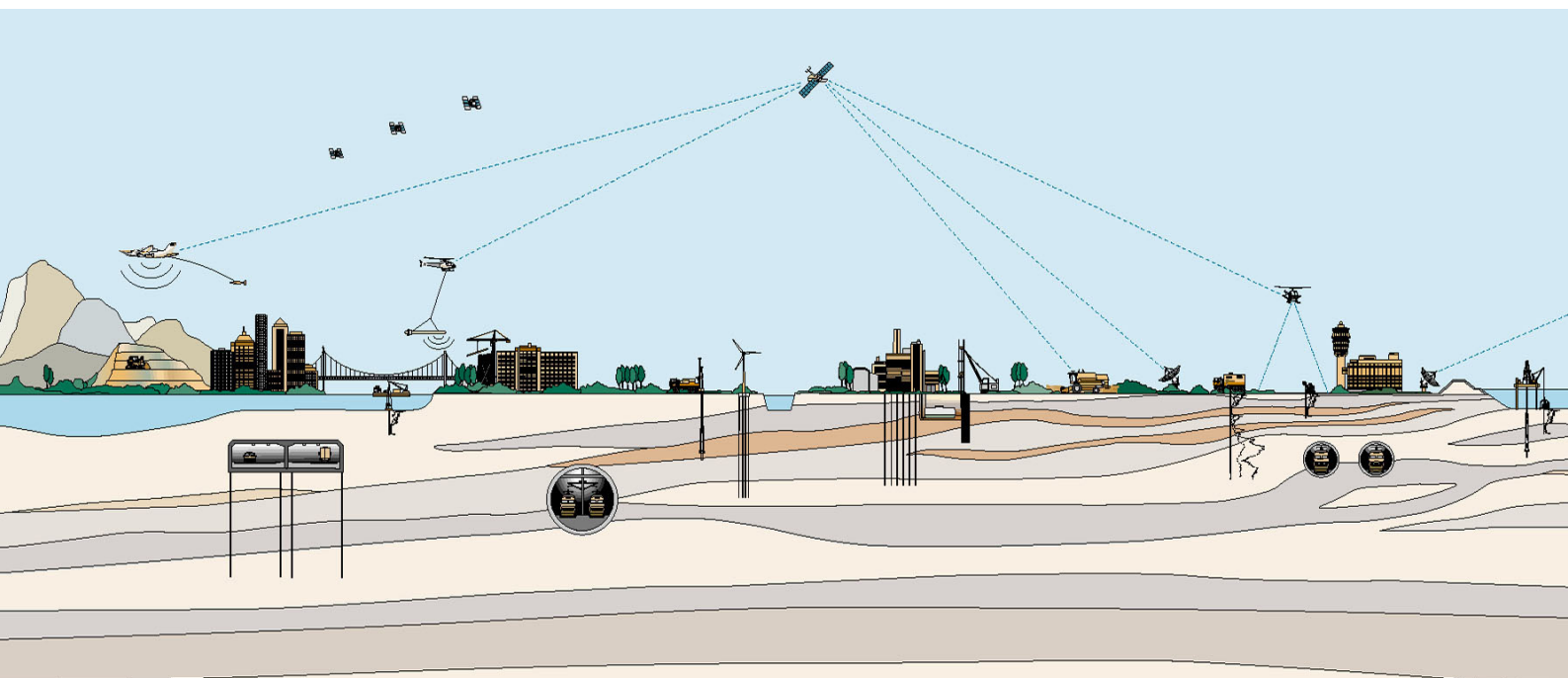


RAPPORTAGE

GEOTECHNISCH VELDWERK  
betreffende

**TOETSING REGIONALE  
KERINGEN VECHT;  
OMMEN - HARDENBERG**

Opdrachtnummer: 5014-0075-000



RAPPORTAGE

GEOTECHNISCH VELDWERK  
betreffende

**TOETSING REGIONALE  
KERINGEN VECHT;  
OMMEN - HARDENBERG**

Opdrachtnummer: 5014-0075-000

VERSIE	DATUM	OMSCHRIJVING WIJZIGING	PARAAF PROJECTLEIDER
1	11 maart 2014		HDB

FILE: 5014-0075-000\_21.KRV01.doc

## RAPPORTAGE GEOTECHNISCH VELDWERK

Project	Toetsing regionale keringen Vecht; Ommen - Hardenberg	Opdrachtnummer	5014-0075-000
Opdrachtgever	GMB Civiel B.V. Postbus 2 4043 ZG OPHEUSDEN	Datum rapportage	11 maart 2014
		Uitvoeringsperiode	4 t/m 10 maart 2014
Opgesteld door	J. Nikkels		
Gecontroleerd door	G. Hofstede		
Projectleider	ing. D. de Boer		
Documentnaam	5014-0075-000_21.KR01.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:

- Situatietekeningen
- Sonderingen
- Veldboorstaten
- Continu Elektrisch Sonderen
- Legenda Terreinproeven en Grondsoorten

### 1. GEOTECHNISCH VELDWERK

Het geotechnisch veldwerk voor dit project heeft bestaan uit:

- 12 sonderingen met meting van de plaatselijke wrijvingsweerstand tot circa 10 m;
- 12 handboringen tot circa 4 m.

Voor een verklaring van de op de situatietekeningen 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.

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek zijn meerdere hoogtepeilen gemeten. De locaties van deze peilen, en de bijbehorende NAP-hoogtes, zijn aangegeven op de situatietekeningen.

De bijgevoegde situatietekeningen zijn 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 boorwerk is handmatig uitgevoerd. Bij het handboren wordt doorgaans gebruik gemaakt van een edelmannboor (cohesieve gronden, klei, veen) en een handpuls (niet cohesieve grond, zand).

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 5140.

### 5. (GROND)WATERSTAND

De peilen van nabijgelegen open wateren zijn gedurende het grondonderzoek bepaald en is vermeld op de situatietekening. Deze waterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven.

Tijdens de uitvoering van het grondonderzoek zijn de grondwaterstanden in de boorgaten aangetroffen. Hieronder in de tabellen zijn de grondwaterstanden per locatie aangegeven.

*Tabel 1: Grondwaterstanden gemeten te Hardenberg:*

Handboringen	Grondwaterstand t.o.v. maaiveld	Grondwaterstanden t.o.v. NAP	Datum gemeten grondwaterstand
HB1A	0,58 m	+7,40 m	5 maart 2014
HB1B	0,81 m	+7,29 m	5 maart 2014
HB2A	0,57 m	+7,23 m	5 maart 2014
HB2B	0,98 m	+7,32 m	5 maart 2014

*Tabel 2: Grondwaterstanden gemeten te Ommen:*

Handboringen	Grondwaterstand t.o.v. maaiveld	Grondwaterstanden t.o.v. NAP	Datum gemeten grondwaterstand
HB101A	0,64 m	+2,75 m	4 maart 2014
HB101B	1,53 m	+2,73 m	4 maart 2014
HB102A	0,40 m	+2,78 m	4 maart 2014
HB102B	2,45 m	+2,35 m	4 maart 2014
HB103A	0,45 m	+2,67 m	4 maart 2014
HB103B	0,90 m	+2,96 m	4 maart 2014
HB104A	0,65 m	+2,67 m	4 maart 2014
HB104B	0,85 m	+2,68 m	4 maart 2014

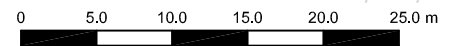
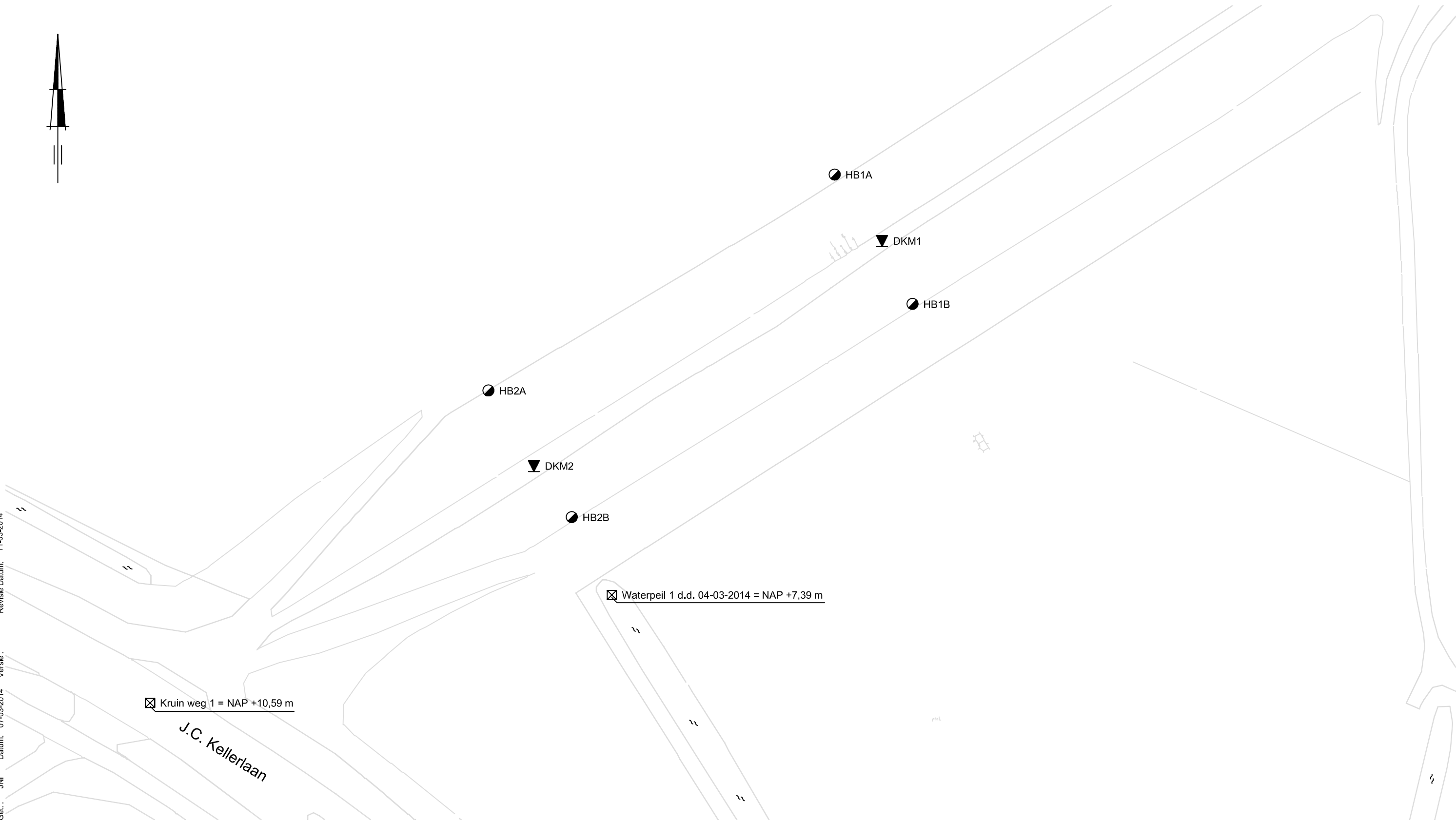
Deze grondwaterstand is een eenmalige opname en bedoeld als een oriënterend gegeven. De grondwaterstand kan in de tijd fluctueren onder invloed van de weersgesteldheid en de seizoenen.

