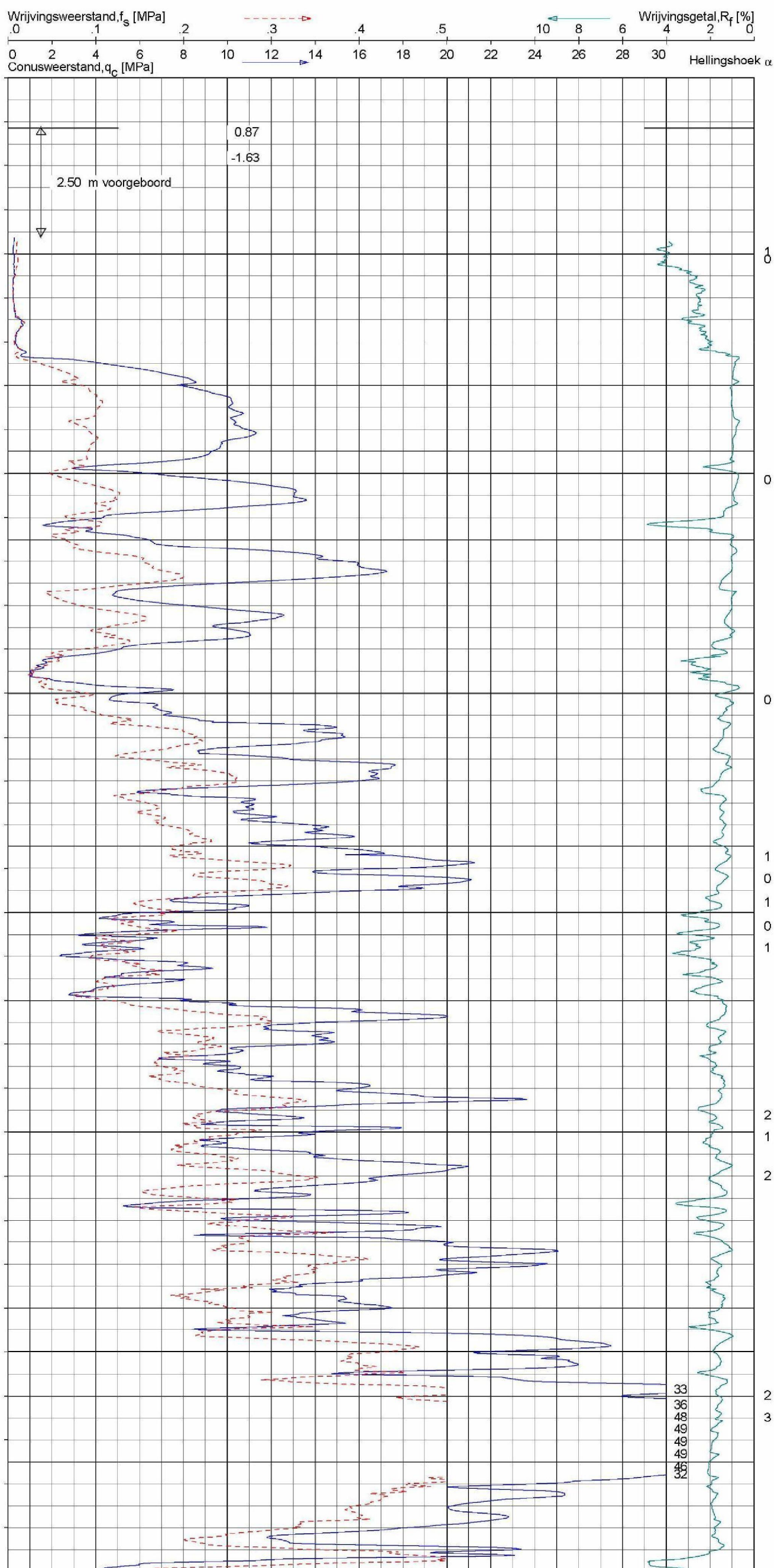
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM5

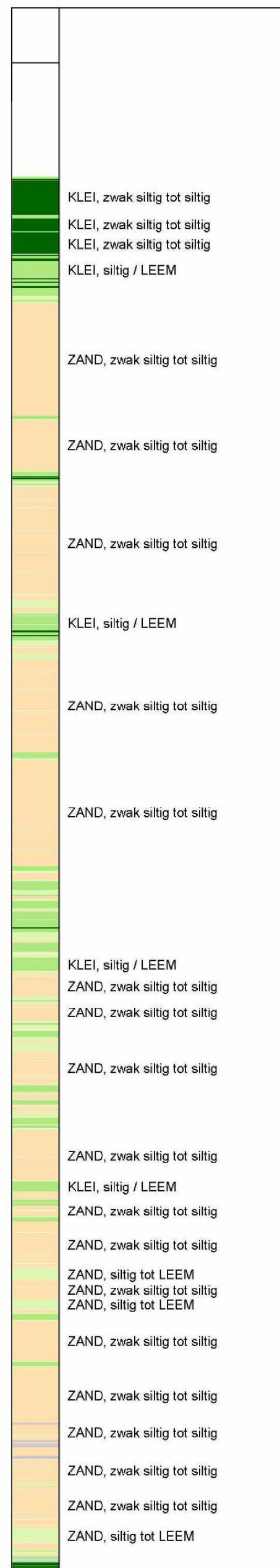
UNIPLOT\_0526.nl / QdF5Cbaas-N3.crd / 2014-08-18 15:25:15

5008-0324-011

DKM6 - 1



**Indicatieve bodembesrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : VULSTST d.d. 07-aug-2014 Coord.: X=234082.0m Y= 562795.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.87m Conus CP15-CF75SN2 1701-2804 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

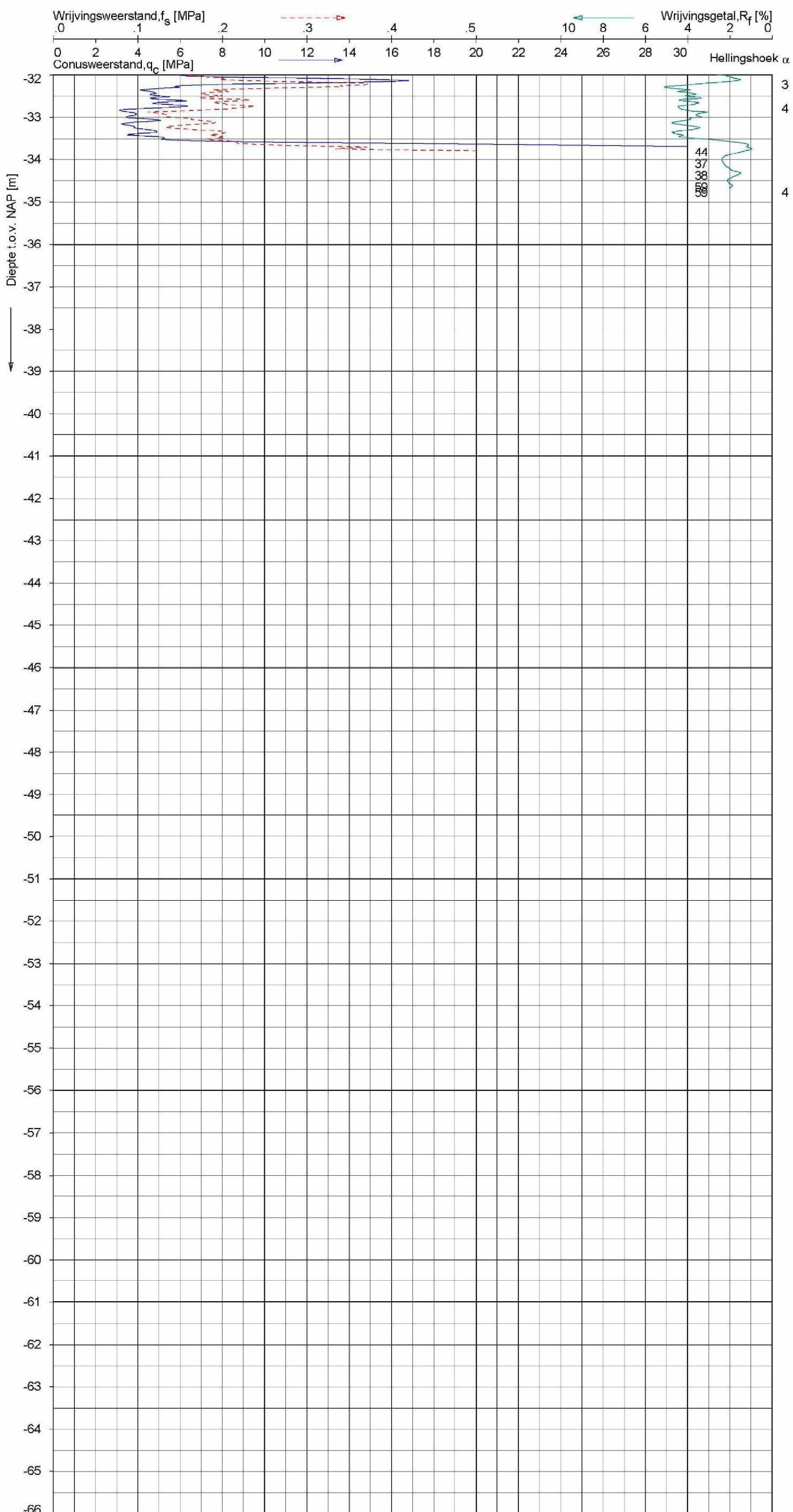
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM6

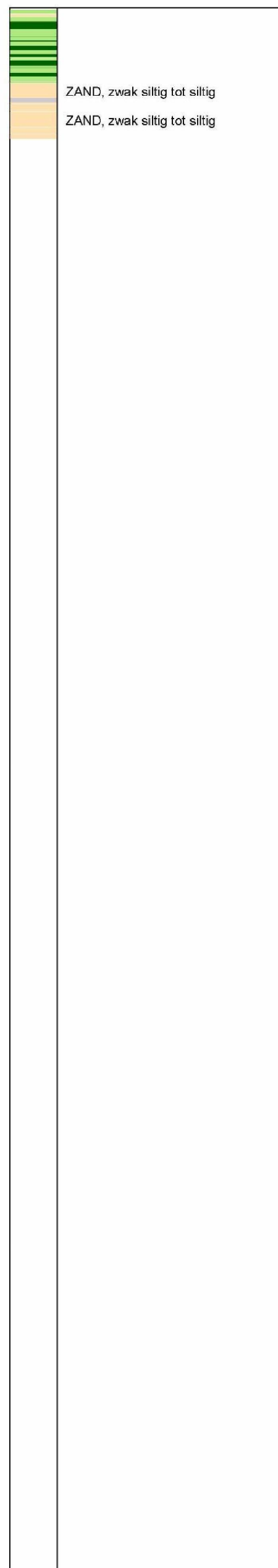
UNIP.LOT\_05.26.nl / Qd-FScas-NS cmd / 2014-08-18 15:25:16

5008-0324-011

DKM6 - 2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VULSTST d.d. 07-aug-2014 Coord.: X=234082.0m Y= 562795.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.87m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

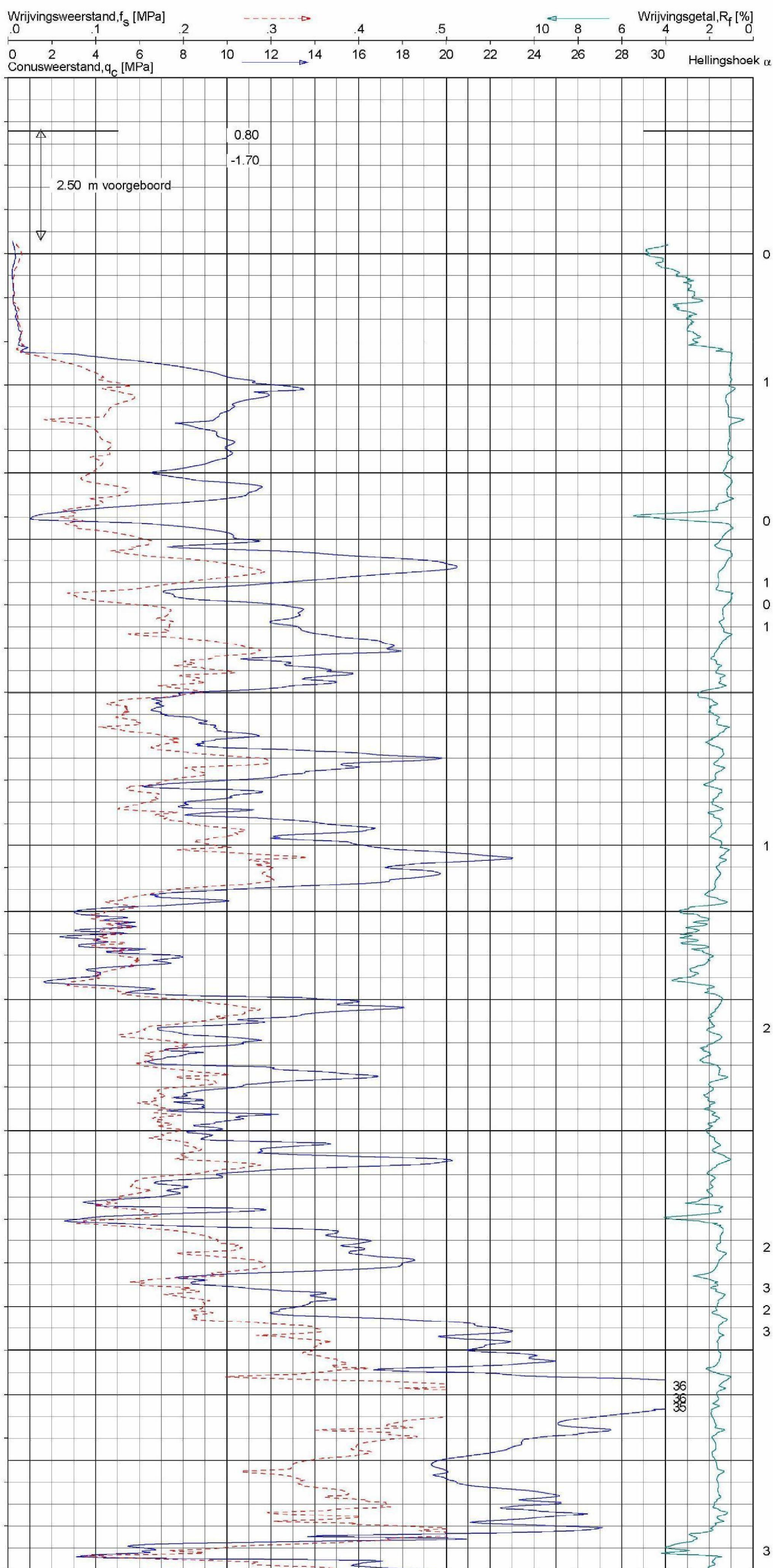
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM6

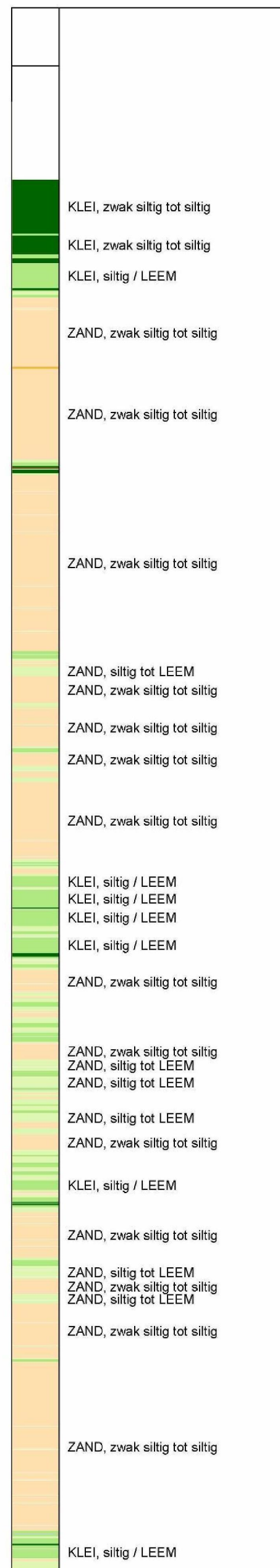
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-Fs-Claas-NS.crd / 2014-08-18 15:25:20

5008-0324-011

DKM7 -1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VUL/FSC d.d. 12-aug-2014 Coord.: X=234087.7m Y= 562787.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.80m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19895\text{mm}^2$

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

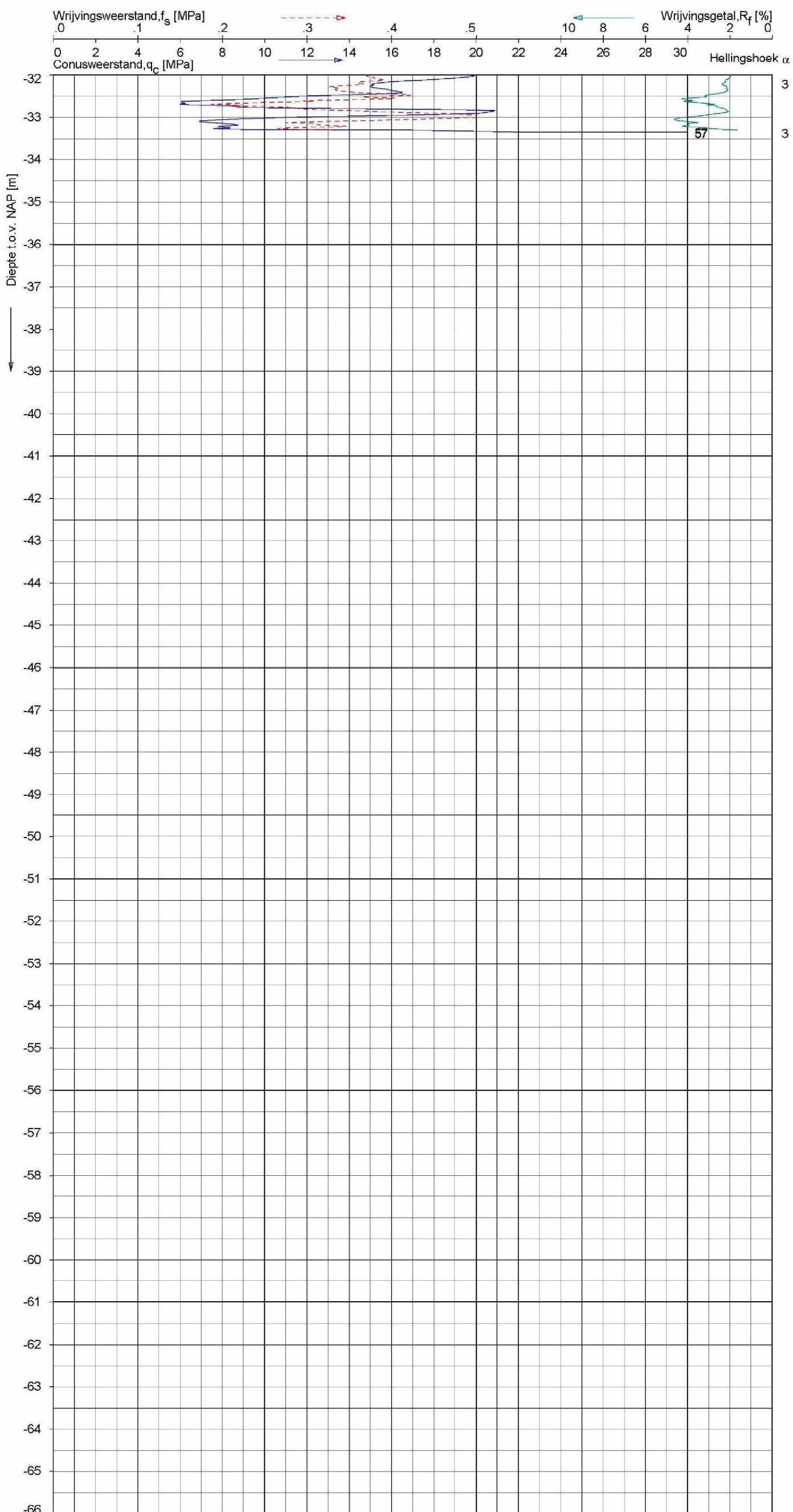
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM7



UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaas-NS cmd / 2014-08-18 15:25:21

5008-0324-011

DKM7 -2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

	KLEI, siltig / LEEM
	KLEI, siltig / LEEM
	KLEI, siltig / LEEM

Opg.: VUL/FSC    d.d. 12-aug-2014    Coord.: X=234087.7 m    Y= 562787.5 m    Systeem: RD    Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ    d.d. 18-aug-2014    MV = NAP +0.80 m    Conus CP15-CF75SN2    1701-2604    Toepassingsklasse 2    Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19895\text{mm}^2$

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

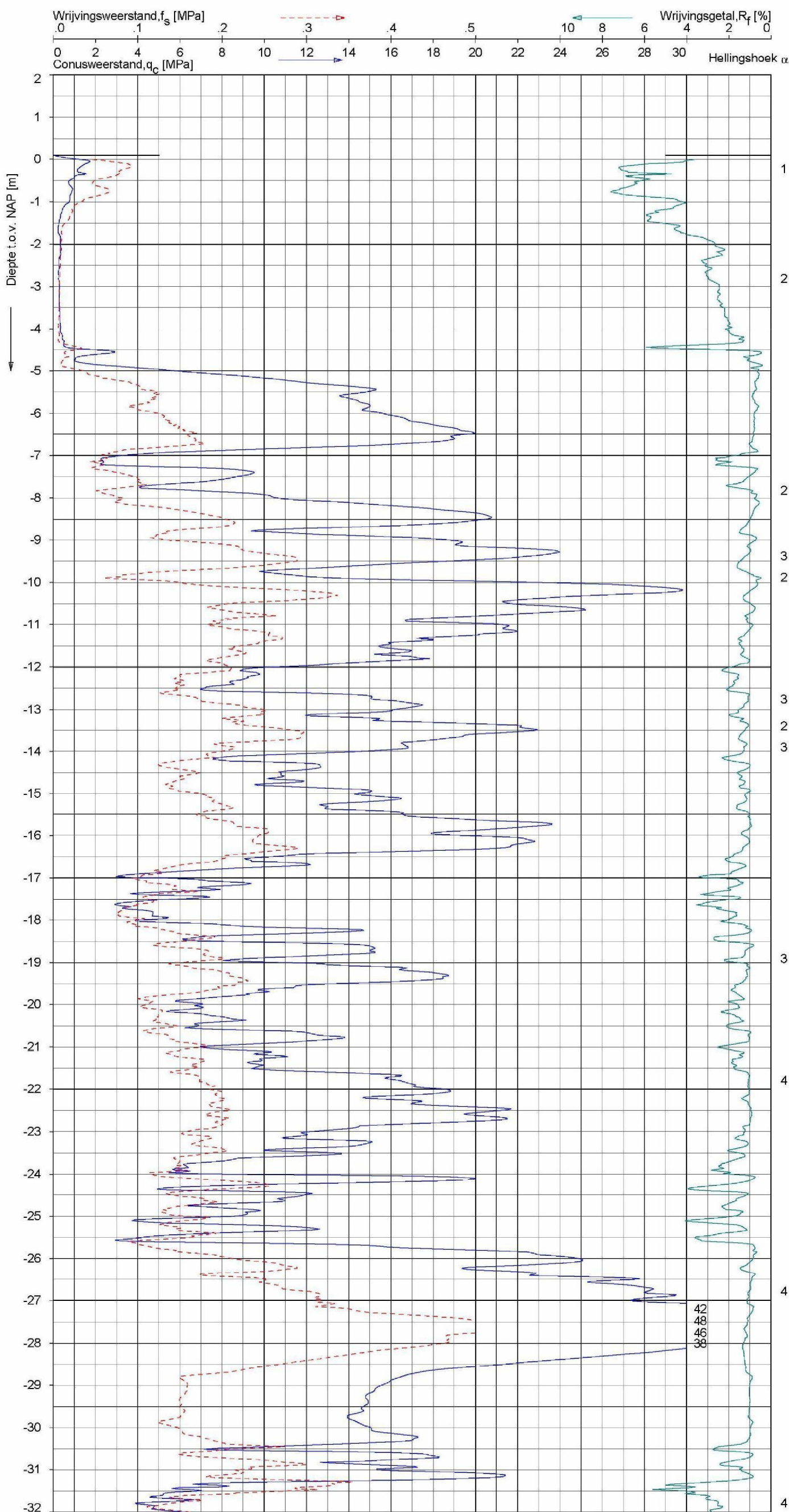
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM7



UNIP.OT\_05.24.nl / Qd-Fs-Claes-NS.crd / 2014-02-25 13:57:40

5008-0324-010

DKM8 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : JIP d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234104.5m Y= 562777.6m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.09m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0036 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>

SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

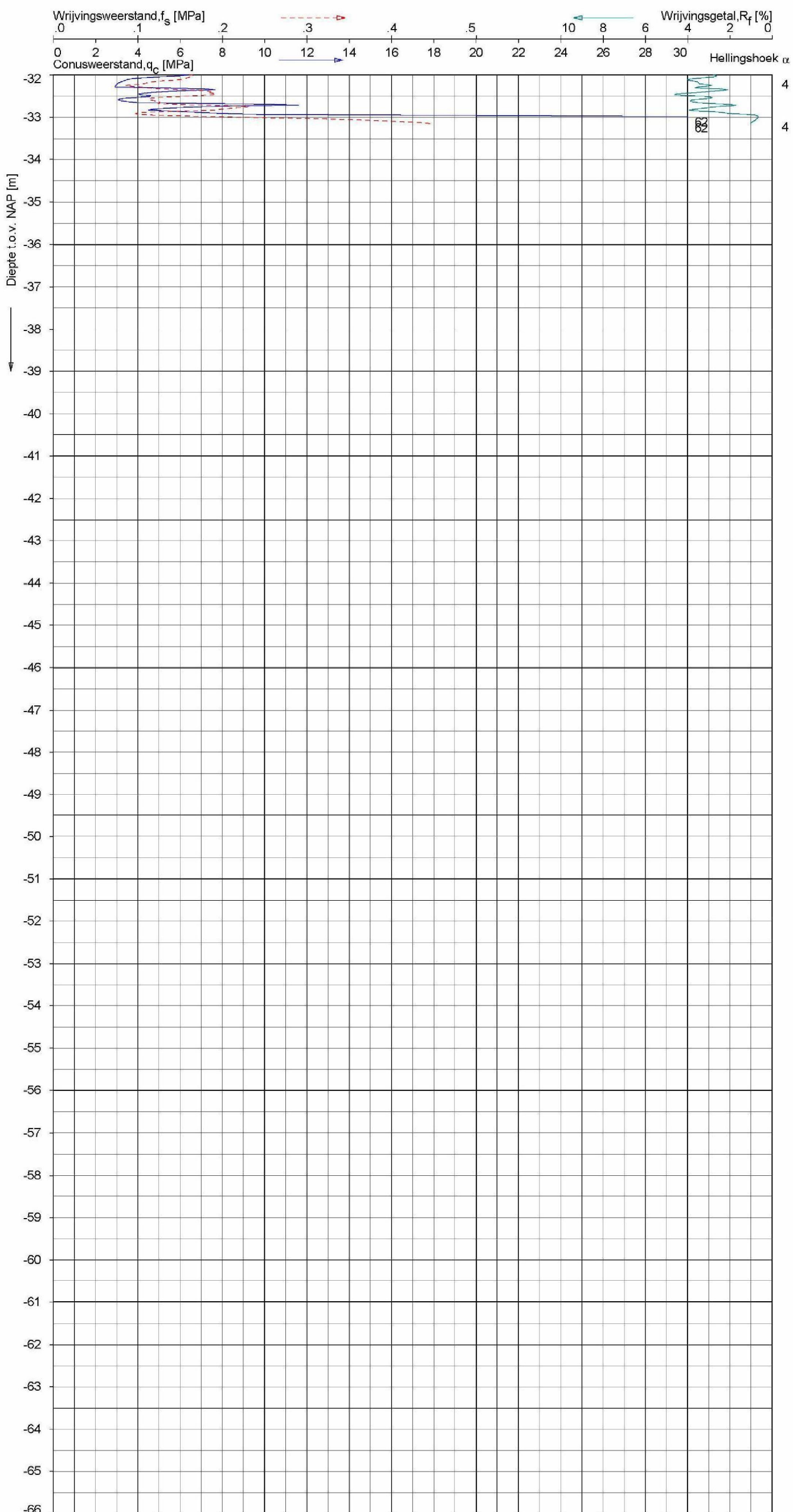
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM8

UNIP.LOT\_05.24.nl / Qd-FsClaas-NS cmd / 2014-02-25 13:57:40

5008-0324-010

DKM8 -2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

	KLEI, zwak siltig tot siltig
	ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg.: JIP d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234104.5m Y=562777.6m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.09m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0036 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1500\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19956\text{mm}^2$



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

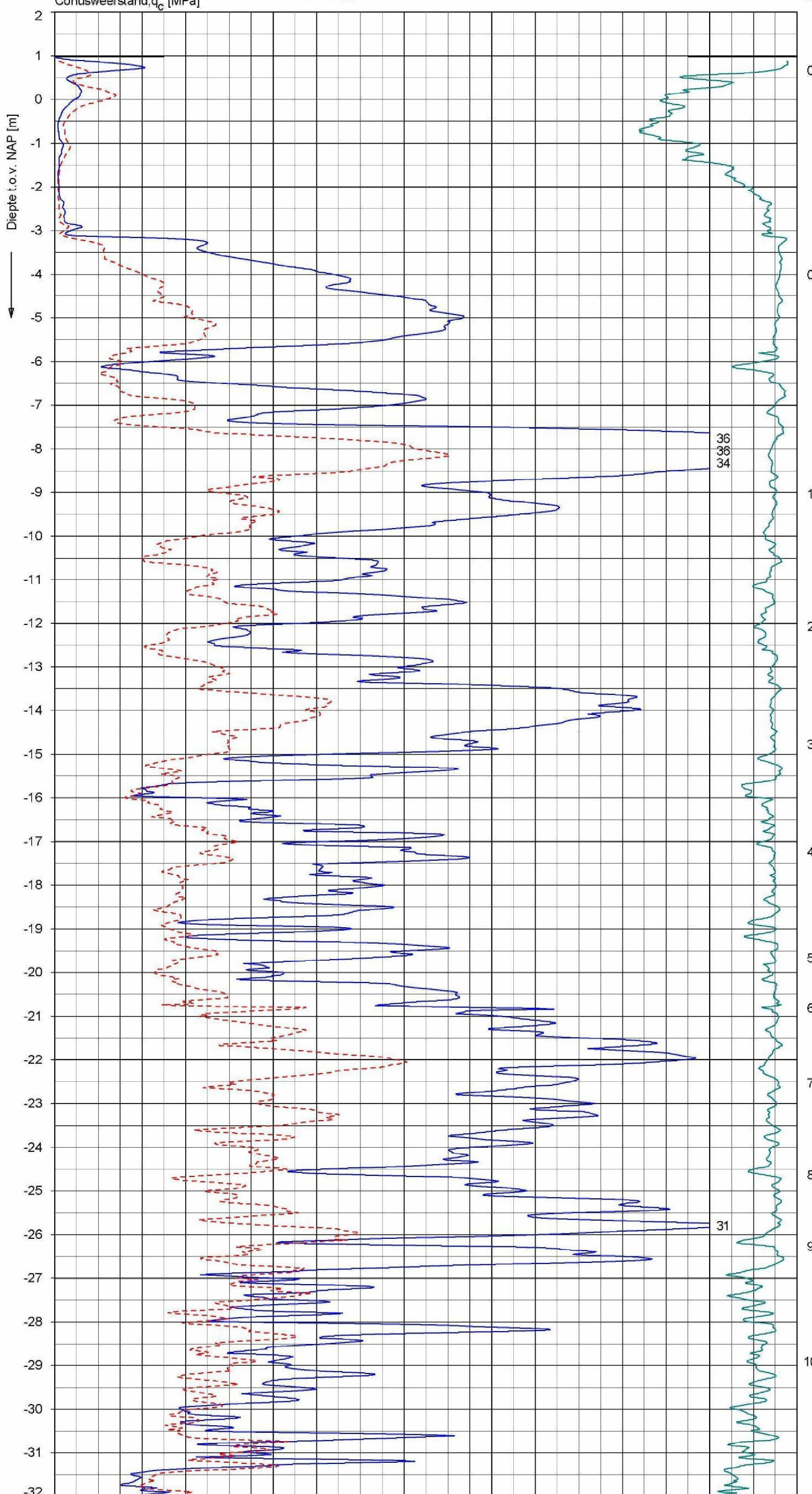
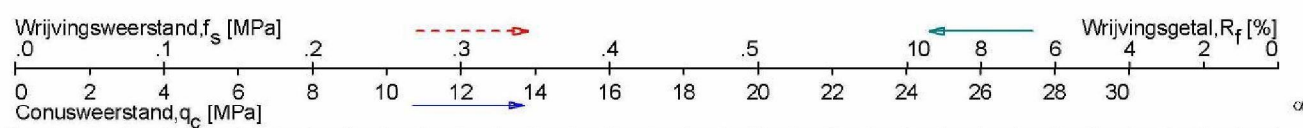
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM8

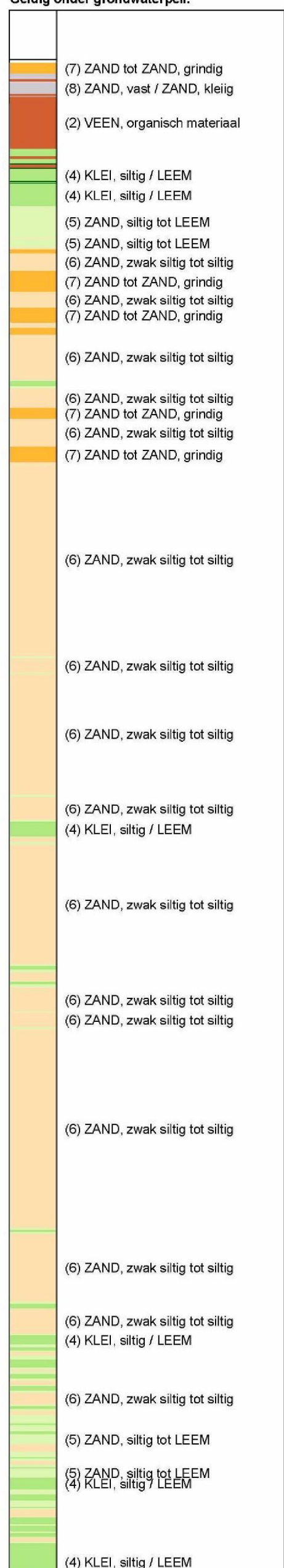
UNIPLOT 05.07.11/Cd-Fs-Claas-N3.cnd / 2009-04-14 10:41:49

5008-0324-000

DKMP8 - 1



**CPT data classificatie - indicatief**  
 Classificatie gebaseerd op genormaliseerde  
 conusweerstand en wrijvingsgetal.  
 (Robertson 1990, NL corr.)  
 Geldig onder grondwaterpeil.



Opg.: AS/FRANK d.d. 08-Apr-2009 conus: F7.5CKE2HAW<sub>1</sub>/B X = 234051.1 Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2  
 Get.: EILANDER d.d. 2009-04-14 MV = NAP +0.98 m Y = 582784.1 conustype cilindrisch elektrisch, 1500 mm  
 α, afwijking van de vertikaal



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

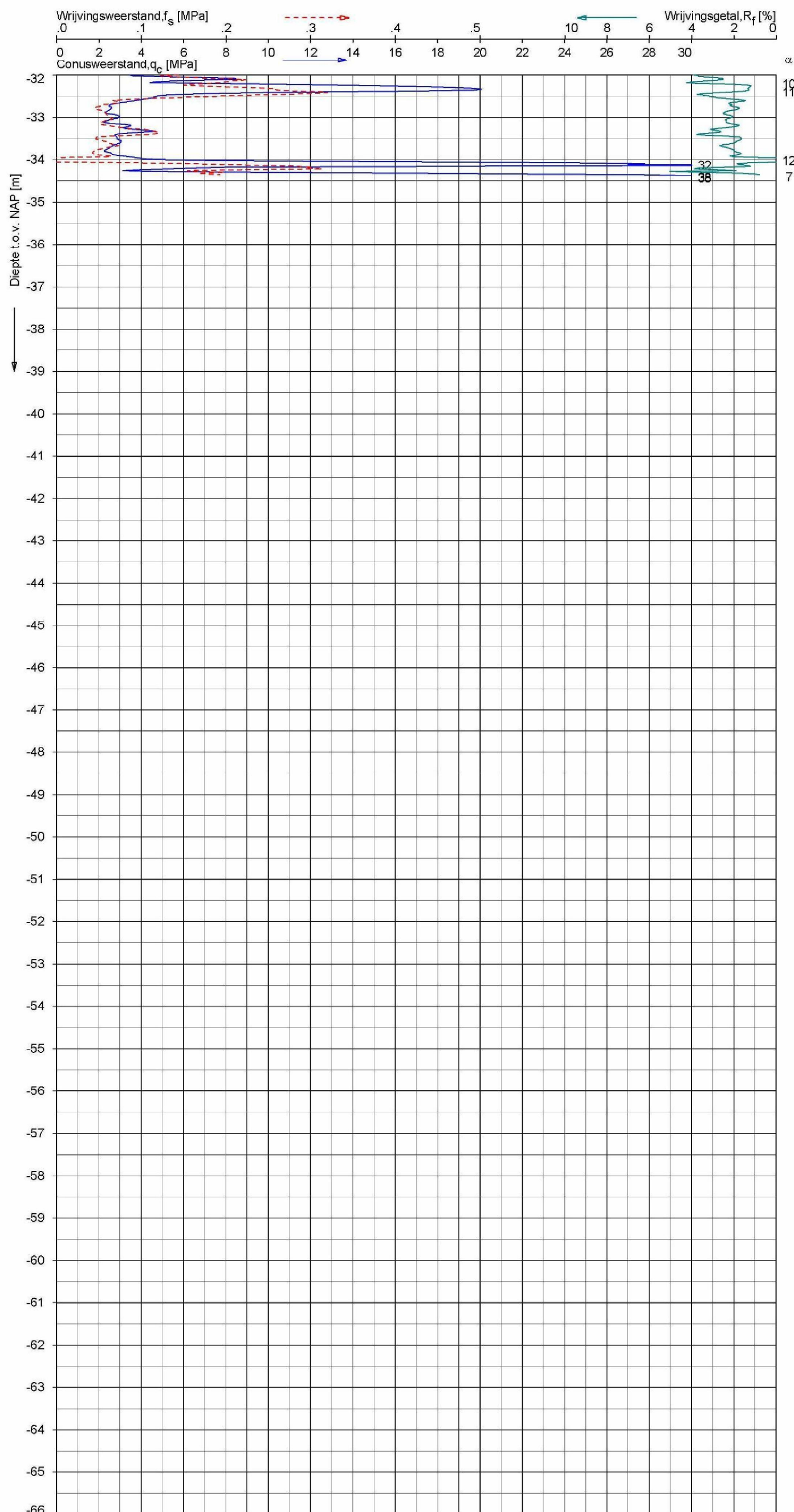
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-000  
 Sond. DKMP8

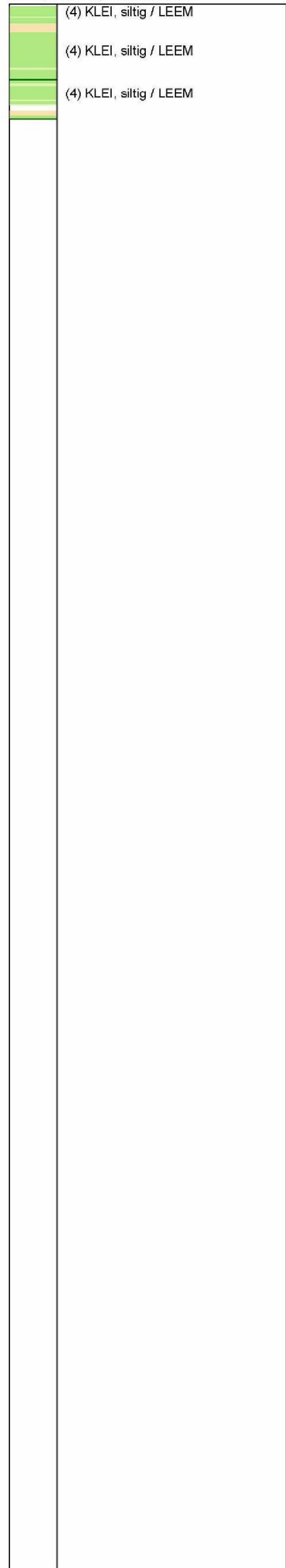
UNIP.LOT 05.07.11/Cd-Fs-Class-N3.cnd / 2009-04-14 10:41:50

5008-0324-000

DKMP8-2



**CPT data classificatie - indicatief**  
 Classificatie gebaseerd op genormaliseerde  
 conusweerstand en wrijvingsgetal.  
 (Robertson 1990, NL corr.)  
 Geldig onder grondwaterpeil.



Opg.: AS/FRANK d.d. 08-Apr-2009 conus: F7.5CKE2HAW<sub>1</sub>/B X = 234051.1 Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2  
 Get.: EILANDER d.d. 2009-04-14 MV = NAP +0.98 m Y = 582784.1 conustype cilindrisch elektrisch, 1500 mm  
 α, afwijking van de vertikaal



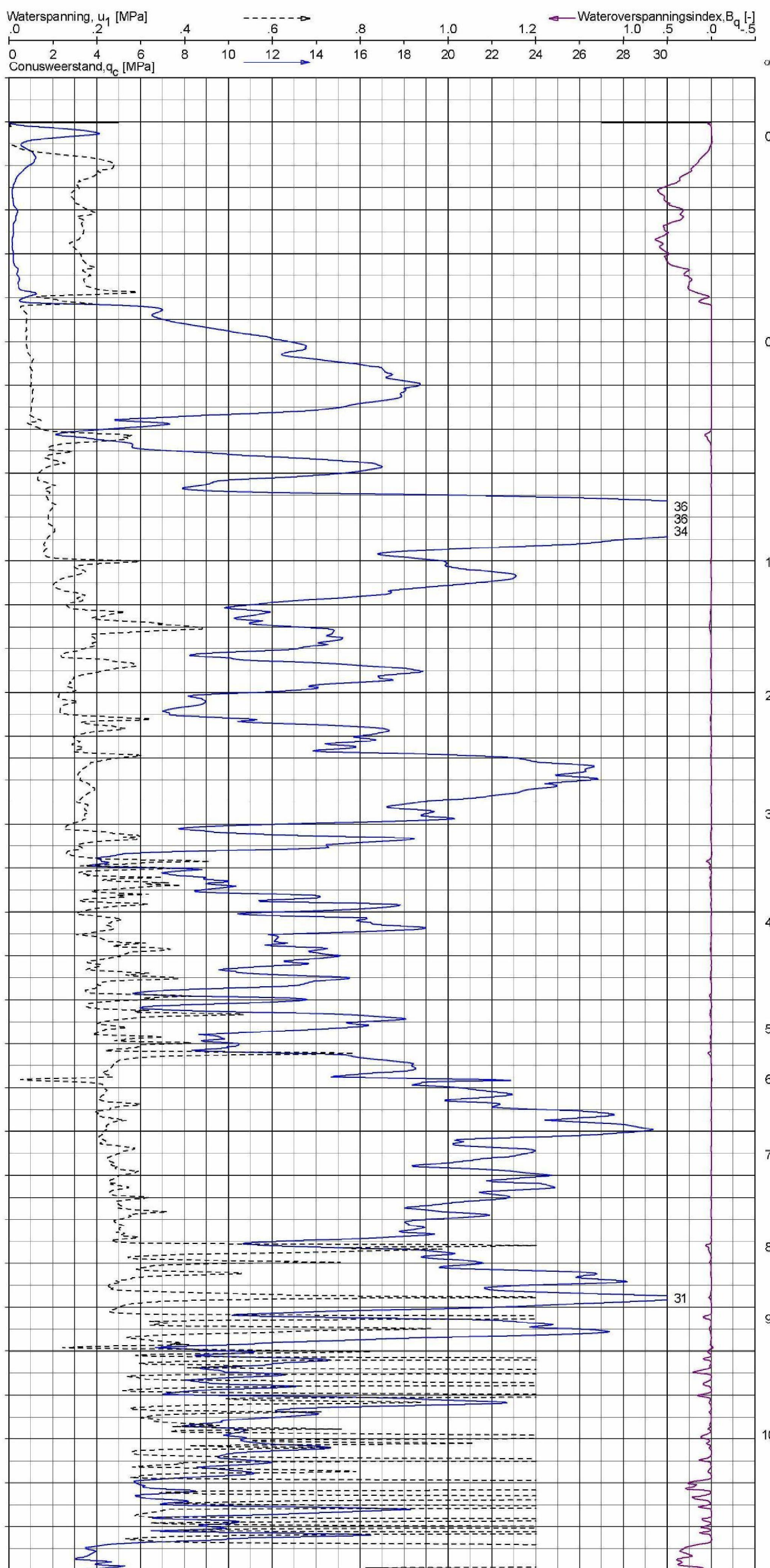
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-000  
 Sond. DKMP8

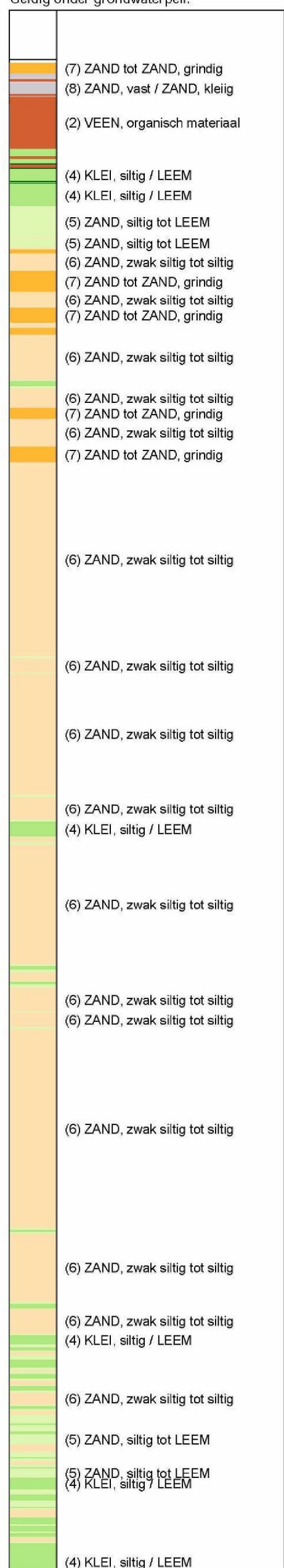
UNIPLOT 05.07.11 / C:\CUI\Class-N3.cnd / 2009-04-14 10:46:42

5008-0324-000

DKMP8 - 1



**CPT data classificatie - indicatief**  
 Classificatie gebaseerd op genormaliseerde conusweerstand en wrijvingsgetal. (Robertson 1990, NL corr.)  
 Geldig onder grondwaterpeil.



Opg.: AS/FRANK d.d. 08-Apr-2009 conus: F7.5CKE2HAW<sub>1</sub>/B X = 234051.1 Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2  
 Get.: EILANDER d.d. 2009-04-14 MV = NAP +0.98 m Y = 582784.1 conustype cilindrisch elektrisch, 1500 mm  
 α, afwijking van de vertikaal

**SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING**

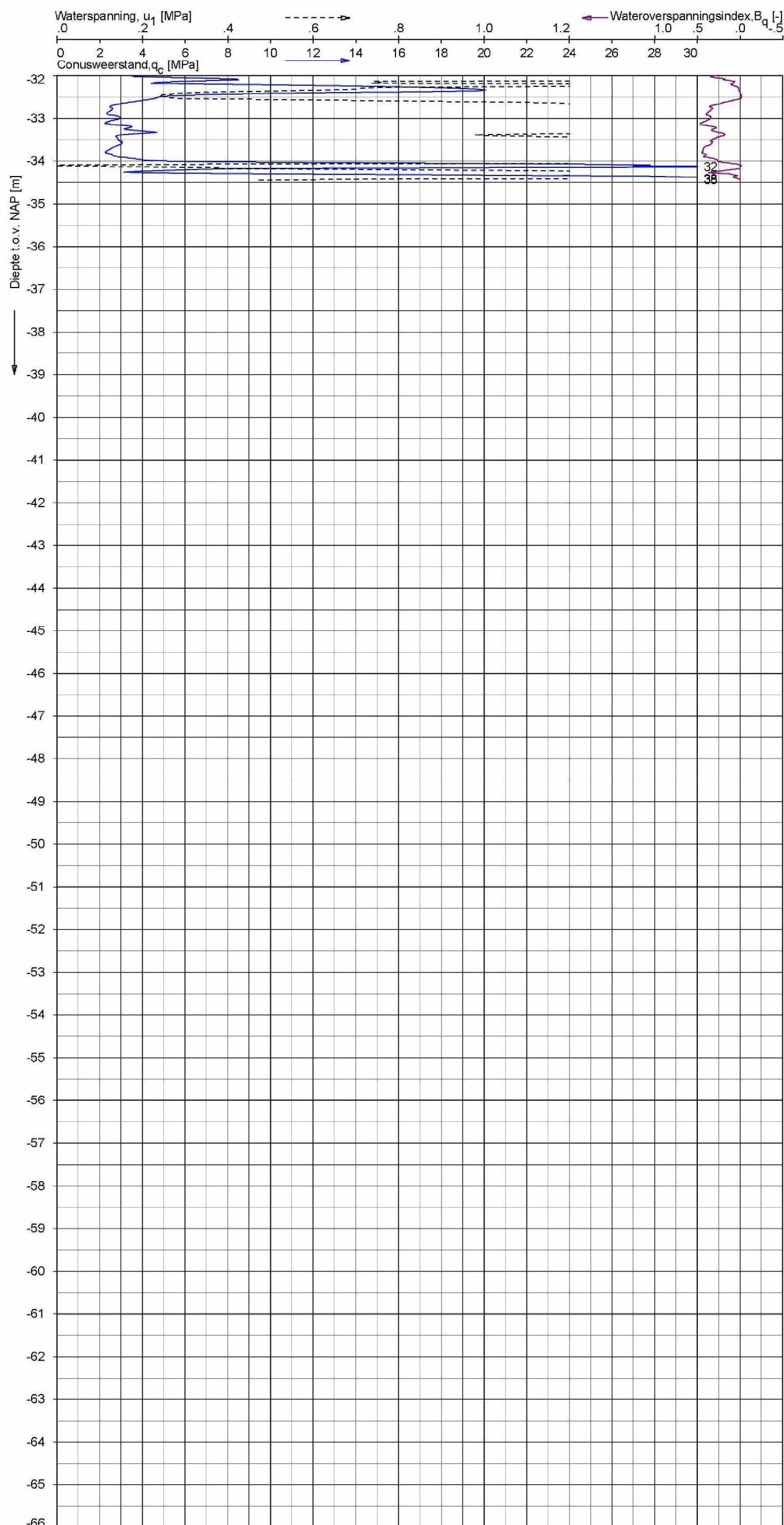
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-000  
 Sond. DKMP8

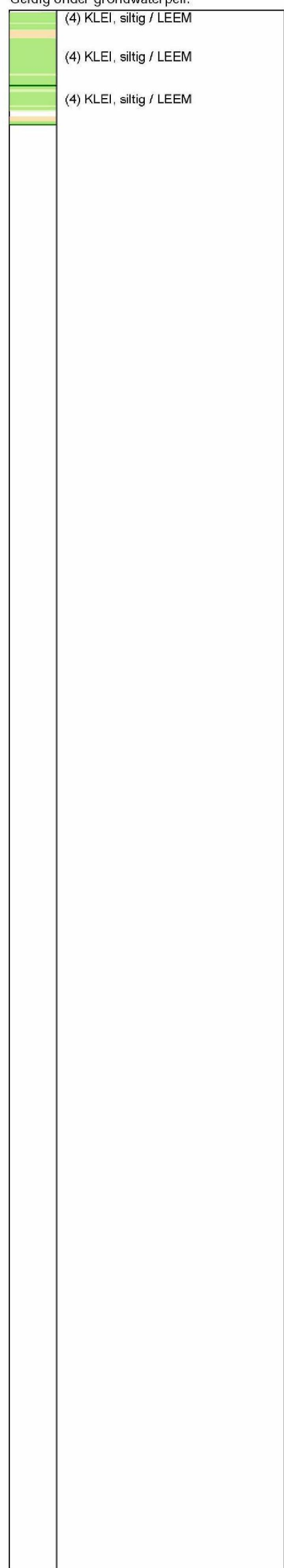
UNIPLOT 05.07.11/Cdu/Class-N3.cnd / 2009-04-14 10:46:43

5008-0324-000

DKMP8-2



**CPT data classificatie - indicatief**  
 Classificatie gebaseerd op genormaliseerde  
 conusweerstand en wrijvingsgetal.  
 (Robertson 1990, NL corr.)  
 Geldig onder grondwaterpeil.



Opg.: AS/FRANK d.d. 08-Apr-2009 conus: F7.5CKE2HAW1/B X = 234051.1 Sondering volgens norm NEN 5140, klasse 2  
 Get.: EILANDER d.d. 2009-04-14 MV = NAP +0.98 m Y = 582784.1 conustype cilindrisch elektrisch, 1500 mm  
 α, afwijking van de vertikaal



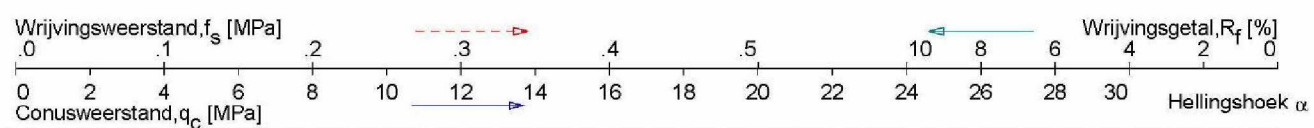
**SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-000  
 Sond. DKMP8

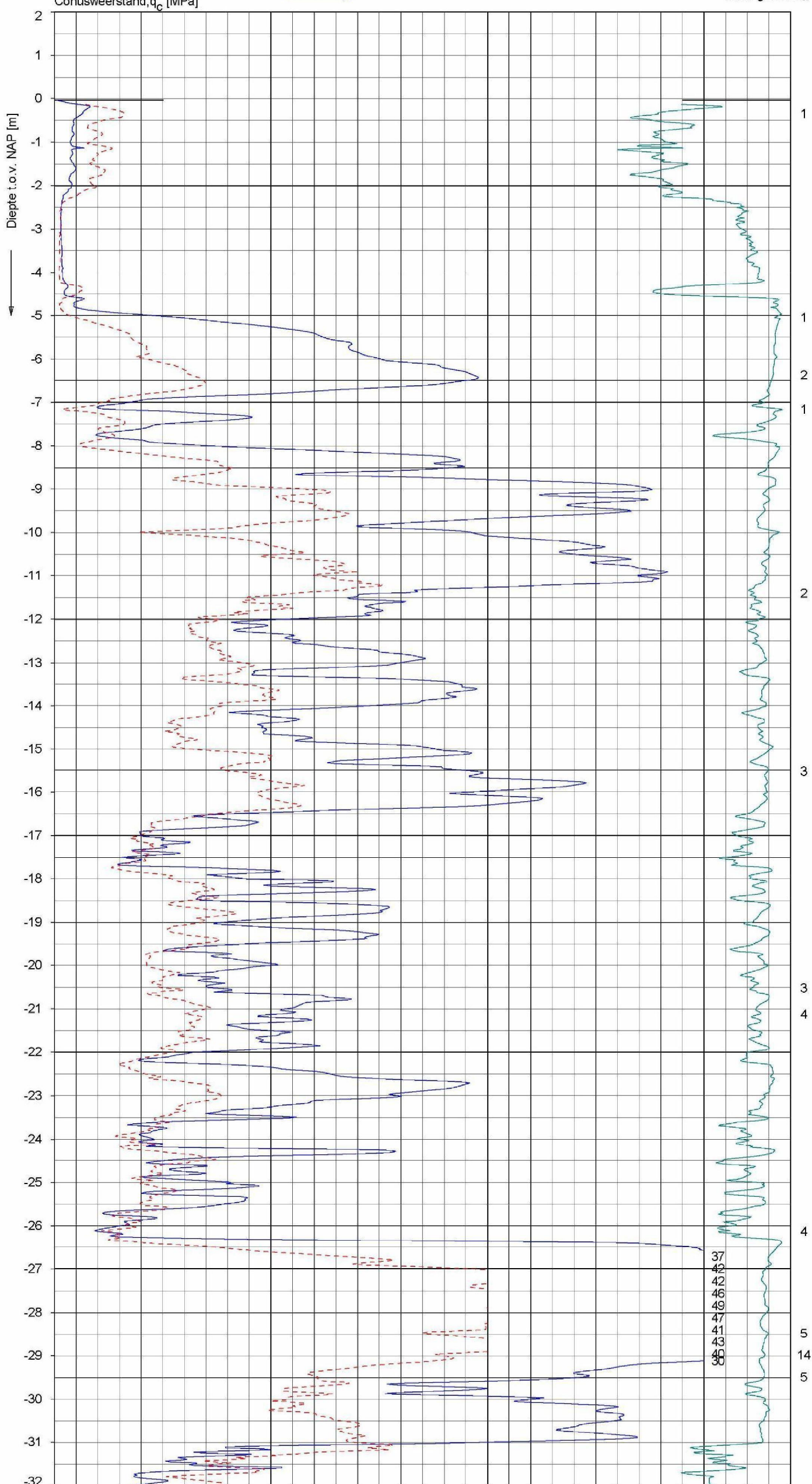
UNIP.LOT\_06.24.nl / Qd-Fs-Claas-NS.crd / 2014-02-25 13:57:48

5008-0324-010

DKM9 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: JIP d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234113.3m Y= 562770.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP -0.03m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0036 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1500\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19956\text{mm}^2$

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

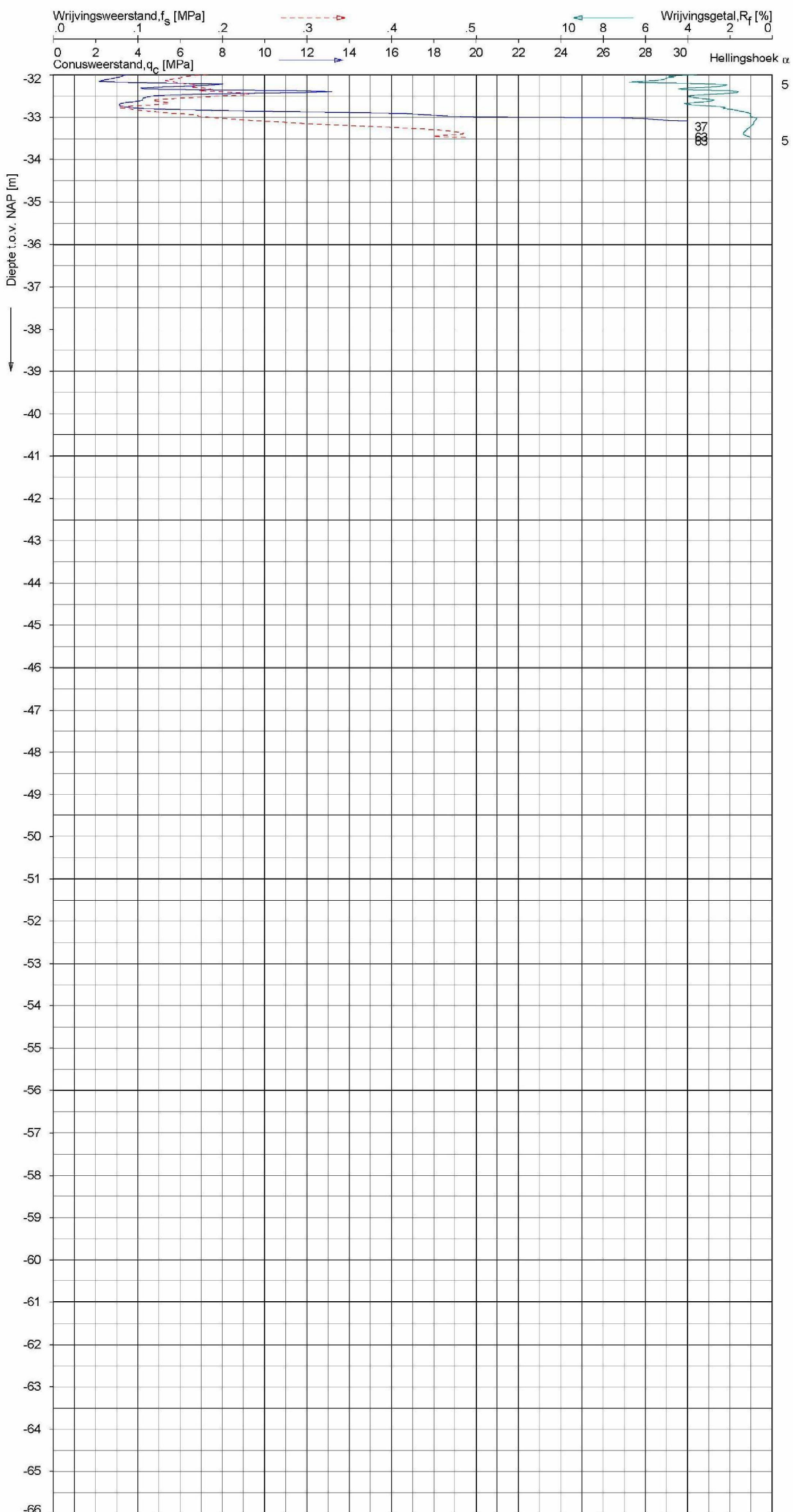
Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM9



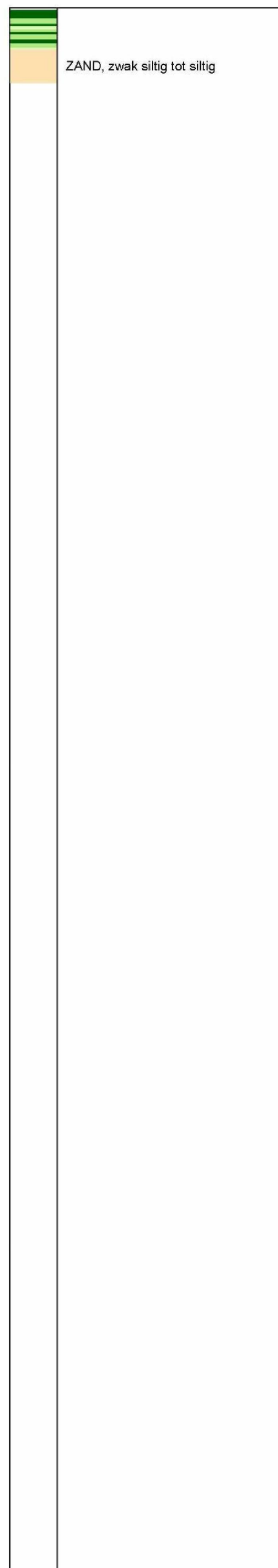
UNIPLOT\_05.24.nl / Qd-FsClaas-NS.cml / 2014-02-25 13:57:48

5008-0324-010

DKM9 - 2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: JIP d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234113.3m Y= 582770.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP -0.03m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0036 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1500\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19956\text{mm}^2$



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

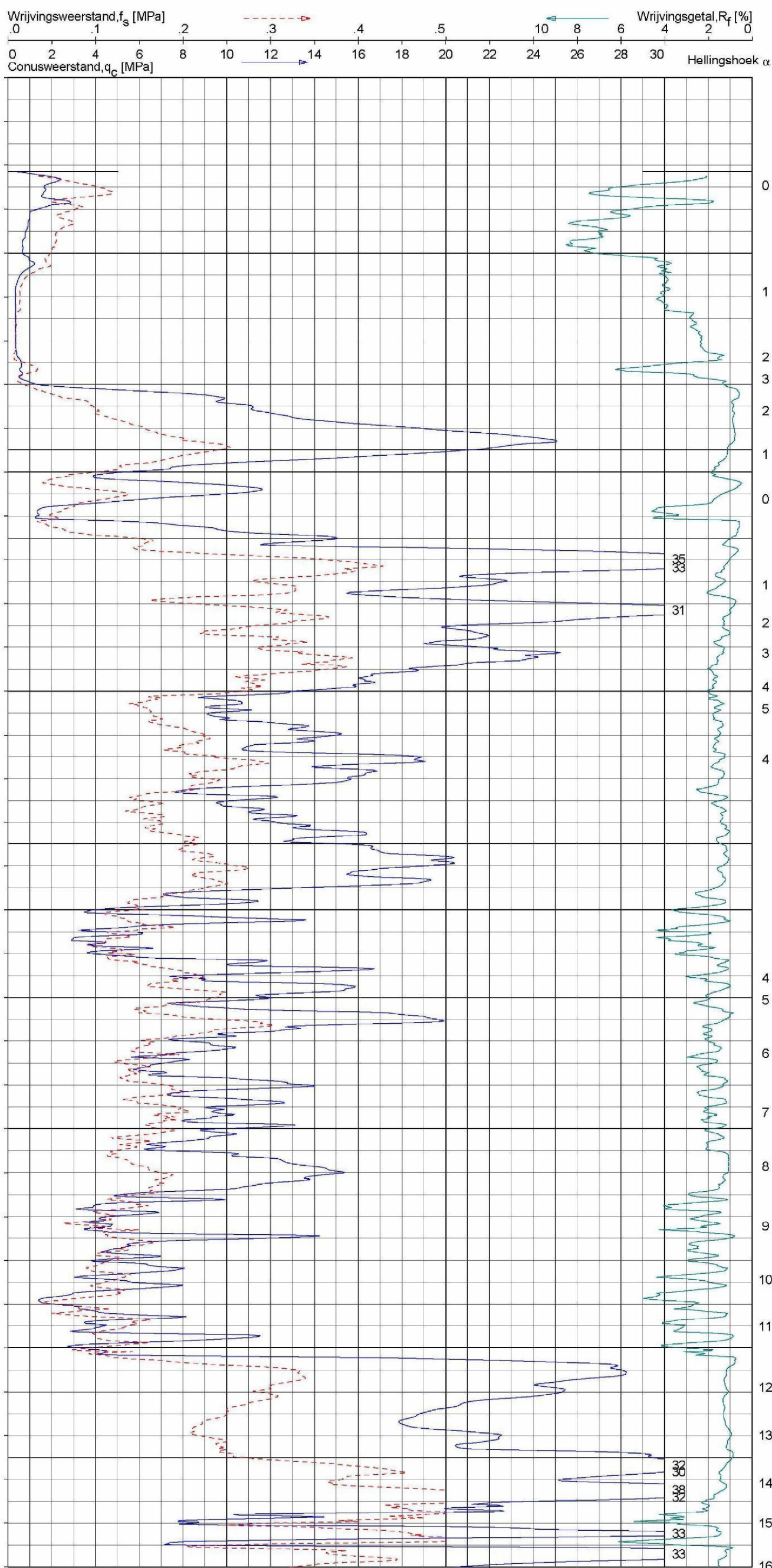
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM9

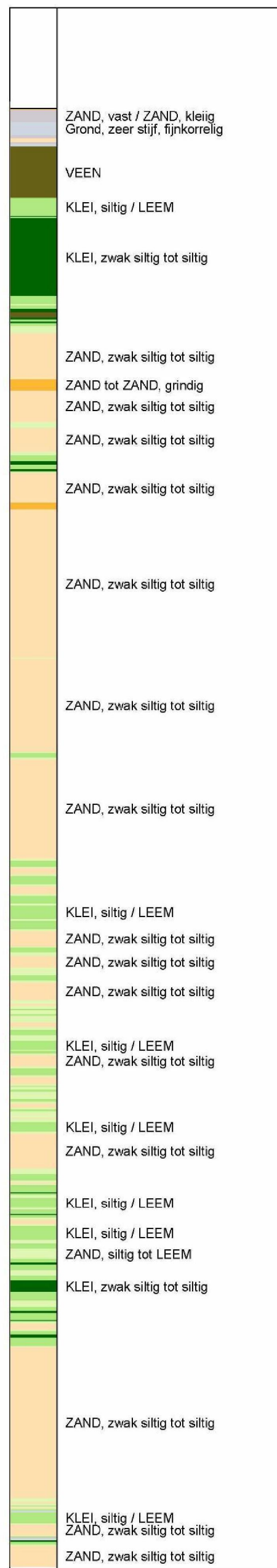
UNIPLOT\_06.24.nl / Qd-Fs-Claes-NS cmd / 2014-02-25 13:57:45

5008-0324-010

DKM10 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234127.1m Y= 562759.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP -0.15m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

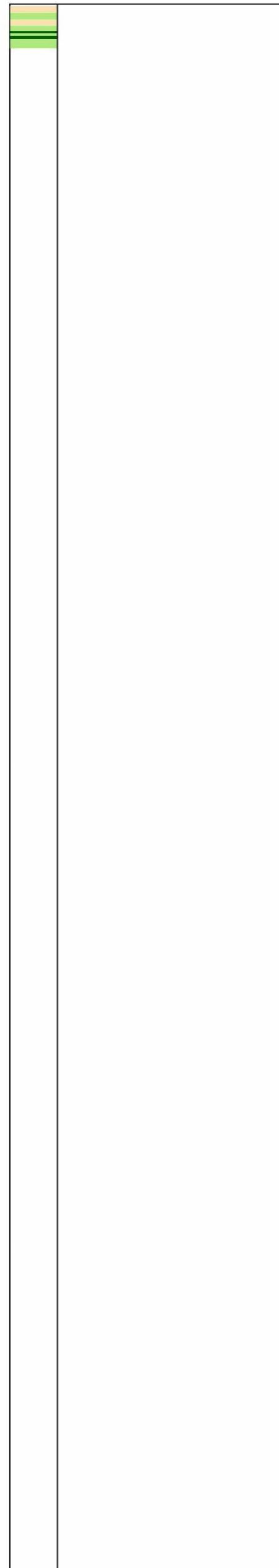
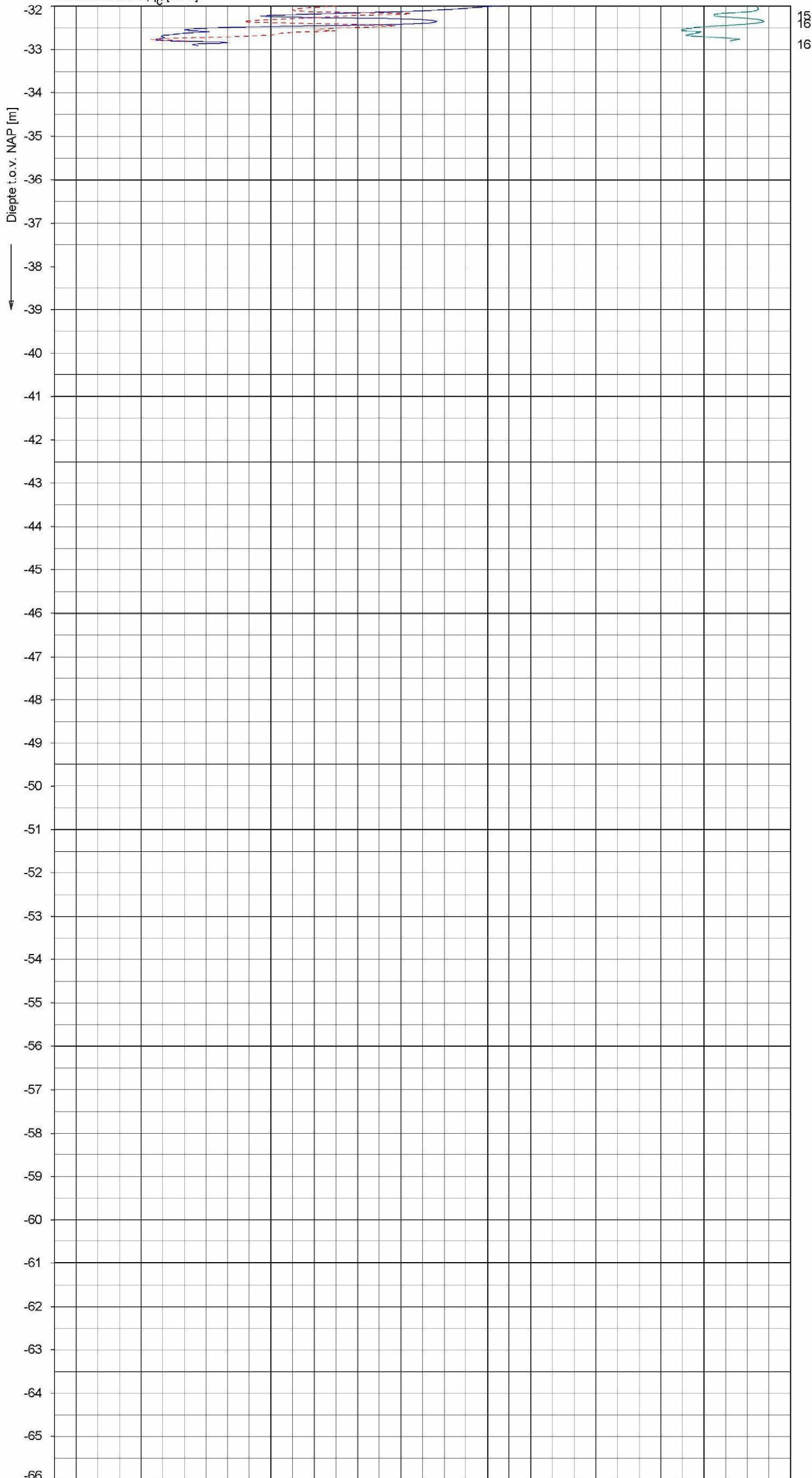
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM10