## 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.



P:\5014-0075-000\21\_Uitvoering\_terreinonderzoek\10\_Basisgegevens\5014-0075-000-1.dwg  
Get.: JNL Datum: 07-03-2014 Versie:  
Revisie Datum: 11-03-2014



Schaal 1 : 500

SITUATIE  
TOETSING REGIONALE KERINGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. : 5014-0075-000  
Bijl. : 1.1



Waterpeil 2 d.d. 04-03-2014 = NAP +2,73 m

● HB101A

▼ DKM101

● HB101B

Waterpeil 3 d.d. 04-03-2014 = NAP +3,13 m

Broekdijkje

Kerkerstraat

▼ DKM105

0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 m

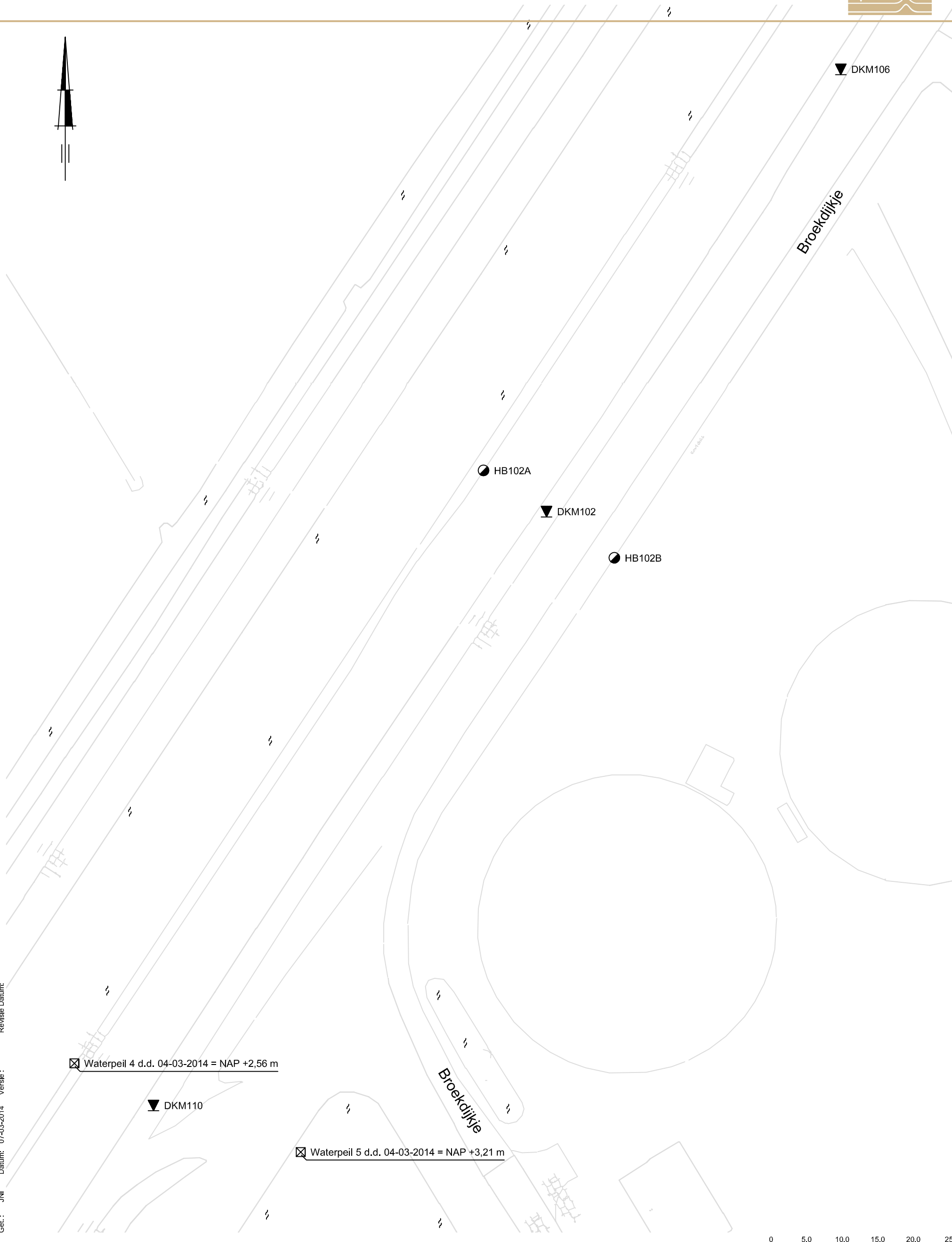
Schaal 1 : 500

SITUATIE

TOETSING REGIONALE KERINGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. : 5014-0075-000

Rijl : 1.2



P:\5015014-0075-00021\_Uitvoering\_terreinonderzoek\10\_Basisgegevens\5014-0075-000-1.dwg  
 Get.: JNl Datum: 07-03-2014 Versie: Revisie Datum:



Schaal 1 : 500





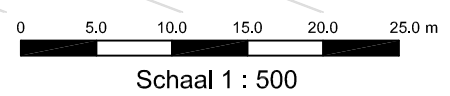
P:\5014-0075-00021\_Uitvoering\_terreinonderzoek\10\_Basisgegevens\5014-0075-000-1.dwg  
Get.: JNl Datum: 07-03-2014 Versie: 1  
Revisie Datum:

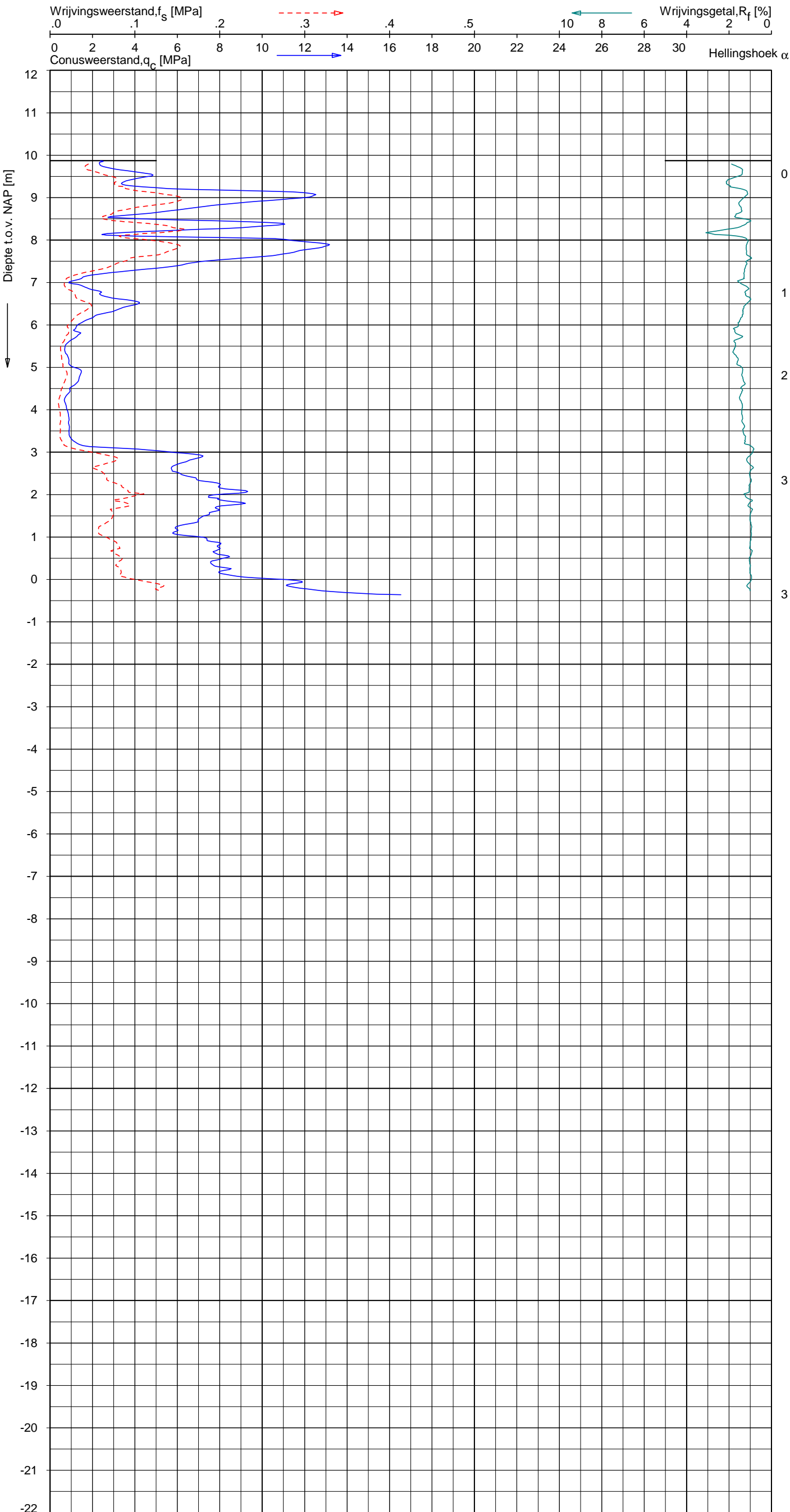


Schaal 1 : 500

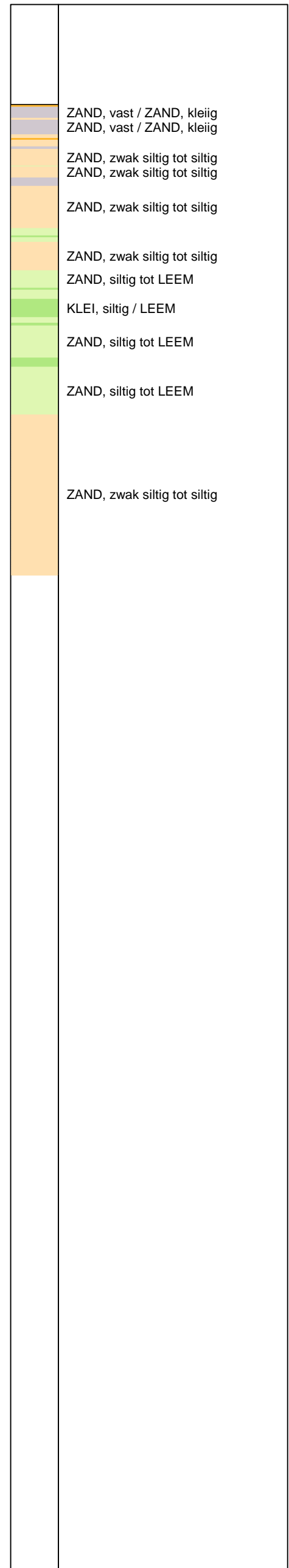


P:\5014-0075-00021\_Uitvoering\_terreinonderzoek\10\_Basisgegevens\5014-0075-000-1.dwg  
Get.: JNl Datum: 07-03-2014 Versie: 11-03-2014





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



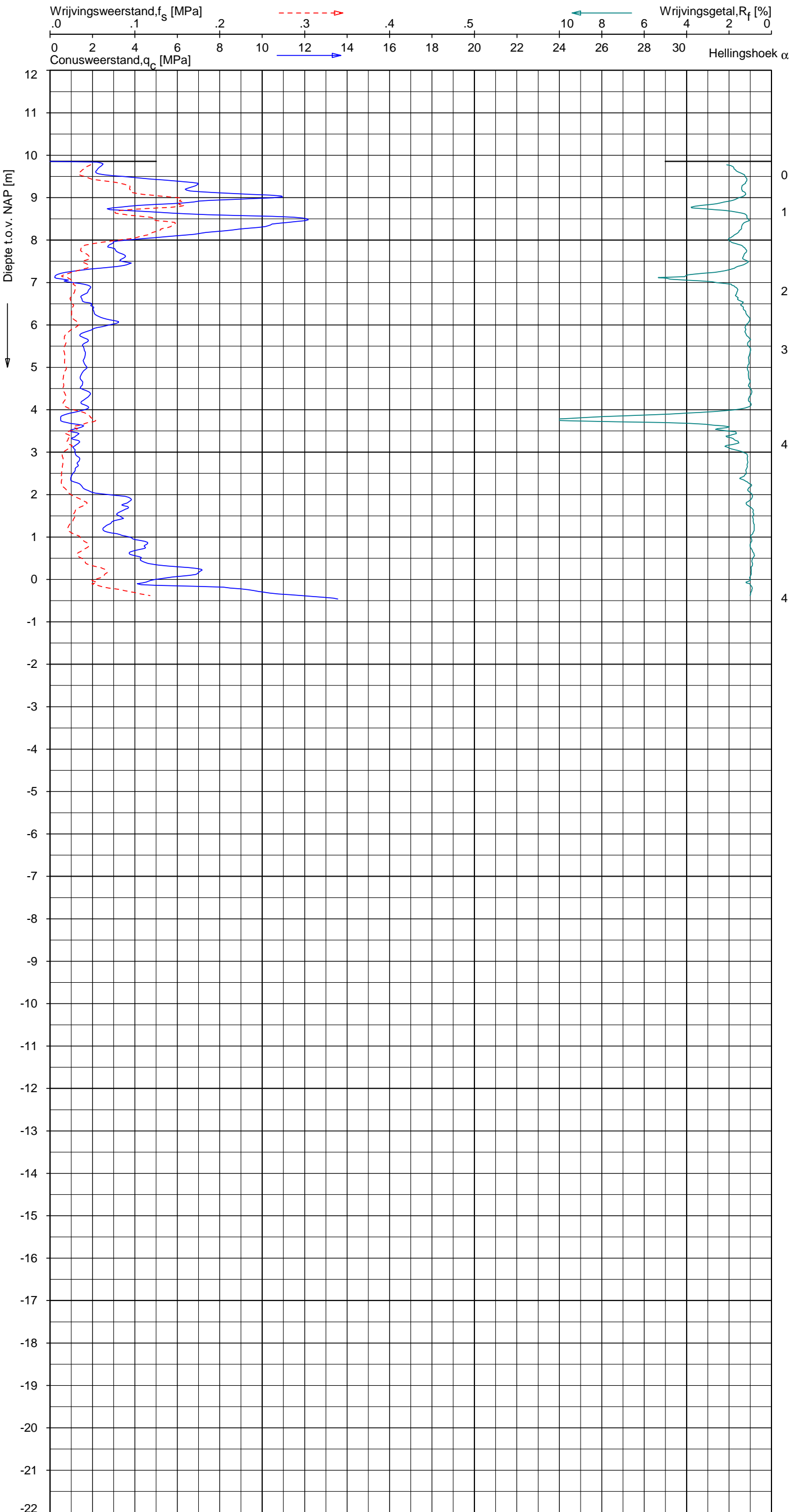
Opg. : AS/SV d.d. 10-mrt-2014 Coord.: X=239448.6 m Y= 510957.2 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 10-mrt-2014 MV = NAP +9.87 m Conus: F7.5CKE2HA/B 1701-2672 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500 mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>



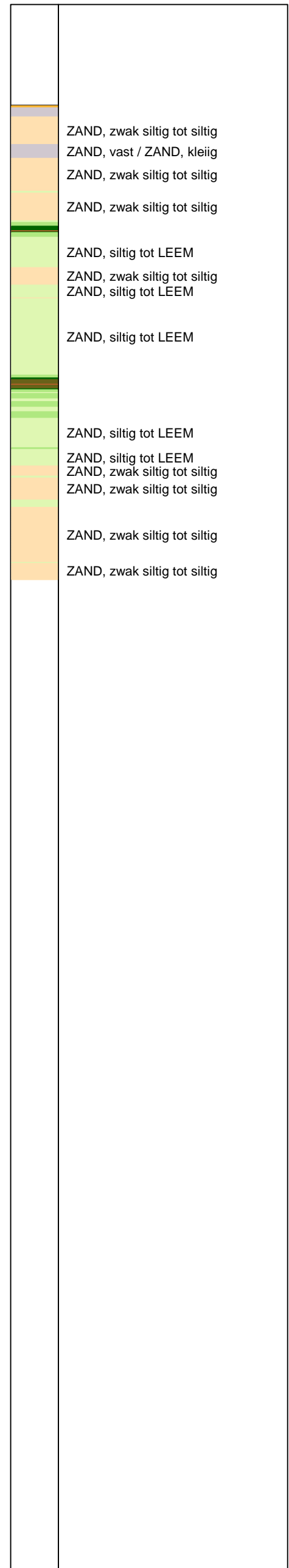
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM1



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



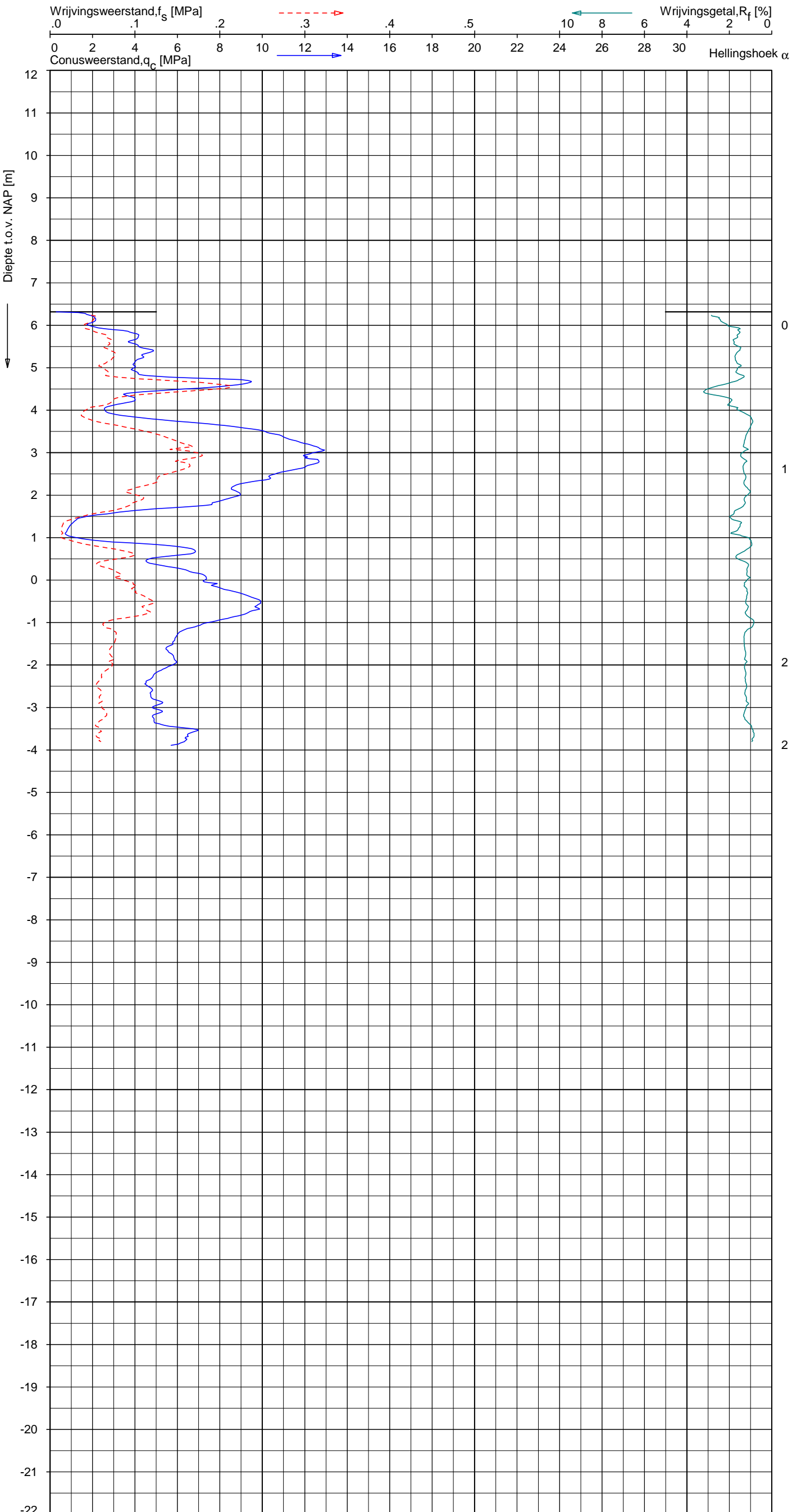
Opg. : AS/SV d.d. 10-mrt-2014 Coord.: X=239401.4 m Y= 510926.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 10-mrt-2014 MV = NAP +9.86 m Conus: F7.5CKE2HA/B 1701-2672 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1500 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19956 \text{ mm}^2$



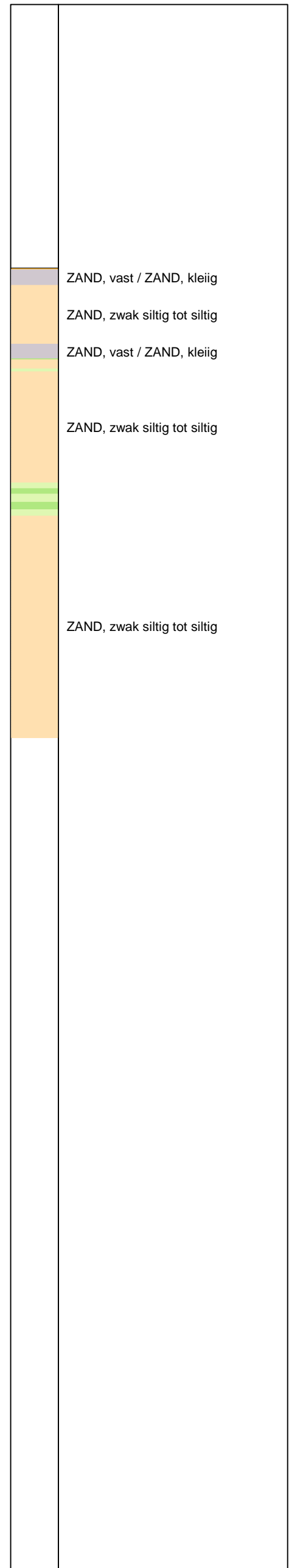
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

TOETSING REGIONALE KERINGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM2



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



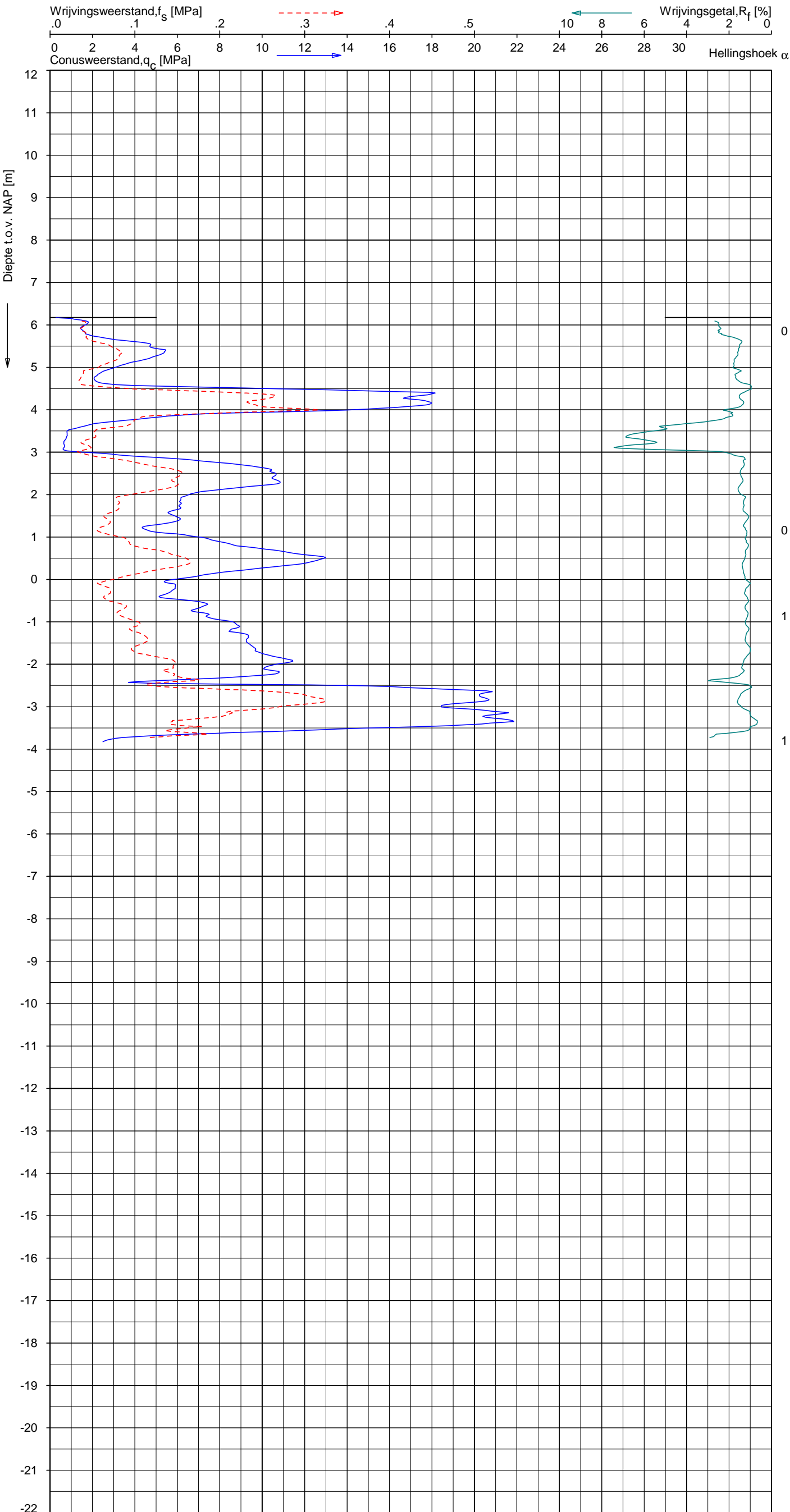
Opg. : JP/MDG d.d. 04-mrt-2014 Coord.: X=224308.5 m Y= 505087.5 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 07-mrt-2014 MV = NAP +6.32 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2499 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510 mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



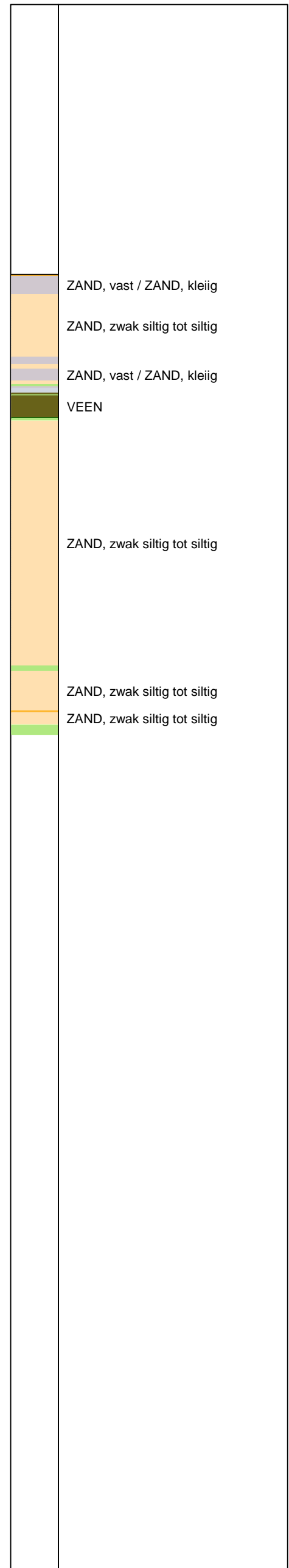
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM101