Wrijvingsweerstand,  $f_s$  [MPa]      Wrijvingsgetal,  $R_f$  [%]  
 Conusweerstand,  $q_c$  [MPa]      Hellingshoek  $\alpha$

**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

UNIP.LOT.05.24.nl / Qd-FScas-NS.cnd / 2014-02-25 13:57:46



5008-0324-010

DKM10 - 2

Opg.: RNBAWOH d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234127.1m Y= 562759.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP -0.15m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1500\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19956\text{mm}^2$



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

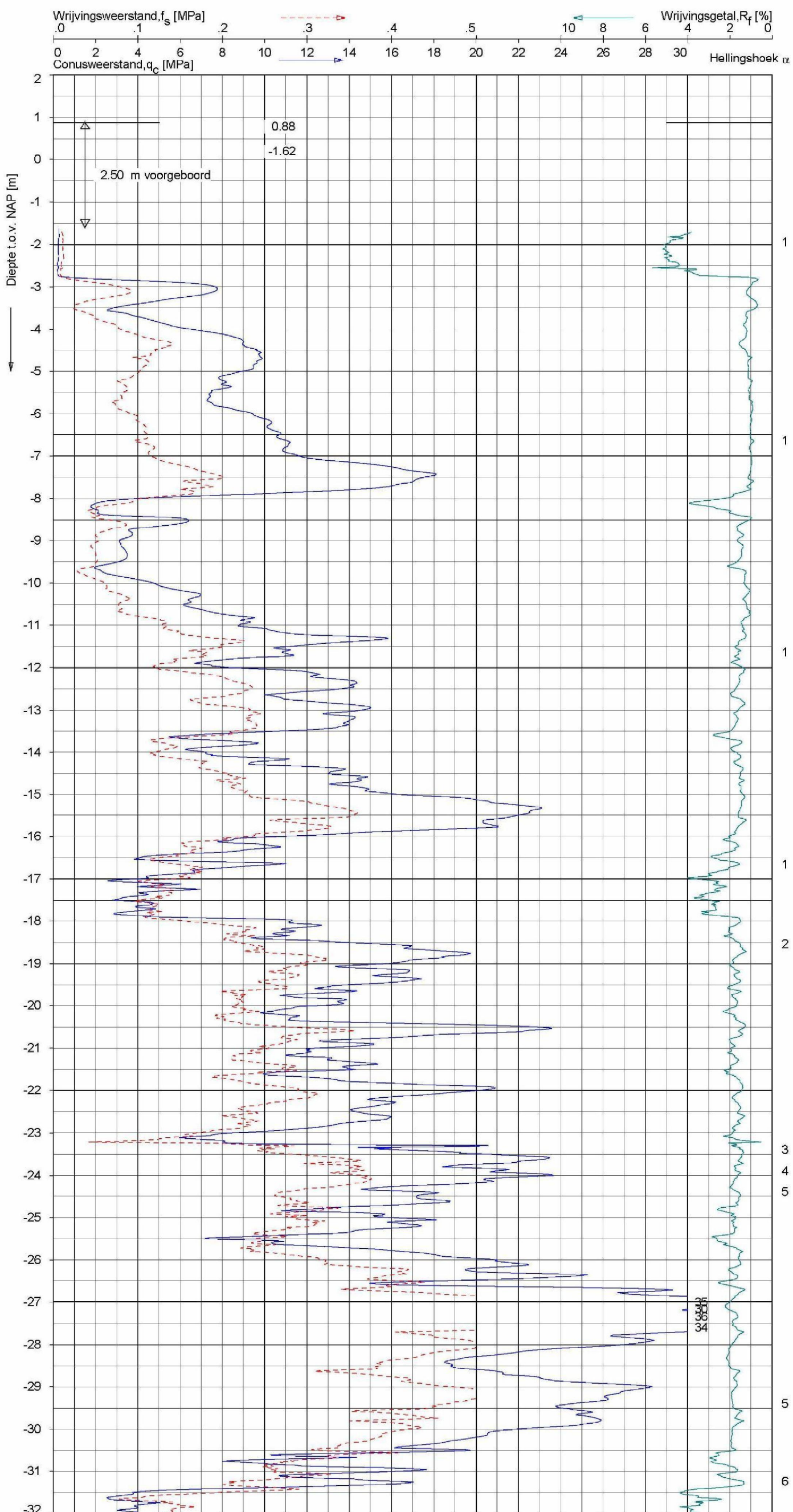
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM10

UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS cmd / 2014-08-18 15:25:25

5008-0324-011

DKM11 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VULSTST d.d. 07-aug-2014 Coord.: X=234076.0m Y= 562779.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.88m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

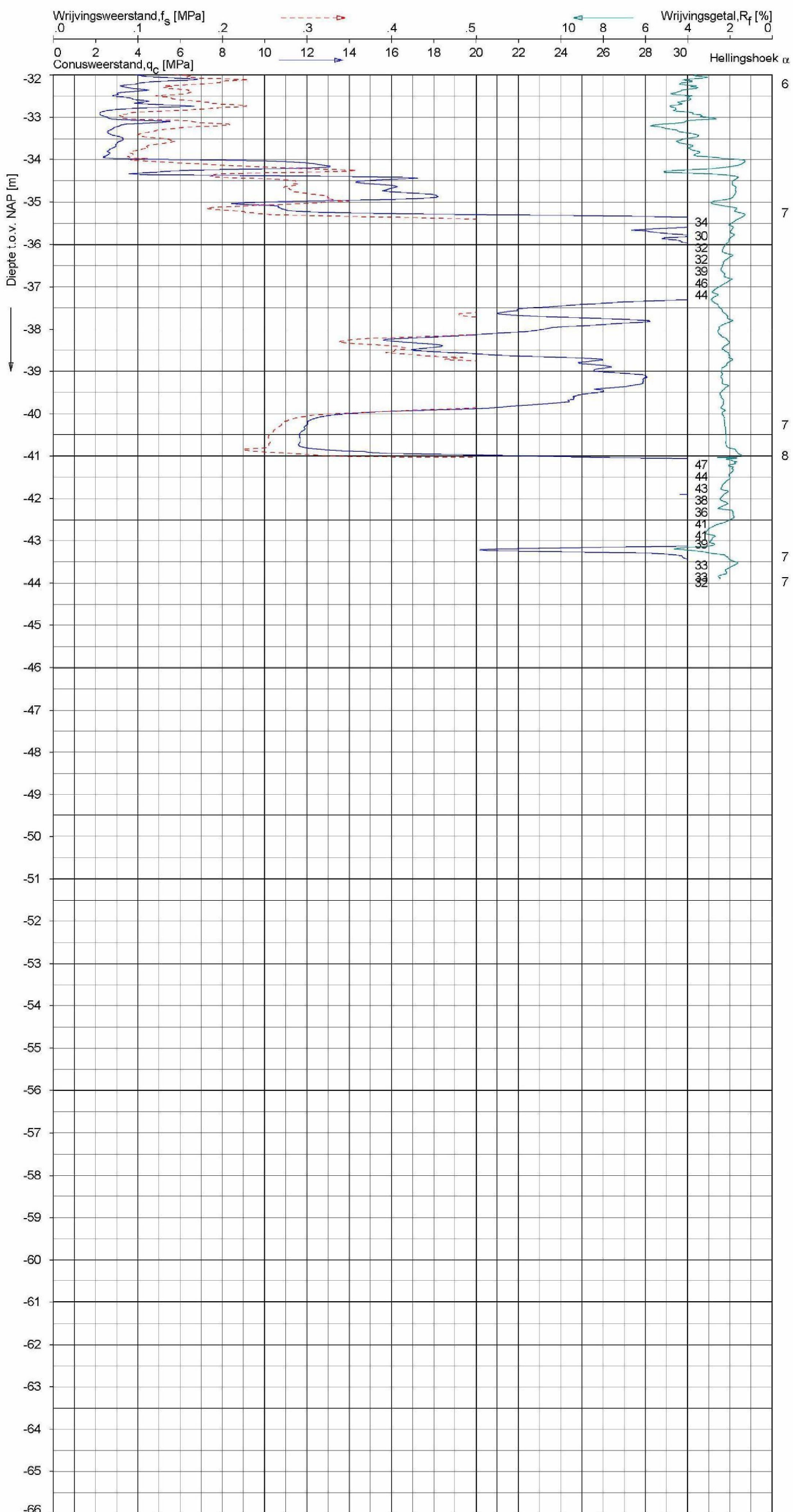
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM11

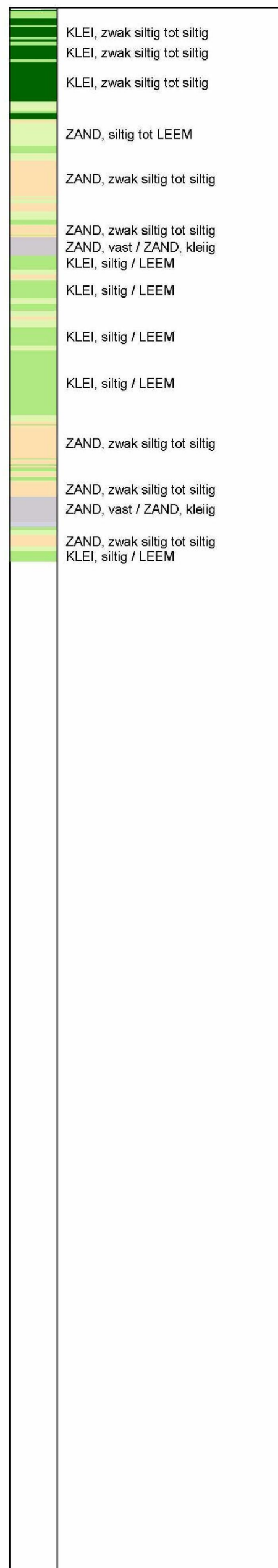
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS.crd / 2014-08-18 15:25:27

5008-0324-011

DKM11-2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VULSTST d.d. 07-aug-2014 Coord.: X=234076.0m Y= 562779.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.88m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

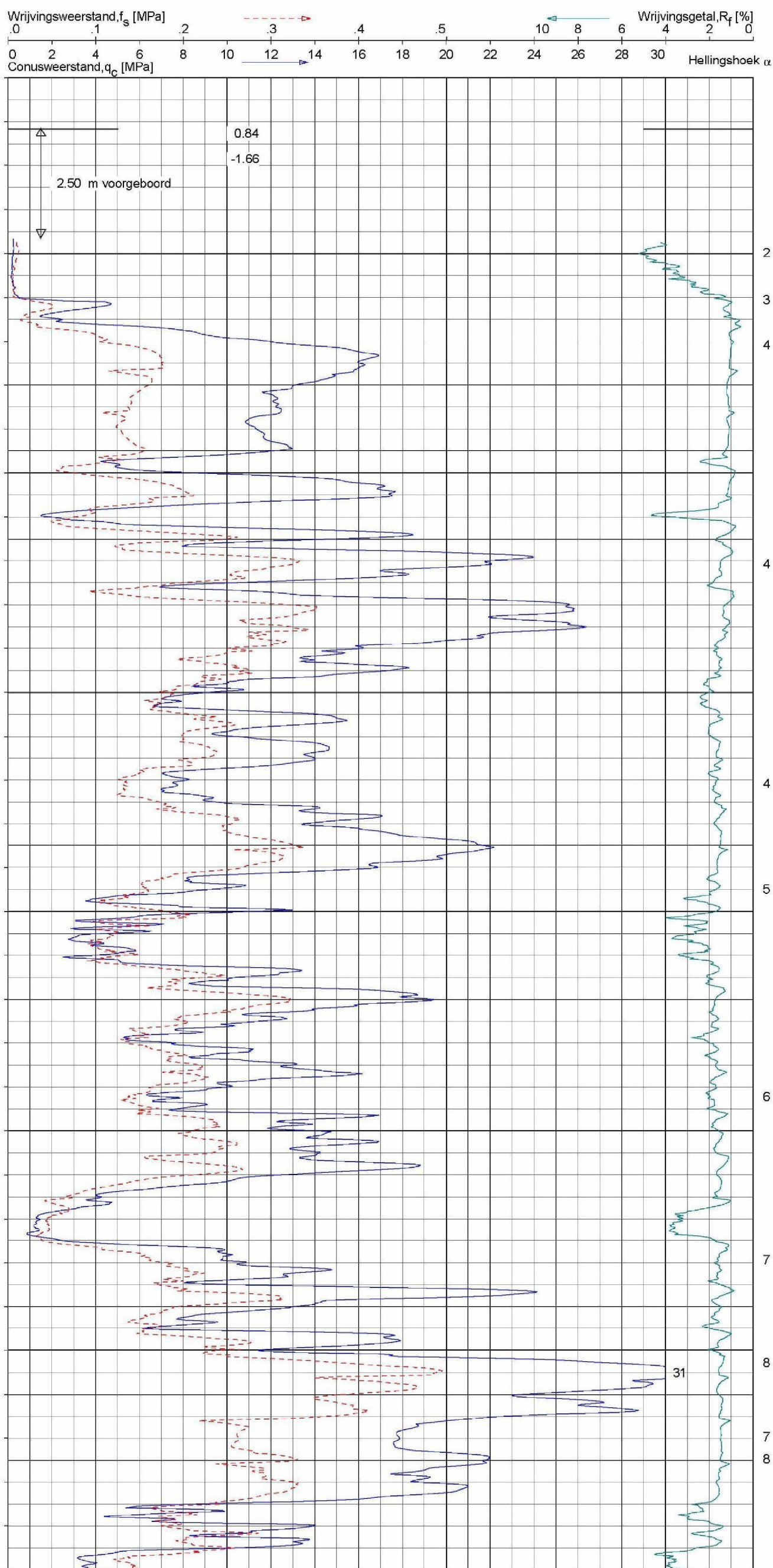
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM11



UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FscAas-NS cmd / 2014-08-18 15:25:31

5008-0324-011

DKM12 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VUL/FSC d.d. 12-aug-2014 Coord.: X=234084.1m Y= 562775.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.83m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

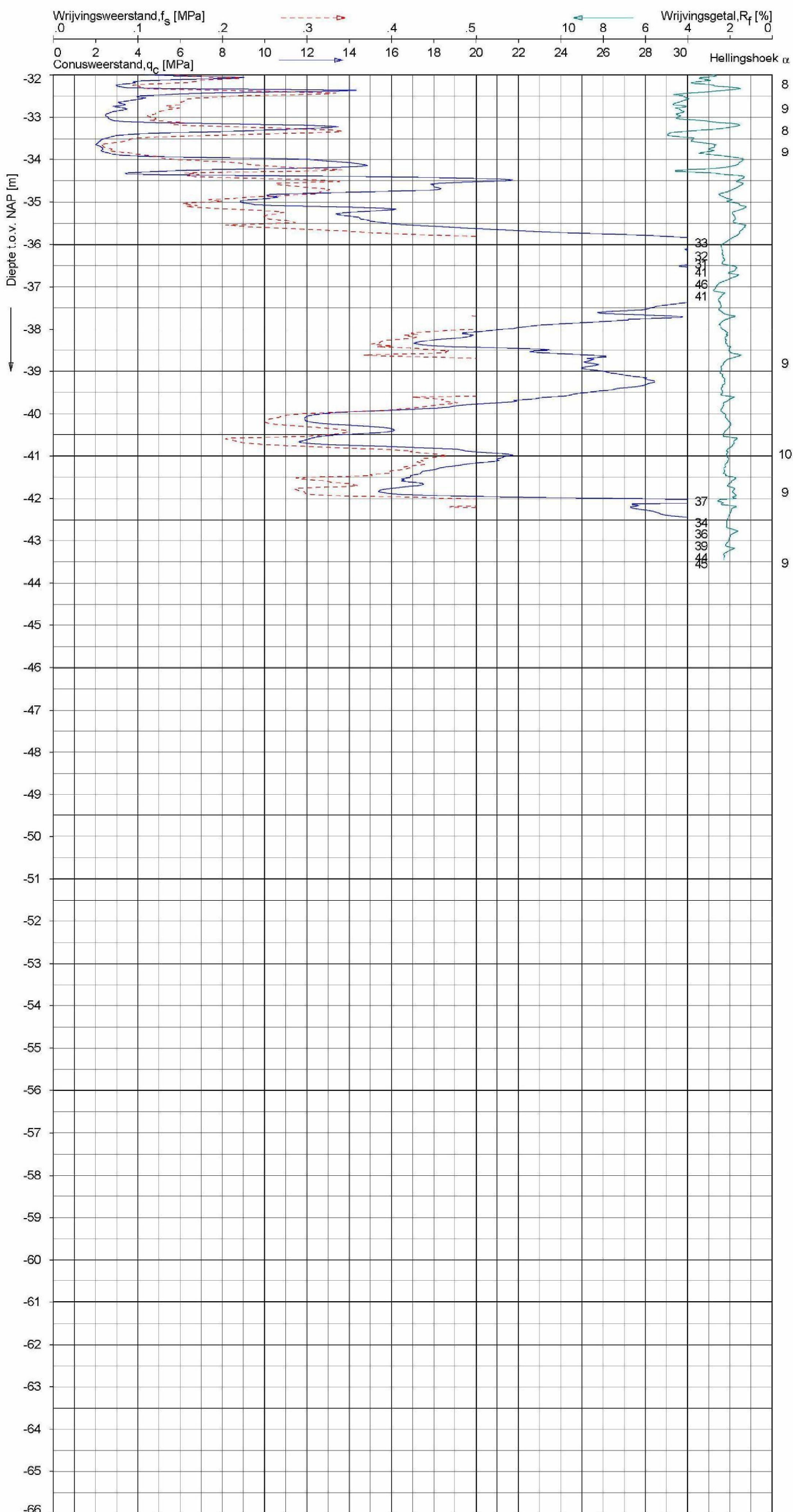
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM12



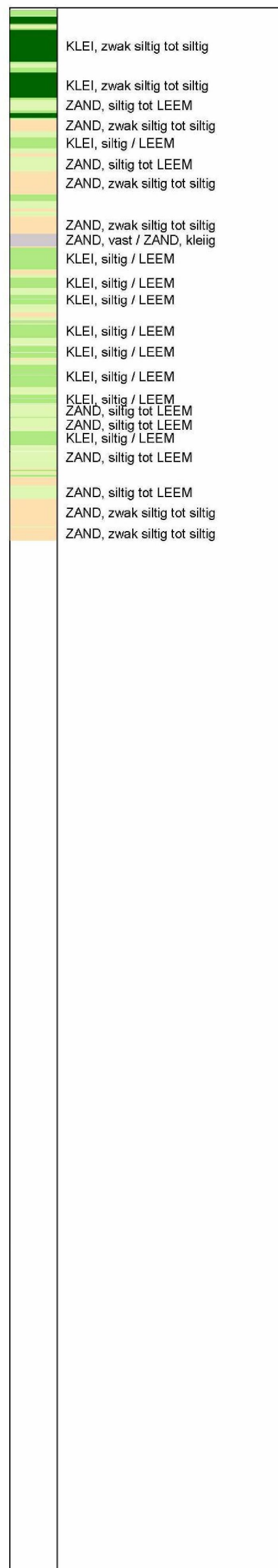
UNIP.LOT\_05.26.nl / Qd-Fs-Claes-NS.crd / 2014-08-18 15:25:33

5008-0324-011

DKM12-2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : VUL/FSC d.d. 12-aug-2014 Coord.: X=234084.1m Y= 562775.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.83m Conus CP15-CF75SN2 1701-2804 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

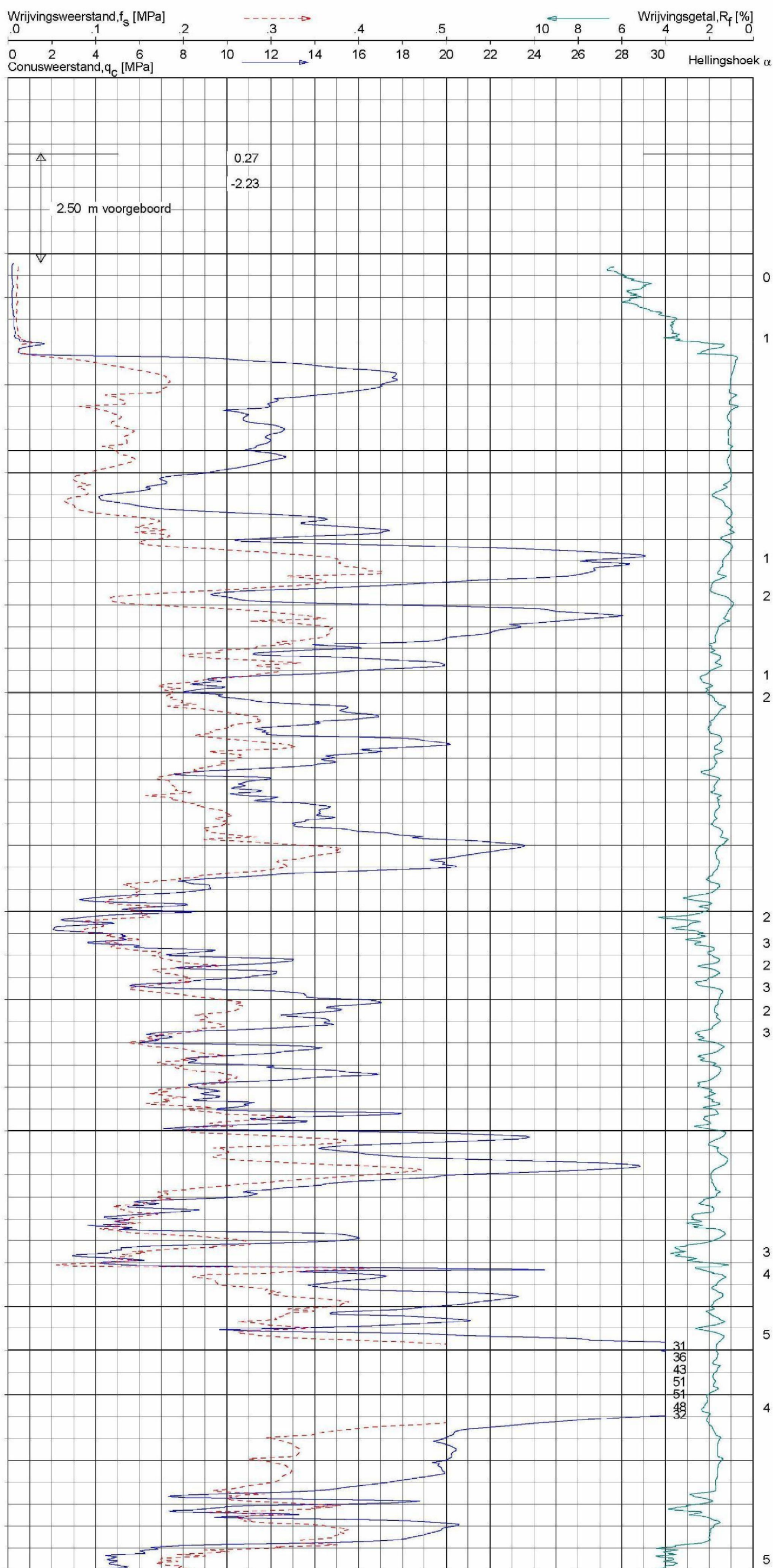
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM12

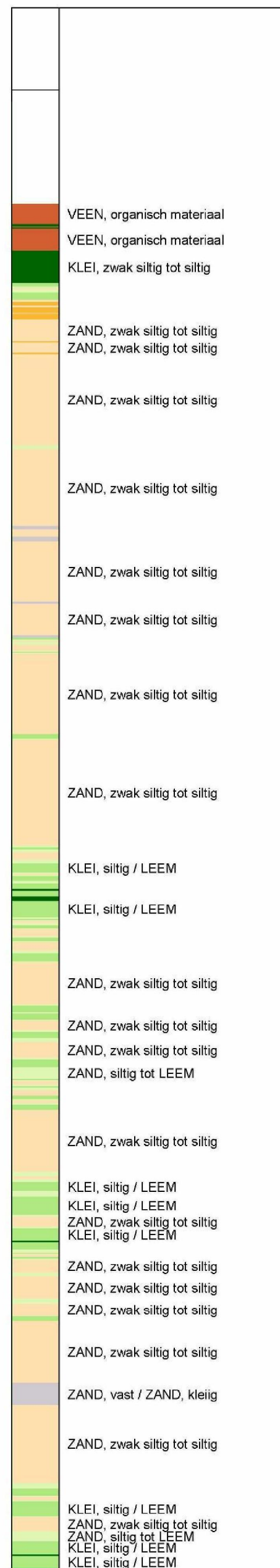
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FScas-N3.cmd / 2014-08-18 15:38:38

5008-0324-011

DKM13-1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VULSTST d.d. 07-aug-2014 Coord.: X=234098.5m Y= 562764.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.27m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

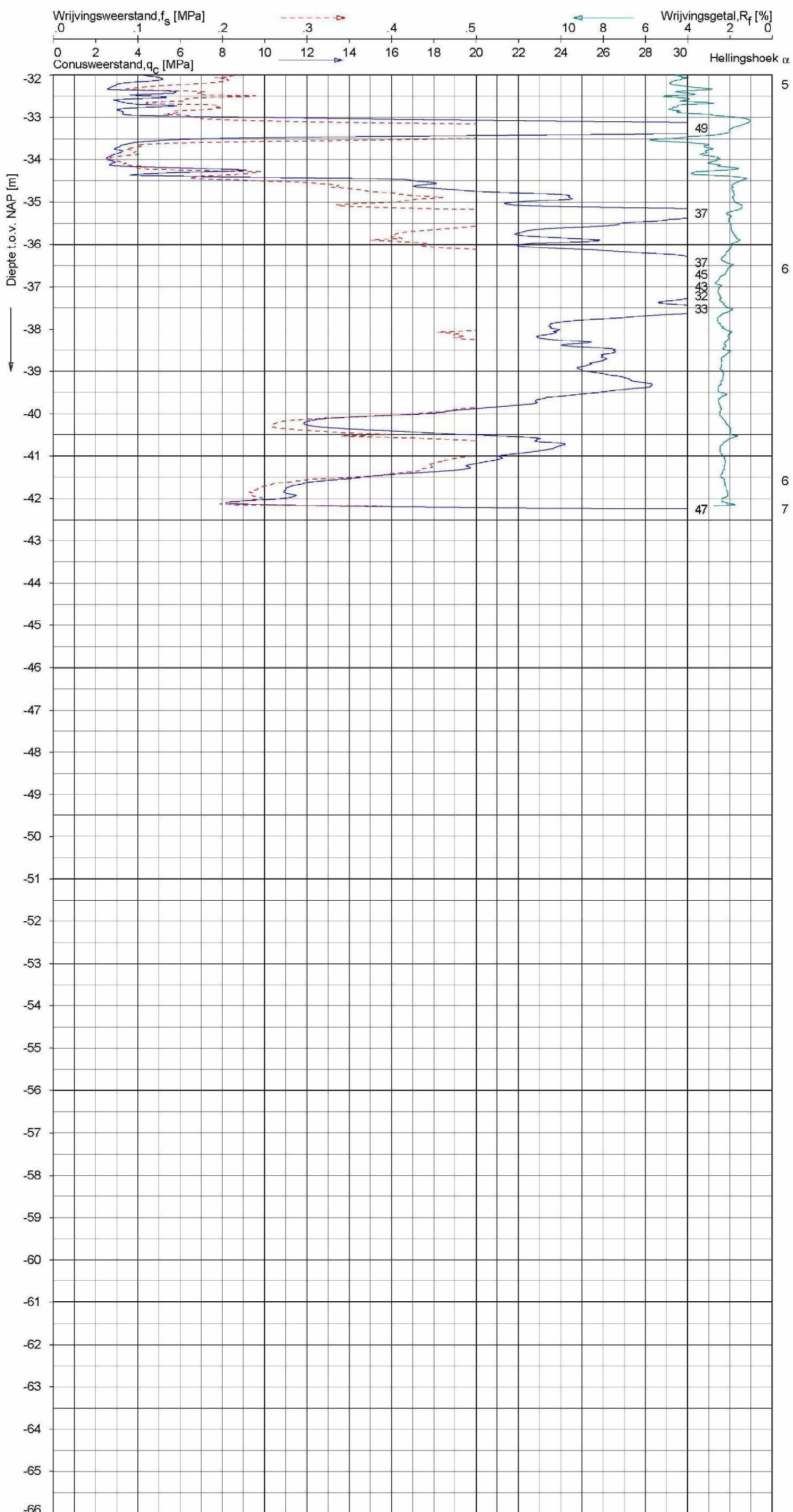
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM13



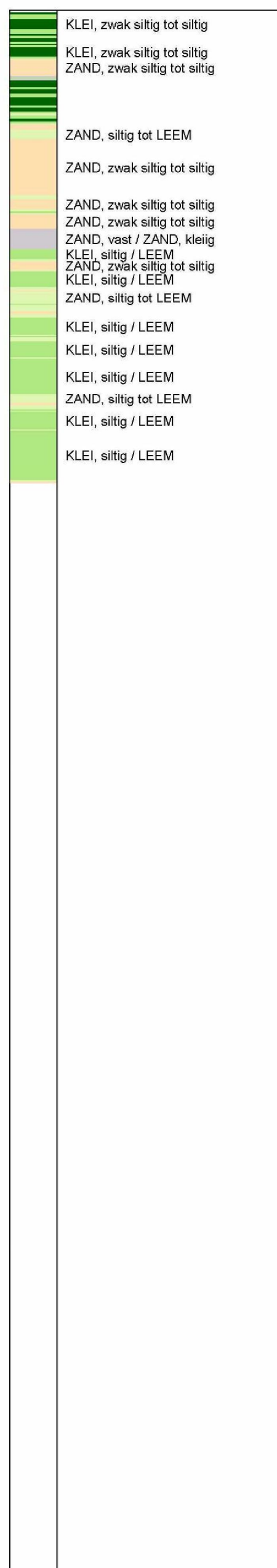
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS.crd / 2014-08-18 15:39:40

5008-0324-011

DKM13-2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : VULSTST d.d. 07-aug-2014 Coord.: X=234096.5m Y= 562764.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.27m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



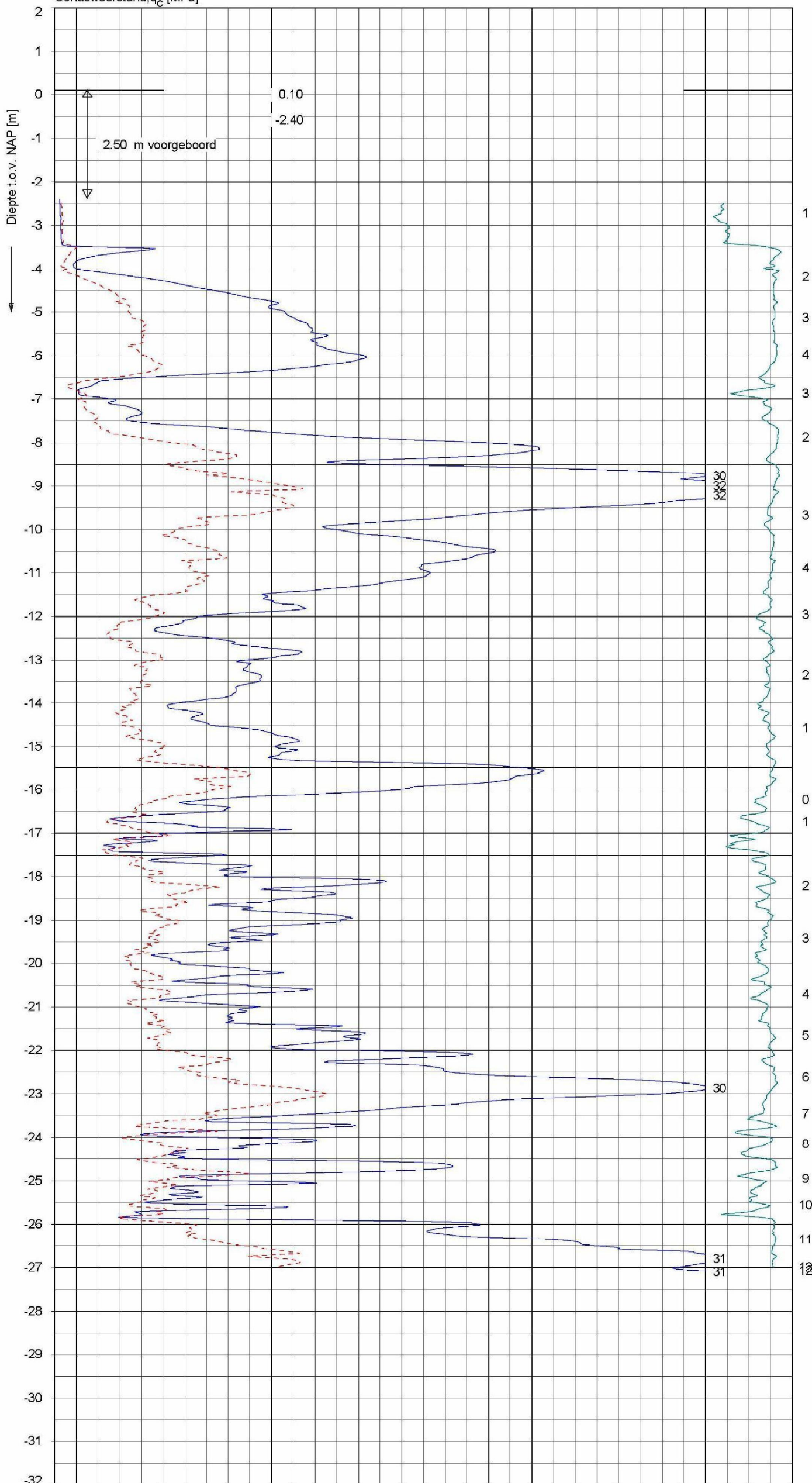
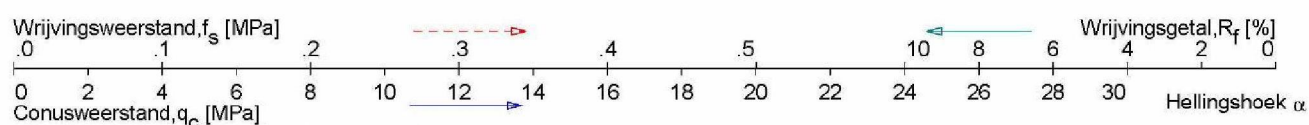
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM13

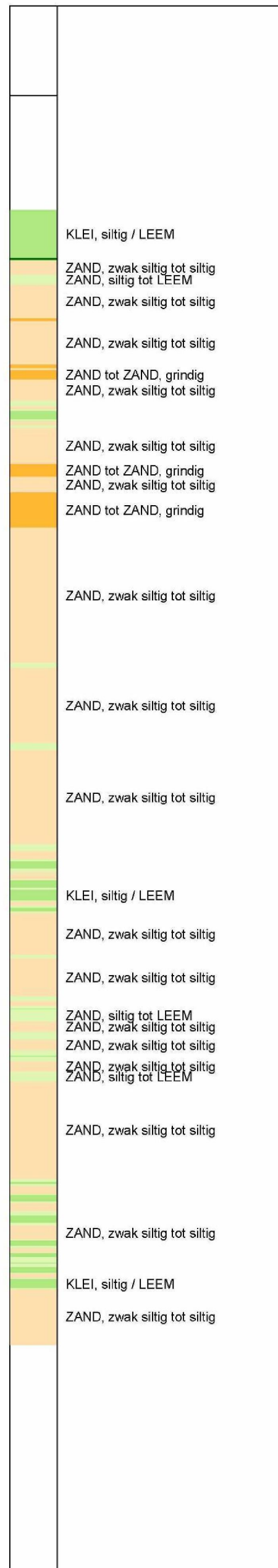
UNIP.OT\_05.26.nl / Qd-Fs-Claas-NS\_Zonder\_Diss.ucf / 2014-08-20 11:18:07

5008-0324-011

DKMS14-1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: ASI/JVT d.d. 29-jul-2014 Coord.: X=234110.2m Y= 562756.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 20-aug-2014 MV = NAP +0.10m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2, Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

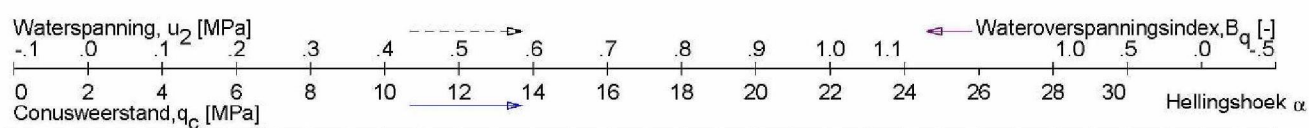
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKMS14



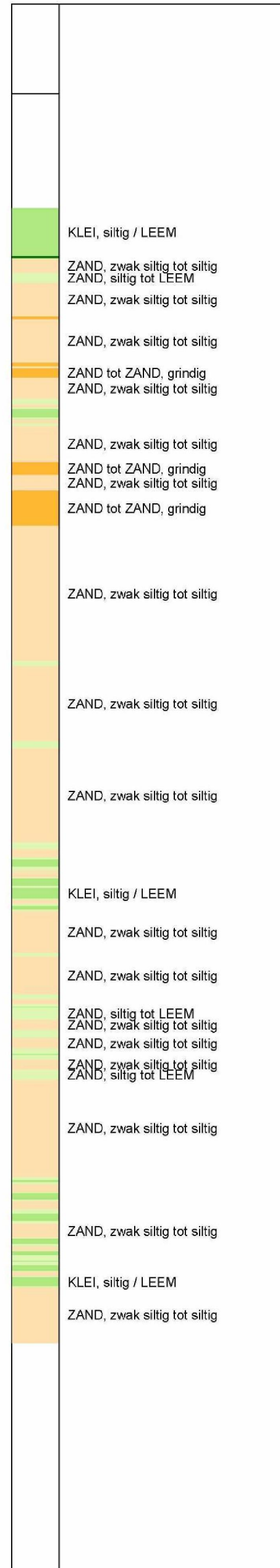
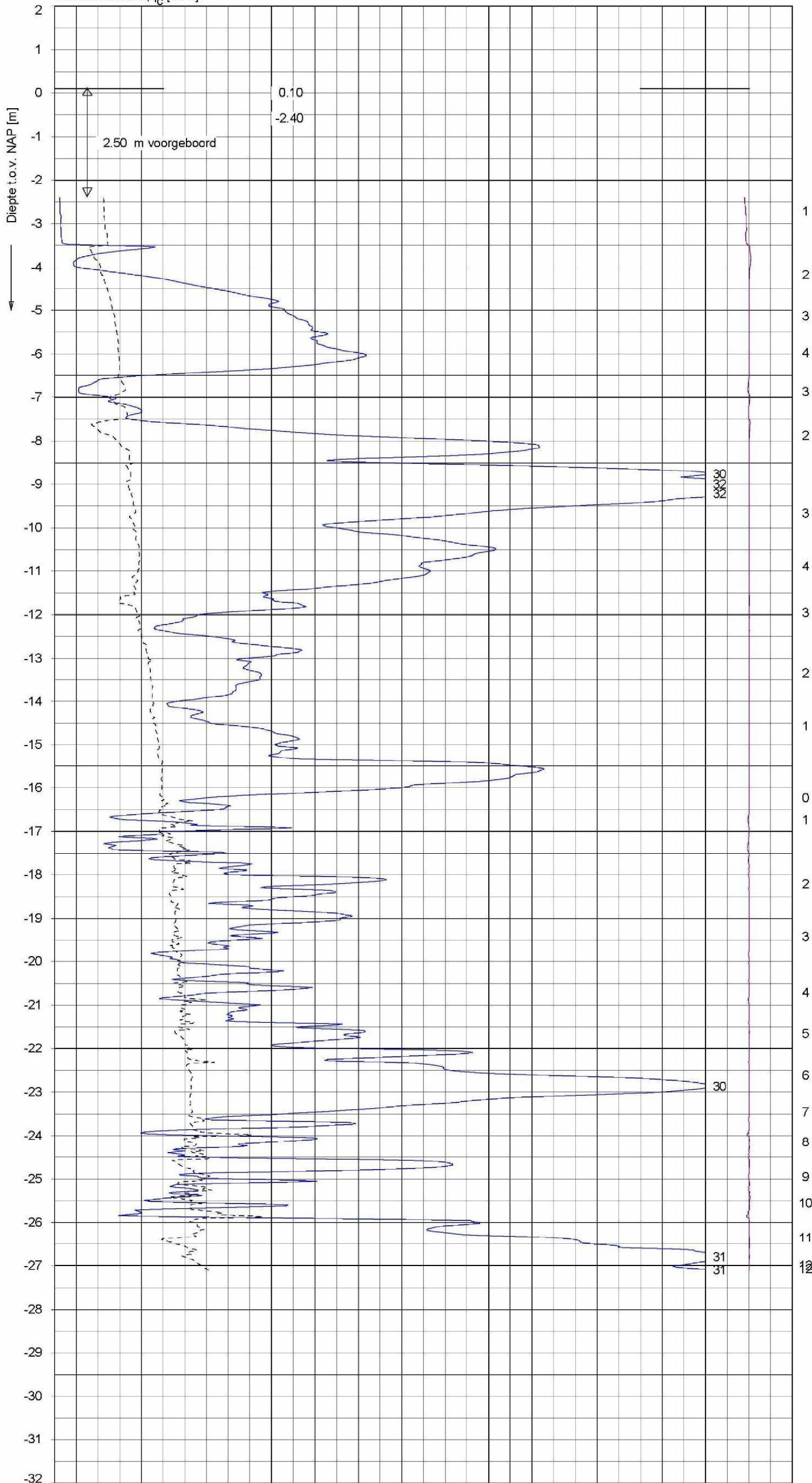
UNIPLOT 05.26.nl / QcUDClass-N3\_Zonder\_Diss.udf / 2014-08-20 11:16:43

5008-0324-011

DKMS14-1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: ASI/JVT d.d. 29-jul-2014 Coord.: X=234110.2m Y= 562756.8m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 20-aug-2014 MV = NAP +0.10m Conus CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2 Test type TE2  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING**

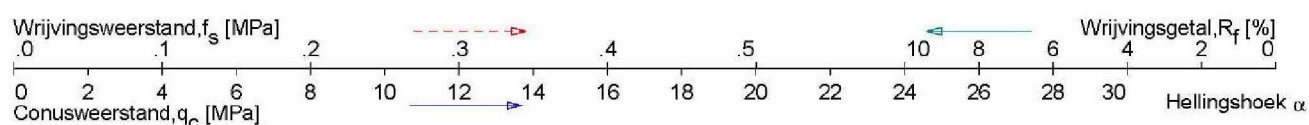
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKMS14

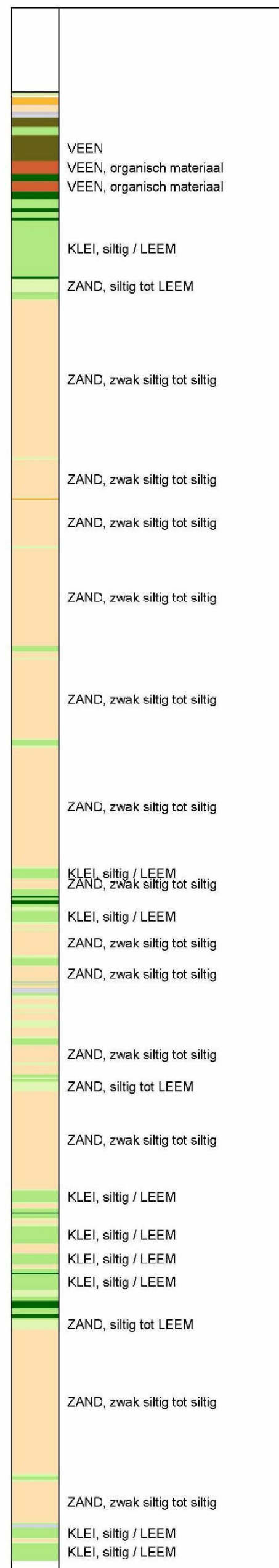
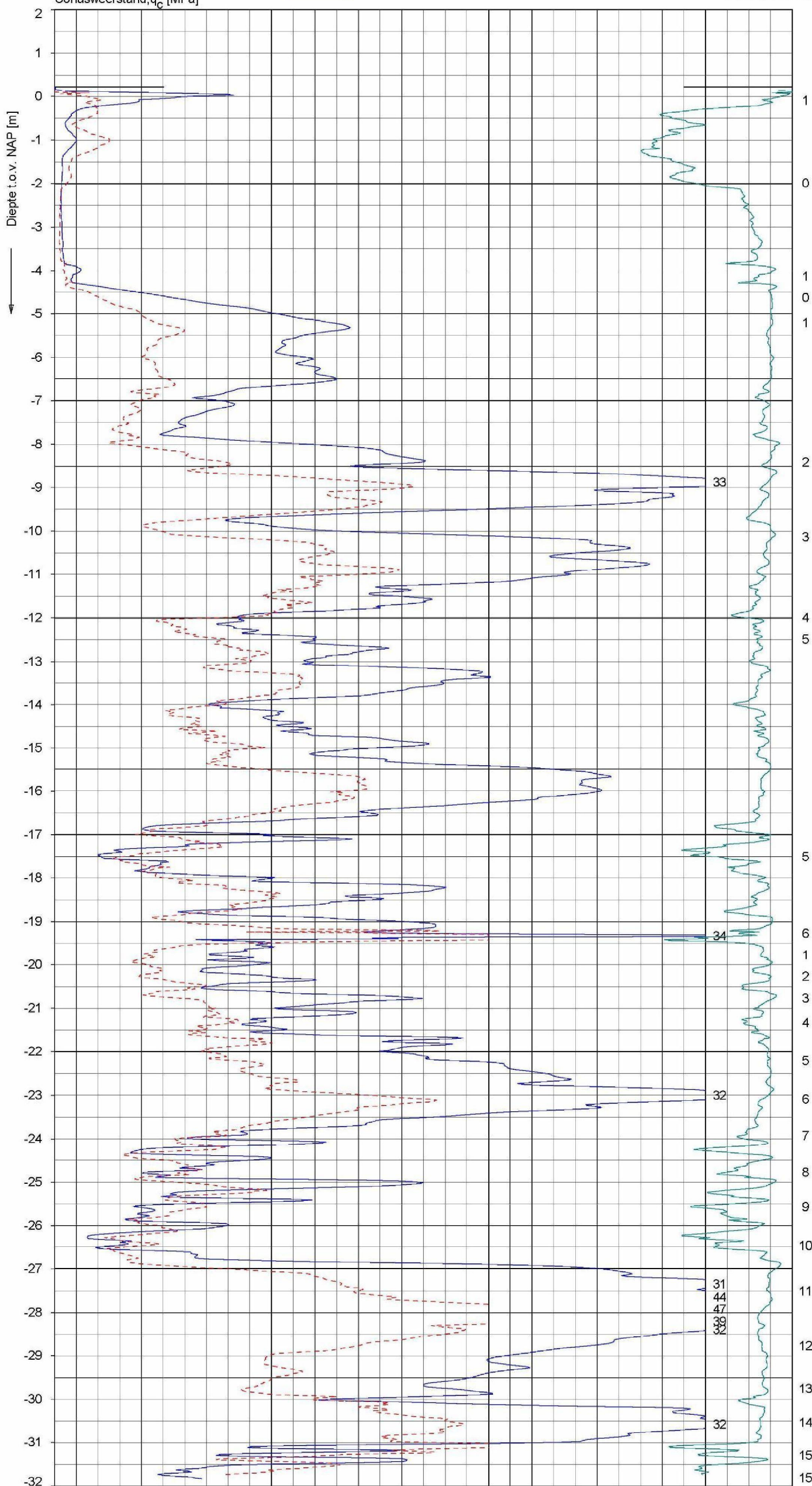
UNIPLOT\_06.24.nl / Qd-Fs-Claes-NS.crd / 2014-02-25 13:57:48

5008-0324-010

DKM15 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234117.9m Y= 562748.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.22m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

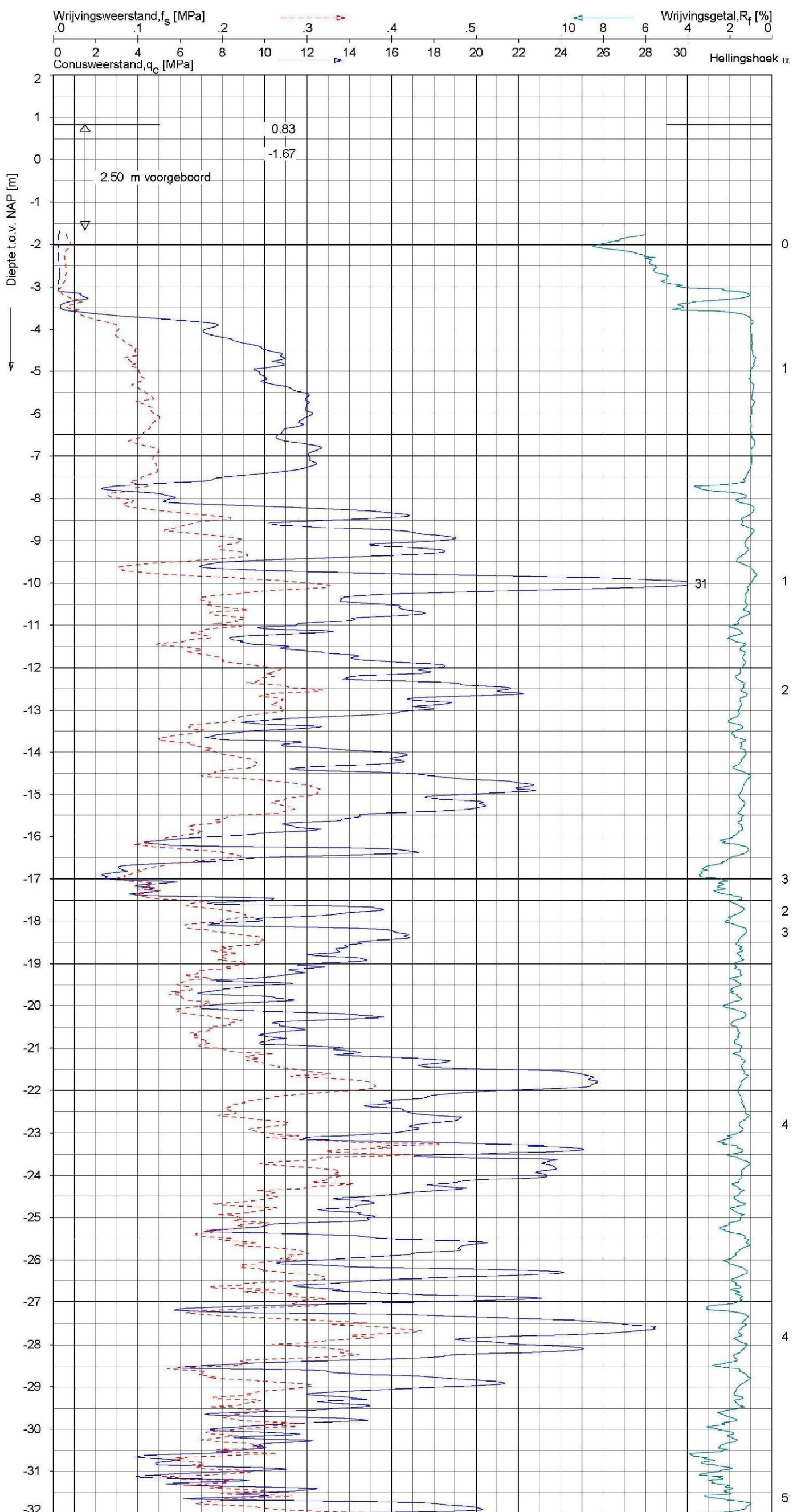
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM15

UNIPLOT\_0526.nl / Qd-Fs-Claes-NS.crd / 2014-08-18 15:25:42

5008-0324-011

DKM17 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VULSTST d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=234074.1 m Y= 562765.8 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.83 m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

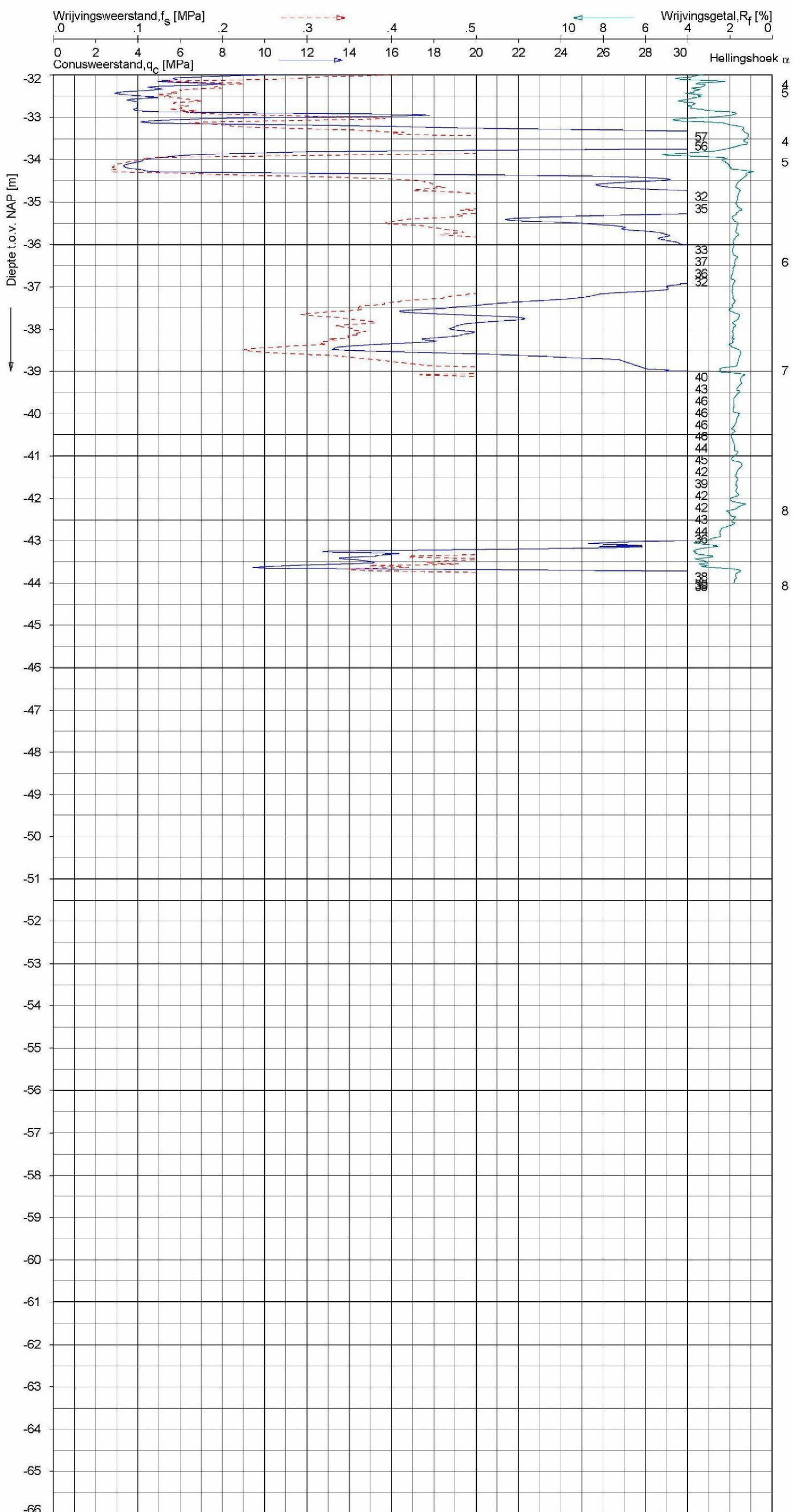
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM17

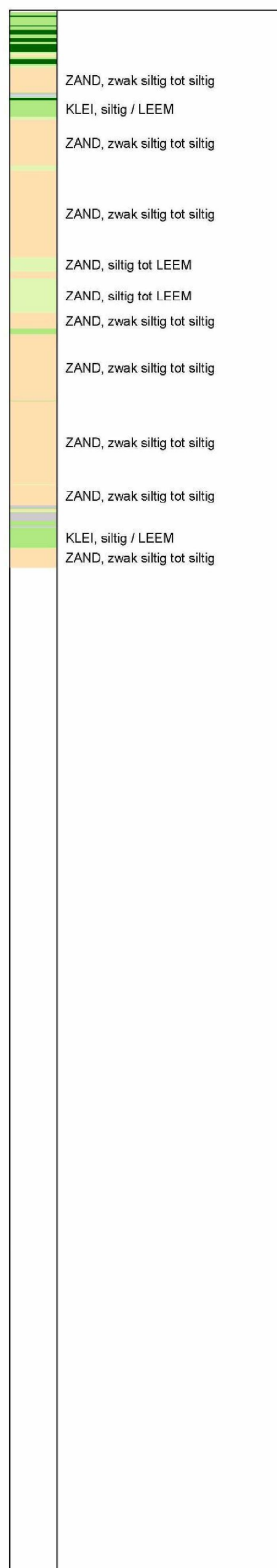
UNIPLOT\_0526.nl / QdFScas-NS cmd / 2014-08-18 15:25:44

5008-0324-011

DKM17-2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VULSTST d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=234074.1 m Y= 562765.8 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.83 m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



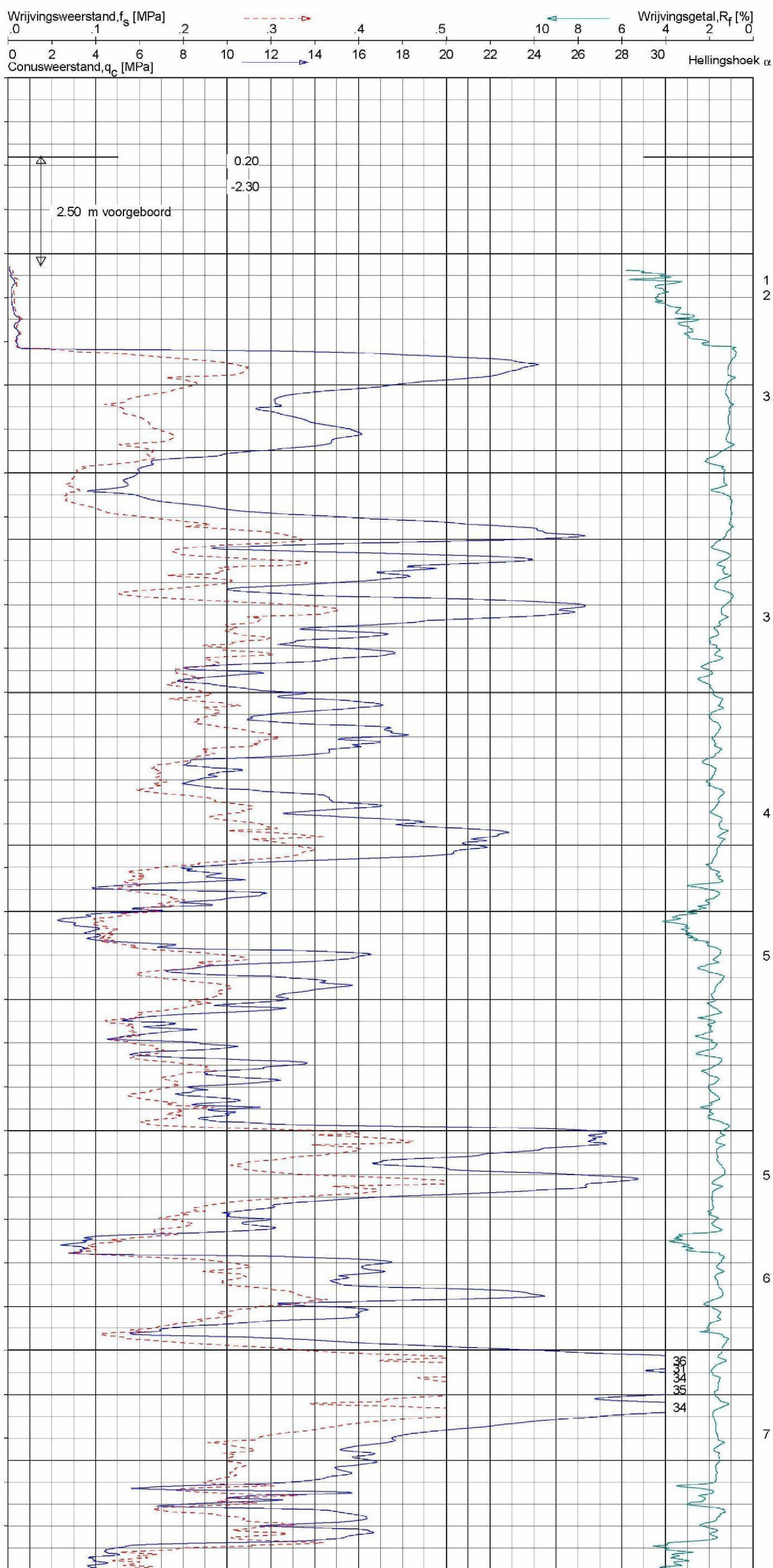
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM17

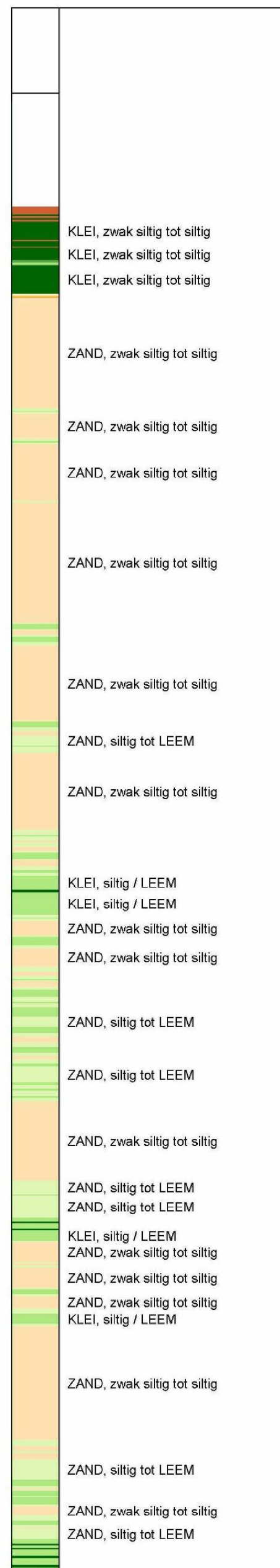
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS cmd / 2014-08-18 15:25:48

5008-0324-011

DKM18-1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VUL/FSC    d.d. 11-aug-2014    Coord.: X=234093.5m    Y= 562755.3m    Systeem: RD    Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ    d.d. 18-aug-2014    MV = NAP +0.20m    Conus CP15-CF75SN2    1701-2604    Toepassingsklasse 2    Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19895\text{mm}^2$

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

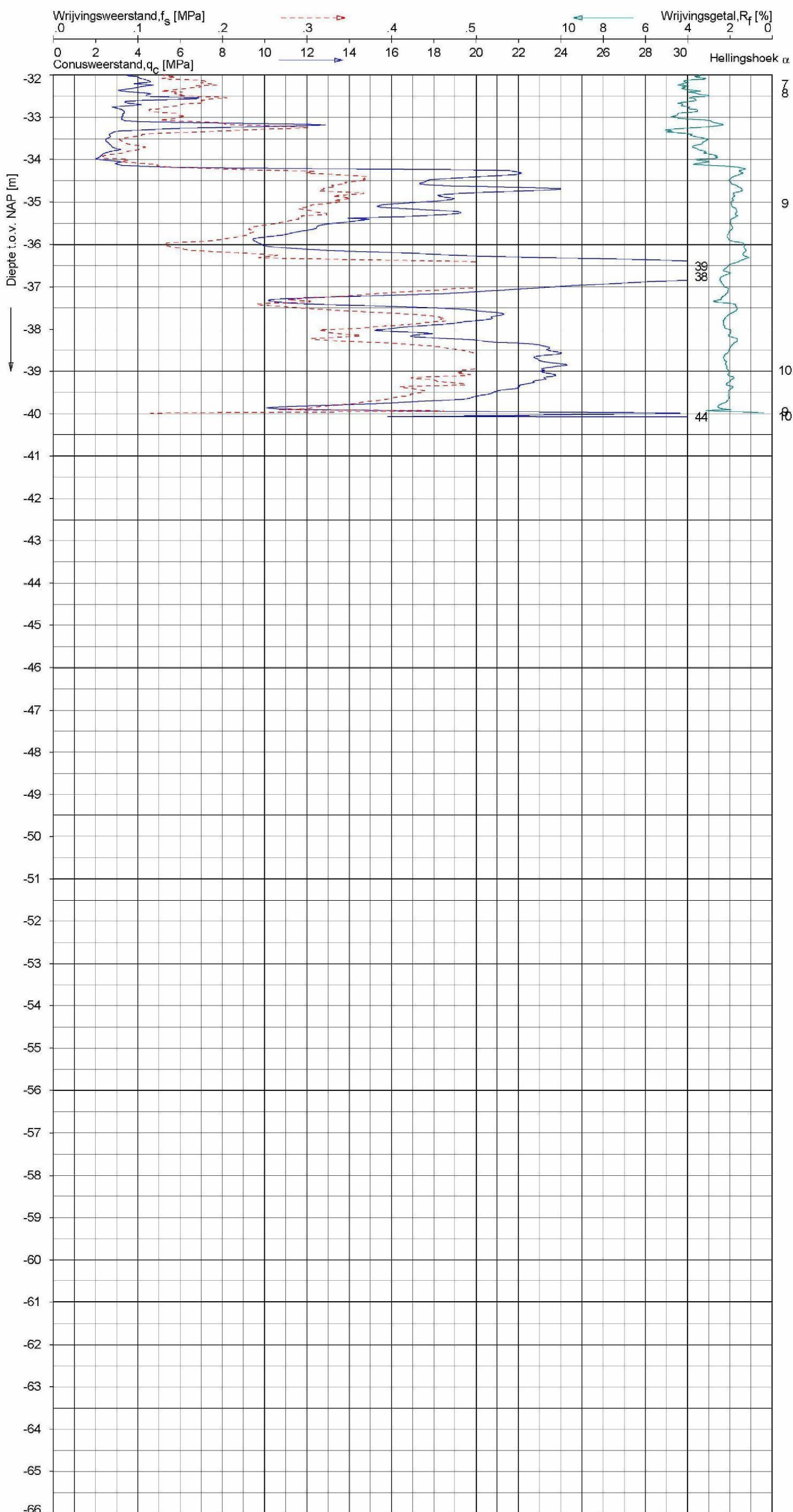
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM18

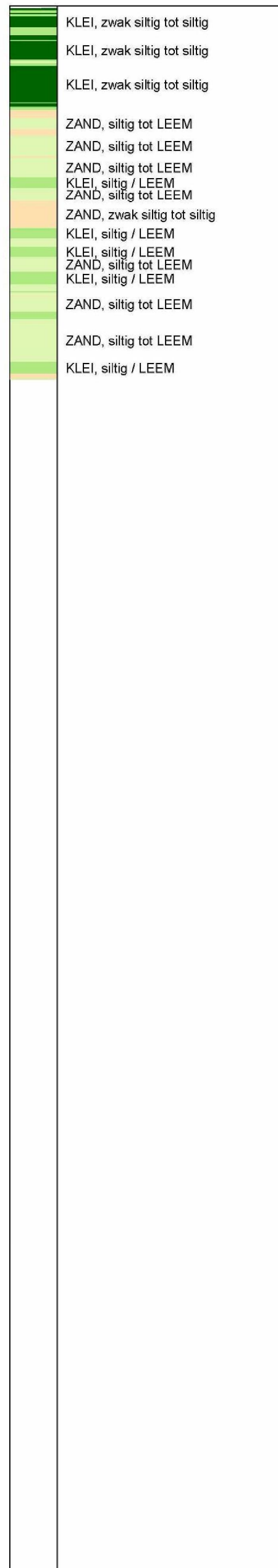
UNIP.OT.05.26.nl / Qd-FScas-NS.crd / 2014-08-18 15:25:49

5008-0324-011

DKM18-2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VUL/FSC d.d. 11-aug-2014 Coord.: X=234093.5m Y= 562755.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.20m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

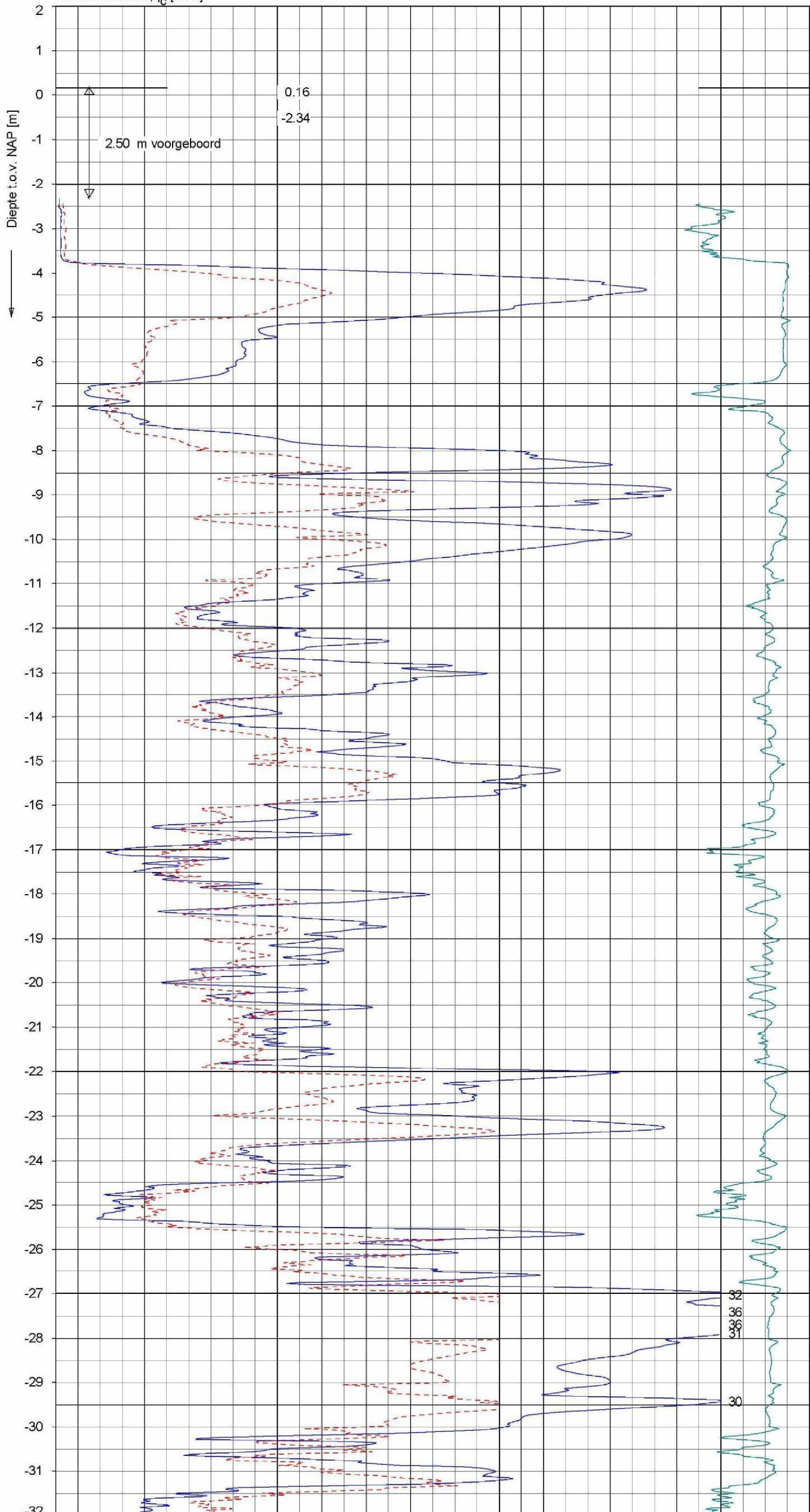
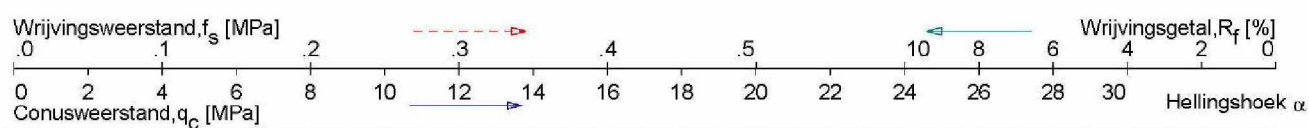
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM18