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



Opg. : JP/MDG d.d. 04-mrt-2014 Coord.: X=224158.3 m Y= 504859.9 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 07-mrt-2014 MV = NAP +6.17 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2499 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

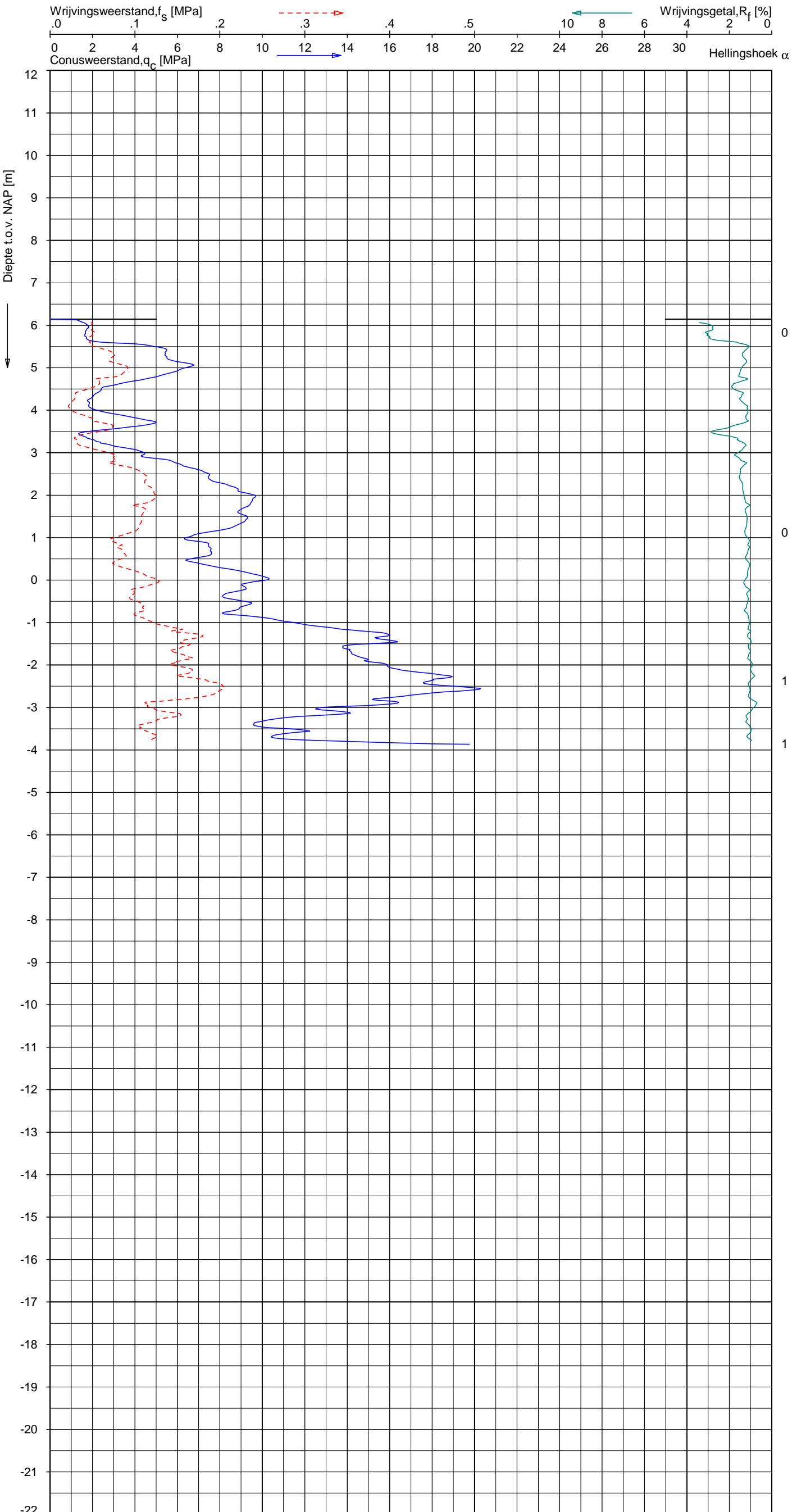
TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM102

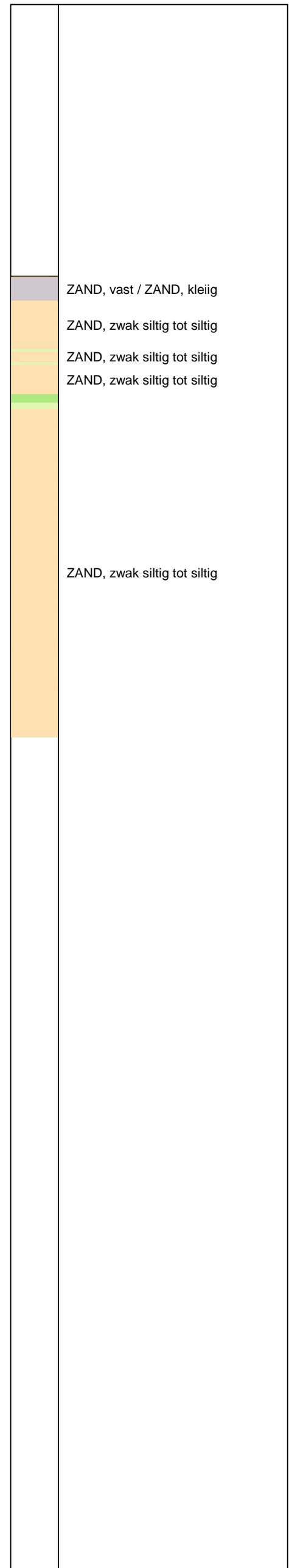
UNIPLOT 05.24.nl / QcfClass-N3.cmd / 2014-03-07 10:40:14

5014-0075-000

DKM103 - 1



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



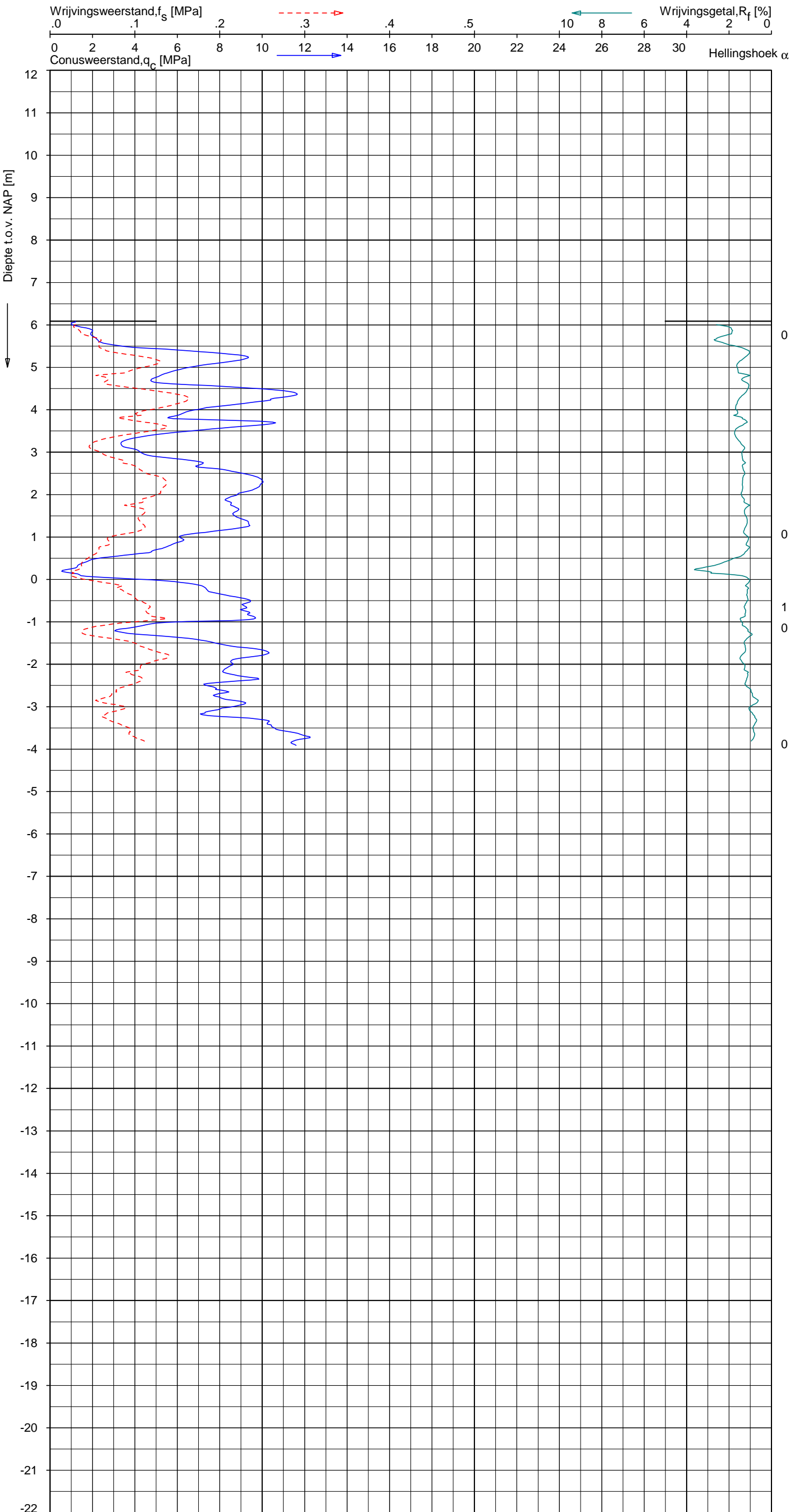
Opg. : JP/MDG d.d. 04-mrt-2014 Coord.: X=224051.9m Y= 504698.3m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 07-mrt-2014 MV = NAP +6.14m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2499 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



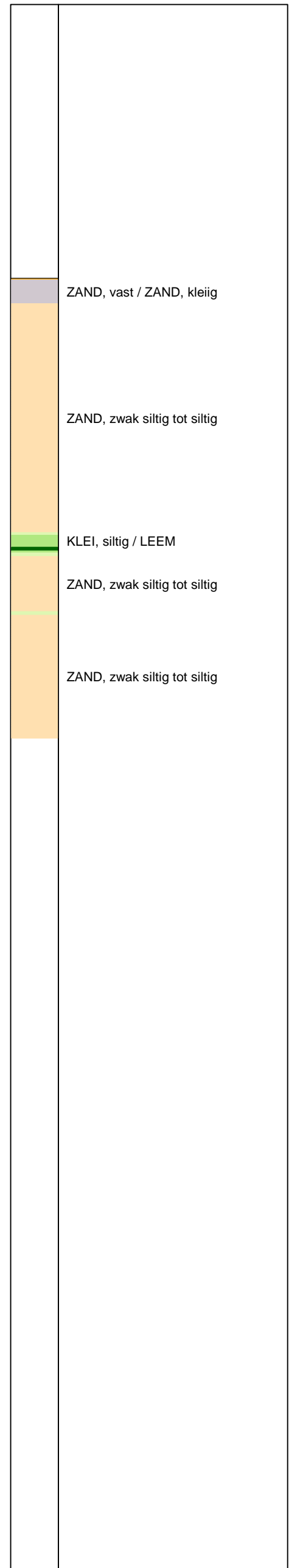
**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM103



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



Opg. : JP/MDG d.d. 04-mrt-2014 Coord.: X=223959.4 m Y= 504558.4 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 07-mrt-2014 MV = NAP +6.09 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2499 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19895 \text{ mm}^2$