UNIPLOT\_0526.nl / Qd-Fs-Claes-NS.crd / 2014-08-18 15:25:53

5008-0324-011

DKM19 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RSL/MDH d.d. 25-jul-2014 Coord.: X=234101.9m Y= 562747.4m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.16m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

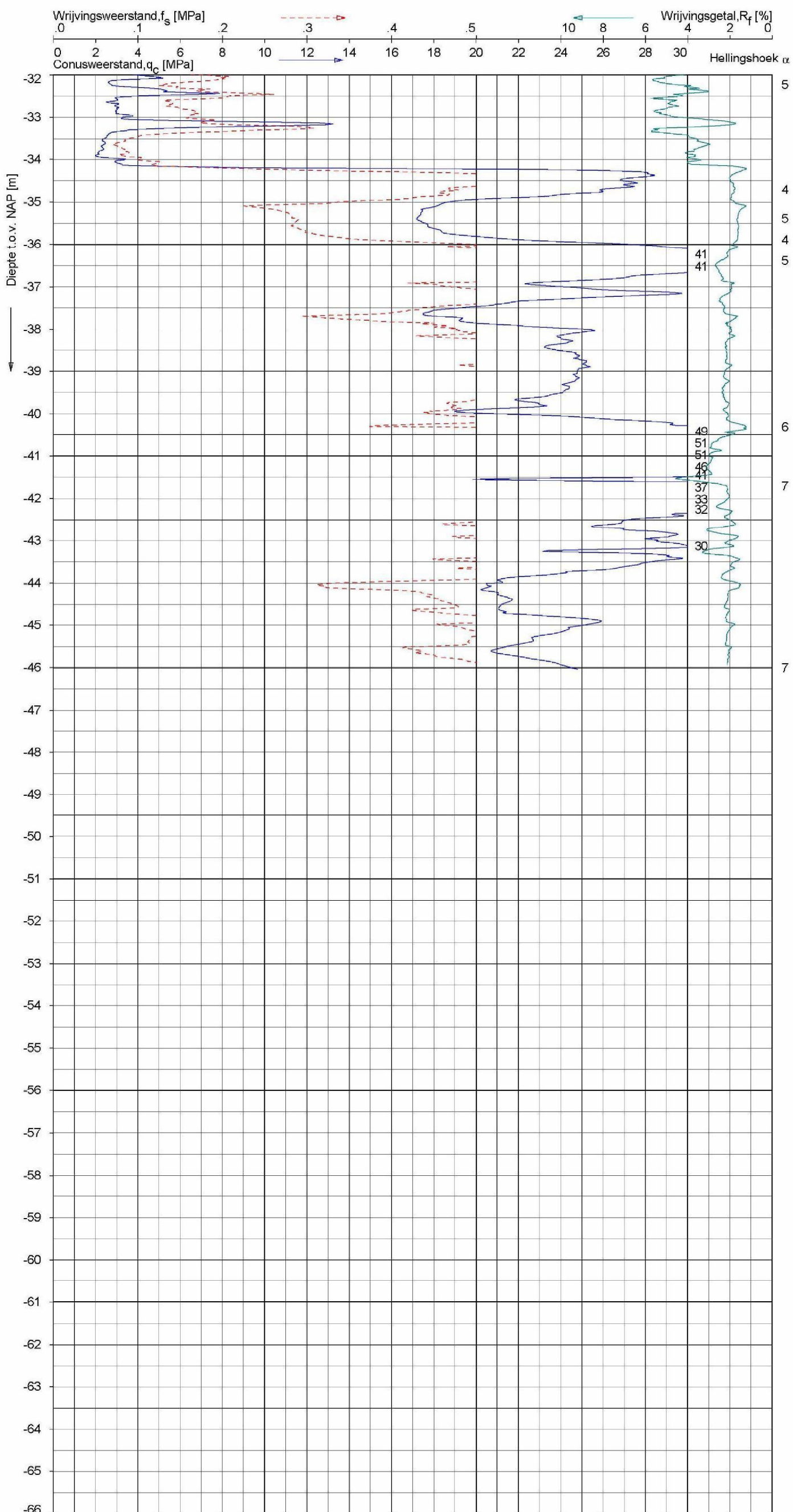
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM19



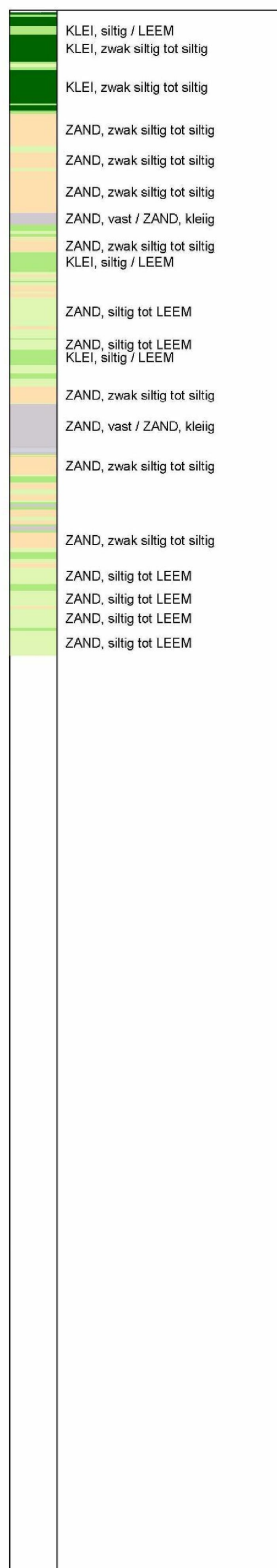
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS.crd / 2014-08-18 15:25:55

5008-0324-011

DKM19-2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RSL/MDH d.d. 25-jul-2014 Coord.: X=234101.9m Y= 562747.4m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.16m Conus CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

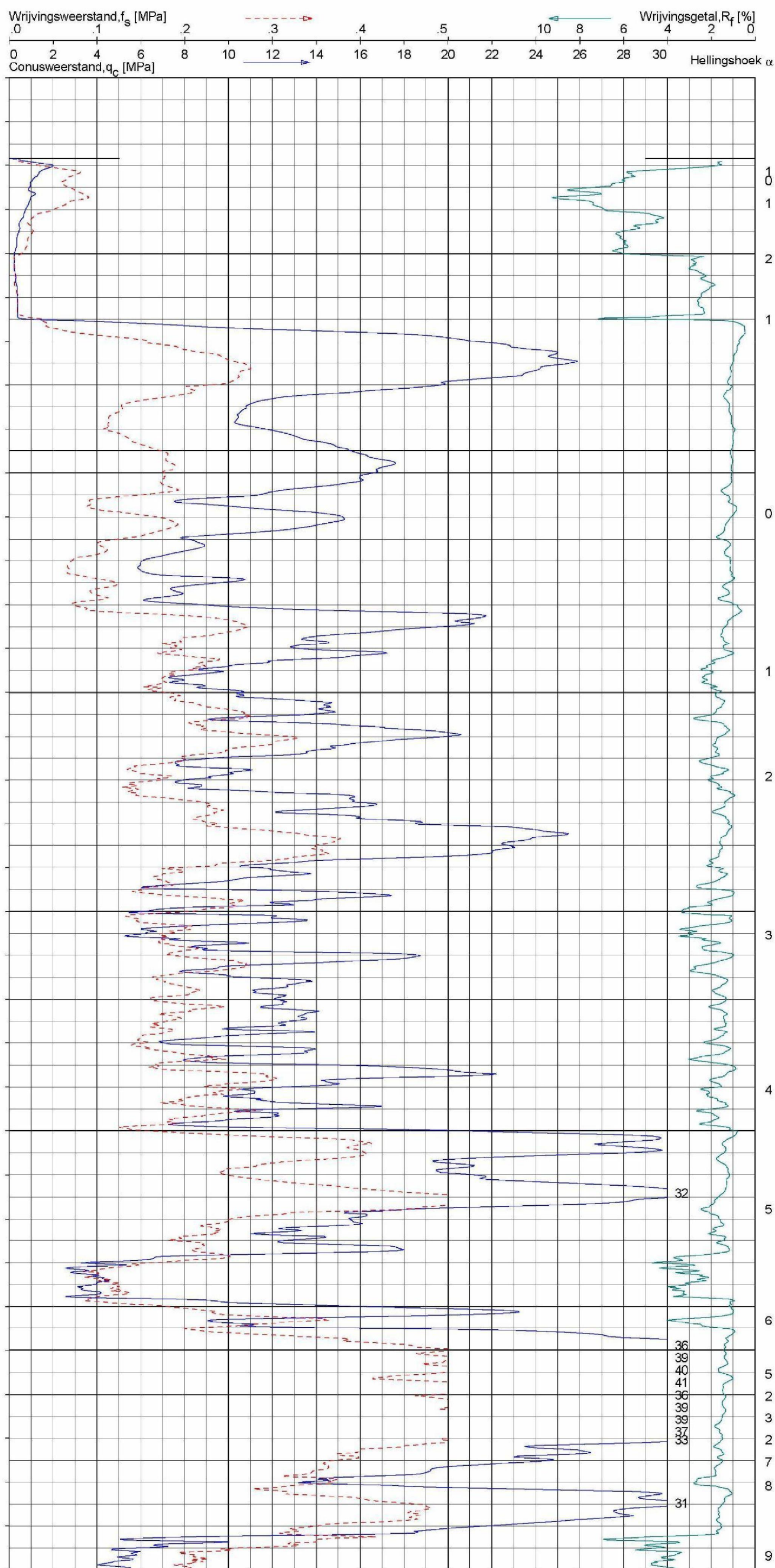
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM19

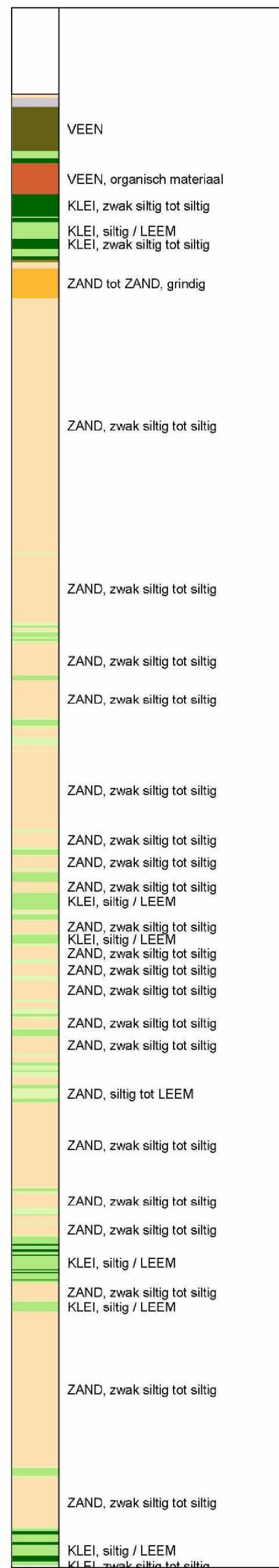
UNIPLOT\_06.24.nl / Qd-Fs-Claes-NS.crd / 2014-02-25 13:57:51

5008-0324-010

DKM20 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234110.7m Y= 562736.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.17m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

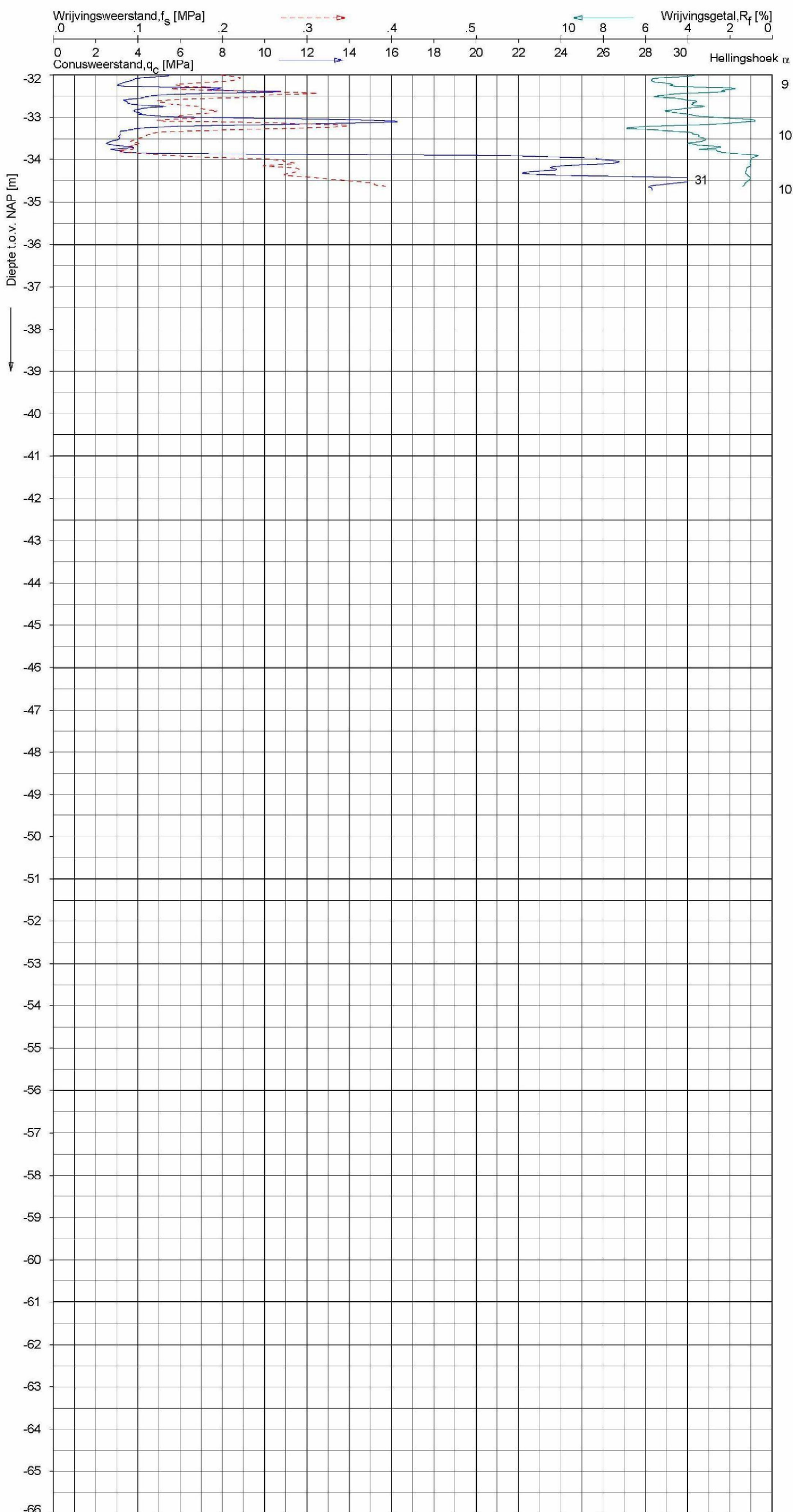
Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM20



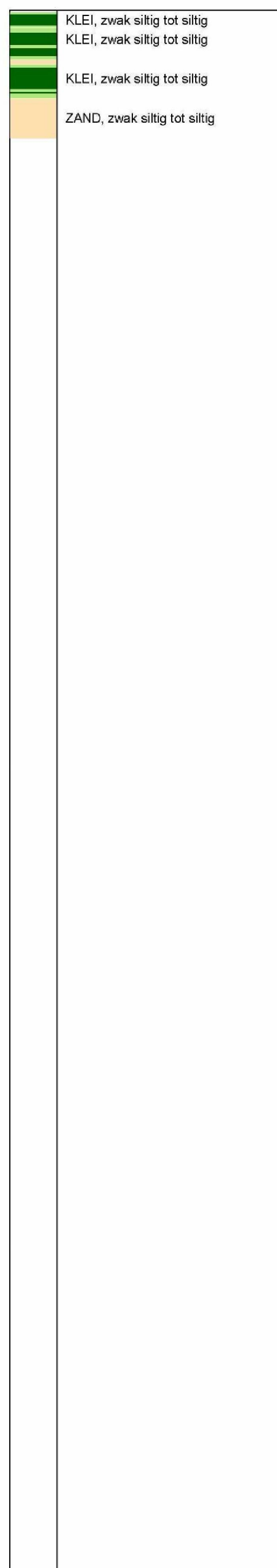
UNIPLOT\_05.24.nl / Qd-FScas-NS cmd / 2014-02-25 13:57:51

5008-0324-010

DKM20 -2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234110.7m Y= 582736.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.17m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

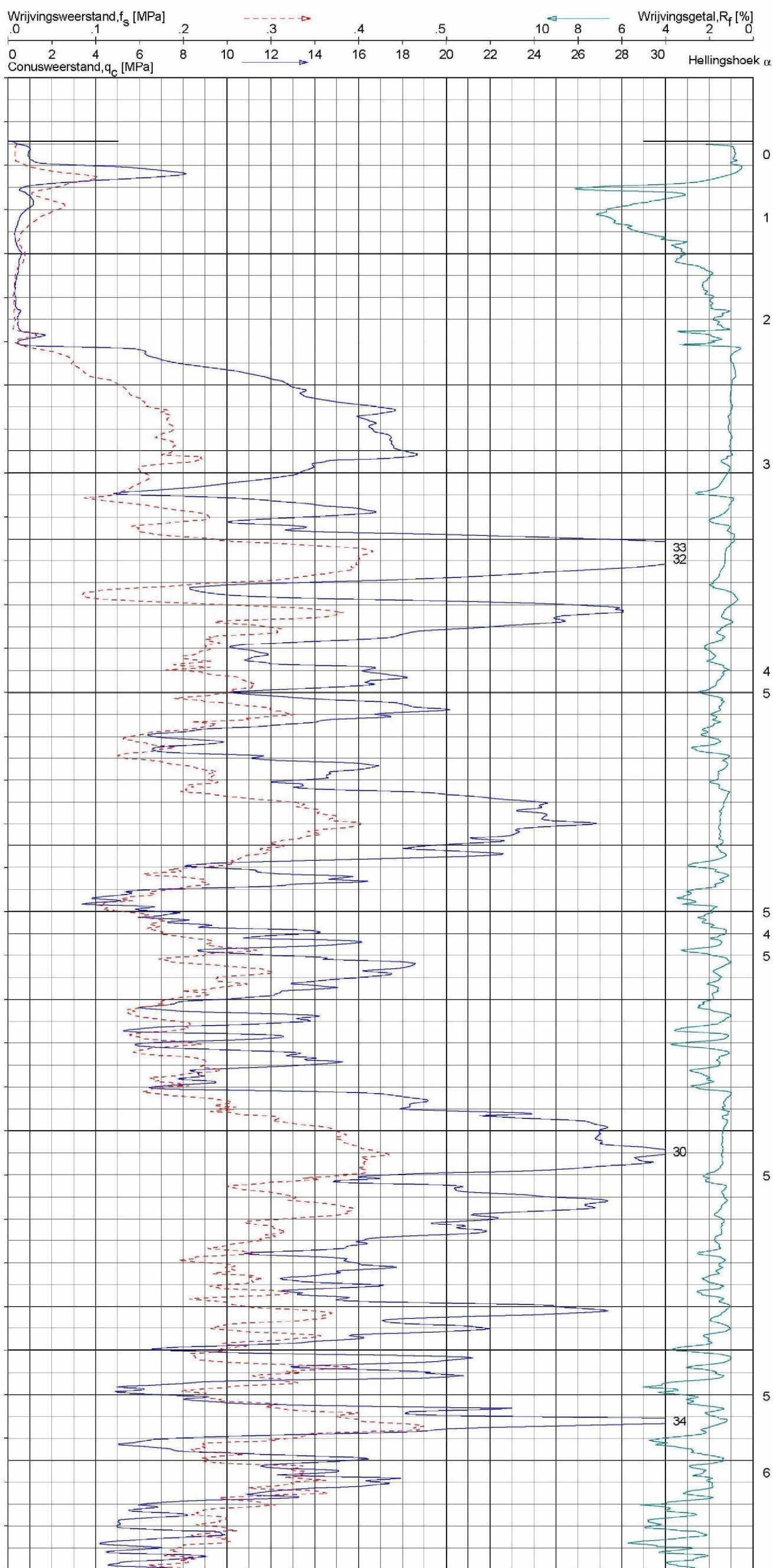
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM20

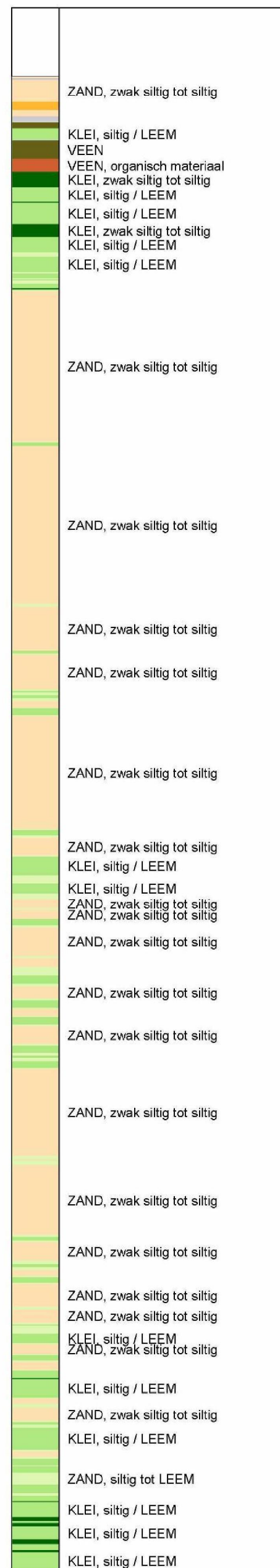
UNIPLOT\_06.24.nl / Qd-FsClaes-NS.crd / 2014-02-25 13:57:54

5008-0324-010

DKM21 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 16-mei-2013 Coord.: X=234053.2m Y= 562763.1m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.57m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

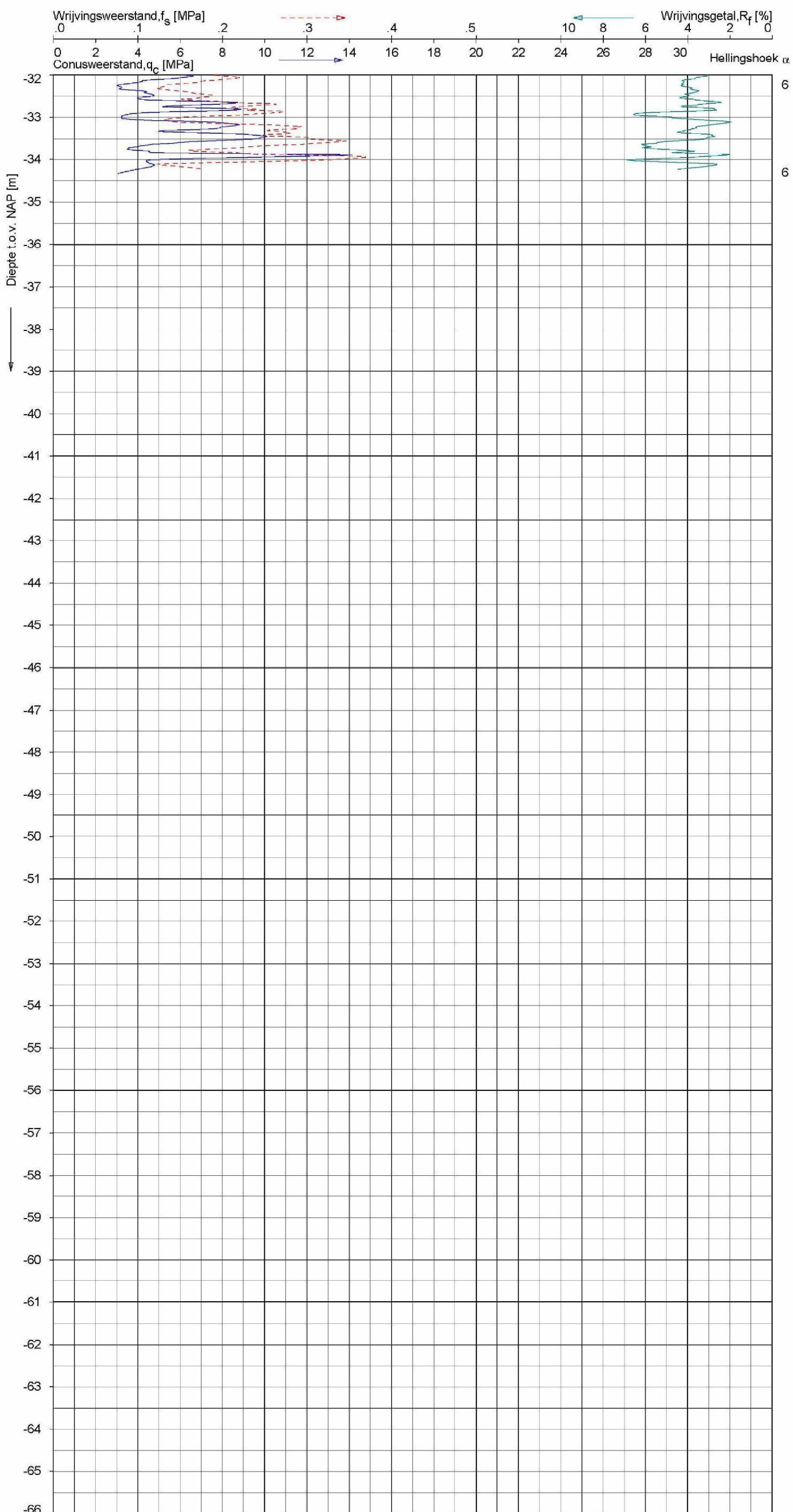
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM21

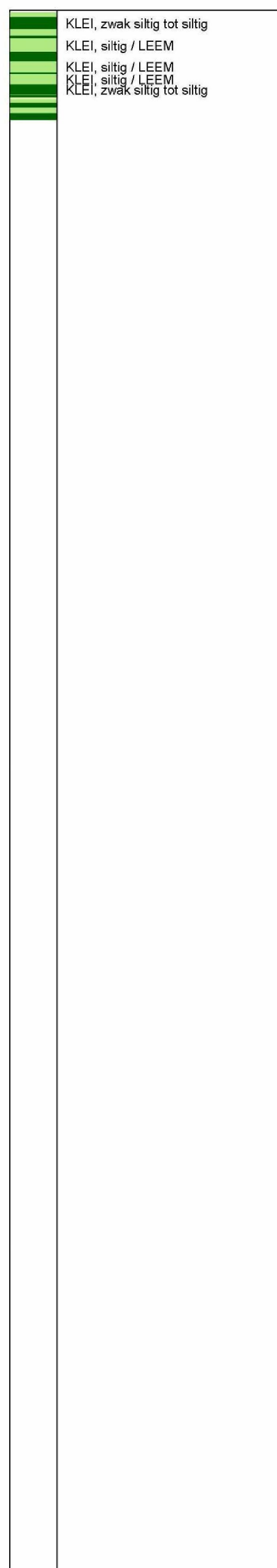
UNIPLOT\_05.24.nl / Qd-FScas-NS cmd / 2014-02-25 13:57:54

5008-0324-010

DKM21 -2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 16-mei-2013 Coord.: X=234053.2m Y= 582763.1m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.57 m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

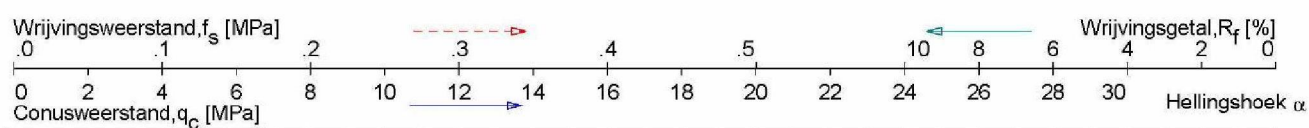
Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM21



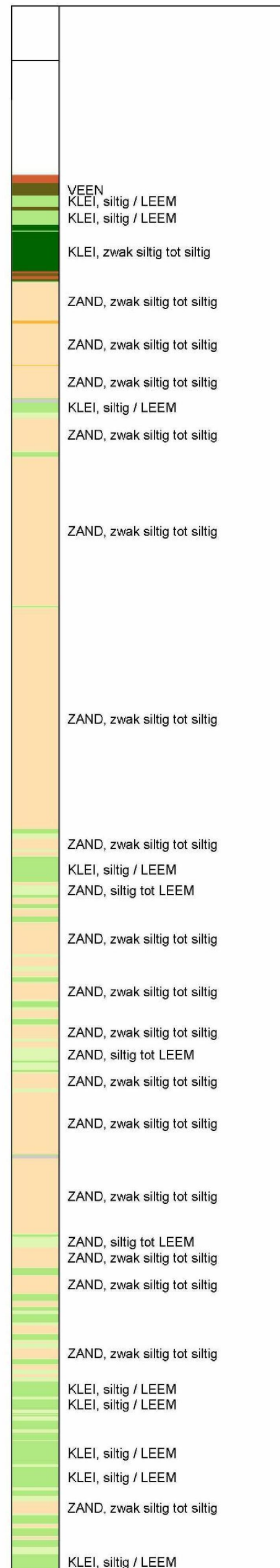
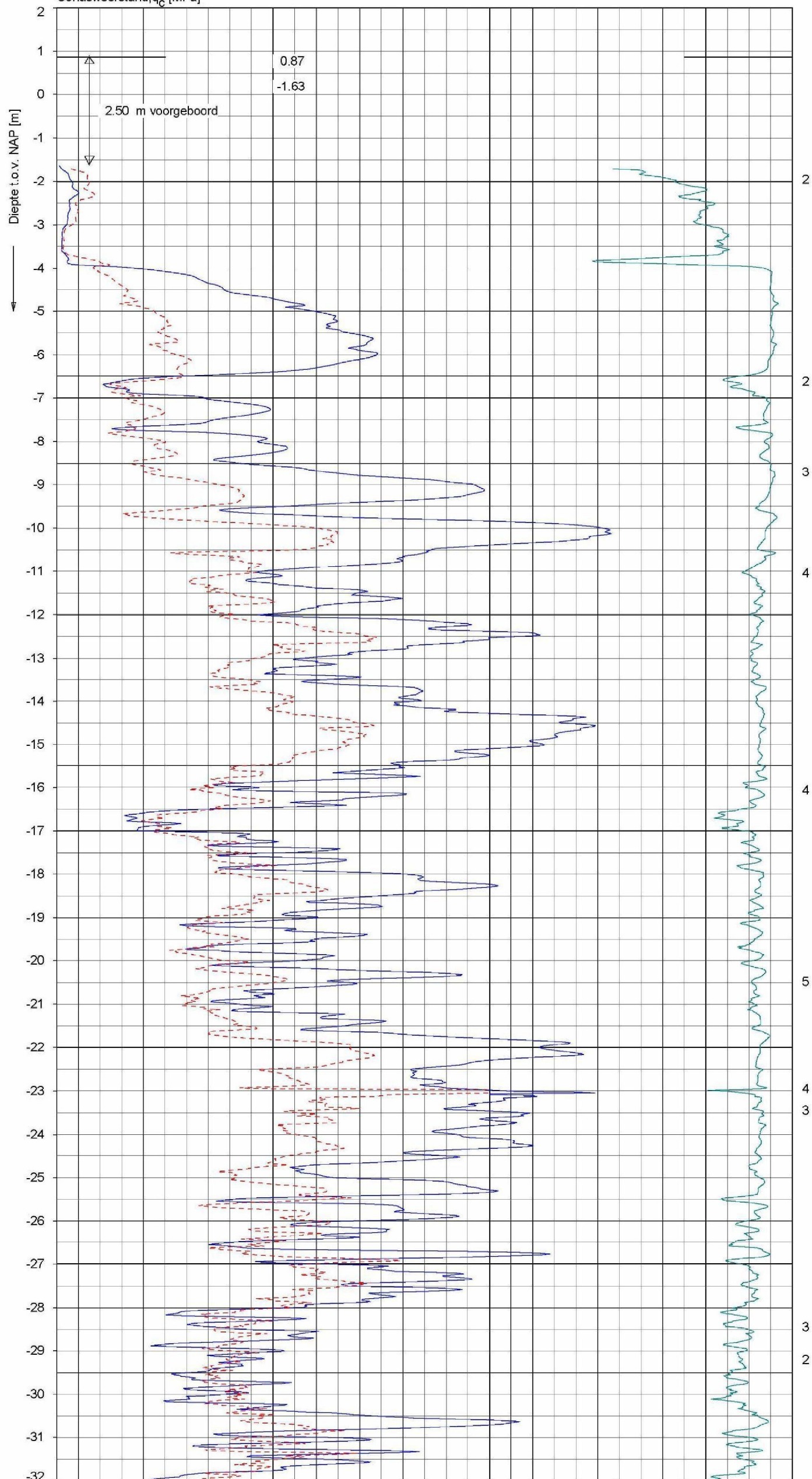
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-Fs-Claes-NS cmd / 2014-08-18 15:25:59

5008-0324-011

DKM22 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : VULSTST d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=234066.7m Y= 562752.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.87m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

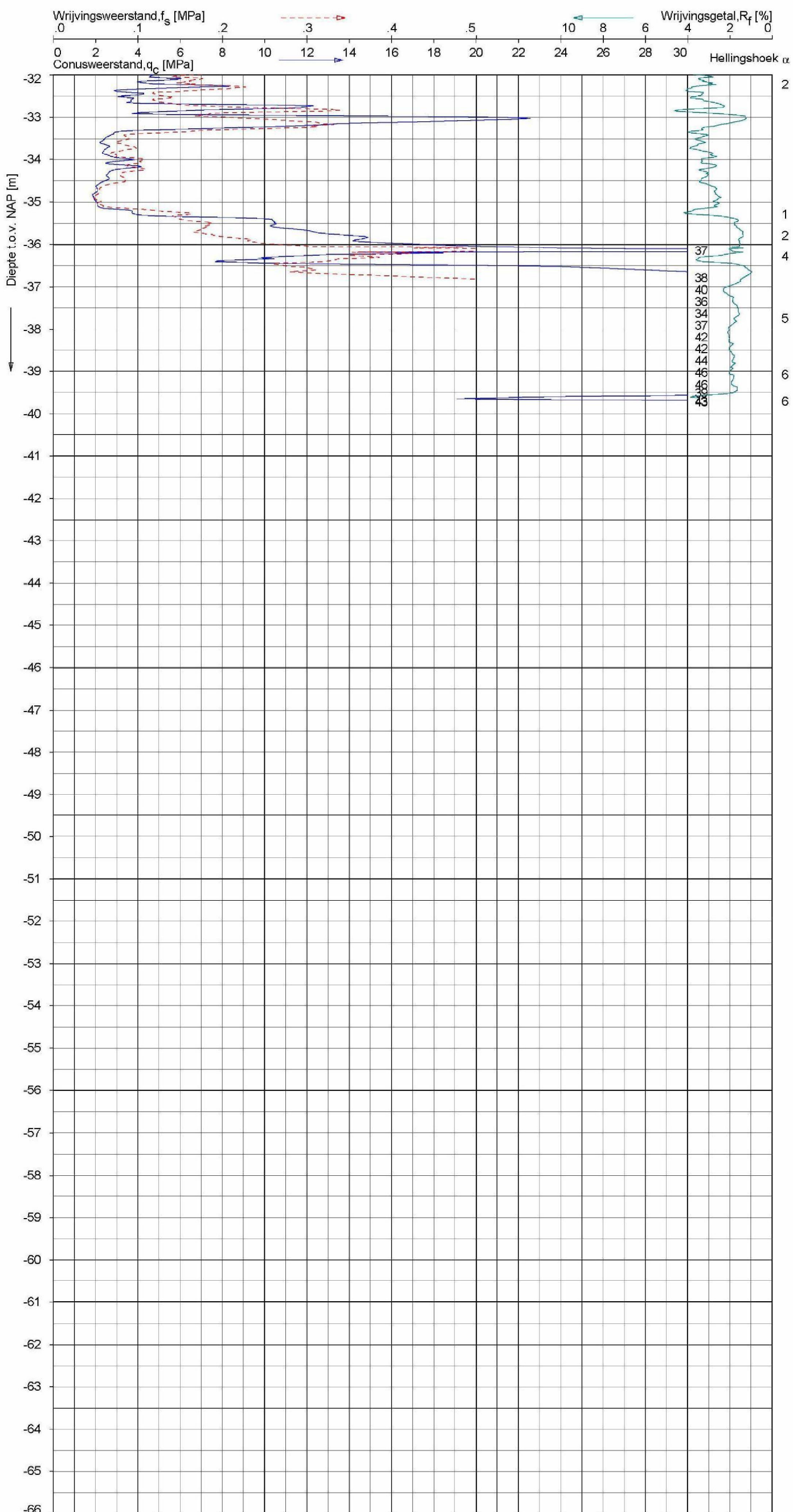
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM22

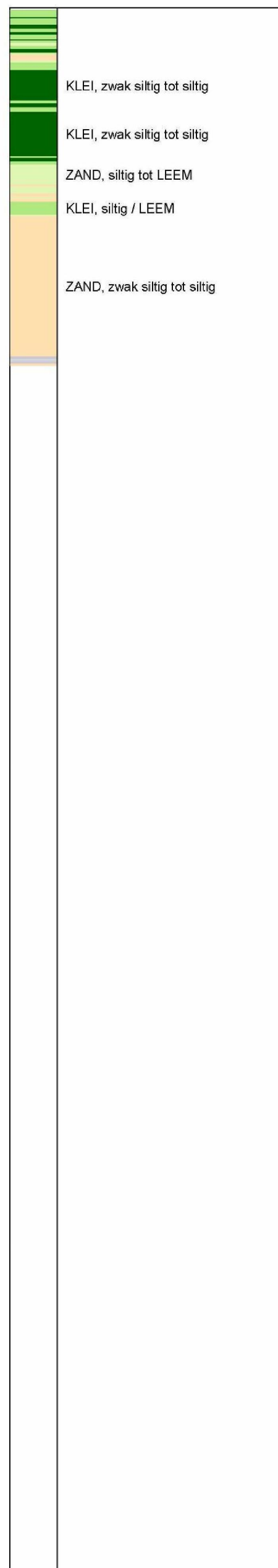
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS cmd / 2014-08-18 15:26:01

5008-0324-011

DKM22 -2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : VULSTST d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=234066.7m Y= 562752.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.87m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

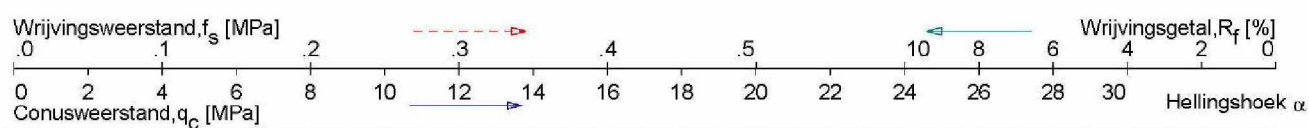
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM22



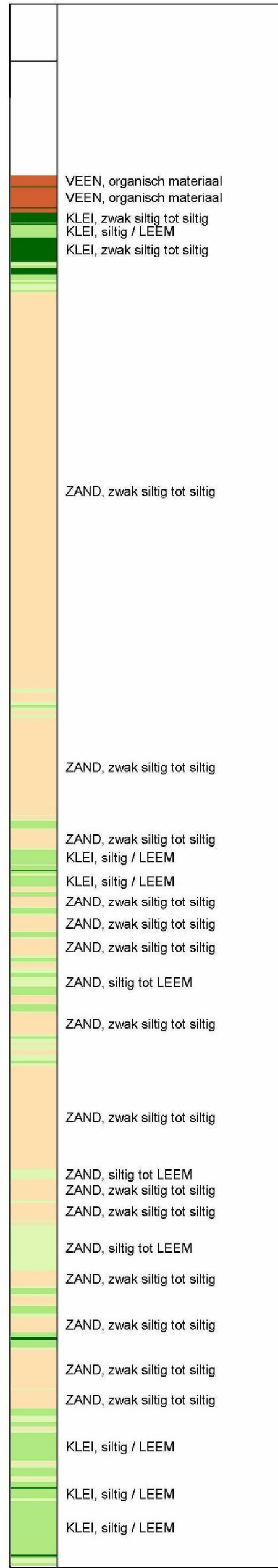
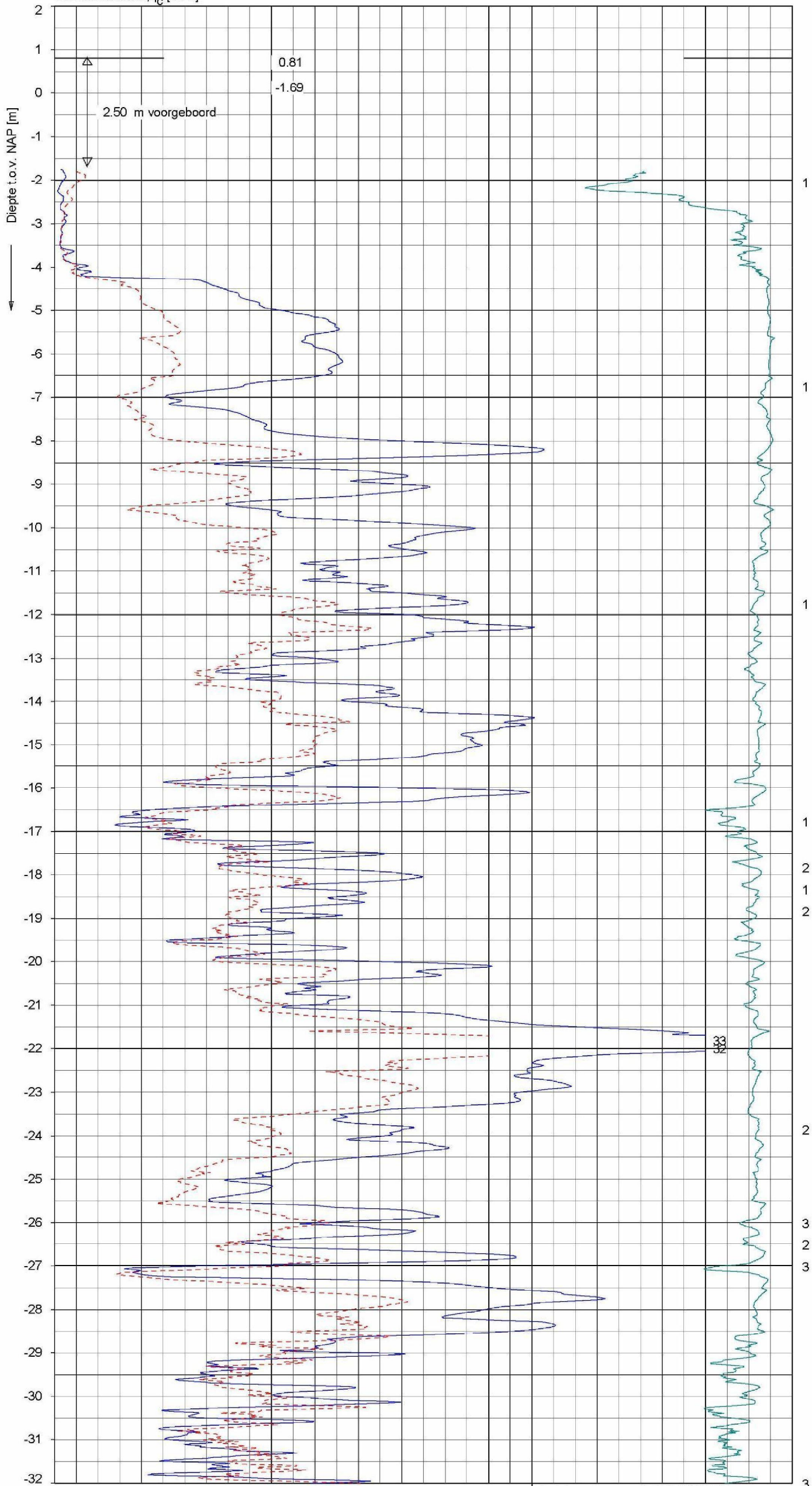
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS cmd / 2014-08-18 15:26:04

5008-0324-011

DKM23 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : VUL/FSC d.d. 11-aug-2014 Coord.: X=234078.0m Y= 562751.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.81 m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

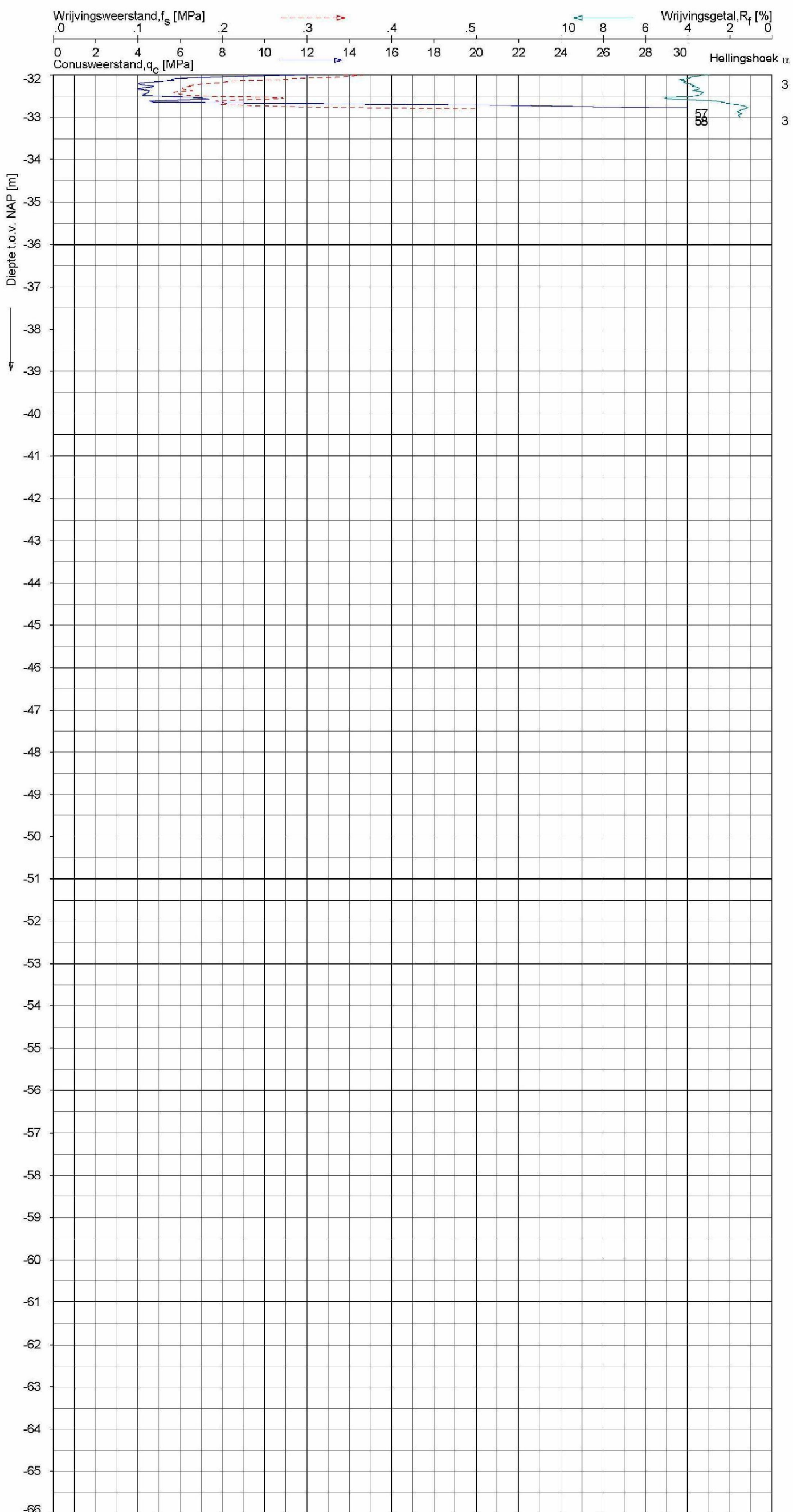
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM23



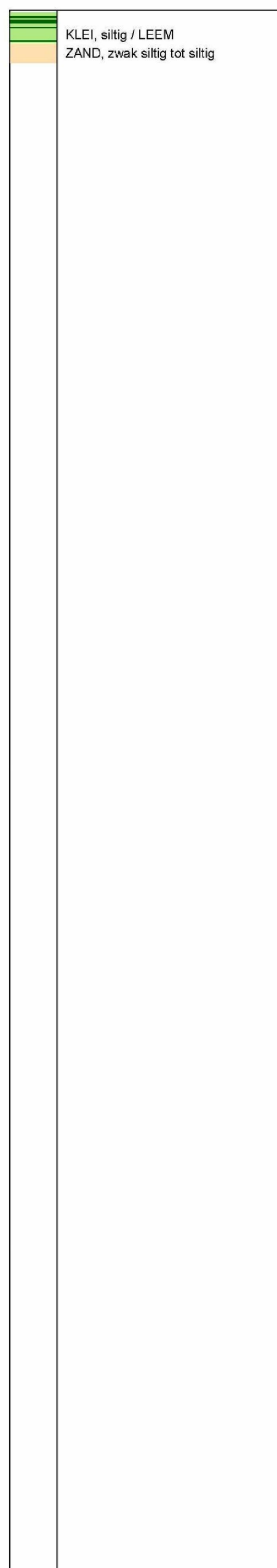
UNIP.LOT\_05.26.nl / Qd-FsClaes-NS.crd / 2014-08-18 15:26:08

5008-0324-011

DKM23 -2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VUL/FSC d.d. 11-aug-2014 Coord.: X=234078.0m Y= 582751.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.81m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2804 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

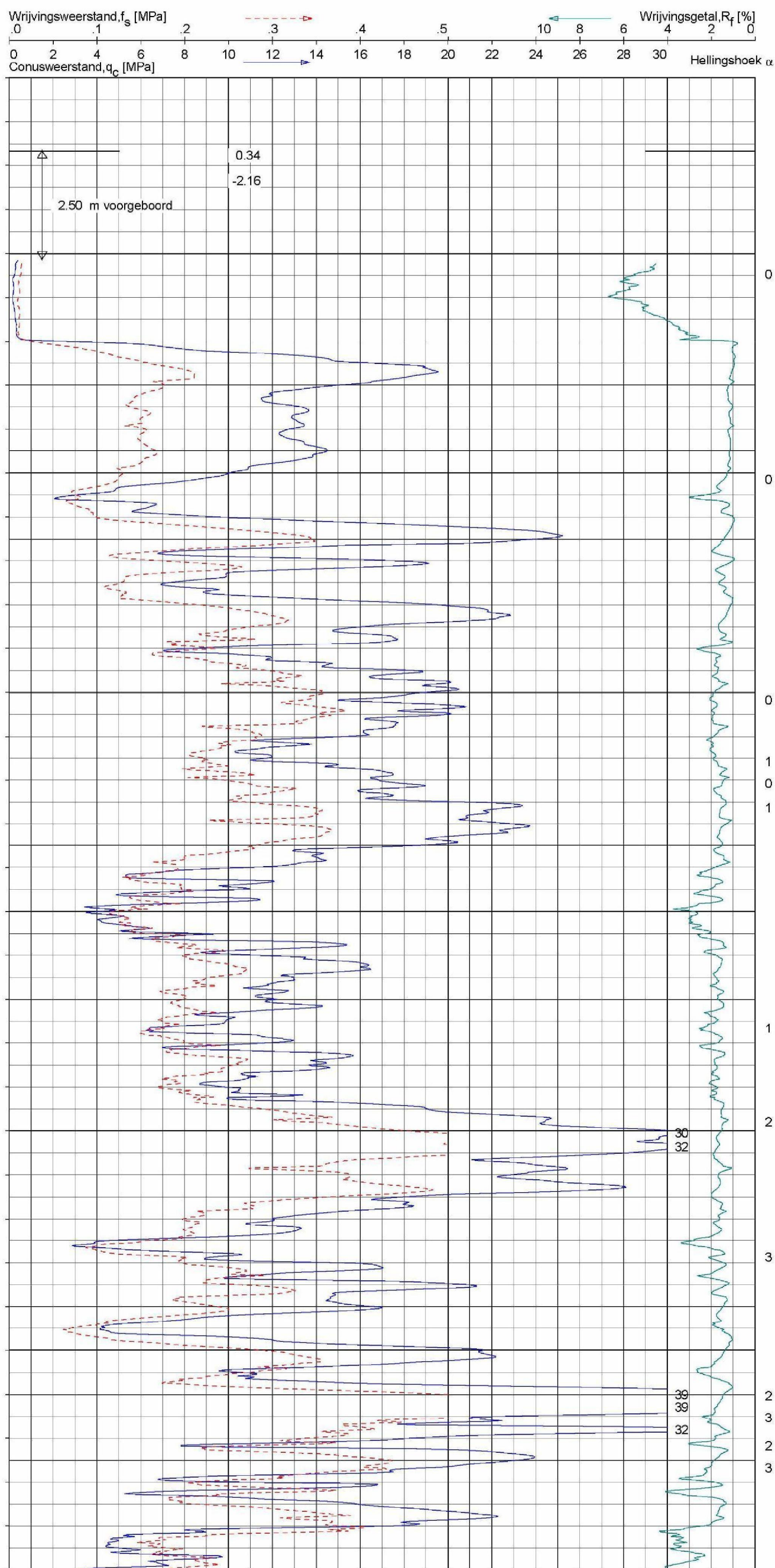
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM23

UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS.crd / 2014-08-18 15:26:09

5008-0324-011

DKM24 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RSL/MDH d.d. 25-jul-2014 Coord.: X=234092.3m Y= 562737.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.34m Conus CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

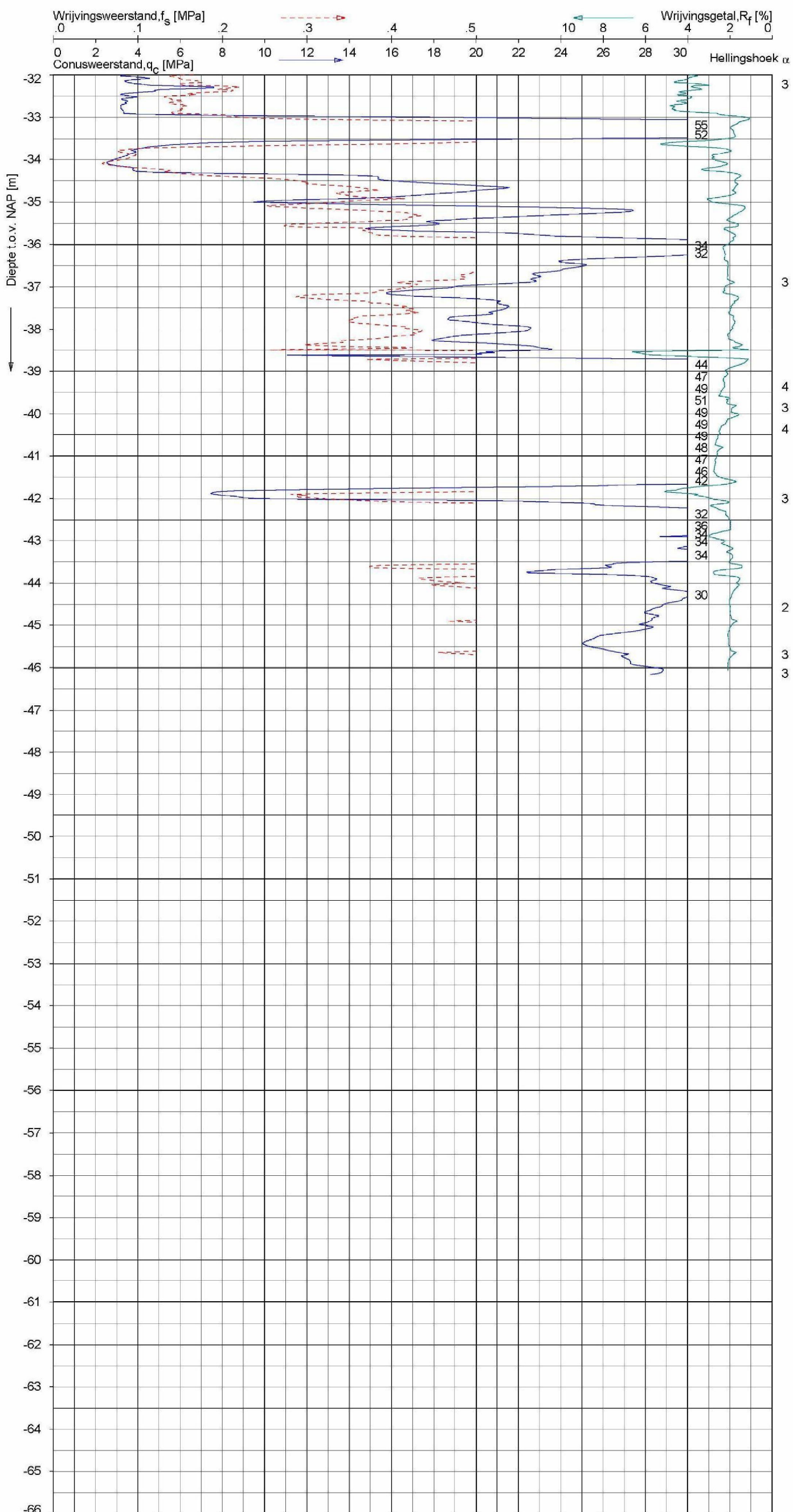
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM24



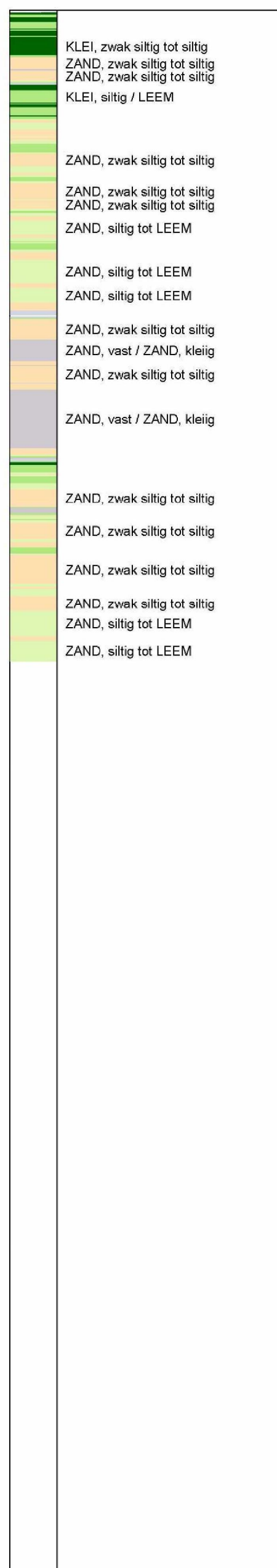
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS.crd / 2014-08-18 15:26:11

5008-0324-011

DKM24 - 2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : RSL/MDH d.d. 25-jul-2014 Coord.: X=234092.3m Y= 562737.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.34m Conus CP15-CF75SN2 1701-2659 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

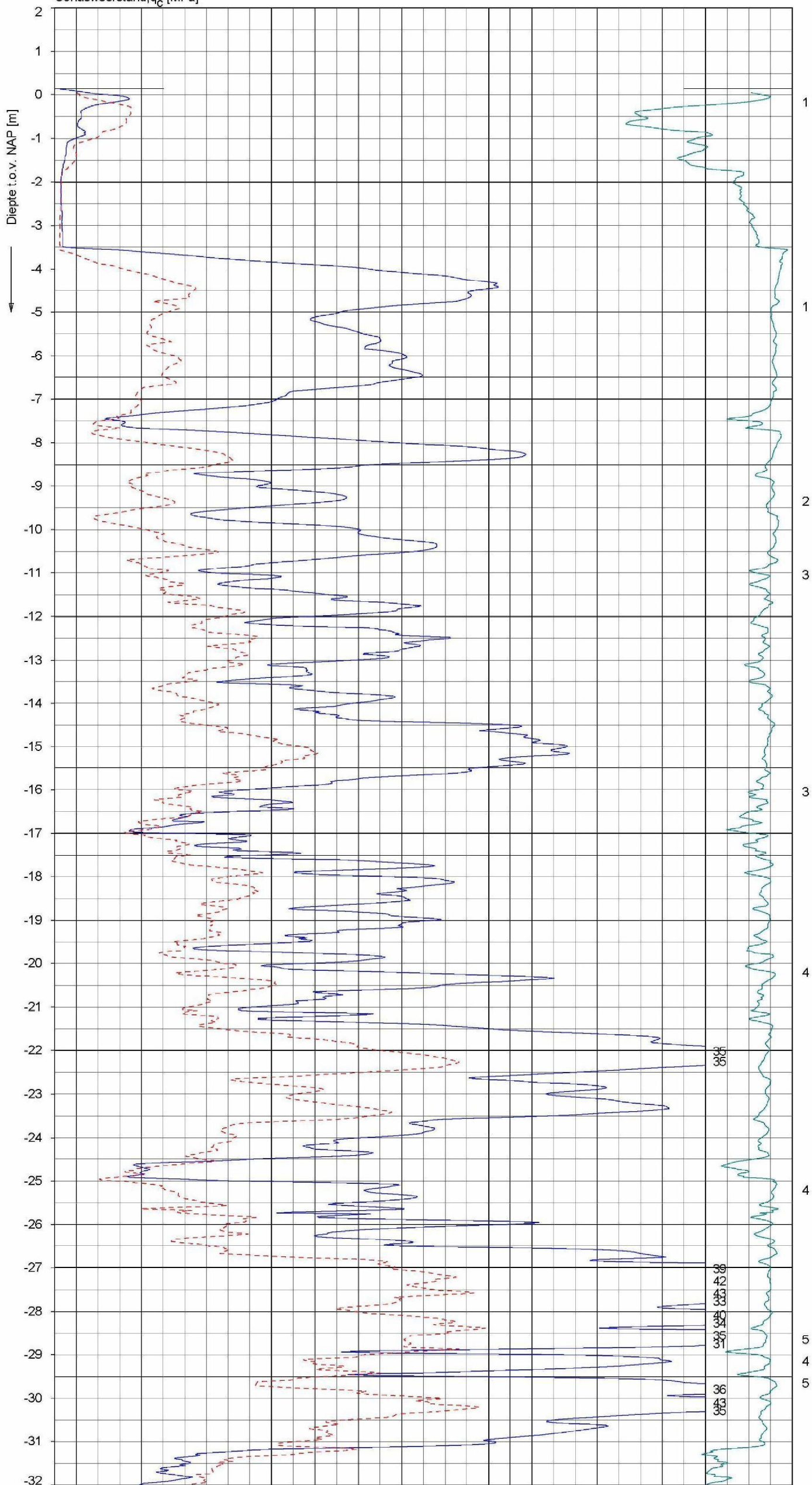
Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM24

UNIPLOT\_06.24.nl / QdF5Claes-NS.crd / 2014-02-25 13:57:57

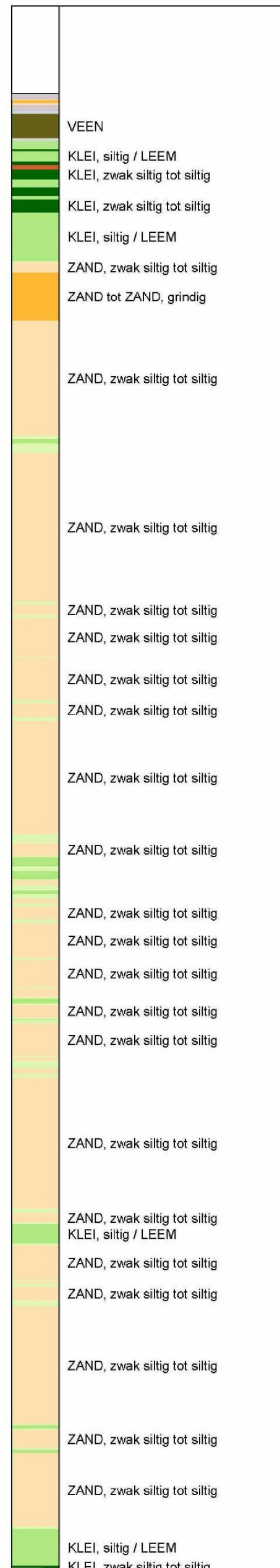
5008-0324-010

DKM25 - 1

Wrijvingsweerstand,  $f_s$  [MPa]      Wrijvingsgetal,  $R_f$  [%]  
 Conusweerstand,  $q_c$  [MPa]      Hellingshoek  $\alpha$



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg. : JIP      d.d. 17-mei-2013      Coord.: X=234101.8m      Y= 562727.3m      Systeem: RD      Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ      d.d. 24-mei-2013      MV = NAP +0.14m      Conus F7.5CKE2HA/B      1904-0036      Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1500\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19956\text{mm}^2$

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

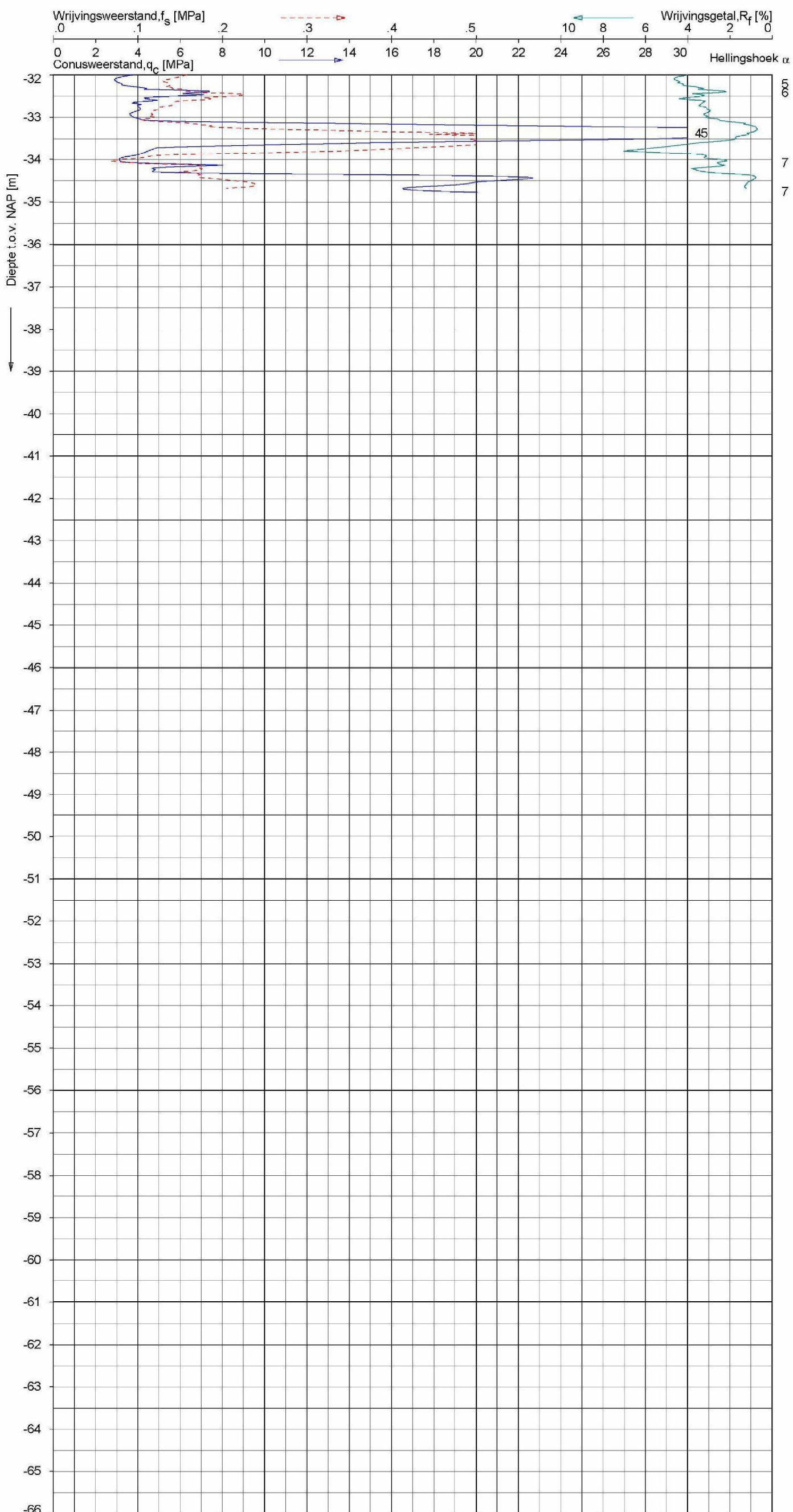
Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM25



UNIPLOT\_05.24.nl / Qd-FScas-NS cmd / 2014-02-25 13:57:57

5008-0324-010

DKM25 - 2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

	KLEI, zwak siltig tot siltig
	KLEI, siltig / LEEM
	KLEI, siltig / LEEM
	ZAND, zwak siltig tot siltig
	KLEI, zwak siltig tot siltig
	KLEI, siltig / LEEM
	ZAND, zwak siltig tot siltig

Opg.: JP d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234101.8m Y= 582727.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.14m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0036 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

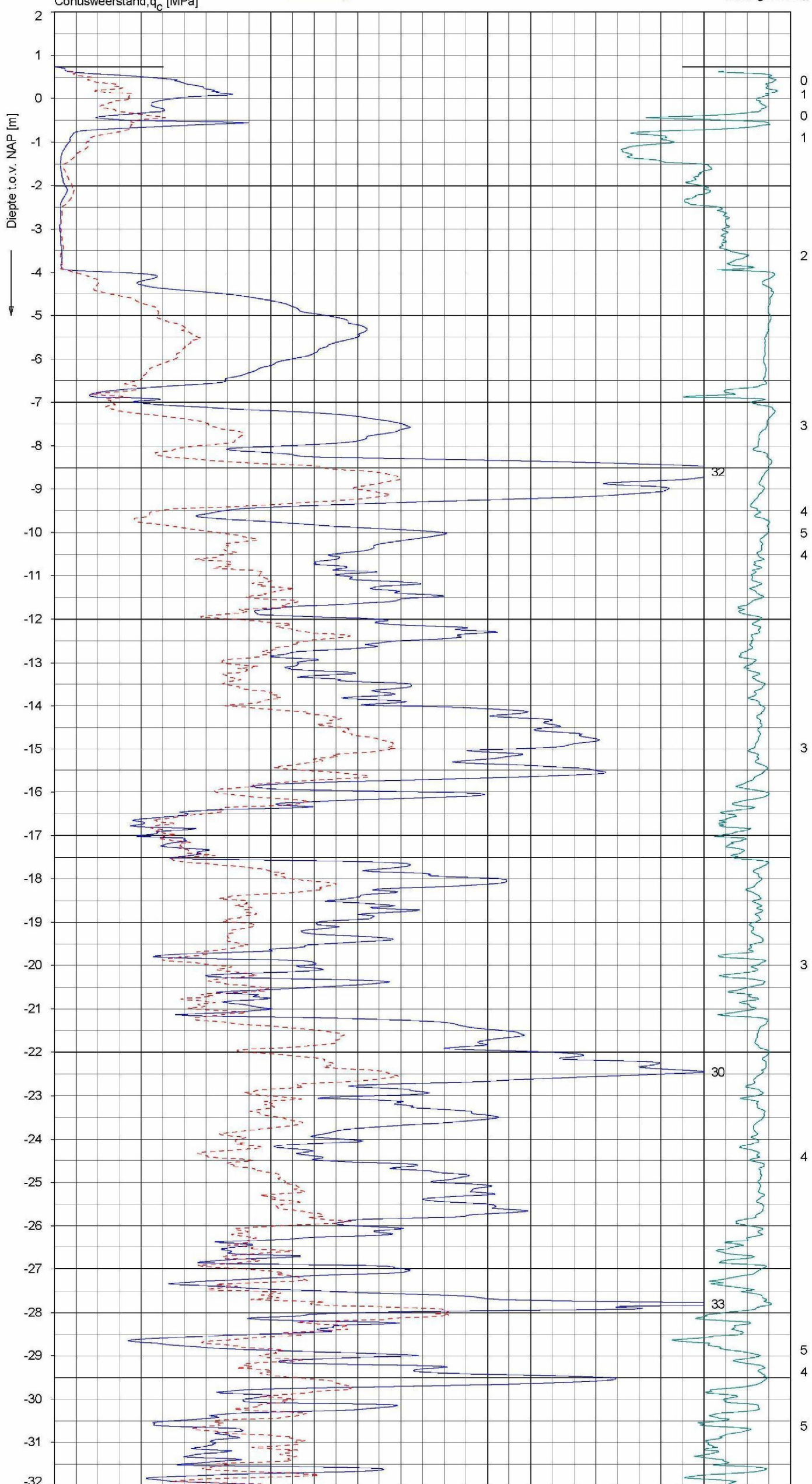
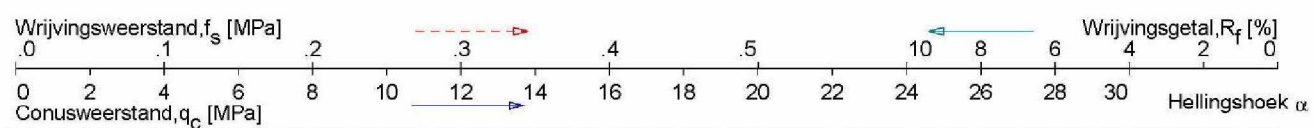
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM25

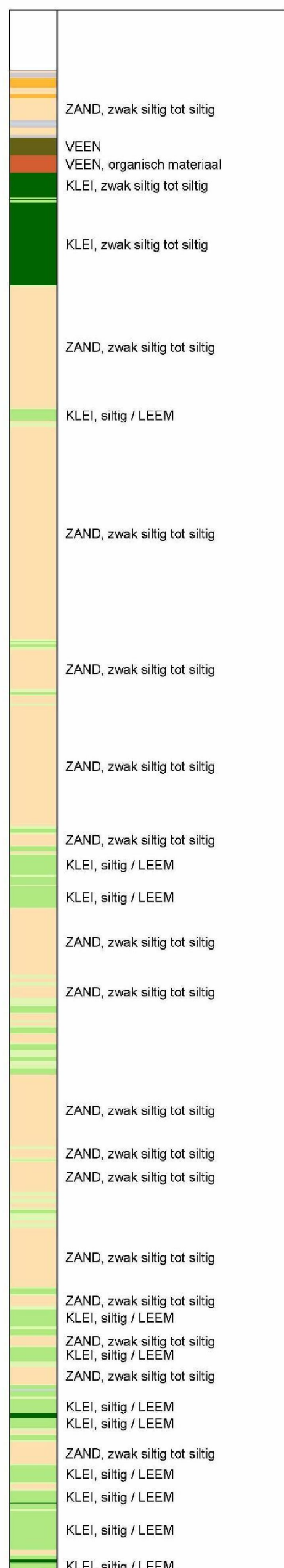
UNIPLOT\_06.24.nl / QdF5Cbaas-NS.crd / 2014-02-25 13:57:59

5008-0324-010

DKM26 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 16-mei-2013 Coord.: X=234048.0m Y= 582750.7m Systeem: RD  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.74m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

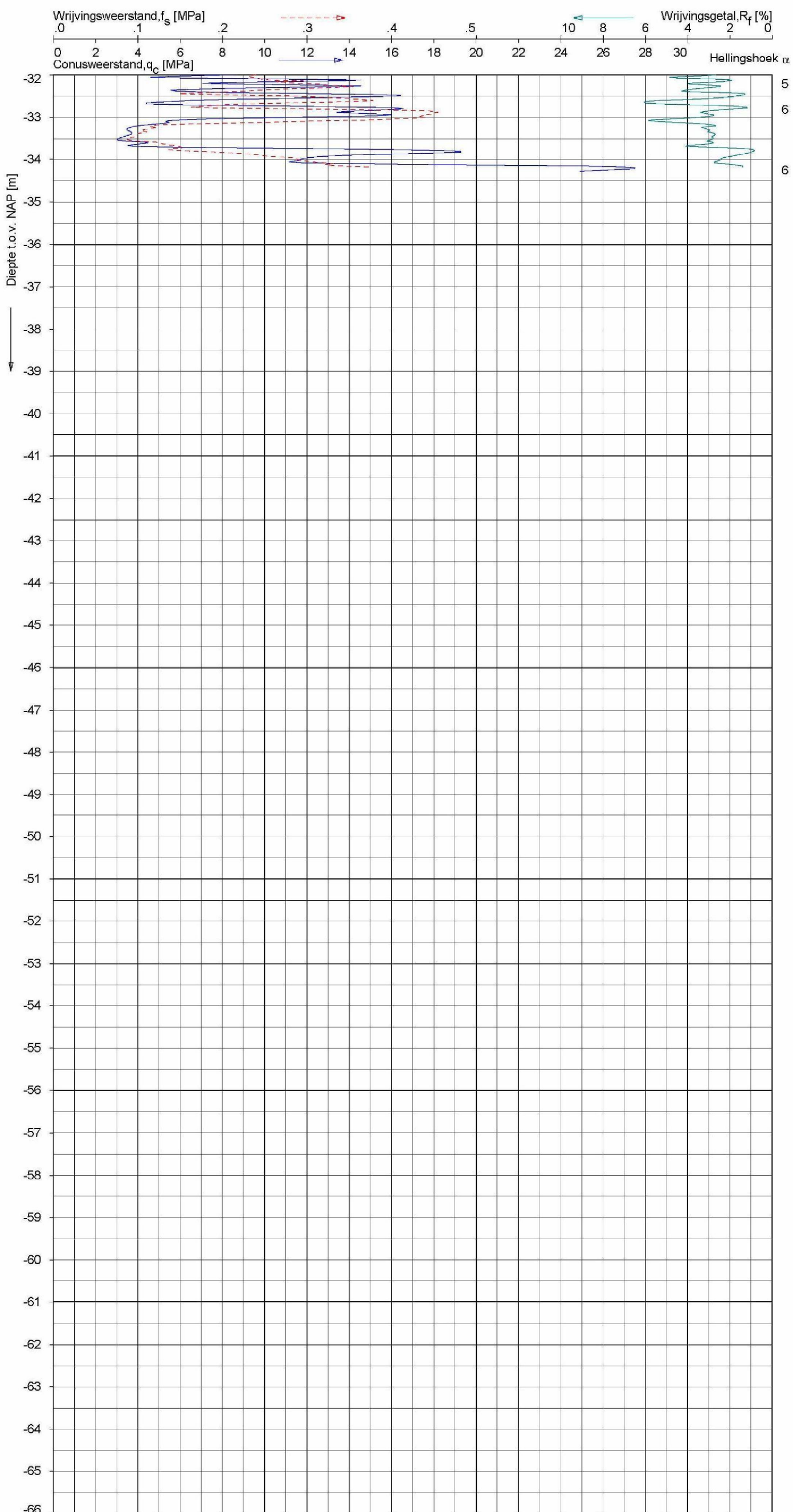
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
Sond. DKM26

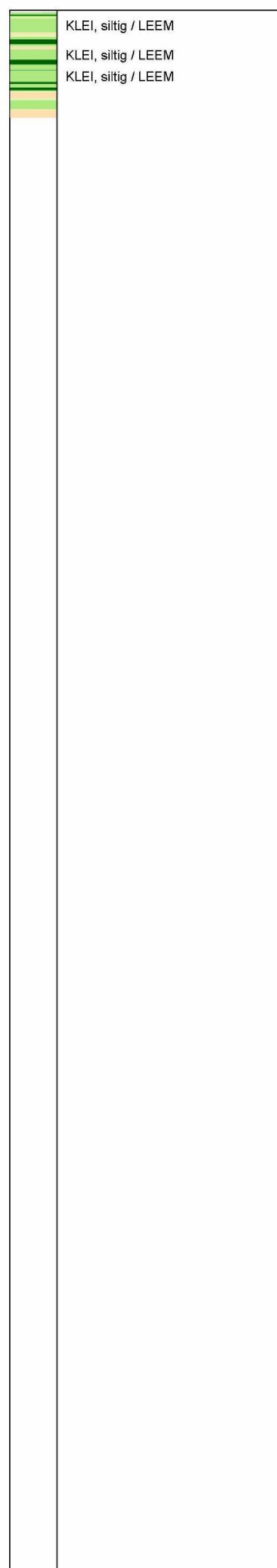
UNIPLOT\_05.24.nl / Qd-FScas-NS cmd / 2014-02-25 13:58:00

5008-0324-010

DKM26 -2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 16-mei-2013 Coord.: X=234048.0m Y= 582750.7m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +0.74m Conus: F7.5CKE2HA/B 1904-0021 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

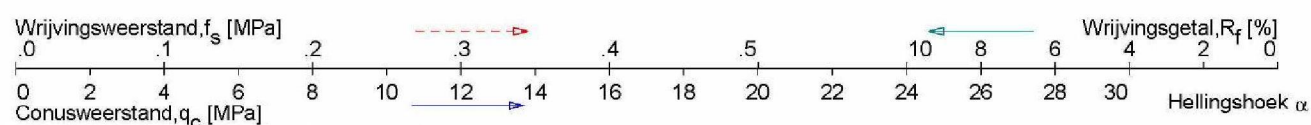
Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM26



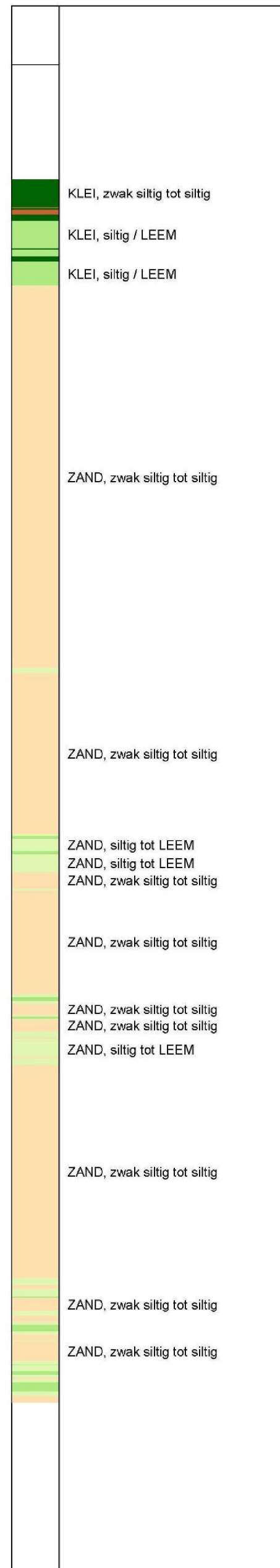
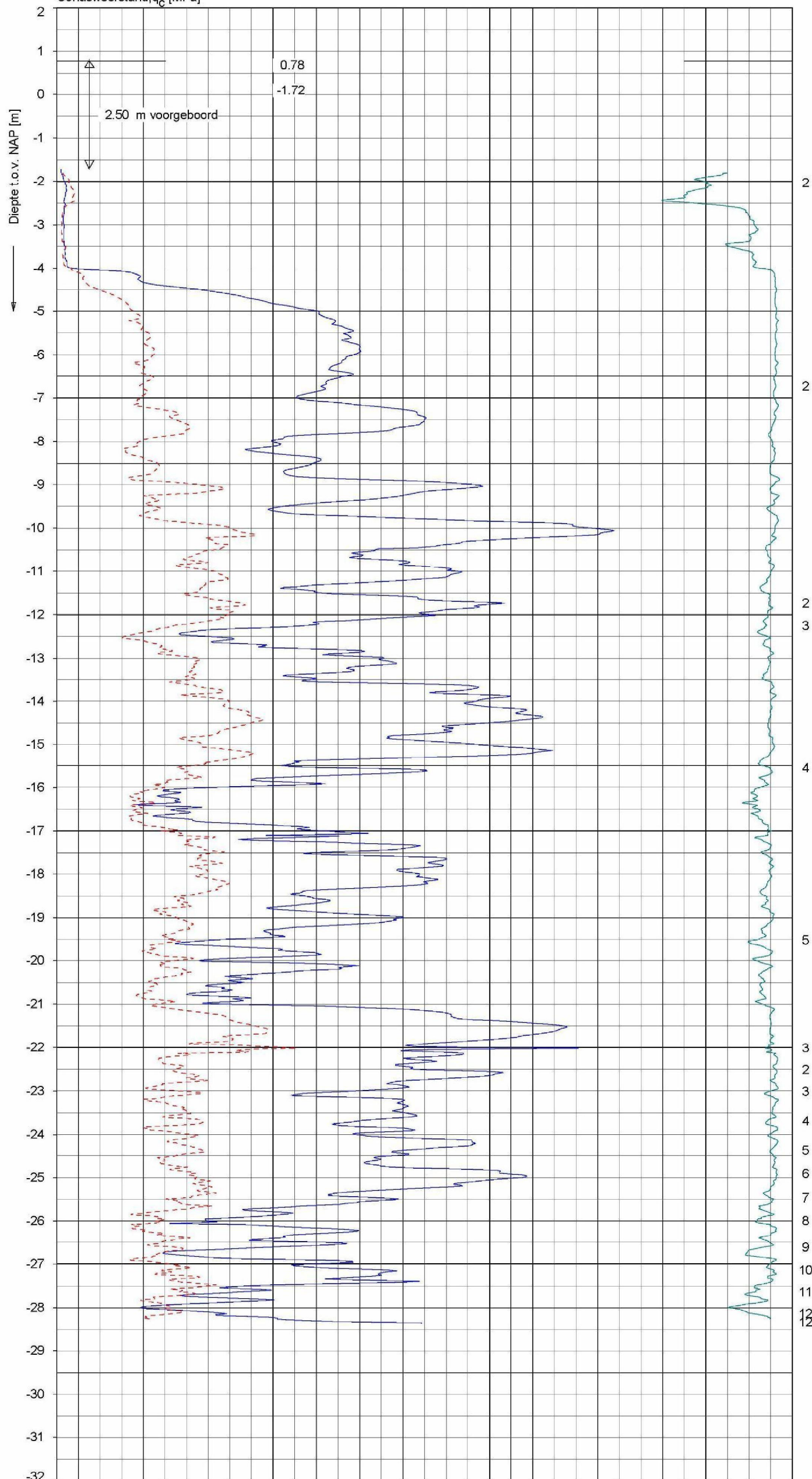
UNIP.OT.05.26.nl / Qd-Fs-Claes-NS\_Zonder\_Diss.uct / 2014-08-20 11:18:10

5008-0324-011

DKMS27 -1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: ASI/JVT d.d. 29-jul-2014 Coord.: X=234049.6m Y= 562743.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 20-aug-2014 MV = NAP +0.78m Conus CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

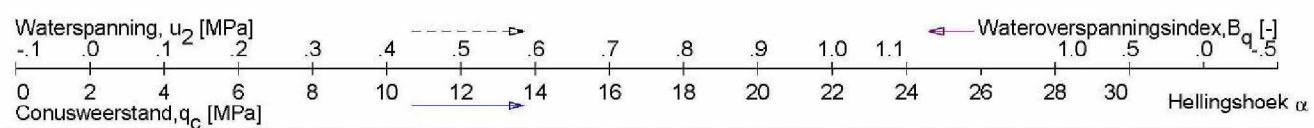
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKMS27

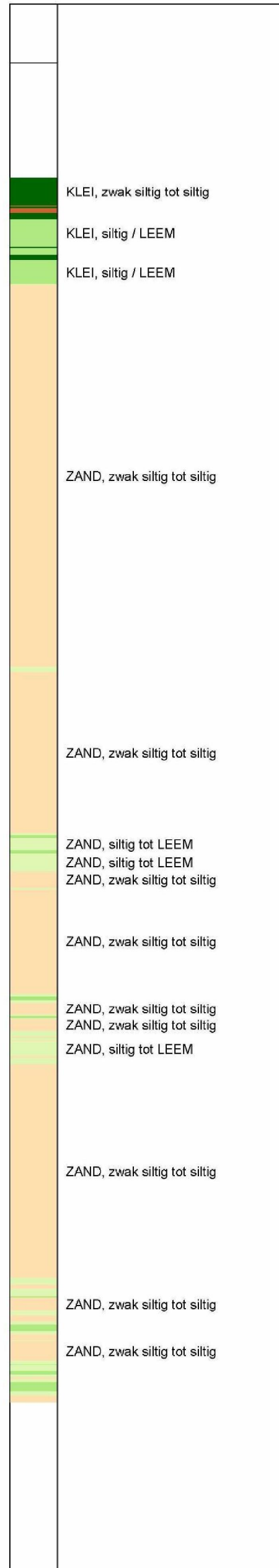
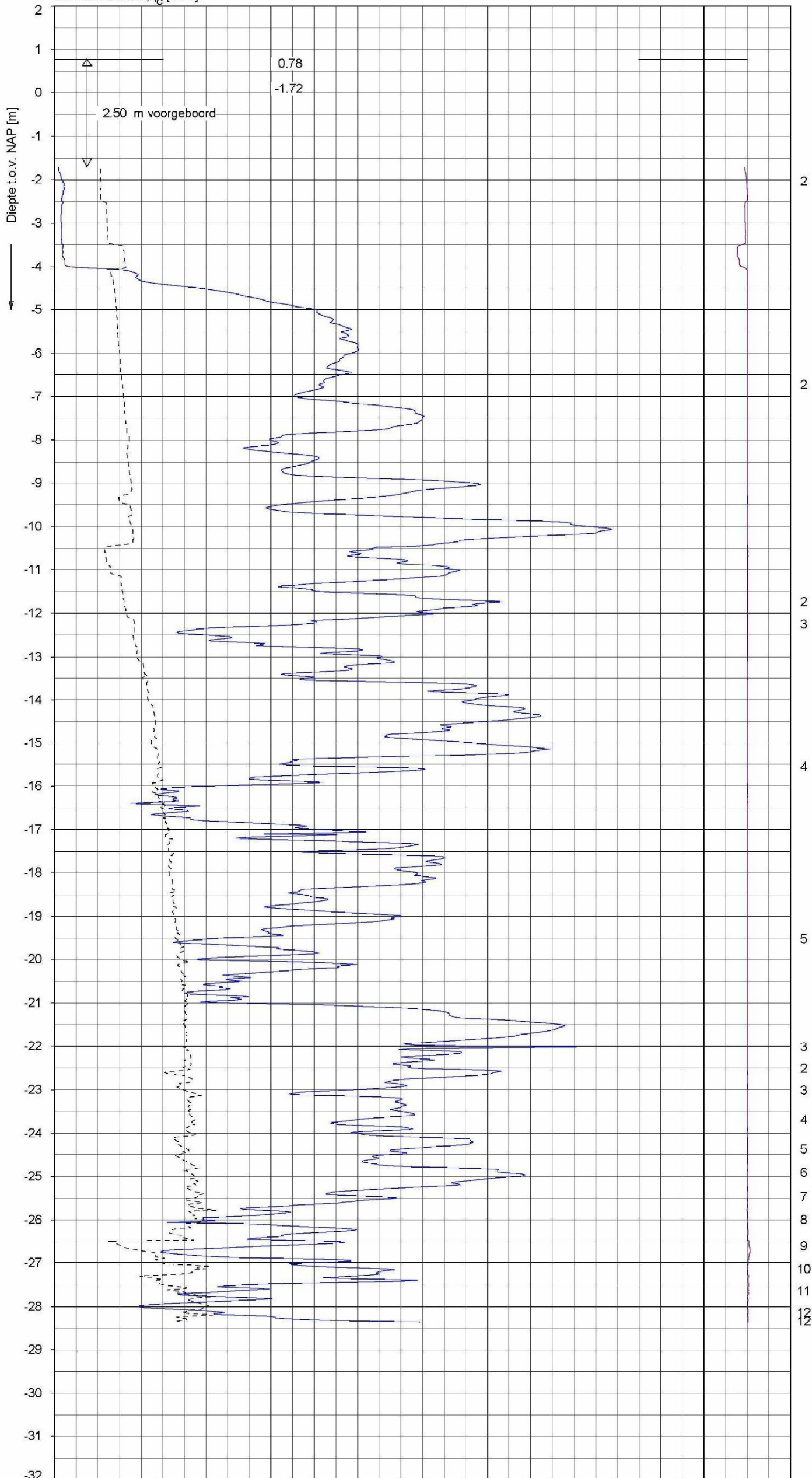
UNIPLOT\_0526.nl / QcUDClass-N3\_Zonder\_Diss.udf / 2014-08-20 11:16:48

5008-0324-011

DKMS27 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: ASI/JVT d.d. 29-jul-2014 Coord.: X=234049.6m Y=562743.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 20-aug-2014 MV = NAP +0.78m Conus: CP15-CF75PB7SN2 1701-2680 Toepassingsklasse 2 Test type TE2  
 Conustype:  $A_c = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

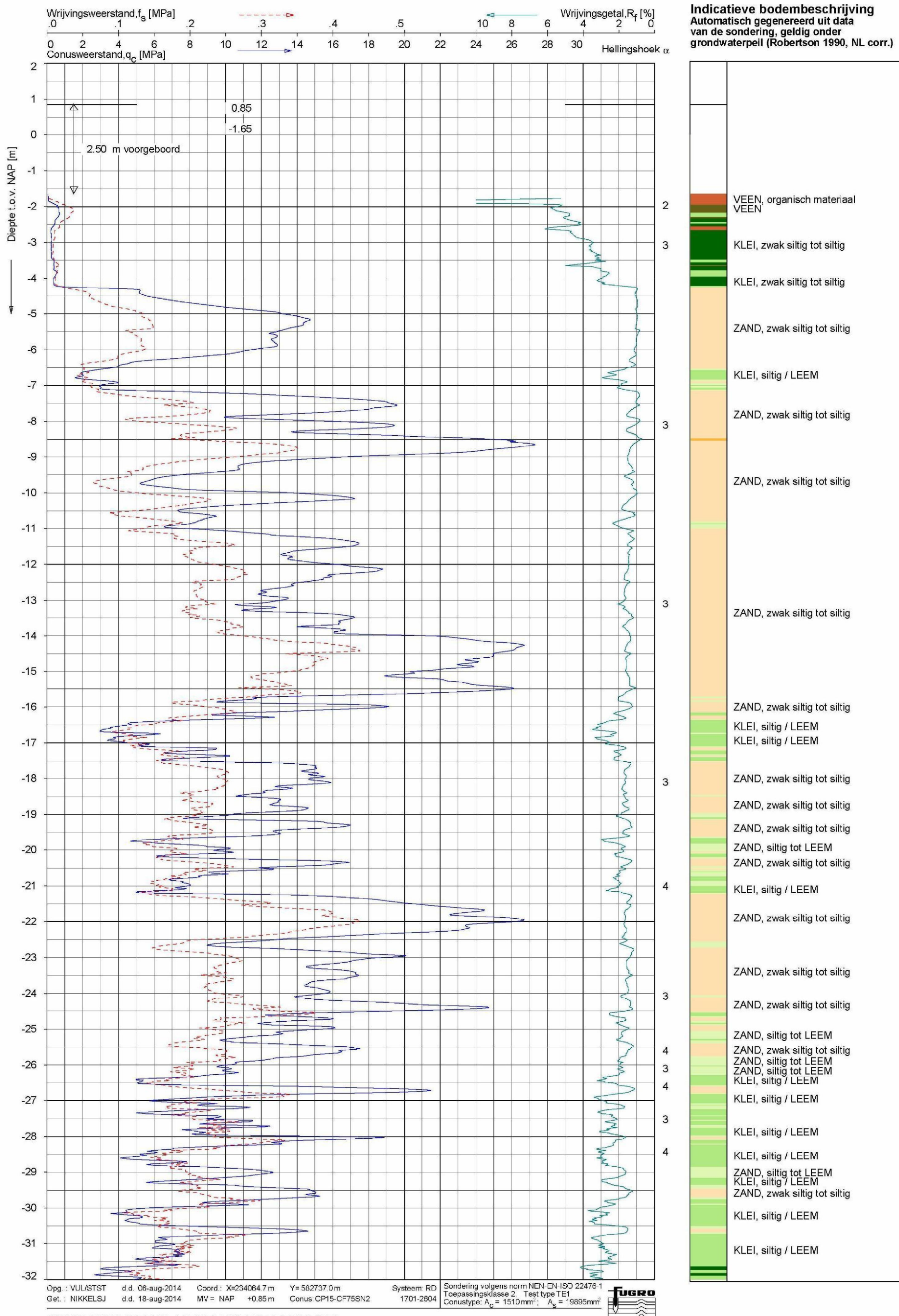
**SONDERING MET WATERSPANNINGSMETING**  
 PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKMS27

UNIPLOT\_0526.nl / Qc-F5Cbae-NS.cml / 2014-08-18 15:26:15

5008-0324-011

DKM28 - 1



Opg.: VULSTST d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=234064.7m Y= 562737.0m Systeem: RD  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.85m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19895\text{mm}^2$



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

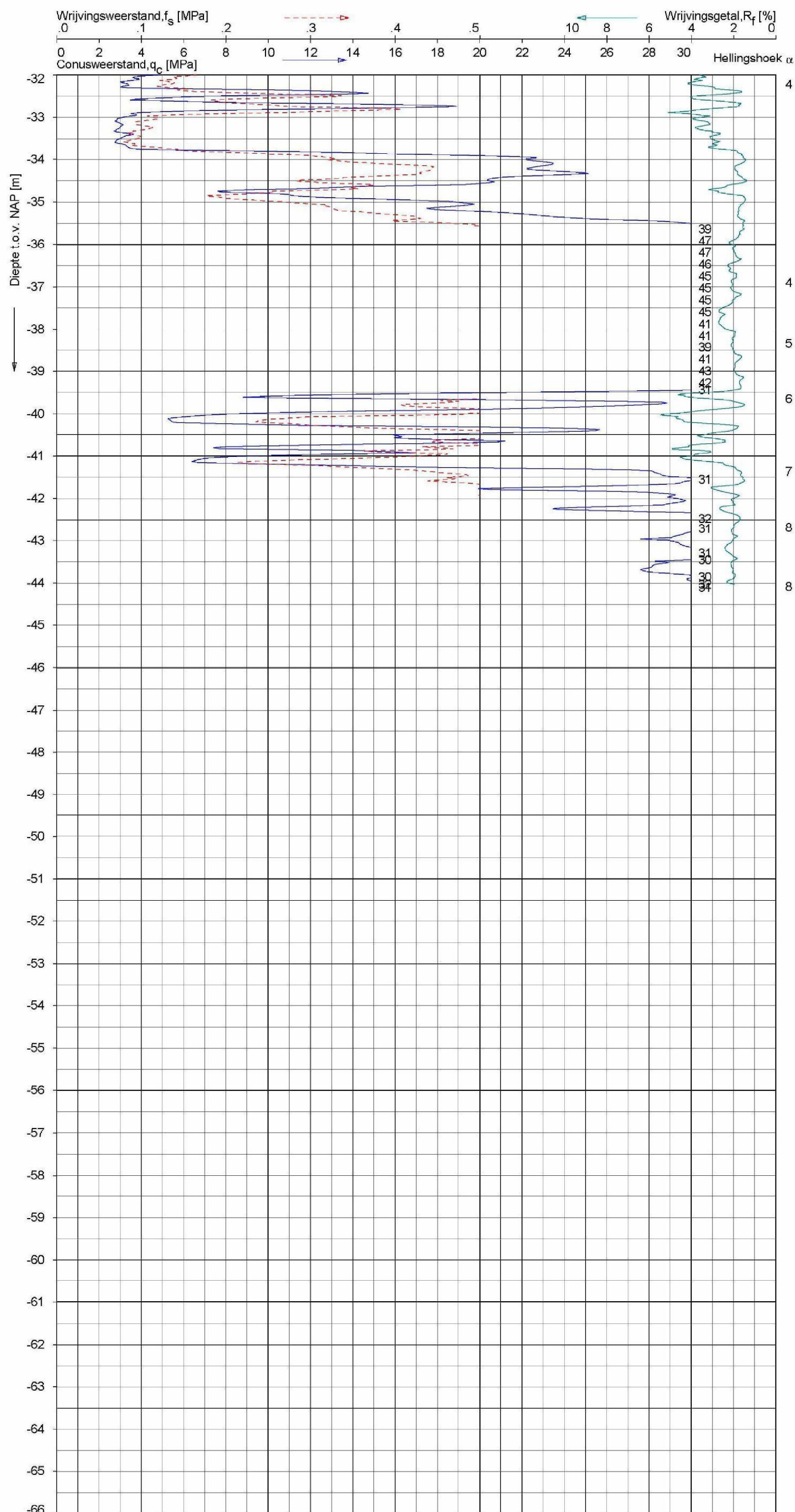
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM28

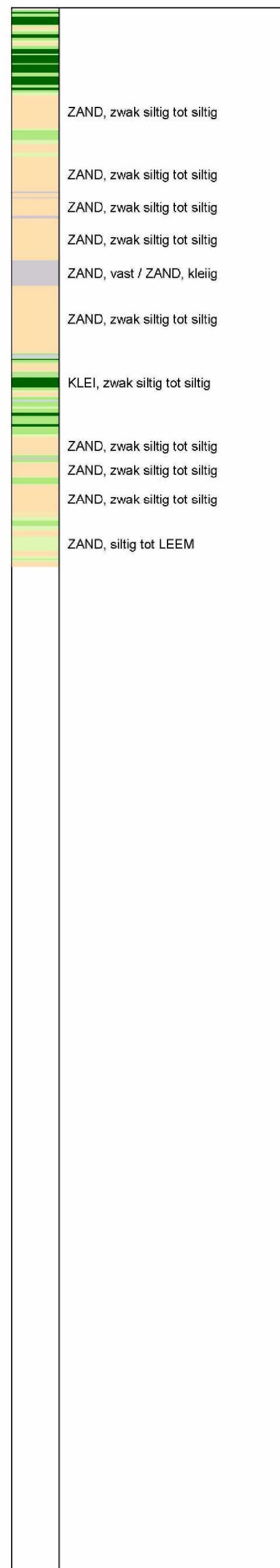
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FsClaes-NS.crd / 2014-08-18 15:26:16

5008-0324-011

DKM28 - 2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VULSTST d.d. 06-aug-2014 Coord.: X=234064.7m Y=562737.0m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.85m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19895\text{mm}^2$



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

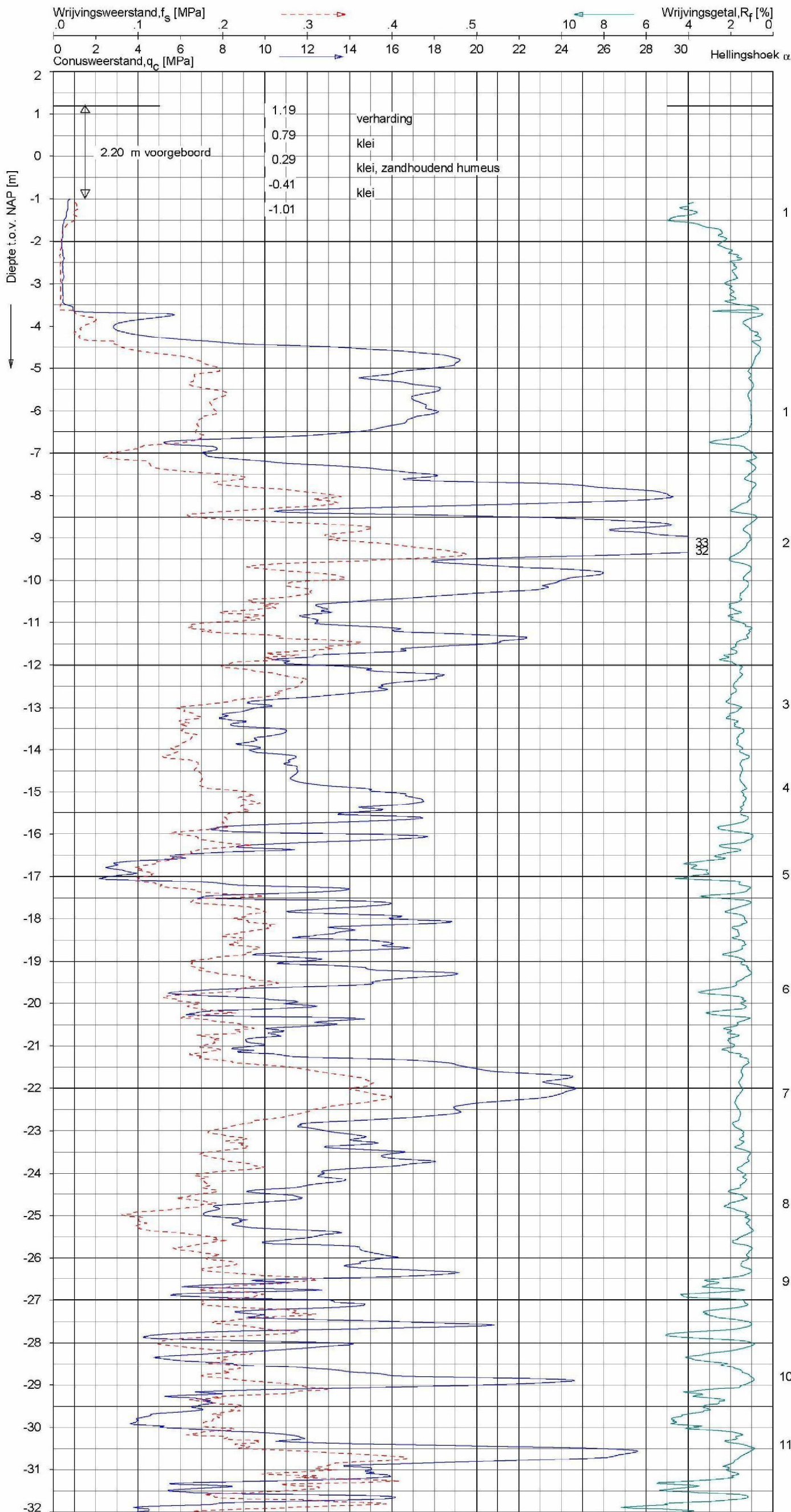
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM28

UNIPLOT\_05.24.nl / Qd-FScas-NS cmd / 2014-02-25 13:56:02

5008-0324-010

DKM29 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data  
 van de sondering, geldig onder  
 grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234081.0m Y= 562721.5m Systeem: RD  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +1.19m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021  
 Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1500\text{mm}^2$ ;  $A_s = 19956\text{mm}^2$



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

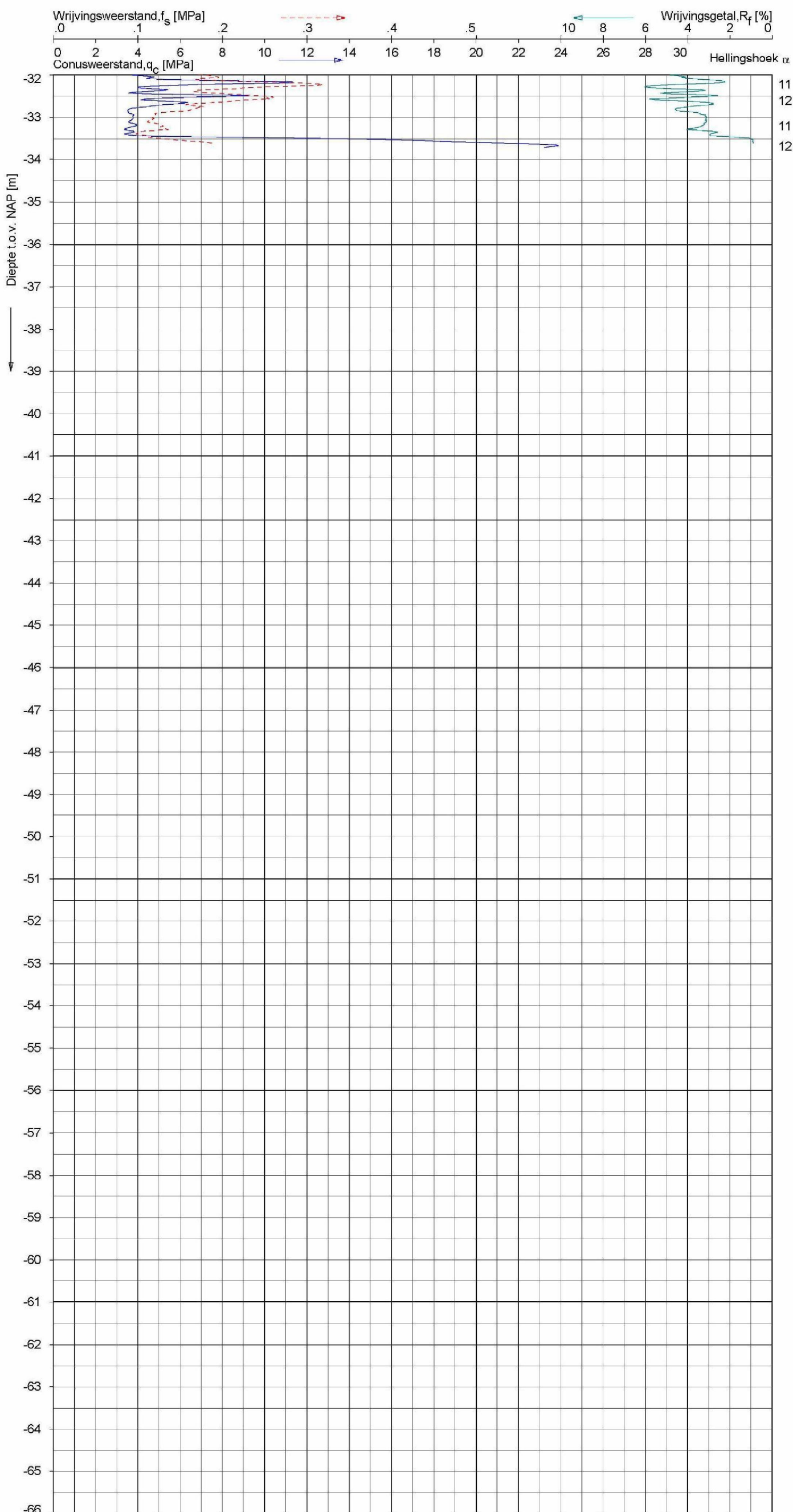
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM29

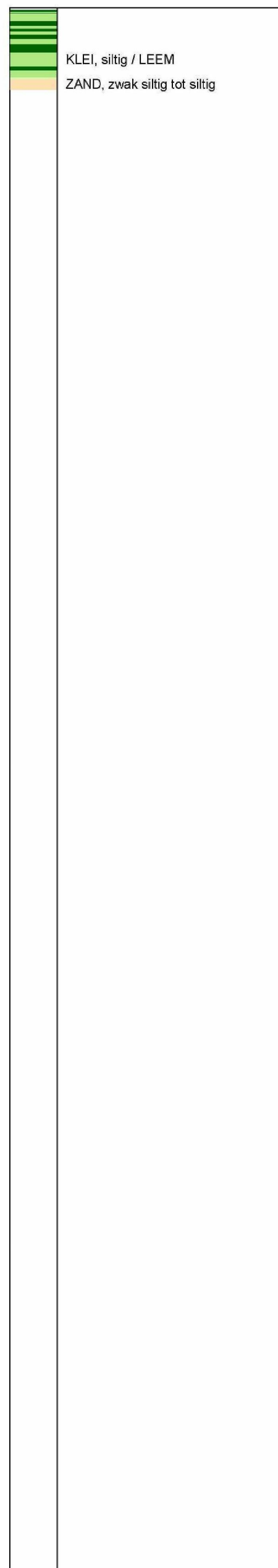
UNIPLOT\_05.24.nl / Qd-FsClaes-NS cmd / 2014-02-25 13:58:03

5008-0324-010

DKM29 - 2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: RNBAWOH d.d. 17-mei-2013 Coord.: X=234081.0m Y= 582721.5m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 24-mei-2013 MV = NAP +1.19m Conus F7.5CKE2HA/B 1904-0021 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

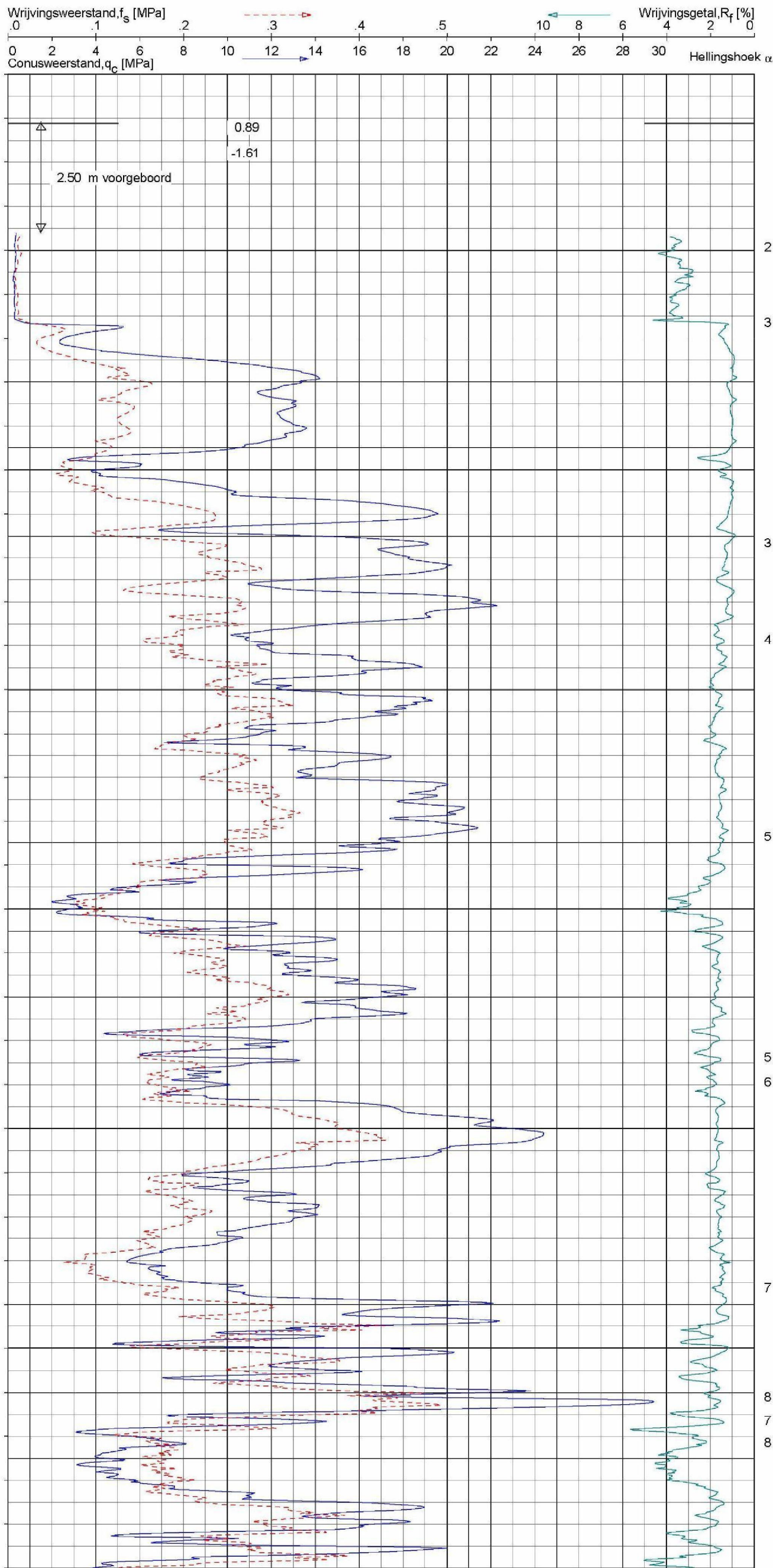
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-010  
 Sond. DKM29

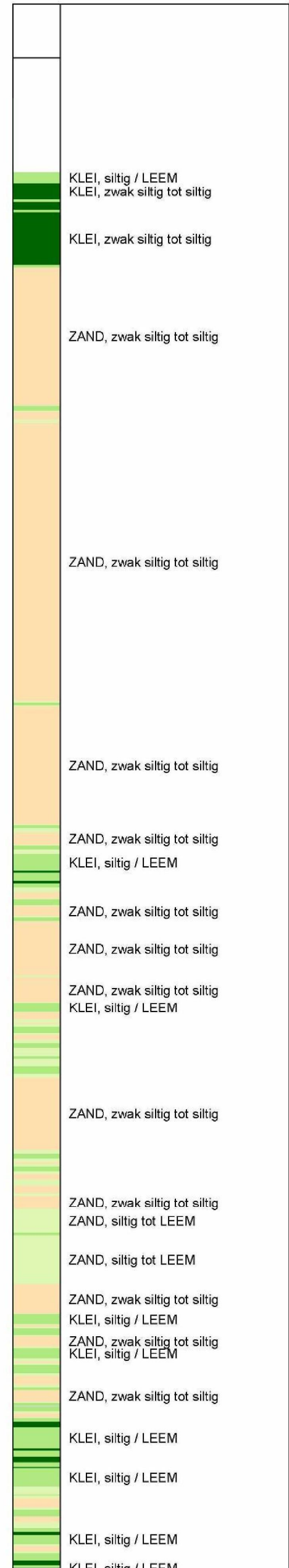
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-Fs-Claas-NS cmd / 2014-08-18 15:26:20

5008-0324-011

DKM30 - 1



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VUL/FSC d.d. 12-aug-2014 Coord.: X=234080.0m Y= 562719.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.89m Conus CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

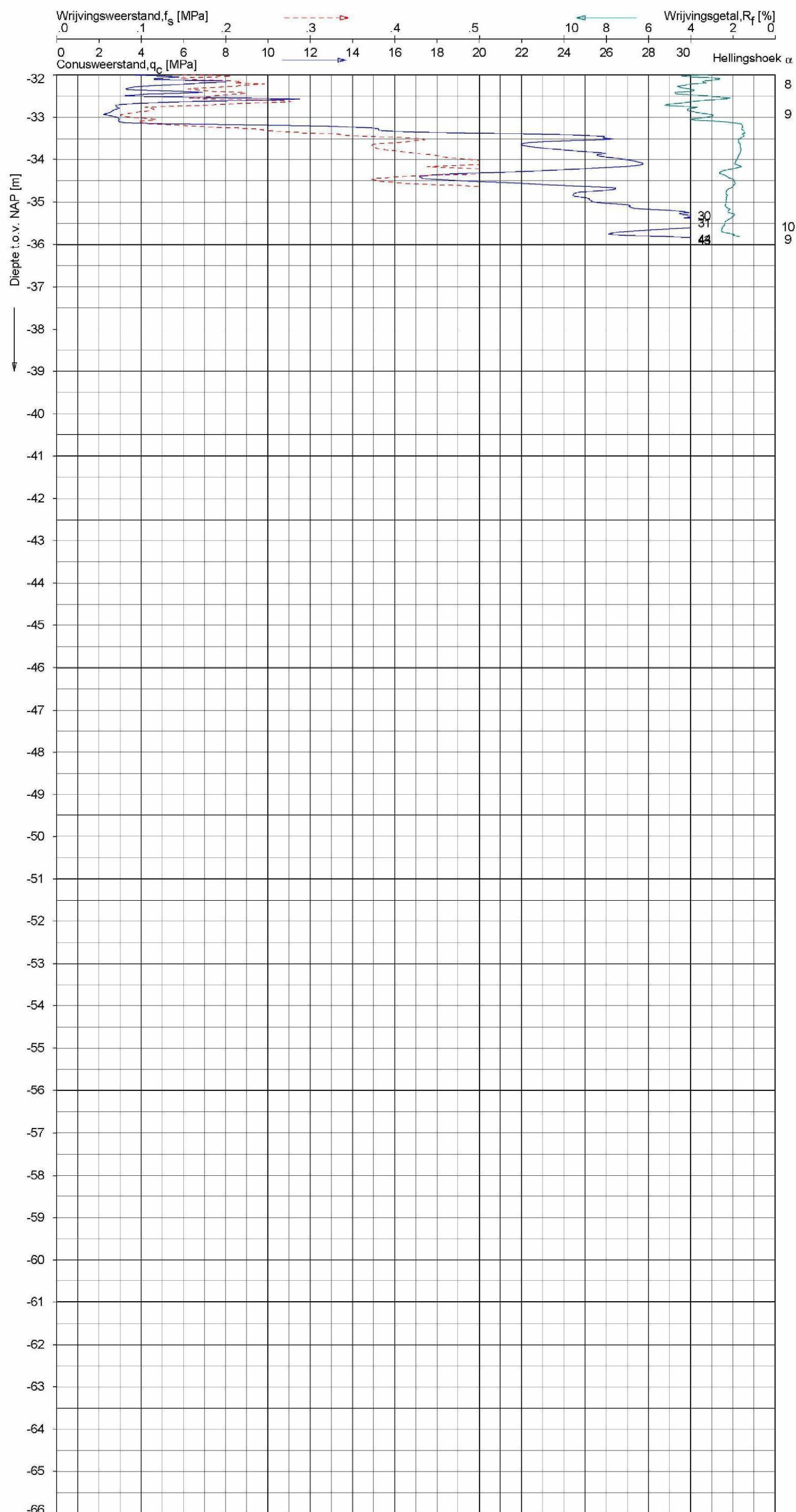
PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM30

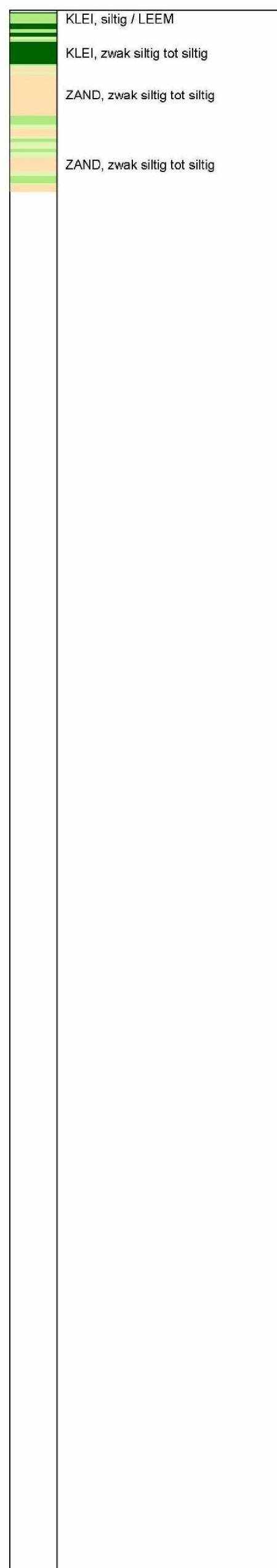
UNIPLOT\_0526.nl / Qd-FscIaas-NS.crd / 2014-08-18 15:26:21

5008-0324-011

DKM30 -2



**Indicatieve bodembeschrijving**  
 Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



Opg.: VUL/FSC d.d. 12-aug-2014 Coord.: X=234080.0m Y= 562719.9m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 18-aug-2014 MV = NAP +0.89m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2604 Toepassingsklasse 2 Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>

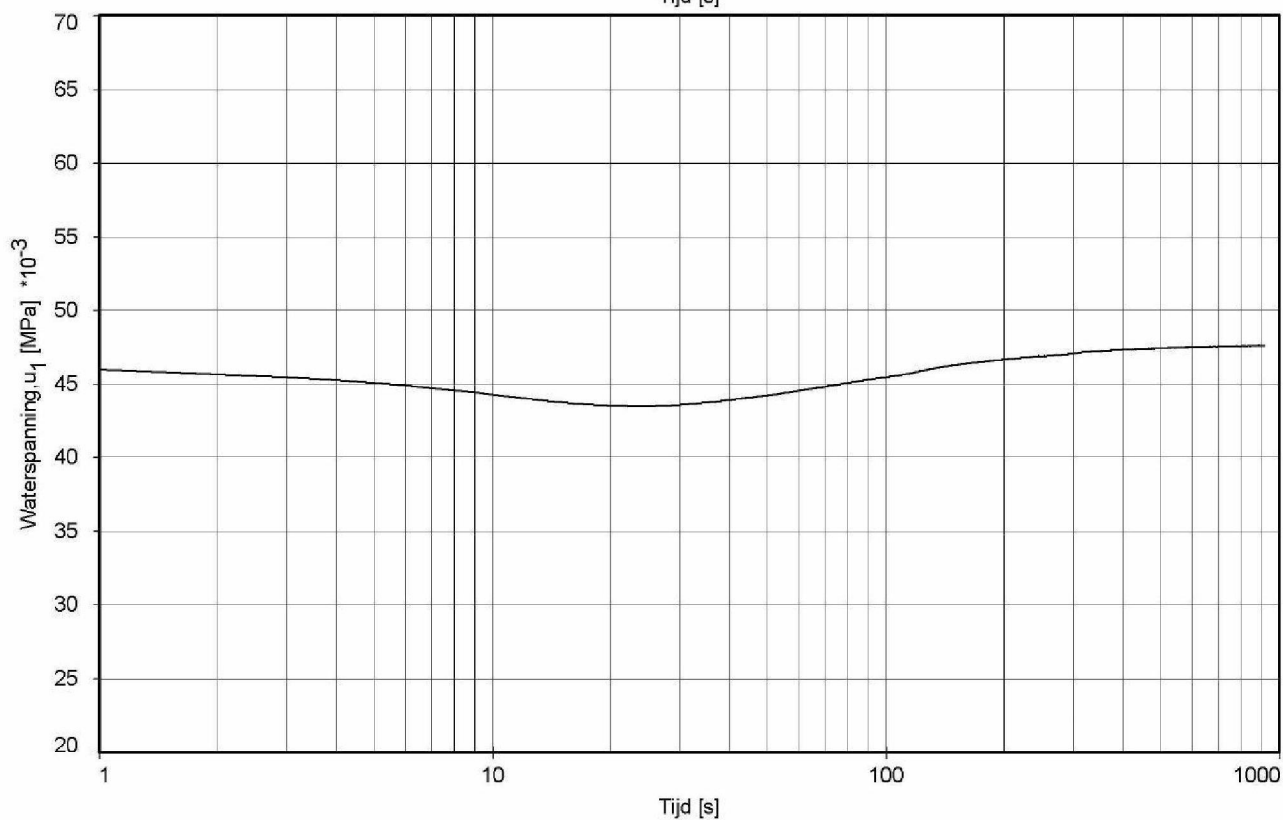
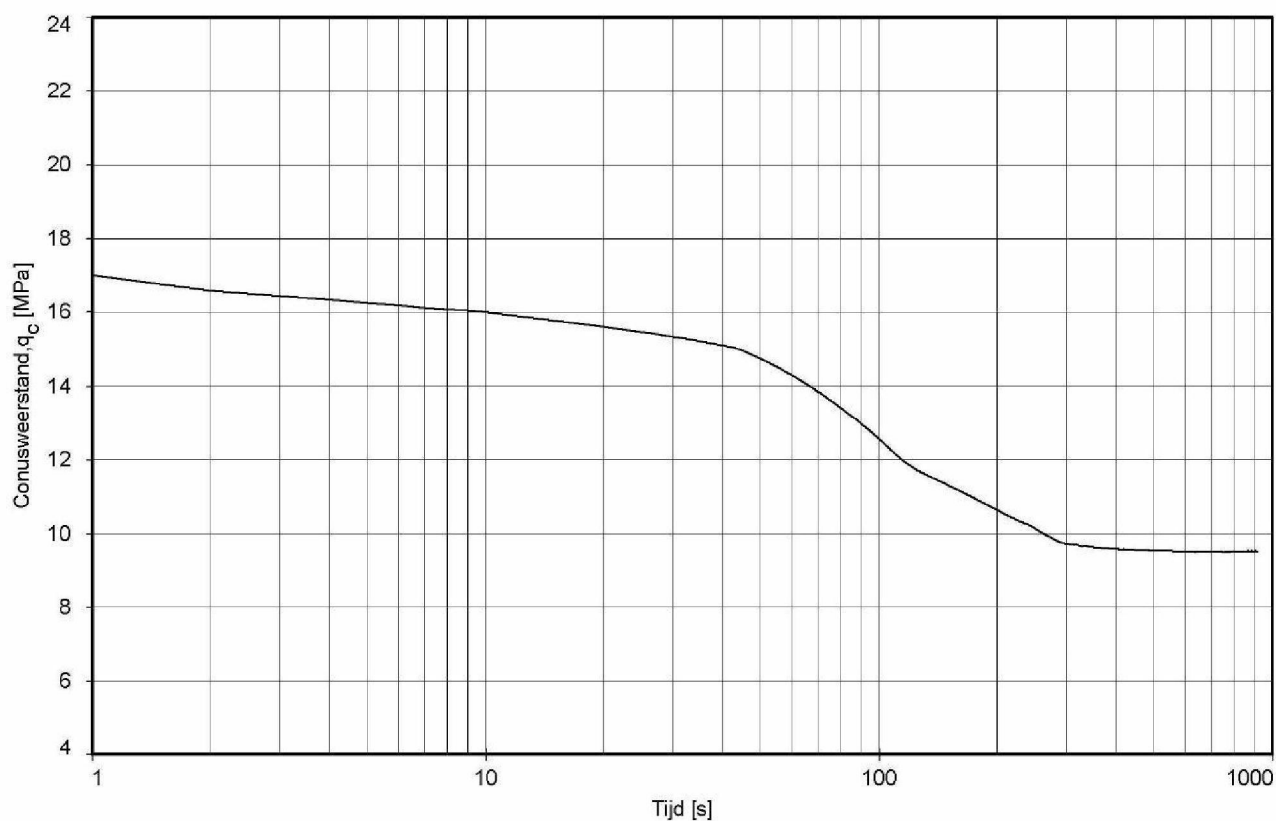


**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-011  
 Sond. DKM30



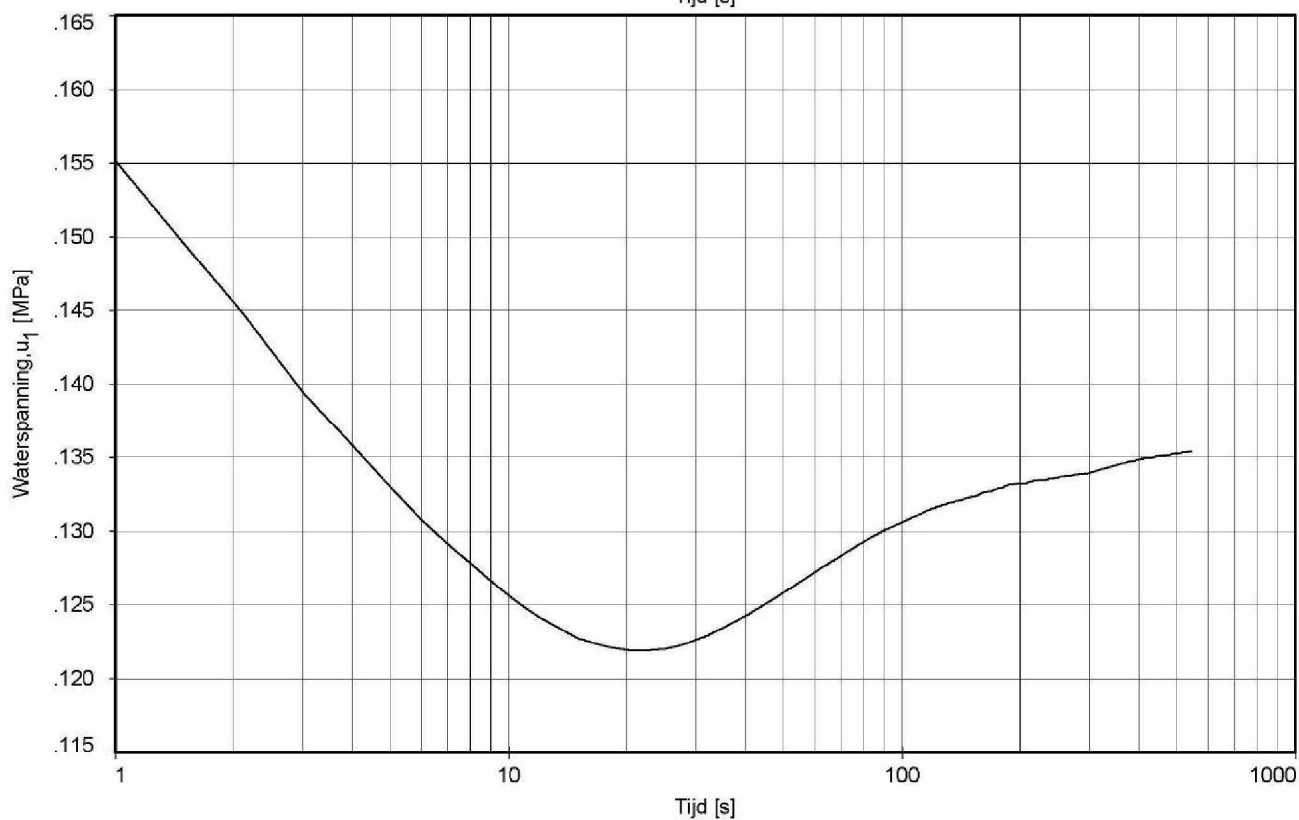
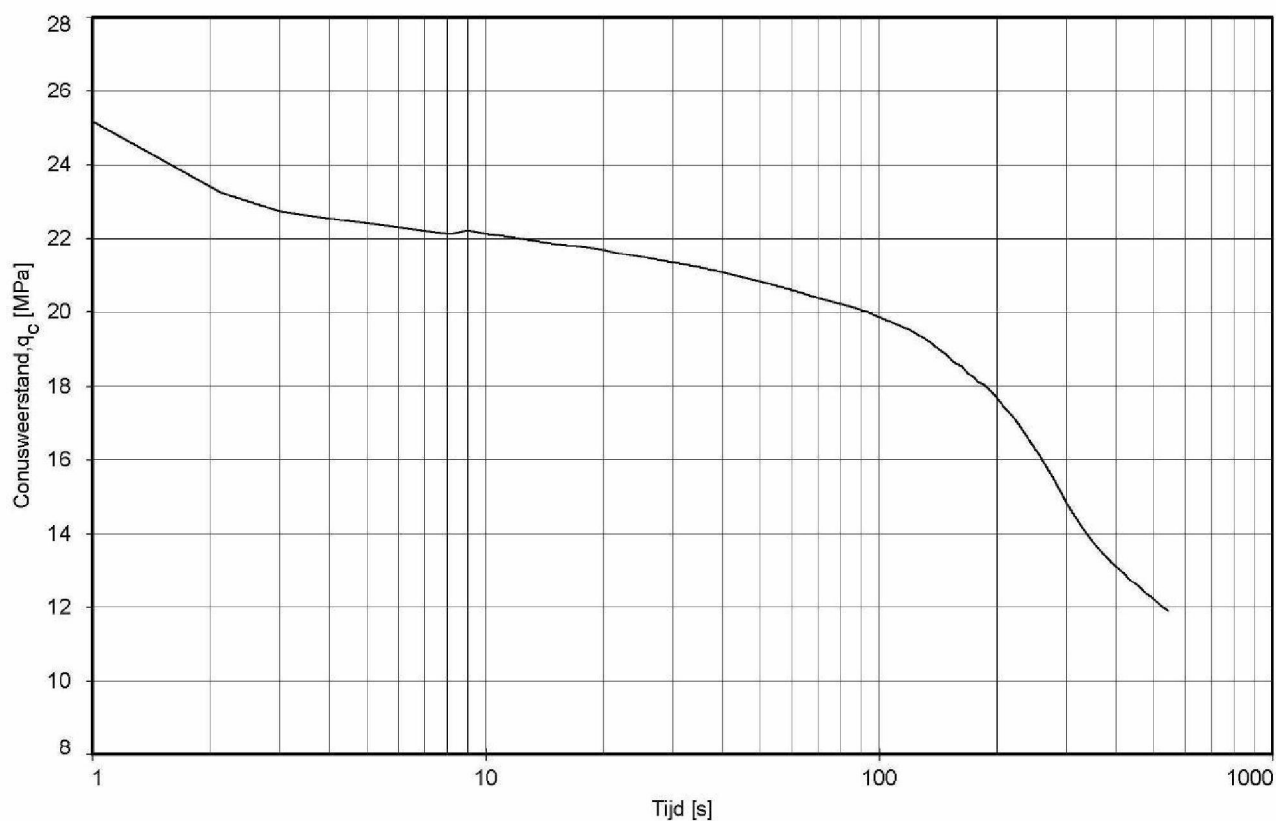


Dissipatietest nummer	: 1		
Dissipatietest diepte	: NAP	-5.02 m	MV = NAP +0.98 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.048 MPa		Opg. : AS/FRANK d.d. 08-Apr-2009
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.048 MPa		Get. : EILANDER d.d. 2009-04-14

**DISSIPATIETEST**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-000  
Sond. DKMP8

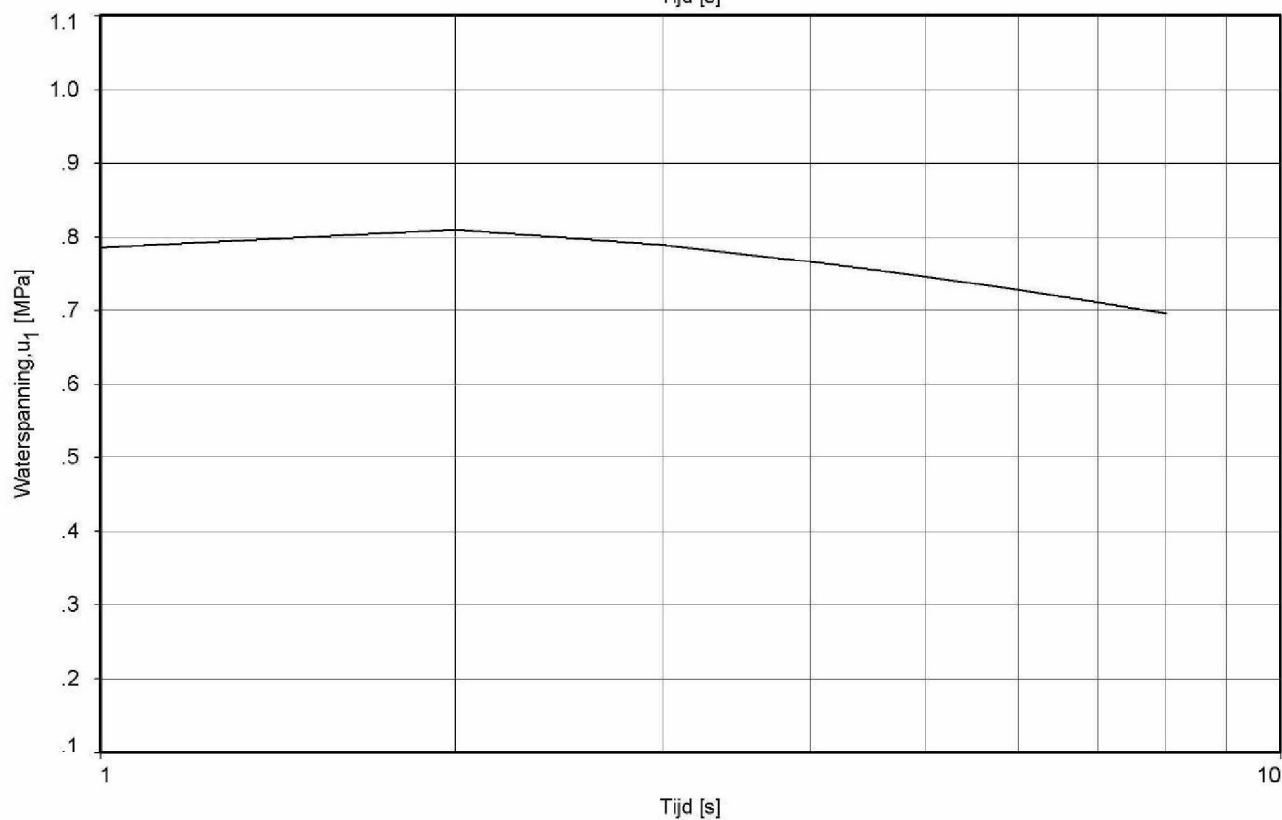
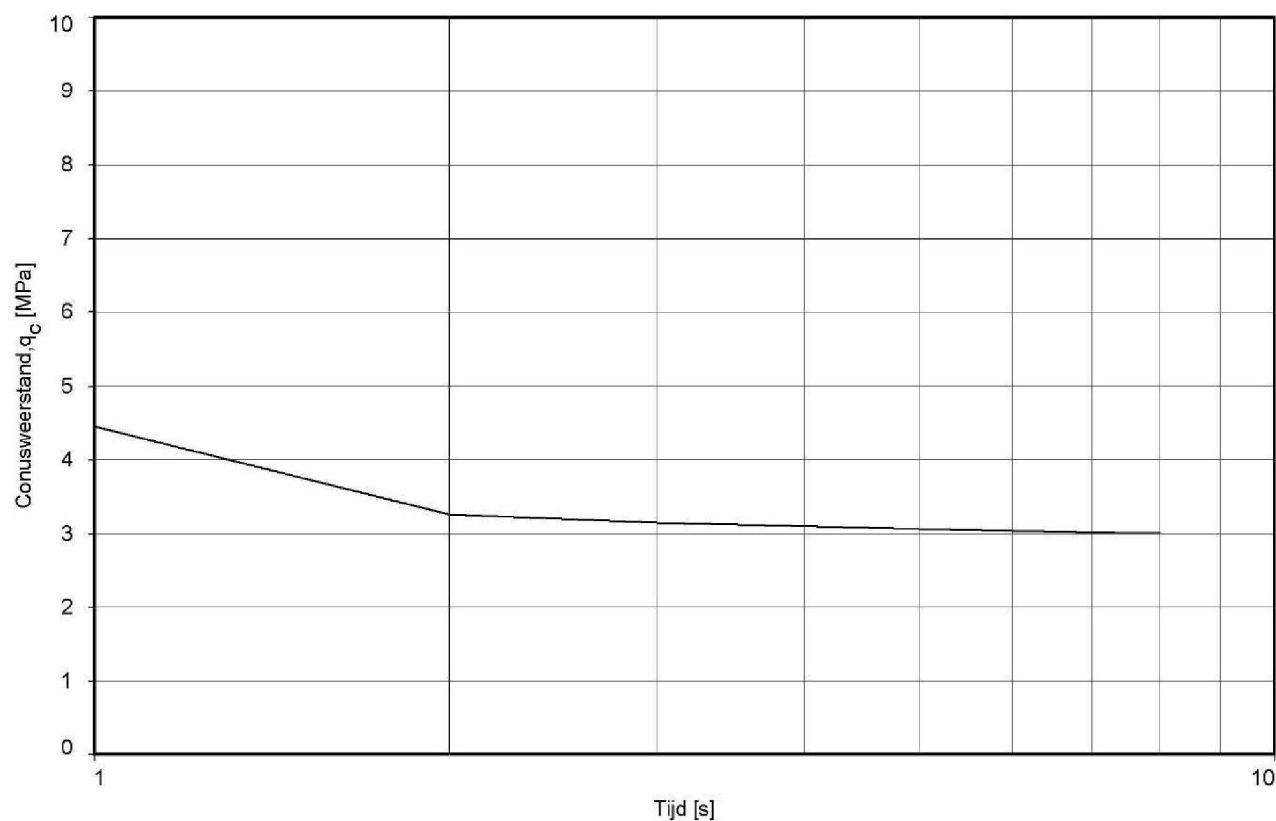


Dissipatietest nummer	: 2		
Dissipatietest diepte	: NAP -14.03	m	MV = NAP +0.98 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.160	MPa	Opg. : AS/FRANK d.d. 08-Apr-2009
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.135	MPa	Get. : EILANDER d.d. 2009-04-14