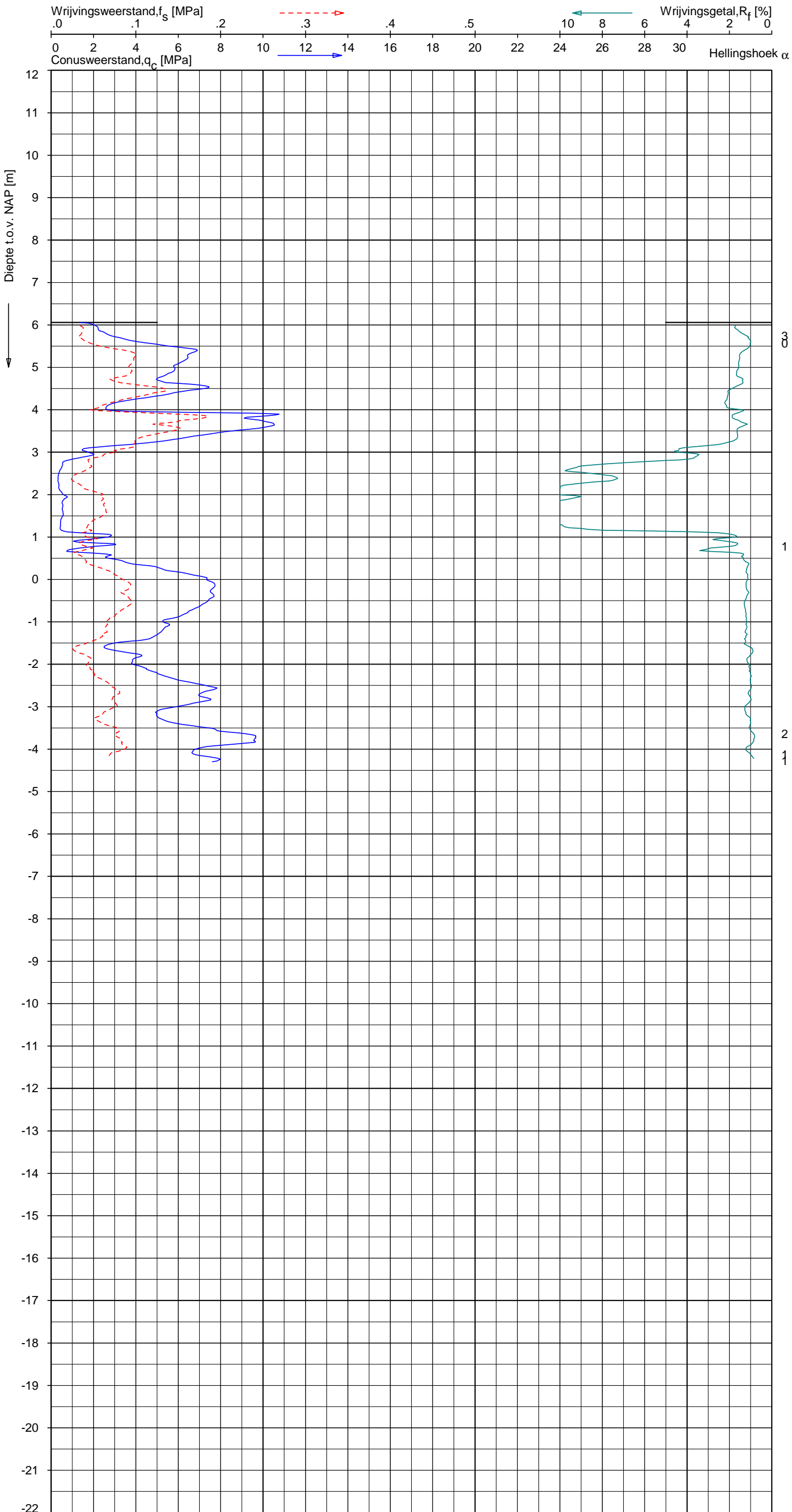


**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM104





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



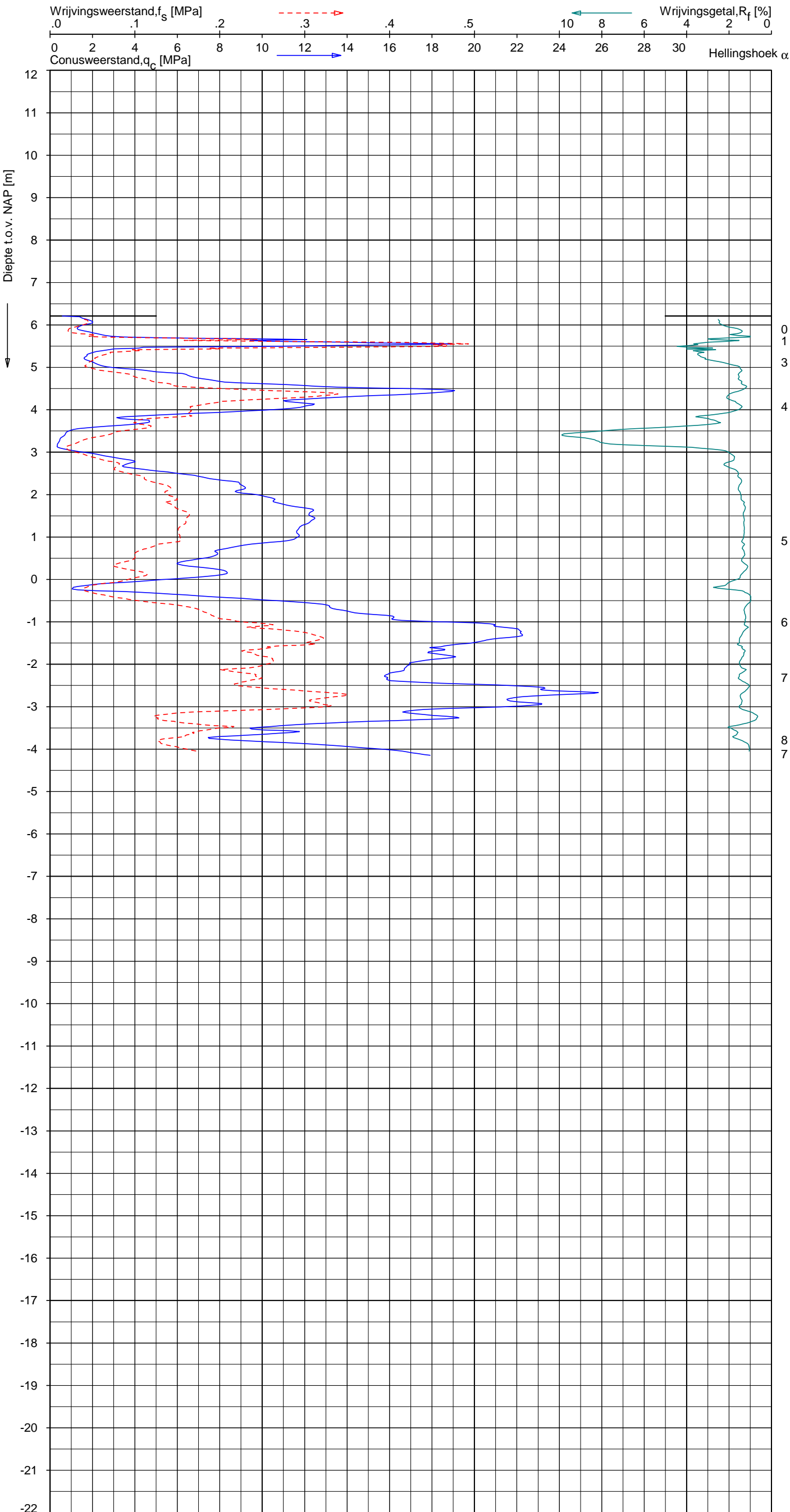
Opg.: JP/MDG d.d. 04-mrt-2014 Coord.: X=224263.0 m Y= 505017.8 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get.: NIKKELSJ d.d. 07-mrt-2014 MV = NAP +6.06 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2499 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



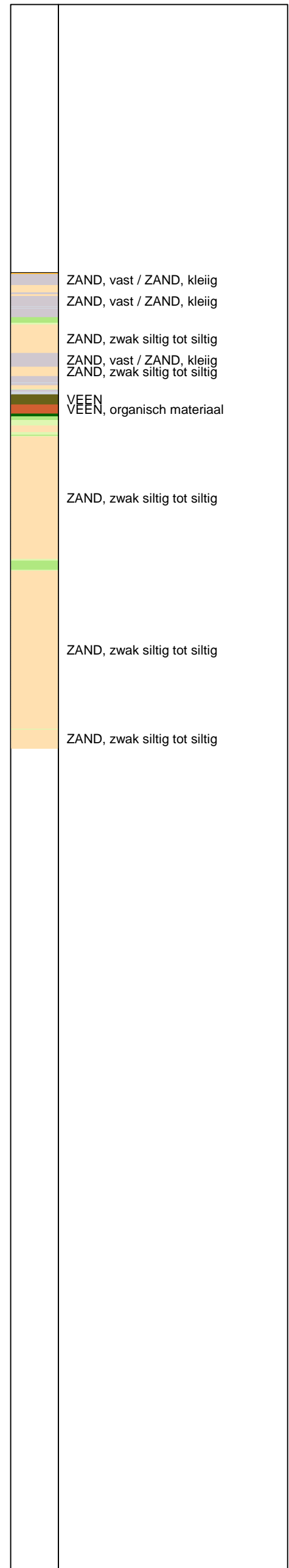
SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM105



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



Opg. : JP/MDG d.d. 04-mrt-2014 Coord.: X=224199.6 m Y= 504922.1 m System: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 07-mrt-2014 MV = NAP +6.21 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2499 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype:  $A_c = 1510 \text{ mm}^2$ ;  $A_s = 19895 \text{ mm}^2$



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

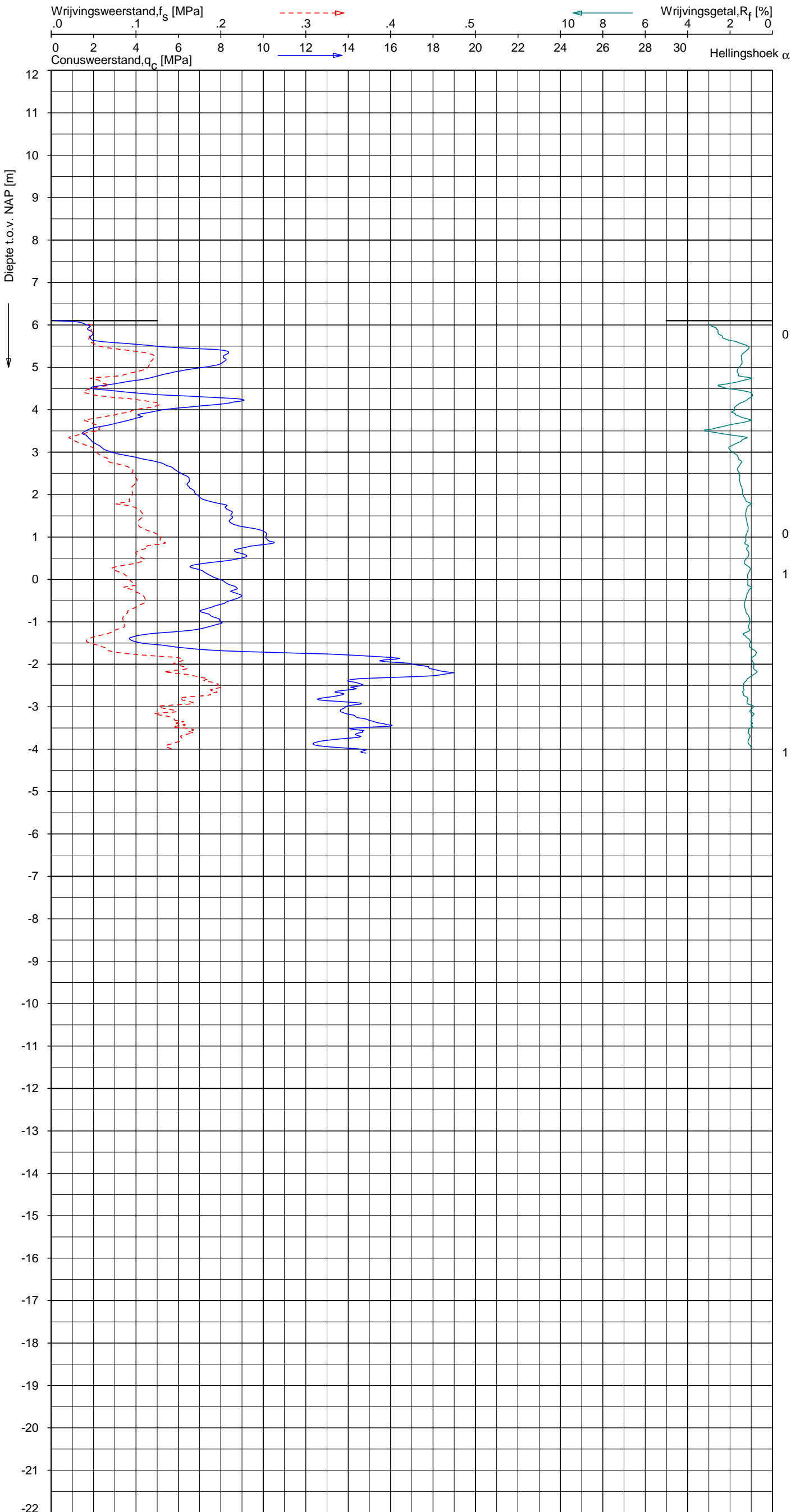
TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM106