**DISSIPATIETEST**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-000  
Sond. DKMP8

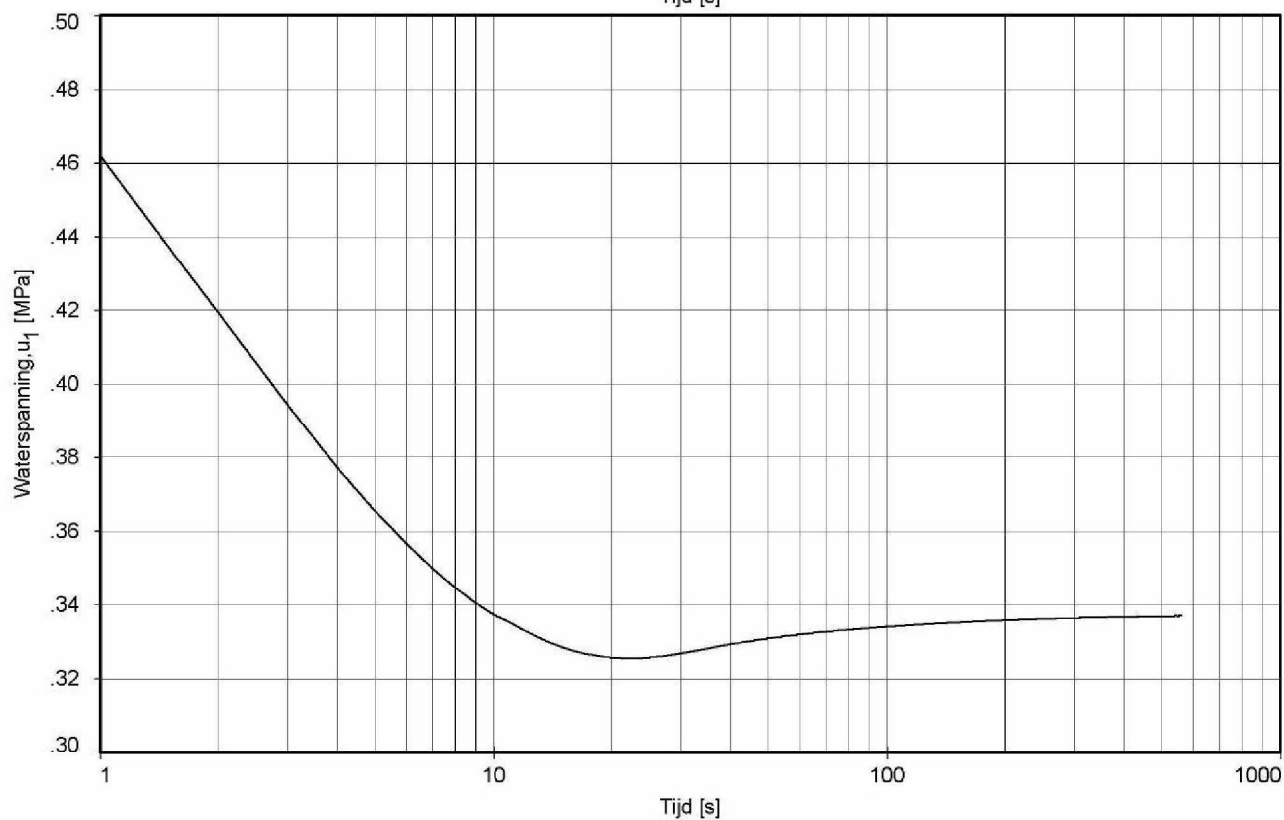
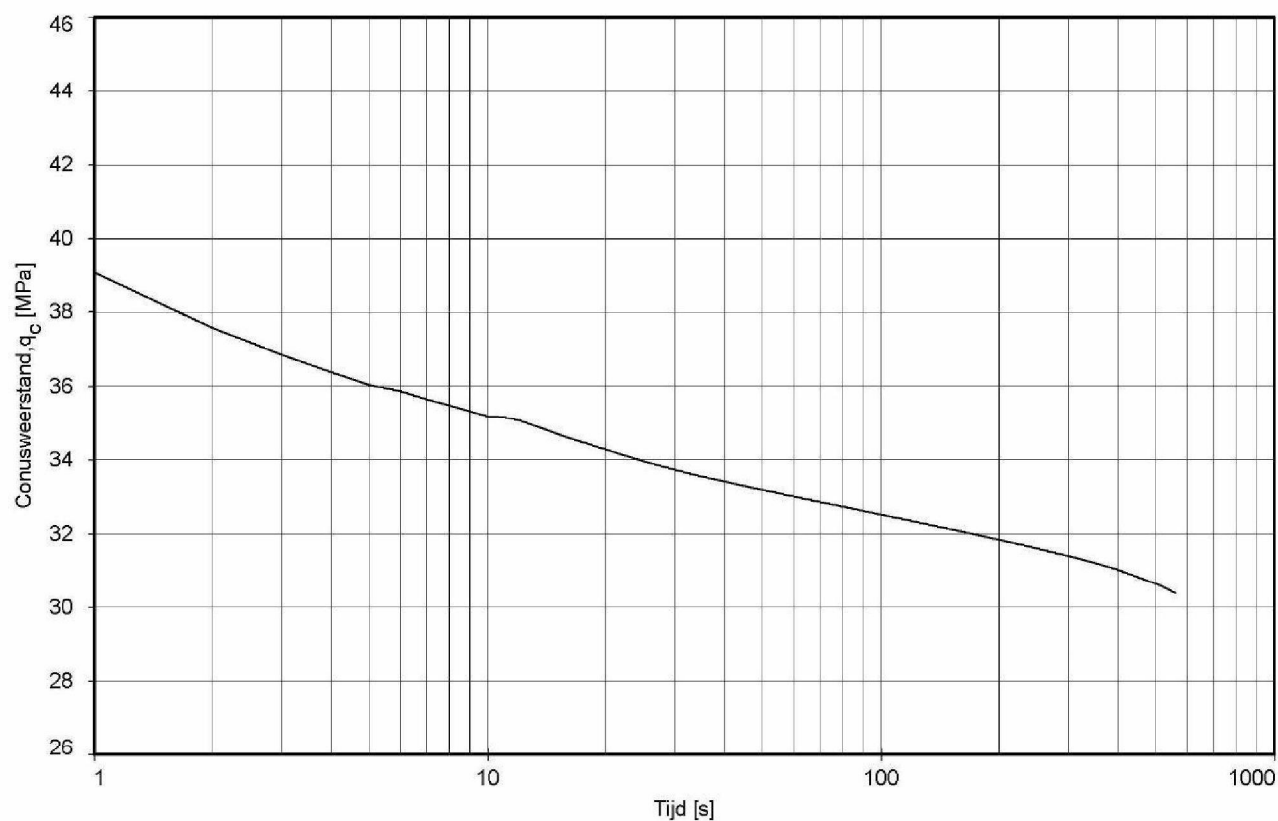


Dissipatietest nummer	: 3				
Dissipatietest diepte	: NAP	-34.20	m	MV = NAP	+0.98 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.367	MPa		Opg. :	AS/FRANK d.d. 08-Apr-2009
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.696	MPa		Get. :	EILANDER d.d. 2009-04-14

**DISSIPATIETEST**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-000  
Sond. DKMP8



Dissipatietest nummer	: 4		
Dissipatietest diepte	: NAP -34.45	m	MV = NAP +0.98 m
Waterspanning begin dissipatietest	: 0.463	MPa	Opg. : AS/FRANK d.d. 08-Apr-2009
Waterspanning einde dissipatietest	: 0.337	MPa	Get. : EILANDER d.d. 2009-04-14

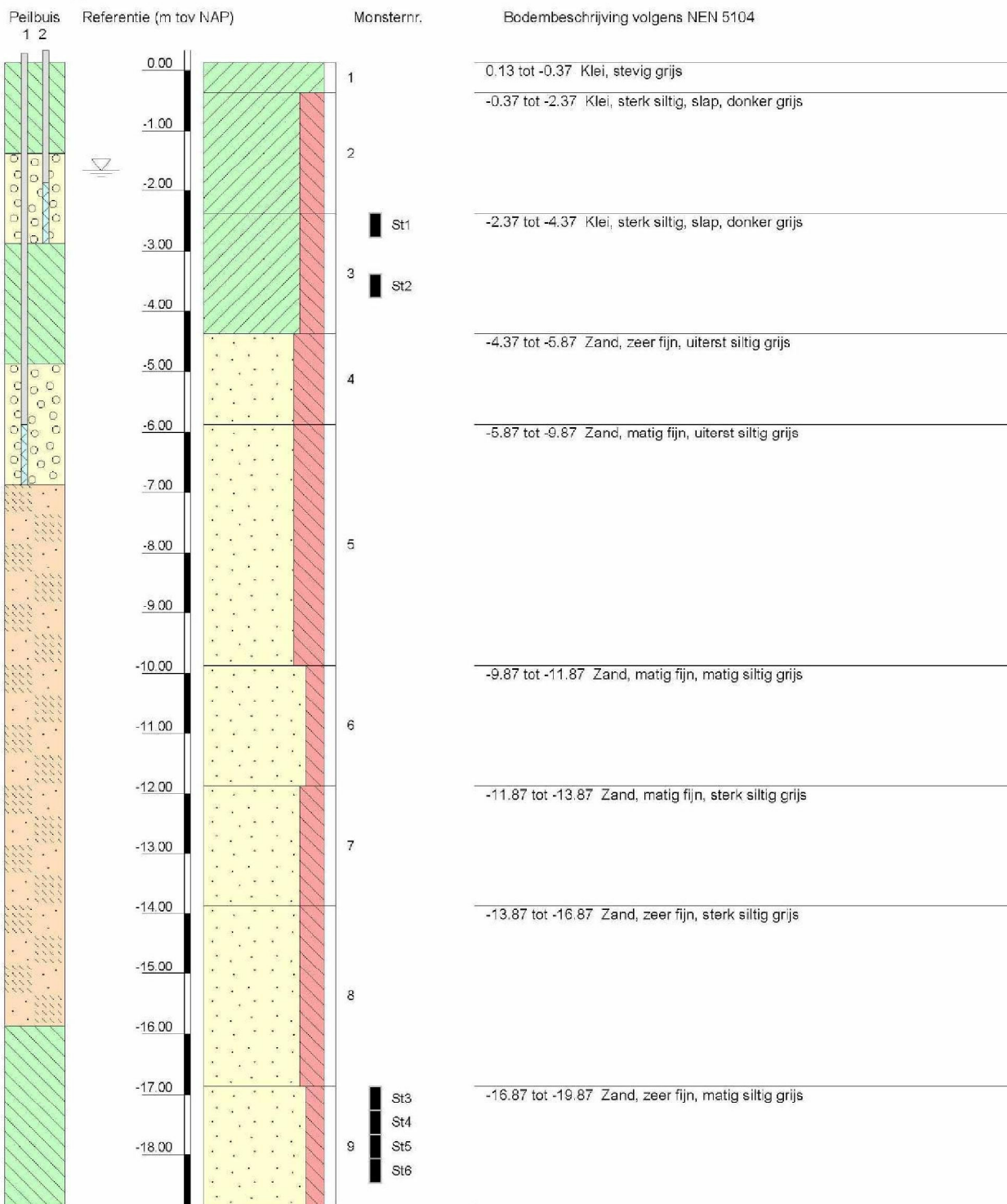
**DISSIPATIETEST**

PROTONENFACILITEIT UMCG TE GRONINGEN

Opdr. 5008-0324-000  
Sond. DKMP8

### Boring: B3

### Veldclassificatie



Algemene opmerking:

X: 234115.1  
Y: 582752.6  
Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): -1.67  
GHG (m tov NAP):  
GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.13  
bk PB1 (m tov NAP): 0.28  
bk PB2 (m tov NAP): 0.33  
bk PB3 (m tov NAP):

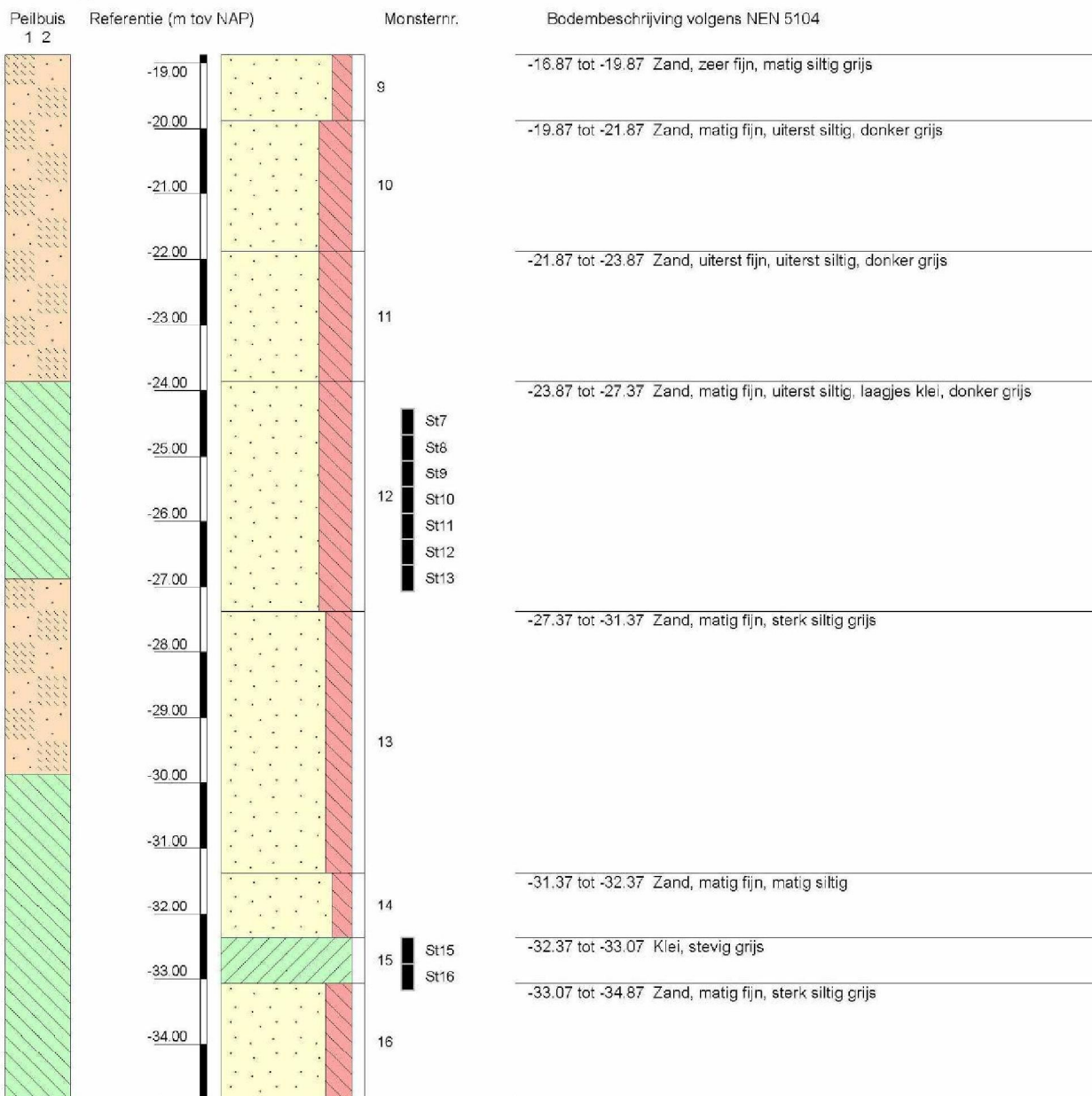
Boorvloeistof:  
WS PB1 (m tov NAP):  
WS PB2 (m tov NAP):  
WS PB3 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 13-08-2014  
Boormeester: ab  
Geclassificeerd door: ab

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**  
Protonenfaciliteit UMCG te Groningen

Fugro GeoServices B.V.

**5008-0324-011**

**Boring: B3**
**Veldclassificatie**


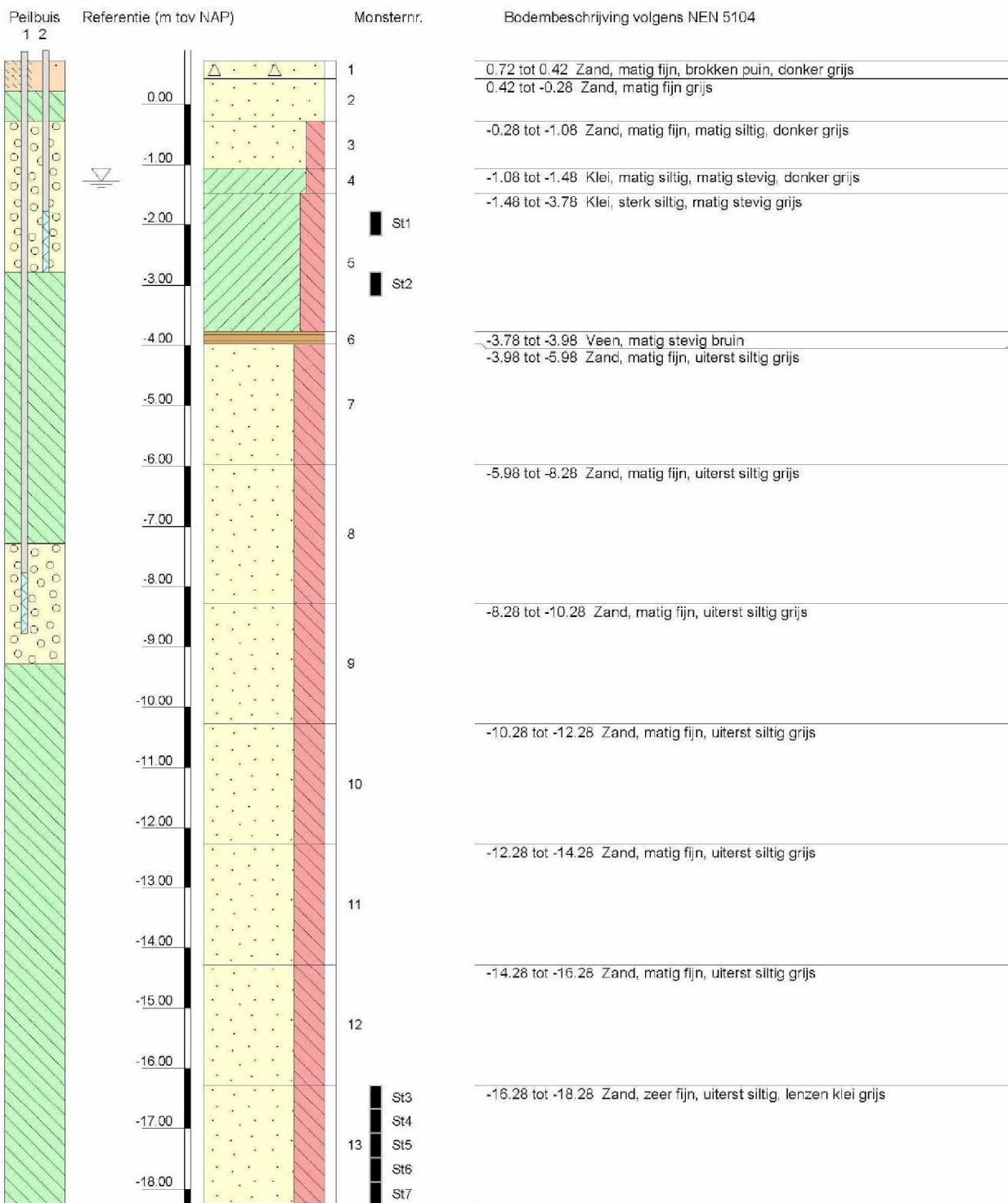
Algemene opmerking:

X: 234115.1	GWS (m tov NAP): -1.67	MV (m tov NAP): 0.13	Boorvloeistof:	Datum uitvoering: 13-08-2014
Y: 582752.6	GHG (m tov NAP):	bk PB1 (m tov NAP): 0.28	WS PB1 (m tov NAP):	Boormeester: ab
Coördinatenstelsel: RD	GLG (m tov NAP):	bk PB2 (m tov NAP): 0.33	WS PB2 (m tov NAP):	Geclassificeerd door: ab
		bk PB3 (m tov NAP):	WS PB3 (m tov NAP):	

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**  
 Protonenfaciliteit UMCG te Groningen

Fugro GeoServices B.V.

**5008-0324-011**

**Boring: B4**
**Veldclassificatie**


Algemene opmerking:

X: 234039.5

Y: 582750.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): -1.28

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

MV (m tov NAP): 0.72

bk PB1 (m tov NAP): 0.87

bk PB2 (m tov NAP): 0.89

bk PB3 (m tov NAP):

Boorvloeistof:

WS PB1 (m tov NAP):

WS PB2 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 12-08-2014

Boormeester: ab

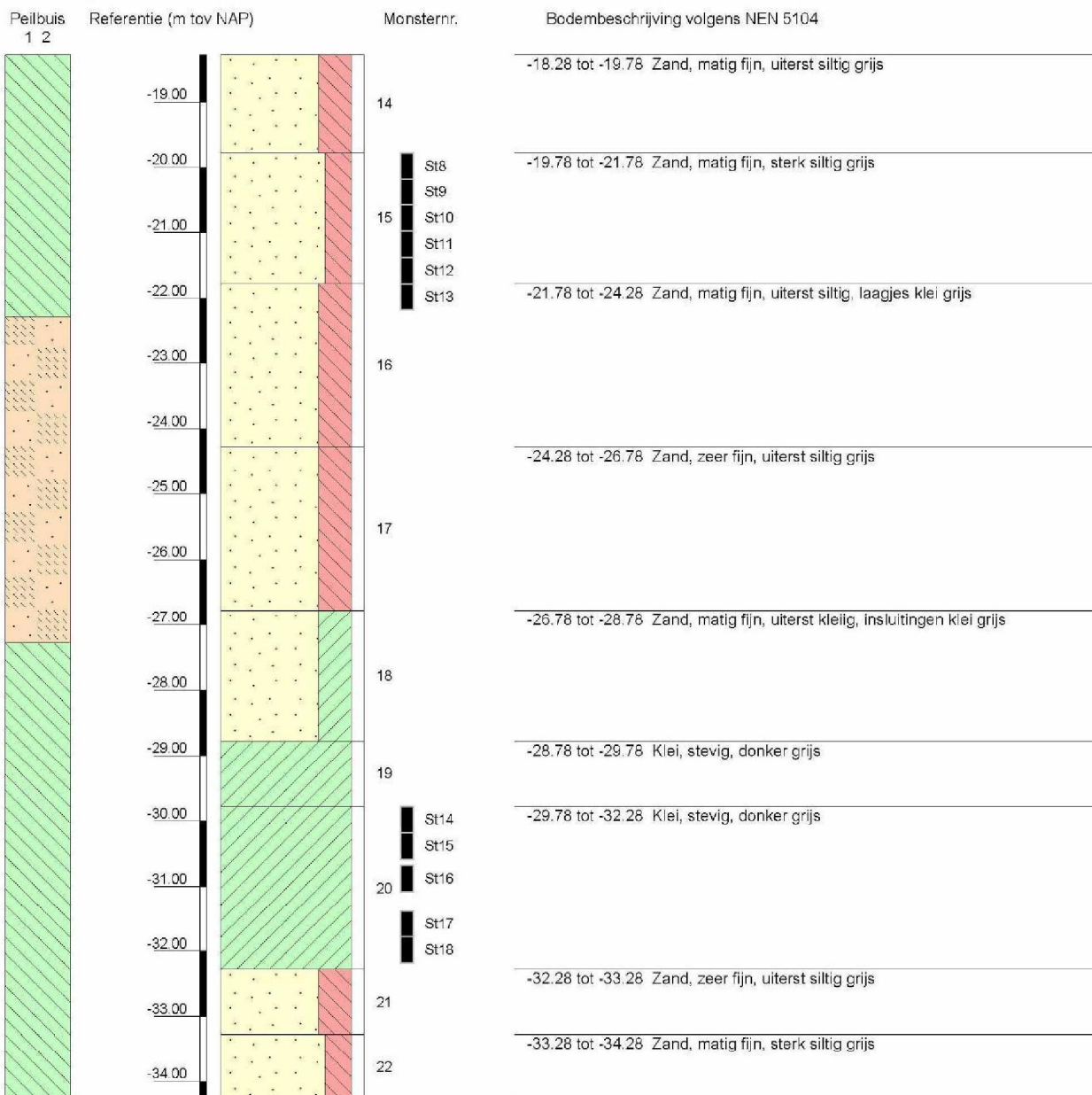
Geclassificeerd door: ab

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Protonenfaciliteit UMCG te Groningen

Fugro GeoServices B.V.

**5008-0324-011**

**Boring: B4**
**Veldclassificatie**


Algemene opmerking:

X: 234039.5

GWS (m tov NAP): -1.28

MV (m tov NAP): 0.72

Boorvloestof:

Y: 582750.8

GHG (m tov NAP):

bk PB1 (m tov NAP): 0.87

WS PB1 (m tov NAP):

Datum uitvoering: 12-08-2014

Coördinatenstelsel: RD

GLG (m tov NAP):

bk PB2 (m tov NAP): 0.89

WS PB2 (m tov NAP):

Boormeester: ab

bk PB3 (m tov NAP):

WS PB3 (m tov NAP):

Geclassificeerd door: ab

**BORING VOLGENS NEN-EN-ISO 22475-1**

Fugro GeoServices B.V.

Protonenfaciliteit UMCG te Groningen

**5008-0324-011**



**Meettechniek**

De standaard bij Fugro toegepaste conus is de "elektrische kleefmantelconus", waarmee de conusweerstand, de plaatselijke wrijvingsweerstand en de helling gelijktijdig worden gemeten. Sinds februari 2013 is de nieuwe norm *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013 Geotechnisch onderzoek en beproeving - Veldproeven - Deel 1: Elektrische sondering met en zonder waterspanningsmeting van toepassing als vervanging van NEN 5140*, die is terug getrokken. In NEN 9997-1 wordt echter nog wel verwezen naar NEN 5140.

Bij het uitvoeren van een sondering conform *NEN-EN-ISO 22476-1:2012/C1:2013* wordt de puntweerstand gemeten, die moet worden overwonnen om een conus met een tophoek van 60° en een basisoppervlak van 1000 mm<sup>2</sup> met een constante snelheid van ca 20 mm/s in de bodem te drukken. Voor de meting van de wrijvingsweerstand is een mantel met een oppervlak van 15000 mm<sup>2</sup> boven de punt aangebracht. De druk op de conuspunt (conusweerstand in MPa) en de wrijving langs de kleefmantel (plaatselijke wrijvingsweerstand in MPa) worden door rekstroken in de conus continu digitaal gemeten. Volgens *NEN-EN-ISO 22476-1* mag het basisoppervlak van de conus tussen 500 en 2000 mm<sup>2</sup> variëren zonder dat correctiefactoren op de meetresultaten moeten worden toegepast. Fugro sonderingen worden standaard uitgevoerd met een sondeerconus met een basisoppervlak van 1500 mm<sup>2</sup> en een manteloppervlak van 20000 mm<sup>2</sup>.

Veelal wordt gebruik gemaakt van een conus met een korter cilindrisch deel boven de conuspunt dan in NEN-EN-ISO 22476-1 vermelde 400 mm voor een standaard conus. Het cilindrische deel vanaf de conuspunt van de standaard door Fugro gebruikte conussen een lengte heeft van 230 mm in plaats van de genormeerde lengte. Onderzoek<sup>1)</sup> heeft aangetoond, dat de invloed van de lengte van deze conus op het sondeerresultaat verwaarloosbaar is, terwijl met een kortere conus met minder risico een grotere sondeerdiepte kan worden bereikt.

De meetsignalen worden digitaal naar een elektrische meeteenheid gestuurd en samen met de diepte en de tijd opgeslagen. Definitieve verwerking vindt daarna op kantoor plaats, waarbij de gemeten parameters tegen de diepte in grafiekvorm worden uitgewerkt. Door continue registratie van de gemeten conus- en wrijvingsweerstand wordt een nauwkeurig beeld van de gelaagdheid en de vastheid van de bodem verkregen.

Afwijking van de conus met de verticaal worden continu geregistreerd, waarmee bij de uitwerking de diepte wordt gecorrigeerd en zo een onjuiste diepteaanduiding als gevolg van "scheef sonderen" wordt voorkomen.

**Interpretatie van de sonderingen met plaatselijke wrijvingsweerstand**

Meting van zowel de conusweerstand  $q_c$  als de plaatselijke wrijvingsweerstand  $f_s$  maakt het mogelijk het wrijvingsgetal  $R_f$  te berekenen. Het wrijvingsgetal wordt gedefinieerd als het quotiënt van de plaatselijke wrijving en de op gelijke diepte gemeten conusweerstand in procenten. Hierbij wordt rekening gehouden met laagscheidingen ter hoogte van de mantel.

Het wrijvingsgetal  $R_f$  geeft samen met de conusweerstand  $q_c$  een goed beeld van de bodemopbouw *benen* de grondwaterspiegel. In de onderstaande tabel zijn enige kenmerkende waarden van het wrijvingsgetal aangegeven. *Met nadruk dient te worden gesteld dat deze waarden slechts indicatief zijn en getoetst dienen te worden aan boringen of lokale ervaring en uitsluitend gelden voor de cilindrische elektrische conus.*

grondsoort	wrijvingsgetal in %	grondsoort	Wrijvingsgetal in %
Grind, grof zand	0,2 – 0,6	Klei	3,0 – 5,0
Zand	0,6 – 1,2	Potklei	5,0 – 7,0
Silt, leem, löss	1,2 – 4,0	Veen	5,0 – 10,0

In geroerde grond en in grond boven de grondwaterspiegel kunnen grote afwijkingen ten opzichte van de genoemde waarden voorkomen en gelden deze waarden niet.

<sup>1)</sup> Lunne en Powell, A comparison of different sized piezocones in UK clays.

**Presentatie sondeergegevens**

Sonderingen kunnen worden uitgewerkt met interpretatie van het wrijvingsgetal voor identificatie van de bodemlagen. De identificatie van de bodemlagen is dan uitgevoerd volgens Robertson [1990]<sup>2</sup>, die door Fugro is aangepast aan de Nederlandse omstandigheden. Bij deze interpretatie wordt uitgegaan van de genormaliseerde waarden van de conusweerstand  $nQ_c$  en wrijvingsgetal  $nR_f$  als ingangsparementers.

De genormaliseerde waarden van de conusweerstand  $nQ_c$  en wrijvingsgetal  $nR_f$  worden berekend, uit de gemeten wrijvingsweerstand  $f_s$  en conusweerstand  $q_c$ , indien mogelijk gecorrigeerd voor de waterspanning en de verticale effectieve - en totale grondspanning volgens de onderstaande formules.

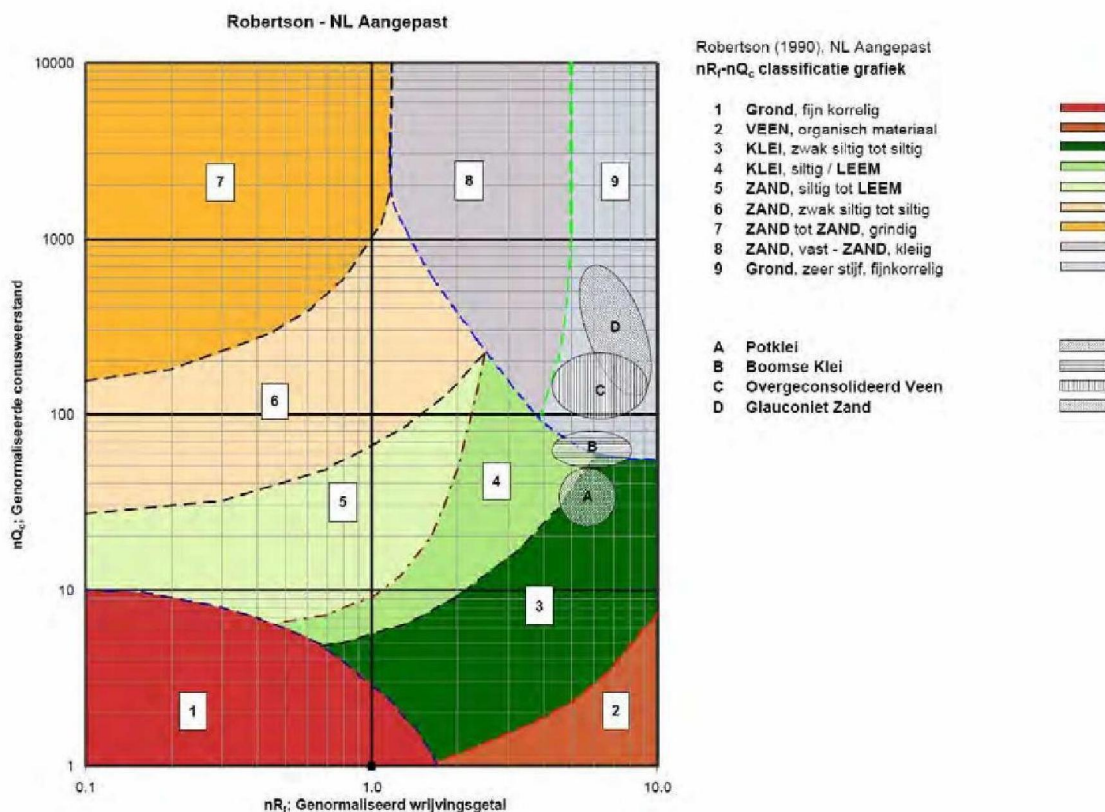
Genormaliseerde conusweerstand: 
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}^1}$$

Genormaliseerd wrijvingsgetal: 
$$nR_f = \frac{100 \cdot f_s}{q_t - \sigma_{v0}}$$

In geval er geen waterspanning is gemeten, wordt voor  $q_t$  de waarde van  $q_c$  gebruikt.

Voor de grondsoorten, die specifiek zijn voor de Nederlandse ondergrond condities, zijn in de Bodem Classificatiegrafiek van Robertson [1990] twee aanpassingen gedaan om de Nederlandse situatie beter te beschrijven:

- Gebieden 4 en 5 zijn anders ingedeeld, zodat losgepakte zanden en ondiepe kleilagen beter worden geïnterpreteerd. Deze aanpassingen zijn in onderstaande figuur weergegeven.
- Bovendien is een extra voorwaarde ingebracht om Holocene veenlagen goed te kunnen classificeren. Voor  $q_c < 1,5$  MPa en  $R_f > 5$  % wordt de grond als veen geclassificeerd.



<sup>2</sup> Robertson, P.K. [1990] "Soil Classification using the cone penetration test". Canadian Geotechnical Journal, 27(1), 151-8<sup>2</sup>

## CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

Voor een aantal specifieke grondtypen, zoals bijvoorbeeld Potklei, Boomse klei, overgeconsolideerd veen en glauconiethoudend zand is tevens het classificatie gebied aangegeven. Deze stemmen niet direct overeen met de benamingen van gebieden 1 tot en met 9.

De identificatie is indicatief en alleen geldig voor lagen onder de grondwaterstand. De resultaten dienen te worden geverifieerd met boringen of geologische informatie. Uitgedroogde cohesieve toplagen geven een te hoge waarde worden voor het wrijvingsgetal, waardoor bijvoorbeeld uitgedroogde kleilagen mogelijk onterecht worden geïnterpreteerd als veenlagen. Ook is de correlatie voor de toplagen minder betrouwbaar vanwege het lage effectieve spanningsniveau in deze lagen.

### Andere conustypen

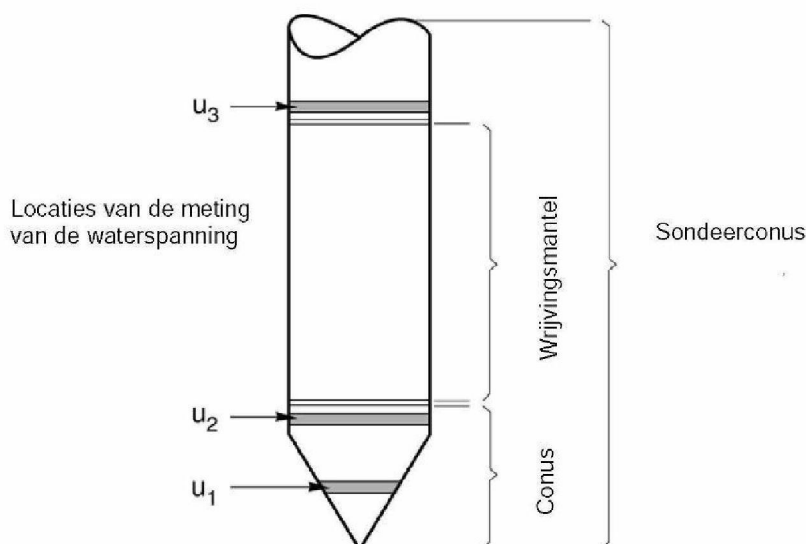
Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van) metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst

type meting	Meetresultaten	toepassingsmogelijkheden
waterspanning	waterspanning ter plaatse van de punt	registreren waterremmende lagen indicatie stijghoogte grondwater classificatie / gelaagdheid bodem
magnetometer	Magnetische veldsterkte in 3 orthogonale richtingen (X,Y,Z)	Blindganger onderzoek, onderzoek ligging obstakels (stalen leidingen, grondankers), onderzoek paalpunt niveau / schoorstand funderingspalen, onderzoek ligging onderzijde stalen damwanden
geleidbaarheid	elektrische geleiding grond en grondwater	indicatie waterkwaliteit / zoet - zout water grens onderzoek verspreiding verontreiniging
temperatuur	temperatuurmeting op verschillende diepten	warmteoverdracht in de bodem bepaling temperatuurgradiënt
schuifgolfsnelheid (seismisch)	dynamische bodemparameters op verschillende diepten	machiefunderingen, windturbinefunderingen
versnelling	versnellingen op verschillende diepten	heitrillingen / verkeerstrillingen
MIP (membrane interface probe)	verticale verspreiding van vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met vluchtige (gechloreerde) koolwaterstoffen
ROST (rapid optical screening tool)	verticale verspreiding van (aromatische) koolwaterstoffen	bestudering zak/drijfslagen en/of verontreinigingen met (aromatische) koolwaterstoffen

kan nadere informatie over metingen en toepassingsmogelijkheden worden verschaft.

### Waterspanningssonderingen

Naast registratie van conusweerstand en plaatselijke wrijvingsweerstand wordt bij een groot deel van de sonderingen waterspanning geregistreerd. Een waterspanningsconus (*piëzo-conus*) is voorzien van een ingebouwde druksensor, waarmee de waterdruk tijdens het sonderen wordt gemeten. Een filter voorkomt het contact van grond met de druksensor. De waterdruk kan op drie locaties in de conus worden gemeten waarbij de posities  $u_1$  en  $u_2$  veelvuldig voorkomen (zie figuur 1). Positie  $u_3$  wordt zelden toegepast. Slechts een kleine hoeveelheid water ( $0,2 \text{ mm}^3$ ) is nodig om een nauwkeurige waterdruk te meten. Het meetbereik kan worden gekozen afhankelijk van de te verwachten wateroverspanning. In stijve kleien kan deze oplopen tot meer dan 3 MPa.



Figuur 1 Principe piëzo-conus

#### Uitvoeringswijze

Om een juiste meting van de waterspanning te verkrijgen, dient het gehele meetsysteem volledig ontluicht en gevuld te zijn met een weinig samendrukbare vloeistof. Om te voorkomen dat de vloeistof tijdens het sonderen in de onverzadigde lagen boven de grondwaterstand wegvloeit zijn een juiste keuze van vloeistof, het gebruik van een rubber membraam, een goede uitvoering en de poriëngrootte van het filter belangrijk.

Indien het grondwater relatief ondiep aanwezig is, wordt bij voorkeur voorgeboord tot het niveau van de grondwaterspiegel teneinde luchttoetreding te voorkomen. Hiermee wordt ook de kans op beschadiging en in de grond achterblijven van het rubber membraam verkleind.

#### Interpretatie

De resultaten van de piëzo-sonderingen bestaan uit de gemeten conusweerstand ( $q_c$ ), de plaatselijke wrijvingsweerstand ( $f_s$ ), het wrijvingsgetal ( $R_f$ ), de gemeten waterspanning ( $u_1$  of  $u_2$  respectievelijk in de punt en achter de punt) en de wateroverspanningindex  $B_q$ .

De resultaten van de waterspanningsmeting tijdens het sonderen vormen uit grondmechanisch en geohydrologisch oogpunt een belangrijke extra informatiebron voor de interpretatie van de bodemopbouw. Door combinatie van de meting van de conusweerstand en de waterspanning, bij voorkeur samen met de plaatselijke wrijvingsweerstand, wordt optimaal gebruik gemaakt van de sondeertechniek en kan het benodigde aanvullend grondonderzoek efficiënter worden gepland.

Bij de interpretatie speelt met name de wateroverspanning een rol, dat wil zeggen de verhoging van de waterspanning die door het indrukken van de conus ontstaan is.

Dunne cohesieve laagjes in een zandpakket en dunne zandlaagjes in een kleipakket, die in de conusweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand door uitmiddeling niet of slecht zichtbaar zijn, kunnen goed worden gedetecteerd aan de hand van de water(over)spanningen, die door het sonderen ontstaan. Deze laagjes kunnen van groot belang zijn voor het zettingsgedrag van funderingen en voor de verticale (on)doorlatendheid van de grond.

Verder kunnen met de piëzo-conus, met name via de  $u_1$ -meting, sterk gelaagde structuren van zand en klei onderscheiden worden van homogene lagen hetgeen op basis van conusweerstand en plaatselijke

wrijving in de meeste gevallen niet lukt. Aangetoond is dat het detectievermogen van de  $u_1$ -meting veel hoger is dan van de  $u_2$ -meting.

### Wateroverspanningindex $B_q$

Met de wateroverspanningindex  $B_q$  kan een meer nauwkeurige classificatie van de grondsoort worden verkregen. Deze index is de verhouding van de wateroverspanning en de netto conusweerstand  $q_{net}$ , zijnde de gemeten conusweerstand  $q_c$  gecorrigeerd voor de waterspanning op het netto oppervlak van de sondeerconus, rekeninghoudend met de heersende effectieve verticale spanning op het betreffende niveau. De wateroverspanningindex  $B_q$  wordt als volgt berekend:

$$B_q = \beta \cdot (u_1 - u_0) / q_{net} \text{ of } B_q = (u_2 - u_0) / q_{net}$$

waarin:

- $\beta$  = factor voor de verschillende grondsoorten voor omrekening van  $u_1$  naar  $u_2$ ; standaard wordt hiervoor aangehouden 0,8, zijnde normaal geconsolideerde kleien (zie hierna volgende tabel);
- $q_{net}$  =  $q_t - \sigma_{v0}$  = netto conusweerstand;
- $q_t$  =  $q_c + (1-a) \cdot \{\beta \cdot (u_1 - u_0) + u_0\}$  voor een filter in de conuspunt;
- =  $q_c + (1-a) \cdot u_2$  voor een filter direct achter de conuspunt;
- $\sigma_{v0}$  = de verticale grondspanning; standaard wordt hierbij uitgegaan van een gemiddeld volumiek gewicht van de bodemlagen van  $14 \text{ kN/m}^3$  en een grondwaterstand op 1 m beneden maaiveld;
- $a$  = netto oppervlakteverhoudingscoëfficiënt van de conus i.v.m. de spleet achter de conuspunt;
- $u_1$  = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *in* de punt;
- $u_2$  = de gemeten waterdruk bij een filterplaatsing *achter* de punt;
- $u_0$  = de hydrostatische stijghoogte; standaard wordt hiervoor in de berekening een niveau uitgegaan van 1 m beneden maaiveld.

Voor andere grondsoorten zijn de  $\beta$ -factoren in onderstaande tabel gegeven.

Grond gedrag	$\beta$ -factor
Normaal geconsolideerde klei	0,6 - 0,8
Licht overgeconsolideerde klei	0,5 - 0,7
Sterk overgeconsolideerde klei	0 <sup>1)</sup> - 0,3
Leem samendrukbaar	0,5 - 0,6
Leem, vast en dilatant gedrag	0 <sup>1)</sup> - 0,2
Zand siltig, los gepakt	0,2 - 0,4

<sup>1)</sup> Bij meting van de waterspanning achter de conuspunt worden in bepaalde gevallen negatieve waterspanningen gemeten. Deze waarden geven nauwelijks een indicatie van de doorlatendheid, doch alleen over het materiaalgedrag.

### Dissipatietest

Het is ook mogelijk het sondeerproces op een bepaalde diepte tijdelijk te stoppen en de afname van de wateroverspanning (dissipatie) als functie van de tijd te registreren. Daarna kan het sondeerproces worden voortgezet.

In doorlatende gronden geeft de dissipatietest een goed beeld van de heersende hydrostatische waterspanning en daarmee van de stijghoogte. Het betreft slechts een indicatie aangezien de meetnauwkeurigheid beperkt is. Door het uitvoeren van meerdere metingen in een grondlaag en de gemiddelde waarde van de stijghoogte te bepalen kan een beduidend hogere nauwkeurigheid worden behaald. Ervaring leert dat de onnauwkeurigheid circa 0,5 m bedraagt. Voor een meer nauwkeurige bepaling en de optredende fluctuaties zijn peilbuismetingen over een langere waarnemingsperiode nodig, afhankelijk van het doel.

In slecht doorlatende, cohesieve lagen kan met behulp van de dissipatietest een indicatie van de consolidatiecoëfficiënt en daarmee van de verticale (on)doorlatendheid worden verkregen. Hierbij dient

de dissipatietest te worden voortgezet totdat de wateroverspanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat in zand overeen met circa 1/2 uur à 3/4 uur.

Uit berekeningen en kwalitatieve vergelijking van de metingen wordt inzicht verkregen in het consolidatiegedrag van de grond.

Voor het vaststellen van de heersende hydrostatische waterspanning in kleilagen is de dissipatietest in de meeste gevallen weinig geschikt, vanwege de benodigde lange aanpassingstijd en de onnauwkeurigheid.

#### **Klassenindeling EN-ISO 22476-1**

Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten parameters.

Door invoering van de Eurocode is op Europees niveau de internationale sondeernorm EN-ISO 22476-1 "Electrical cone and piezocone testing" ontwikkeld, welke de oorspronkelijke NEN 5140 heeft vervangen. De nieuwe elektrische sondeernorm **EN-ISO 22476-1** is in opzet vergelijkbaar met de oude Nederlandse norm NEN 5140 voor elektrische sonderingen. Een verschil tussen norm **EN-ISO 22476-1** met NEN 5140 is dat in de nieuwe norm de nauwkeurigheid van de meetresultaten wordt gekoppeld aan het toepassingsgebied met bijbehorend bodemkenmerken / geschiktheid voor interpretatie en afleiding van bodemparameters. Verder is de meting van de waterspanning genormeerd.

In de Europese tabel van sondeerclassen worden de sondeerclassen ingedeeld naar de toepassing van de sondering, zie onderstaande tabel.

## Toepassing klassen volgens NEN-EN-ISO 22476-1:2012

Toepassing Klasse	Test type	Gemeten parameter	Toegestane minimum nauwkeurigheid <sup>a</sup>	Maximum lengte tussen metingen	Gebruik	
					Grondsoort <sup>b</sup>	Interpretatie <sup>c</sup>
1	TE 2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	35 kPa of 5 % 5 kPa of 10 % 10kPa of 2 % 2° 0,1 m of 1%	20 mm	A	G, H
2	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning Helling Sondeerlengte	100 kPa of 5 % 15 kPa of 15 % 25 kPa of 3 % 2° 0,1 m of 1 %	20 mm	A B C D	G, H* G, H G, H G, H
3	TE1 TE2	Conus weerstand Mantel wrijving Waterspanning <sup>d</sup> Helling Sondeerlengte	200 kPa of 5 % 25 kPa of 15 % 50 kPa of 5 % 5° 0,2 m of 2 %	50 mm	A B C D	G G, H* G, H G, H
4	TE1	Conus weerstand Mantel wrijving Sondeerlengte	500 kPa of 5 % 50 kPa of 20 % 0,2 m of 1 %	50 mm	A B C D	G* G* G* G*

NOOT 1 Richtlijnen voor gebruik van Tabel 2 zijn gegeven in bijlage F.

NOOT 2 Voor uiterst slappe gronden maken soms nog hogere nauwkeurigheden noodzakelijk.

<sup>a</sup> De toegestane minimum nauwkeurigheid van de gemeten parameters is de grootste van de twee genoemde. De relatieve nauwkeurigheid geldt voor de gemeten waarde en niet voor het meetbereik.

<sup>b</sup> Volgens ISO 14688-2:

- A Homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) ( $q_c < 3$  MPa)
- B Gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien ( $q_c \leq 3$  MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand  $5 \text{ MPa} \leq q_c < 10 \text{ MPa}$ )
- C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand  $1,5 \text{ MPa} \leq q_c < 3 \text{ MPa}$ ) en zeer dichte zanden ( $q_c > 20 \text{ MPa}$ )
- D Zeer stijve tot harde kleien ( $q_c \geq 3 \text{ MPa}$ ) en zeer vaste grove gronden ( $q_c \geq 20 \text{ MPa}$ )

<sup>c</sup> G vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een laag niveau van onzekerheid

G\* indicatieve vaststelling bodemprofiel en bepaling van grondsoort met een hoog niveau van onzekerheid

H interpretatie met betrekking tot ontwerp met een laag niveau van onzekerheid

H\* interpretatie met betrekking tot ontwerp met een hoog niveau van onzekerheid

<sup>d</sup> Waterspanning kan alleen worden gemeten als TE2 wordt toegepast.

Voor projecten, waarbij parameters op basis van Tabel 2.b NEN 9997-1 worden afgeleid, is een hoge nauwkeurigheidsklasse gewenst. Het is echter in een bodemgesteldheid met zowel zeer slappe grondlagen als zeer vaste zandlagen met hoge conusweerstand onmogelijk om aan de eisen van toepassing klasse 1 voldoen zoals ook blijkt uit de bovenstaande tabel. Het bij Fugro gehanteerde

meetsysteem voor sonderen is bijzonder nauwkeurig door toepassing van digitale conussen, strikte kwaliteitscontroles en calibraties. In de praktijk is gebleken dat standaard Fugro sonderingen in de nieuwe norm voor het overgrote deel (>95%) in toepassingsklasse 2 vallen. Sonderingen volgens toepassingsklasse 3 in de nieuwe norm zijn vergelijkbaar met sonderingen volgens klasse 2 van de oude NEN 5140.

Toepassingklasse 1 sonderingen kunnen alleen met speciale gevoelige conussen met een beperkt meetbereik en een kleibodemprofiel met  $q_c < 3$  MPa worden bereikt. In bodemprofielen waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen kan de hoogste meetnauwkeurigheid van klasse 1 enigszins worden benaderd door aanvullende maatregelen en procedures. Toepassingklasse 2 sonderingen kunnen in bodemprofielen, waarin zowel zeer slappe lagen als zeer vaste lagen voorkomen, alleen worden verkregen door toepassing van digitale conussen met regelmatige calibraties, aanvullende uitvoeringsmaatregelen en kwaliteitscontroles. Toepassingklasse 1 is in deze bodem niet haalbaar. De enige praktische indicatie over de bereikte sondeerklasse is controle van calibraties en 0-puntsverlopen tussen het begin en eind van de sondering.

In de praktijk komt het af en toe voor dat sonderingen worden uitgevoerd, waarbij door de opdrachtgever is aangegeven dat de maaiveldhoogte niet ten opzichte van een vast referentiepeil (NAP) behoeft te worden vastgelegd. Deze sonderingen voldoen derhalve op dit punt niet aan **EN-ISO 22476-1**.

### Klassenindeling NEN 5140

De norm NEN 5140 ging uit van vier kwaliteitsklassen. Voorafgaand aan de uitvoering diende een keuze te worden gemaakt binnen welke kwaliteitsklasse met bijbehorende toelaatbare meetonzekerheid het werk minimaal uitgevoerd moet worden. De klassenindeling heeft voornamelijk betrekking op de nauwkeurigheid van de gemeten conusweerstand, plaatselijke wrijvingsweerstand en diepte, zoals blijkt uit de onderstaande tabel.

klasse	Meetgrootheid	toelaatbare meetonzekerheid	meetinterval
1	Conusweerstand	0,05 MPa of 3%	20 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,01 MPa of 10%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 1 %	
2	Conusweerstand	0,25 MPa of 5%	50 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 15%	
	Helling	2°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
3	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Helling	5°	
	Sondeerdiepte	0,2 m of 2 %	
4	Conusweerstand	0,5 MPa of 5%	100 mm
	Plaatselijke wrijvingsweerstand	0,05 MPa of 20%	
	Sondeerlengte	0,1 m of 1%	

Opmerking: De toelaatbare meetonzekerheid is de grotere waarde van de absolute meetonzekerheid en de relatieve meetonzekerheid. De relatieve meetonzekerheid geldt voor de meetwaarde en niet voor het meetbereik.

Vergelijking van de gespecificeerde nauwkeurigheidsniveaus van de NEN 5140 en NEN-EN-ISO 22476-1 laat zien dat de nauwkeurigheid van de meest in NL gehanteerde sondeerklasse 2 volgens NEN 5140 iets hoger ligt dan die van de toepassingsklasse 3 volgens de ISO norm.



# LEGENDA TERREINPROEVEN EN GRONDSOORTEN

## Boringen / Peilbuizen

- Handboring nog niet uitgevoerd
- Handboring uitgevoerd
- Handboring uitgevoerd met 1 peilbuis
- Handboring uitgevoerd met 2 peilbuizen
- Mechanische boring nog niet uitgevoerd
- Mechanische boring uitgevoerd
- Mechanische boring uitgevoerd met 1 peilbuis
- Mechanische boring uitgevoerd met 2 peilbuizen
- Mechanische boring uitgevoerd met 3 peilbuizen
- Boring uitgevoerd door derden
- Boring uitgevoerd met peilbuis door derden
- Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) nog niet uitgevoerd
- Gedrukte peilbuis (PB) / minifilter (MF) uitgevoerd

## Overige symbolen

- Meetpunt
- Hoogtemaat

## Type sonderingen

- D Diepsondering
- HS Handsondering
- S Slagsondering

## Legenda / Terminologie

### Grind

- Grind, siltig
- Grind, zwak zandig
- Grind, matig zandig
- Grind, sterk zandig
- Grind, uiterst zandig

### Zand

- Zand, kleilig
- Zand, zwak siltig
- Zand, matig siltig
- Zand, sterk siltig
- Zand, uiterst siltig

### Veen

- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleilig
- Veen, sterk kleilig
- Veen, zwak zandig
- Veen, sterk zandig

### Klei

- Klei, zwak siltig
- Klei, matig siltig
- Klei, sterk siltig
- Klei, uiterst siltig
- Klei, zwak zandig
- Klei, matig zandig
- Klei, sterk zandig

### Leem

- Leem, zwak zandig
- Leem, sterk zandig

### Overige toevoegingen

- Zwak humeus
- Matig humeus
- Sterk humeus
- Zwak grindig
- Matig grindig
- Sterk grindig
- Puin

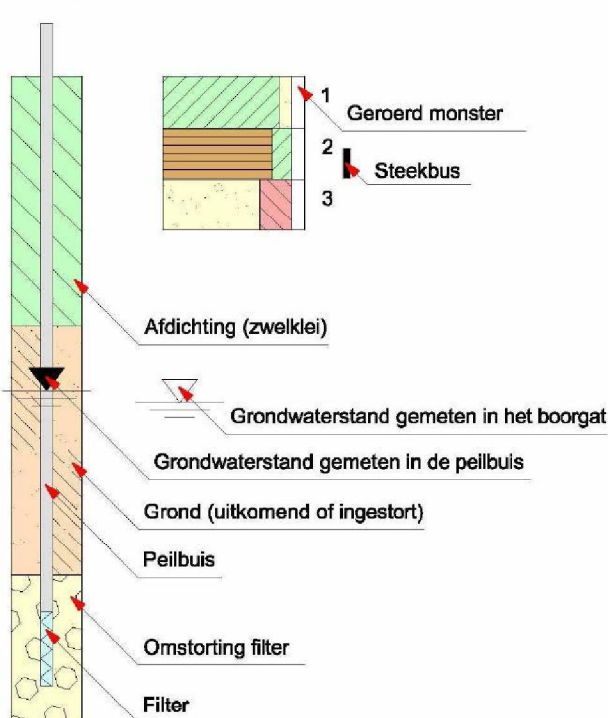
## Sonderingen

- Sondering met plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting nog niet uitgevoerd
- Sondering zonder plaatselijke kleefmeting uitgevoerd
- Slagsondering uitgevoerd
- Handsondering uitgevoerd
- Multigrondwatersondering nog niet uitgevoerd
- Multigrondwatersondering uitgevoerd
- Sondering met bolconus nog niet uitgevoerd
- Sondering met bolconus uitgevoerd
- Waterspanningsmeter nog niet uitgevoerd
- Waterspanningsmeter uitgevoerd
- Sondering uitgevoerd door derden
- Sondering met plaatselijke kleefmeting uitgevoerd door derden
- Hellingmeterbuis nog niet uitgevoerd
- Hellingmeterbuis uitgevoerd

## Toegevoegde metingen

- KM Meting van de plaatselijke kleef
- P Meting van de waterspanning
- M Meting van de magnetische veldsterkte
- G Meting van de geleidbaarheid
- S Meting van de schuifgolfsnelheid (seismische meting)
- T Meting van de temperatuur

### Peilbuis



**ATTACHEMENT :**      **Information sheet Terr-Econ pile**                      **2**

# Terr-econ-pile



## Characteristics of the piling system

Cast-in-situ, soil displacing, vibration free concrete piles installed with the aid of a screwed steel auxiliary tube.

### Construction

#### Description:

1. A steel auxiliary tube with a separate cast iron drill point is installed at ground level.
2. The tube is screwed to depth through the application of axial pressure and rotational moment.
3. When the desired level is reached the reinforcement is suspended in the tube, after checking that the tube is dry and free of soil.
4. The tube is filled with concrete grout.
5. The tube is then withdrawn by simple traction or with rightward rotation.
6. The pile is finished and the pile-driving frame can move on.

### Materials

1. Details of pile-driving frame
  - a. Types used: Junttan PM 26, PM 30, Hitachi CX 700 GLS, IHC F3500, Woltman 900HPDR and Sennebogen S6100XLR.
  - b. Heaviest component Junttan PM 26: 0.50 MN, Junttan PM 30: 0.60 MN, Woltman 900 HPDR: 1.50 MN.
  - c. Method of transport to site: low loader.
  - d. Additional equipment required: shovel for horizontal transport on site, an auxiliary crane or concrete pump is sometimes used with difficult to access pile locations.
  - e. Method of transport on site: self-propelled piling machine.
  - f. Maximal accessible gradient: 1:7 to 1:10.

2. Capacity of driving equipment

Drilling motor capacity:

- Rotational moment: 400 to 450 kNm.
- Axial force: 300 to 500 kN, depending on frame type.

3. Vibration levels

This system may be regarded as vibration free.

4. Noise levels

Around 80 to 85 dB(A) at 10 m<sup>1</sup>.

### Properties

1. Diameters

External shaft diameter Screw point diameter

- ø 380 mm ø 470 mm
- ø 460 mm ø 560 mm
- ø 560 mm ø 670 mm

2. Available pile lengths

Up to 40 to 45 m<sup>1</sup>.



### 3. Standard reinforcement

- a. Main reinforcement: 5  $\varnothing$  12 mm to 10  $\varnothing$  25 mm; heavy reinforcement up to  $\varnothing$  32 mm. Steel profiles or pre-stressed rods may be used if necessary.
- b. Spiral reinforcement:  $\varnothing$  8 mm to  $\varnothing$  16 mm with a pitch from a minimum of 300 up to 1000 mm.

### Load bearing capacity/deformation behaviour

#### 2. Geotechnical load bearing capacity

- a. Piling classification factors in accordance with NEN 6743:
    - Pile tip
      - $a_p = 0,9$  b-factor to be calculated in accordance with NEN 743, depending on the ratio between external tube diameter and screw point diameter; at the specified dimensions:  $\beta = 1,0$ .
    - Skin friction  $a_s = 0,009$ .
  - b. Deformation under load: similar to type 1 in NEN 6743.
  - c. Loading spectrum: up to around 3000 kN pressure (calculated value).
3. What is regarded as the pile tip level?  
Maximal diameter of drill point.
  4. Methods of increasing geotechnical load bearing capacity  
The use of a lost casing, screwed in and surrounded with grout in the load bearing sand strata.
  5. Methods to reduce negative skin friction  
Possible through use of combination piling (prefabricated concrete core with bentonite casing: see also Terra-Son Pile information sheet).

### Potential applications

- 1a. Application with large variation in ground conditions  
Adaptation is possible using variable pile length. Information on the solidity of the foundation strata may be obtained from records of the rotational moment, axial pressure and drilling time.
- 1b. Application with weak soil strata  
Supplementary measures may be taken where necessary if very weak soil strata are present, including a modified grout mix with additional fine particles or plastic fibres. Alternatively the Terr-Econ tubular pile with permanent casing may be selected.
2. Possible rake
  - Forward: up to 3:1.
  - Backward: up to 4:1.
3. Application in restricted space
  - Possible with limited headroom in certain circumstances (including Terr-Econ tubular pile).
  - On small sites where manoeuvring standard equipment is impossible a compact piling machine may be used, following discussion.

### 4. Minimum centres for insertion

Around twice the diameter of the screw tip where the adjacent piles are at least one day old (BRL-2356 (237/01): 20 hours).

5. Minimal distance between adjacent piles for purposes of insertion 0.8 to 0.9 m<sup>1</sup> as a minimum.
6. Installation in open water  
Only possible when used as combination piling.
7. Suitability for use as tension piles  
Good: piles may be fully reinforced with the reinforcement dimensions specified above. Increased skin friction can be achieved by means of injection with grout. (Terr-Econ tubular pile).
8. Supplementary requirements/observations  
Standard NVN 6724:2001 does not permit the pile shaft to be terminated beneath the working level, in consideration of the equilibrium between the internal grout pressure and the external ground pressure. If the working level is well above the cut-off level for the piles the use of a combination piling (Terra-Son pile) should be considered.

### Quality and safety

Terracon have in place a certificated quality and safety system to NEN-EN-ISO 9001/2008 and ISO 14001:2004 and VCA\*\*. The KIWA assessment criteria in BRL-2356 (K237/01) apply, including appendix E, as well as NVN 6724:2001: "Cast in situ foundations in concrete or grout". The piles are manufactured in accordance with the project-specific quality and safety plan, which includes an inspection plan.



TERRACON FUNDERINGSTECHNIEK B.V.

Vierlinghstraat 17 | 4251 LC Werkendam |

Postbus 49 | 4250 DA Werkendam |

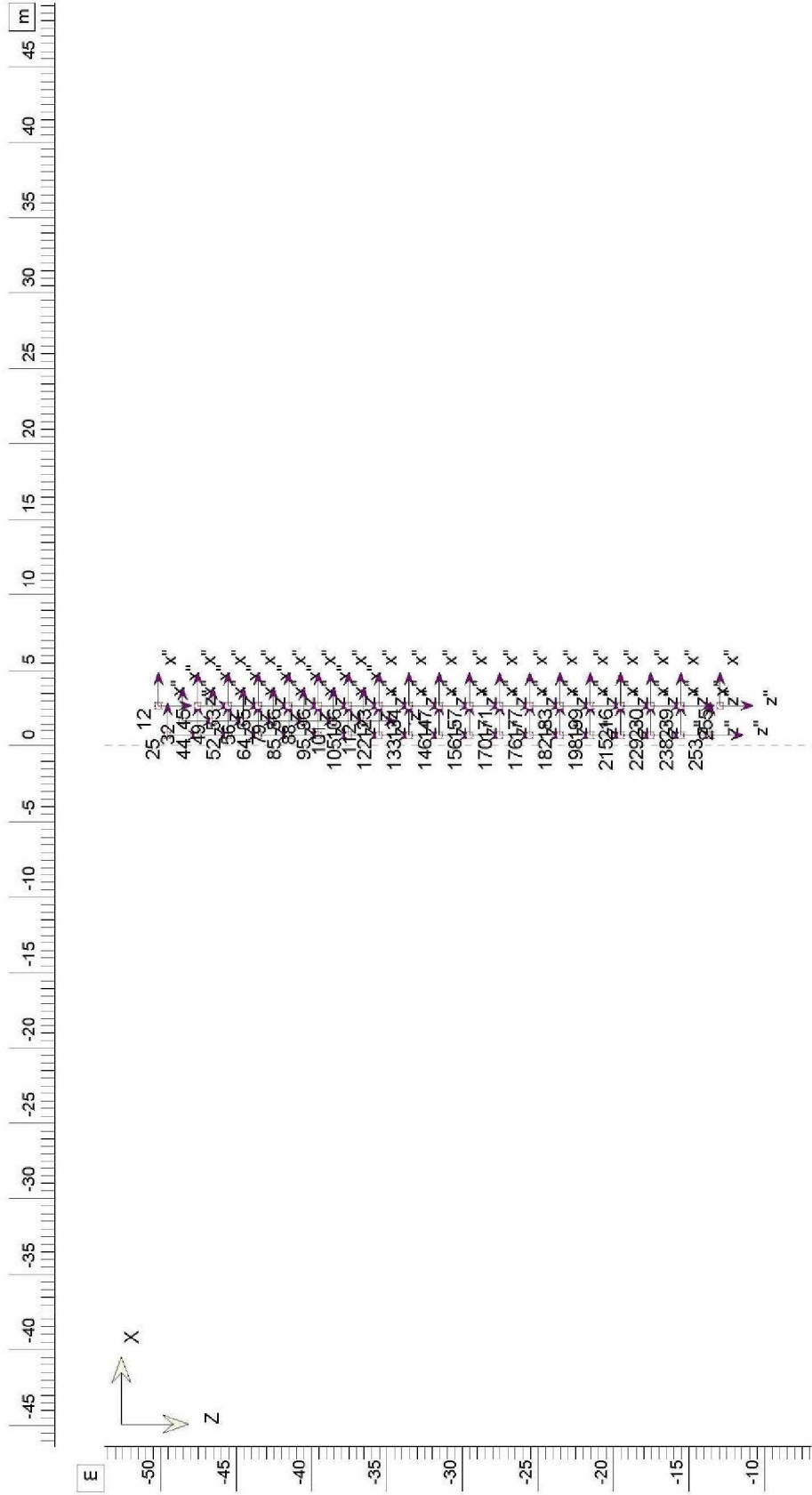
T: 0183 40 13 11 | F: 0183 40 35 83 |

I: www.terracon.nl | E: info@terracon.nl |

**ATTACHEMENT:      Used layouts in D-Pile Group calculations      3**

# Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

## Pile Map

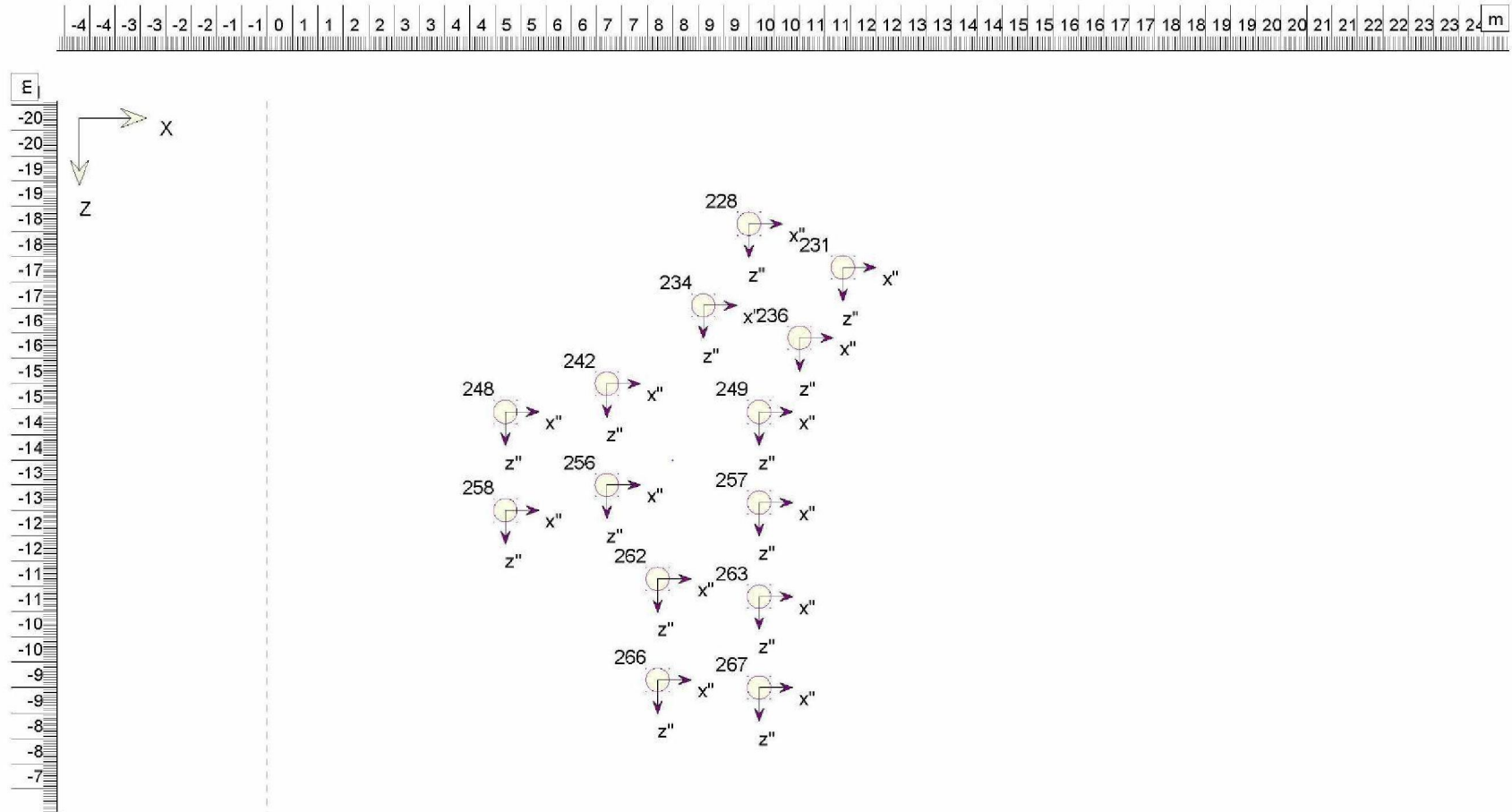


D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deel1x.pii

UMCG Proton facility	Phone	date	drv.
	Fax	10/31/2014	KSI
		5008-0324-011	ctr.
	Annex DPG01	fom.	A4

## Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

### Pile Map



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

date  
10/31/2014

drv:  
KSI

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dae12c.pjl

Annex DPG01

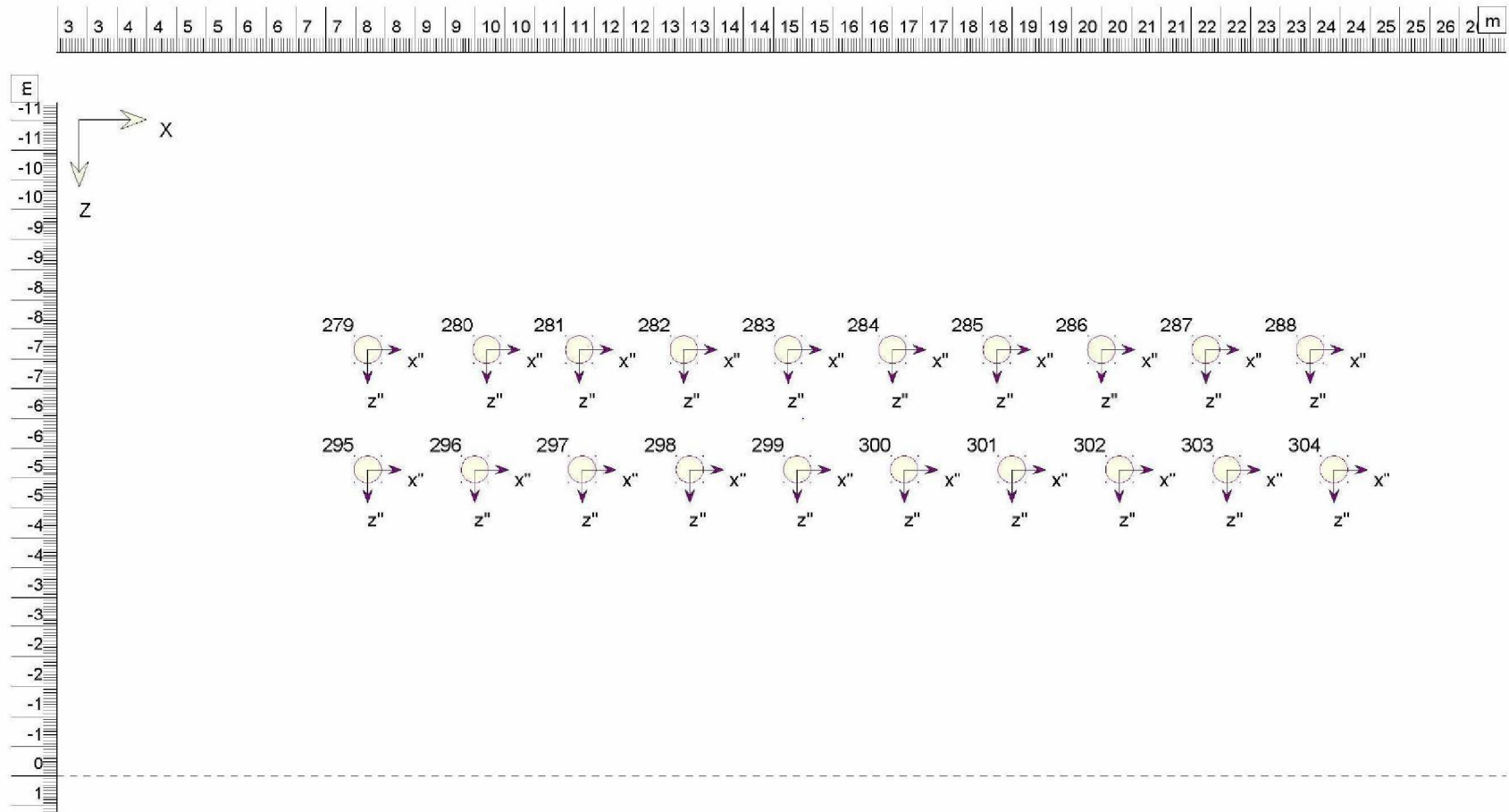
form:  
A4

5008-0324-011

dt:

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

#### Pile Map



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dae13c.pjl

date  
10/31/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dt:

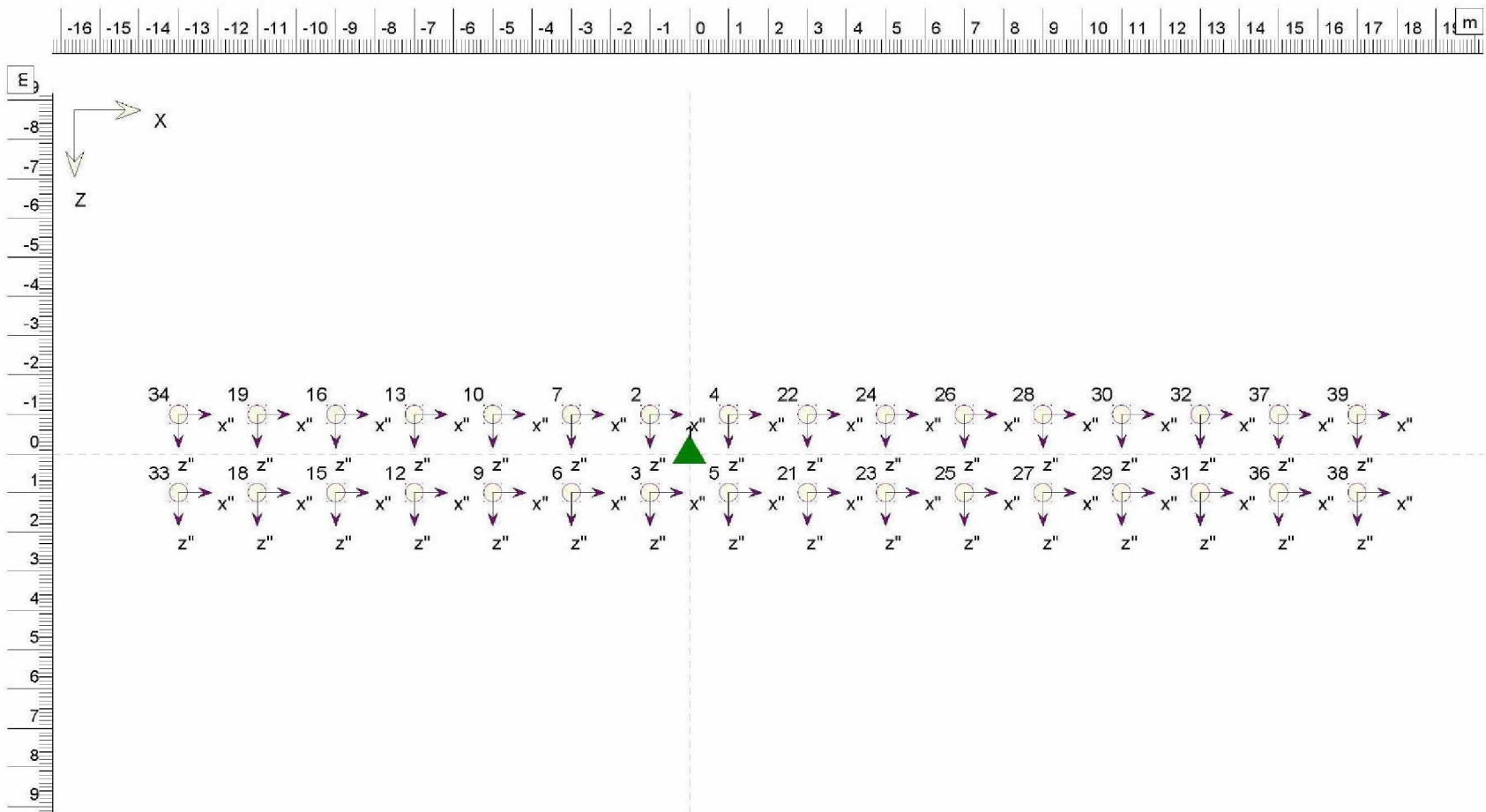
Annex DPG01

form:  
A4



### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

#### Pile Map



Phone  
Fax

D:\piles Group 14.1 : 5008-0324-011-see14.pjl

date  
10/31/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dt:

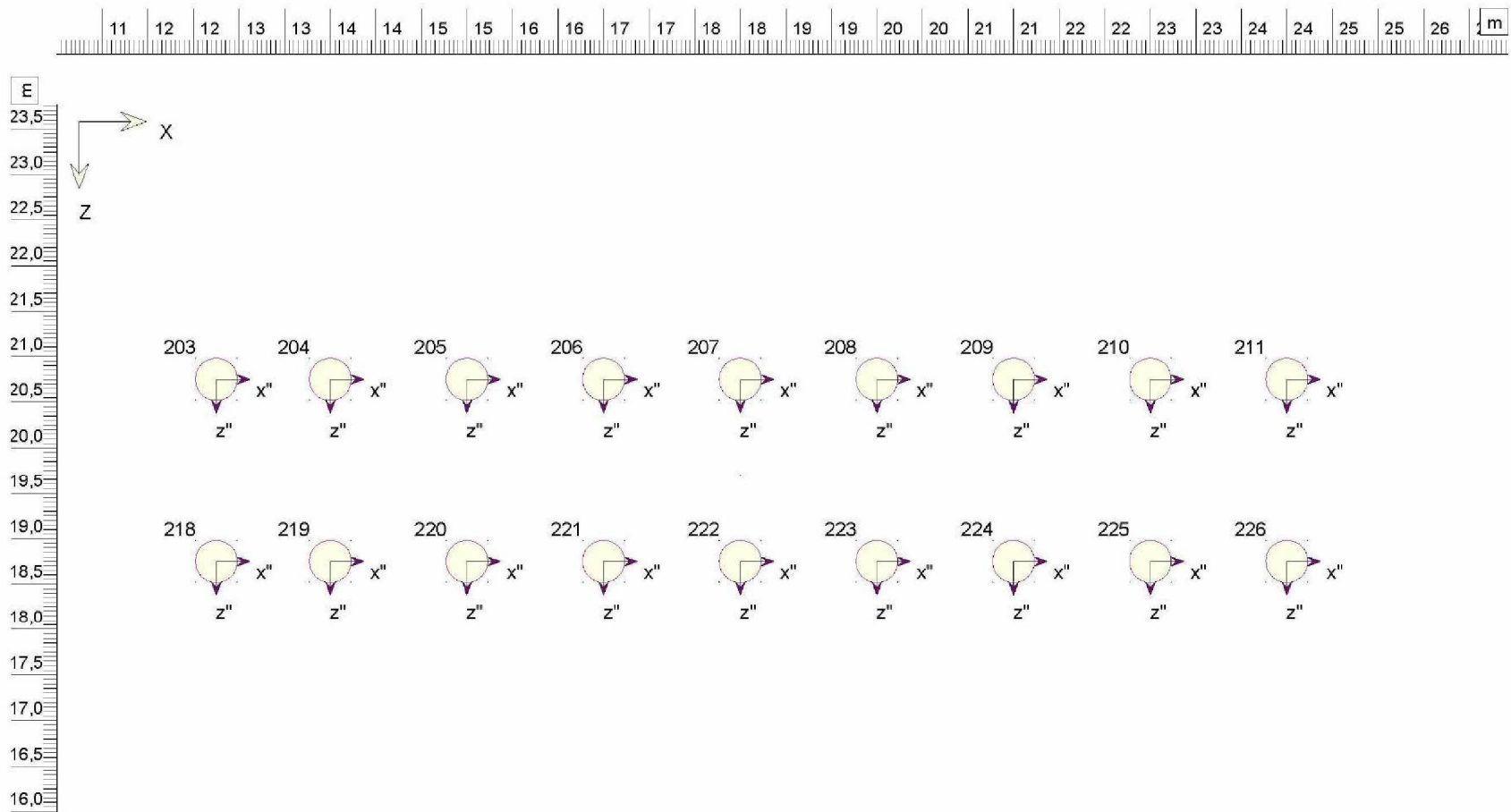
Annex DPG01

form:  
A4

UMCG Proton facility

## Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

### Pile Map



D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-daeibx.pjl

UMCG Proton facility

Phone  
Fax

date  
10/31/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

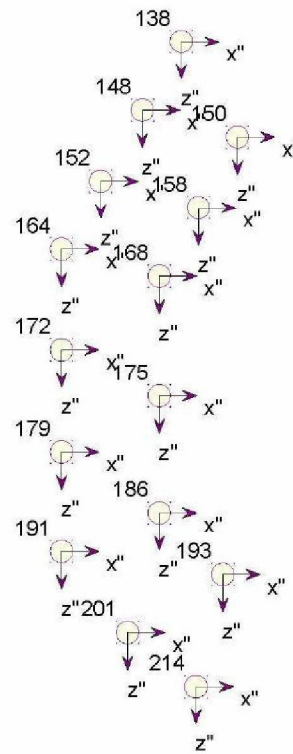
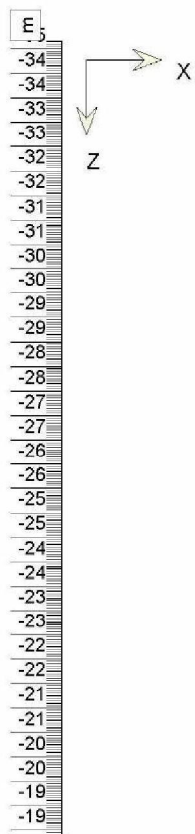
dt:

Annex DPG01

form:  
A4

## Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

### Pile Map

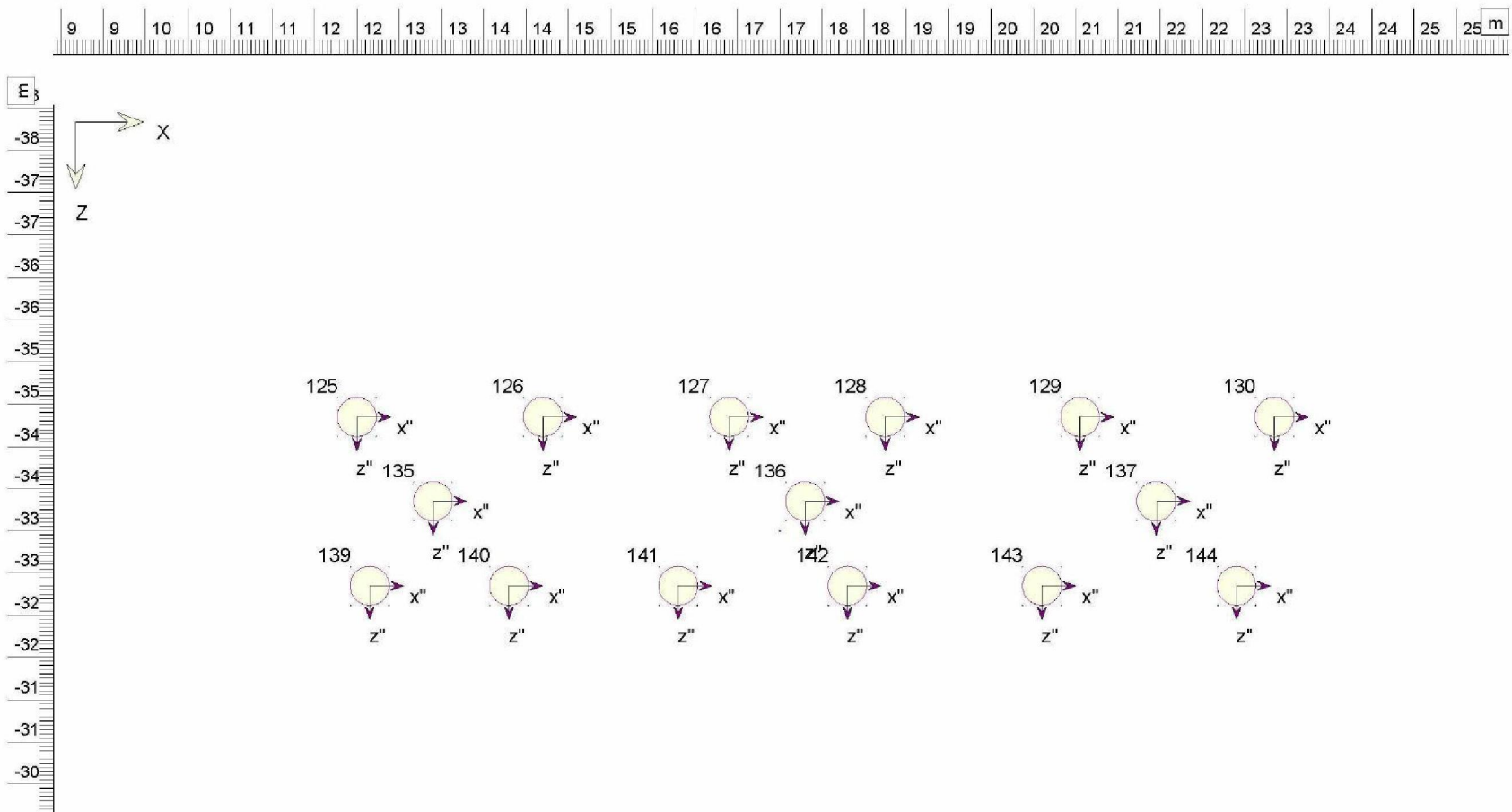


D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-Deaibx.pjl

UMCG Proton facility		Phone	
		Fax	
Annex DPG01		date	drv:
5008-0324-011		10/31/2014	KSI
A4		dr:	

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

#### Pile Map



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

date  
10/31/2014

5008-0324-011

drv:  
KSI

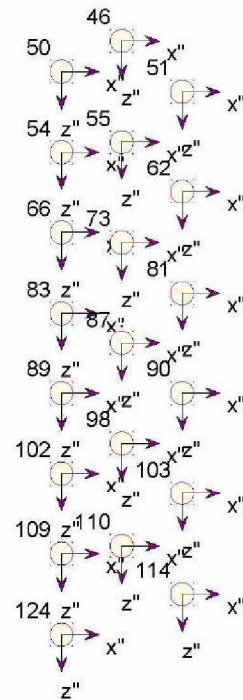
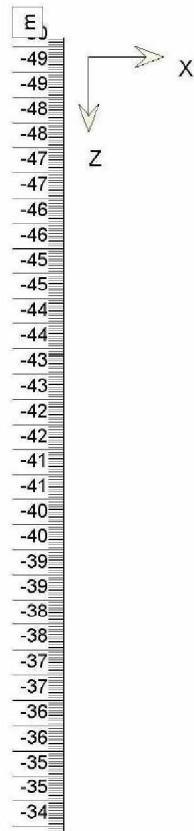
Annex DPG01

form:  
A4

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dsair7x.pjl

# Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

## Pile Map



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

date  
10/31/2014  
drv:  
KSI

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-daeibx.pjl

Annex DPG01

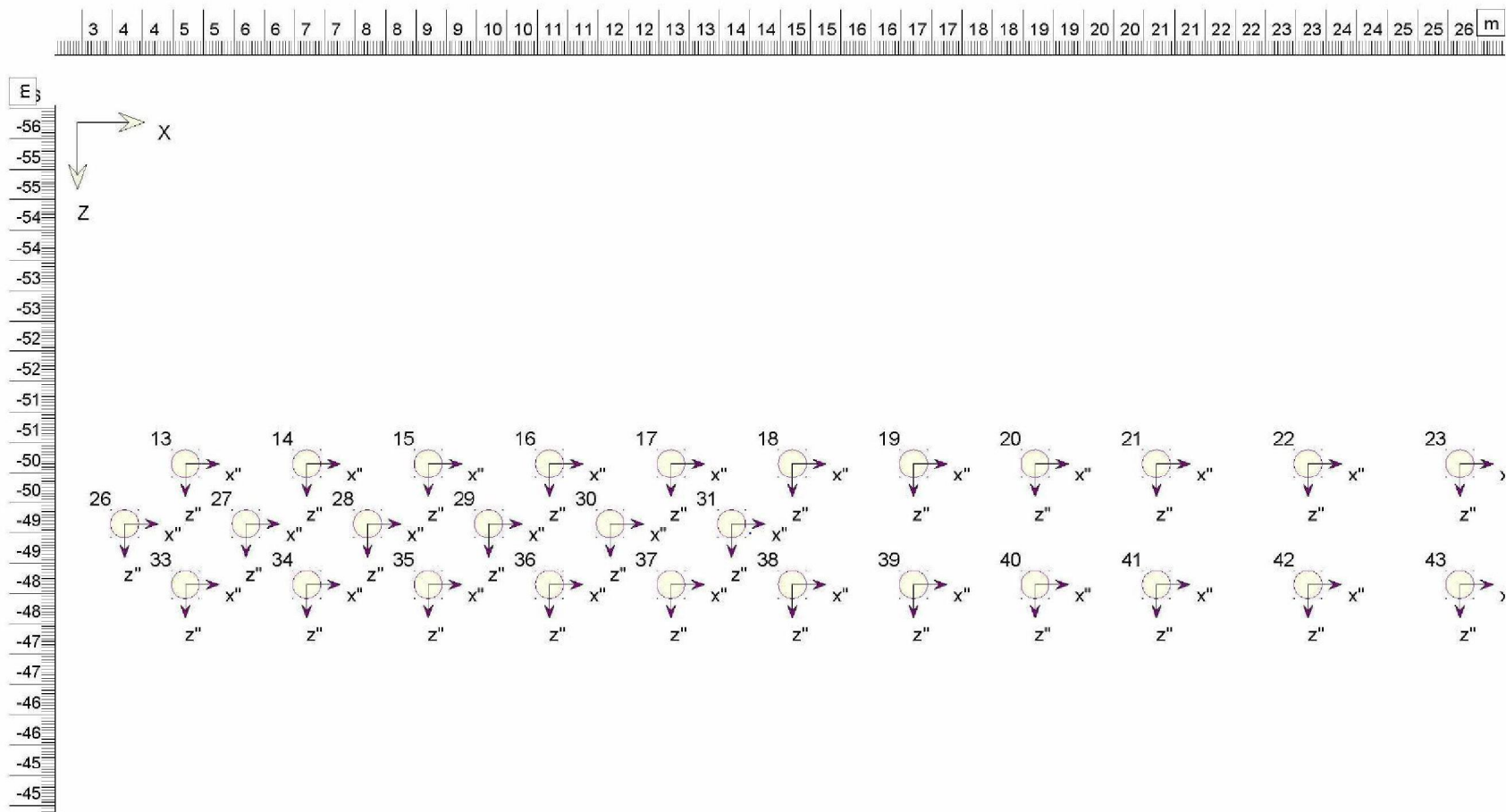
5008-0324-011

form:  
A4

dr:

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

#### Pile Map



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

date  
10/31/2014

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-Deeltek.pile

Annex DPG01

5008-0324-011

form.  
A4

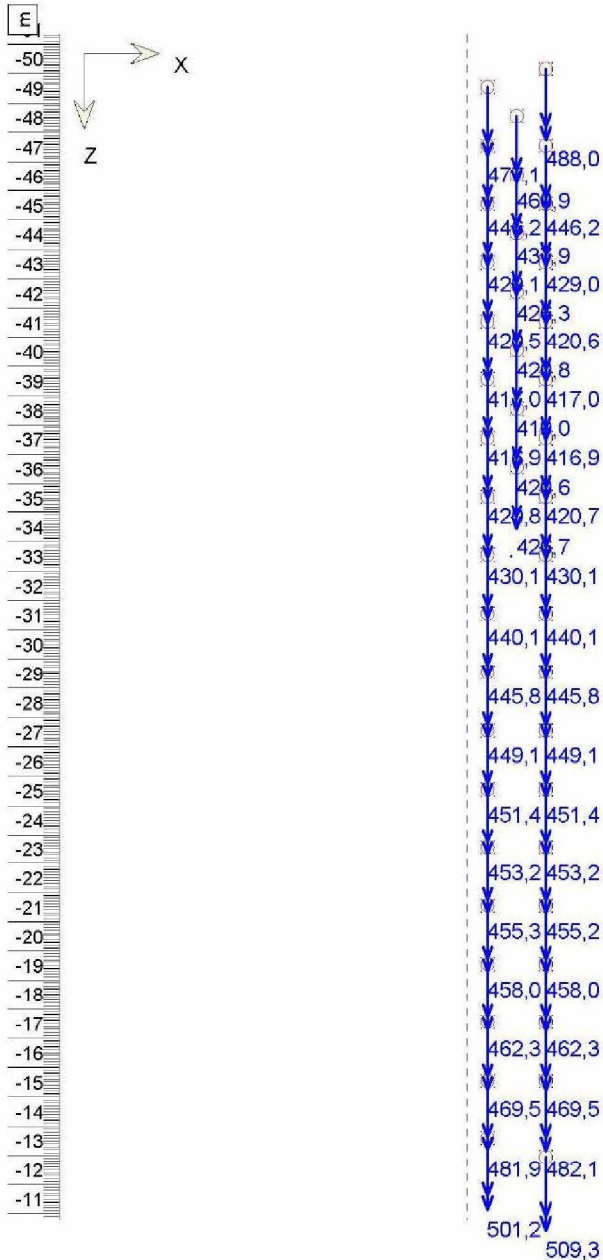
dr.  
KSI

**ATTACHEMENT:      Top view bending moments pile head**

**4**

# Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mzz [kNm] at step 1



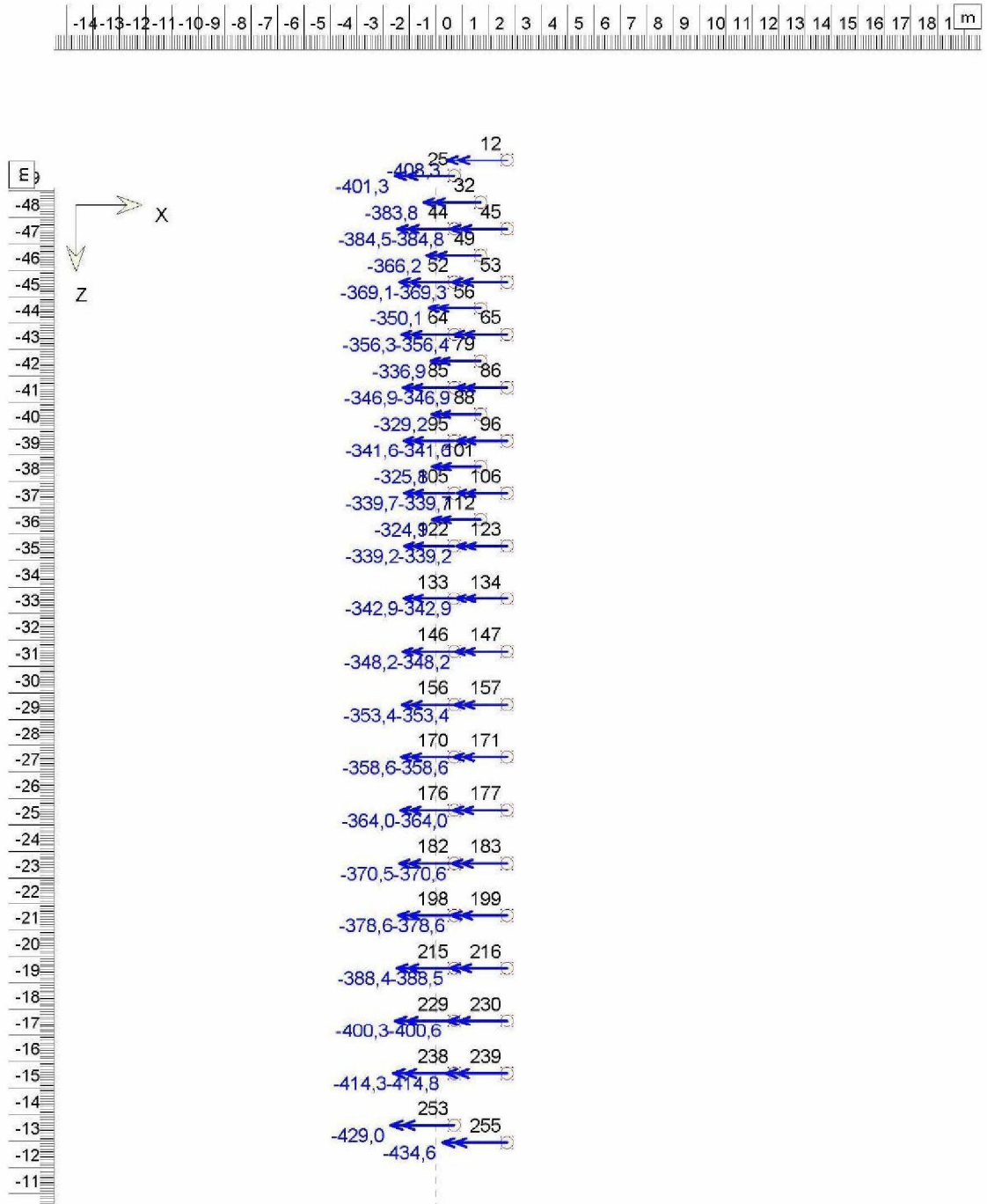
D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deel 1x.pil

UMCG Proton facility	Phone Fax	date 11/6/2014	drw. KSI
		5008-0324-011	ctr.
		Annex DPG01	fom. A4



# Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mxx [kNm] at step 1

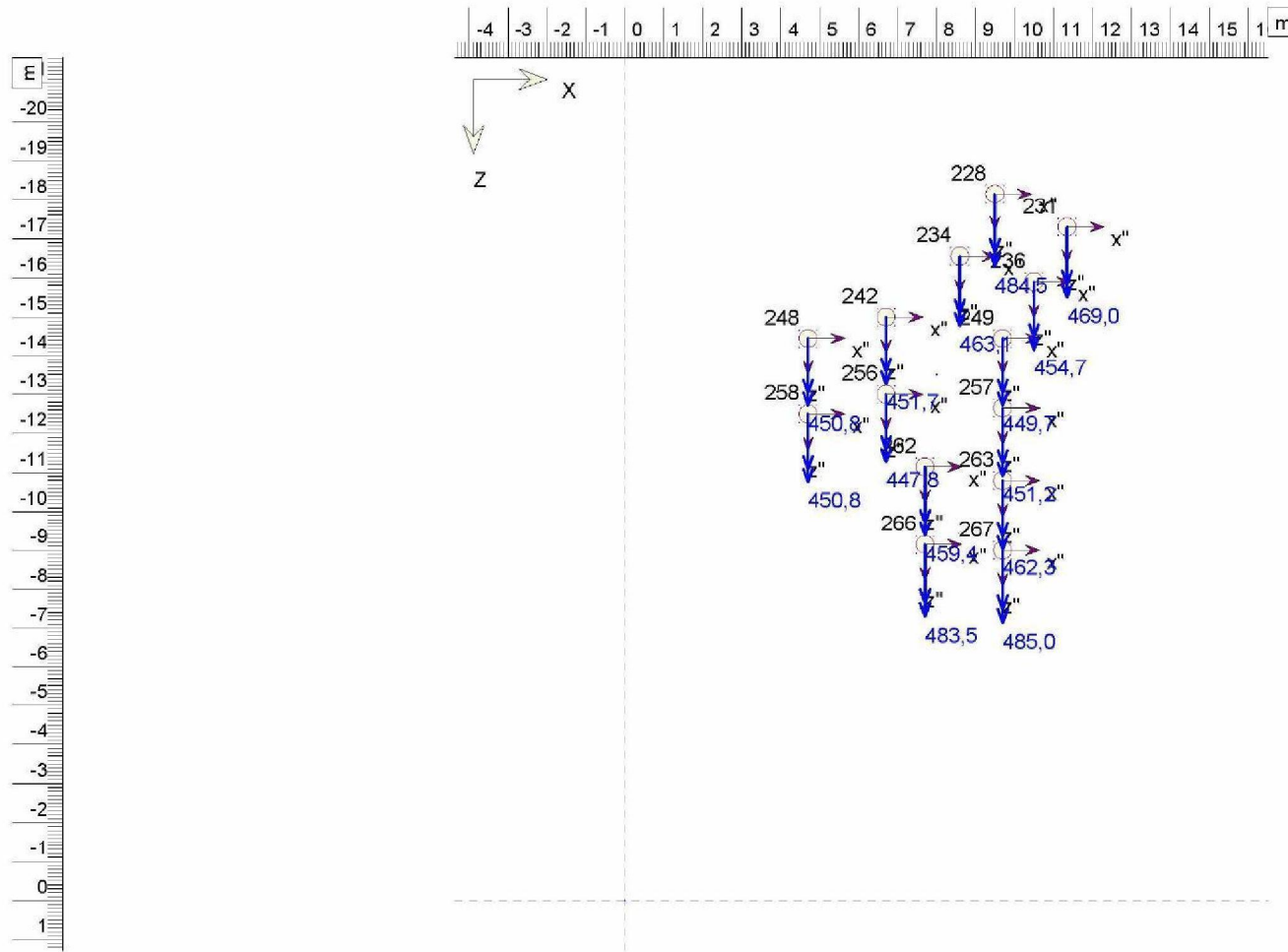


D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deel 1y.pil

Phone	date	drw.
Fax	11/6/2014	KSI
UMCG Proton facility	5008-0324-011	ctr.
	Annex DPG01	fom. A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mzz [kNm] at step 1



Phone  
Fax

D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dsai2c.pile

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dt:

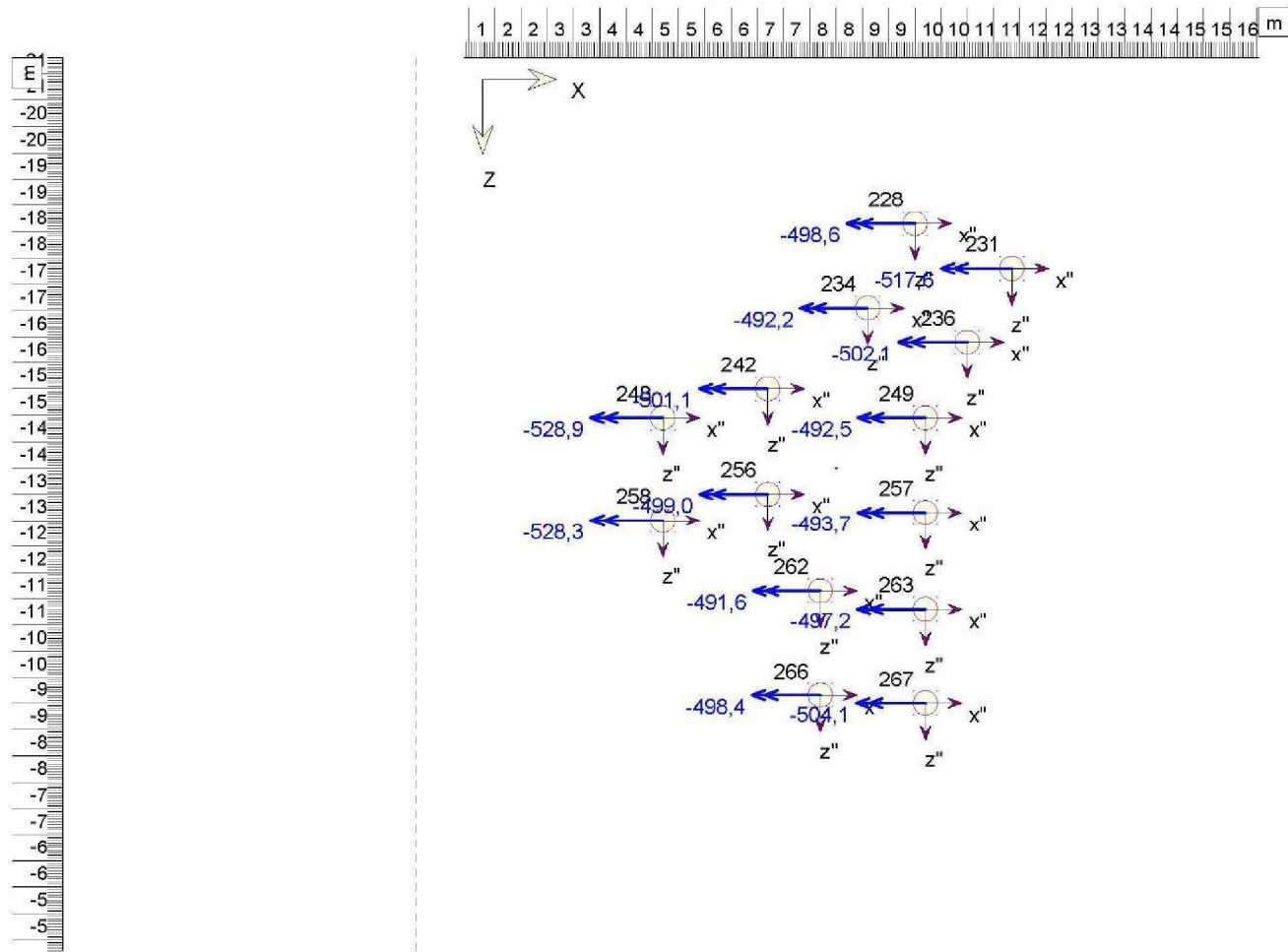
UMCG Proton facility

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mxx [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealyz.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

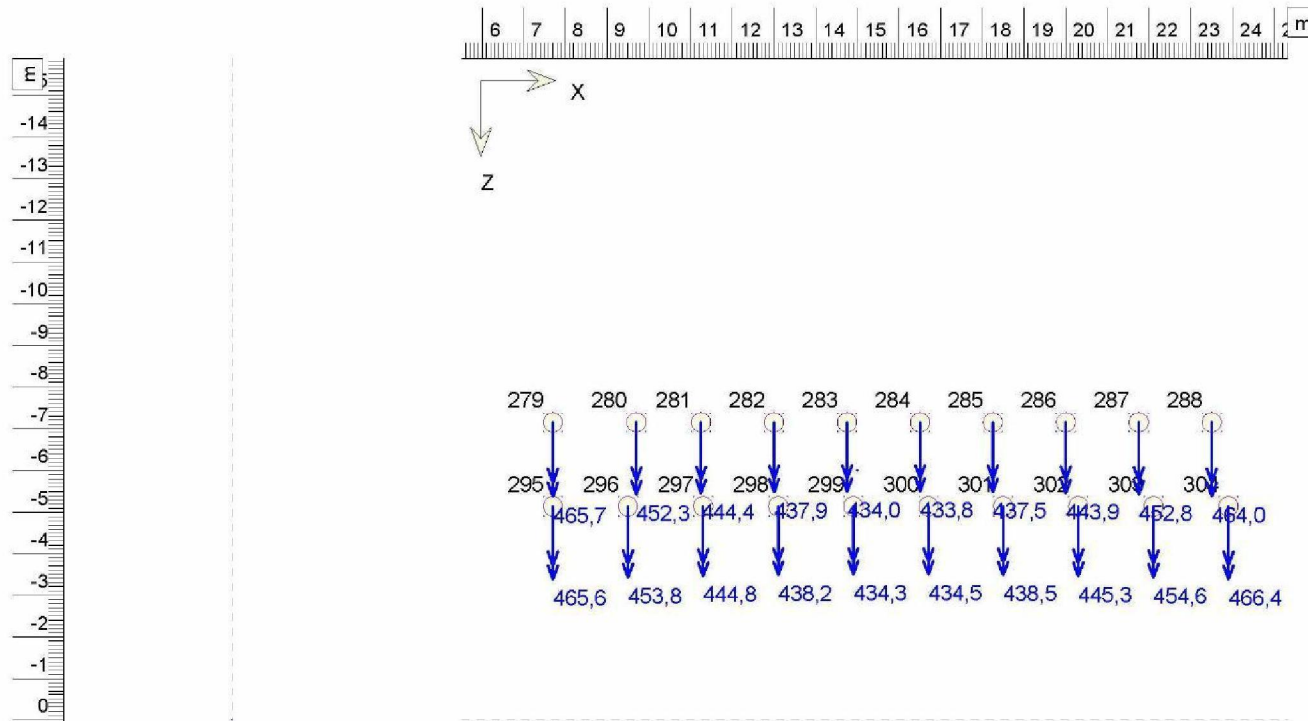
dt:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mzz [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D-Pile Group 1&1 : 5008-0324-011-dpalcx.pil

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

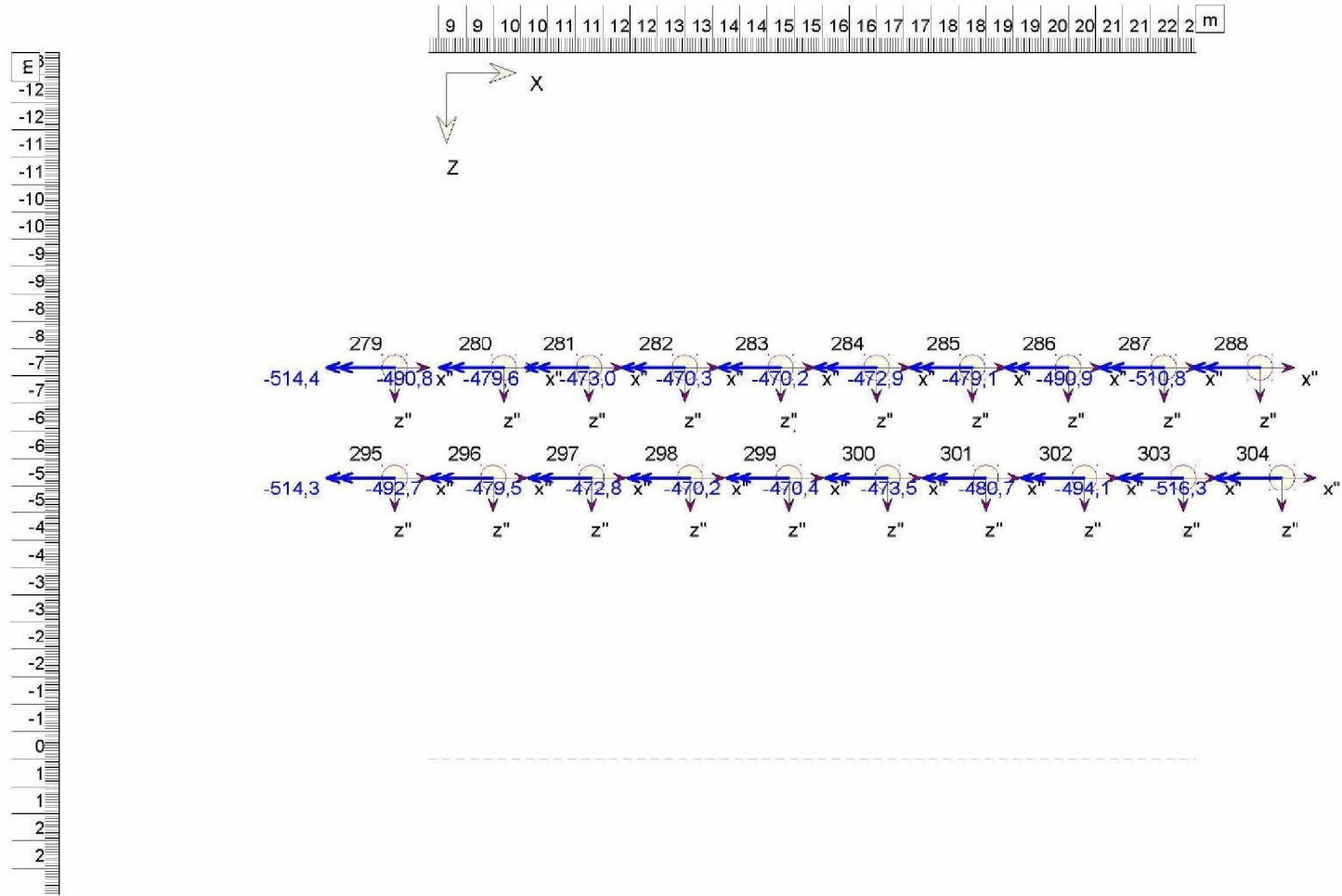
dt:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mxx [kNm] at step 1



Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deel3y.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dr:

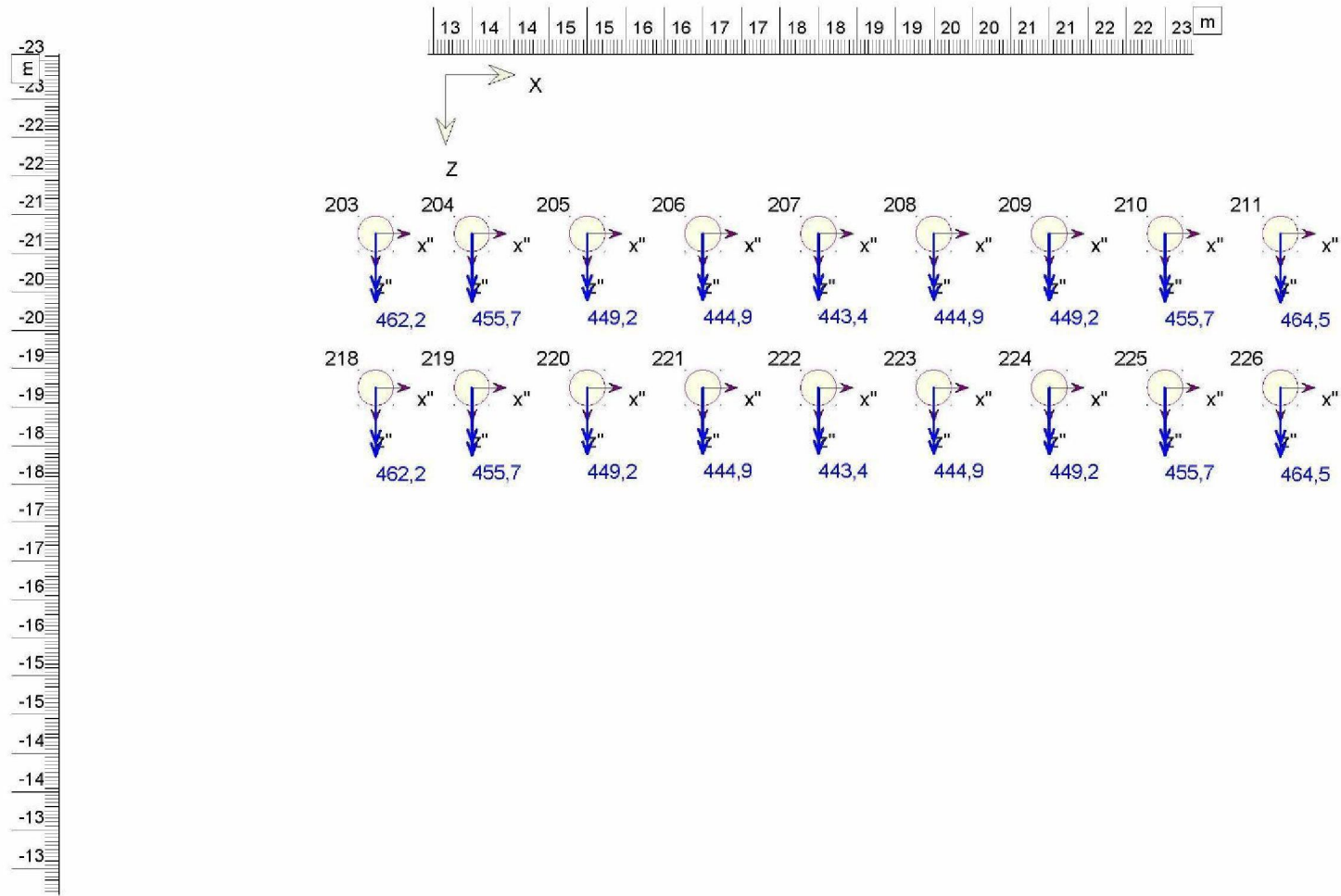
Annex DPG01

form:  
A4

UMCG Proton facility

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mzz [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-DeelB.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

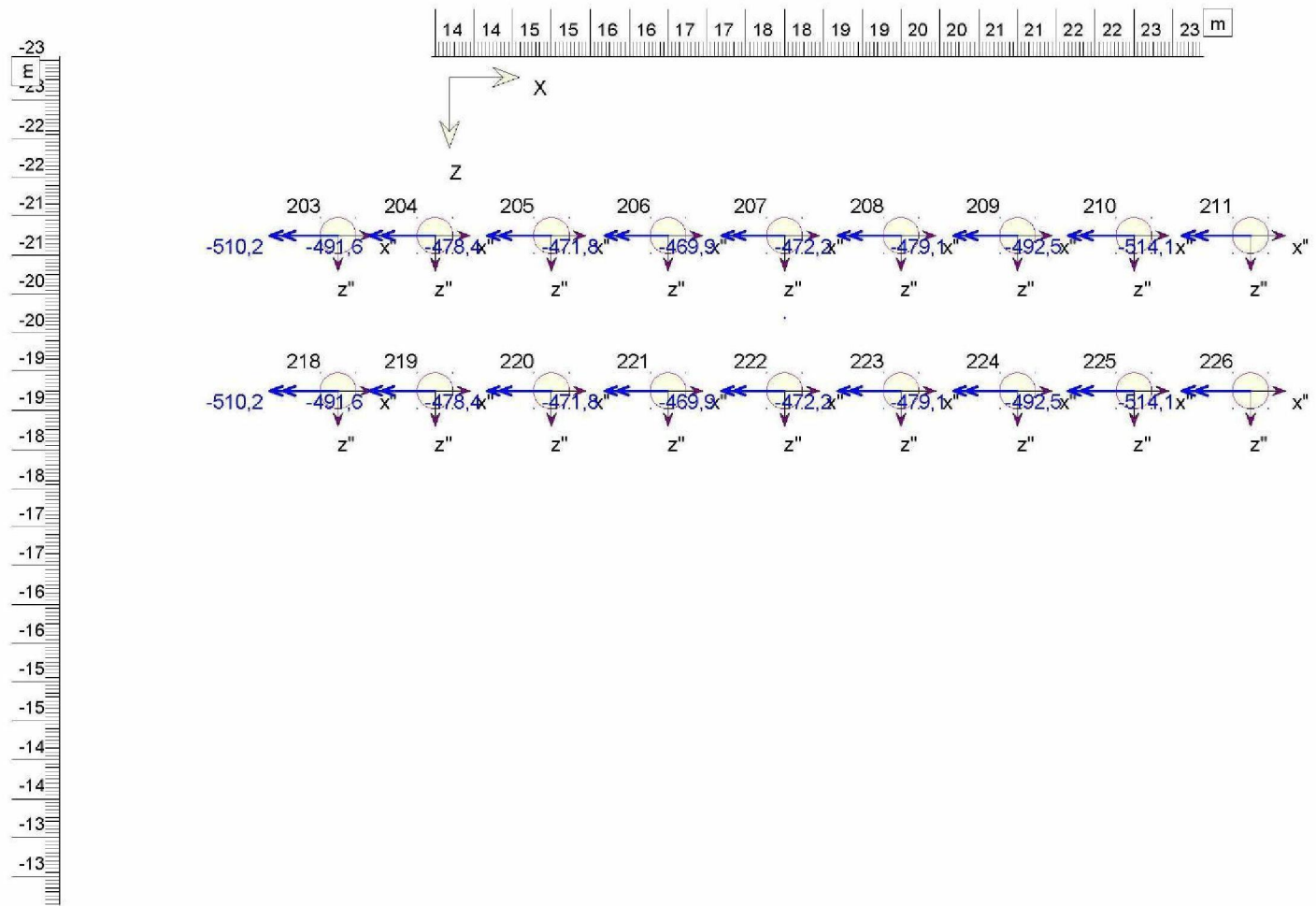
dr:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mxx [kNm] at step 1



Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-DeelGy.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dr:

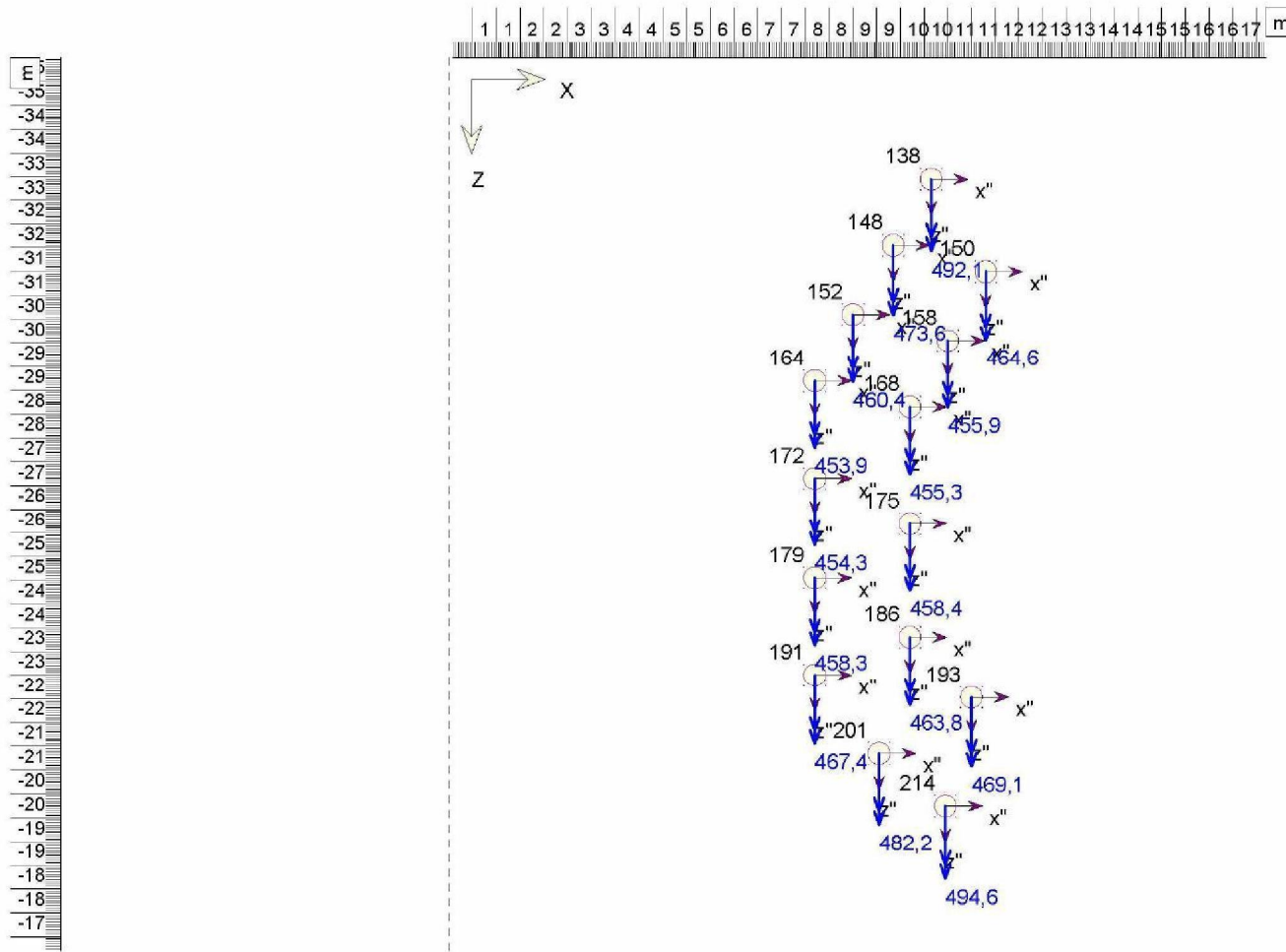
UMCG Proton facility

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mzz [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-daeibc.pjl

date

11/6/2014

drv:

KSI

5008-0324-011

dt:

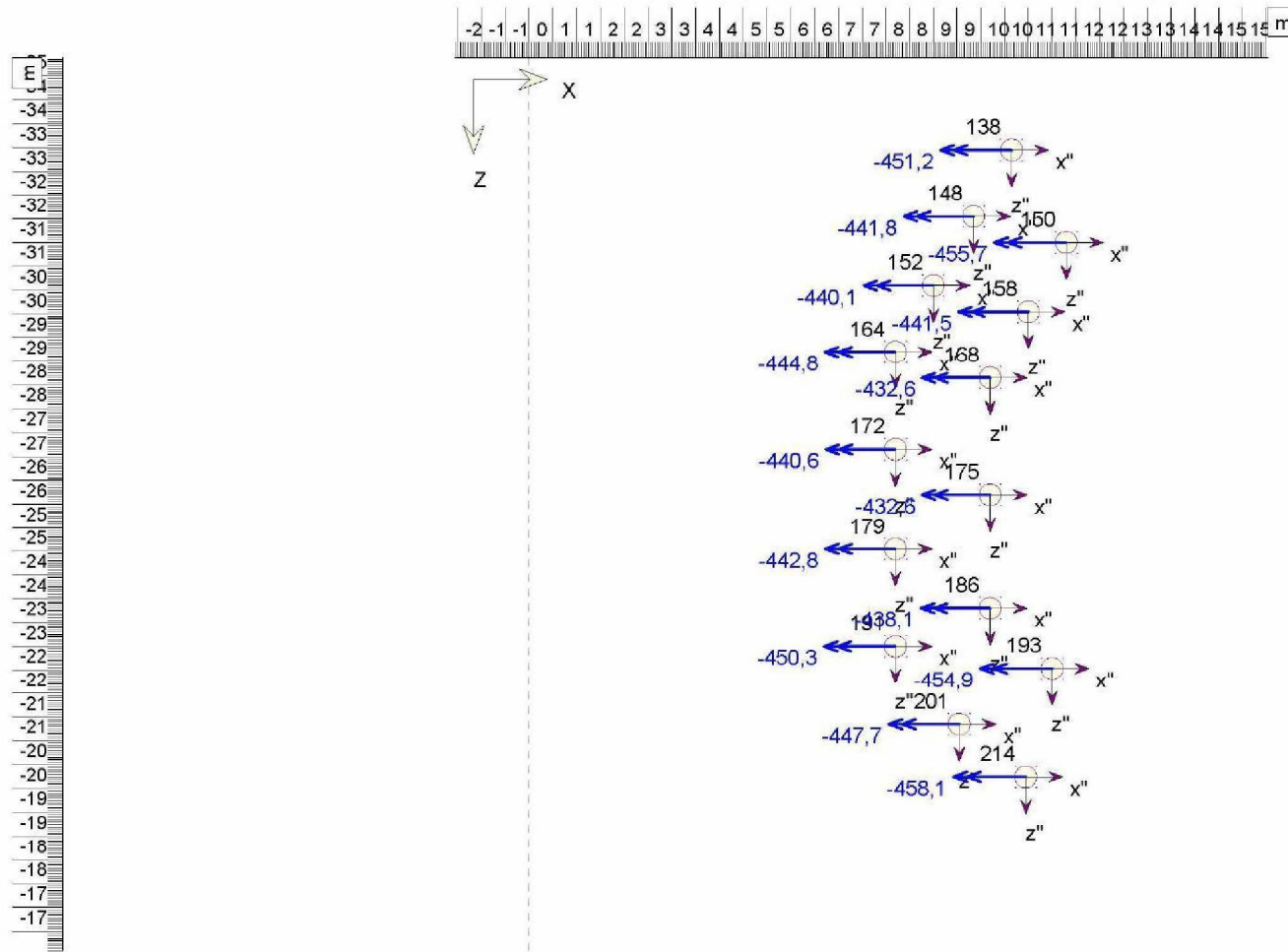
Annex DPG01

form:  
A4



### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mxx [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-DeelBy.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

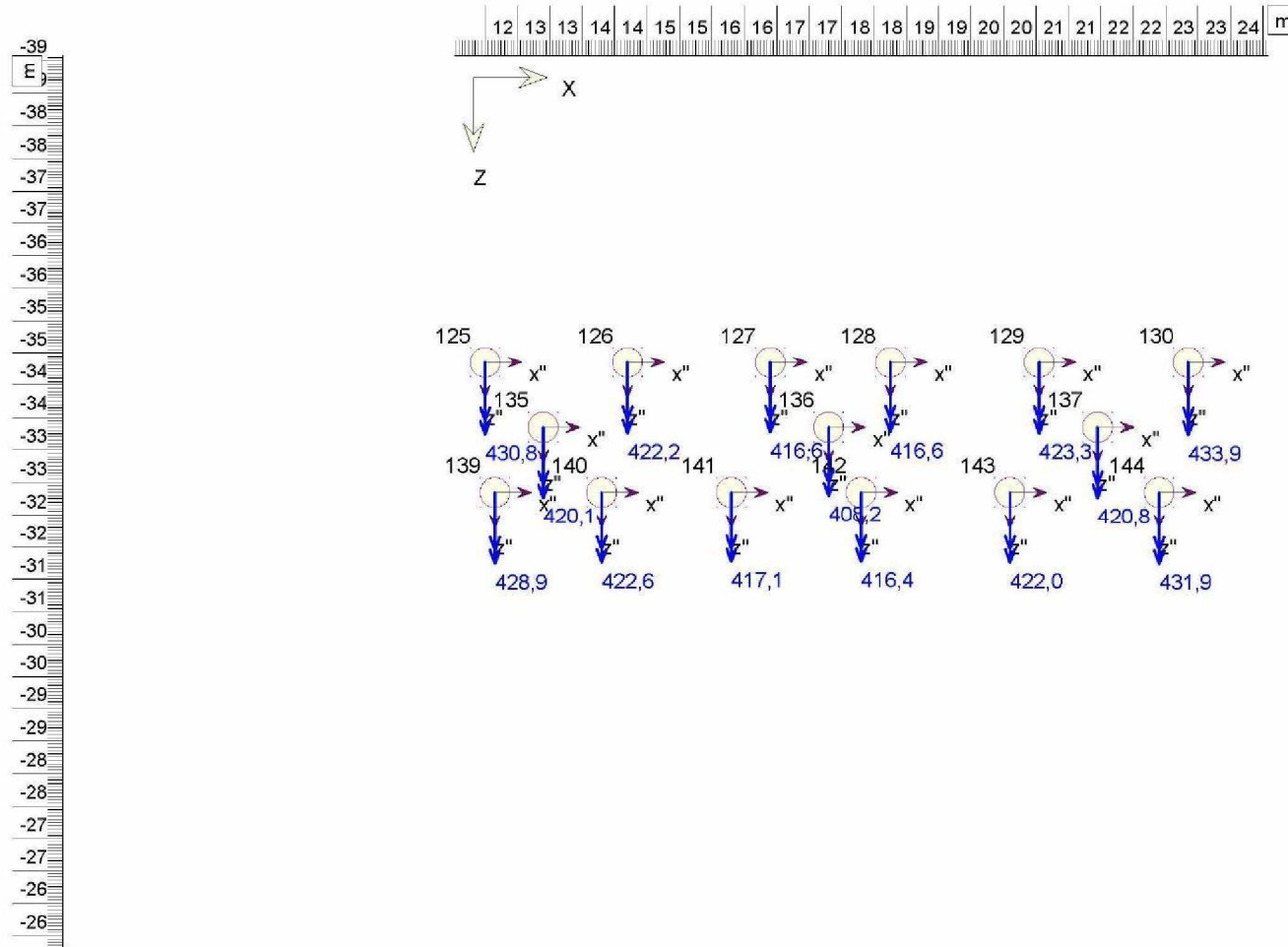
dt:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mzz [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dae17x.pjl

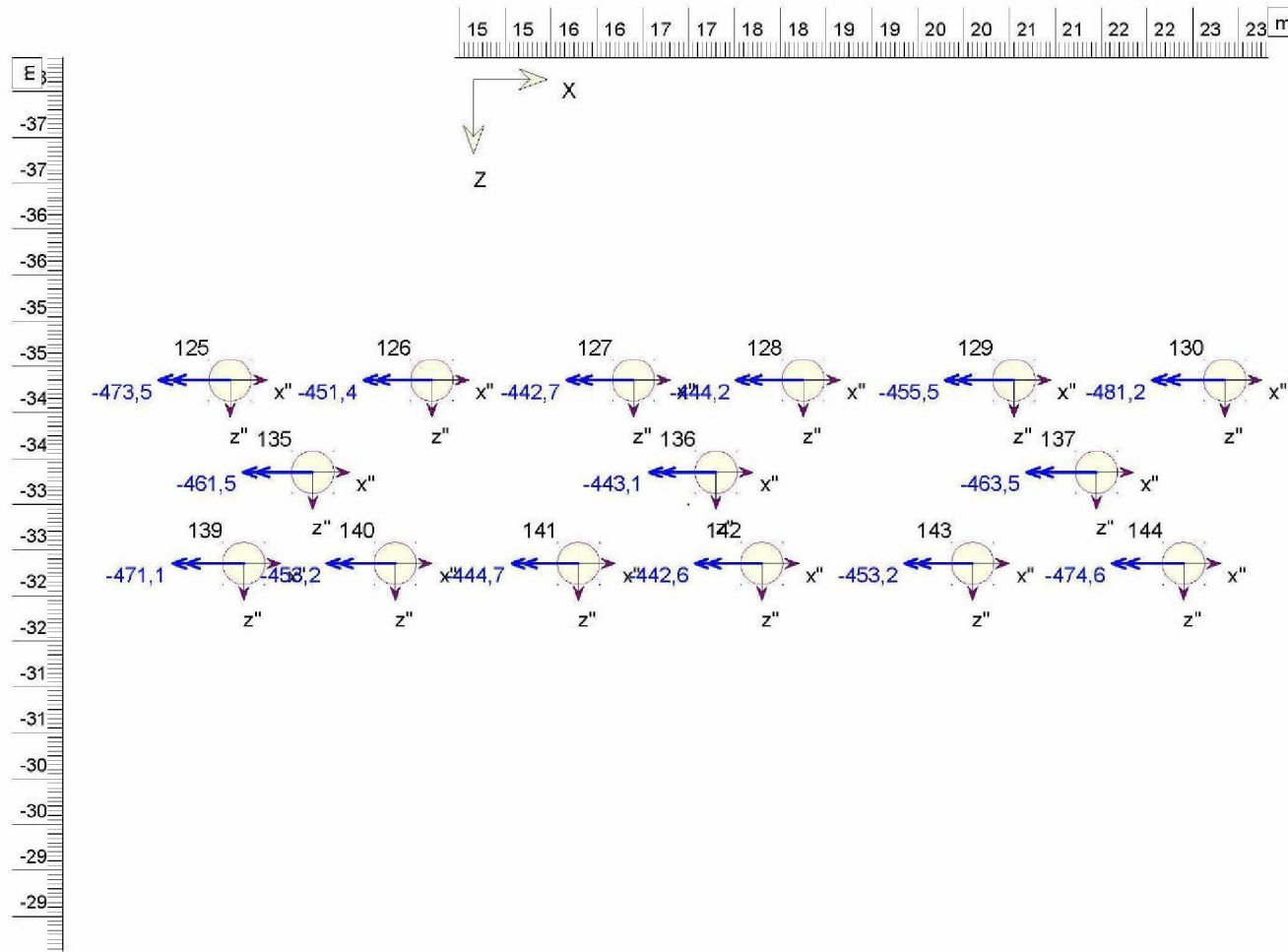
Annex DPG01

5008-0324-011

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mxx [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dea17y.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

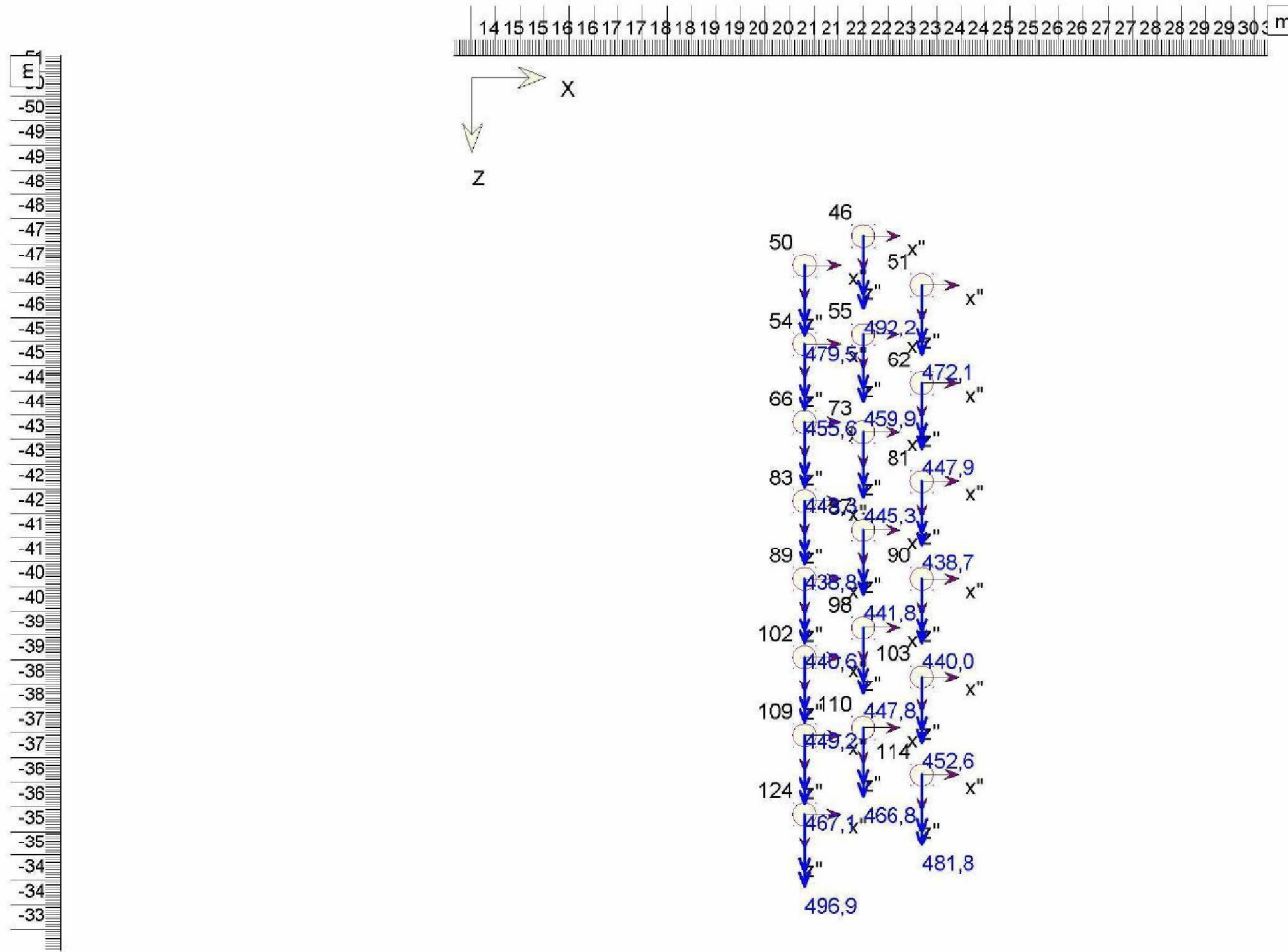
dr:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mzz [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-Dealtx.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

Annex DPG01

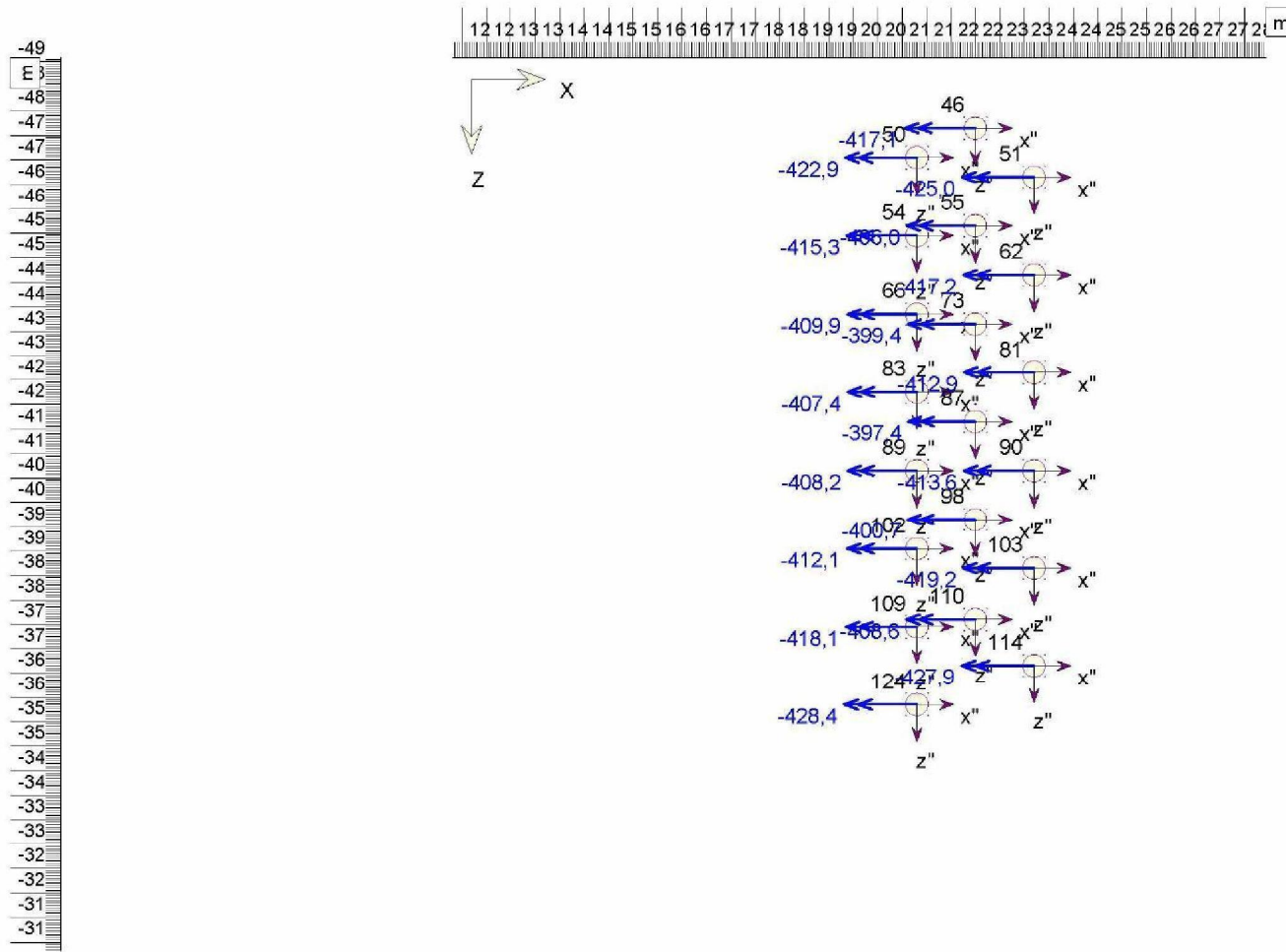
5008-0324-011

form:  
A4

dt:

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mxx [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealy.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

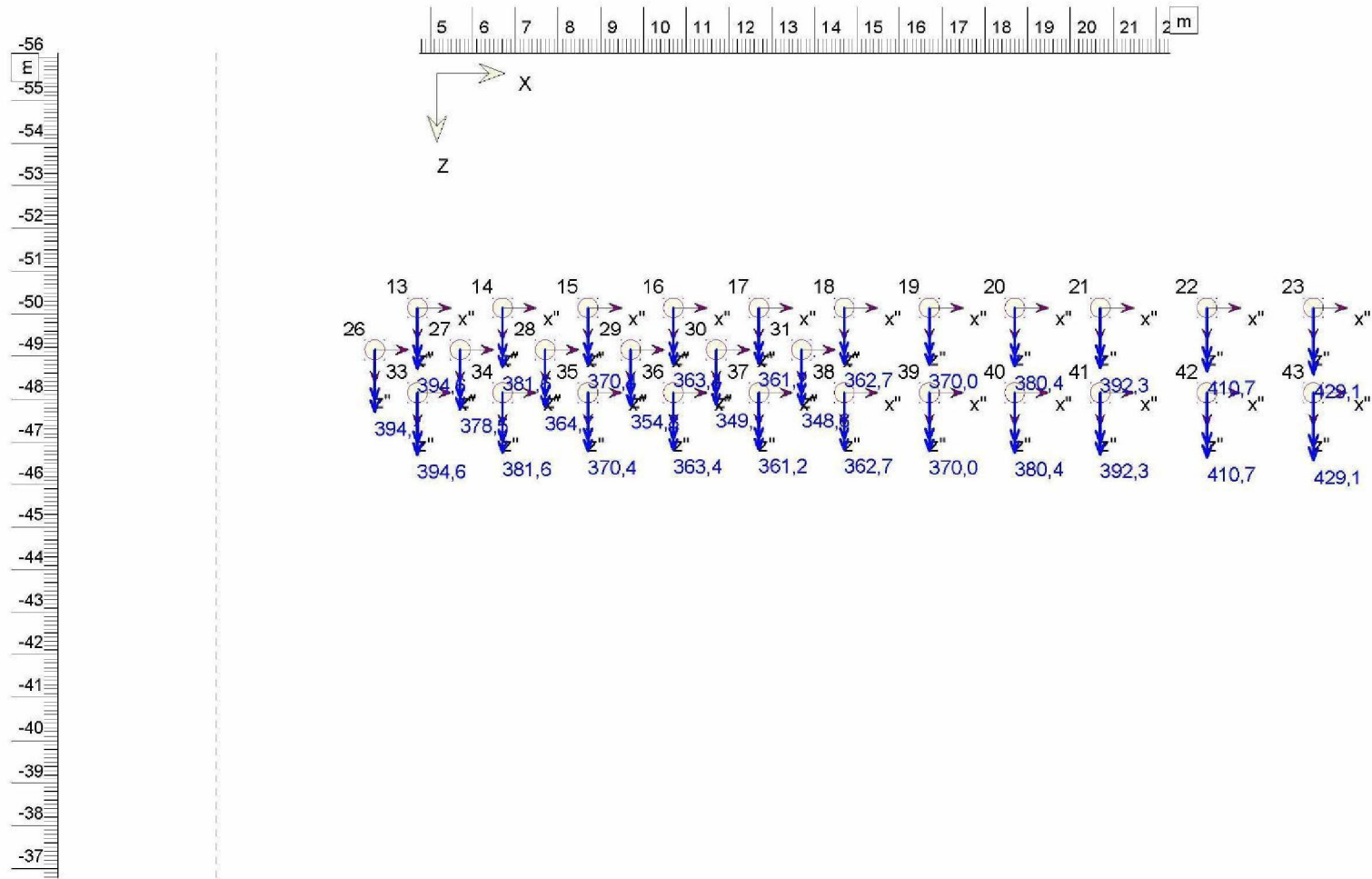
dt:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mzz [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-daeikr.pil