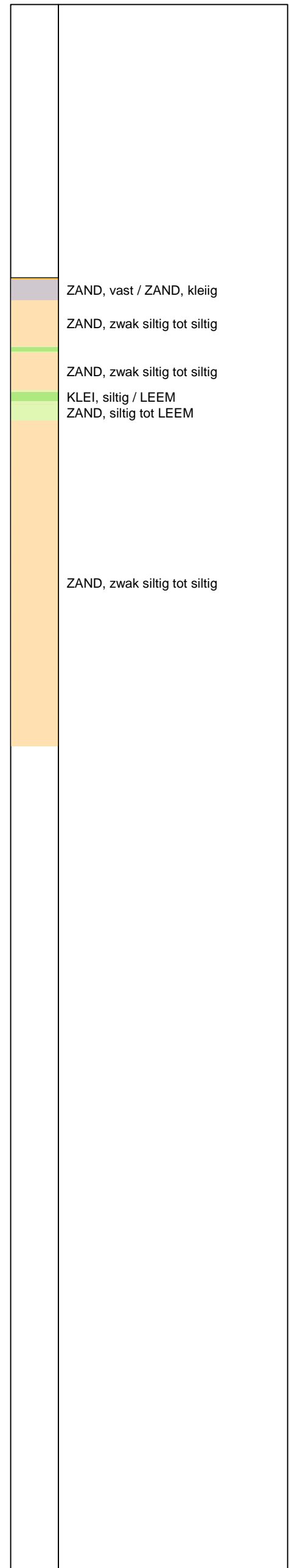
UNIPLOT 05.24.nl / QcfClass-N3.cmd / 2014-03-07 10:40:23

5014-0075-000

DKM107 - 1



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



Opg. : JP/MDG d.d. 04-mrt-2014 Coord.: X=224010.7 m Y= 504636.9 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 07-mrt-2014 MV = NAP +6.10 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2499 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510 mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

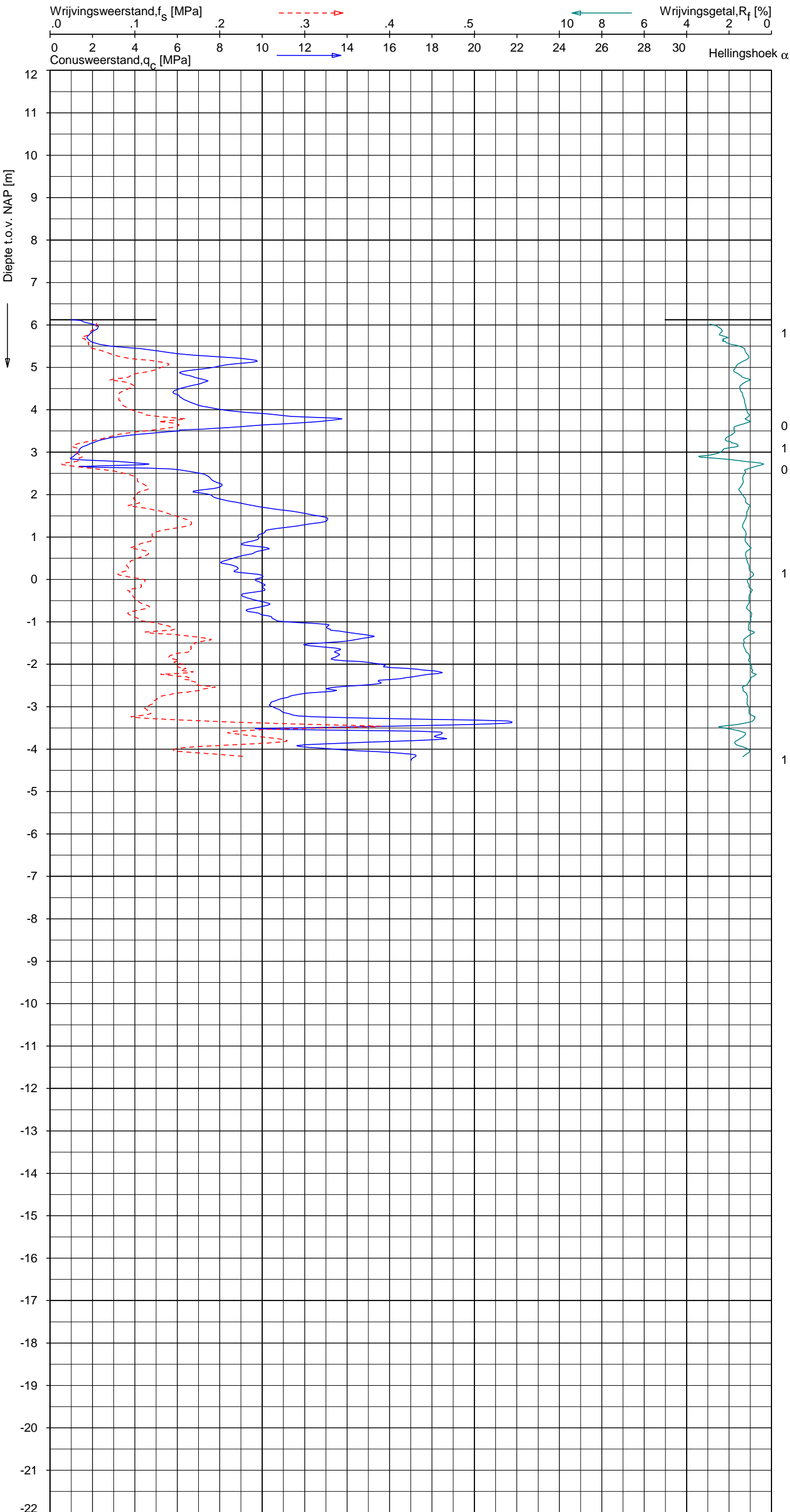
TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM107

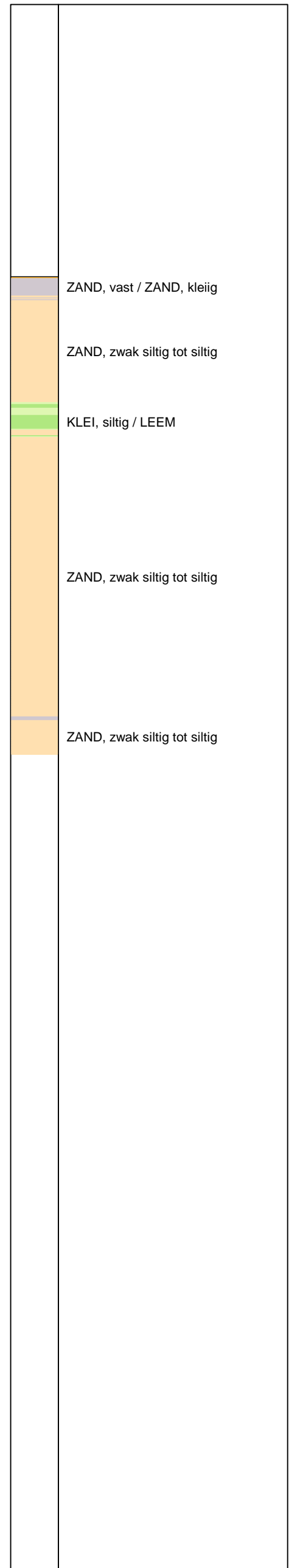
UNIPLOT 05.24.nl / QcfClass-N3.cmd / 2014-03-07 10:40:28

5014-0075-000

DKM108 - 1



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



Opg. : JP/MDG d.d. 04-mrt-2014 Coord.: X=223917.0 m Y= 504495.7 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 07-mrt-2014 MV = NAP +6.12 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2499 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510 mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

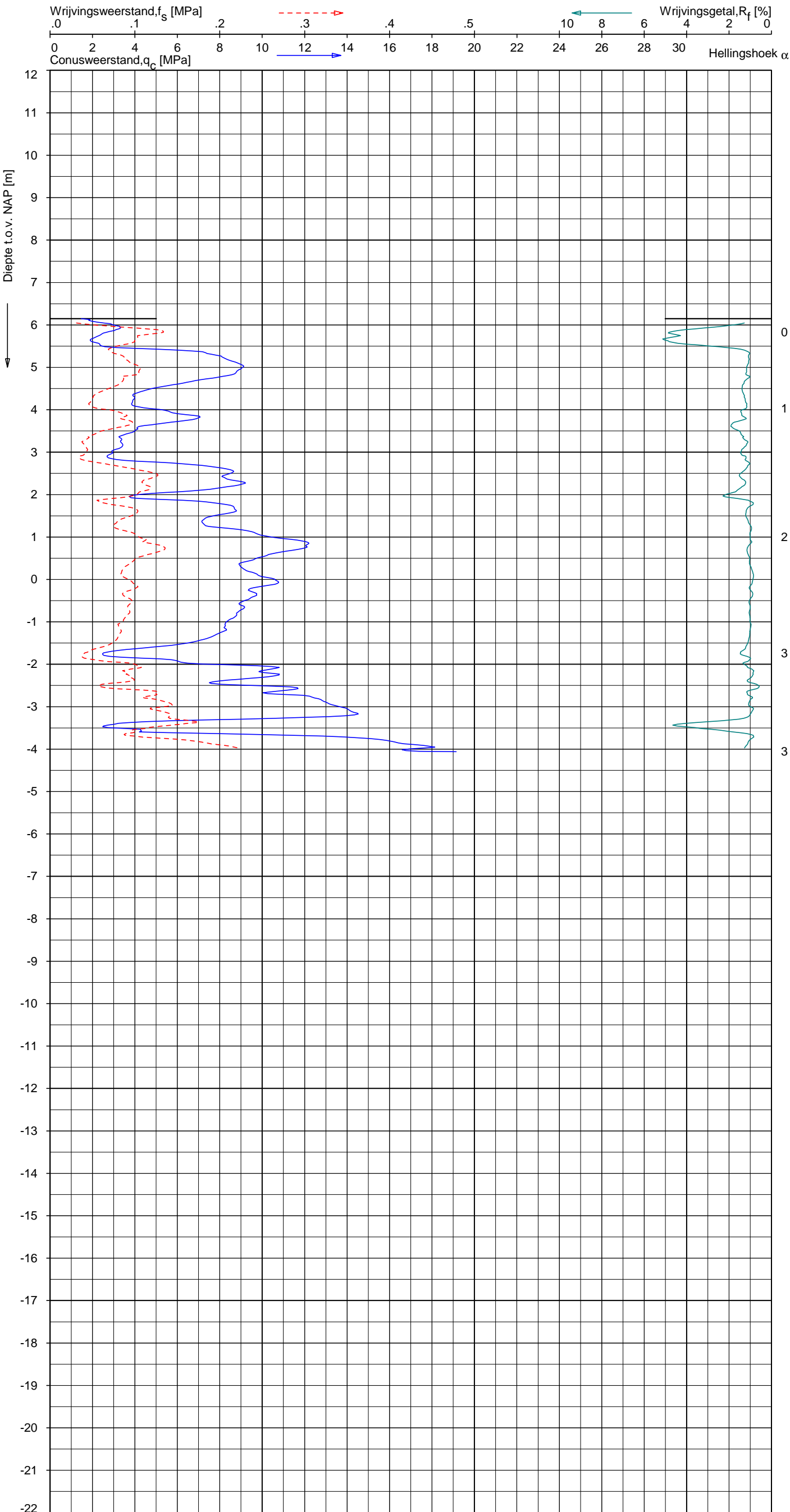
TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM108

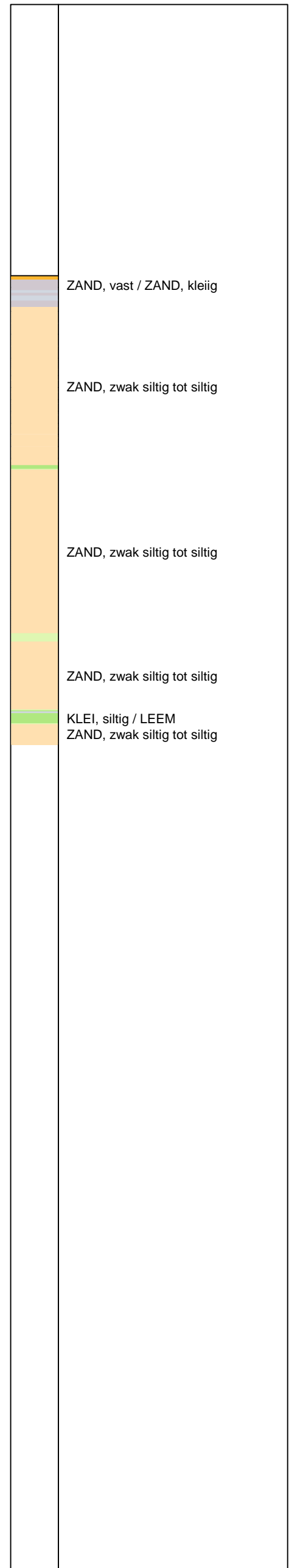
UNIPLOT 05.24.nl / QcfClass-N3.cmd / 2014-03-10 16:52:04

5014-0075-000

DKM109 - 1



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



Opg. : AS/SV d.d. 10-mrt-2014 Coord.: X=223888.7 m Y= 504450.1 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 10-mrt-2014 MV = NAP +6.14 m Conus: F7.5CKE2HA/B 1701-2672 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1500 mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19956mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