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

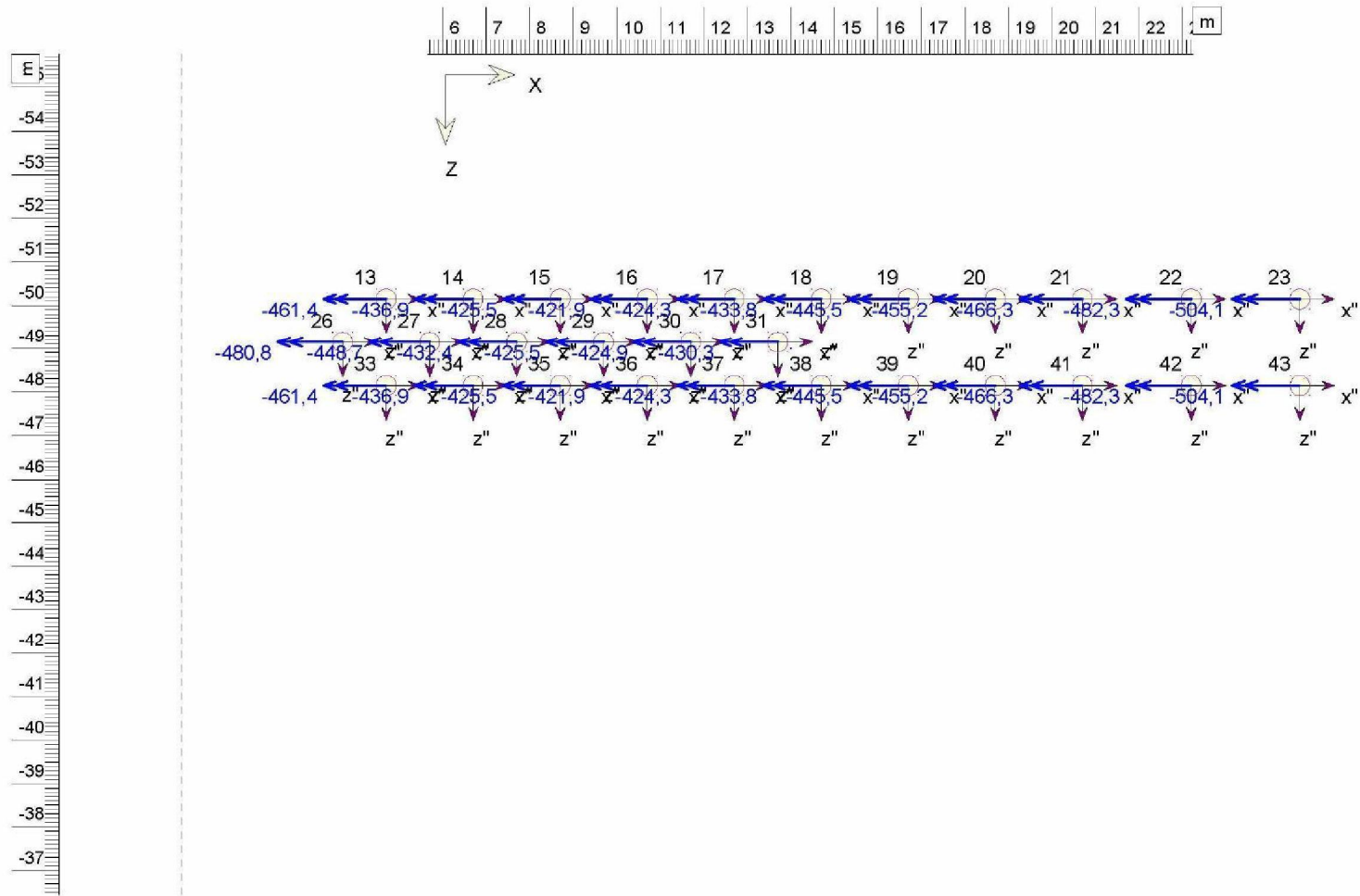
dr:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Mxx [kNm] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-Deelby.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dr:

Annex DPG01

form:  
A4

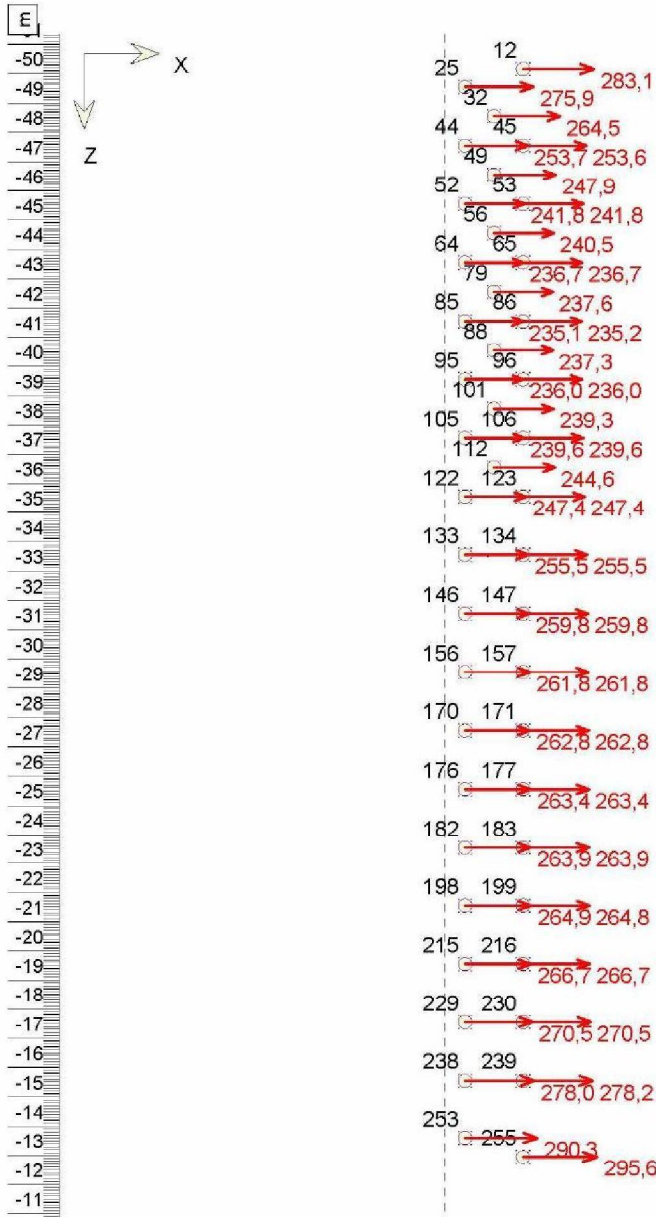
**ATTACHEMENT:      Top view shear forces pile head**

**5**



# Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fx [kN] at step 1

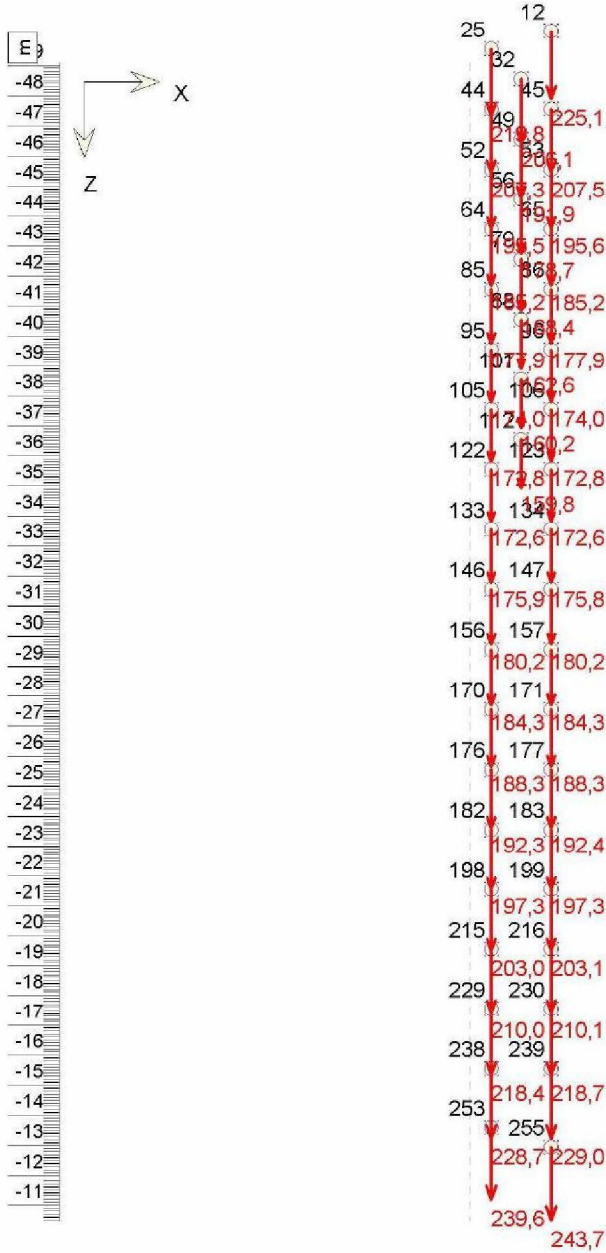


D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deel 1x.pil

Phone	date	drw.
Fax	11/6/2014	KSI
UMCG Proton facility	5008-0324-011	ctr.
	Annex DPG01	fom. A4

# Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

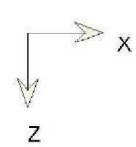
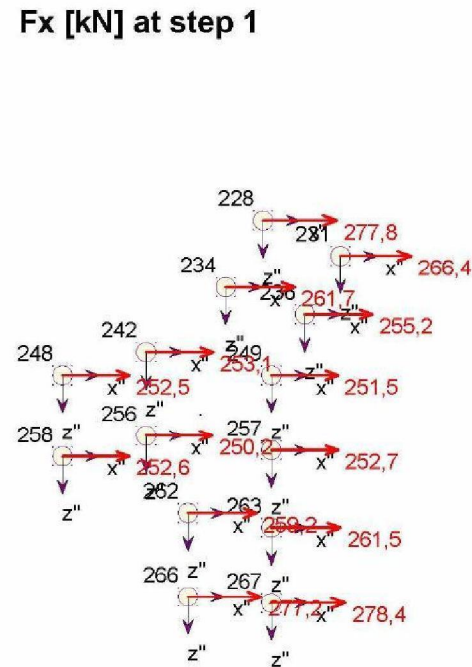
Fz [kN] at step 1



D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deel 1y.pil

	Phone Fax	date 11/6/2014	drw. KSI
UMCG Proton facility		5008-0324-011	dr.
		Annex DPG01	fom. A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)



Phone  
Fax

UMCG Proton facility

D-Pile Group 1&1 : 5008-0324-011-dae12c.pil

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

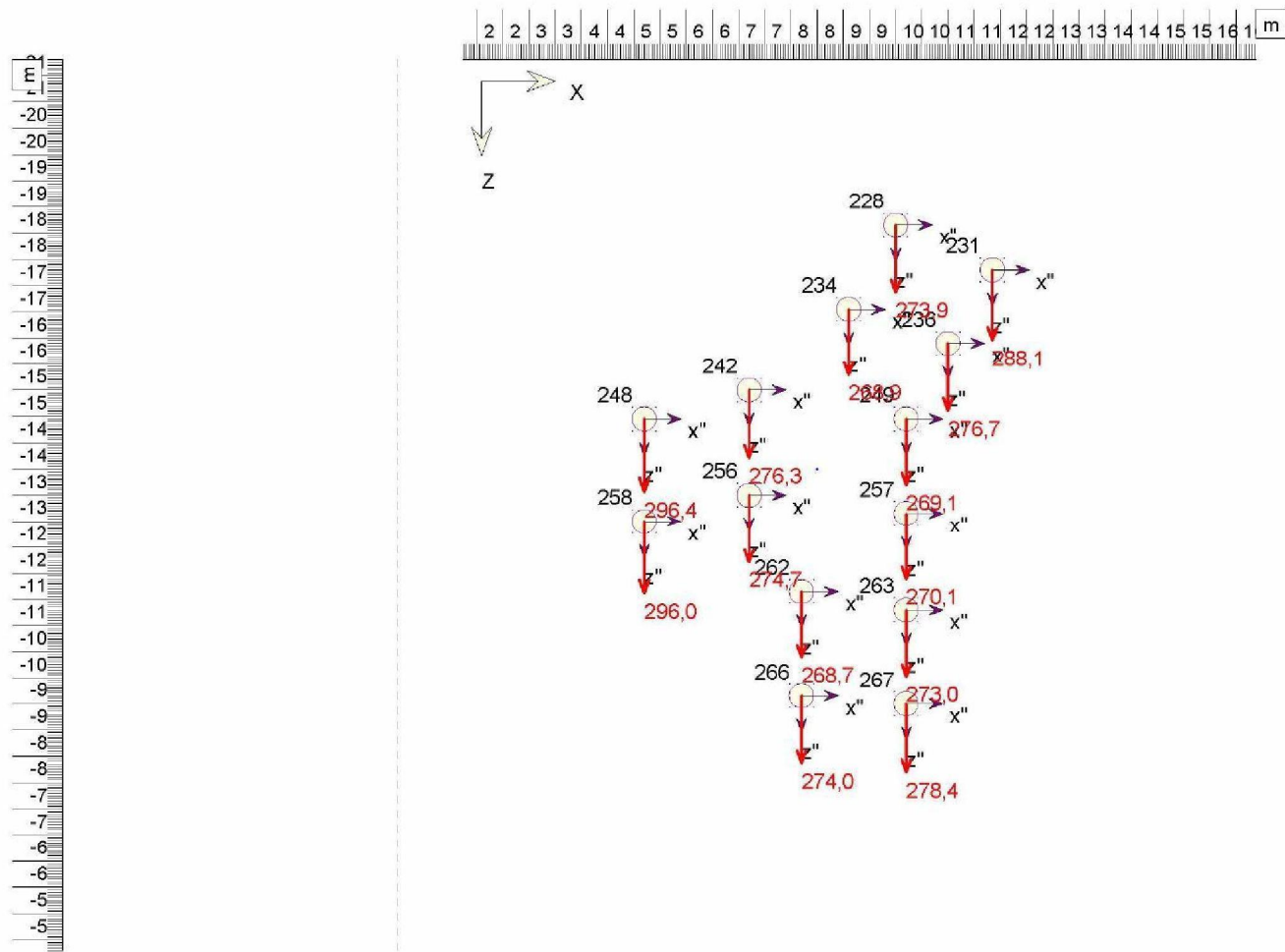
dr:  
form.

Annex DPG01

A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fz [kN] at step 1



Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dca2y.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dt:

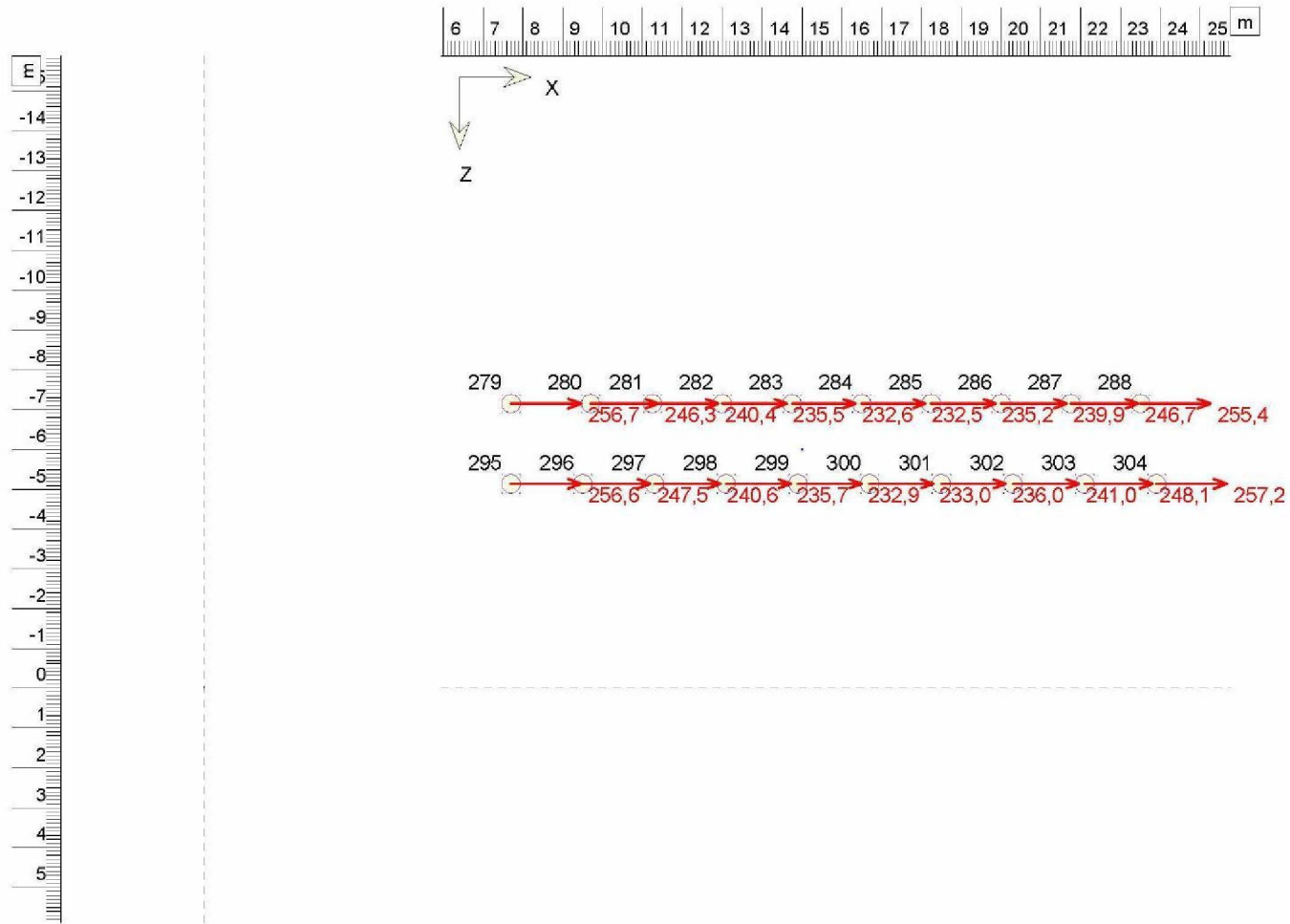
UMCG Proton facility

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fx [kN] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-Deel3x.pil

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

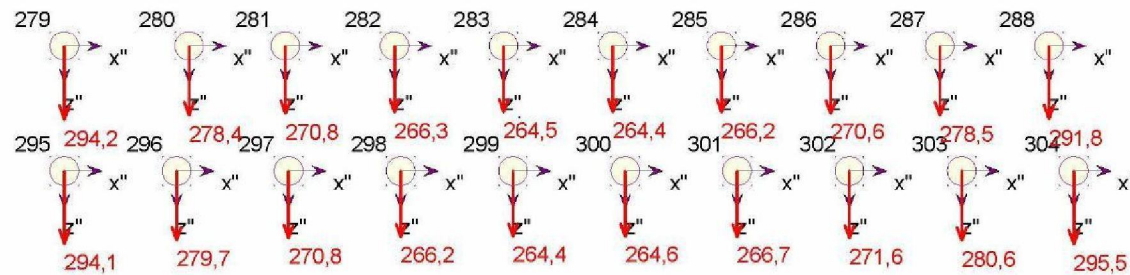
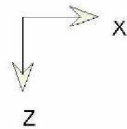
dt:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fz [kN] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deal3y.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

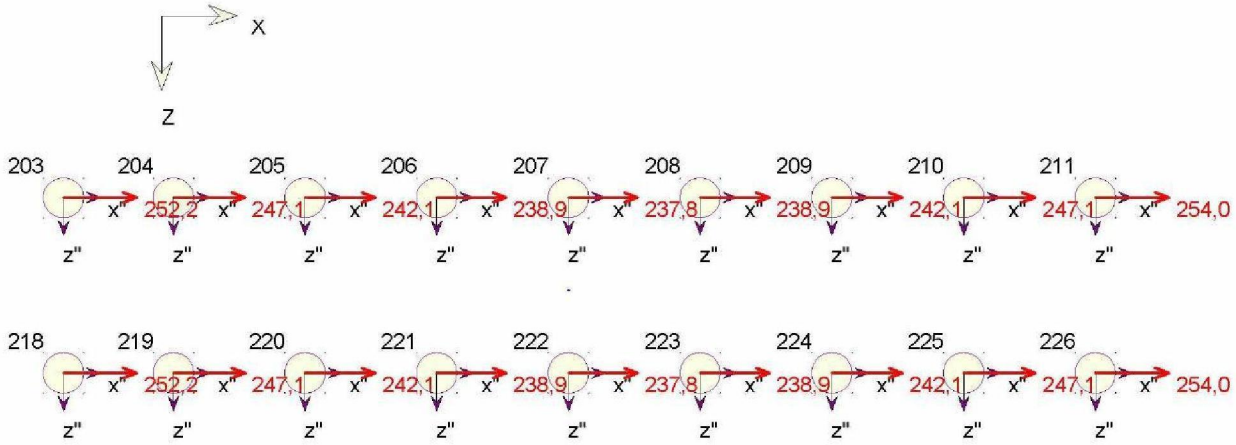
dr:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fx [kN] at step 1

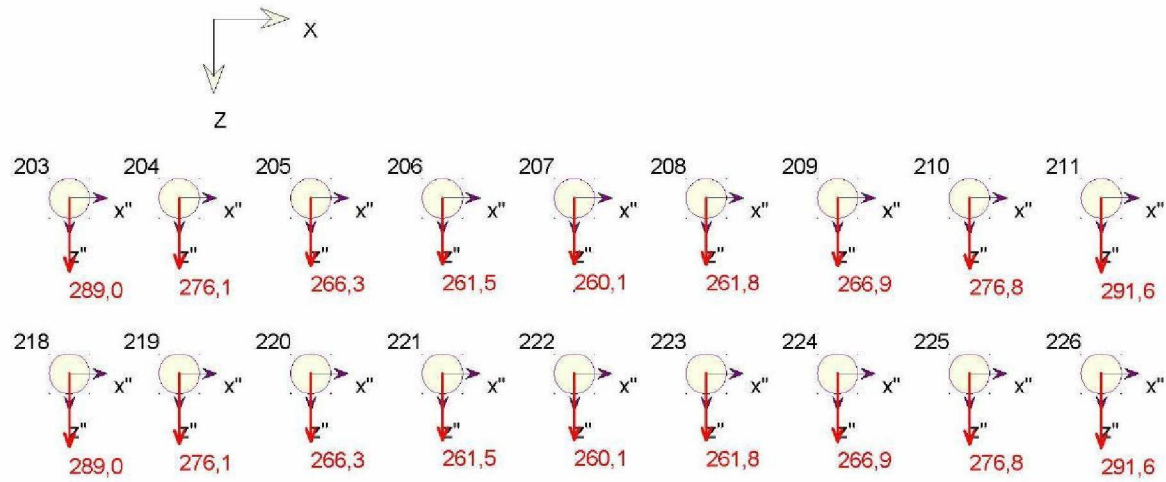


UMCG Proton facility		Phone	
		Fax	
		date	
		11/6/2014	
		drv:	
		KSI	
		dr:	
		5008-0324-011	
		Annex DPG01	
		form:	
		A4	

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealix.pjl

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fz [kN] at step 1



Phone  
Fax

D-Pile Group 1&1 : 5008-0324-011-dealy.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dr:

form:

A4

UMCG Proton facility

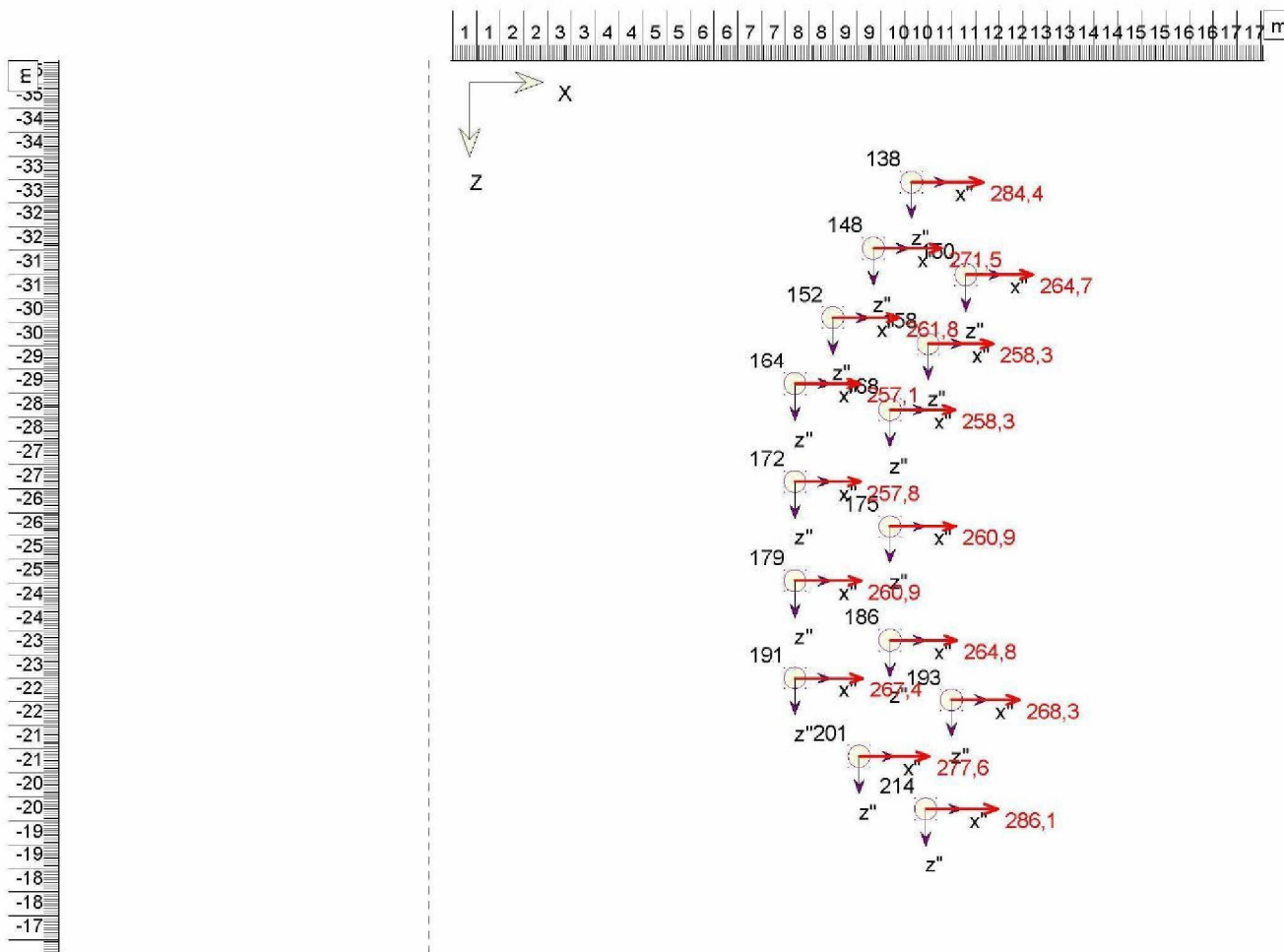
Annex DPG01

A4



### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fx [kN] at step 1



Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-daeibc.pjl

date

11/6/2014

drv:

KSI

5008-0324-011

dt:

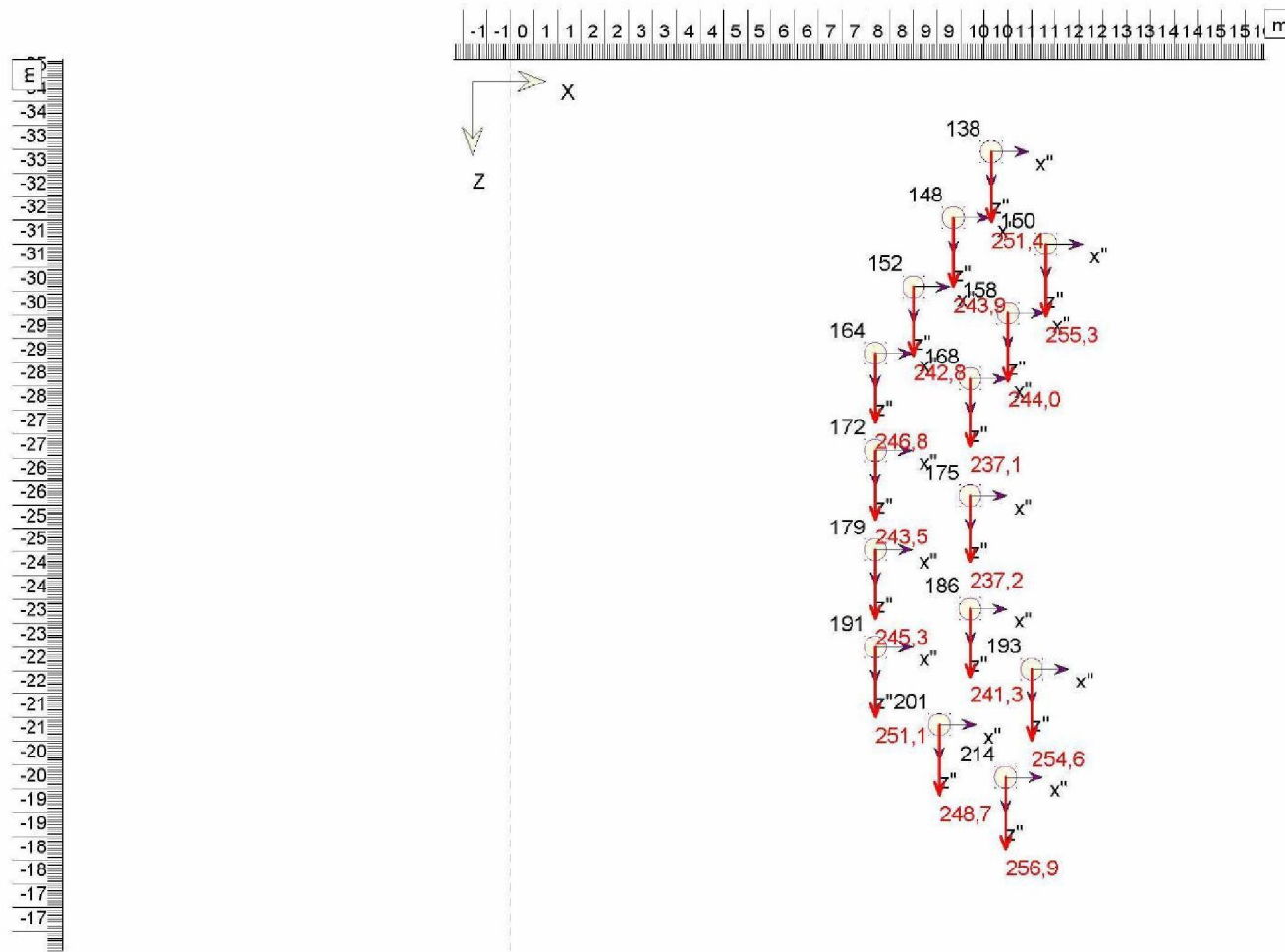
Annex DPG01

form:  
A4

UMCG Proton facility

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fz [kN] at step 1



Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealby.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

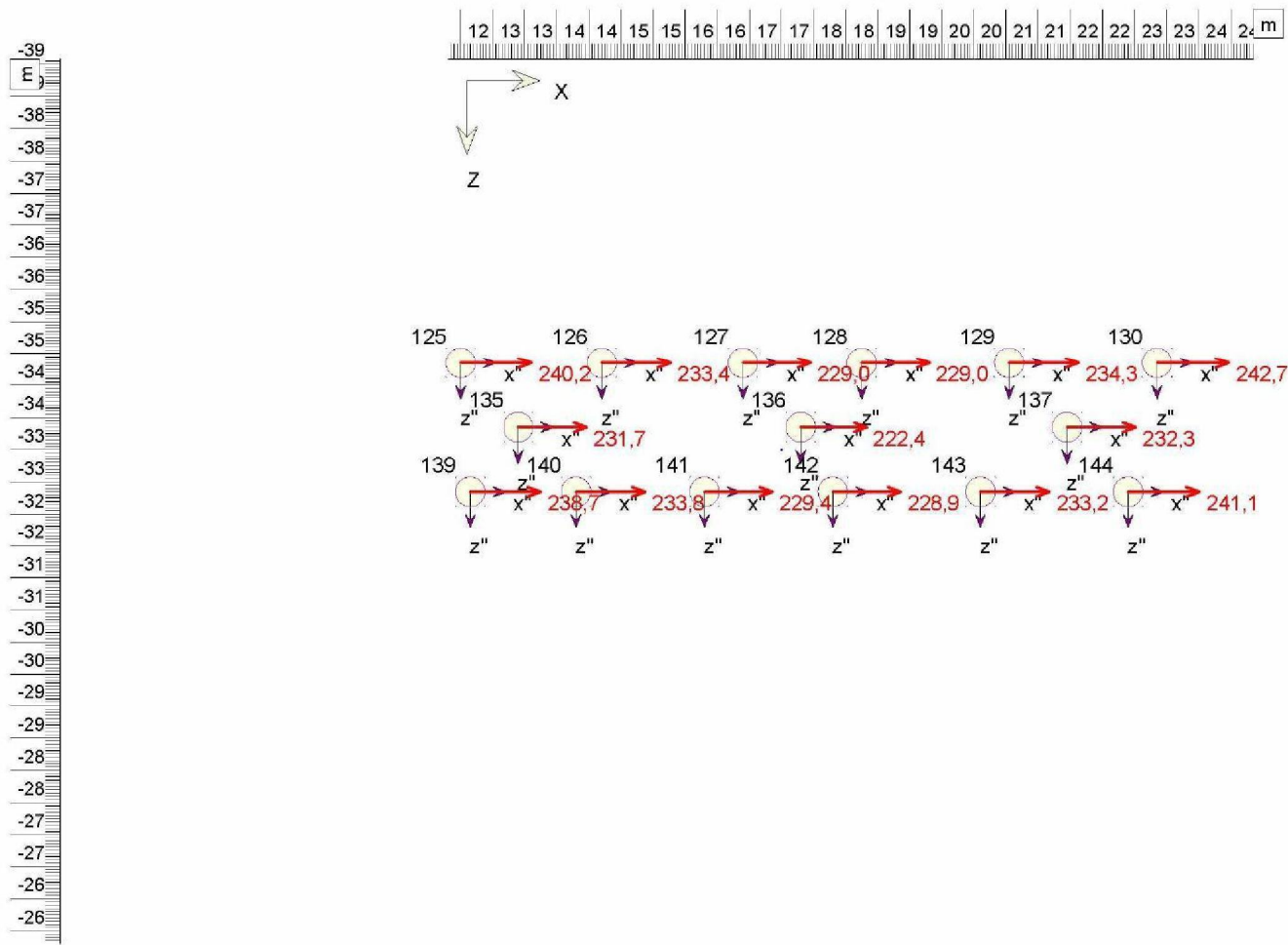
dt:

Annex DPG01  
A4

UMCG Proton facility

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fx [kN] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dea17x.pil

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

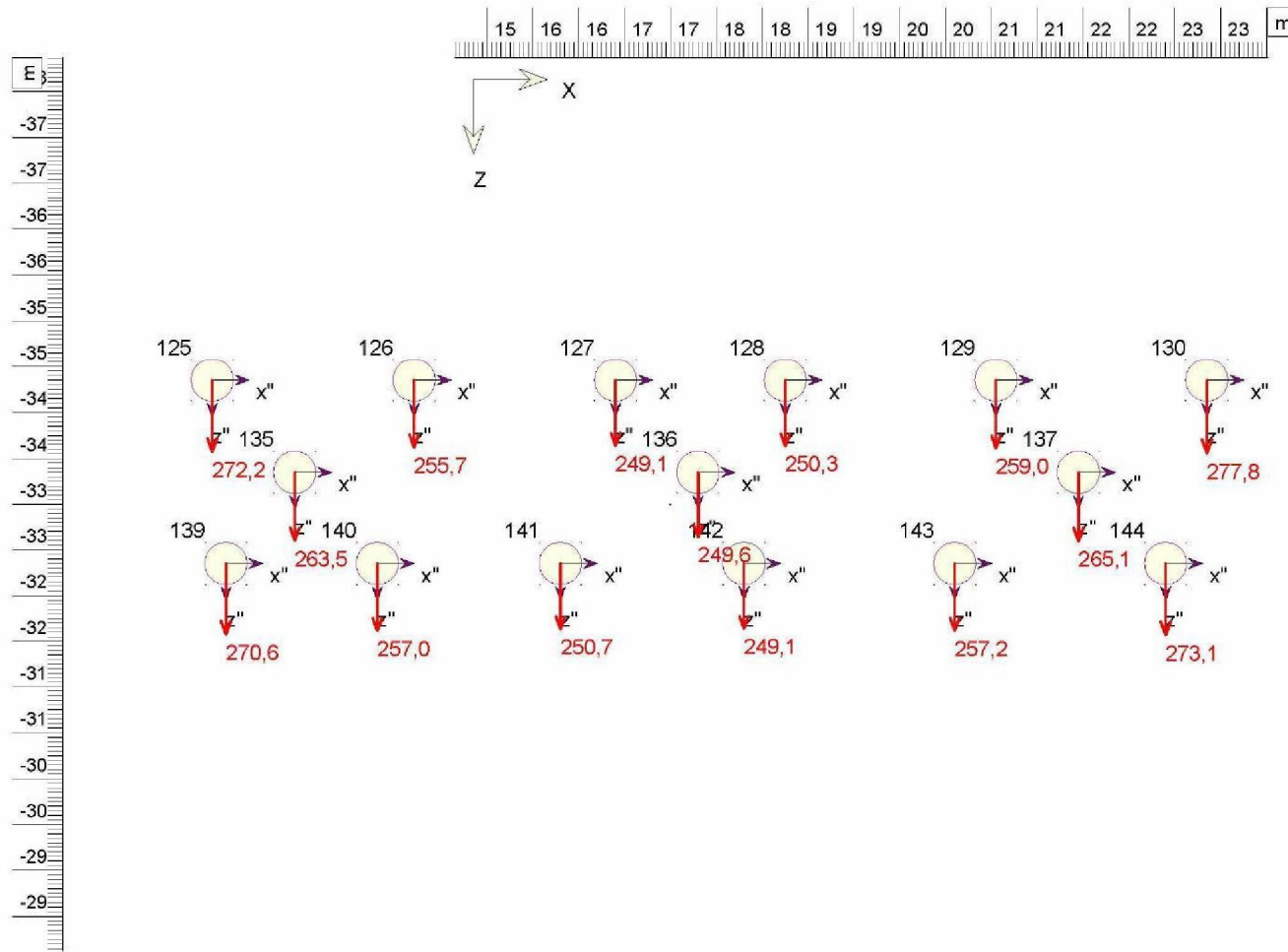
dt:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fz [kN] at step 1



Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dea7y.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dt:

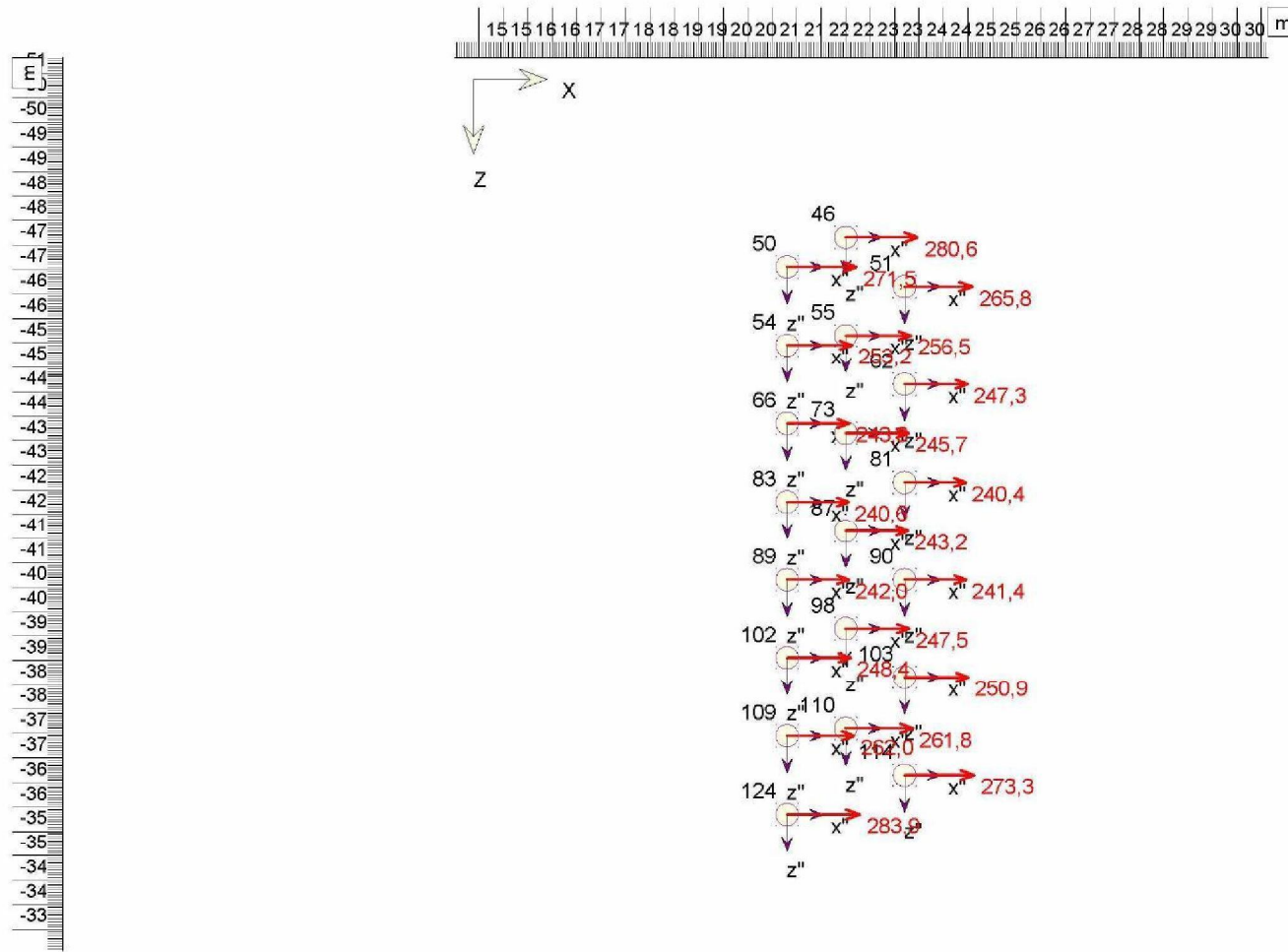
UMCG Proton facility

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fx [kN] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-DeelBx.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

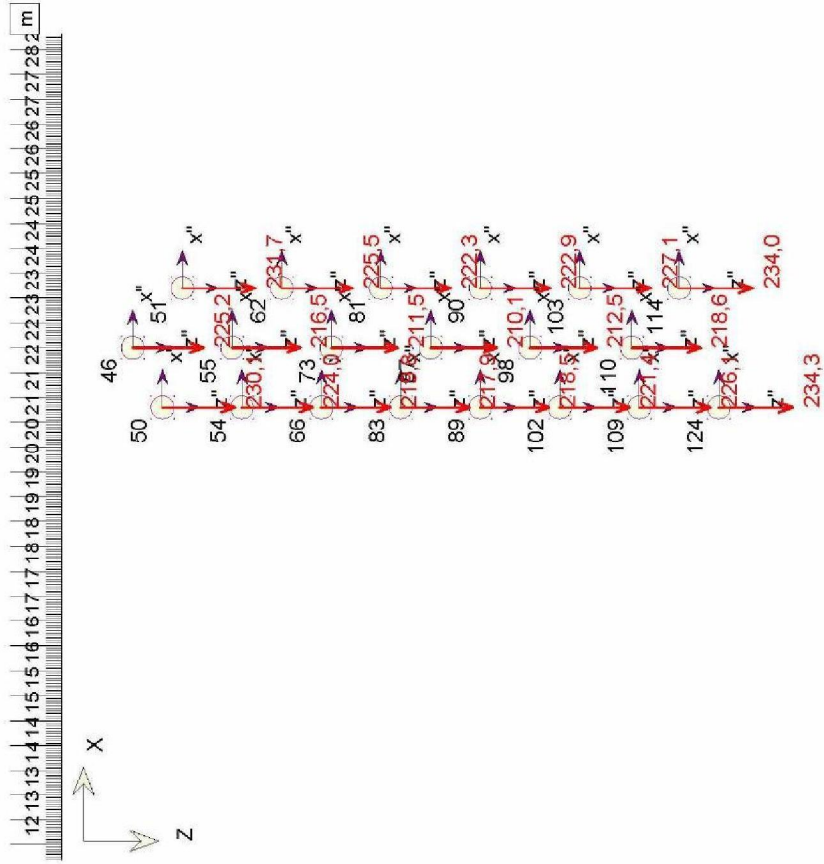
Annex DPG01

5008-0324-011

form:  
A4

## Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fz [kN] at step 1



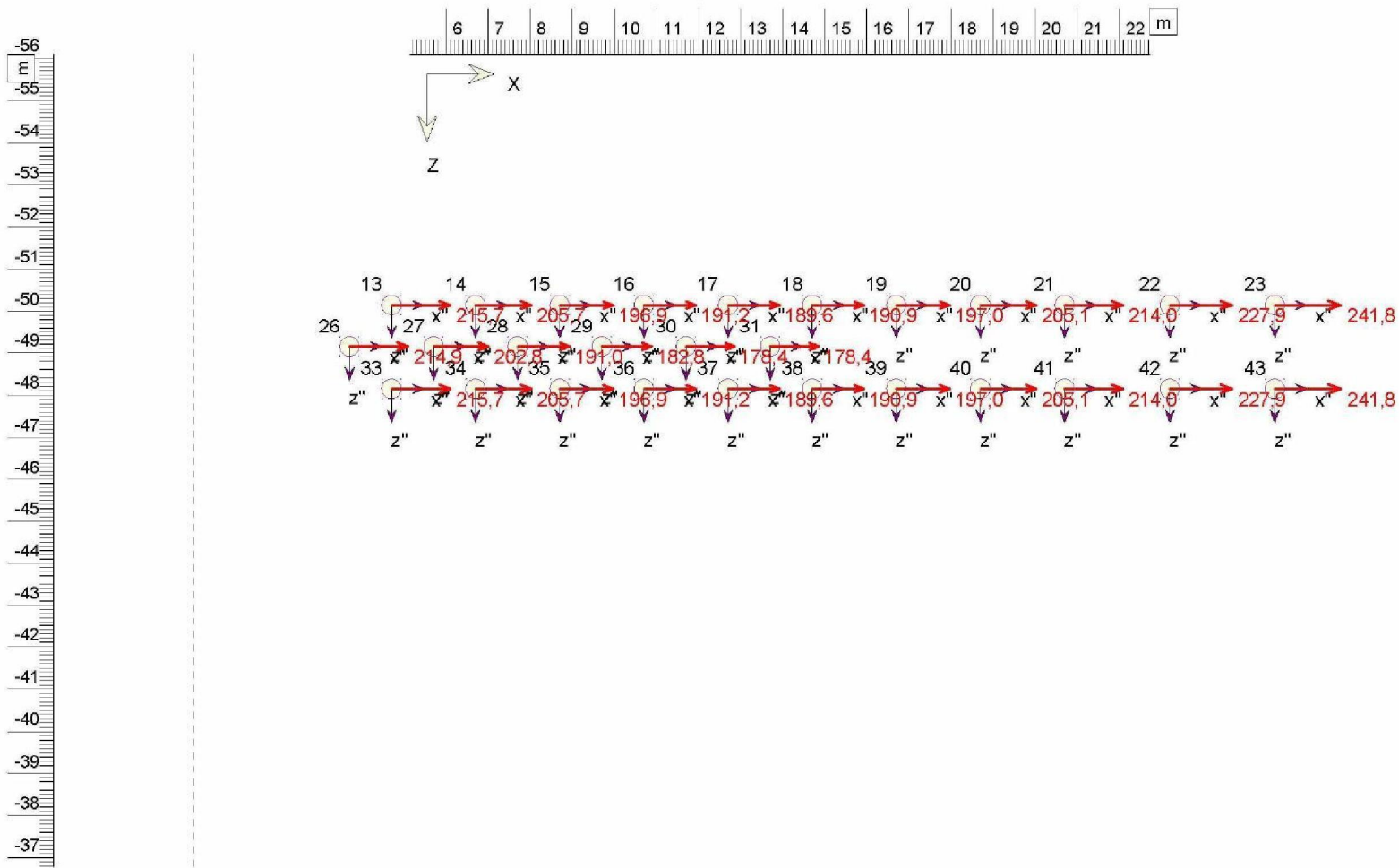
-49
E
-46
-47
-47
-46
-46
-45
-45
-44
-44
-43
-43
-42
-42
-41
-41
-40
-40
-39
-39
-38
-38
-37
-37
-36
-36
-35
-35
-34
-34
-33
-33
-32
-32
-31
-31

D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deel8y.pii

UMCG Proton facility	Phone	date	drw.
	Fax	11/6/2014	KSI
		5008-0324-011	dr.
		Annex DPG01	fom. A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fx [kN] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealix.pjl

date  
11/6/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

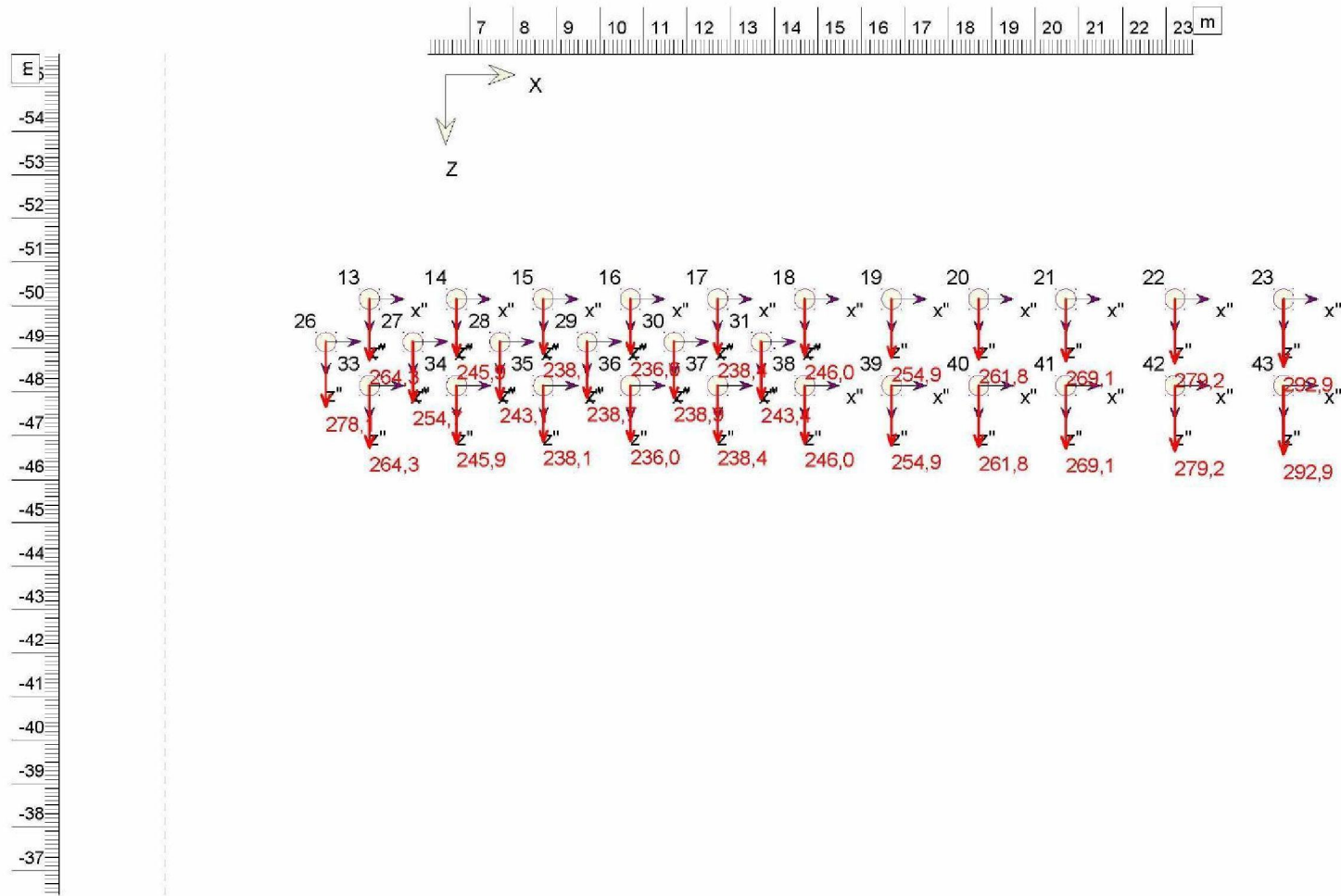
dt:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Fz [kN] at step 1



UMCG Proton facility

Phone  
Fax

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealy.pjl

11/6/2014 date

5008-0324-011

drv: KSI

dt:

Annex DPG01

form: A4

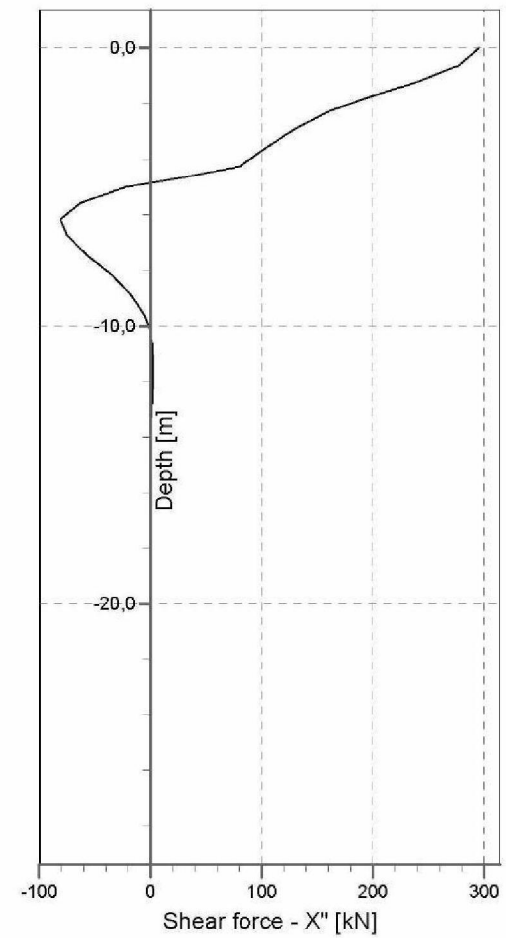
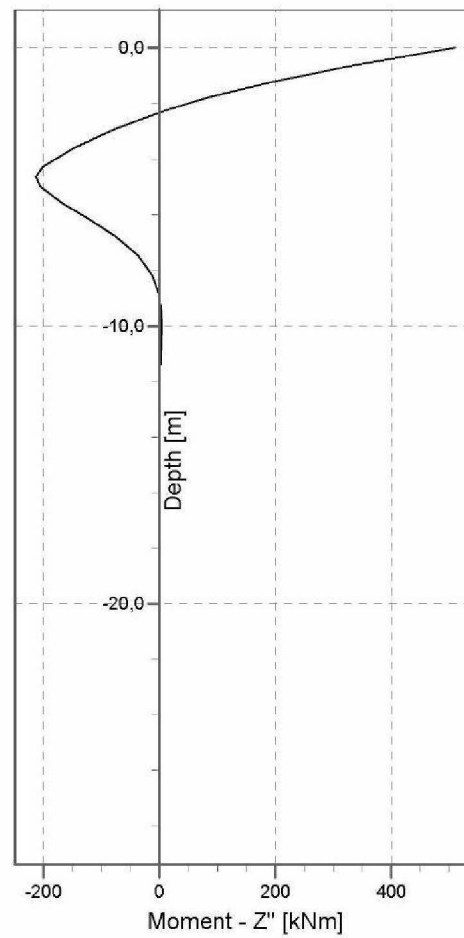
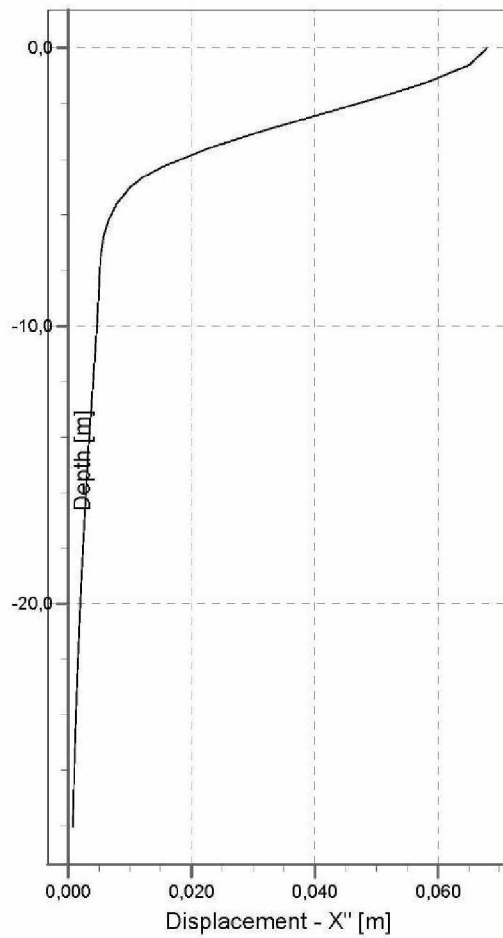


**ATTACHEMENT:      Graphs bending moment shear force**

**6**

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

#### Pile 255 at step 1



D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deel1x.pil

Phone  
Fax

11/7/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dr:  
KSI

UMCG Proton facility

Annex DPG01

form:  
A4

# Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Pile 255 at step 1

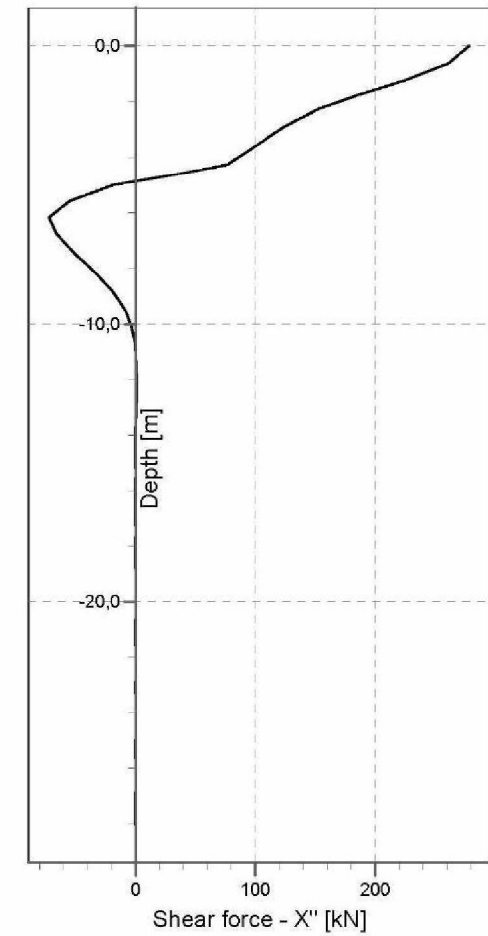
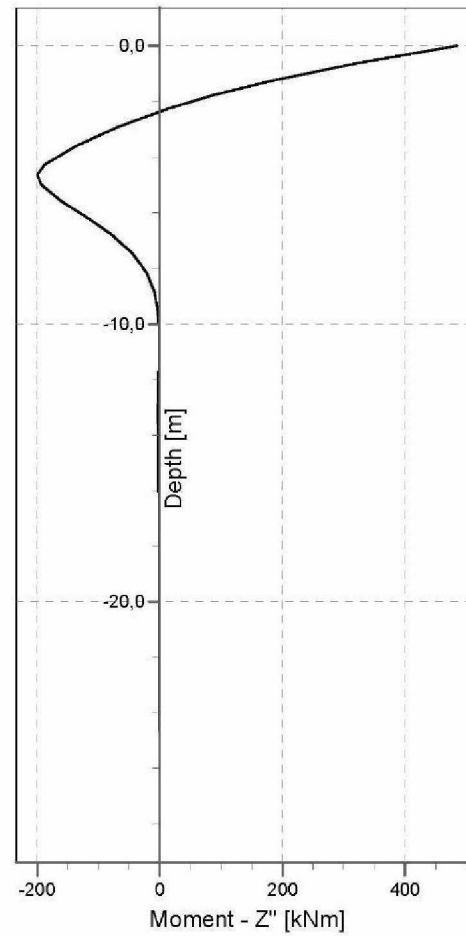
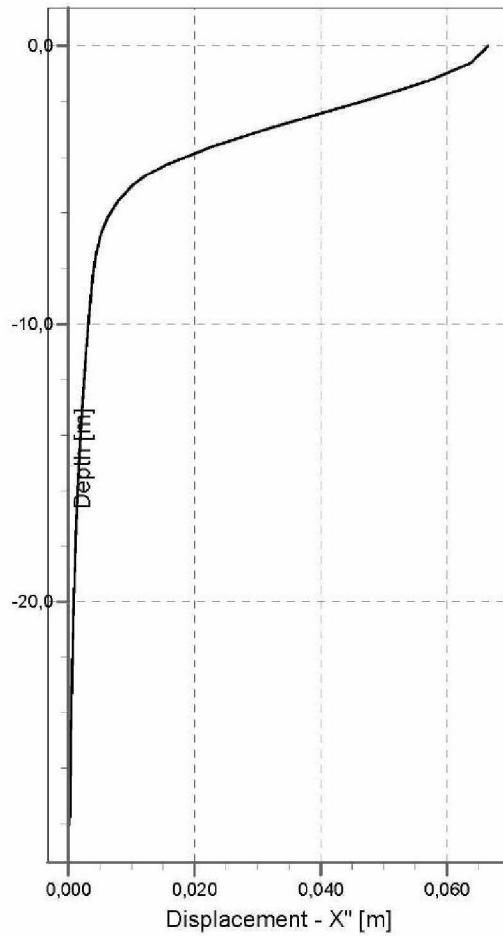


D-Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deel 1y.pil

Phone Fax	date 11/7/2014	drw. KSI
UMCG Proton facility	5008-0324-011	dr.
	Annex DPG01	fom. A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Pile 267 at step 1



D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dae12c.pjl

Phone  
Fax

date  
11/7/2014

drv:  
KSI

UMCG Proton facility

5008-0324-011

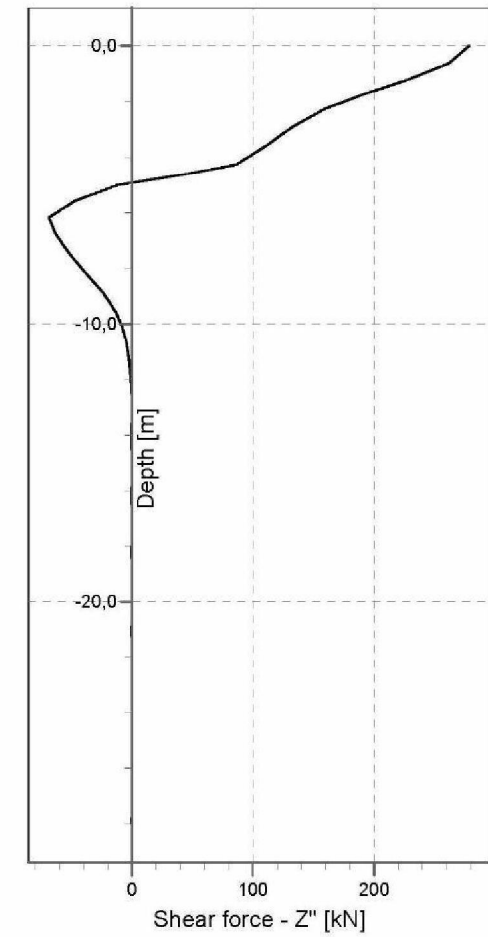
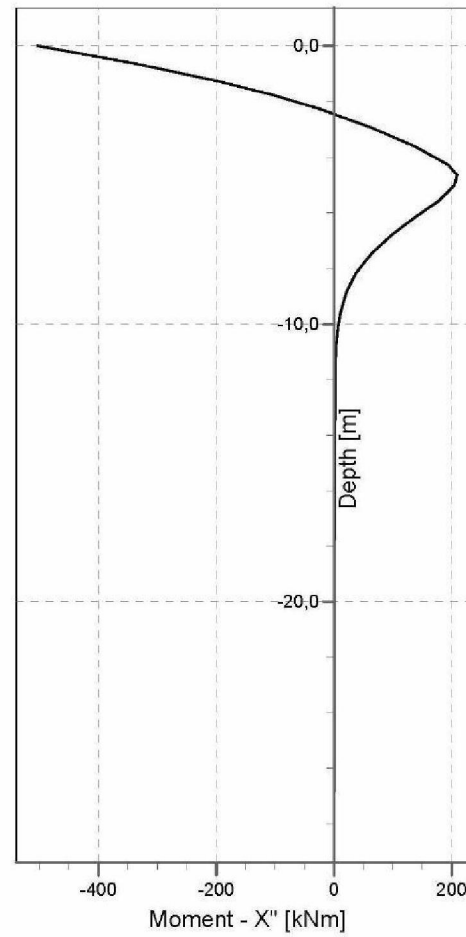
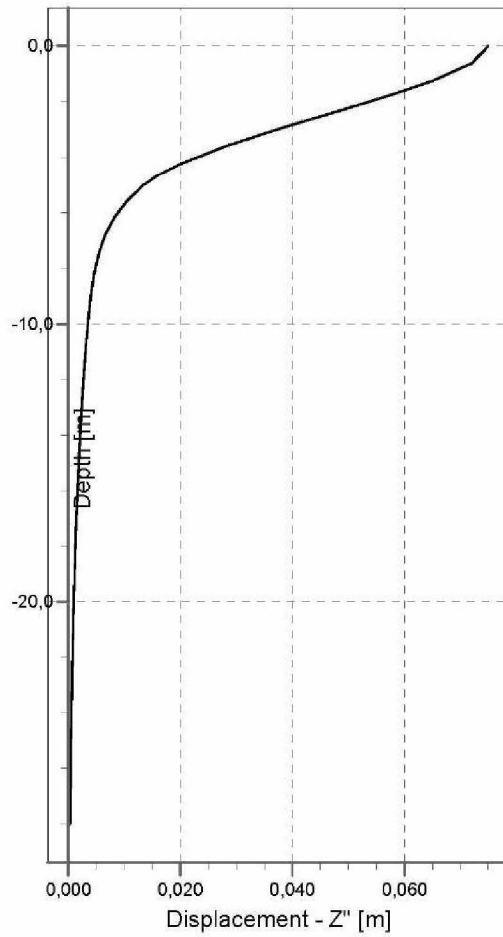
dt:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Pile 267 at step 1



D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deal2y.pll

Phone  
Fax

date  
11/7/2014

drv:  
KSI

UMCG Proton facility

5008-0324-011

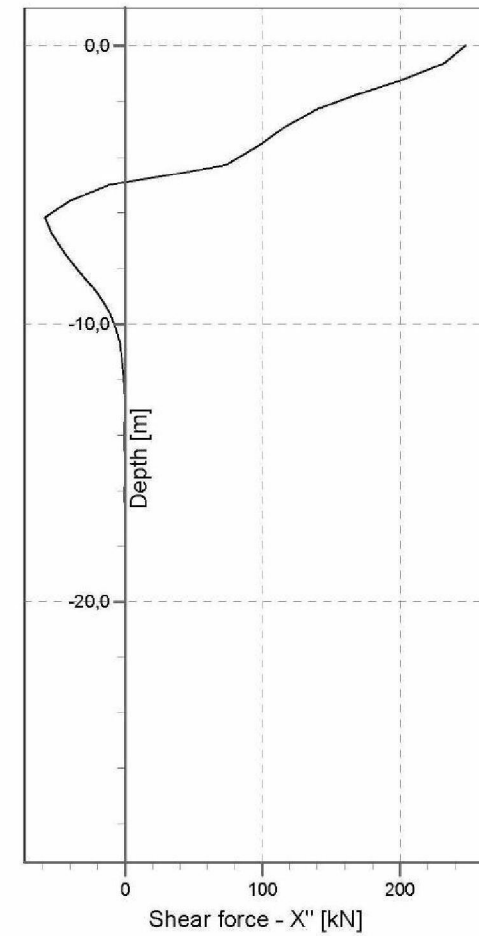
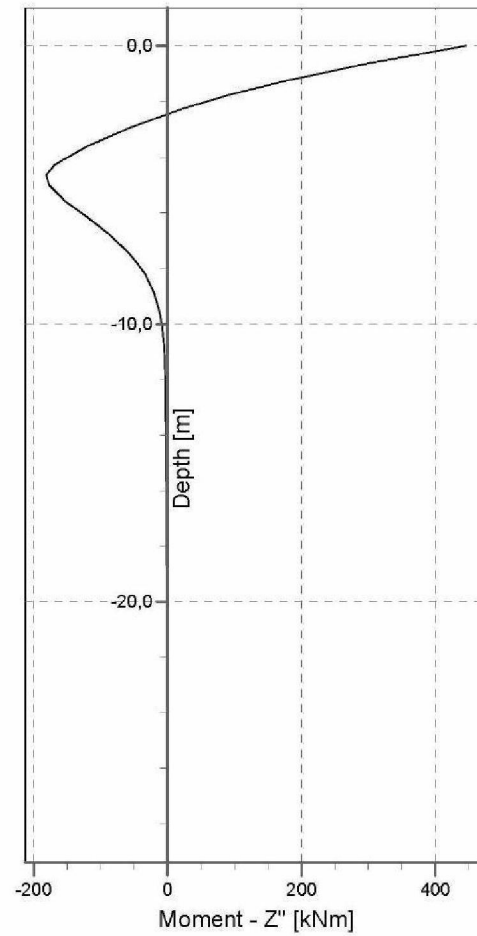
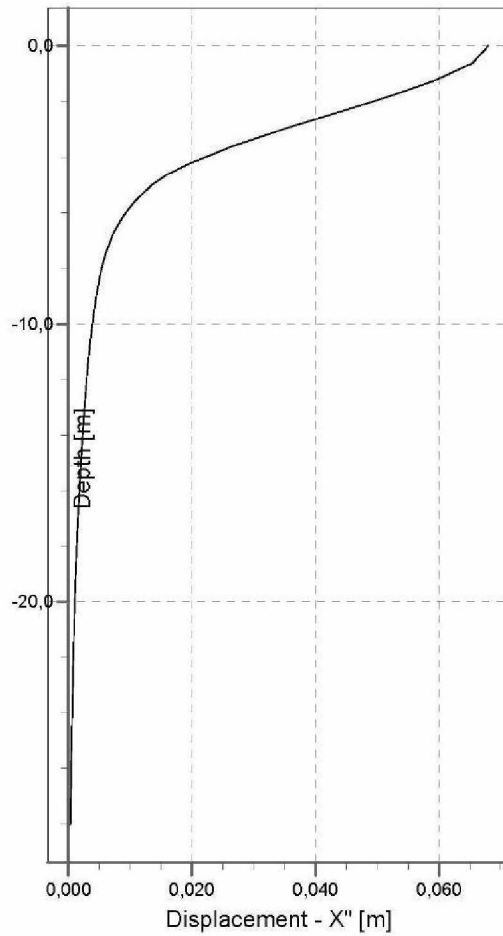
dr:  
KSI

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Pile 279 at step 1



D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dae13c.pjl

Phone  
Fax

date  
11/7/2014

drv:  
KSI

5008-0324-011

dt:

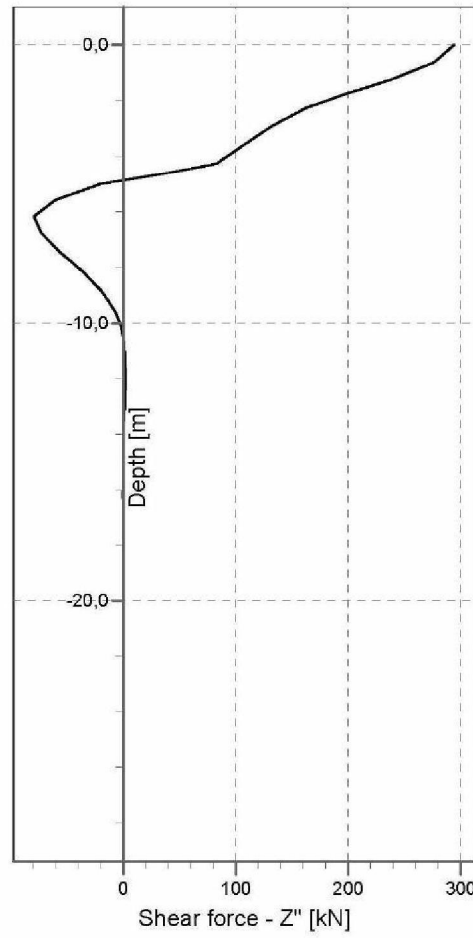
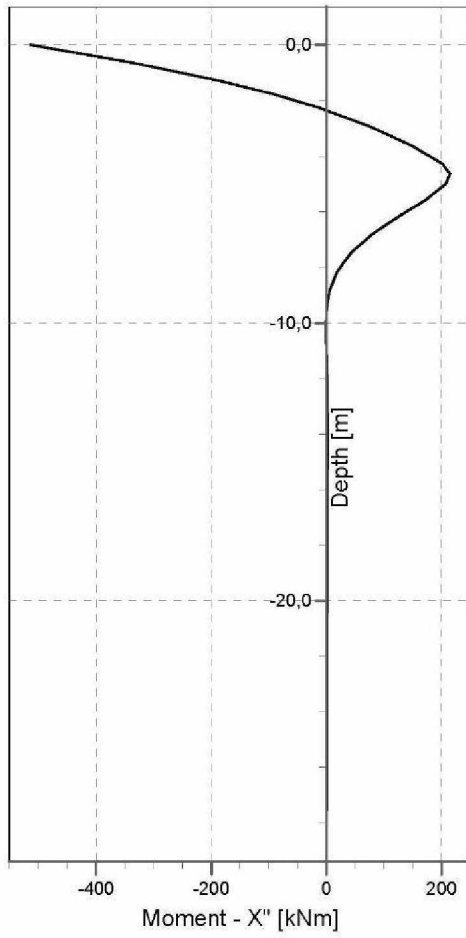
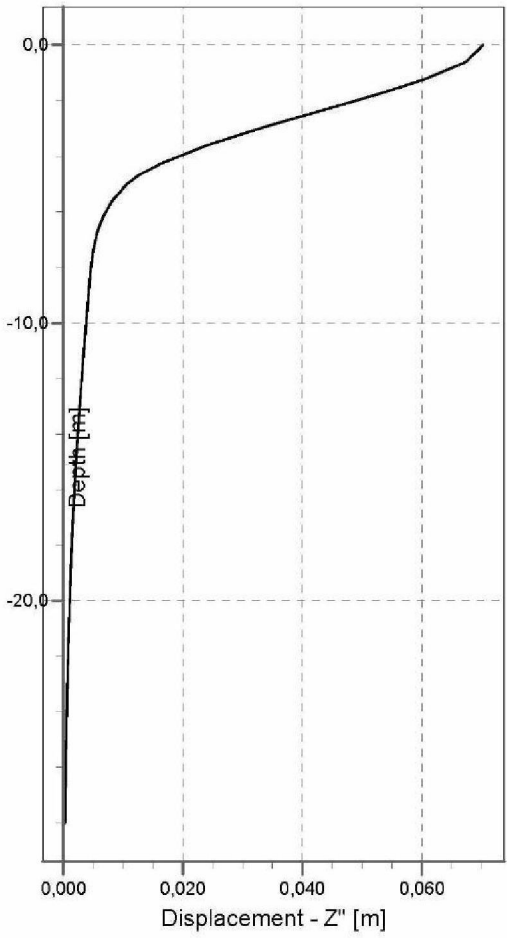
UMCG Proton facility

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Pile 279 at step 1



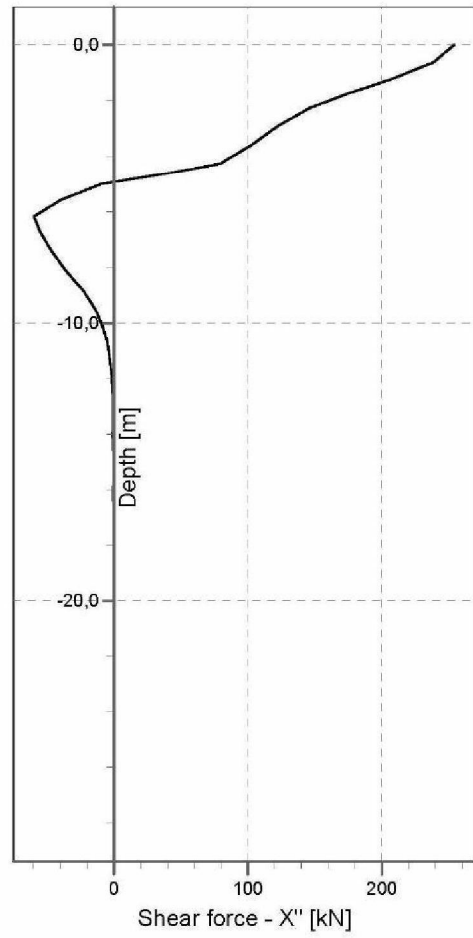
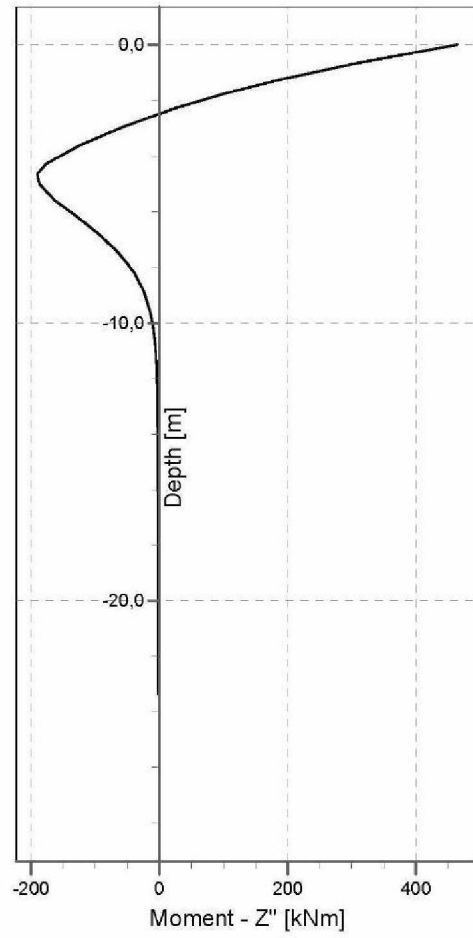
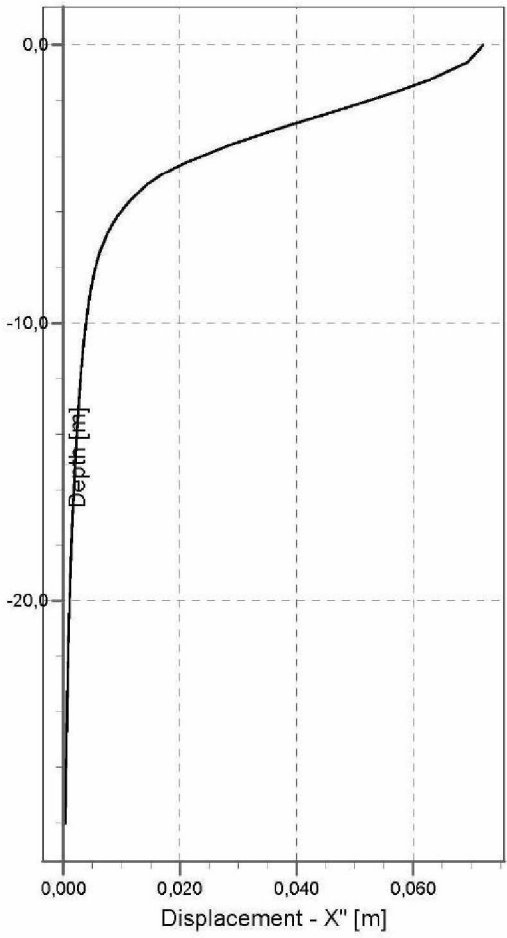
D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deal3y.pll

Phone  
Fax  
date  
11/7/2014  
KSI

UMCG Proton facility  
5008-0324-011  
Annex DPG01  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

#### Pile 226 at step 1



Phone  
Fax

date  
11/7/2014

drv:  
KSI

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealtr.pile

UMCG Proton facility

5008-0324-011

dr:

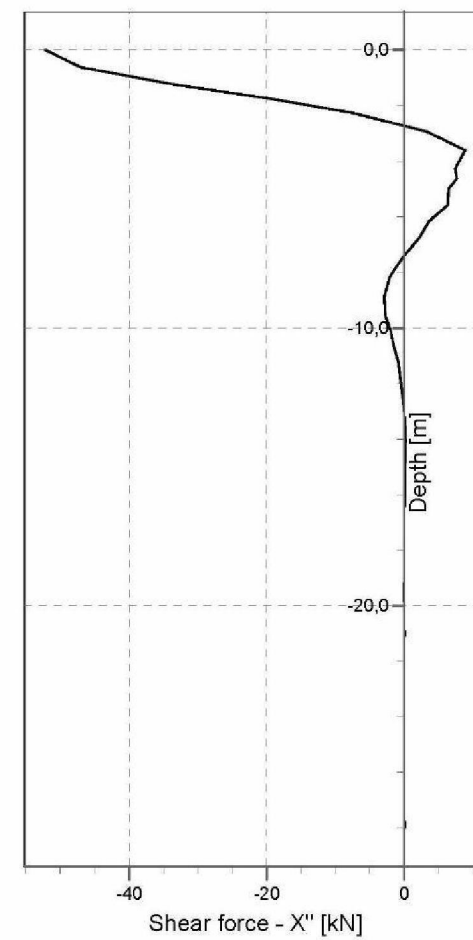
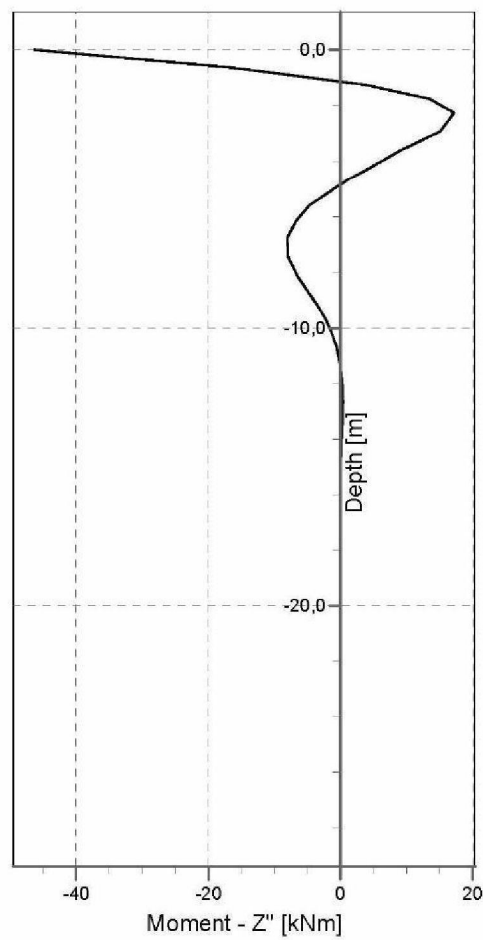
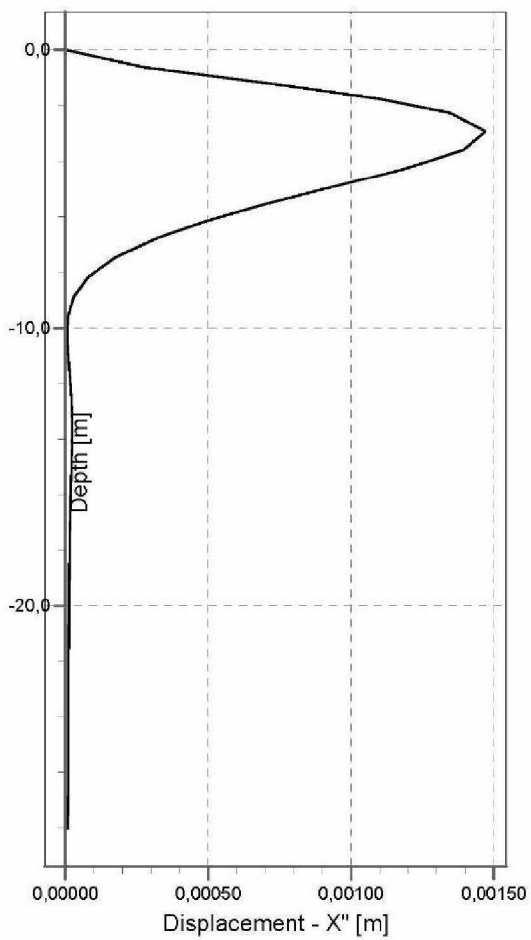
Annex DPG01

form:  
A4



### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Pile 203 at step 1



D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deel5y.pjl

Phone  
Fax

date  
11/7/2014

drv:  
KSI

UMCG Proton facility

5008-0324-011

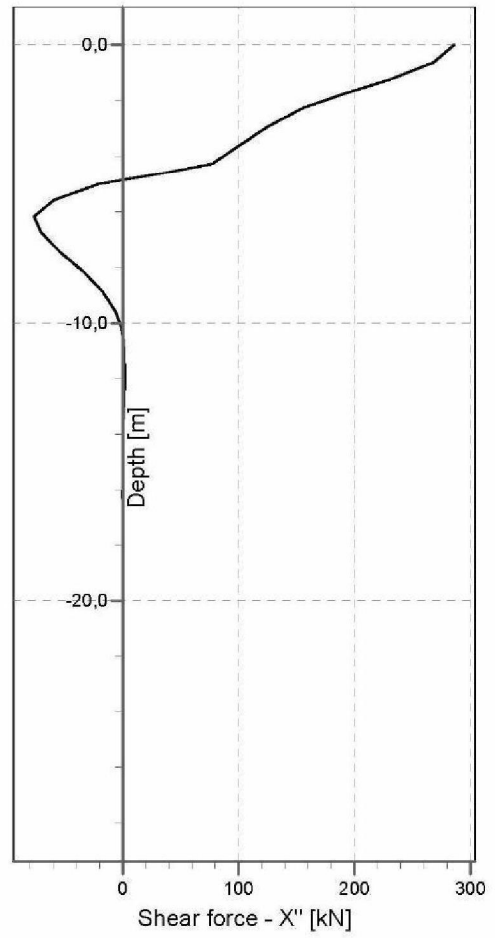
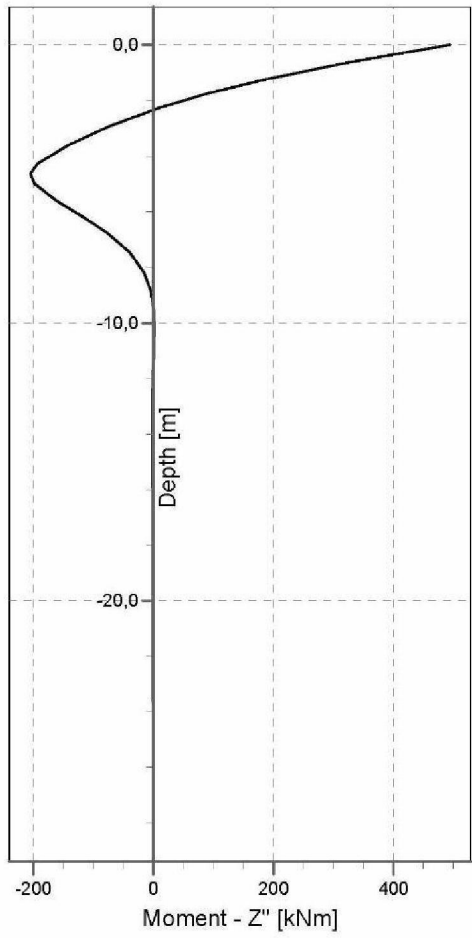
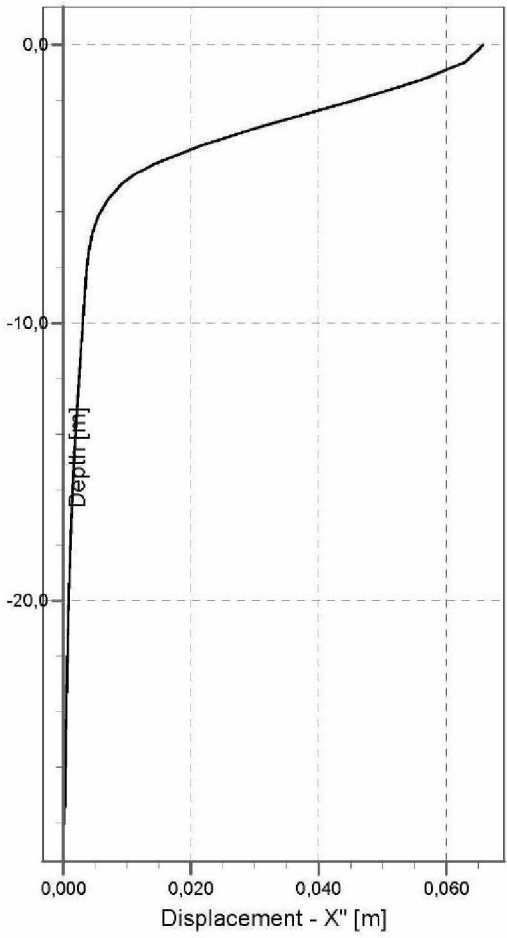
dr:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

#### Pile 214 at step 1

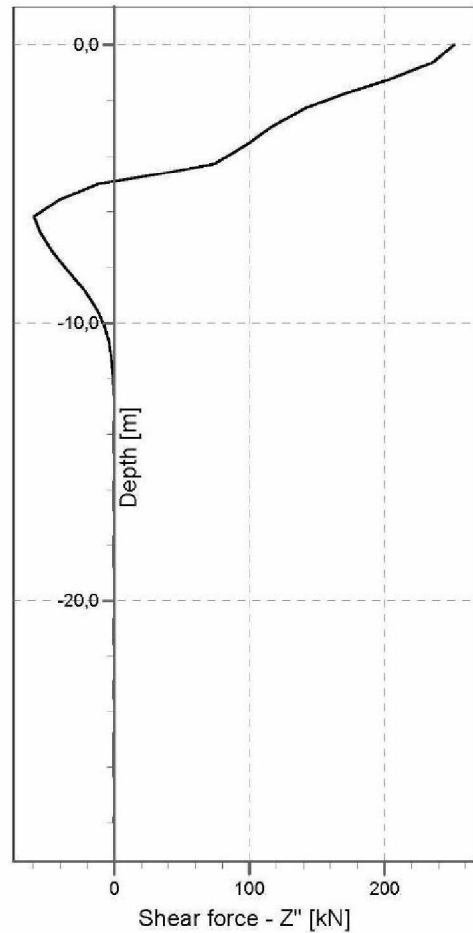
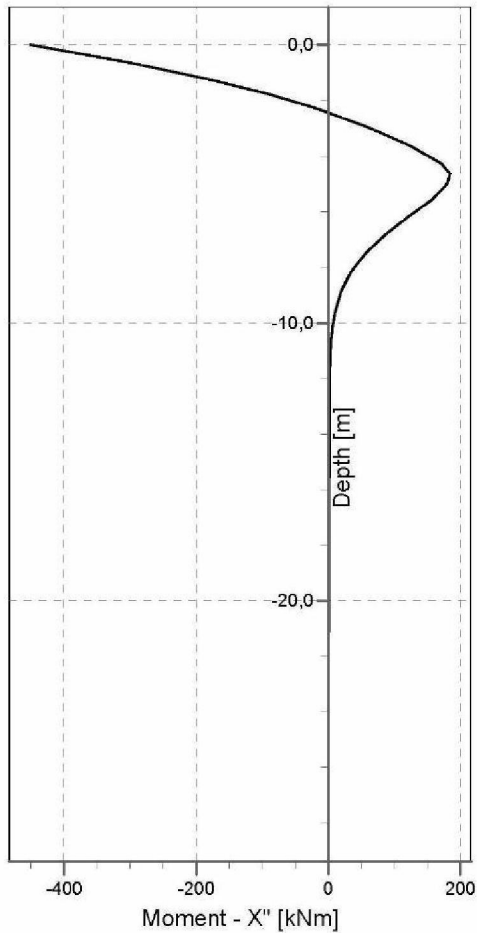
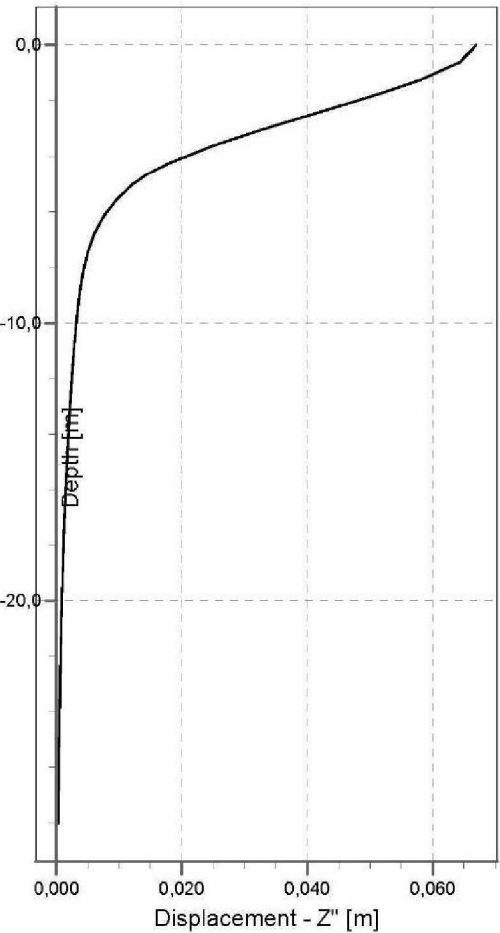


D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealbk.pjl

UMCG Proton facility		Phone	date	drv:
		Fax	11/7/2014	KSI
Annex	5008-0324-011			dr:
DPG01				form:
A4				

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Pile 138 at step 1

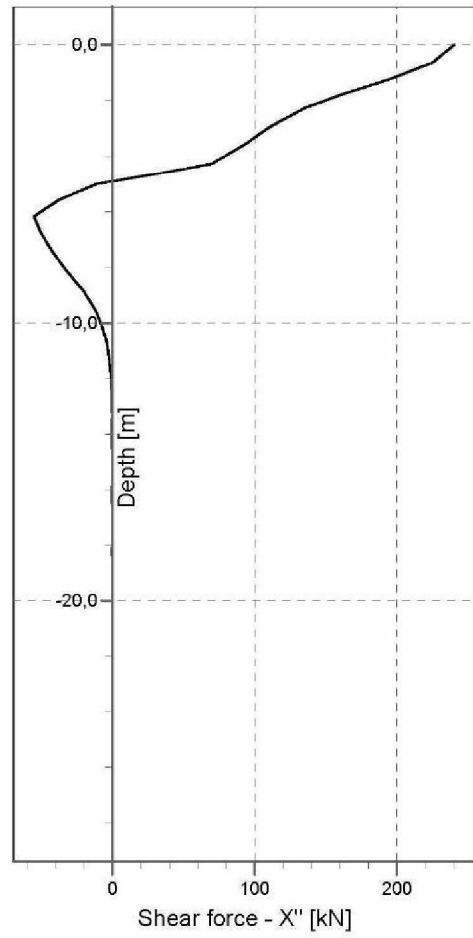
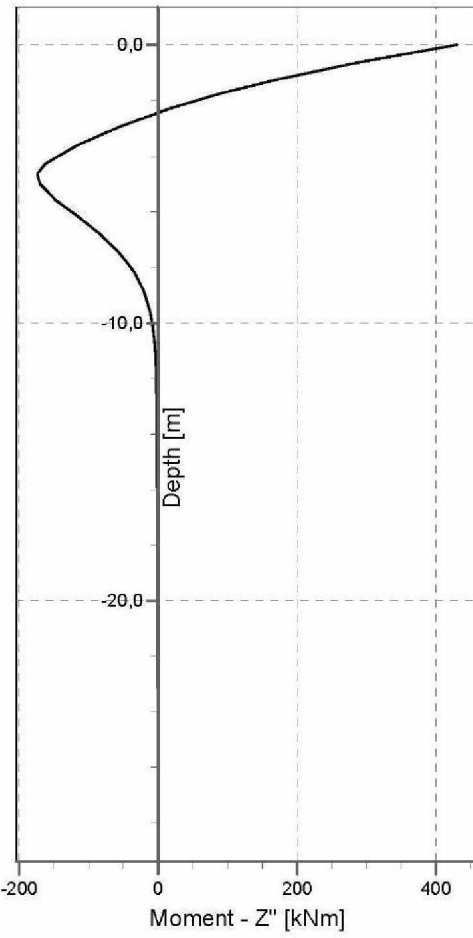
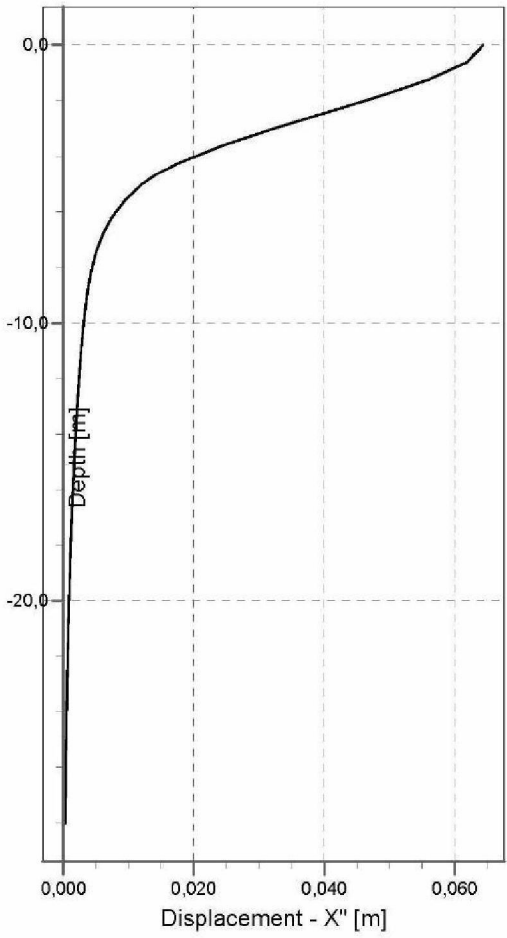


D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealy.pjl

UMCG Proton facility		Phone	date	drv:
		Fax	11/7/2014	KSI
Annex	5008-0324-011			dr:
DPG01				form:
A4				

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Pile 125 at step 1

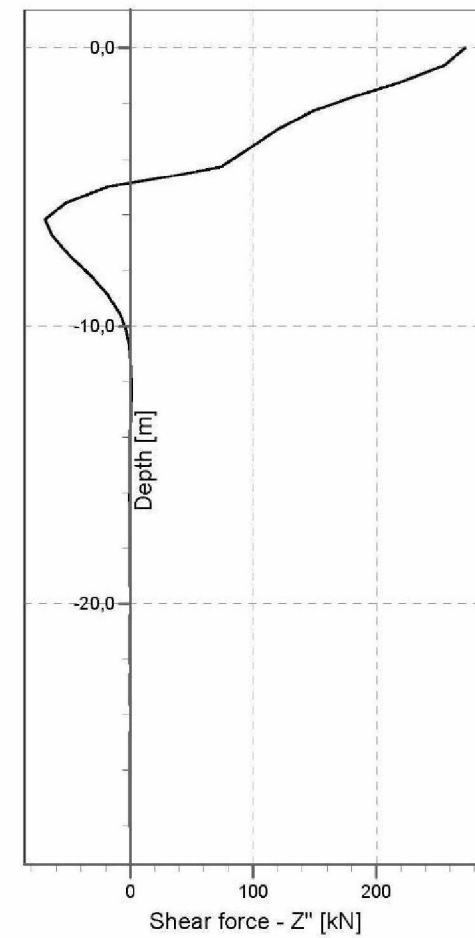
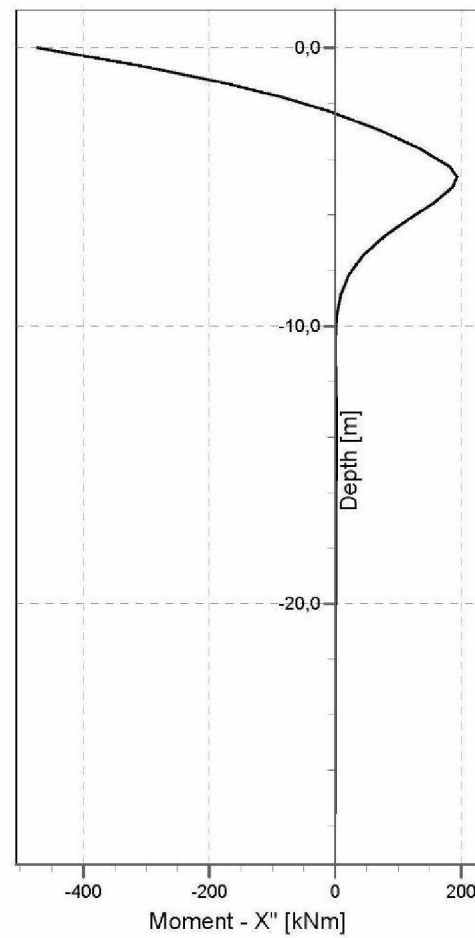
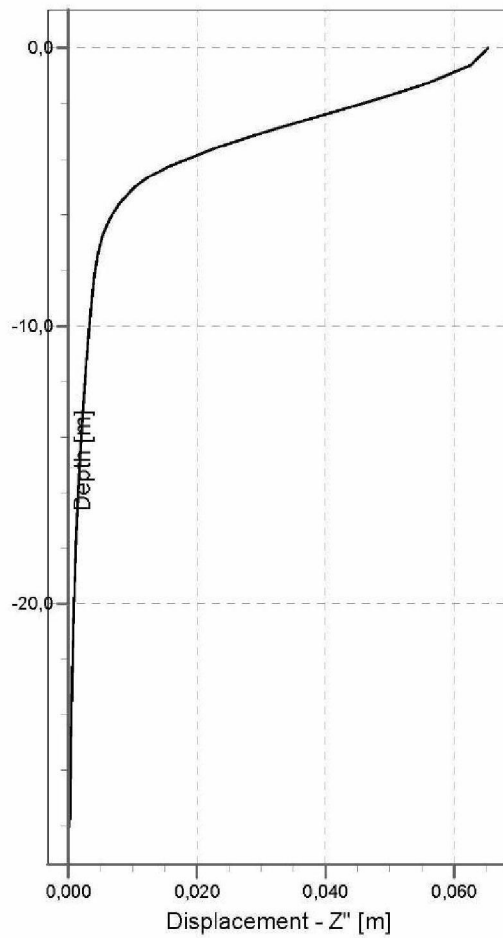


D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-destrx.pjl

UMCG Proton facility		Phone	date	drv:
		Fax		
			11/7/2014	KSI
			5008-0324-011	dt:
Annex	DPG01			form:
	A4			

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Pile 125 at step 1



D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dea17y.pjl

Phone  
Fax

date  
11/7/2014

drv:  
KSI

UMCG Proton facility

5008-0324-011

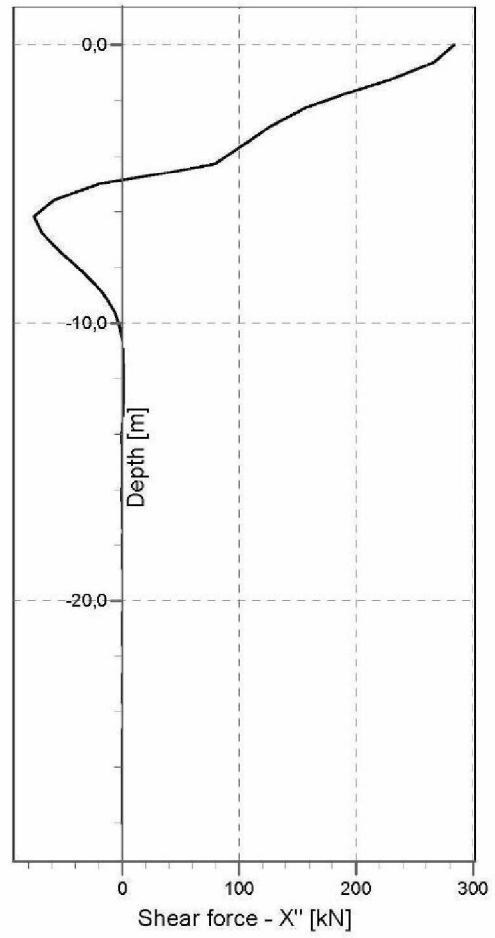
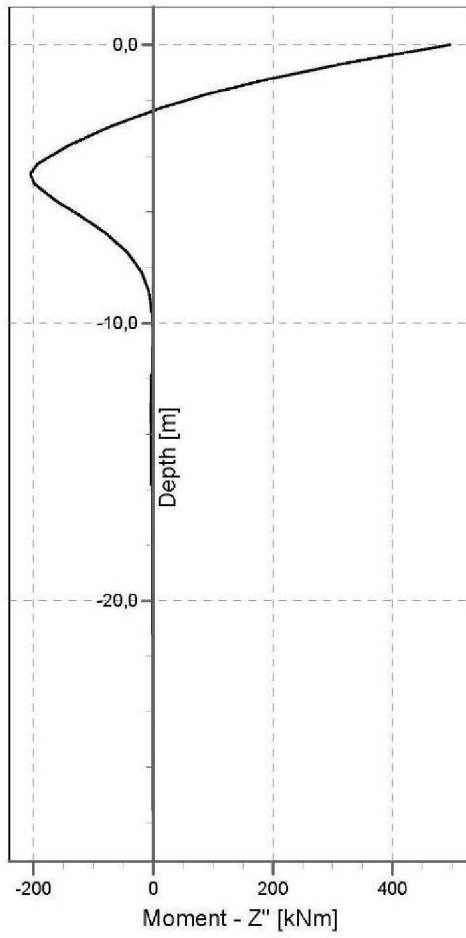
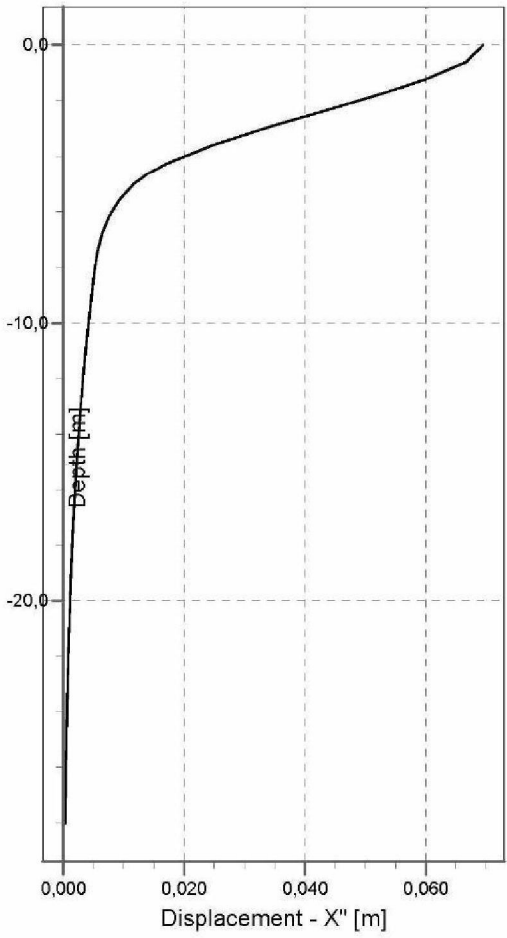
dr:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

#### Pile 124 at step 1



Phone  
Fax

date  
11/7/2014

drv:  
KSI

D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealtr.pjl

UMCG Proton facility

5008-0324-011

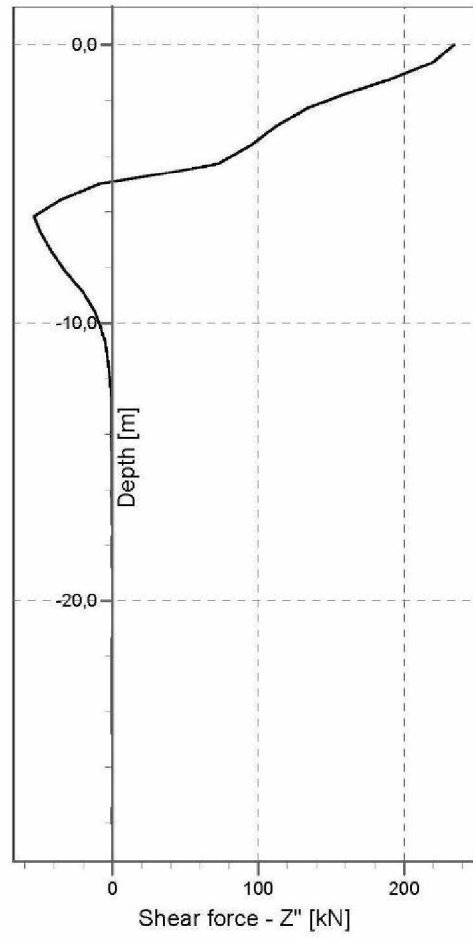
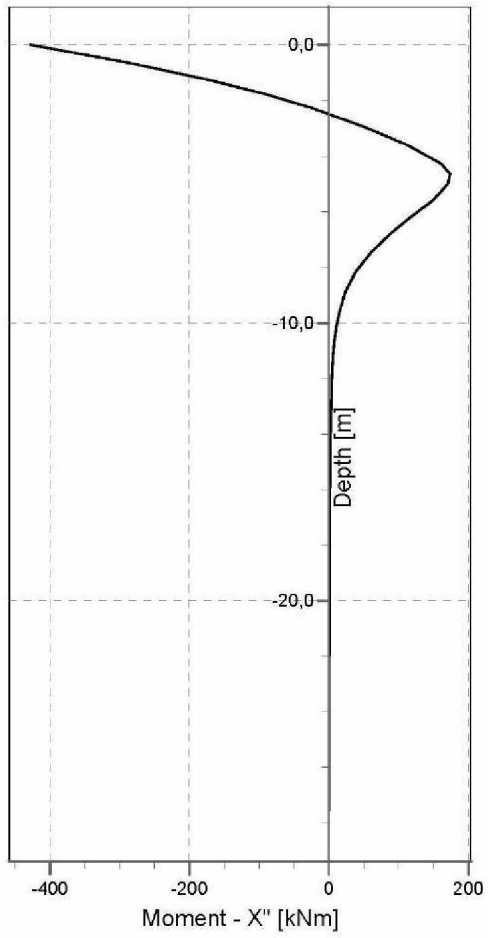
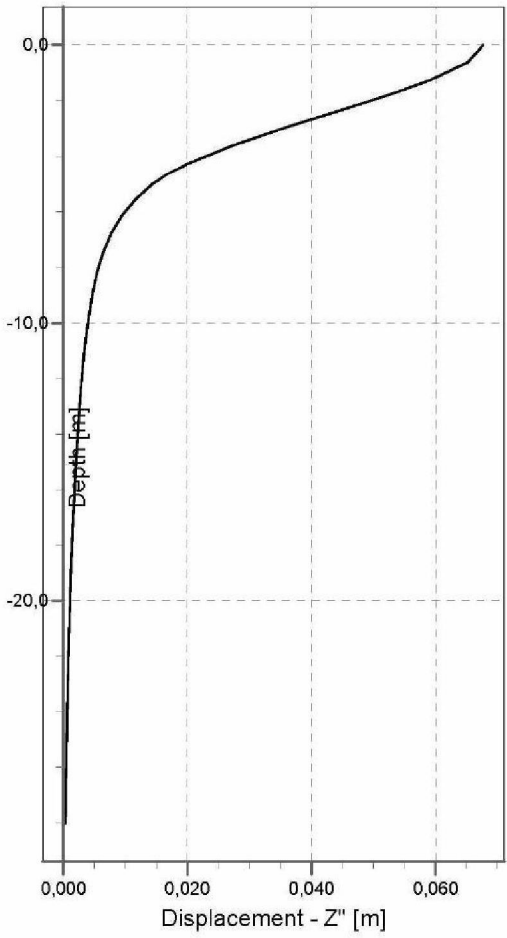
dr:

Annex DPG01

form:  
A4

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

#### Pile 124 at step 1

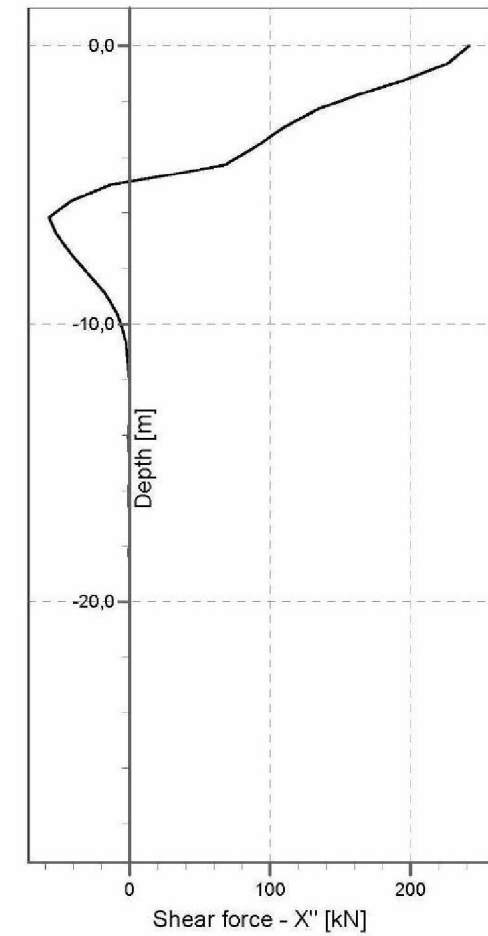
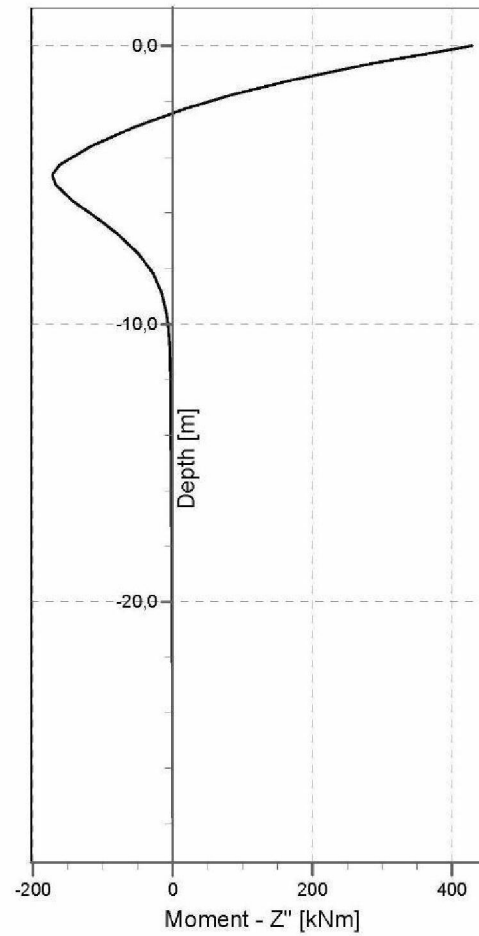
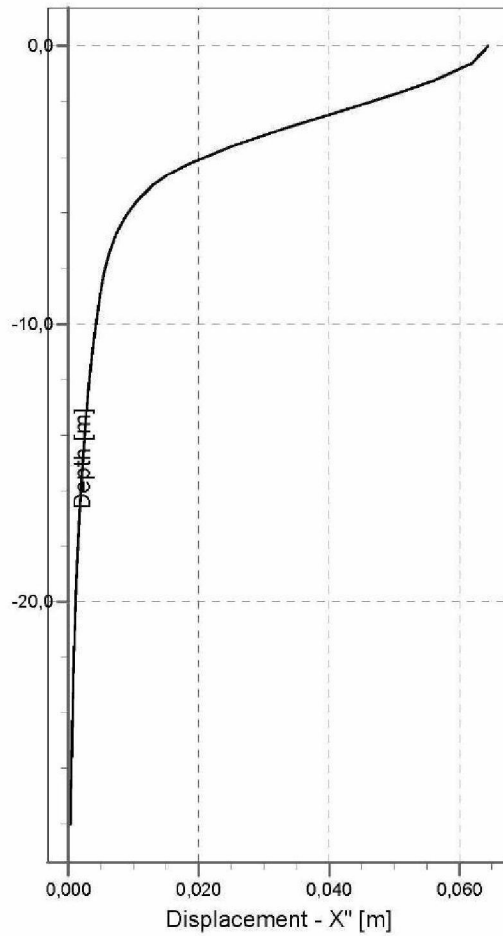


D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealy.pll

UMCG Proton facility		Phone	date	drv:
		Fax	11/7/2014	KSI
Annex	5008-0324-011			dr:
DPG01				form:
A4				

### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

#### Pile 43 at step 1



D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-deal\k.pjl

Phone  
Fax

date  
11/7/2014

drv:  
KSI

UMCG Proton facility

5008-0324-011

dr:  
KSI

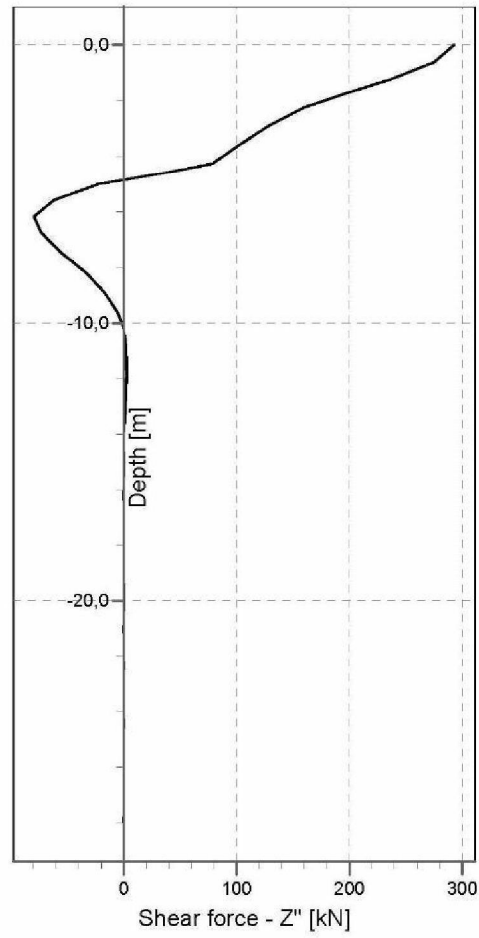
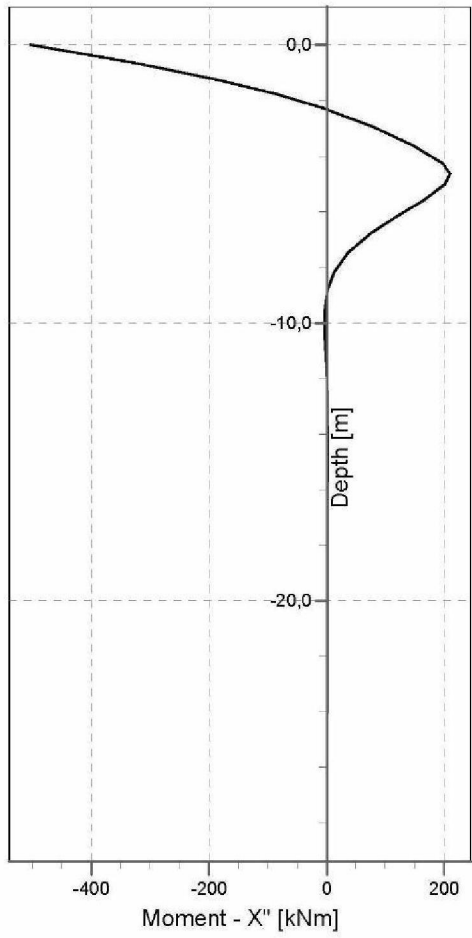
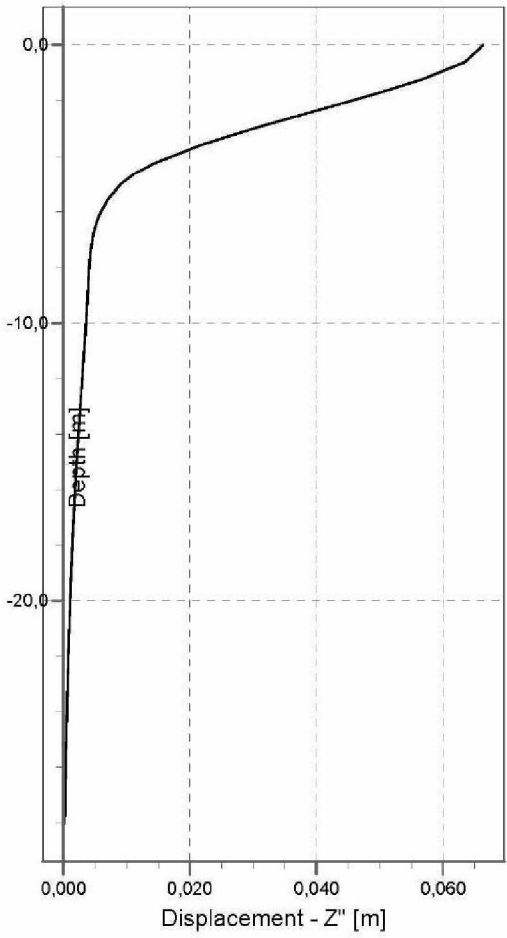
Annex DPG01

form:  
A4



### Cap Layered Soil Interaction (evaluation) (Rigid Cap)

Pile 43 at step 1



D:\Pile Group 14.1 : 5008-0324-011-dealy.plt

date: 11/7/2014  
 drv: KSI

5008-0324-011

Annex DPG01 A4

UMCG Proton facility

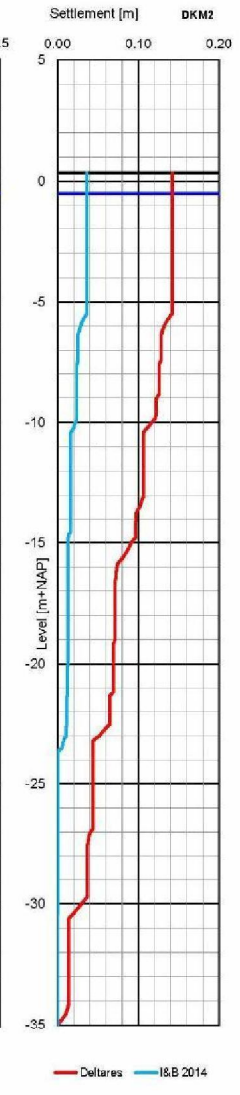
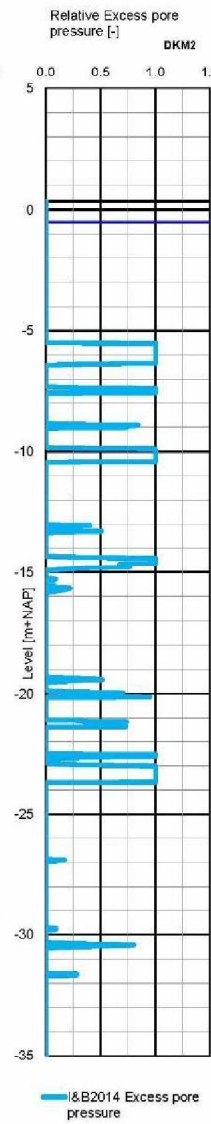
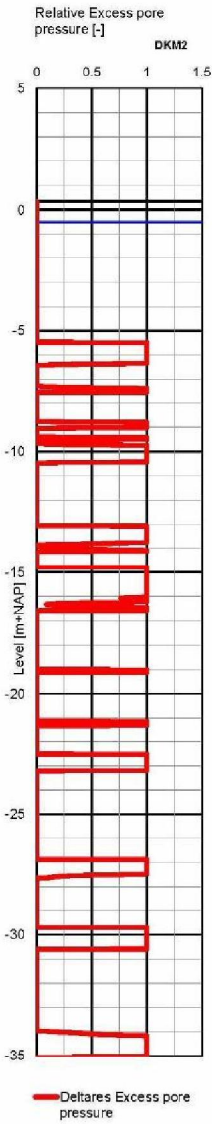
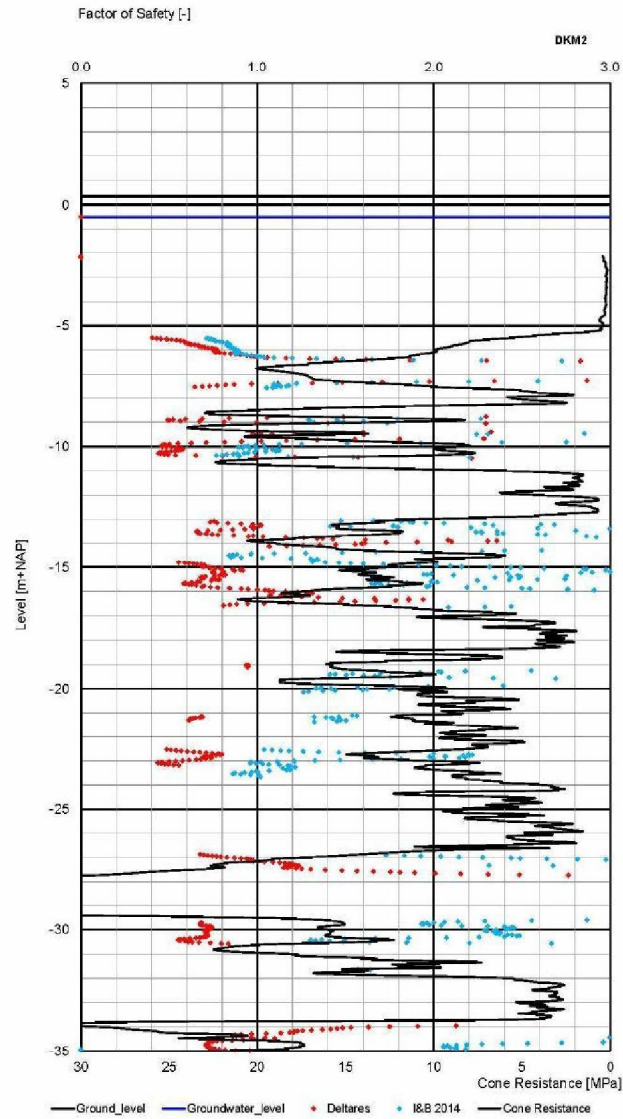
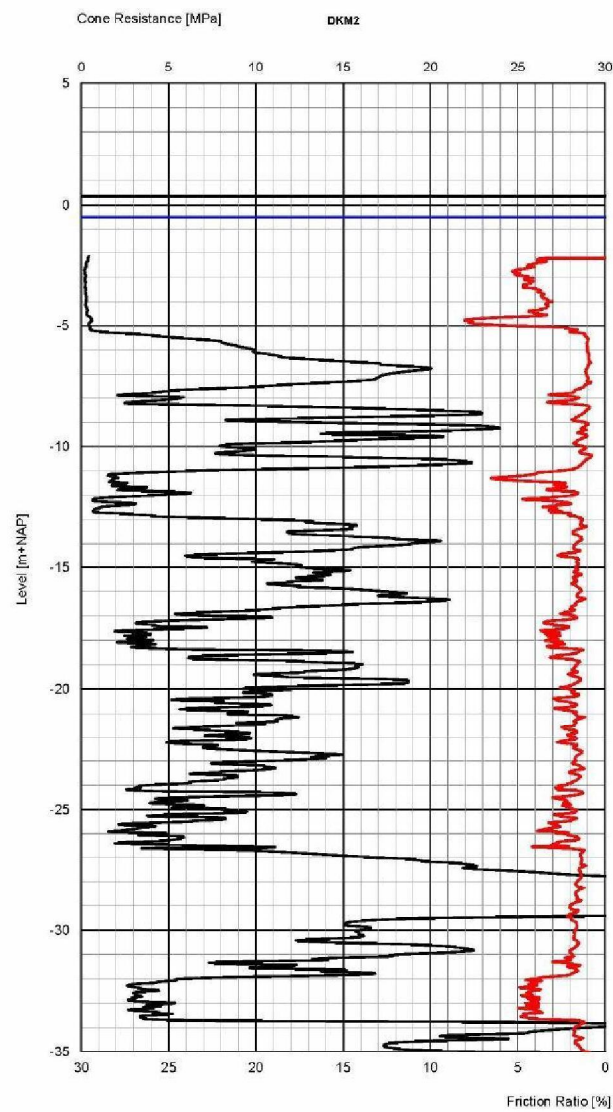
Phone  
 Fax

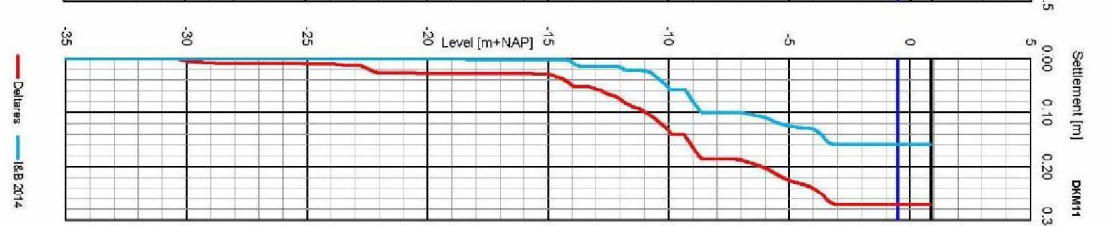
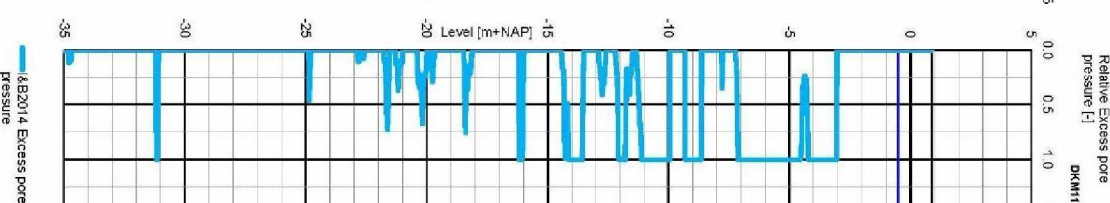
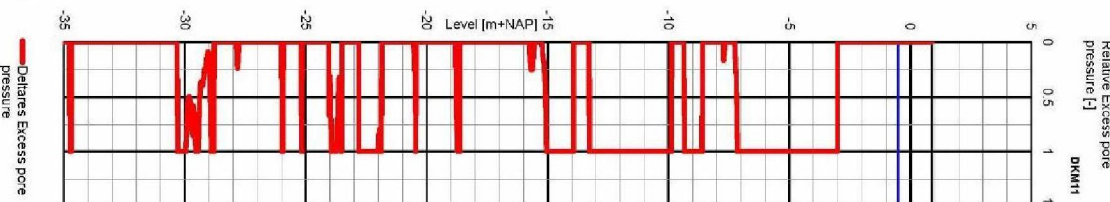
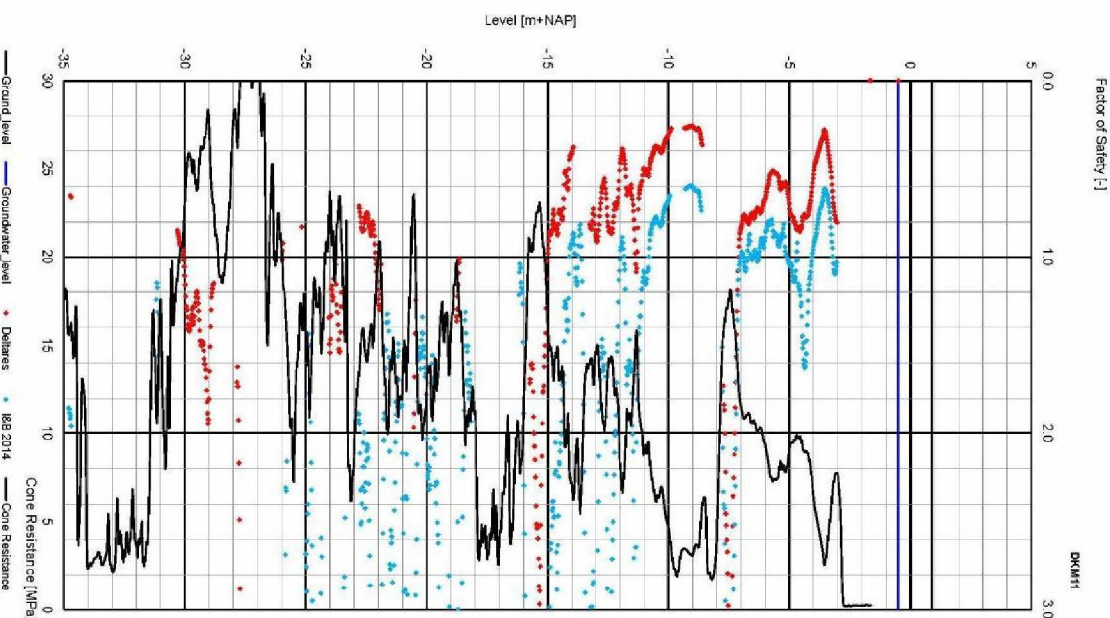
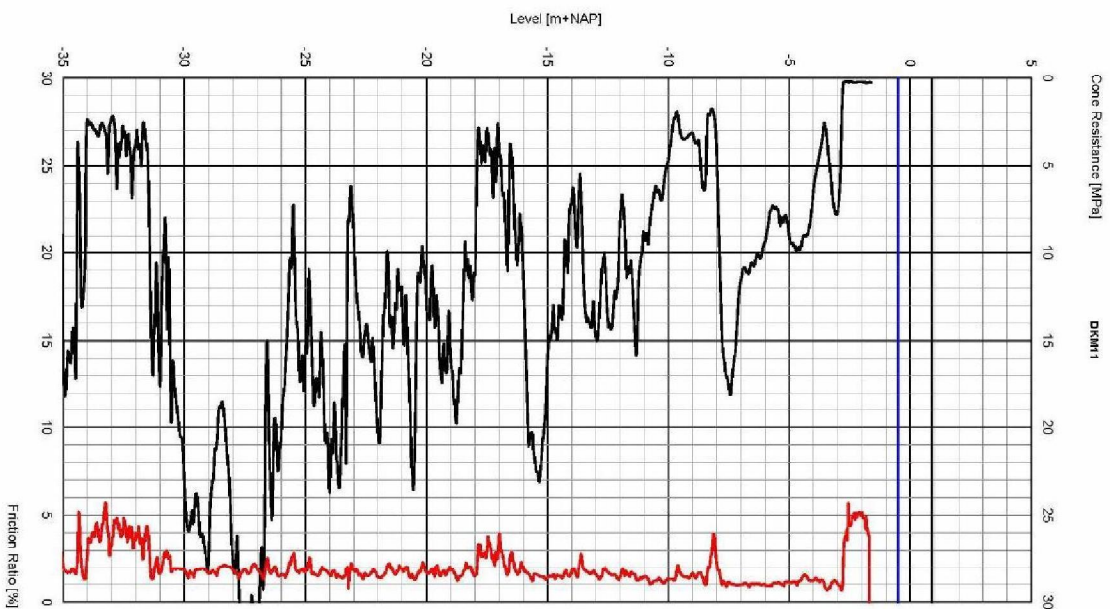
**ATTACHEMENT : Liquefaction calculations**

**7**

Projectnaam: PROTONENFACILITEIT UMGEG TE GRONINGEN  
 Projectnummer: 5008-0324-011

Gehanteerde PGA voor berekening 0.42 [-]  
 Gehanteerde magnitude voor MSF 5 [-]





Core Resistance [MPa] DKM11

Factor of Safety [-]

Relative Excess pore pressure [-] DKM11

Relative Excess pore pressure [-] DKM11

Settlement [m] DKM11

Ground Level Groundwater Level Delivers I&B 2014 Core Resistance

Delivers Excess pore pressure

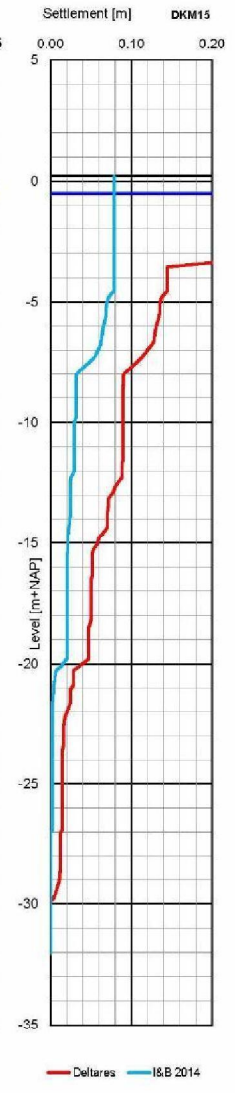
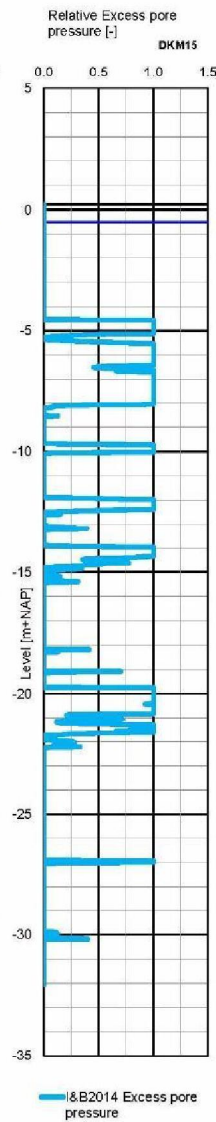
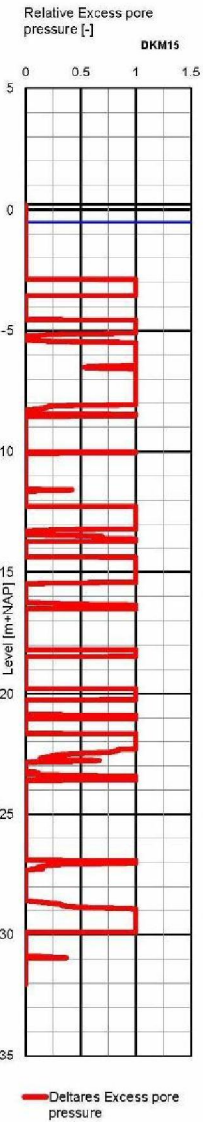
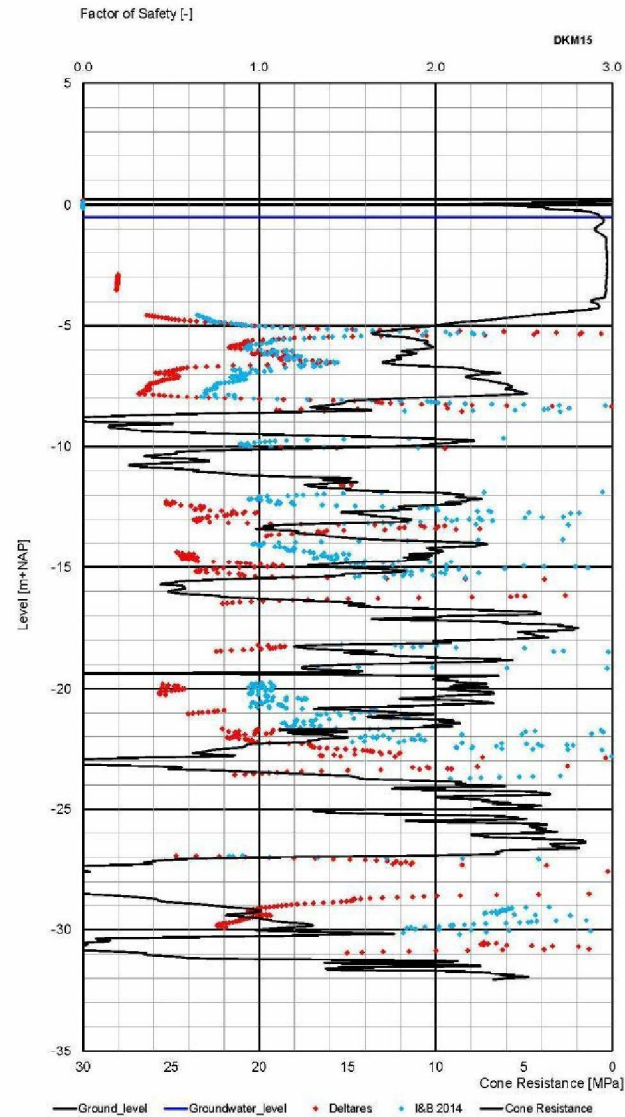
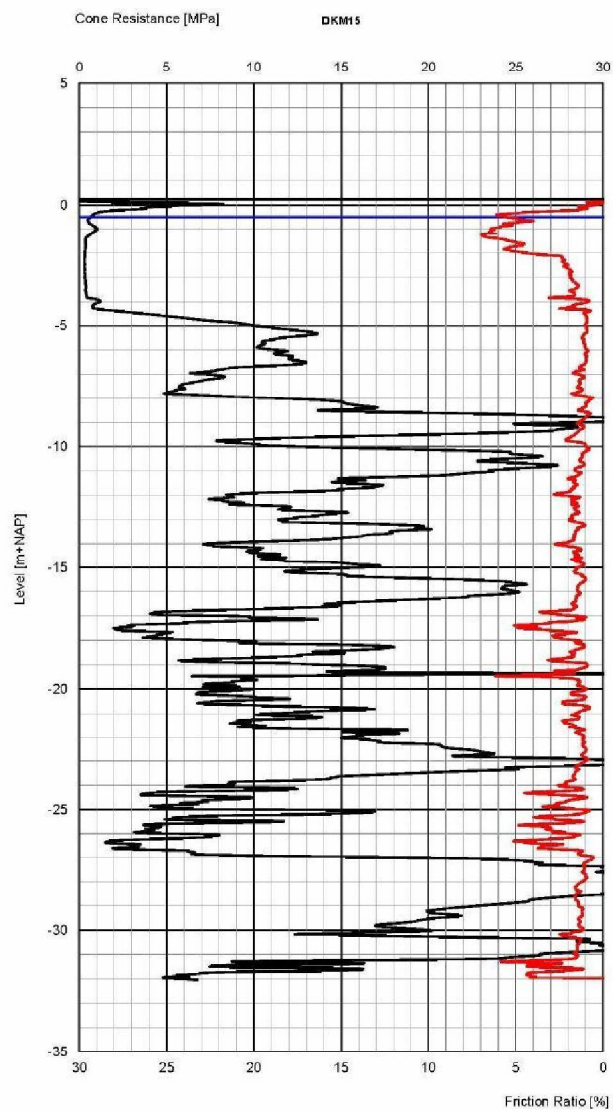
I&B 2014 Excess pore pressure

Delivers I&B 2014

Projectnaam: PROTONENFACILITEIT UMGEG TE GRONINGEN  
 Projectnummer: 5008-0324-010

Gehanteerde PGA voor berekening 0.42 [-]  
 Gehanteerde magnitude voor MSF 5 [-]

DKM15



**ATTACHEMENT :      Reduction Cone Resistance due to Liquefaction 8**