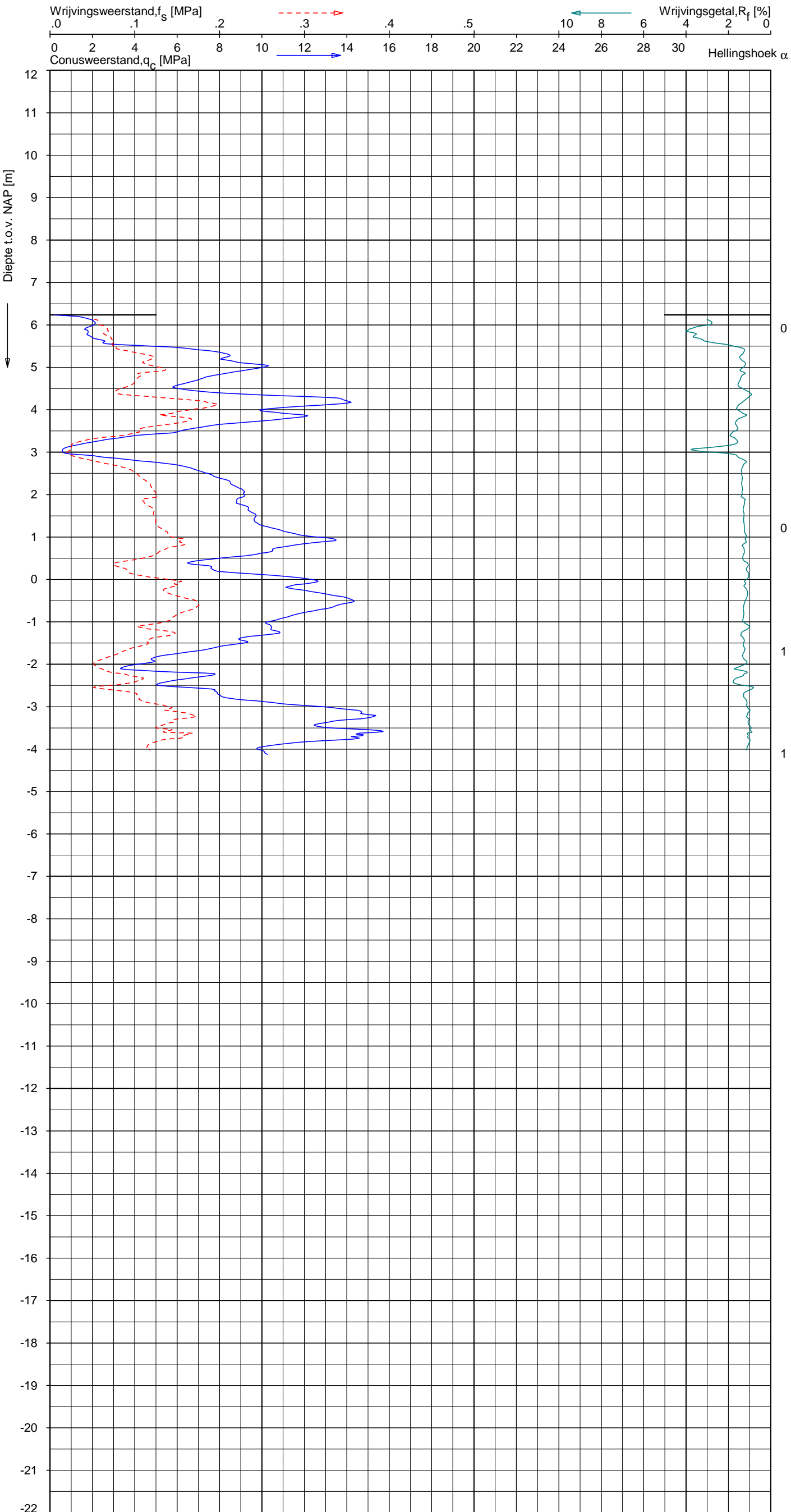
TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM109

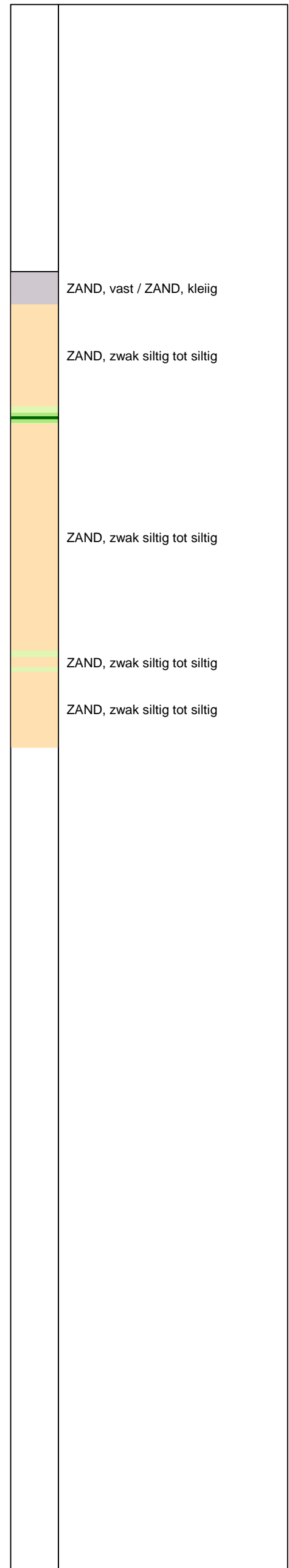
UNIPLOT 05.24.nl / QcfClass-N3.cmd / 2014-03-07 10:40:31

5014-0075-000

DKM110 - 1



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



Opg. : JP/MDG d.d. 04-mrt-2014 Coord.: X=224103.1 m Y= 504776.5 m Systeem: RD Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1  
 Get. : NIKKELSJ d.d. 07-mrt-2014 MV = NAP +6.23 m Conus: CP15-CF75SN2 1701-2499 Toepassingsklasse 3. Test type TE1  
 Conustype: A<sub>c</sub> = 1510 mm<sup>2</sup>; A<sub>s</sub> = 19895mm<sup>2</sup>



**SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING**

TOETSING REGIONALE KERENGEN VECHT; OMMEN - HARDENBERG

Opdr. 5014-0075-000  
 Sond. DKM110

### Boring: HB1A

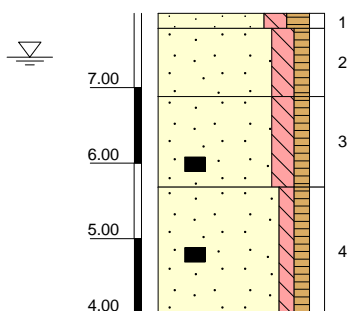
### Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



7.98 tot 7.78	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus bruin
7.78 tot 6.88	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus grijs-bruin
6.88 tot 5.68	Zand, matig grof, matig siltig, zwak humeus, sporen hout, sporen grind bruin
5.68 tot 3.98	Zand, matig grof, zwak siltig, zwak humeus, sporen grind, sporen hout, donker grijs

Algemene opmerking:

X: 239442.2

Y: 510966.1

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 7.40

MV (m tov NAP): 7.98

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 05-03-2014

Boormeester: hme

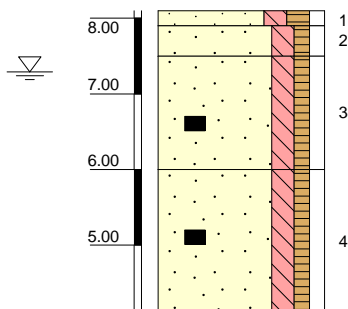
Geclassificeerd door: hme

### Boring: HB1B

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



8.10 tot 7.90	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus bruin
7.90 tot 7.50	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen roest grijs-bruin
7.50 tot 6.00	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen hout, sporen roest bruin
6.00 tot 4.10	Zand, matig grof, matig siltig, zwak humeus, sporen hout grijs

Algemene opmerking:

X: 239452.7

Y: 510948.6

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 7.29

MV (m tov NAP): 8.10

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 05-03-2014

Boormeester: hme

Geclassificeerd door: hme

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

Fugro GeoServices B.V.

**5014-0075-000**

Toetsing regionale keringen Vecht; Ommen - Hardenberg

### Boring: HB2A

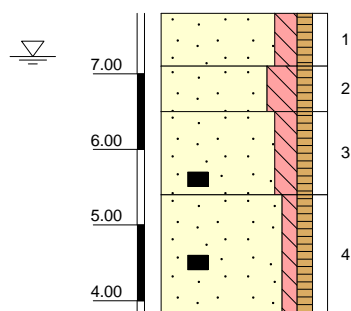
### Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



7.80 tot 7.10 Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen roest bruin-grijs, met een enkel kleibrokje

7.10 tot 6.50 Zand, matig fijn, sterk siltig, zwak humeus grijs

6.50 tot 5.40 Zand, zmf., matig siltig, zwak humeus, sporen hout grijs

5.40 tot 3.80 Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, sporen grind, resten hout grijs

Algemene opmerking:

X: 239395.2

Y: 510936.8

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 7.23

MV (m tov NAP): 7.80

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 05-03-2014

Boormeester: hme

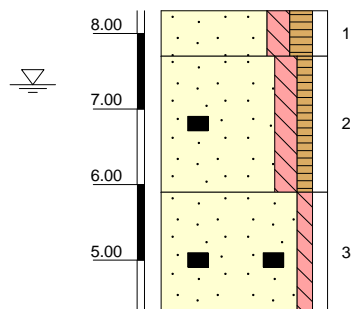
Geclassificeerd door: hme

### Boring: HB2B

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



8.30 tot 7.70 Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus bruin

7.70 tot 5.90 Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen hout, sporen roest bruin

5.90 tot 4.30 Zand, matig fijn, zwak siltig, sporen hout grijs

Algemene opmerking:

X: 239406.5

Y: 510919.7

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 7.32

MV (m tov NAP): 8.30

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 05-03-2014

Boormeester: hme

Geclassificeerd door: hme

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

Fugro GeoServices B.V.

**5014-0075-000**

Toetsing regionale keringen Vecht; Ommen - Hardenberg



### Boring: HB101A

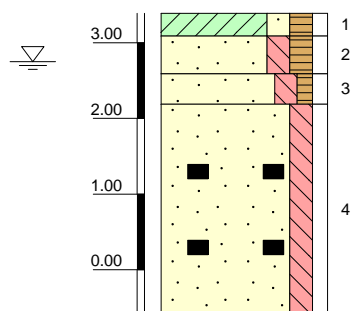
### Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



3.39 tot 3.09	Klei, matig zandig, matig humeus, matig slap, donker bruin
3.09 tot 2.59	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus grijs-bruin, kleihoudend
2.59 tot 2.19	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen hout bruin-grijs
2.19 tot -0.61	Zand, matig fijn, matig siltig, sporen hout, sporen grind grijs

Algemene opmerking:

X: 224298.5

Y: 505089.5

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 2.75

MV (m tov NAP): 3.39

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 04-03-2014

Boormeester: hme

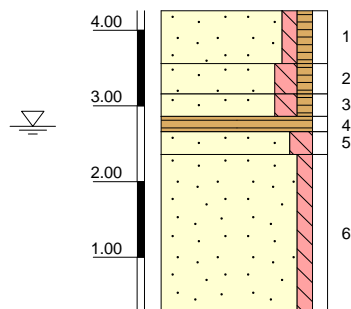
Geclassificeerd door: hme

### Boring: HB101B

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



4.26 tot 3.56	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, donker bruin
3.56 tot 3.16	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, donker bruin
3.16 tot 2.86	Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus grijs
2.86 tot 2.66	Veen, matig slap bruin
2.66 tot 2.36	Zand, matig fijn, matig siltig grijs
2.36 tot 0.26	Zand, matig grof, zwak siltig, sporen grind grijs, kleihoudend

Algemene opmerking:

X: 224325.6

Y: 505083.0

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 2.73

MV (m tov NAP): 4.26

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 04-03-2014

Boormeester: hme

Geclassificeerd door: hme

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

Fugro GeoServices B.V.

**5014-0075-000**

Toetsing regionale keringen Vecht; Ommen - Hardenberg

### Boring: HB102A

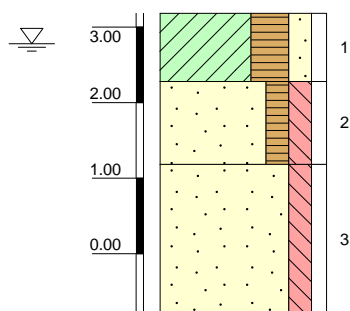
### Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



3.18 tot 2.28 Klei, uiterst humeus, matig zandig, matig slap bruin

2.28 tot 1.18 Zand, matig fijn, matig humeus, matig siltig bruin

1.18 tot -0.82 Zand, matig fijn, matig siltig bruin

Algemene opmerking:

X: 224149.4

Y: 504865.6

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 2.78

MV (m tov NAP): 3.18

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 04-03-2014

Boormeester: nzv

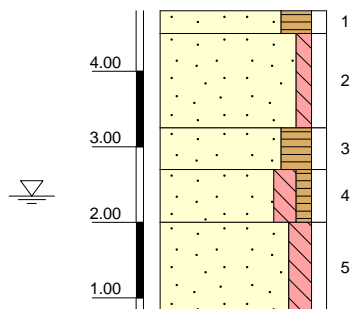
Geclassificeerd door: nzv

### Boring: HB102B

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



4.80 tot 4.50 Zand, matig fijn, sterk humeus bruin

4.50 tot 3.25 Zand, matig fijn, zwak siltig bruin

3.25 tot 2.70 Zand, matig fijn, sterk humeus, donker grijs

2.70 tot 2.00 Zand, matig fijn, zwak humeus, matig siltig grijs

2.00 tot 0.80 Zand, matig grof, matig siltig grijs

Algemene opmerking:

X: 224167.8

Y: 504853.4

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 2.35

MV (m tov NAP): 4.80

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorvloeistof:

Datum uitvoering: 04-03-2014

Boormeester: nzv

Geclassificeerd door: nzv

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

Fugro GeoServices B.V.

**5014-0075-000**

Toetsing regionale keringen Vecht; Ommen - Hardenberg

### Boring: HB103A

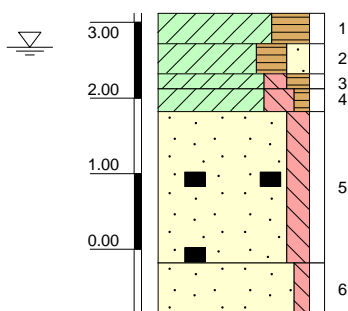
### Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



3.12 tot 2.72	Klei, uiterst humeus, matig slap bruin
2.72 tot 2.32	Klei, matig zandig, sterk humeus, matig slap bruin
2.32 tot 2.12	Klei, matig siltig, matig humeus, matig stevig grijs
2.12 tot 1.82	Klei, sterk siltig, zwak humeus, matig slap, sporen grind, lenzen zand grijs
1.82 tot -0.18	Zand, matig fijn, matig siltig, sporen hout grijs

-0.18 tot -0.88	Zand, matig grof, zwak siltig, sporen hout grijs
-----------------	--

Algemene opmerking:

X: 224042.6

Y: 504704.7

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 2.67

MV (m tov NAP): 3.12

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 04-03-2014

Boormeester: nzv

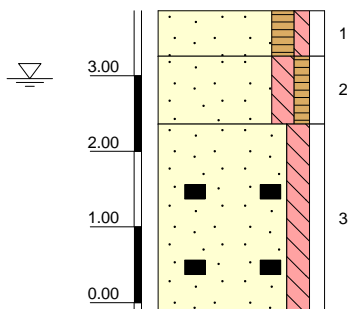
Geclassificeerd door: nzv

### Boring: HB103B

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



3.86 tot 3.26	Zand, matig fijn, matig humeus, zwak siltig bruin
---------------	---

3.26 tot 2.36	Zand, matig fijn, zwak humeus, matig siltig bruin-grijs
---------------	---

2.36 tot -0.14	Zand, matig fijn, matig siltig, sporen hout grijs
----------------	---

Algemene opmerking:

X: 224064.0

Y: 504688.1

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 2.96

MV (m tov NAP): 3.86

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 04-03-2014

Boormeester: nzv

Geclassificeerd door: nzv

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

Fugro GeoServices B.V.

**5014-0075-000**

Toetsing regionale keringen Vecht; Ommen - Hardenberg

### Boring: HB104A

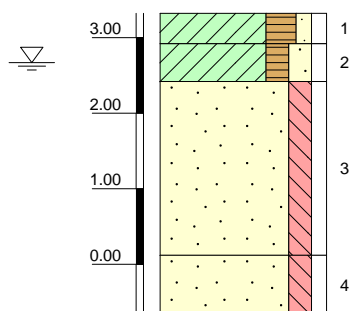
### Veldclassificatie

Pagina 1 van 1

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



3.32 tot 2.92 Klei, zwak zandig, sterk humeus, matig slap bruin

2.92 tot 2.42 Klei, matig humeus, matig zandig, matig slap bruin

2.42 tot 0.12 Zand, matig fijn, matig siltig grijs

0.12 tot -0.68 Zand, zeer grof, matig siltig grijs

Algemene opmerking:

X: 223950.3

Y: 504564.4

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 2.67

MV (m tov NAP): 3.32

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 04-03-2014

Boormeester: nzv

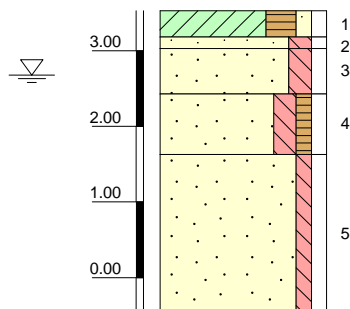
Geclassificeerd door: nzv

### Boring: HB104B

Referentie (m tov NAP)

Monsternr.

Bodembeschrijving volgens NEN 5104



3.53 tot 3.18 Klei, zwak zandig, sterk humeus, matig stevig, donker bruin

3.18 tot 3.03 Zand, matig fijn, matig siltig grijs-bruin

3.03 tot 2.43 Zand, matig fijn, matig siltig grijs, humuslaagje

2.43 tot 1.63 Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen hout grijs

1.63 tot -0.47 Zand, matig grof, zwak siltig grijs

Algemene opmerking:

X: 223972.7

Y: 504547.6

Coördinatenstelsel: RD

GWS (m tov NAP): 2.68

MV (m tov NAP): 3.53

GHG (m tov NAP):

GLG (m tov NAP):

Boorloeistof:

Datum uitvoering: 04-03-2014

Boormeester: hme

Geclassificeerd door: hme

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

Fugro GeoServices B.V.

**5014-0075-000**

Toetsing regionale keringen Vecht; Ommen - Hardenberg

**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 *beneden* 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.

## CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

### 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 ingangspanparameters.

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.

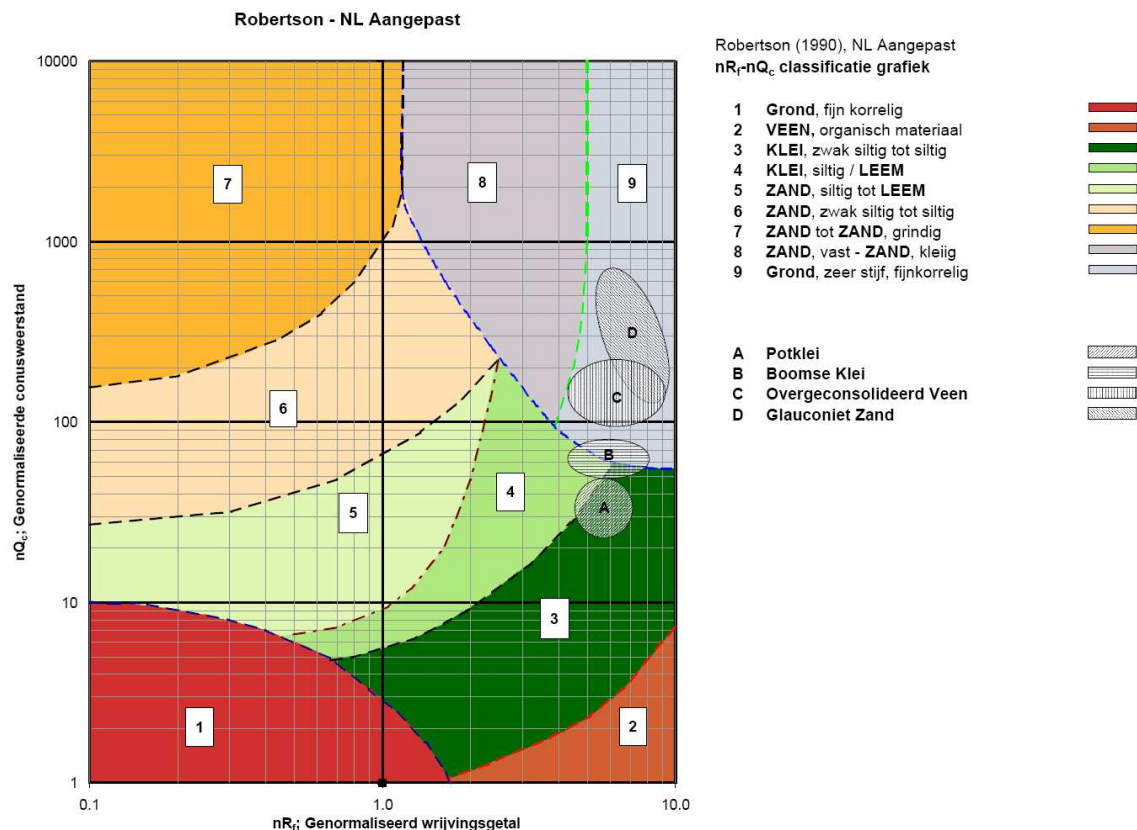
Genormaliseerde conusweerstand: 
$$nQ_c = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}}$$

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

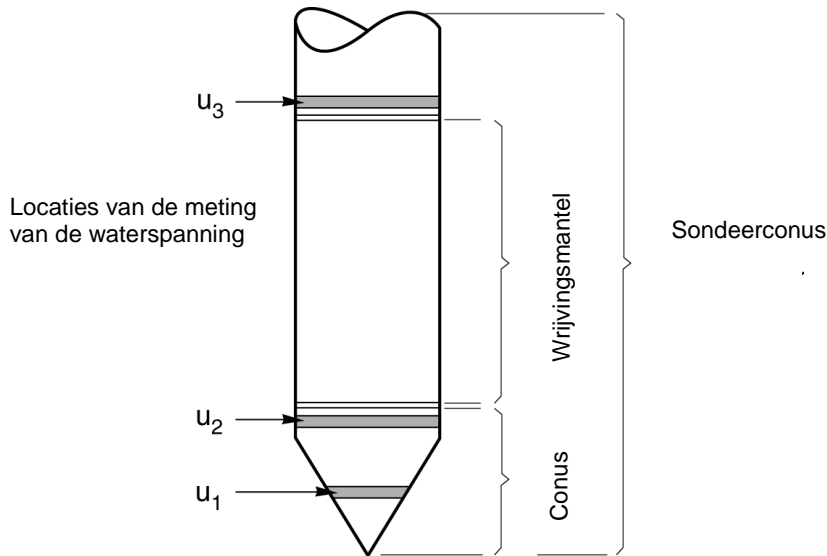
Naast de meting van conusweerstand en plaatselijke wrijving is het mogelijk extra (combinaties van)

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

metingen uit te voeren. In onderstaand schema zijn enkele mogelijkheden aangegeven. Indien gewenst 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 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. 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 ontlucht 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 membraan 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:

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

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 oppervlakterelatiecoëfficiënt 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 dillatant 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

---

## CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

---

de dissipatietest te worden voortgezet totdat de wateroverspanning tenminste met 50 % is afgenomen. In de praktijk komt dat 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>A Homogene gronden bestaande uit zeer slappe tot stijve kleien (en silt) (<math>q_c &lt; 3</math> MPa)</li> <li>B Gemengde bodemprofielen met slappe tot stijve kleien (<math>q_c \leq 3</math> MPa) en matig vaste tot vaste zanden (conusweerstand <math>5 \text{ MPa} \leq q_c &lt; 10 \text{ MPa}</math>)</li> <li>C Gemengde bodemprofielen met stijve kleien (conusweerstand <math>1,5 \text{ MPa} \leq q_c &lt; 3 \text{ MPa}</math>) en zeer dichte zanden (<math>q_c &gt; 20 \text{ MPa}</math>)</li> <li>D Zeer stijve tot harde kleien (<math>q_c \geq 3 \text{ MPa}</math>) en zeer vaste grove gronden (<math>q_c \geq 20 \text{ MPa}</math>)</li> </ul>						
<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

## CONTINU ELEKTRISCH SONDEREN

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 tenminste in toepassingsklasse 3 vallen en voor een groot deel binnen klasse 2. 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 nauwkeurigheden 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 toepassingklasse 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

- |                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| <b>Grind</b>          | <b>Klei</b>                 |
| Grind, siltig         | Klei, zwak siltig           |
| Grind, zwak zandig    | Klei, matig siltig          |
| Grind, matig zandig   | Klei, sterk siltig          |
| Grind, sterk zandig   | Klei, uiterst siltig        |
| Grind, uiterst zandig | Klei, zwak zandig           |
| <b>Zand</b>           | Klei, matig zandig          |
| Zand, kleilig         | Klei, sterk zandig          |
| Zand, zwak siltig     | <b>Leem</b>                 |
| Zand, matig siltig    | Leem, zwak zandig           |
| Zand, sterk siltig    | Leem, sterk zandig          |
| Zand, uiterst siltig  | <b>Overige toevoegingen</b> |
| <b>Veen</b>           | Zwak humeus                 |
| Veen, mineraalarm     | Matig humeus                |
| Veen, zwak kleilig    | Sterk humeus                |
| Veen, sterk kleilig   | Zwak grindig                |
| Veen, zwak zandig     | Matig grindig               |
| Veen, sterk zandig    | 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

